



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN PSICOLOGIA

**LAS IDEAS PREVIAS DE LOS NIÑOS SOBRE
EL SISTEMA SOLAR**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN PSICOLOGIA

PRESENTA

REYNA ELENA CALDERON CANALES

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

DIRECTOR: DR. GERMAN PALAFOX PALAFOX

COMITE: DRA. SYLVIA MARGARITA ROJAS RAMIREZ

DR. FERNANDO FLORES CAMACHO

DRA. FRIDA DIAZ BARRIGA-ARCEO

DRA. ISABEL REYES LAGUNES

DR. FLORENTE LOPEZ RODRIGUEZ

DRA. LETICIA GALLEGOS CAZARES

MEXICO, D.F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN PSICOLOGÍA

LAS IDEAS PREVIAS DE LOS NIÑOS SOBRE EL SISTEMA SOLAR

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA

REYNA ELENA CALDERÓN CANALES

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

DIRECTOR: DR. GERMÁN PALAFOX PALAFOX

COMITÉ: DRA. SYLVIA MARGARITA ROJAS RAMÍREZ

DR. FERNANDO FLORES CAMACHO

DRA. FRIDA DÍAZ BARRIGA-ARCEO

DRA. ISABEL REYES LAGUNES

DR. FLORENTE LÓPEZ RODRÍGUEZ

DRA. LETICIA GALLEGOS CÁZARES

MEXICO, D.F.

2010

A mi adorado abuelo Nacho:

*Que se paren los relojes, que se que corte el teléfono,
que el perro a un hueso jugoso ya no le ladre,
que se callen los pianos y con redobles en sordina
venga el ataúd y entren los dolientes.*

*Que los aeroplanos que gimiendo dan vueltas en lo alto
escriban en el cielo el mensaje: "Él ha muerto",
que pongan pajaritas de papel en los cuellos blancos de las palomas,
que los policías se pongan guantes negros.*

*Era mi Norte, mi Sur, mi Este y mi Oeste,
toda mi semana y mi día de descanso,
mi mediodía, mi medianoche, mi plática, mi canción.
Pensé, y estaba equivocado, que nuestro amor duraría siempre.*

*Ya no quiero las estrellas. Que las apaguen,
que empaquen la luna y dismantelen el sol.
Que sequen el océano y barran los bosques
porque ya nada de lo que venga habrá de ser bueno.
(W.H. Auden)*

*A mi familia: Lolita, Reyna, José Luis, Mel,
Poncho, Lulú, Enrique, Toño, Lula, Pao,
Cristian, Irene, Matteo, Edrian y Rosita.*

A Kike Maracas.

Agradecimientos

Al Dr. Fernando Flores Camacho y a la Dra. Leticia Gallegos Cázares, por todo su apoyo durante estos años y por ser un pilar fundamental en mi formación.

A la Dra. Isabel Reyes Lagunes por su magnífico ejemplo.

Al Dr. Germán Palafox Palafox.

A la Dra. Sylvia Rojas Ramírez.

A todos los integrantes de mi comité tutorial.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para la realización de este trabajo.

Al Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET).

A mis amigos: Liz, Gordo, Lily, Erick, Cris, Sandra, Magda, San, Fer, Rosy y Jac.

A mis otros amigos: Bea, Ale, Manuel, Sheila, José, Humberto, Néstor, Martha, Oliver, Mary y Toño.

ÍNDICE

Introducción	1
CAPÍTULO I: Las ideas previas y la construcción de conocimientos	14
1.1. El estudio de las ideas previas	14
1.2. El origen de las ideas previas (la fuente sensorial)	18
1.3. El factor cultural y escolar en el origen de las ideas previas	21
1.4. Las ideas previas. ¿Concepciones inconexas u organizadas?	26
1.5. Lo visible y lo invisible	34
1.6. La perspectiva constructivista	38
1.7. El sujeto cognoscente y la naturaleza del conocimiento	41
1.8. Constructivismo y educación	47
CAPÍTULO II: Las ideas previas en astronomía	54
2.1. La investigación sobre las ideas en astronomía	54
2.2. La perspectiva piagetiana	55
2.3. Ideas de los niños acerca de los fenómenos astronómicos	56
2.3.1. Las ideas de los niños sobre la forma de la Tierra	57
2.3.1.1. La propuesta sociocultural	63
2.3.2. Las ideas de los niños sobre el Sistema Solar, ciclo día noche y las estaciones del año	68
2.4. Ideas de los estudiantes de bachillerato y universitarios sobre los fenómenos astronómicos	77
2.5. Ideas de los profesores sobre los fenómenos astronómicos	80
2.6. Las propuestas educativas	83
CAPÍTULO III: Las ideas previas de los niños sobre el Sistema Solar	92
3.1. Planteamiento del problema	92
3.2. Justificación	93
3.3. Estudios propuestos	94

3.4. ESTUDIO I	96
3.4.1. Método	96
3.4.2. Resultados	99
3.4.2.1. Forma de la Tierra	100
3.4.2.2. Forma y dinámica del Sistema Solar	101
3.4.2.3. Conocimiento general del Sistema Solar	110
3.4.2.4. Ciclo día/noche	113
3.4.2.5. Estaciones del año	117
3.4.3 Los modelos del Sistema Solar	122
3.4.4. Discusión	136
3.5. ESTUDIO II	140
3.5.1. Método	140
3.5.2. Resultados	142
3.5.2.1. Definición	143
3.5.2.2. Representación del Sistema Solar con esferas	144
3.5.2.3. Distancia	146
3.5.2.4. Movimientos	148
3.5.2.5. Elección de dibujos	150
3.5.3. Los modelos del Sistema Solar	151
3.5.4. Discusión	161
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES	163
REFERENCIAS	173
ANEXO 1	184
ANEXO 2	190
Algunos ejemplos de los dibujos elaborados por los estudiantes	192

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

CAPÍTULO II	58
Figura 1. Nociones identificadas por Nussbaum y Novack	
Figura 2. Modelos de la forma de la Tierra	63
CAPÍTULO III	
<i>ESTUDIO I</i>	
Tabla 1. Porcentaje por grupo a la pregunta ¿Qué es el Sistema Solar?	103
Tabla 2. Porcentajes identificación de la configuración del Sistema Solar	104
Tabla 3. Porcentajes por grupo de la descripción verbal de algún tipo de movimiento llevado a cabo por el Sol, la Tierra o la Luna	106
Tabla 4. Porcentajes por grupo de la demostración con esferas de algún tipo de movimiento llevado a cabo por el Sol, la Tierra o la Luna	109
Tabla 5. Número de planetas nombrados por grupo	110
Tabla 6. Respuesta por grupo a la pregunta: ¿Por qué no chocan los Planetas?	111
Tabla 7. Porcentaje de respuesta a la pregunta: ¿Por qué no podemos ver el Sol en la noche?	114
Tabla 8a. Porcentaje de respuesta a la pregunta: ¿Por qué no podemos ver la Luna en el día?	115
Tabla 8b. Porcentaje de respuesta a la pregunta: ¿Por qué no podemos ver las estrellas en el día?	116
Tabla 9. Porcentaje por grupo de las respuestas a la pregunta: ¿Por qué hay estaciones?	118
Tabla 10. Porcentaje de respuesta por grupo a la pregunta: ¿Sabes por qué se cambia de una estación a otra?	119
Tabla 11. ¿Por qué hace más calor en algunas épocas del año?	121
Tabla 12. Porcentaje de respuesta a la pregunta: ¿Por qué hace más frío en algunas épocas del año?	122
Figura 1. Representación gráfica del modelo 1	124
Figura 2. Promedio de respuesta para el modelo 1	125
Figura 3. Representación gráfica del modelo 2	126

Figura 4. Promedio de respuesta para el modelo 2	127
Figura 5. Representación gráfica del modelo 3	128
Figura 6. Promedio de respuesta para el modelo 3	129
Figura 7. Representación gráfica del modelo 4	130
Figura 8. Promedio de respuesta para el modelo 4	131
Figura 9. Representación gráfica del modelo 5	132
Figura 10. Promedio de respuesta para el modelo 5	133
Figura 11. Representación gráfica del modelo 6	135
Figura 12. Promedio de respuesta para el modelo 6	136
Tabla 13. Porcentaje de alumnos por modelo y grupo	137

ESTUDIO II

Tabla 1. Porcentaje por grupo a la pregunta ¿Qué es el Sistema Solar?	144
Tabla 2. Porcentaje por grupo para el modelo elaborado con esferas para representar el Sistema Solar	146
Tabla 3. Porcentaje por grupo de la distancia del Sol y la Luna respecto de la Tierra	147
Tabla 4. Porcentajes por grupo en el reporte de de movimientos del Sol, Tierra, Luna y Planetas	149
Tabla 5a. Porcentaje de elección del dibujo que representa al Sistema Solar con órbitas	150
Tabla 5b: Porcentaje de elección del dibujo que representa al Sistema Solar sin órbitas	150
Figura 1. Modelo 1, representación del Sistema Solar	152
Figura 2. Promedio de respuesta para el modelo 1	152
Figura 3. Modelo 2, representación del Sistema Solar	153
Figura 4. Promedio de respuesta para el modelo 2	154
Figura 5. Modelo 3, representación del Sistema Solar	155
Figura 6. Promedio de respuesta para el modelo 3	155
Figura 7. Modelo 4, representación del Sistema Solar	156
Figura 8. Promedio de respuesta para el modelo 4	157
Figura 9. Modelo 5, representación del Sistema Solar	158
Figura 10. Promedio de respuesta para el modelo 5	158
Figura 11. Modelo 6, representación del Sistema Solar	160

Figura 12. Promedio de respuesta para el modelo 6	160
Tabla 6. Porcentaje de alumnos por grado y modelo	162

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivos, identificar y analizar las ideas previas que tienen los niños y niñas mexicanos de 6 a 12 años sobre el Sistema Solar desde la perspectiva de las ideas previas. Asimismo, identificar y explicar la secuencia de construcción a lo largo de su tránsito por la escuela primaria. Se realizaron dos estudios articulados entre sí. En el Estudio I, (10 niños y 16 niñas de 6 a 12 años) se exploraron las ideas que los niños y niñas construyen sobre la forma de la Tierra, el ciclo día/noche y las del estaciones del año, así como los elementos que componen el Sistema Solar. En el segundo estudio (39 niños y niñas de 6 a 12 años) se analizaron nuevamente las ideas sobre el Sistema Solar pero centrados en la forma, movimientos y distancias. Con todo ello se identificó la secuencia de construcción de las ideas que sobre el Sistema Solar realizan los niños y niñas durante la educación primaria. En los resultados obtenidos puede observar que los niños construyen diferentes modelos para explicar qué es el Sistema Solar y cómo está constituido. Si bien se pudo observar que dichos modelos no correlacionan específicamente con un grado escolar, su uso se distribuye a lo largo de los distintos grados de la primaria pero sin que se logre observar, en sentido estricto, una progresión. En el trabajo desarrollado obtuvimos resultados que indican una relación entre el conocimiento y la edad, a saber, los conocimientos más intuitivos e ingenuos corresponden a los niños más pequeños y las representaciones científicamente aceptadas corresponden a los niños más grandes.

ABSTRACT

The present research aimed to identify and analyze Mexican primary school students' (6 to 12 years old) conceptions about the solar system. We also tried to identify and explain the way these conceptions are constructed as students advance in primary education. Two separate but articulated studies were undertaken. In Study I (10 boys and 16 girls from 6 to 12 years old) we explored students' conceptions about the shape of the earth, the day/night cycle, the seasons of the year, and the components of the solar system. In Study II (39 boys and girls from 6 to 12 years old) we analyzed students' conceptions about the solar system, but focusing on shape, distances, and movement of celestial objects. Both Studies were used to identify the progression of conceptions (ideas) about the solar system that students construct in primary school. Results show that students construct different models to explain what the solar system is and how it is constituted. These models we found do not correspond specifically to any school grade, rather its use is distributed between school grades and we did not find a specific progression in the use of such models. However, it could be said that there is some relation between knowledge and age, specifically; more intuitive models correspond to younger students, whereas models closer to scientifically accepted ones are held by older students.

INTRODUCCIÓN

Una de las características más importantes de nuestra especie es, sin lugar a dudas, la capacidad para representar el mundo que nos rodea. Sin embargo, y aunque dicha capacidad es universal (véase Rodrigo, 1994), la representación generada siempre se verá matizada por la cultura, la edad o la experiencia en un determinado dominio de conocimiento.

A lo largo de su desarrollo, los niños construyen una gran cantidad de conocimientos acerca de su propia vida mental y la de los otros, sobre el mundo físico, los seres biológicos y los conjuntos sociales. Sin embargo, estos conocimientos no son cúmulos de unidades aisladas de información, sino que constituyen “sistemas coherentes de conocimientos que les habilita para dar explicaciones causales” (Gelman, 1996, p.125) de los fenómenos que ocurren en esos dominios. Así, y con base en la evidencia que ha aportado la investigación sobre el desarrollo cognitivo, podríamos decir que 1) los conceptos que construyen los niños son de dominio específico y dependientes del contexto; 2) la estructura interna de las categorías que estructuran es semejante a la de los adultos y, 3) tanto para los niños como para los adultos, las categorías están organizadas en sistemas jerárquicos que incluyen conceptos abstractos y específicos (Carey y Gelman, 1991; Gelman, 1996; Gopnik y Meltzoff, 1999; Hirschfeld y Gelman, 1994).

De manera particular, en este trabajo nos proponemos analizar y evaluar el conocimiento astronómico que construyen niños y adolescentes, analizando el tipo de explicaciones que utilizan para dar cuenta del Sistema Solar y, por último, identificar los posibles modelos que los niños construyen para explicar dicha dinámica. La elección de esta parcela de conocimientos se

basó en varios criterios. En primer lugar, el hecho de que los niños (en su mayoría) tengan la oportunidad de observar algunos de los fenómenos a investigar (por ejemplo, el ciclo día/noche, el cambio de las estaciones del año, la observación de algunos cuerpos celestes como la Luna y el Sol), puede posibilitarles construir explicaciones acerca de dichos fenómenos (Baxter, 1995; Klein, 1982; Nussbaum, 1979; Samarapungavan, Vosniadou y Brewer, 1996; Vosniadou y Brewer, 1992; Vosniadou y Brewer, 1994). En segundo lugar, se ha sugerido estudiar parcelas de conocimientos que hayan experimentado amplias reestructuraciones a lo largo de la historia, ya que para algunos autores las ideas de los niños recapitulan algunos de los precursores históricos de las teorías actuales (véase Samarapungavan, 1998).

La investigación sobre la construcción de conocimientos

Este trabajo, como ya se mencionó, examina las ideas que construyen los niños acerca de algunos fenómenos astronómicos y, en este sentido, contrasta, a partir de los datos encontrados, las distintas posturas que intentan explicar la conformación y estructuración de esas ideas.

La investigación que se ha realizado durante los últimos años sobre las ideas que construyen los niños acerca del mundo que les rodea ha sido muy amplia. Existe una gran variedad de líneas de investigación dedicadas a estudiar esta “ciencia intuitiva” en diversos dominios de las ciencias naturales o experimentales o de las ciencias sociales (Benlloch, 1997; Driver, Guesne y Tiberghien, 1996; Nakhleh y Smarapungavan, 1999; Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1994;). Dicha investigación también se ha llevado a cabo desde diferentes perspectivas como lo son la psicología evolutiva o educativa (Barba, Hay, Barnett y Keating, 2000; Driver, Guesne y

Tiberghien, 1996; Tao y Gunstone, 1999;) o en comparaciones entre novatos y expertos (Chi, Glaser y Rees, citados en Pozo, Del Puy, Sanz y Limón, 1992). Sin embargo, aunque existe un amplio marco de investigaciones, la mayoría de ellas se han dedicado a describir únicamente las ideas en diferentes dominios pero sin tener un marco explicativo general o sin especificar las características de los conocimientos que se pretenden investigar, o bien, sin definir el término que designe mejor el tipo de conocimiento construido. Por ejemplo, de acuerdo con Giordan y Vechi (citados en Pozo, Del Puy, Sanz y Limón, 1992), existen hasta 28 formas diferentes de denominar los conocimientos previos (preconceptos, teorías personales, teorías en acción, etc.) que tienen los alumnos. De la misma manera, el término “teoría” también ha sido utilizado de manera polivalente, por ejemplo, algunas veces el término ha sido usado para referirse a concatenaciones de generalizaciones empíricas, o bien, para describir sistemas coherentes y bien organizados de creencias explicativas que utilizan los individuos (Wellman y Gelman, 1992).

Para Vosniadou (1994b), las teorías constituyen un *set* de proposiciones o creencias interrelacionadas que describen las propiedades y el comportamiento de los objetos físicos. Estas teorías se generan a través de la observación o a través de la transmisión de la información. Algunos autores (Rodrigo, 2004), por su parte, han tratado de integrar en un sólo marco conceptual lo biológico, lo social y lo representacional del conocimiento para explicar cómo los individuos construyen su versión de la realidad. En este sentido, para ellos, el término *Teorías Implícitas* indica “conjuntos organizados de conocimiento cotidiano relativos a determinados dominios de la realidad que, en principio no están accesibles a la conciencia (...). Las teorías implícitas suponen estructuras de conocimiento de tipo ‘intermedio’ entre las estructuras generales de los estadios y las ‘ideas’ aisladas que, manteniendo algunas propiedades comunes

respecto a sus procesos de formación y de cambio, diversifican sus contenidos según el dominio de contenido que se trate” (Rodrigo, 1994, p. 400). Estas teorías implícitas, también llamadas ideas erróneas, ideas espontáneas, conocimiento ingenuo, etc., tienen diferentes características: son contrarias al conocimiento científico, resistentes al cambio pese a haber recibido instrucción previa, no explican todos los aspectos de la realidad, es decir, son incompletas, describen aspectos fácilmente observables de la realidad, están relacionadas con el nivel cognitivo del sujeto, han estado presentes a lo largo de la historia de la humanidad y son espontáneas en el sentido de no ser producto directo de la instrucción (Delval, 1994).

Según Pozo y Gómez Crespo (2000), las concepciones que sostienen los individuos provienen de diferentes fuentes. Por un lado, las concepciones espontáneas tienen un origen sensorial y se forman como un intento de dar significado a las actividades que se realizan cotidianamente. Este tipo de concepciones serían más frecuentes dentro de las ciencias naturales. Por su parte, las representaciones sociales tienen un origen cultural y surgen, precisamente, a partir de la interacción con el entorno social y cultural. En otras palabras, la cultura, es entre muchas otras cosas, un conjunto de creencias compartidas socialmente, de modo que la educación y la socialización tendrían entre sus metas la asimilación de esas creencias por parte de los individuos. Por último, las concepciones analógicas tendrían un origen netamente escolar. Es decir, de acuerdo con Pozo y Gómez Crespo (2000), al no presentarse el conocimiento científico como un saber diferente, los niños asimilan los conocimientos escolares (científicos) a sus otras fuentes de conocimiento sobre el mundo y, en consecuencia mezclan y confunden el conocimiento sensorial y social.

Para Pozo, del Puy, Sanz y Limón (1992), dentro de la gran variedad de trabajos sobre las ideas espontáneas han predominado dos líneas para el estudio de las concepciones previas: *la teoría piagetiana* y el enfoque de las *ideas previas o concepciones alternativas* (preconceptos, ideas erróneas, ciencia de los alumnos, etc.) y, aunque similares en algunos aspectos (visión constructiva del conocimiento y su adquisición), difieren respecto a cómo se organizan esos conocimientos en la mente de los alumnos. Según estos autores, a partir de estas dos posiciones se ha ido abriendo una tercera línea que intenta posibilitar un punto de encuentro entre ellas. Esta tercera línea propone que los seres humanos organizan su conocimiento sobre el mundo en la forma de “teorías implícitas”.

Se les han denominado teorías porque, como ya lo hemos mencionado, son un conjunto organizado de conocimiento sobre el mundo físico o social. En otras palabras, una “teoría implícita” (también llamada “teoría intuitiva”) es un conjunto más o menos interconectado de conceptos pero que dista de ser una teoría científica. Es decir, las teorías implícitas de los niños no son tan detalladas como las de los científicos, ni formuladas explícitamente o probadas directamente como una teoría científica, sin embargo, constituyen sistemas coherentes de conocimiento que habilitan a los individuos para dar explicaciones (Gelman, 1996). En cuanto a su carácter implícito, éste simplemente se refiere a que no suelen ser accesibles a la conciencia.

Para autoras como Samarapungavan (1998), el hecho de que los niños sean generadores de teorías implica dos importantes cuestiones. Primero, que el sistema de creencias de los niños tiene cualidades teóricas de cohesividad y poder explicativo. Segundo, que los procesos de razonamiento necesitan revisar las teorías que son construidas dentro de una maquinaria

cognitiva básica. Así, el sistema de creencias constituye una estructura explicativa que los sujetos usan para resolver los problemas que se les plantean. Es decir, el sistema de creencias permite a los niños dar explicaciones causales y hacer predicciones sobre problemas novedosos.

Por otra parte, si bien se reconoce que estos sistemas de conocimiento (ideas espontáneas, teorías implícitas, etc.) tienen funciones tan importantes como las de guiar la acción, tomar decisiones, hacer inferencias, o regular la adquisición y construcción de nuevos conocimientos, dicho reconocimiento no implica la resolución de ciertas problemáticas. Por ejemplo, para Rodrigo, Rodríguez y Marrero (1994) debe explicarse en qué punto de la interfase se anudan lo social y lo psicológico en la construcción de conocimientos. O bien, deben dilucidarse los factores que propician las diferencias entre las concepciones que poseen los adultos y las que poseen los niños, dado que ambos comparten la misma cultura y, por tanto, se supondría, las mismas representaciones sociales. De acuerdo con la evidencia, se distinguen diferencias en las concepciones de los niños en relación con sus edades (Delval, 1994; Driver, Guesne y Tiberghien, 1996). Por tanto, en nuestra opinión, parecería necesario estudiar dichas diferencias y determinar la secuencia de construcción de un determinado dominio de conocimiento (en el caso que nos ocupa, del conocimiento astronómico).

Aunque la mayoría de las investigaciones en teorías implícitas reconocen el papel que desempeña el medio (o contexto) en el que se desarrolla el individuo que construye el conocimiento, muchas veces no se explicita la forma en que el medio sociocultural interviene en la formación de las “teorías implícitas”. Para Rodrigo, Rodríguez y Marrero (1993), “las teorías implícitas no se transmiten, sino que se construyen personalmente en el seno de grupos. Se

podría denominar a este proceso *socioconstructivismo*” (p.53). Desde este punto de vista, por tanto, el conocimiento es fruto tanto de la invarianza del sistema cognitivo como de la invarianza en el soporte social. Una consideración semejante es la de Gelman y Greeno (citados en Cole, 1999), quienes suponen que “los niños no sólo comienzan su vida con ‘principios esqueléticos’ que los restringen y les facilitan la adquisición de conocimientos en diversos dominios cognitivos esenciales; el ambiente socialcultural viene también empaquetado en aspectos que se han desarrollado para tener en cuenta esa estructura preempaquetada; los dos niveles se complementan entre sí” (p.192).

Desde una perspectiva socioconstructivista y, particularmente desde un enfoque vygotskyano, se sostiene que la experiencia educativa juega un papel determinante en la formación de los conceptos genuinos o científicos (Vygotsky, 1982). De manera característica, estos conceptos, a diferencia de los conceptos espontáneos o cotidianos, (1) forman parte de un sistema, (2) se adquieren a través de la toma de conciencia de la propia actividad mental y, (3) implican una relación especial con el objeto basada en la internalización de la esencia del concepto. En palabras de Pozo (1996), “los conceptos espontáneos se adquieren y definen a partir de los objetos a los que se refieren, por su referencia, mientras que los conceptos científicos se adquieren siempre por relación jerárquica con otros conceptos, por su sentido” (p.203). Por ello, el paso de los conceptos espontáneos a los conceptos científicos no sólo supone un cambio en el contenido de los conceptos sino en la forma de conceptuar (Pozo, 1989). Sin embargo, de acuerdo con Vygotsky (1982), una nueva forma de conceptuar el mundo circundante sólo se puede dar gracias a la instrucción, y por tanto, guiada por entes sociales y mediada por el discurso.

Sin embargo, de acuerdo con esta perspectiva es difícil sostener que los conceptos espontáneos que construyen los niños sean totalmente espontáneos, dado que estos se desarrollan en nichos evolutivos donde las prácticas culturales se realizan conjuntamente con otros individuos (Cole, 1999), sean los padres a compañeros más capaces. En otras palabras, tanto el niño como los otros individuos son agentes activos y co-constructores de esos saberes espontáneos, saberes que sólo tienen sentido con relación al contexto sociocultural que los define.

Por lo demás, y con independencia del peso que se le pueda atribuir al medio social, a los dispositivos cognitivos o a la interacción de ambos en el proceso de construcción de conocimientos, queda el problema de explicar cómo se da ese cambio de los conceptos espontáneos a los científicos dado que la sola inmersión de los individuos en el medio educativo no parece garantizar dicho cambio. Es decir, más allá del optimismo vygotskyano y de su fe en el proceso educativo, la literatura (como lo veremos en el Capítulo I) reporta la existencia de ideas que, a pesar de ser contrastadas con los conceptos científicos por largos períodos en las aulas escolares, se resisten al cambio conceptual.

Para Vosniadou (1994b), la forma más simple de cambio conceptual es el *enriquecimiento*, y se entiende como la simple adición de información al conocimiento existente. La *revisión* sería un proceso más sofisticado y se llevaría a cabo cuando la nueva información que es adquirida es inconsistente con las creencias o presuposiciones existentes. Sin embargo, el cambio conceptual resultaría muy difícil de lograr dado que las presuposiciones de una determinada teoría representan un sistema relativamente coherente de explicación y que, además, está basado en la experiencia cotidiana la cual ha estado sujeta a varios años de verificación. Chi y cols. (Citados

en Benlloch, 1997) proponen un modelo predictivo del cambio conceptual para explicar por qué unos conceptos parecen más difíciles de aprender que otros, y por tanto, por qué algunas ideas son más persistentes. Según este modelo, las entidades en el mundo pueden organizarse en tres categorías ontológicas: materia, procesos y estados, cada una de las cuales contiene sus respectivas subcategorías. Para Chi, cuando el sistema categórico del sujeto sustrae o añade un atributo ontológico a una determinada entidad, se hace necesaria una reconceptualización y tiene lugar un cambio conceptual fuerte, el cual sólo ocurre cuando un concepto es reasignado a una categoría ontológica nueva y genera un cambio en todo el árbol y no sólo un cambio de posición o un ajuste. Por el contrario, en el cambio conceptual débil los conceptos no cambian su significado básico, lo que cambia es la localización de los nodos y el contexto de los árboles. Asimismo, este modelo sugiere que aquellas nociones que provengan de los procesos (como la electricidad, el calor, etc.) serán más difíciles de aprender que las referentes a las entidades materiales.

Ideas de los niños acerca de los fenómenos astronómicos

El presente trabajo examina las concepciones que tienen los niños sobre algunos fenómenos astronómicos: sus ideas sobre la forma de la Tierra, el ciclo día/noche, o bien sus ideas sobre el cambio de las estaciones y sobre el Sistema Solar. Dicho trabajo retoma, tanto conceptual como metodológicamente, algunas de las estrategias de investigación utilizadas en la indagación de estas mismas temáticas (por ejemplo, Samarapungavan, Vosniadou y Brewer, 1996; Vosniadou y Brewer, 1992, 1994). Asimismo, muchos de los resultados que hemos obtenido, por ejemplo respecto de la forma de la Tierra, son similares a los reportados por Nussbaum (1979) y, por

tanto, algunas de las nociones que apoyan la estructuración de esos modelos terráqueos, entre otras, que las direcciones que siguen los objetos al caer forman líneas paralelas, han sido igualmente encontradas.

Con todo, dado que las muestras estudiadas provienen de contextos culturales diferentes (niños hindúes, estadounidenses o nepalíes) pero arrojan resultados similares, se estaría tentado a concluir que la estructuración del conocimiento astronómico, por lo menos, está regulado por dispositivos y/o procesos universales, es decir, que dicho conocimiento no es afectado por el contexto socio-cultural en el que se desarrollan los individuos. En todo caso, como lo veremos a lo largo de nuestro capitulado, es necesario (además de problemático) explicar la interacción entre experiencia y desarrollo; es decir, resultados similares en muestras diferentes no necesariamente esclarece por qué individuos sometidos a la misma experiencia sensorial, por ejemplo experimentar la noche y el día, da por resultado modelos diferentes en distintos grupos de edad. Por ejemplo, podemos encontrar (véase también Baxter, 1995) que cuando los niños más pequeños explican el ciclo día/noche lo hacen asumiendo que son los objetos cercanos o familiares los causantes del fenómeno, por ejemplo, que el Sol se va detrás de las colinas, o bien, que las nubes cubren al sol. Mientras que los niños de mayor edad utilizan un constructo diferente, por ejemplo, que la Tierra gira en su propio eje frente a un Sol fijo.

Trabajos como los de Vosniadou y Brewer (1992; 1994) han tratado de investigar la naturaleza del conocimiento intuitivo que tienen los niños sobre modelos mentales de la Tierra y del ciclo día/noche, además de tratar de entender cómo cambia a lo largo del desarrollo. Para estos autores, los modelos que construyen están limitados por una serie de presuposiciones que los

niños sostienen basados en su experiencia diaria. Sin embargo, existen grandes diferencias. Por ejemplo, algunos resultados muestran (Vosniadou y Brewer, 1994) que los niños más pequeños forman modelos para explicar el ciclo día/noche basados en su experiencia diaria, mientras que los más grandes forman modelos sintéticos donde la información que proviene de su experiencia diaria se sintetiza con la información culturalmente aceptada, hasta que finalmente se forma un modelo similar al científico. Sin embargo, en muchos casos (por ejemplo, Trumper, 2000) se ha encontrado que incluso estudiantes universitarios mantienen una gran cantidad de concepciones erróneas en diferentes conceptos de astronomía básica, es decir, no necesariamente un aumento en la edad o en la formación académica, como lo mencionamos respecto de la robustez de ciertas ideas previas, modifica las concepciones que se sostienen en edades tempranas.

Por nuestra parte, en el trabajo que hemos desarrollado obtuvimos resultados que indican una relación entre el conocimiento y la edad, a saber, los conocimientos más intuitivos e ingenuos corresponden a los niños más pequeños y las representaciones científicamente aceptadas corresponden a los niños más grandes. En general, podemos decir que los cambios en las concepciones van desde una representación de Tierra plana y estática a una esférica pero hueca y con los habitantes en el interior o en la parte superior, hasta llegar a una concepción dinámica de la relación entre la tierra con los demás astros, y una coherente utilización de los conceptos gravitatorios. En sentido estricto, entonces, podemos decir que existe una diferenciación entre los conocimientos acerca de los fenómenos astronómicos y las edades de los sujetos.

En nuestra opinión, y serán cuestiones que discutiremos más ampliamente en el capítulo de este trabajo, la dificultad que enfrentan los niños pequeños para concebir a la Tierra como un

cuerpo esférico y que flota en el espacio radica en el hecho de que sus concepciones están guiadas por ciertas presuposiciones, por ejemplo: (1) la Tierra es plana, (2) todos los objetos necesitan un soporte para no caer y, (3) si caen, caen hacia abajo. Dichas presuposiciones son particularmente importantes ya que parecen ser contrariar las experiencias cotidianas que se tienen de los objetos físicos. Sin embargo, este mismo hecho nos permiten explicar la formación de teorías erróneas o modelos sintéticos. Por ejemplo, la presuposición de que todos los objetos caen hacia abajo, supone que los objetos requieren un soporte sin el cual éstos caerían. Esto tiene sentido en el contexto de una concepción del espacio donde la Tierra es plana y los lugares “arriba” y “abajo” son definidos en términos de esa Tierra plana y no en términos del centro de la Tierra. En otras palabras, parece ser que la conceptualización del planeta Tierra como un cuerpo esférico emerge desde una teoría ingenua de la física y está restringida por los mismos tipos de presuposiciones que restringen los objetos físicos en general. En este sentido, y a diferencia de muchos otros conceptos que permanecen incrustados en el mismo dominio conceptual, la conceptualización sobre el planeta tierra experimenta una mayor reorganización. Dicha reorganización, como lo veremos, parece incluir una re-conceptuación de la Tierra como cuerpo astronómico o cósmico, y desarrollarse a través de la eliminación y revisión de algunas presuposiciones que pertenecen a una teoría ingenua de la física.

En resumen, el presente trabajo examina las ideas de un grupo de niños y niñas acerca del Sistema Solar desde la perspectiva de las ideas previas. Dicha indagación busca las ideas que los niños construyen para explicar la configuración y dinámica del Sistema Solar.

En el capítulo I se hace un análisis de las ideas previas y la construcción del conocimiento. Se hace una revisión sobre su origen, los factores culturales y los escolares. Asimismo se analizan las concepciones que se tienen sobre las mismas. Finalmente se hace un análisis sobre la perspectiva constructivista.

En el capítulo II se enfoca, fundamentalmente, en hacer una revisión de la literatura sobre los trabajos más relevantes que se han realizado para indagar las ideas de los niños sobre temas de astronomía. Los trabajos en su mayoría están relacionados con el análisis de las ideas de los niños en diversos contextos y también se presentan algunas propuestas educativas para la enseñanza de diversos temas de astronomía.

En el capítulo III se presentan los dos estudios realizados para conocer las ideas de los niños sobre el Sistema Solar. El estudio 1 se centra en analizar las ideas de los niños sobre diferentes temas: la forma de la Tierra, el ciclo día/noche, las estaciones del año, etc. El estudio 2 se enfoca en conocer la forma, movimientos, distancia, y ubicación de los distintos componentes que conforman el Sistema Solar. En ambos estudios se plantea la existencia de modelos que los niños elaboran y que son utilizados en todos los grados escolares.

Finalmente en la última sección de este trabajo se presentan las conclusiones elaboradas a partir de los dos estudios.

CAPÍTULO I

Las ideas previas y la construcción de conocimientos

1.1. El estudio de las ideas previas

Desde la década de los setenta, la investigación llevada a cabo en el ámbito de la enseñanza de la ciencia no sólo puso al descubierto el hecho de que los alumnos (niños y adolescentes) acceden a las situaciones de aprendizaje con un conjunto de ideas acerca del mundo circundante (sean llamadas preconcepciones, concepciones *naive* o concepciones erróneas), sino también que tales ideas constituían barreras para el aprendizaje de nuevos conceptos. Por ello, como lo menciona Duit (1995), la investigación y la práctica de la enseñanza de la ciencia, desde una perspectiva constructivista, no sólo asumió que lo que un alumno ya conoce es un factor que influye en el proceso de aprendizaje sino que, asimismo, era fundamental examinar la naturaleza de las concepciones que sostienen los alumnos antes de la instrucción.

Un análisis somero indica que muchas de las dificultades que enfrentan los alumnos para comprender los conceptos científicos proporcionados por la escuela son debidas, precisamente, al hecho de que ellos poseen “ideas” (previas) de aquellos conceptos, fenómenos y principios que les van a ser enseñados. Dichas “ideas”, asimismo, poseen un rasgo distintivo: con bastante frecuencia se encuentran muy alejadas de las concepciones científicas (por ejemplo, Barab, Hay, Barnett y Keating, 2000; Benloch, 1997; Driver, Guesne y Tiberghien, 1996; Nakhleh y Smarapungavan, 1999; Tao y Gunstone, 1999). En otras palabras, el problema “es la existencia en los alumnos de fuertes concepciones alternativas a los conceptos científicos que se les

enseñan, que resultan muy difíciles de modificar y que en algunos casos sobreviven a largos años de instrucción científica” (Pozo y Gómez Crespo, 2000, p. 85).

Con el propósito de explicar la naturaleza y características de las ideas o concepciones previas, se fue generando a partir de la década de los setenta el llamado “movimiento de concepciones alternativas” como un modo de instituir (y en contra del modelo piagetiano) una nueva forma de interpretarlas (Carretero y Rodríguez Moneo, 2004; Rodríguez Moneo, 1999). Sin embargo, dicho “movimiento” no es homogéneo, empezando por cómo denominarlas. Por ejemplo, casi 15 años después de surgido el Movimiento, Giordan y De Vecchi reconocían la existencia de «28 calificativos que van desde “representaciones previas remanentes” a “requisitos previos”, y 27 sinónimos desde “dejà-là” (...) a “paradigmas personales de los alumnos”» (1987/1999, p. 102). Un análisis realizado tiempo después (véase Wandersee, Mintzes y Novak, 1994), arrojó el mismo resultado, a saber, una gran diversidad en las nominaciones utilizadas (creencias ingenuas; ideas erróneas; preconcepciones; múltiples versiones particulares de la ciencia; fuentes subyacentes de error; modelos personales de la realidad; razonamiento espontáneo).

Un buen número de estas denominaciones (no todas, por supuesto) implicaban connotaciones negativas (por ejemplo, concepciones erróneas o errores conceptuales), no obstante, con el paso del tiempo se han comenzado a utilizar definiciones más claras y que reflejan de mejor forma la posición de los investigadores (ideas previas, ciencia intuitiva, ciencia de los alumnos, etc.). Este cambio en la terminología muestra, asimismo, un cambio en la comprensión de los investigadores sobre la naturaleza de las ideas de los alumnos y el papel que éstas juegan en el aprendizaje.

Con todo, no dejan de ser problemáticas las designaciones elegidas. Por ejemplo, uno de los términos que ha sido muy utilizado, aunque no necesariamente aceptado por todos los autores, es el de “concepciones alternativas”. Este término intenta caracterizar las ideas de los alumnos como concepciones personales que tienen significado y utilidad para interpretar determinados fenómenos. Sin embargo, aun siendo un término bien aceptado no deja de implicar ciertas ambigüedades; por ejemplo, de acuerdo con Flores (2002), el término sugiere que los sujetos cuentan al menos con otras ideas alternas (una concepción alternativa) para explicar un fenómeno y que las eligen de manera consciente determinando cuál es la que se ajusta mejor a la situación.

Por nuestra parte, siguiendo a Flores et al. (2000), en este trabajo será utilizado el término “ideas previas” para denominar las concepciones de los alumnos; dado que el término **ideas previas**, en nuestra opinión, es una denominación que conlleva dos características centrales: (1) son ideas que el sujeto elabora y, (2) que no han sido transformadas por algún proceso educativo específico.

En el ámbito de la enseñanza de la ciencia, el descubrimiento de que los alumnos llegan a las situaciones de aprendizaje con un conjunto de ideas construido por ellos mismos, generalmente diferentes de las concepciones científicas que van a ser enseñadas, corrobora el hecho de que estas ideas no son resultado de la práctica educativa (aunque, sin duda, los textos, los currícula y los propios docentes puedan llegar a fortalecerlas) ni resultado de un aprendizaje deficiente por parte del alumno. En nuestra opinión, el adjetivo “previo” tiene relevancia en el sentido de que realza el papel del sujeto en la construcción de esas ideas.

No obstante, si bien la tipificación elegida no es un problema trivial en el sentido de que ésta refleja compromisos epistemológicos y conceptuales de los investigadores (véase Flores, 2002; Pozo y Gómez Crespo, 2000) que no deben ser obviadas, existe cierto acuerdo con algunas de las características que presentan las concepciones de los alumnos (véanse Carretero y Rodríguez Moneo, 2004; Flores, 2002; Pozo y Gómez Crespo, 2000; Wandersee, Novak y Mintzes, 1994):

1. Los estudiantes llegan a las clases de ciencia con un conjunto diverso de ideas previas relacionadas con fenómenos y conceptos científicos.
2. Las ideas previas de los estudiantes se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, género y cultura.
3. Las ideas previas son de carácter implícito, esto es, en la mayoría de los casos los estudiantes no llevan a cabo una “toma de conciencia” de sus ideas y explicaciones.
4. Las ideas previas parecen ser específicas de dominio.
5. Las ideas previas son generadas a partir de procesos donde los cambios son muy evidentes, mientras que los aspectos estáticos pasan, usualmente desapercibidos.
6. Buena parte de las ideas previas son elaboradas a partir de un razonamiento causal directo, en el cual, el cambio en un efecto es directamente proporcional al cambio en su causa.
7. Las ideas previas en un mismo alumno pueden ser contradictorias cuando se aplican a contextos diferentes.
8. Las ideas previas no se modifican por medio de la enseñanza tradicional de la ciencia.
9. Las ideas previas guardan ciertas semejanzas con ideas que se han presentado en la historia de la ciencia.

10. Los orígenes de las ideas previas se encuentran en las experiencias de los sujetos con relación a fenómenos cotidianos, en la correspondencia de interpretación con sus pares y en la enseñanza que se ha recibido en la escuela.
11. Los profesores, frecuentemente, comparten las ideas previas de los alumnos.
12. Las ideas previas interfieren con lo que se enseña en la escuela teniendo como resultado que el aprendizaje sea deficiente, con importante pérdida de coherencia.
13. Es imposible modificar las ideas previas, como sustitución de conceptos, por medio de estrategias orientadas al cambio conceptual.

Con todo sería poco pertinente, como lo dicen Pozo y Gómez Crespo (2000), atribuir estas características a todas las concepciones que han sido estudiadas dado que “no todas... manifiestan estos rasgos en la misma medida, e incluso alguno de ellos es dudoso que pueda atribuirse a la mayor parte de ellas” (p. 96).

1.2. El origen de las ideas previas (la fuente sensorial)

Respecto del origen de las ideas (o concepciones) previas parece haber acuerdo entre los autores de que éstas son el resultado de la experiencias cotidiana y, entre sus principales fuentes, considerarse la experiencia sensible intuitiva (por ello también han sido llamadas *concepciones intuitivas*), el lenguaje cotidiano, los medios de comunicación y las conversaciones en los contextos diarios (Duit, 1995). En resumen, “las ideas de los sujetos están guiadas por la percepción y por la experiencia cotidiana” (Carretero y Rodríguez Moneo, 2004, p. 239). Asimismo, se ha asumido que esas ideas o concepciones son esenciales para que el sujeto acceda

al conocimiento de su entorno, haga predicciones y resuelva problemas; en otras palabras, son funcionales.

De acuerdo con Carretero y Rodríguez Moneo (2004) es precisamente esta “funcionalidad” de las concepciones previas e intuitivas lo que permitiría entender su carácter personal (el propio individuo las construye a través de su actividad), espontáneo (se van construyendo en función de las necesidades que enfrenta el individuo en su medio) y su resistencia al cambio. “Las razones que permiten explicar esta resistencia pueden ser las siguientes: la aplicación con «éxito» de las concepciones intuitivas cubre ciertas necesidades psicológicas, como la de sentirse eficaz y capaz de controlar la propia actividad; se trata de un conocimiento frecuentemente usado y, por tanto, muy activado, lo que incide en su afianzamiento” (Carretero y Rodríguez Moneo, 2004, p. 242). Aunque la *robustez* bien podría ser una consecuencia de que las ideas o concepciones previas estén guiadas por la percepción y la experiencia cotidiana. Con todo, ambas consideraciones no se contradicen entre sí; más bien parecen ser complementarias.

Como lo señala Pozo (2003), la experiencia sensorial está guiada por la existencia de un *sistema cognitivo de guardia* común a la especie humana, el cual asegura respuestas rápidas y estereotipadas con un reducido coste computacional. En este sentido, para este autor, las concepciones alternativas¹ serían resultado de un aprendizaje informal o implícito que tendría por objeto establecer regularidades en el mundo, hacerlo más previsible y controlable; y dado

¹ Pozo y Gómez Crespo (2000) utilizan los términos “concepciones alternativas” y “conocimientos previos” como sinónimos. Sin embargo, dado que el análisis que realizan estos autores conlleva examinar los diversos niveles representacionales de dichas concepciones, las denominan “teorías implícitas”, en el sentido de que no son concepciones aisladas o inconexas sino que están compuestas por un entramado conceptual compacto, es decir, como una teoría, pero con supuestos “epistemológicos, ontológicos y conceptuales radicalmente distintos a los que subyacen a las teorías científicas” (p. 109).

que, en general, las concepciones así construidas cumplen con esa función, entonces podemos suponer que su uso tiende a maximizarse. Pero asimismo, como un rasgo sobresaliente, el hecho de que el origen de esas ideas se encuentre en los procesos sensoriales y perceptivos (comunes a todos los miembros de la especie humana), hace que ellas tiendan a presentar una mayor universalidad a través de las culturas y las edades. En otras palabras, el tipo de representaciones que hagan los sujetos del mundo circundante será el mismo y, por tanto, tendrán los mismos problemas para acceder a las ideas vertidas por la educación formal. Por el contrario, si su origen únicamente se generara a partir de fuentes culturales y escolares entonces quizás esperaríamos una mayor variabilidad en las ideas construidas por diferentes sujetos educados en distintos medios sociales y escolares.

No obstante, lo anteriormente dicho implica (véase Flores et al., 2000) resolver ciertas problemáticas, entre otras, si las ideas previas son formadas por las interpretaciones que los sujetos llevan a cabo a partir de la fenomenología que perciben, entonces, ¿cómo podría explicarse el acceso a fenómenos que no son directamente observables por ellos como, por ejemplo, en el mundo microscópico el caso de la célula o, en el macroscópico, el caso del Sistema Solar? Adicionalmente, si el basamento sensorial es un anclaje tan poderoso y, por ello, poco accesible al cambio, entonces, ¿cómo se da la evolución conceptual? En otras palabras, ¿cómo se desprenden los sujetos de las restricciones que les impone su sistema cognitivo? Y, por último, la semejanza en las ideas (previas) que muestran distintos individuos de culturas muy diferentes hace necesario que se tome en cuenta la posible universalidad de la cognición humana (por lo menos en sus etapas iniciales).

1.3. El factor cultural y escolar en el origen de las ideas previas

Además de los aspectos sensoriales, se ha considerado que tanto la cultura como la escuela juegan un papel importante en la conformación de las ideas previas. En este sentido, Pozo, Sanz, Gómez Crespo y Limón (en Rodrigo, 1994) han realizado una clasificación de las concepciones espontáneas basándose en su origen. Las dividen en 3 tipos: concepciones *espontáneas*, *inducidas* y *análogas*. Las primeras, como vimos en el apartado anterior, se formarían para dar significado a las actividades cotidianas y se basarían en el uso de reglas de inferencia causal aplicadas a datos recogidos mediante procesos sensoriales y perceptivos. Las *concepciones inducidas*, por su parte, tendrían como origen los intercambios sociales y el trasvase y asimilación de las teorías culturales. En este sentido, no sólo la educación formal, sino principalmente la informal, llevada a cabo en entornos familiares, grupos de iguales, medios de comunicación, etc., sería la responsable de la formación de este tipo de ideas. Por último, las *concepciones análogas* se darían en dominios de conocimiento en los que los alumnos carecieran de ideas previas. En este caso, las teorías se formarían como resultado de la elaboración de analogías a partir de las concepciones espontáneas para adaptarlas a un dominio nuevo sin explorar. El principal origen de este tipo de ideas sería el escolar. Según estos autores, al no presentarse el conocimiento científico como un saber diferente, los niños asimilan los conocimientos escolares (científicos) a sus otras fuentes de conocimiento sobre el mundo, esto acarrearía como consecuencia la incomprensión del discurso científico, es decir, tendería a mezclarse y confundirse con el conocimiento sensorial y social. Es decir, "... las ideas que los alumnos obtienen del conocimiento escolar no se limitan a reflejar errores conceptuales presentes en los libros de textos o las aplicaciones recibidas. Más bien reflejan un 'error' didáctico en la

forma en que se les presentan los saberes científicos. Al no presentarse el conocimiento científico como un saber *diferente*² de otras formas de saber [por ejemplo, el cotidiano], los alumnos tienden a asimilar esos conocimientos escolares, de forma analógica, a sus otras fuentes de ‘conocimiento científico’ sobre el mundo... En otras palabras, los modelos científicos (usualmente referidos a estructuras no observables del macrocosmos o del microcosmos) se mezclan, se difuminan, en aquellos ámbitos del discurso cotidiano (referido al mesocosmos) con referentes comunes. El alumno concibe como análogos sistemas de conocimiento que son complementarios, pero diferentes” (Pozo y Gómez Crespo, 2000, pp. 102-103).

Por tanto, en el origen de las ideas previas no estaría presente una sola fuente, es más factible que lo sensorial, cultural y escolar interactúen entre sí para conformarlas. Aunque también, obviamente, estarían entre las fuentes que generan “errores conceptuales”. Por ejemplo, en el medio sociocultural “calor” y “temperatura” se utilizan de manera indistinta: “hace mucho calor porque subió la temperatura”. De manera similar en la ciencia, antes del siglo XVII “calor” y “temperatura” eran conceptos indiferenciados. Sin embargo, después del trabajo de Black (quien además de establecer la diferencia entre ambos introduce el concepto de “equilibrio térmico”): “Calor y temperatura [llegan a ser considerados] dos tipos enteramente diferentes de magnitudes físicas; el calor es una cantidad extensiva mientras que la temperatura es una cantidad intensiva” (Carey, 1991, p. 263). En otras palabras, mientras que las cantidades extensivas son aditivas, por ejemplo, el monto total de calor de dos vasos de agua que se mezclan es la suma de ambos; las cantidades intensivas son proporciones y, además, no-aditivas, por ejemplo, si un vaso de agua a 80° F se adiciona a otro de 100° F, la temperatura resultante será de 90° F, no de 180° F.

² Las cursivas son de los autores.

Algo parecido sucede con la conceptualización de otros términos, por ejemplo, “energía”; término que parece tener en la vida diaria múltiples sentidos; mejor dicho, “un significado difuso, pero asumido por todos, que es bien distinto del nítido significado que tiene este concepto en física” (Pozo y Gómez Crespo, 2000, p. 101). Con todo, mucho del conocimiento proveído socialmente es altamente funcional, es decir, es un “conjunto de saberes prácticos” (Giordan y De Vecchi 1987/1999, p. 109) aplicables a la resolución de problemas que impone el mundo circundante.

En resumen, el papel de la cultura y del lenguaje en el desarrollo de la comprensión científica es de considerable importancia. De acuerdo con Wandersee, Novak y Mintzes (1994), el significado construido socialmente le sirve a los aprendices para dar cuenta de los términos “técnico-científicos”, lo cual, seguramente, tiene un impacto significativo sobre la comprensión de esos mismos términos en un contexto científico, entre otras razones, porque la mayoría de las veces sus significados son disímiles.

Dentro del aspecto cultural, se considera que otra fuente de concepciones erróneas proviene de los libros de texto y de los profesores (quienes muchas veces comparten las mismas ideas previas de sus estudiantes). En el primer caso, algunos autores (Cho, Kahle y Nordland, 1985) consideran que los libros de texto, además de ser una gran fuente de información con la que cuentan los alumnos, son asimismo fuente de muchas de las concepciones erróneas. Por ejemplo, en el análisis que estos autores llevaron a cabo sobre tres libros de texto utilizados por estudiantes universitarios en la enseñanza de la genética, encontraron que dichos textos tendían a separar conceptos que, en su opinión, deberían de estar relacionados (genética y meiosis) para ser comprendidos. De la misma manera, encontraron que los libros no sólo presentaban de manera

incorrecta el concepto de “mutación”, sino que en la mayoría de las veces las mutaciones eran descritas como raras, dañinas y recesivas.

En el otro caso, como lo vimos cuando presentamos las características de las ideas previas (específicamente el punto 11), se ha evidenciado que los profesores, frecuentemente, suscriben las mismas concepciones alternativas que sus estudiantes. Como lo mencionan Wandersee, Novak y Mintzes (1994), los estudios que se han enfocado sobre la comprensión de los conceptos científicos por parte de los profesores, por ejemplo, su comprensión sobre la luz y fenómenos de óptica, revelan semejanzas esenciales con las sostenidas por sus estudiantes. Pero dado que la información de los profesores sobre esos fenómenos, son extraídos de los libros de texto que ellos utilizan, puede considerarse que también los libros son una fuente de error.

Este hecho supone, en nuestra opinión, la construcción de un círculo vicioso; es decir, los alumnos llegan a la escuela con ideas previas sobre algunos fenómenos y éstas son fortalecidas por la gran semejanza que guardan con las explicaciones que el profesor les da acerca de esos fenómenos. Como lo señalan Hierrezuelo y Montero (1988/2002), dado que una posible fuente de errores conceptuales puede provenir del mismo profesor, es conveniente que se incluyan en los cursos dedicados a la formación permanente del profesorado actividades encaminadas a la clarificación de aquellos conceptos que por su importancia en la estructura de la ciencia ocupan una posición destacada en los currícula escolares. En otras palabras, educarles en la ciencia. Pero, asimismo, sería necesario implementar actividades que les proporcionen las herramientas necesarias para que detecten los errores conceptuales de los alumnos y los tratamientos más convenientes para cambiarlas.

En este sentido, una serie de métodos han sido utilizados por los investigadores para ayudar a los profesores a cambiar las ideas de sus alumnos (véase Akerson y Flick, 1999), aunque los resultados obtenidos no indican si los profesores son conscientes de las ideas erróneas típicas que tienen los alumnos, es decir, si son capaces de identificarlas. Por tanto, abogar porque los profesores reconozcan la importancia que tienen las ideas de los alumnos para con el proceso educativo, no es suficiente para que apoyen a sus alumnos en la construcción de ideas más exactas. Es un buen inicio, señalan Akerson y Flick (1999), que los profesores conozcan esas ideas, pero el siguiente paso es ayudarlos a saber qué hacer con esas ideas, dado que ello, por sí sólo, no es suficiente para que los profesores sepan como incluirlas en sus lecciones.

En resumen, en algunos casos la evidencia sugiere que las ideas iniciales de los niños se originan desde las intuiciones, observaciones y generalizaciones de la vida cotidiana. Por ejemplo, se ha encontrado que, sin una manifiesta influencia social, niños y adolescentes cuando se les interroga acerca del proceso digestivo, llegan a concebir la existencia de dos caminos, uno para los sólidos y otro para los líquidos (Giordan y De Vecchi 1987/1999). Pero, a la vez, en otros casos se ha encontrado que las ideas parecen ser influidas desde la interacción social y cultural. Por ejemplo, Druyan y Gardosh (en Watson, 1997) demostraron que niños y adultos utilizan una idea similar para juzgar si dos objetos unidos viajan a la misma velocidad, la cual, al parecer, es atribuible al uso cotidiano del término velocidad para describir el movimiento lineal. Es decir, si bien el uso del término tiene implicaciones relacionadas con las posiciones relativas de los objetos, ello sólo es verdad cuando el movimiento es lineal pero falso cuando el movimiento es circular. Por tanto, si bien puede decirse que los niños tienen experiencia sobre el movimiento circular, parece que en este caso específico sus ideas sobre la velocidad están mayormente influidas por el significado

transmitido socialmente que por sus propias experiencias. En la misma dirección, para Fleer (en Watson, 1997), en fenómenos que involucran la electricidad la transmisión social parece ser vital en el desarrollo de las concepciones del niño.

1.4. Las ideas previas. ¿Concepciones inconexas u organizadas?

En nuestra opinión, sería incorrecto considerar las ideas previas de los sujetos como elementos aislados o inconexos. Por el contrario, existe evidencia (Carey, 1985; Murphy y Medin, [1985] 1999) que indica que éstas conforman redes conceptuales muy amplias, similares a “teorías”. Y, si esto es así, la “experiencia perceptual” de los sujetos estaría restringida por los principios propios de esas teorías (por ejemplo, los principios de cohesión, contigüidad y contacto que los sujetos aplican a los objetos físicos. Véase Carey y Spelke, 1994; Spelke, 1991). No obstante, esas teorías serían diferentes de las teorías científicas en muchos aspectos. En primer lugar, los sujetos no serían conscientes de que las poseen, son teorías implícitas que “estarían constituidas de hecho a partir de un conjunto de reglas o restricciones en el procesamiento de la información que determinarían no sólo la selección de la información procesada sino también las relaciones establecidas entre los elementos de esa información” (Pozo y Gómez Crespo, 2000, p. 107).

Algunos autores como Vosniadou (2003) afirman que, con el propósito de interpretar los fenómenos del mundo circundante, los niños construyen *teorías naive* (basados en la experiencia cotidiana), por ejemplo, una física naive. Sin embargo, esta autora hace hincapié en que el término *teoría* sólo es utilizado para denotar una estructura explicativa relacional que, sin embargo, es sustancialmente diferente de una teoría científica explícita, bien conformada y

socialmente compartida. Es decir, es diferente de las teorías científicas en su estructura, en los fenómenos que explica y en los conceptos individuales que la conforman. Como lo menciona Gelman (1996), si bien las teorías intuitivas de los niños no son tan detalladas como las de los científicos, ni formuladas explícitamente o probadas de manera directa como lo hace una teoría científica, sí constituyen sistemas coherentes de conocimiento que habilitan a los individuos para dar explicaciones sobre el mundo que les circunda.

Entre las características que este último autor supone poseen dichas teorías implícitas se encuentran: una ontología distintiva, es decir, se atiende a entidades y fenómenos específicos de dominio; principios aplicables a los objetos y entidades que constituyen el dominio en cuestión; no están conformadas por conceptos aislados sino que constituyen creencias interrelacionadas y, por último, recurren a instancias no observables, por ejemplo, los individuos hacen uso de constructos como “fuerza” o “energía” para explicar los eventos que observan.

Para Samarapungavan (1998), afirmar que los niños son generadores de teorías, implica dos importantes cuestiones. La primera de ellas resalta el hecho de que el sistema de creencias de los niños tiene cualidades teóricas de cohesión y poder explicativo. La segunda, indica que los procesos de razonamiento necesitan extenderse y revisar las teorías que son construidas dentro de una maquinaria cognitiva básica y, por tanto, deben estar disponibles para todos, es decir, ser comunes a la especie humana. En nuestra opinión, la parte central de los planteamientos de Samarapungavan (1998) es aquella referida a que el sistema de creencias constituye una estructura explicativa que los sujetos usan para resolver los problemas que se les plantean. Es

decir, el sistema de creencias permite a los niños dar explicaciones causales y hacer predicciones sobre problemas novedosos.

Un poco diferente a las ideas mencionadas en los dos párrafos anteriores, sería la posición de diSessa (en Vosniadou, 1994b). Para dicho autor, el conocimiento intuitivo que poseen los individuos sobre el mundo es un conocimiento fragmentado, una colección de creencias fragmentada, inestable e infinitamente maleable y que muestra un bajo nivel de abstracción. Estos fragmentos constituyen esquemas primitivos denominados “p-prims” (phenomenological primitives) y que son interpretaciones superficiales de la realidad física que, paradójicamente, resultan importantes para interpretar la realidad. El cambio conceptual, dentro de este sistema, ocurre a través de la reorganización de los p-prims o a través del incremento en la coherencia interna y sistematicidad de las colecciones de p-prims que sirven como explicaciones. Sin embargo, el cambio conceptual más importante es el que ocurre en la función de los p-prims, es decir, dejan de ser auto-explicativos y se convierten en estructuras de conocimiento semejantes a leyes o principios.

Una perspectiva que trata de integrar algunas de las ideas que hemos mencionado (además que rescata la evidencia obtenida por la investigación en el ámbito del desarrollo cognitivo) y que, creemos, nos permite acercarnos a la naturaleza de las teorías que construyen los niños es la de Vosniadou (2003). Para esta autora, entre los aspectos que deben tenerse en cuenta cuando se considera que las ideas de los niños se conforman como teorías naive, se encuentran los siguientes:

1. La mente humana ha desarrollado, a lo largo de la evolución, mecanismos especializados para adquirir información, particularmente, de los mundos físico y social. En consecuencia, algunos aprendizajes serían más fáciles que otros, no porque sean menos complejos sino porque los seres humanos están preparados por la evolución para esta clase de aprendizajes. Esto parece aplicarse al aprendizaje del lenguaje y de la física naive. (Véase también la tesis de la teoría original sustentada por Carey la cual asume que los niños poseen, al menos, dos dominios de conocimiento inicial, tal vez una mecánica naive y una psicología naive.)³
2. Una teoría naive (por ejemplo, la física naive) no es una colección de piezas de conocimiento sin relación. Más bien es un marco explicativo coherente para conceptuar, por ejemplo, el mundo físico. Dicho marco, asimismo, constriñe los procesos de adquisición de nuevo conocimiento y organiza la multiplicidad de las experiencias sensoriales de los niños en el mundo cotidiano y la información recibida de la cultura.
3. Las explicaciones científicas de los fenómenos físicos, dado que se sostienen en un marco diferente, frecuentemente violan los supuestos de la física naive. Ir de ésta última a la primera, requiere de un cambio conceptual (véase Vosniadou, 2003, p. 382).

Como podemos ver, una parte sustancial de las tesis de Vosniadou asume que las ideas previas están organizadas en teorías que, básicamente, cumplen con la función de restringir el acceso a ciertos rasgos o patrones salientes del mundo circundante y, asimismo, les otorgan coherencia al conjunto de ideas resultantes. Esta asunción no es específica de alguna aproximación o marco teórico particular, es ampliamente compartido (aunque con matices diversos) por otros muchos

³ “...el ‘estado inicial’ de los niños puede ser descrito diciendo que ellos están dotados innatamente [innately endowed] con dos sistemas teóricos: una física naive y una psicología naive” (Carey, 1985, p. 200).

investigadores. Por ejemplo, investigadores como Giordan y De Vecchi (1987/1999) han hecho afirmaciones como la siguiente: “Existe un sistema explicativo previo, que no se fundamenta únicamente sobre las adquisiciones escolares, sino que es nutrido constantemente por la experiencia de la vida cotidiana. Constituye un conjunto relativamente organizado y coherente de modelos y reglas de razonamiento que lo hace particularmente estable” (p. 53). Así, respecto del “equivoco” de los estudiantes para dar cuenta de la trayectoria de un cuerpo en movimiento, estos autores mencionan que dichos «...errores no son aleatorios sino sistemáticos. Tienen su origen en una teoría general y coherente del movimiento; esta teoría guía sus acciones de forma adecuada en numerosas circunstancias, aunque esté en desacuerdo con las Leyes de Newton. Se asemeja de forma sorprendente, de hecho, a la ley prenewtoniana del “impulso”» (p. 56). Es decir, la teoría del ímpetu, en un momento del desarrollo de la ciencia, sostuvo que un cuerpo que se encuentra en movimiento adquiere una fuerza “interna” que lo mantiene en movimiento. De manera similar, en la vida diaria, como lo mencionan Pozo y Gómez Crespo (2000; véase también Pozo, 1987), se asume que el “movimiento” (no así el “reposo”, porque, una vez más la teoría naive lo dicta: cuando un objeto está en reposo no hay una fuerza que actúe sobre él) requiere ser explicado mediante la existencia de un agente causal, es decir, invoca una “fuerza” que se toma como la causa del movimiento y que, asimismo, se engancha con la suposición que dice que cuando se agota dicha fuerza, cesa el movimiento (en otras palabras, no diferencia entre “fuerza” y “movimiento”). Por el contrario, en la mecánica newtoniana “movimiento” y “reposo” son dos estados dependientes de la interacción entre diversas fuerzas. En resumen, “nuestra idea intuitiva de que ‘todo movimiento implica una fuerza’ o acción externa de otro objeto es contraria al principio newtoniano de inercia” (Pozo, 2003, p. 211), pero acorde con la experiencia del sujeto y con la forma que tiene de interpretar los movimientos de los objetos en

el mundo físico. En la misma dirección, Carey (1985) señala que «... los novatos tienen una concepción errónea [misconception] sobre el movimiento, muy resistente a los efectos de la instrucción, algo como “no hay movimiento sin una fuerza que lo cause”» (p. 2).

Como lo sintetizan Hierrezuelo y Montero (1988/2002) respecto de las nociones de reposo y movimiento, “se ha comprobado que los alumnos mantienen en un alto porcentaje la idea de que la situación natural de un cuerpo es el reposo y si está en movimiento es porque existe alguna causa. Para ellos existe el movimiento absoluto y por tanto el reposo absoluto.

“En honor a la verdad, lo que es contrario al «sentido común» es que un sistema en reposo y otro en movimiento sean dinámicamente equivalentes. La mayor parte de las observaciones realizadas cotidianamente nos induce a pensar lo contrario y de ahí que sea perfectamente explicable el que los alumnos mantengan esa idea de asignar propiedades dinámicas diferentes al reposo y al movimiento uniforme” (pp. 92-93).

Algunas otras sugerencias acerca de la forma en la cual podrían estar organizadas las ideas, aunque no llegan a concebirlas como *teorías naive* (Vosniadou, 2003) o *teorías implícitas* (Pozo, 2003; Pozo y Gómez Crespo, 2000), sí rescatan aspectos importantes sostenidas por ambas. Así, Flores y Gallegos (1998) consideran necesario analizar las ideas previas con base en un tipo de “modelos” que posibilite al investigador examinar, entre otras cuestiones, la existencia de posibles jerarquías entre las ideas intuitivas así como entender la manera en la cual estas ideas guían las predicciones, explicaciones e interpretaciones dadas por los estudiantes cuando confrontan diferentes explicaciones, por ejemplo, del ámbito de la física. Es decir, es importante

producir modelos en los cuales las ideas intuitivas de los estudiantes puedan ser especificadas y, por tanto, dar cuenta de la forma en la que construyen (basados en sus ideas intuitivas) representaciones de los fenómenos. Así, los modelos (modelos parciales posibles) que proponen Flores y Gallegos (1998) para cumplir con estos objetivos, estarían compuestos por dos tipos de proposiciones: a) el conocimiento que los estudiantes elaboran como representaciones abstractas (conceptos constrictores CC) y, b) las construcciones conceptuales de los estudiantes en las cuales las relaciones explícitas entre las variables fenomenológicas son establecidas, o en las cuales las condiciones particulares que los estudiantes atribuyen a los procesos físicos son especificadas (reglas de correspondencia RC).

Un rasgo importante de este modelo se refiere al papel que le otorga a los conceptos constrictores (CC): concepciones que guían la interpretación de ciertos fenómenos (por ejemplo, físicos, dado que los modelos deberían explicar ámbitos particulares) y utilizadas para hacer inferencias. Adicionalmente a los rasgos descritos, dichas concepciones no son sólo “enunciados” que los estudiantes aplican al mundo circundante (o físico, específicamente) sino que ellas son valoradas y consideradas “creencias verdaderas”, constituyéndose en una especie de marco axiomático. Este hecho podría explicar, entonces, porque los estudiantes rechazan las concepciones que les brinda la escuela. A saber, si bien éstas son correctas, desde el punto de vista científico, carecen del “valor de verdad” que posee su marco axiomático.

En resumen, se considera que la naturaleza de las ideas previas pueden ser mejor explicadas con las propiedades de las teorías (naive o implícitas) o como modelos parciales, lo cierto es que ambas perspectivas incluyen, fundamentalmente, tanto su función explicativa como predictiva.

Por otra parte, una de las consecuencias de esta manera de concebir las ideas o concepciones previas de los estudiantes, tiene que ver con el hecho de que nos permite comprender de mejor manera la relación conflictiva que se da entre las ideas que los estudiantes construyen y los conocimientos vertidos por la educación formal. Por un lado, este conflicto se materializa por una “falla” en la asimilación, por parte de los estudiantes, de los conceptos científicos propuestos por la educación formal. Si esta falla fuera un problema estrictamente pedagógico, es decir, una falla en los métodos o estrategias seguidas en la enseñanza de la ciencia, debería haber por lo menos una propuesta didáctica que fuera exitosa. A este respecto, ya en 1999, Duit (en Pozo y Gómez Crespo, 2000) consideraba:

Hay que afirmar que no hay ni un solo estudio en la literatura de investigación sobre las concepciones de los estudiantes en el que una concepción concreta de las que están profundamente arraigadas en los alumnos haya sido totalmente extinguida y sustituida por una nueva idea. La mayoría de las investigaciones muestran que hay sólo un éxito limitado en relación con la aceptación de las ideas nuevas y que las viejas ideas siguen básicamente ‘vivas’ en contextos particulares (pp. 135-136)⁴.

Es decir, las ideas o concepciones previas, profundamente arraigadas en los estudiantes, no se extinguen en el proceso educativo, sobreviven o, en ciertos casos, tal vez el propio proceso las provoque. Como lo menciona Vosniadou (1994b), uno de los posibles orígenes de las ideas de los niños quizás proviene de las fallas en el proceso de aprendizaje, dado que la adquisición de conocimientos requiere la revisión de las presuposiciones que se encuentran atrincheradas dentro de una estructura teórica; resultado de la revisión serían las inconsistencias y la creación de ideas

⁴ Cursivas en el original.

previas. Así, para Vosniadou (1994b), las inconsistencias se producen cuando piezas de información conflictivas son simplemente sumadas a las estructuras de conocimiento existentes, mientras que el conocimiento inerte sería producido cuando la información inconsistente es almacenada en una microestructura separada y utilizada sólo en ciertas ocasiones. Finalmente, puede suponerse que cuando los individuos intentan reconciliar las piezas de información que ellos poseen y que resultan inconsistentes con la nueva información, ellos mismo llevaría a la producción de, en palabras de la autora, modelos mentales sintéticos. Ahora bien, en nuestra opinión, esto debe ser leído en el sentido de que es la dinámica de la interacción entre las ideas de los alumnos y las brindadas por la enseñanza lo que hace que se “materialicen” las primeras y, asimismo, que muestren su robustez.

En párrafos anteriores, tratamos de rescatar la idea de que las concepciones o ideas previas se encuentran organizadas en redes conceptuales muy extensas conformando teorías (naive). Pero, a la vez, también hicimos hincapié en el hecho de que, como teorías, tenderían a plantear ciertas restricciones que funcionarían como “coladeras”, es decir, posibilitarían la aprehensión de cierta información pero no de otra. Ello explicaría, a la vez, porque algunos contenidos son más fáciles de aprender que otros. ¿Pero por qué son más fáciles?

1.5. Lo visible y lo invisible

Como ya lo habíamos dicho anteriormente, algunos autores han supuesto que los individuos construyen una “versión” de la realidad en la forma de una teoría (para campos específicos), la cual tiene la propiedad sobresaliente de ser implícita. En este sentido han llegado a utilizar el

término *Teorías Implícitas* para referirse a “conjuntos organizados de conocimiento cotidiano relativos a determinados dominios de la realidad que, en principio no están accesibles a la conciencia (...). Las teorías implícitas suponen estructuras de conocimiento de tipo ‘intermedio’ entre las estructuras generales de los estadios y las ‘ideas’ aisladas que, manteniendo algunas propiedades comunes respecto a sus procesos de formación y de cambio, diversifican sus contenidos según el dominio de contenido que se trate” (Rodrigo, 1994, p. 400).

Lo más importante de estas consideraciones es que (al igual que otros autores, por ejemplo, Flores y Gallegos, 1998) se considera que los sujetos construyen teorías sobre parcelas específicas de la realidad. Como lo habíamos señalado, de las trece características que poseen las ideas previas, la cuarta de ellas se refiere a la suposición que las teorías y, obviamente, las ideas previas, son específicas de dominio. Es decir, no construyen una teoría de corte general sobre el mundo. En otras palabras, las ideas previas no son entidades aisladas sobre cada aspecto de la realidad, sino que se organizan en teorías. Por tanto, son teorías específicas de dominio. ¿Pero cuáles dominios? Para Rodrigo (1994), estos parecen estar bien delimitados, son el físico y el social (véase también Benlloch, 1997; Carey, 1985; Pozo, 2003; Pozo y Gómez Crespo, 2000).

Esa suposición, creemos, nos permite comprender también cuál es el “mundo” experiencial al cual se refieren esas teorías implícitas. Rodrigo, Rodríguez y Marrero (1993) consideran que las teorías que construyen los sujetos se refieren al mesocosmos, es decir, un nivel es accesible a los sentidos humanos. Mientras que somos poco capaces de construir representaciones acerca de los mundos microscópico o macroscópico, los cuales se encuentran más allá de la experiencia

sensible de los seres humanos. No obstante, logramos hacerlo gracias a la mediación social y/o educativa.

De acuerdo con lo antes expuesto, los niveles micro y macroscópicos sólo serían abordados por la empresa científica. En otras palabras, es en esos dos niveles en donde se desenvuelve el conocimiento científico; por tanto, si bien las entidades o fenómenos que estudia la ciencia son infinitamente pequeños o infinitamente grandes, ello no es obstáculo para ser “alcanzados” perceptualmente, sea mediante la construcción de algunas herramientas como los microscopios o los telescopios, o bien, mediante la matematización. Por ejemplo, lo que une a la física de partículas y a la biología evolutiva es que tratan con fenómenos de los que no podemos hablar en términos de nuestra experiencia cotidiana porque se sitúan fuera de ella; pero, de acuerdo con Dunbar (1995/1999), el hecho de que estos fenómenos estén alejados de nuestro marco normal de experiencias ha llevado, precisamente, a que esas dos disciplinas se encuentren muy matematizadas y, por tanto, que muchos de los fenómenos a los que se refieren sean entidades definidas matemáticamente, es decir, entidades que en realidad no podemos ver.

Sin embargo, hay algo que es paradójico. Si las ideas o concepciones previas son resultado de las experiencias cotidianas (sean sensoriales o mediadas culturalmente) generadas en el mundo mesocósmico, entonces deberíamos tener una gran cantidad de ideas previas relativas a ese nivel de realidad (por ejemplo, aquellas relativas a la mecánica), tal y como la investigación lo ha constatado (Flores, 2002; Giordan y De Vecchi, 1987/1999; Pozo y Gómez Crespo, 2000), pero muy pocas, o ninguna, respecto de aquellos fenómenos o entidades a los que no llegan nuestros sentidos. No obstante, la evidencia no muestra ese resultado; es decir, no deja de haber ideas

previas relativas a los mundos micro y macrocósmicos (por ejemplo, respecto del Sistema Solar). Una posible respuesta a esta cuestión, consideraría que los sujetos llegan a proyectar lo que saben del mesocosmos al micro y macrocosmos; por ejemplo, proyectando lo que conocen de las propiedades macroscópicas de los objetos a las partículas microscópicas. Quizás piensan que si las partículas forman parte del objeto, entonces no sólo tendrán las propiedades de ese objeto sino que las partículas son algo parecido a pequeños “trozos” o “granos” del objeto. “Si la materia está constituida por partículas, éstas tienen que tener las mismas propiedades que el sistema al que pertenecen” (Pozo y Gómez Crespo, 2000, p. 158). Un caso similar sería aquél en el cual los niños, como lo veremos en otro capítulo, aplican lo que saben del comportamiento físico de los objetos del mesocosmos a los objetos astronómicos que componen el Sistema Solar.

En párrafos anteriores intentamos presentar las ventajas que tiene considerar las ideas previas como una “teoría”. Una de ellas sería precisamente la posibilidad de, a partir de un conjunto organizado de ideas, realizar inferencias (véanse también la propuesta de los modelos parciales posibles realizada por Flores y Gallegos, 1998) y, gracias a ello, aplicar el conocimiento obtenido en el mesocosmos a los niveles micro y macrocósmicos. Con todo, queda por resolver, una vez construido un conjunto de ideas acerca del mundo circundante, cómo cambian éstas hacia las concepciones científicas, en otras palabras, enfrentar el problema del cambio conceptual. Pero, antes de ello, revisaremos la perspectiva que orienta mucha de la investigación en la enseñanza de la ciencia, la aproximación constructivista.

1.6. La perspectiva constructivista

Como fue mencionado en el apartado anterior, el paradigma que, por lo menos a partir de la década de los setenta, ha orientado la mayoría de la práctica y de la investigación en enseñanza de la ciencia, es el constructivismo (Duit, 1995). No obstante, Coll (1997) señala que en éste ámbito parece poco apropiado hablar en singular de “constructivismo”, más bien, en su opinión, debería hablarse de “aproximaciones” guiadas por el constructivismo, tantas como teorías del desarrollo o del aprendizaje se inspiren o sean compatibles con sus principios. Entre éstas podemos encontrar, dice este autor, la teoría de Piaget y la Escuela de Ginebra; la teoría del aprendizaje verbal significativo de Ausubel y la teoría sociocultural del desarrollo y del aprendizaje de Vygotsky. Y, de esta lista, autores como Staver (1998) reconocen que, quizás con la excepción de la teoría de Ausubel, las teorías piagetianas y vygotskiana corresponden con las dos aproximaciones mejor conocidas: el constructivismo radical y el constructivismo social, respectivamente.

Ambas aproximaciones, en opinión de Staver (1998) si bien comparten muchas ideas en común, también sostienen algunos desacuerdos. Entre las ideas que comparten, tenemos: primero, el conocimiento es activamente construido al interior de cada uno de los miembros de una comunidad y por la comunidad en sí misma. Segundo, la interacción social entre los individuos es central en la construcción del conocimiento tanto por los individuos como por las comunidades. Tercero, el carácter de la cognición y del lenguaje empleado para expresar la cognición es funcional y adaptativo. Cuarto, el propósito de la cognición y del lenguaje es brindar coherencia al mundo experiencial del sujeto y al conocimiento base de la comunidad.

Mientras que las diferencias entre ambas aproximaciones subyacen en sus respectivos enfoques de estudio. El constructivismo radical se enfoca en la cognición y en los individuos; el constructivismo social, por su parte, en el lenguaje y el grupo; es decir, centra su enfoque sobre el estudio de la elaboración del sentido a través del lenguaje bajo el supuesto de que el conocimiento es creado y legitimado mediante el intercambio social. Con todo, como lo señala Strike (en Duit, 1995), en la visión constructivista contemporánea (sea radical o social) se encuentran dos tesis centrales: la mente es activa en la construcción del conocimiento y los conceptos son inventados más que descubiertos.

La aproximación constructivista, sin embargo, debe enfrentar una serie de problemáticas. En algunos momentos, como lo dice Duit (1995), la idea de que los individuos construyen su conocimiento a partir de concepciones ya existentes ha sido interpretada como si el constructivismo defendiera o estuviera de acuerdo con el *solipsismo*, es decir, con la afirmación de que existirían tantas concepciones del mundo como personas. Dicha interpretación es errónea dados los supuestos en los que descansa la aproximación constructivista. “La realidad es construida por el sujeto, *pero no como una creación libre* [las cursivas se agregaron], sino a través de la resistencia que ofrece a las acciones y transformaciones que pretende ejecutar” (Delval, 1997, p. 17). Es decir, el constructivismo no niega que haya un mundo fuera del sujeto, lo que dice es que el conocimiento acerca del mundo se construye y, por tanto, no puede ser considerado un reflejo del mundo, sino una representación del mismo. Así, las representaciones que construye el sujeto del mundo son viables (el constructivismo cambia el concepto de “verdad” [adecuación representación-mundo] por el de “viabilidad”), es decir, ayudan a la resolución de problemas, ponen orden en la realidad, etc. Como lo señala Glaserfeld (1995), el

concepto de viabilidad implica que cualquier descripción o representación del mundo es relativa al observador, desde cuya experiencia se deriva. Consecuentemente, siempre habrá más de una forma de representar el mundo, resolver un problema o lograr una meta. Esto significa que las diferentes representaciones o soluciones dadas por distintos sujetos deben ser consideradas igualmente viables. Pero, la preferencia por una forma particular, no puede ser justificada por ser “verdadera”, sino sólo con referencia a alguna otra escala de valores tales como la velocidad, economía, convención o elegancia. De manera más precisa, según Glaserfeld (1995), para el constructivismo los conceptos, los modelos o las teorías, son viables si resultan adecuados en los contextos en los que fueron creados. Viabilidad, por tanto, es relativa a un contexto de metas y de propósitos. En la ciencia, por ejemplo, más allá de la meta de resolver problemas específicos, existe el propósito de construir tanto un modelo coherente como posible del mundo experiencial. En resumen, el constructivismo puede ser “acusado” de relativista, no de solipsista.

Como Duit (1995) lo remarca, el constructivismo rechaza también la idea del solipsismo apoyado en el argumento de que son precisamente las interacciones sociales las que impiden o frenan la construcción de concepciones idiosincráticas aisladas. En particular, el constructivismo social (véase Ernest, 1995) considera que sujeto y dominio social siempre están interconectados y, en este sentido, la mente sería mejor conceptualizada a partir de la metáfora “la mente como conversación”. Esto significa que el conocimiento construido por las personas del mundo circundante es resultado de la interacción y el diálogo de los significados lingüísticos compartidos socialmente. El conocimiento acerca del mundo, por tanto, es una construcción social, no una construcción individual, aislada. Adicionalmente, si el conocimiento que construye un sujeto no es totalmente distinto de aquel que otros sujetos construyen (Delval,

1997), esto tal vez quiera decir que existen procesos comunes o funciones comunes a todos los sujetos. Ello explicaría, entre otras cuestiones, porque las ideas o concepciones previas de las cuales hablamos en párrafos anteriores, son las mismas entre sujetos de las mismas edades, muchas veces con independencia de su contexto cultural.

Ligada con la problemática anterior, el constructivismo también se ha visto llevado a tomar partido entre dos polos que, de acuerdo con Ernest (1995), más bien son complementarios: “auto-desarrollo” (constructivismo radical) o “ser-desarrollado” (constructivismo social). En otras palabras, tomar una decisión entre lo individual o lo social. Por un lado, el constructivismo piagetiano parece enfatizar los procesos cognitivos internos a expensas de la interacción social (Coll, 1997; Delval, 1997), mientras que el constructivismo social parece resaltar el papel que cumple lo social en la construcción de conocimientos: consensos comunitarios nacidos del diálogo. Sin embargo, como lo señala Ernest (1995), la mayoría de los autores hacen hincapié en que construcción individual e interacción social necesitan ser complementarios. Sin embargo, un programa de investigación que trate de incorporar la dimensión social debe plantear descripciones y explicaciones más precisas de las interacciones individuo-sociedad y no conformarse con invocar “lo social” como explicación genérica.

1.7. El sujeto cognoscente y la naturaleza del conocimiento

En nuestra opinión, aunque con ciertos matices, la perspectiva constructivista permite, como guía de la práctica y de la investigación educativa, tomar posición tanto del sujeto cognoscente como de la naturaleza del conocimiento. En el primer caso, como ya lo vimos arriba, el sujeto del

constructivismo es un sujeto que construye sus propios conocimientos; es decir, no los recibe de otros. Sin embargo, los otros pueden facilitar la construcción que cada sujeto tiene que realizar por sí mismo. En el segundo, el conocimiento construido no es un reflejo exacto del mundo circundante, es una representación viable y coherente.

Ernest (1995) señala, atinadamente, que un constructivismo trivial (la forma más débil de concebirlo) puede ser desarrollado simplemente aceptando de manera completa el primer principio de Glaserfeld (en Ernest, 1995, también Glaserfeld, 1995), a saber: el conocimiento no es pasivamente recibido sino activamente construido por el sujeto cognoscente. No obstante, debe resolverse la consecuencia que implica afrontar la tesis complementaria a este primer principio de Glaserfeld; aquel que dice que los conceptos sobre el mundo son construidos más no descubiertos. Si no se toma en cuenta, puede llegar a suponerse que el mundo que esta allí fuera puede llegar a ser descubierto por el sujeto cognoscente; en tal caso, se aceptaría que las construcciones que realiza el sujeto son representaciones “correctas” y “verdaderas” de los estados externos del mundo. Esto implicaría suponer que el conocimiento puede ser evaluado dependiendo de su ajuste al mundo, dado que aquél siempre sería una copia de este último.

Siguiendo a Glaserfeld (1995), lo anterior no quiere decir que el constructivismo niegue el “mundo real”, sólo significa que no tenemos forma de conocerlo⁵. Para la perspectiva constructivista, afirma este autor, considerar el papel adaptativo del conocimiento tiene un mayor

⁵ La posición de Glaserfeld es criticada por Delval (1997). Para este autor, Glaserfeld reduce el constructivismo a una teoría epistemológica pretendiendo prescindir de toda ontología. En el mismo tenor, Ernest (1995) señala que para Glaserfeld (representante del constructivismo radical) el mundo es experienciable pero no cognoscible; es decir, el mundo es real y constriñe al sujeto pero no puede ser conocido por éste. En este sentido, ninguna igualación entre los esquemas y el mundo es posible, ni podría ser verificada en caso de que existiera. Por tanto, el constructivismo radical es neutral en su ontología, no hace presuposiciones sobre la existencia del mundo.

valor teórico. La adaptación implica, más allá de las metas de supervivencia, las metas de una organización conceptual coherente del mundo tal y como los seres humanos lo experimentamos, no como un reflejo fiel del mismo.

Esta forma de concebir el conocimiento obtenido y de tipificar el mundo real es coherente con dos de los cuatro principios (específicamente el tercero y el cuarto) que para Glaserfeld (en Staver, 1998) constituyen la visión constructivista (radical): por un lado, se asume que el carácter de la cognición es funcional y adaptativo; es decir, el ajuste y la viabilidad caracterizan el conocimiento. Y, por el otro, el propósito de la cognición es apoyar la organización del mundo experiencial del sujeto. En resumen: “La función de la cognición es adaptativa y sirve a la organización del mundo experiencial, no al descubrimiento de la realidad ontológica” (Glaserfeld en Ernest, 1995, p. 473). Dicha tesis es similar a la sostenida por el constructivismo social: el propósito del lenguaje no es reflejar el mundo externo (Gergen en Staver, 1998). Con base en lo anterior, es posible afirmar que el constructivismo rechaza la correspondencia pero no la coherencia. En otras palabras, para el constructivismo el conocimiento es un sistema internamente coherente que se construye de manera activa desde el interior y para los propósitos de un sujeto; una vez más, es viable y adaptativo.

En nuestra opinión, si el constructivismo llevará a cabo la tarea de explicar el mundo real (conocer *la cosa en sí*), no sólo sería un contrasentido con las tesis que defiende, sino que estaría diciendo que el conocimiento es un reflejo (posición empirista); en tal caso, tendría que evaluar el conocimiento a partir del grado de correspondencia con el mundo real y, con ello, determinar también la coherencia a partir de esa adecuación. Por tanto, las propias tesis que defiende el

constructivismo le constriñen a indagar acerca del conocimiento que construyen los sujetos del mundo, pero no acerca de qué es el mundo en sí.

De acuerdo con Staver (1998), verdad, solipsismo, experiencia, instrumentalismo y realidad son temáticas importantes y controversiales entre distintas posturas epistemológicas; pero, en su opinión, el concepto “verdad” es la pieza central, en el sentido de que todas las otras temáticas podrían ser consideradas dependientes de la postura que se asuma. Como ya lo mencionamos, el constructivismo se diferencia de otras aproximaciones por la manera en la cual concibe la *verdad*. Una teoría del tipo *la verdad como correspondencia* asume que nuestro conocimiento corresponde con los hechos del mundo; es decir, que el conocimiento expresado a través del lenguaje (oraciones, declaraciones y proposiciones) son verdaderas si y sólo si se corresponden con los hechos). Por el contrario, el constructivismo sólo puede apelar a una teoría del tipo *la verdad como coherencia*, es decir, sostener que las oraciones, declaraciones y proposiciones que se realicen acerca del mundo forman una red o sistema internamente coherente, pero que no reflejan el mundo real.

La discusión anterior puede ser ampliada introduciendo un concepto como el de *instrumentalismo*. De acuerdo con Staver (1998), este concepto permite comprender la tesis de la verdad como coherencia; a saber, si la verdad es concebida como un sistema internamente coherente, también debe ser expresada en términos de viabilidad funcional del sistema. En resumen, para el constructivismo los seres humanos construyen el conocimiento para sus propósitos instrumentales; lo cual quiere decir que la construcción del conocimiento es un

proceso adaptativo y, por tanto, factible de ser explicado por el concepto de equilibración. Como lo señala Flavell (1982):

En su aspecto dinámico, el funcionamiento intelectual [puede ser] caracterizado por los procesos invariables de la *asimilación* y la *acomodación*⁶. Un acto de la inteligencia en el cual la asimilación y la acomodación se hallan en equilibrio constituye una *adaptación* intelectual. La adaptación y la organización son dos caras de la misma moneda, dado que, por una parte, la adaptación supone una coherencia subyacente y, por la otra, las organizaciones son creadas a través de adaptaciones. (p. 67)

El mismo Flavell precisa esta idea citando los argumentos dados por el mismo Piaget (*ibídem*): “El ‘acuerdo del pensamiento con las cosas’ y el ‘acuerdo del pensamiento consigo mismo’ expresan esta doble función invariable de la adaptación y la organización. Estos dos aspectos del pensamiento son indisolubles: al adaptarse a las cosas el pensamiento se organiza a sí mismo y al organizarse a sí mismo estructura las cosas”.

Para Staver (1998), puede considerarse que el concepto “acomodación” es útil porque permite describir la eliminación de las perturbaciones (ocurridas en los “esquemas” de conocimiento del sujeto) generadas por el acto mismo de conocer. Pero también, ese mismo concepto puede ayudar a elaborar un modelo de aprendizaje. En este sentido, para este autor, se podría llegar a decir que el aprendizaje como un proceso y el conocimiento como el producto del aprendizaje son *instrumentales*.

⁶ Las cursivas son del autor.

No obstante, para Staver (1998) debe diferenciarse entre dos clases de viabilidad y, por ende, entre dos clases de instrumentalismo. Uno, en el nivel sensoriomotor (esquemas de acción viables en el equilibrio sensorio y la supervivencia). Dos, en el nivel de la abstracción reflexiva (esquemas operativos instrumentales en el logro de una red conceptual coherente y viable). La viabilidad de los conceptos en este nivel operativo se refiere, como lo mencionamos más arriba, al ajuste dentro de la red conceptual interna lo más amplia posible, sin contradicción. De manera particular, si bien en algunos momentos se generan contradicciones entre la aplicación de los esquemas (de acción u operativos) y los resultados en el mundo (lo cual puede ser interpretado como desequilibrio), ello mismo fomenta el desarrollo intelectual.

Delval (1994) menciona que es la resistencia de la realidad la que impulsa al sujeto en su desarrollo. Si el niño pudiera aplicar sus reflejos o esquemas iniciales y obtuviera los resultados apetecidos no se producirían avances. Pero esto no sucede así y los esquemas del sujeto no siempre producen los resultados apetecidos... y entonces [el niño] descubre que [sus] esquemas no son adecuados para ese objeto pero que hay otros que sí lo son. (p. 138)

Por tanto, puede decirse que el desarrollo y, por ende, un conocimiento más viable y coherente del mundo reside en la construcción y aplicación de los esquemas (de acción u operativos) para acomodarlos a las propiedades de los objetos. Entonces, puede decirse que el cambio conceptual ocurre cuando un esquema (o concepto) viable choca con restricciones. Más precisamente, los desacuerdos entre los esquemas que poseemos en un momento determinado del desarrollo y las restricciones que impone el mundo real nos lleva a que “reconstruyamos” nuestro conocimiento

para hacer frente a nuestro mundo experiencial. Así, un organismo es viable si puede funcionar al interior de esas contradicciones (Staver, 1998).

1.8. Constructivismo y educación

Intentando recapitular el conjunto de ideas expuestas anteriormente y que nos ayudará a desarrollar el siguiente apartado, podemos decir que quizás el enfoque constructivista, como posición epistemológica, evidencia sus características al diferenciarse de otras; por ejemplo, oponiéndose tanto al empirismo como al innatismo. Para Ferreiro y García (1975), en contra del primero, establece que el conocimiento no es una copia de la realidad exterior, sino una elaboración por parte del sujeto. En cuanto al segundo, niega que el conocimiento sea la emergencia de estructuras preformadas. Al considerar esas diferencias, podemos también llegar a la forma en la cual concibe al sujeto cognoscente. Es decir, el sujeto del constructivismo es un sujeto que construye sus propios conocimientos; no los recibe de otros (constructivismo radical), aunque no se deja de lado que los otros pueden facilitar la construcción que cada sujeto tiene que realizar por sí mismo (constructivismo social). Pero, en opinión de algunos autores, una serie de condiciones deben reunirse si a lo se aspira es a que una explicación constructivista del conocimiento deje de ser trivial (véase Delval, 1997, proposiciones 2.1, 2.2 y 2.3 respectivamente):

1. El constructivismo presupone la existencia de estados internos en el sujeto. Es decir, es una teoría del sujeto cognoscente y de cómo funciona cuando explica o actúa.

2. El sujeto establece representaciones que le atribuye a la realidad cuando, en sentido estricto, son construcciones de él.
3. El constructivismo es una posición epistemológica; a saber, explica la génesis del conocimiento desde sus inicios.

Respecto de los puntos (1) y (3), puede afirmarse que: “El desarrollo tiene lugar por medio de la actividad constructiva del sujeto, lo que quiere decir que nos es un proceso que depende sólo de determinaciones biológicas, ni tampoco de las influencias ambientales. Partiendo de las capacidades heredadas, que son posibilitantes, por medio de su actividad, va seleccionando elementos del medio, los que puede asimilar, y los que va incorporando y modificando, dando lugar a estructuras más complejas...” (Delval, 1994, p. 66).

En cuanto al punto (2), para el constructivismo, de acuerdo con Staver (1998), lo que se llega a conocer del mundo real, por ejemplo, las leyes y la naturaleza de los fenómenos, siempre son construcciones de los sujetos, es decir de quienes describen el mundo, no de la naturaleza que es descrita. En tal sentido, y adelantándonos un poco, el constructivismo asume que la ciencia, valorada como la empresa que construye representaciones viables del mundo circundante, posee una gran capacidad instrumental para organizar nuestra mente, individual o colectivamente, y aumentar nuestra capacidad de viabilidad funcional. En tal caso, la enseñanza de los principios, métodos y problemáticas de la ciencia tendría como propósito (no el único) apoyar la construcción de modelos viables por parte de los sujetos. Pero lo llevaría a cabo únicamente porque la enseñanza de la ciencia, desde una perspectiva constructivista, acepta que los sujetos

poseen ideas o concepciones previas acerca de los fenómenos de la naturaleza y, asimismo, acepta que las “ideas” propuestas por la ciencia no reflejan la verdad absoluta.

Esto es así porque el constructivismo no es una epistemología objetivista; es decir, no acepta que la aplicación de ciertas técnicas o métodos posibiliten el acceso al “verdadero conocimiento” de un estado de cosas en el mundo. Ni sostiene que las representaciones que construye la ciencia sean un dibujo fiel de una realidad última. Si el constructivismo asumiera esas tesis, su teoría del aprendizaje diría que el conocimiento que se le propone a los sujetos en la escuela, es un conocimiento acabado y elaborado y, el aprendiz, un recipiente en el cual se depositan esos conocimientos. Es decir, asumiría una visión pasivo-receptiva del aprendizaje.

Duit (1995) reconoce que la investigación realizada en el área de las ideas o concepciones previas de los estudiantes iniciada en la década de los setenta descubrió un fenómeno que tal vez parecería obvio: los estudiantes no entran a la escuela con la mente en blanco, sino que poseen concepciones profundamente enraizadas acerca de los conceptos, principios y fenómenos enseñados en la escuela. En esta labor, el constructivismo devino una poderosa guía para la práctica e investigación educativas en muchos aspectos. A saber, no sólo hizo posible comprender de mejor manera las concepciones intuitivas de los estudiantes sino que, además, delineó cuáles podrían ser algunos de los fines que deberían guiar la práctica educativa, por ejemplo: a) posibilitar que los estudiantes se consideren constructores de la realidad y, b) hacer que se acerquen lo más posible a una mejor representación del mundo.

Aun con las ventajas que puede ofrecer esta aproximación, en la consecución de esos fines el constructivismo no sólo debe explicar los mecanismos que utilizan los estudiantes para conocer, sino también cómo enfrentan el aprendizaje de los contenidos que proporciona la escuela y cuál es la mejor manera de promover el cambio conceptual. Es decir, cómo la práctica educativa puede hacer que los estudiantes accedan, lo más posible, a una mejor comprensión de las representaciones de la ciencia. Sin olvidar, al mismo tiempo, que la educación escolar es una práctica social (Coll, 1997) y que, en este sentido, su papel es el de ayudar al desarrollo y socialización de los niños y de los jóvenes, facilitándoles el conjunto de saberes y formas culturales para que se sitúen, individualmente, de una manera activa y crítica en el contexto social del que forman parte.

De todas estas cuestiones, el constructivismo se ha interesado principalmente por las ideas o concepciones previas. Como lo señala Staver (1998), si bien se afirma que el constructivismo provee un fundamento teórico para explicar la ciencia pedagógica, la piedra angular de esta afirmación descansa en la evidencia de que los estudiantes abrigan una amplia variedad de ideas o concepciones previas (o alternativas) sobre los objetos y los eventos cuando enfrentan la instrucción formal en ciencias. Además, respecto de los orígenes de esas ideas o concepciones, asume que éstos subyacen en las distintas experiencias personales de los estudiantes, las cuales incluyen tanto la observación como la cultura y la enseñanza previa (véase también Pozo y Gómez Crespo, 2000).

Sin embargo, no sólo la tipificación, como vimos en los inicios de este capítulo, conduce a problemas que enfrenta la indagación de las ideas o concepciones previas, existen otras

problemáticas estrechamente relacionadas. Por ejemplo, como lo mencionan Carretero y Limón (1997):

Creemos que surge una cuestión aparentemente muy obvia en la que no se ha reparada: ¿Qué sucede si el estudiante carece totalmente de conocimiento previo sobre los contenidos que se pretende que aprenda? Puede argumentarse, con toda razón, que en cualquier caso habrá siempre un conocimiento previo sobre el que el alumno construirá su nuevo conocimiento. Sin duda, esto es bien cierto, pero es importante también notar que con mucha frecuencia los autores constructivistas han considerado el conocimiento previo como si este fuera siempre un impedimento para el conocimiento posterior. Es decir, resulta necesario distinguir entre el conocimiento que implica resistencia al cambio conceptual y el que simplemente supone un conocimiento incompleto que se mejora con el que se recibe posteriormente. (p. 142)

Aun y cuando se ha considerado que el papel que juegan las ideas o concepciones previas en el cambio conceptual⁷ puede ser de andamiaje o de barrera (Sinatra y Pintrich, 2003), lo cierto es que, como lo ilustra la cita anterior, se han visto más como barreras al aprendizaje de la ciencia. De acuerdo con Duit (1995) la idea de Ausubel, también compartida por la perspectiva constructivista: determinense los conocimientos previos de los estudiantes y enséñese en consecuencia, se refiere a que los contenidos proporcionados por los profesores (sentido lógico) son cambiados por el estudiante en el proceso de aprendizaje en contenido psicológico. Es decir, les da un significado propio a los contenidos, coordinando la nueva información con sus conocimientos previos. Pero la crítica de Carretero y Limón (1997) hace hincapié en el grado de

⁷ En el próximo capítulo se abordarán las distintas explicaciones sobre el proceso del cambio conceptual.

“robustez” de las ideas o concepciones previas. Respecto de esta cuestión, algunas autoras (Chi, 2005) afirman que mientras algunas ideas de los estudiantes pueden ser más fáciles de cambiar (por ejemplo, las ideas sobre la circulación sanguínea), con otras es mucho más difícil lograr un cambio (por ejemplo, los procesos de difusión). Es decir, quizás no todas las ideas previas que sostienen los estudiantes cuando acceden a la educación formal tienen la misma naturaleza o la misma organización conceptual.

Por tanto, el simple reconocimiento de la importancia que tienen las ideas previas en el proceso educativo no soluciona muchas de las problemáticas. Además deben contestarse preguntas como las siguientes: ¿por qué los sujetos no construyen ideas más complejas? En otras palabras, lo que se está preguntando es si existen límites en la estructura cognitiva humana que imposibilitan acceder a ciertos conocimientos científicos. Empero, existe una “clase” de seres humanos que lo han logrado, los científicos. En tal caso, ¿por qué algunas personas logran romper esas restricciones iniciales y cambiar radicalmente sus ideas previas? Lo que parece obvio es que no hay una única causa que sea la responsable directa, sean las didácticas utilizadas, la formación de los profesores y sus metodologías o los libros de texto. A la vez, existen factores internos como la motivación, la capacidad intelectual de los estudiantes que son condicionantes que pueden afectar el proceso de aprendizaje. Parafraseando a Duit (1995), es claro que el aprendizaje de las ciencias es difícil y, tal vez, lo seguirá siendo a pesar de todos los intentos por mejorar su enseñanza y su aprendizaje. Adoptar la visión constructivista para guiar la práctica y la investigación educativa no hace el trabajo más fácil, por el contrario, es definitivamente más demandante para los profesores, los estudiantes y los investigadores. Más adelante, cuando retomemos el análisis de las ideas de los niños y adolescentes acerca del Sistema Solar,

intentaremos reincorporar muchas de las problemáticas que a lo largo de este capítulo se han planteado.

CAPÍTULO II

Las ideas previas en astronomía

2.1. La investigación sobre las ideas en astronomía

Es posible afirmar que la experiencia cotidiana, entre otras fuentes, provee a los niños con una importante cantidad de información que apoya el desarrollo de sus propias ideas sobre los objetos y fenómenos que les rodean. De manera particular, es posible que hayan observado cuerpos celestes como las estrellas, el movimiento de la Luna o el cambio de la posición del Sol a lo largo del día. Por tanto, es plausible que esas experiencias también les permitan desarrollar algunas ideas sobre los fenómenos astronómicos, la organización y componentes del cosmos.

Por lo menos a lo largo de las dos últimas décadas, una serie de investigadores se han dedicado a conocer y analizar las ideas que construyen los niños sobre los diferentes fenómenos astronómicos (Baxter, 1995; De Manuel, 1995; Kikas, 1998; Klein, 1982; Mali y Howe, 1979; Nussbaum, 1979; Samarapungavan, Vosniadou y Brewer, 1996; Sharp, 1996; Vosniadou, 1994a, 1994b; Vosniadou y Brewer, 1992, 1994). A diferencia de otras áreas de investigación en las cuales se han estudiado el conocimiento físico, biológico e incluso químico con gran amplitud, la investigación que se ha desarrollado dentro del campo del conocimiento astronómico es más reducida (Duit, 2002). Los temas que han abordado la mayoría de los estudios incluyen la forma de la Tierra, el ciclo día/noche, las estaciones de año, las fases de la Luna y en menor medida, el Sistema Solar. Asimismo, se han examinado las nociones astronómicas que tienen los estudiantes universitarios (Alfonso, Baso, López, Macau y Rodríguez, 1995; Trumper, 2001), profesores en servicio o pre-servicio (Atwood y Atwood, 1996), niños preescolares (Valanides, Gritsi,

Kampesa y Ravanis, 2000), así como la posible modificación de dichas ideas mediante la instrucción (Diakidoy y Kendeou, 2001; Sneider y Ohadi, 1998).

2.2. La perspectiva piagetiana

La forma y los mecanismos que utilizan los niños en la construcción de los conocimientos (biológico, físico, matemático) en diferentes etapas de su vida ha sido motivo de investigación dentro de la perspectiva psicogenética (Piaget, 1978; 1981). Asimismo, el conjunto de investigaciones llevadas a cabo bajo esta perspectiva, ha arrojado un conjunto de datos que permiten establecer la secuencia de construcción de distintos objetos de conocimiento, fundamentalmente lógico-matemáticos y físicos, así como los mecanismos y/o estrategias utilizadas por el sujeto en la construcción de esos cuerpos de conocimiento. Entre otros, han sido estudiados algunos conceptos de la física como fuerza, velocidad, energía, tiempo, etc. (Piaget, 1980; Piaget y cols., 1975; Piaget e Inhelder, 1971) o, como concepto lógico-matemático, el número (Piaget y Szeminska, 1978). Sin embargo, dentro de la indagación de conceptos pertenecientes a la física, solamente en una obra se han abordado las representaciones que tienen los niños acerca de los astros (el Sol y la Luna) y, específicamente, las ideas sobre el origen de estas entidades (Piaget, 1984). Las conclusiones de este trabajo resaltan la tendencia artificialista de los niños; es decir, la concepción de que los objetos naturales (en este caso, los astros) son el producto de la fabricación humana. Sin embargo, aún cuando es innegable la riqueza de este trabajo, no presenta un análisis sobre las concepciones que tienen los niños acerca del funcionamiento y las relaciones que se dan entre los elementos que conforman el Sistema Solar.

Fuera de esta investigación no existen otras que, partiendo del marco psicogenético, hayan abordado esta temática. No obstante, desde otras perspectivas teóricas se ha tratado de profundizar en el estudio de las ideas que tienen los niños sobre algunos fenómenos astronómicos, principalmente, las ideas acerca de la forma de la Tierra, el ciclo día /noche, las fases de la Luna, etcétera.

2.3. Ideas de los niños acerca de los fenómenos astronómicos

Al igual que desde la perspectiva genética, la investigación que se ha realizado dentro del campo de las ideas previas de los niños sobre los fenómenos astronómicos no es tan basta como la habida en el campo de la biología o de la química. Las investigaciones dentro del terreno de la astronomía, han sido desarrolladas sobre diferentes temas y desde diferentes perspectivas, ya sea para la descripción de la construcción de modelos mentales, para conocer las ideas que los niños elaboran sobre la Tierra y su estructura y el ciclo día/noche (Samarapungavan, Vosniadou y Brewer, 1996; Vosniadou y Brewer, 1992; 1994). Algunos de los trabajos desarrollados han discutido las implicaciones educativas de temas sobre astronomía y han realizado algunas propuestas para su enseñanza (Baxter, 1995; Diakidoy y Kendeou, 2001; De Manuel, 1995; Kikas, 1998; Klein, 1982). Por otra parte, dichas investigaciones han abarcado diferentes poblaciones; niños, adolescentes y profesores.

2.3.1. Las ideas de los niños sobre la forma de la Tierra

Joseph Nussbaum y sus colaboradores (1976) realizaron uno de los primeros estudios sobre la concepción de los estudiantes sobre la Tierra y el espacio. Nussbaum y Novak (1976) utilizaron entrevistas semiestructuradas de tipo clínico para identificar las ideas de los estudiantes sobre la forma de la Tierra, su posición en el espacio y sobre cómo la gravedad influye en la caída de los objetos

Estos autores realizaron su estudio con sujetos de segundo grado; con base en las entrevistas identificaron cinco nociones recurrentes que describen la forma de la Tierra. Las nociones identificadas fueron: a) la tierra es plana (como un *pancake*) y se extiende de manera infinita hacia los extremos, el cielo es horizontal y paralelo a la tierra. No existe un concepto de “espacio”; b) sólo se puede vivir en la parte superior de la tierra; por debajo de ella sólo se encuentra la tierra o un océano mientras que, por encima, se encuentra el cielo, por tanto; las trayectorias se marcan en la dirección arriba-abajo; c) sólo se puede vivir en la parte superior de la tierra; sin embargo, la diferencia con la noción anterior radica en que se cree que el cielo rodea toda la Tierra y, por tanto, no hay una parte superior bien definida y todavía no se puede definir bien la *dirección hacia abajo*; d) es posible vivir en cualquier parte de la Tierra, pero la *dirección hacia abajo* todavía no tiene relación con el centro de la tierra; e) la *dirección hacia abajo* tiene que ver con el centro de la tierra; la Tierra el espacio y las direcciones son compatibles con las ideas científicamente aceptadas.

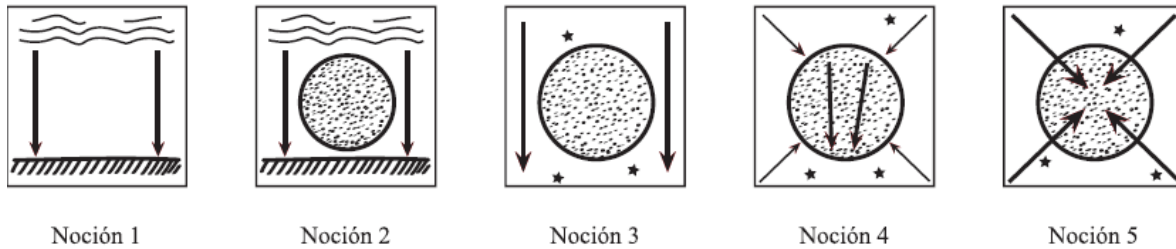


Figura 1. Nociones identificadas por Nussbaum y Novack

Nussbaum (1979) se propuso expandir su trabajo como un intento de generalizar los hallazgos sobre las nociones del planeta Tierra. De esta manera, se planteó la pregunta si las nociones identificadas sobre la forma de la Tierra también están presentes en poblaciones distintas y utilizando instrumentos diferentes. De manera más general presentó tres preguntas fundamentales: ¿Son igualmente válidas las nociones sobre la forma de la Tierra para los sujetos que ya han sido expuestos a este concepto de una manera formal dentro de la escuela? ¿Existe un patrón de desarrollo para este concepto? Finalmente, ¿qué implicaciones para la enseñanza pueden ser derivadas de este estudio?

Con el propósito de dar cuenta de dichos cuestionamientos, Nussbaum (1979) llevó a cabo un estudio comparativo entre niños que todavía no recibían información formal sobre el planeta Tierra (n=120) y niños que ya la habían recibido (n=120). En este estudio, el autor supuso que existen tres ideas elementales o preconcepciones que influyen en la concepción de la Tierra: a) la Tierra es plana y se extiende infinitamente hacia los extremos, b) el firmamento y el espacio son igualmente planos y están situados paralelamente a la Tierra y, c) las direcciones que siguen los objetos al caer forman líneas paralelas. Para cambiar estas tres concepciones, el niño ha de

imaginar cómo se vería su entorno desde el espacio exterior, lo que implica, desde el punto de vista piagetiano, superar el punto de vista egocéntrico.

En este caso el formato de las entrevistas fue adaptado a un instrumento de opción múltiple que además permitía a los estudiantes dar explicaciones sobre sus elecciones y dibujos; como parte del material también se contó con modelos tridimensionales que los niños podían manipular durante sus explicaciones. Se utilizó inicialmente una entrevista semiestructurada que incluía una serie de preguntas en ausencia de cualquier modelo visual; posteriormente, se le presentó al niño un cuadernillo que incluía diferentes tareas. Dibujos con preguntas de opción múltiple para predecir caídas libres imaginarias producidas desde diferentes puntos del modelo de la Tierra así como su explicación; un globo terráqueo pintado de azul y café, sin ningún tipo de marca adicional; una figura de una persona que estaba sobre el globo terrestre de forma que los niños visualizaran el globo en tres dimensiones y una esfera de unicel con una perforación de extremo a extremo.

Nussbaum identificó cinco tipos de nociones que utilizaban los niños: a) la Tierra es plana; b) la Tierra es redonda, pero compuesta por dos hemisferios uno de rocas y tierra y otro de “aire” y, además, rodeada por el espacio. Los niños que sostienen esta noción creen que la gente sólo puede vivir en la superficie de la tierra, y que más allá hay tierra o está el océano; c) la Tierra es esférica. En la noción se cree que la gente sólo puede vivir en la superficie de la tierra. Sin embargo, existe un cambio importante para la tercera noción. En esta idea, los niños creen que el cielo rodea a la Tierra y en sentido estricto no hay un lugar específico donde termine el cielo e inicie el espacio; d) se comprenden algunos elementos del concepto Tierra y se cree que vivimos

en un planeta esférico y rodeado por el espacio y, e) los niños tienen una idea correcta del concepto Tierra, es decir, es un planeta esférico, rodeado por el espacio, y hacia cuyo centro caen los objetos.

Los resultados obtenidos en este estudio, de acuerdo con Nussbaum (1979), demuestran que existe un patrón a lo largo del desarrollo de las nociones sobre la forma de la Tierra que podría definirse como un modelo revolucionario más que como uno acumulativo. Es decir, los niños no van almacenando información sino que la van organizando de tal forma que combinan la información científicamente aceptada con la que van recibiendo y de lo que pueden observar.

Posteriormente, Mali y Howe (1979) encontraron las mismas nociones identificadas en los estudios de Nussbaum (1976, 1979). En este caso entrevistaron a 250 niños de 8, 10 y 12 años de dos regiones relativamente industrializadas de Nepal y utilizaron cinco tareas similares a las usadas por Nussbaum y Novack (en Nussbaum, 1979). Los resultados mostraron la presencia de las cinco nociones identificadas anteriormente por Nussbaum y Novack (1976); sin embargo, también encontraron una gran variedad de respuestas para la idea identificada por Nussbaum (1979) de que *La Tierra es plana* y por ese motivo se decidió subdividirla: 1a) los niños no tienen idea de lo que es la Tierra, nunca han escuchado la palabra; 1b) los niños están familiarizados con la palabra Tierra pero piensan que es un disco largo que contiene todo lo que se puede ver en la superficie, asimismo, los sujetos son incapaces de proyectar caídas; 1c) la Tierra es como una esfera pero tiene un domo de cristal en la superficie y en la parte de abajo, en este caso también son incapaces de proyectar caídas y creen que *un poder superior* mantienen al Sol, la Luna y las estrellas en su lugar.

Parte de la propuesta de las autoras consistió en comprobar si las nociones identificadas por Nussbaum eran las mismas que utilizaban los niños de Nepal. Su hipótesis se basaba en suponer que los niños de Nepal tenían un contacto limitado o muy escaso con las ideas sobre la forma de la tierra que se utilizaban en occidente. En este caso la visión tradicional en Nepal es que la Tierra es una masa larga y plana que es sostenida por los cuernos de un gran elefante. Sin embargo, en la época en la que se realizó este estudio los niños ya contaban con la posibilidad de asistir a la escuela y tenían más acceso a la información por lo que los resultados finales del estudio mostraron que las nociones sobre la Tierra de los niños de Nepal son similares a las de los niños de otras partes del mundo, la diferencia es que los niños de Nepal sostienen la noción de una Tierra plana (noción 1) durante más tiempo. Pero, de forma similar, el concepto de Tierra se va desarrollando de forma más sofisticada a medida que avanza la edad.

Otros estudios (Vosniadou y Brewer, 1992 y 1994) han tratado de investigar la naturaleza del conocimiento intuitivo que tienen los niños y los modelos mentales que sostienen acerca del planeta Tierra y del ciclo día/noche, además de tratar de entender cómo cambia dicho conocimiento a lo largo del desarrollo. Los modelos mentales en estas investigaciones son utilizados para denominar un tipo especial de representación mental que posee una serie de características. En este caso puede suponerse que: a) su estructura es análoga a lo que representa; b) puede ser manipulada mentalmente y permite hacer predicciones y, c) provee explicaciones sobre los fenómenos físicos.

En la investigación de Vosniadou y Brewer (1992), la muestra estuvo conformada por 60 niños de 6 a 11 años de edad a los que se les aplicó un cuestionario de 48 preguntas que aportaban

información sobre los conceptos astronómicos que tienen los niños; además, se les pidió que hicieran un dibujo de la tierra, asimismo, fueron interrogados sobre la forma de la misma. Se identificaron cinco tipos de modelos de la forma de la Tierra (ver figura 2): a) rectangular, b) forma de disco, c) modelo de la tierra dual, d) esfera hueca y, e) esfera aplanada. Para estos autores, dichos modelos están limitados por una serie de presuposiciones que los niños sostienen basados en su experiencia diaria. Asimismo, Vosniadou y Brewer (1992) sugieren que los problemas que enfrentan los niños en cuanto a sus concepciones sobre la forma de la tierra están relacionados con la información de que disponen pero, curiosamente, ésta contradice sus presuposiciones ontológicas. En otras palabras, el modelo científicamente aceptado es contradictorio con la información que reciben cotidianamente y, de acuerdo con Vosniadou (1994), esa información constituye las bases del conocimiento.

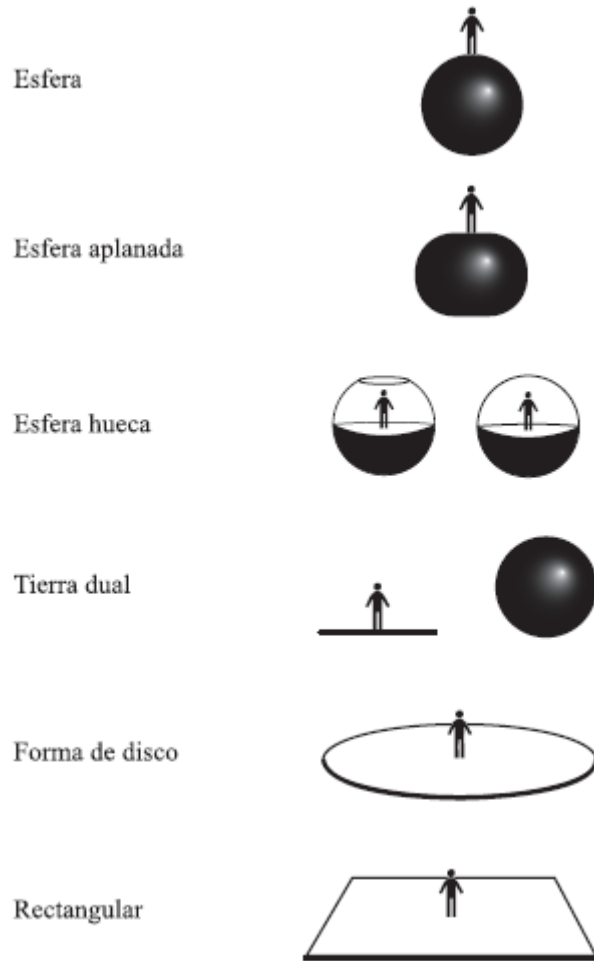


Figura 2. Modelos de la forma de la Tierra

2.3.1.1. La propuesta sociocultural

El trabajo realizado por Vosniadou y sus colaboradores está claramente enmarcado dentro de la tradición de la ciencia cognitiva y evidencia la dificultad que tienen los niños de llegar a una concepción científica de la forma esférica de la Tierra, de la gravedad, entre otras. Sin embargo, el grupo de investigadores que se enmarcan dentro de la teoría sociocultural critica los resultados de las investigaciones realizadas por esta autora ya que existen profundas diferencias

entre sus visiones. Una de estas diferencias es el denominado “objeto de análisis” en los estudios realizados para investigar el pensamiento y el aprendizaje. Mientras que las propuestas cognitivas asumen que los sujetos construyen representaciones mentales y analizan cómo éstas se construyen, cómo se modifican, etc. En las propuestas socioculturales el objeto de análisis es la práctica situada y el uso de los artefactos físicos específicos. Dentro de los trabajos sobre los conceptos astronómicos recientemente se ha desarrollado un debate entre estas dos posiciones, específicamente sobre las ideas de los niños sobre la Tierra y la gravedad. Los representantes de las propuestas socioculturales (Ivarsson, Schoultz y Säljo, 2002; Schoultz, Säljo y Wyndhamn, 2001) argumentan que la propuesta de Vosniadou no ha considerado las influencias socioculturales que impactan en las concepciones astronómicas de los niños, en particular el uso de los artefactos culturales. Schoultz, Säljo y Wyndhamn (2001) analizan, desde la perspectiva del discurso, los hallazgos reportados por Vosniadou. En lugar de reconocer las respuestas de los niños a las entrevistas como los modelos mentales subyacentes, reconocen estas respuestas como situadas y dependientes de las herramientas disponibles como fuentes de razonamiento. La diferencia fundamental entre el estudio realizado por estos autores y el reportado por Vosniadou y Brewer (1992), es el uso de un globo terráqueo como punto de partida para la entrevista. Éste se ponía frente al entrevistado y la pregunta inicial consistía en el reconocimiento del globo. Posteriormente se continuaba con la entrevista. Se entrevistaron 25 sujetos entre los 6 y los 11 años de edad. Los resultados reportados por estos autores son muy diferentes a los descritos por Vosniadou y Brewer (1992). En general, los niños entrevistados demuestran un desempeño superior durante la entrevista que no puede ser explicado únicamente por un mayor conocimiento. En los resultados se observa que todos los niños pueden identificar el globo terráqueo como una representación de la Tierra y que no aparecen los modelos descritos en

Vosniadou (1992). Los sujetos pueden reconocer que es posible vivir en ambos hemisferios de la Tierra sin caerse aunque es evidente una dificultad para explicar este hecho. Para Schoultz, Säljo y Wyndhamn (2001) la presencia de un globo terráqueo funciona como una herramienta para el razonamiento, al tener esta herramienta presente las respuestas de los sujetos tienen una fuente concreta con cual relacionarla. En los estudios de Vosniadou y sus colaboradores no existe una herramienta sobre la que los estudiantes puedan razonar, y las preguntas elaboradas son tan abstractas para los sujetos que por ello que surgen tal variedad de respuestas, en este caso los diferentes modelos mentales de la Tierra. La principal conclusión de los autores es que cuando el razonamiento de los niños está apoyado por una herramienta cultural (el globo terráqueo) el razonamiento parece ser mucho más sofisticado, en este caso, el globo se convierte en un punto de partida sobre el cual dirigir la discusión.

Vosniadou, Skopeliti e Ikospentaki (2004) concuerdan con estos autores en la idea de que existen diferentes modos de conocer y de razonar en el aprendizaje de la ciencia, desde aquellos que requieren que los estudiantes generen sus propios modelos y razonen sobre ellos, hasta aquellos que requieren la manipulación de un modelo dado. Desde su punto de vista, la presencia de un globo terráqueo impone a los niños un modelo y los obliga a razonar sobre él, por lo que es de esperarse que los niños den respuestas más cercanas a las científicas.

Para analizar cómo el conocimiento previo influye en la forma en que se usan los artefactos culturales Vosniadou, Skopeliti e Ikospentaki (2005) realizaron un estudio con 42 niños de 5 a 8 años de edad. Los autores supusieron que los niños que tenían dificultades para comprender la forma de la Tierra, las seguirían teniendo a pensar de tener presente un globo terráqueo. Durante

la primera parte de la entrevista las preguntas se realizaron sin la presencia del modelo, además de las respuestas verbales se pedía a los niños que hicieran un dibujo y utilizaran plastilina, en la segunda parte se utilizó el globo terráqueo. Los resultados en la primera parte del experimento replican los hallados en Vosniadou y Brewer (1992, 1994). Los niños mayores tienen más información que los pequeños y sus respuestas son más consistentes. En el análisis de la segunda parte de la entrevista se observó que la presencia del globo afectó las respuestas de los niños de tres formas: En primer lugar, hay un incremento en las respuestas que se pueden considerar como científicamente correctas y que son dadas por los mismos niños; en segundo lugar, hay un decremento en la consistencia entre las respuestas, se observa respuestas mezcladas que reemplazan casi por completo las obtenidas en la primera parte de la entrevistas. Por último, parece que los niños no son conscientes de los cambios en sus respuestas ni de las inconsistencias que se observan cuando se presenta el globo terráqueo. En general, los resultados muestran que sólo algunos de los niños más grandes se pueden beneficiar de la presencia de un artefacto, en este caso el globo terráqueo. Los niños utilizan diferentes modos de responder, algunas veces basados en el modelo utilizado y otras en su conocimiento, sin embargo los niños no notan las inconsistencias. Los niños pueden utilizar el modelo para razonar sobre él, pero cuando la respuesta no se puede deducir o derivar de ese modelo, los niños utilizan nuevamente su conocimiento previo. Sin la clara comprensión de algunos conceptos (gravedad) los estudiantes seguirán cometiendo los mismos errores durante las entrevistas, aun con la presencia de las herramientas culturales.

En conjunto, las investigaciones respecto de las ideas de sobre la forma de la Tierra y su lugar en el universo se pueden clasificar en tres categorías, basadas en el análisis de los tipos de métodos utilizados para realizar dichos estudios (ver Albanese, Neves y Vicentini, 1991).

El primer grupo, corresponde a siete estudios Klein (1982), Mali y Howe (1980), Nussbaum (1979), Nussbaum & Novack (1976), Sneider y Pulos (1983) y Vosniadou y Brewer (1992), los cuales son estudios, realizados con niños, sobre la forma de la Tierra. Aunque Albanese y cols, consideran que la investigación con sujetos adultos podría ser interesante. Dentro de estos estudios la experiencia perceptiva de vivir en una Tierra plana y la necesidad de un apoyo que mantenga las cosas en su lugar entra en conflicto con la suposición de que en realidad vivimos en una Tierra esférica suspendida en el espacio. En los estudios reportados, los autores asumen estas experiencias perceptuales pero no consideraron la necesidad de analizarlas. Dentro de este grupo, el método más utilizado para conocer las ideas de los estudiantes son las preguntas descriptivas (PD), que se refieren que preguntas que requieren que el sujeto haga la descripción de un fenómeno desde diferentes puntos de vista; otro tipo son las preguntas predictivas (PP), las cuales requieren una predicción por parte del sujeto y por último, las preguntas explicativas (PE), que se refiere a las explicaciones que se les piden a los sujetos en relación a las respuestas que dan a las preguntas predictivas y descriptivas.

En el segundo grupo se ubican los estudios realizados por Baxter (1998), Klein (1982) y Vosniadou & Brewer (1994). Los autores pertenecientes a este grupo, en su mayoría, se enfocan en la observación de fenómenos cotidianos cercanos a los niños y en la elaboración de preguntas que, en su mayoría, requieren la explicación de dichos fenómenos (PE). El tipo de análisis

generalmente utilizado es el agrupamiento de las respuestas en torno a un argumento central. La crítica principal dada a este tipo de trabajos se centra en la supuesta desconexión entre los modelos explicativos que construyen los niños y las observaciones que ellos realizan. Es decir, no realizan una comparación entre modelo y las observaciones que realizan los niños.

Finalmente, en el tercer grupo, se encuentran dos estudios (Jegade 1991 y Mohapatra 1991) que realizan una comparación entre la visión científica y las cosmologías tradicionales de África y la India.

Con todo, todavía quedaría una pregunta por resolver: ¿por qué se le ha puesto tanta atención a los estudios sobre la forma de la Tierra? Uno de los argumentos es la variedad de respuestas que dan los niños sobre la misma y, en segundo lugar, porque las concepciones de los estudiantes sobre la gravedad están relacionadas directamente con la concepción que puedan tener sobre la forma de la Tierra. Uno de los ejemplos más claros de la problemática que enfrentan los estudiantes es cuando tratan de comprender por qué los pingüinos que viven en el ártico no se caen.

2.3.2. Las ideas de los niños sobre el Sistema Solar, ciclo día noche y las estaciones del año

Klein (1982) analizó la comprensión del sistema Sol y Tierra en niños de segundo grado de primaria (7 y 8 años). Su estudio tenía varios objetivos: a) evaluar los conceptos que tienen los niños de segundo año sobre la Tierra y el Sistema Solar; b) identificar si hay diferencias en el

tipo de explicaciones dadas por padres México-americanos y angloamericanos (aunque los datos no fueron reportados por la autora) y, c) determinar si existen diferencias significativas entre los tipos de explicación que dan tanto niños como niñas.

Klein (1982) entrevistó a cada uno de los 24 niños de manera individual. También utilizó la elección de dibujos para algunas de las preguntas; y, se les pidió a los niños que elaboraran un dibujo. La entrevista pretendía indagar ocho nociones sobre la Tierra y el Sol: a) vivimos en la Tierra, b) la Tierra es redonda, c) la Tierra está en el espacio, d) los objetos parecen diferentes desde varias perspectivas, e) el Sol es más grande que la Tierra, f) la noche y el día son causados por la rotación de la Tierra, g) el amanecer ocurre a horas diferentes en lugares geográficos diferentes por la rotación de la Tierra y, h) la Tierra realiza una rotación completa cada 24 horas.

Klein (1982) pudo observar que la mayoría de los sujetos entrevistados carecía de una comprensión de la rotación de la Tierra en el espacio como causa de la noche y el día. Por otra parte, no parecen existir diferencias entre los grupos analizados; en sentido estricto, ninguno de los dos grupos demostró una comprensión de la Tierra en el espacio, de la perspectiva y de la rotación de la Tierra.

Otro de los estudios sobre las ideas de los niños acerca de los elementos que componen el Sistema Solar es el de Treagust y Smith (1989). Estos autores, para investigar las ideas de los estudiantes sobre el movimiento de los planetas, realizaron algunas entrevistas acompañadas de tareas específicas. Los resultados de su investigación muestran una variedad de ideas en los

estudiantes. De entre ellas, se destaca la idea de que la rotación de los planetas depende de la distancia que existe con el Sol y que la rotación afecta cuánta fuerza gravitacional se ejerce sobre un determinado objeto.

En años más recientes, Baxter (1995) estudió las teorías que utilizan los niños para explicar una serie de fenómenos astronómicos (forma de la Tierra, ciclo día/noche, las fases de la Luna y las estaciones del año) y, con esos datos, hacer una comparación con las ideas que, sobre la misma temática, fueron sostenidas durante la edad media (las cuales parecen ser muy similares a las utilizadas por los niños).

Dentro de las temáticas analizadas en este estudio se encuentran: a) el planeta Tierra en el espacio y el campo gravitatorio; b) el ciclo día/noche; c) las fases de la Luna y, d) las estaciones del año. Dos procedimientos fueron utilizados para la recolección de los datos. Primero se entrevistaron a 20 niños de 9 a 16 años para conocer sus teorías acerca de estos temas. Posteriormente, las concepciones con mayor frecuencia de aparición fueron usadas para construir un instrumento para que permitiera evaluar el conocimiento astronómico. Éste incluyó una serie de declaraciones con diagramas basados en los dibujos presentados por los entrevistadores.

Los resultados de la investigación (Baxter, 1995) muestran diferentes nociones: la primera describe al planeta tierra completamente plano, es decir, representa una superficie plana; en la segunda, los niños dibujan el planeta Tierra de forma esférica, pero las nubes, la gente y la lluvia siempre se encuentran en la parte superior del planeta; mientras que la tercera noción representa

un planeta esférico con la gente viviendo sobre toda la superficie. Sin embargo, la idea acerca de la dirección arriba-abajo continúa, es decir, los sujetos siguen considerando el extremo sur de la Tierra como el arriba, y el extremo norte como la parte de abajo. Por último, la cuarta noción representa a la gente viviendo sobre la superficie completa de la Tierra, mientras que la parte por debajo de ella (es decir, el interior) es el centro de la Tierra.

Para investigar el ciclo día/noche, Baxter (1995) pidió a los niños que explicaran por qué se oscurecía de noche. Podían explicar su idea realizando un dibujo o utilizando esferas de unicel. A partir de estas producciones, se identificaron seis nociones. En la noción 1, el Sol se va detrás de las colinas; en la noción 2, las nubes cubren al Sol; en la 3, la Luna cubre al Sol; en la noción 4, el Sol gira alrededor de la Tierra una vez al día; en la 5, la Tierra gira alrededor del Sol una vez al día y, por último, en la noción 6, la Tierra gira sobre su eje una vez al día. Antes de describirlas, es importante mencionar que si bien los elementos más cercanos o familiares a los niños (la Luna, el Sol, las nubes, etc.) son los causantes del ciclo día/noche, dicha idea declina con la edad. En contraste, el número de estudiantes de mayor edad que explican dicho fenómeno utilizando un constructo diferente, por ejemplo, que la Tierra gira en su propio eje frente al Sol fijo, es relativamente alto.

En el tema sobre las fases de la Luna, se encontró que la noción más popular, y que se incrementa con la edad, es: “La Tierra lanza su sombra sobre la Luna, de esta manera se producen los cambios en su forma”. En torno de esta temática se identificaron cinco nociones: a) Las nubes cubren parte de la Luna; no siempre, pero la Luna llena se ve en el verano cuando hay pocas nubes; b) la Luna deposita su sombra sobre la Luna. Los niños piensan que debe haber

alguna regla para los cambios pero no están seguros de cuál es ésta; d) la sombra del Sol cae sobre la luna. No hay norma para los cambios observados; e) la sombra de la Tierra cae sobre la Luna. Algunos niños reportan que esto ocurre durante el mes; f) las fases de la Luna es explicada en términos de la porción de un lado iluminado de la Luna y visible desde la Tierra (un niño relató que esto ocurre durante el mes).

Para conocer las ideas de los niños sobre las estaciones del año se les preguntó sobre las causas del frío durante el invierno. Los niños podían explicar sus ideas haciendo un dibujo, o con las esferas de unicel. La idea más frecuente es que el Sol se encuentra más alejado de la Tierra durante el invierno. Aquí se lograron identificar seis nociones: a) los planetas fríos toman calor del Sol; b) las nubes pesadas del invierno detienen el calor del Sol; c) el Sol se aleja de la Tierra en el invierno; d) el Sol se mueve al otro lado de la Tierra para darles verano; e) el cambio en las plantas origina las estaciones y, f) el eje de la Tierra está fijo en un ángulo del eje del Sol.

Finalmente, se identificaron un número de fases en las explicaciones de los niños:

1. Planeta Tierra en forma de platillo y estático. Norte arriba y sur abajo. Los cambios en los cuerpos astrales son causados por objetos familiares o cercanos.
2. Tierra redonda, pero frecuentemente pensada como central y estática. Las nociones ingenuas acerca de la gravedad aún persisten. Los cuerpos celestes se pueden mover, pero sus movimientos son representados de arriba-abajo y de derecha a izquierda.

3. Las mismas nociones ingenuas sobre la Tierra y la gravedad aún persisten, pero ahora los cuerpos celestes se observan moviéndose en órbitas. Este movimiento orbital considera a la Tierra como el centro.
4. Visión heliocéntrica y asociada con ideas gravitatorias.

Los resultados presentados por Baxter (1995) permiten establecer que las nociones más frecuentes entre los niños pequeños están basadas en características que ellos fácilmente pueden observar. Mientras que este tipo de nociones es usado con menor frecuencia por los niños de mayor edad. Sin embargo, aunque posteriormente se utilicen nociones más apegadas a la visión científicamente aceptada, dicho cambio no siempre ocurre.

Sharp (1996), por su parte, realizó un estudio con niños ingleses. Los resultados preliminares del estudio se obtuvieron a través de una entrevista semi-estructurada de corte piagetiano, conformada por preguntas sobre conceptos, eventos y elaboración de dibujos. Con los resultados de este primer piloteo, se desarrolló una segunda entrevista para conocer con mayor profundidad las ideas de los alumnos. Se entrevistaron 42 sujetos de 10 y 11 años de edad. El contenido de la entrevista incluía preguntas sobre el planeta Tierra, su forma, un bosquejo sobre la Tierra y su color. Preguntas sobre la forma de la Tierra, el reconocimiento de un dibujo y su definición. También se incluyó un conjunto de preguntas sobre el Sol, la Luna, las estrellas y, asimismo, se investigaron las ideas sobre su forma, color, conocimiento de su posición, movimiento y su definición. Por último, se indagaron las ideas de los niños sobre el Sistema Solar. En este caso, se les preguntó si existía espacio más allá de la Tierra. También se realizaron preguntas referentes al contenido, estructura, origen y edad de la Tierra, así como sobre su forma.

En las respuestas obtenidas en este estudio (Sharp, 1996), se encontró que para los niños existen tanto otros planetas como meteoros, cometas, hoyos negros, galaxias, sistemas solares, etc. Entre los planetas más comunes se mencionaron Marte, Saturno y Júpiter, los cuales también lograron ser correctamente identificados. Posteriormente, se les pidió que elaboraran un mapa del Sistema Solar que incluyera todas las características que pensaban debían ser incluidas. Los resultados de esta parte del estudio fueron clasificados de acuerdo con las categorías planteadas por Vosniadou (1994). Asimismo, los hallazgos muestran que 23 de los 42 niños entrevistados mantienen “modelos científicos”, mientras que los demás sostienen una serie de modelos alternativos, o sintéticos, en palabras de Vosniadou. Las distancias entre los planetas son definidas en términos de cientos o millones de millas, pero sin que ello suponga que le atribuyen algún significado. El movimiento de los astros, ni sus posibles causas, pudo ser explicado con claridad. El tiempo de la trayectoria de los planetas alrededor del Sol se definió con base en la idea: los que están más cerca del Sol tardan menos tiempo en dar la vuelta completa al Sol que los que están más alejados. Finalmente, la edad del Sistema Solar es definida en términos de millones o cientos de años pero sin que exista un significado real para los niños (otras respuestas fueron, antes de cristo, o antes de los dinosaurios).

Los resultados del estudio también muestran que la mayoría de los niños saben que la Tierra, el Sol y la Luna son cuerpos esféricos diferentes. El 62% fue capaz de ubicarlos en el orden correcto y con el tamaño correcto. No obstante, sus ideas sobre las estrellas son menos claras. En otros datos, se encontró que la mayoría de los sujetos pudo dar explicaciones “científicas” para el ciclo día/noche mientras que sólo el 19% dio explicaciones de ese tipo para las estaciones del

año. Por su parte, el 40% pudo explicar correctamente las fases de la Luna y sólo el 55% dio explicaciones correctas sobre el Sistema Solar.

Vosniadou y Brewer (1994), por su parte, estudiaron las ideas de 20 niños de primero, 20 de tercero y 20 de quinto grados para explicar el ciclo día/noche. Se les pidió que explicaran ciertos fenómenos como la desaparición del Sol durante la noche, la desaparición de las estrellas durante el día y el aparente movimiento de la Luna. Los resultados del estudio muestran que los modelos que forman los niños tienen las características de ser consistentes y lógicos. Los niños más pequeños forman modelos para explicar el ciclo basados en su experiencia diaria, mientras que los más grandes forman modelos sintéticos, esto es: la información que proviene de su experiencia diaria se sintetiza con la información culturalmente aceptada, hasta que, finalmente, se forma un modelo similar al científico.

Samarapungavan, Vosniadou y Brewer (1996) realizaron una investigación para estudiar el conocimiento astronómico de 38 niños hindúes. Las ideas que se examinaron en este grupo de niños fueron: a) forma de la Tierra; b) movimientos de la Tierra, Sol y Luna, c) localización relativa en el espacio de la Tierra, Sol y Luna y, d) ciclo día/noche. La muestra estuvo conformada por 38 niños, 19 de primer año, de 5;08 a 6;04 años; y 19 de tercer año, de 7;06 a 8;05 años. Para conocer las ideas de los niños se utilizó un cuestionario que abarcaba los puntos antes mencionados. Algunas de las preguntas se respondían verbalmente mientras que otras requerían que los niños construyeran modelos de arcilla para responder.

Los resultados muestran nueve tipos de modelos: a) esfera en el espacio; b) esfera en el agua; c) esferoide en el espacio; d) esfera hueca en el espacio; f) esfera hueca en el agua; g) disco en el espacio; h) disco en el agua; i) Tierra rectangular en el agua y, j) indeterminado. Adicionalmente, en cuanto a las explicaciones acerca del ciclo día/noche, se encontró que éstas se distribuyen en cinco tipos diferentes:

1. Oclusión del Sol y la Luna.
2. Movimientos orbitales arriba-abajo o este-oeste de la Luna y el Sol.
3. Movimientos orbitales del Sol y la Luna alrededor de la Tierra.
4. Movimientos orbitales de la Tierra alrededor del Sol y la Luna.
5. Rotación del eje de la Tierra.

Posteriormente, estos resultados se compararon con los obtenidos por Vosniadou y Brewer (1992, 1994). La comparación de resultados muestra los mismos tipos de modelos, el único tipo que no aparece entre los niños hindúes es el de la Tierra dual. Este modelo implica la idea de que dos partes, la parte plana que es donde habita la gente y la parte redonda que se encuentra en la parte superior de la Tierra. Si bien se observan diferencias entre la proporción de los modelos utilizados por los sujetos entrevistados los autores suponen que este porcentaje se debe a las diferencias metodológicas empleadas en los estudios. La principal diferencia observada entre la población norteamericana y la hindú es el número de niños hindúes (34%) que representan a la Tierra flotando en el agua (esta idea se reporta entre los sujeto norteamericanos), los autores indican que la aparición de esta idea está relacionada con las visiones mitológicas. En ambos estudios se observa una progresión de entre los estudiantes más pequeños del uso de modelos

iniciales sobre la forma de la Tierra hacia modelos sintéticos y científicos que son usados por los alumnos más grandes.

Al comparar los resultados sobre el ciclo día/noche con los encontrados por Vosniadou y Brewer (1994) nuevamente se encuentran similitudes entre los modelos utilizados por los sujetos de ambos estudios. Nuevamente la diferencia radica en la ubicación de la Tierra sobre un cuerpo de agua. Por ejemplo, mientras los estudiantes norteamericanos, para explicar la desaparición del Sol o la Luna dicen que se van detrás de las montañas, los estudiantes hindúes utilizan el mismo mecanismo pero, en este caso, la desaparición de la Luna o el Sol se explica porque bajan al océano por debajo de la Tierra.

2.4. Ideas de los estudiantes de bachillerato y universitarios sobre los fenómenos astronómicos

Las investigaciones sobre las ideas de los estudiantes también se han realizado en el nivel superior. Los resultados muestran la dificultad que tienen los alumnos de superar sus ideas previas para acceder a modelos científicamente aceptados. De Manuel (1995) diseñó una investigación con el fin de conocer la representación que tienen los estudiantes españoles de 12 a 18 años sobre el modelo Sol-Tierra enfocándose principalmente en aspectos como la órbita terrestre y en las causas de las estaciones verano e invierno. Para dicha investigación se utilizó un cuestionario que fue aplicado a 404 estudiantes. El cuestionario incluía un diagrama de diferentes modelos de la órbita terrestre: a) trayectoria elíptica con la Tierra situada en uno de los focos; b) trayectoria elíptica con la Tierra situada en el centro y, c) trayectoria circular de la Tierra. Posteriormente se les pidió a los estudiantes que respondieran a la pregunta: ¿Por qué en

verano hace calor (hace más Sol) y en el invierno hace frío (hace menos Sol)? Y, por último, se les planteó una situación problema en la que tenían que explicar por qué en Australia mucha gente celebra la Navidad en las playas. En este caso, tenían que explicar por qué en el hemisferio sur es verano cuando en el hemisferio norte es invierno.

Los resultados de la investigación muestran que las trayectorias **a** y **b** fueron las más frecuentes, muy pocos estudiantes dieron explicaciones satisfactorias sobre la causa de las estaciones (veranos e invierno). La mayoría de los sujetos opinó que el factor determinante para explicar las estaciones es la distancia a la que la Tierra se encuentra del Sol.

Las respuestas dadas por los sujetos fueron divididas en dos categorías: 1) los que explican el calor y el frío únicamente por la distancia entre el Sol y la Tierra y, 2) aquellos que mencionan también la inclinación del eje terrestre. En la situación problema, la mayoría de los estudiantes hace referencia al eje terrestre y al grado de los rayos solares. Asimismo, se observaron concepciones bastante *sui generis* como, por ejemplo, que en el sur hace más calor siempre; y respuestas de corte teológico (sic) tales como que el mundo es así.

Respecto del Sistema Solar, además de la aportación de Sharp (1996), se han estudiado las representaciones que hacen los alumnos de secundaria entre los 14 y los 18 años. Alfonso, Bazo, López, Macau y Rodríguez (1995) estudiaron a 169 estudiantes españoles de primer año de BUP (bachillerato) y de geología que ya habían revisado los contenidos referentes al universo. Puesto que los alumnos mostraron algunas dificultades de aprendizaje respecto de la localización del sistema Tierra-Sol-Luna en el universo, se planteó conocer las diferentes concepciones que

sostienen los alumnos para poder trabajar con ellas. Se utilizó como instrumento un dibujo y la consigna fue representar el universo, localizando a la Tierra dentro de él. Se utilizaron tres criterios para el análisis de los dibujos: a) situación y dimensión del planeta Tierra (concepción geocéntrica, la Tierra es el centro del universo), b) situación y dimensión del Sol (concepción heliocéntrica, en este caso el Sol es el centro del universo) y, c) unidades fundamentales del universo (concepción acéntrica, no se pudo observar un centro, existen varios elementos).

Los resultados de la investigación muestran diferentes tipos de representaciones: a) universo saco, b) concepción geocéntrica, c) concepción heliocéntrica y d) concepción acéntrica. Y, de todas éstas, en mayor número, los estudiantes sostienen una representación heliocéntrica, la concepción acéntrica aparece en segundo lugar y, la geocéntrica sólo es representada por la minoría.

Trumper (2001) realizó una investigación en Israel con estudiantes universitarios para conocer sus concepciones sobre diferentes conceptos de la astronomía. La muestra estuvo compuesta por 79 estudiantes que iban a tomar un curso de astronomía básica en la universidad. A cada uno de los sujetos se le aplicó un cuestionario que incluía preguntas relacionadas con varios conceptos de astronomía básica: el ciclo día/noche, las estaciones del año, las distancias relativas entre la Tierra y los otros cuerpos celestes, los eclipses, etc. Los resultados mostraron que la mayoría de los estudiantes mantienen una gran cantidad de concepciones erróneas en diferentes conceptos de astronomía básica.

2.5. Ideas de los profesores sobre los fenómenos astronómicos

Un buen número de investigaciones ha mostrado que las ideas previas sobre los fenómenos naturales, no sólo aparecen entre los niños y los adolescentes, también los profesores en servicio y los que aún no lo están mantienen, en muchos casos, ideas similares a las de los niños.

Atwood y Atwood (1996) desarrollaron un estudio para conocer las ideas que los profesores (que todavía no están en servicio o frente agrupo) tienen sobre las estaciones del año. Se trataba de responder dos preguntas básicas: a) las ideas alternativas que sobre las estaciones del año son frecuentemente mantenidas por los profesores en pre-servicio y, b) cuáles son las concepciones sobre las estaciones del año más frecuentes entre los profesores. Para resolver estas preguntas se utilizaron dos procedimientos diferentes. El primero se denominó el procedimiento escrito. Se les pidió a 49 profesores que respondieran de manera escrita “qué causa las estaciones en las regiones del planeta Tierra que experimentan el invierno, la primavera, el verano y el otoño”. En el segundo procedimiento, se realizaron entrevistas durante dos días. A cada profesor se le pidió que utilizaran modelos de la Tierra y el Sol con el fin de demostrar la causa de las estaciones, mientras daban una explicación verbal. Los resultados obtenidos señalan que en el procedimiento escrito, 39 de los 49 profesores mostraron concepciones alternativas en sus respuestas y sólo 5 dieron respuestas científicamente aceptadas. Las ideas alternativas más frecuentes sobre la causa de las estaciones fueron: en primer lugar, la distancia entre la Tierra y el Sol, en segundo lugar; la cercanía de algunas partes de la Tierra debido a su inclinación; en tercer lugar, la rotación de la Tierra sobre su eje, y finalmente, la forma en que la Tierra está posicionada sobre su eje, la parte que da hacia el Sol es la que experimenta el verano.

En el segundo procedimiento se observó que 42 de los 49 profesores dieron respuestas verbales y demostrativas que pueden ser clasificadas como alternativas. Las respuestas más frecuentes fueron: a) la distancia entre la Tierra y el Sol; b) la dirección de la inclinación de la Tierra cambia a medida que la Tierra gira alrededor del Sol; c) la rotación de la Tierra sobre su eje; d) el polo del hemisferio que tiene el verano apunta casi directamente hacia el Sol y, e) el Sol gira alrededor de la Tierra. El uso de ambos procedimientos demostró ser muy eficaz ya que los profesores que habían dado una respuesta científica en el primer procedimiento cambiaron su respuesta en el siguiente procedimiento; es decir, aquel en el cual tenían que demostrar, con una serie de instrumentos, la funcionalidad de los modelos que plantearon en un inicio. Este hecho demostró que en realidad los profesores mantenían una concepción alternativa sobre las estaciones del año, y no una científica como se pensó en un inicio.

Otro estudio realizado con profesores es el de Trundle, Atwood y Christopher (2002). Estos investigadores realizaron su investigación con profesores norteamericanos y se plantearon cuatro preguntas: a) antes de la instrucción, cuáles son los tipos de comprensión conceptual que tienen los profesores sobre la causa de las fases de la Luna, b) cómo cambian las concepciones de los profesores sobre las fases de la Luna después de completar un curso sobre este tema, c) cómo cambian las concepciones de los profesores incluidos en un curso de instrucción sobre las fases de la Luna, comparado con un grupo que no asistió a dicho curso, d) si el uso de modelos tridimensionales o la elaboración de dibujos durante las entrevistas tiene algún valor instruccional.

Los investigadores decidieron utilizar diferentes métodos para la recolección de datos y no sólo entrevistas con respuestas de opción múltiple, ya que desde su perspectiva, este tipo de entrevistas restringe las respuestas de los sujetos hacia categorías predeterminadas o respuestas anticipadas. En cambio, el uso de entrevistas, así como el uso de modelos en tercera dimensión, permite capturar de una mejor manera la perspectiva de los sujetos y, por tanto, se genera una idea más clara de cuáles son sus ideas en realidad.

Cien estudiantes participaron en el curso durante dos semestres y fueron asignados al azar a los grupos A y B. Los resultados muestran que sin la instrucción la mayoría de los profesores sostienen concepciones alternativas sobre las causas de las fases de la Luna. Algunas de sus concepciones son las siguientes: a) las fases de la Luna tienen por causa la sombra de la Tierra que es arrojada sobre la Luna; b) por la rotación de la Tierra sobre su eje o, finalmente, c) por la órbita de la Luna alrededor de la Tierra. Después de la instrucción, la mayoría de los profesores asumieron un modelo más científico sobre la causa de las fases de la Luna. Asimismo, se pudo observar que, no obstante la instrucción, algunas de las ideas de los profesores mantenían indicios de respuestas alternativas. Por ello, las respuestas fueron clasificadas en tres tipos: científicas, científicas con fragmentos alternativos y, con fragmentos científicos.

Después de la instrucción se observó que, la mayoría de los profesores parecen comprender que la luna órbita a la Tierra, y que durante el ciclo de las fases, la mitad de la Luna está siempre iluminada por el Sol. Finalmente, también se constató que los profesores que estuvieron en el curso construyeron una visión más científica que aquellos que no estuvieron en el curso.

2.6. Las propuestas educativas

De la mano de las investigaciones que se han interesado en examinar las ideas que los niños construyen sobre la forma de la Tierra, el ciclo día/ noche, etc., también se han desarrollado propuestas específicas para mejorar la enseñanza de la astronomía.

Entre las propuestas con población preescolar encontramos el trabajo de Valanides, Gritsi, Kampeza y Ravanis, (2000). Estos autores decidieron investigar las ideas de niños preescolares griegos relacionadas con la forma de la Tierra, el Sol y el ciclo día/noche. Su hipótesis intentaba probar si la intervención educativa mejora las ideas iniciales de los niños sobre estos temas.

La muestra examinada consistió de 33 niños (25 niñas y 8 niños) de 5 años de edad de tres diferentes jardines de niños. A todos ellos, primero se les administró un pretest, que consistía en una entrevista semi-estructurada que incluía preguntas relacionadas en la forma y movimientos del Sol y la Tierra. Estos resultados fueron utilizados para diseñar una estrategia de intervención. Dicha estrategia tuvo 2 propósitos: a) comunicar a los niños la idea de que el Sol y la Tierra tienen forma esférica y, b) explicar que el ciclo día/noche es el resultado de la rotación de la Tierra sobre su eje. Dos de los investigadores estuvieron a cargo de la intervención.

En el trabajo de intervención se les presentaron a los niños una serie de materiales (diferentes figuras de madera, un globo con luz) los cuales fueron utilizados para dar las explicaciones a los niños. Los resultados de la investigación muestran que, antes de la intervención, los niños elegían formas diferentes (cuadrados, triángulos) para identificar al Sol y a la Tierra; posterior a

la intervención, la mayoría de los niños eligieron la forma de esfera para identificar tanto al Sol como a la Tierra. También se observó que, antes de la intervención las explicaciones que daban los niños para el ciclo día/noche eran en su mayoría mitológicas, dependían de una situación determinada o se realizaba en términos del movimiento del Sol. Sin embargo, posterior a la intervención, sólo seis niños siguieron basando sus respuestas en estas explicaciones.

Sneider y Ohadi (1998) llevaron a cabo un estudio con estudiantes en Estados Unidos, el objetivo fue probar la efectividad de una estrategia de enseñanza de corte histórico-constructivista, con niños de cuarto a octavo grado, con el objetivo de cambiar sus *ideas erróneas* (misconceptions) sobre la forma de la tierra y el fenómeno de la gravedad. De acuerdo con los supuestos de esta perspectiva, los alumnos no sólo deben estar expuestos al modelo científicamente aceptado, sino también a los modelos generados desde sus ideas previas. De esta manera, se posibilita que puedan construir un modelo más efectivo para ellos mismos.

En el primer experimento de este estudio, el objetivo para Sneider y Ohadi (1998) fue determinar el impacto del tratamiento sobre la comprensión que tienen los estudiantes de los conceptos “forma de la tierra” y “gravedad”. El segundo experimento se condujo con dos grupos diferentes, uno que estuvo expuesto al tratamiento y otro que no. Las actividades propuestas tenían el objetivo de ayudar a los estudiantes a lograr una comprensión y apreciación más profunda de la Tierra y su relación con el Sol, la Luna, las estrellas y la gravedad. Los profesores que participaron en el estudio asistieron a un curso previo sobre temas relacionados de astronomía, el uso de diferentes materiales basados en el currículo y, además, participaron en la discusión sobre

las diferentes estrategias y estilos para presentar los temas. Participaron 17 profesores, y un total de 539 alumnos fueron incluidos en el estudio.

Los resultados obtenidos muestran que, antes de la presentación de la estrategia de enseñanza, la mayoría de los estudiantes sostenían una gran variedad de ideas similares a las de los niños. Después de ser sometidos a la estrategia, el número de ideas incorrectas disminuye, este mismo efecto se encontró también en los diferentes grupos analizados. En contraste, los grupos que no estuvieron expuestos al tratamiento no mostraron ningún cambio en el tipo de nociones utilizadas. Estos resultados permiten suponer que, quizá en este caso, las ideas de los alumnos sobre la forma de la tierra y la gravedad pueden ser modificadas a través de una estrategia educativa basada en la perspectiva histórico-constructivista. Por otra parte, uno de los resultados que es importante resaltar es aquel que muestra que los alumnos más pequeños respondieron de mejor forma a la estrategia que los alumnos mayores. De acuerdo con los autores, esto podría explicarse por el hecho de que las ideas de los niños pequeños están menos arraigadas que las de los mayores. Sin embargo, también puede ser que los profesores que atendieron a los grupos de niños más pequeños fueran especialmente talentosos.

En otro estudio, Kikas (1998) evaluó el impacto de la educación en la habilidad de los niños para definir y explicar conceptos astronómicos (órbita, ecuador, ciclo día/noche y cambio de estaciones) a largo plazo. La investigación se realizó con veinte estudiantes de 10 a 11 años de edad de una escuela primaria en Estonia. El procedimiento estuvo compuesto por una serie de pasos. En primer lugar, se analizaron los textos utilizados dentro de la escuela que contenían estos temas, poniendo especial énfasis en los conceptos que se definían y los fenómenos

explicados. Posteriormente, se grabaron las clases en las cuales se explicaban los temas antes mencionados y se comparaban las explicaciones que daba el profesor con las explicaciones que aparecían en los libros. También fue analizada la forma en que trabajaban los estudiantes. Dos meses después se realizó una entrevista que incluía preguntas sobre el ciclo día/noche, las estaciones, definiciones de ecuador, eje y órbita. Las entrevistas se realizaron de manera individual. Finalmente, cuatro años después se volvió a realizar la misma entrevista.

Los resultados de la investigación mostraron, por un lado, que después de dos meses los estudiantes eran capaces de recordar perfectamente las explicaciones científicas que les fueron enseñadas pero, por el otro, que después de cuatro años habían olvidado casi por completo las definiciones científicas, las explicaciones y los hechos. Pudo, asimismo, constatarse que basaban sus respuestas en su experiencia diaria. En este sentido, las respuestas que los estudiantes dieron fueron muy similares a las utilizadas por niños menores

En Estonia, Hannust y Kikas (2002) realizaron un estudio donde participaron 32 niños preescolares (5 años) y 39 de primer año (7 años). Analizaron los conceptos astronómicos de los niños y la influencia de éstos a la enseñanza experimental. El objetivo del estudio fue identificar las ideas iniciales de los niños y posteriormente contrastarlas con evidencia visual y con argumentos verbales. Los niños fueron asignados aleatoriamente a dos grupos. En primer lugar, se evaluó individualmente su conocimiento astronómico y posteriormente el grupo experimental participo en ocho sesiones donde se les explicaron una serie de conceptos astronómicos, el trabajo se realizo en pequeños grupos (2 a 4 niños). Posteriormente se evaluó nuevamente a los niños para probar la efectividad de la estrategia.

Desde el punto de vista de los autores, para lograr hacer el aprendizaje más eficiente es necesario: a) verbalizar las concepciones iniciales para hacerlas conscientes, b) mostrar las inconsistencias entre las explicaciones cotidianas y las científicas y sus razones, c) enseñar verbalmente las nuevas explicaciones y dar tiempo para pensar en ellas y discutir las y, d) utilizar modelos y analogías para promover la comprensión. (Chi, 1992; Diakidoy y Kendou, 2001; Vosniadou et al., 2001).

Otra propuesta de intervención educativa, la de Diakidoy y Kendeou (2001), intentó comparar la efectividad de dos aproximaciones educativas para facilitar el cambio conceptual y el aprendizaje de algunos conceptos básicos de la astronomía. Se analizaron dos grupos, uno de ellos recibió la instrucción en la forma que se conduce cotidianamente y como lo marca el currículo, mientras que el segundo grupo recibió una versión modificada, la cual incluía tanto las concepciones previas de los sujetos así como explicaciones y demostraciones diseñadas para maximizar la plausibilidad de los conceptos científicos presentados. Antes de la instrucción se aplicó un pre-test a los alumnos (el cual fue utilizado como post-test después de la instrucción).

En este estudio participaron 63 alumnos griegos (10 años, 5 meses), los cuales fueron asignados de manera aleatoria a cada uno de los tratamientos. El estudio se realizó en 4 sesiones. La instrucción experimental estaba diseñada para proceder de acuerdo con las ideas de los alumnos y promover la discusión. La primera actividad estaba diseñada para reforzar las ideas de que la Tierra tiene forma esférica y de manera implícita introducir el concepto de gravedad. La segunda, se propuso indagar acerca del hecho de que a los observadores la Tierra nos parezca

plana cuando no lo es. La tercera actividad se enfocó en demostrar y explicar el ciclo día/noche. En todas las actividades se utilizaron como materiales mapas, imanes, globos y luces.

Finalmente, el estudio más reciente es el realizado por Sharp y Kuerbis (2005) estos autores identificaron las ideas de los niños sobre el Sistema Solar y posteriormente realizaron una intervención educativa con el fin de promover el cambio conceptual en los alumnos. Estos autores trabajaron durante un promedio de 10 semanas con dos grupos (control y experimental) de niños de 9 a 10 años en una primaria en Inglaterra. Parte de su investigación consistió en la aplicación de una serie de entrevistas antes y después de la intervención. Sus resultados muestran que los niños poseen un pobre conocimiento sobre el Sistema Solar antes de la intervención, mientras que, posterior a la misma, se evidencia un progreso en los modelos descritos por los niños que participaron en el grupo experimental.

El conjunto de las investigaciones revisadas muestra, en general, una relación entre el conocimiento y la edad; a saber, los conocimientos más intuitivos e ingenuos corresponden a los niños más pequeños mientras que las representaciones científicamente aceptadas corresponden a los niños de mayor edad. En este sentido, parece que el conocimiento acerca del planeta Tierra, por ejemplo, sigue una pauta de desarrollo que va desde una representación de Tierra plana y estática a una esférica pero hueca y con los habitantes en el interior o en la parte superior, hasta una concepción dinámica de la relación tierra con los demás astros a la vez que una coherente utilización de los conceptos gravitatorios.

Asimismo, podemos inferir que, en general, los resultados proporcionados por las distintas investigaciones sobre esta temática son consistentes con la visión constructivista de que los niños están influenciados de manera muy importante por las fuentes de información que tienen a su alcance, esto incluye: la experiencia directa, la observación de lo que ven, o de lo que piensan que ven pero, también, de las fuentes externas como la educación formal, o informal guiada por los padres, compañeros, libros, programas de televisión, etcétera.

Para autoras como Vosniadou (1994a) la dificultad de concebir el planeta Tierra como un cuerpo cósmico que flota en el espacio radica en que esta entidad está restringida por los mismos principios que se aplican a los objetos físicos que se encuentran en el mundo que habitamos, en palabras de Spelke (1991): continuidad, solidez, contacto, gravedad e inercia. Dichos principios, sean innatos o adquiridos (Vosniadou, 1994a), parecen estar presentes desde la infancia y quizá apoyan y guían la forma en que los individuos interpretan sus observaciones y la información que reciben. Algunos investigadores (Carey y Spelke, 1994; Hirschfeld y Gelman, 1994), por su parte, han recurrido a la noción de “restricción” como una forma de explicar cómo los niños son capaces de realizar inducciones y constreñir las experiencias a partir de principios aplicables sólo a entidades y fenómenos específicos de dominio; es decir, inducir selectivamente cierto tipo de conceptos frente a datos indeterminados.

Adicionalmente, con el fin de dar una explicación más completa del proceso de adquisición del conocimiento, Vosniadou (1994a) propone la existencia de una serie de restricciones de segundo orden como las *creencias* o *modelos mentales*, los cuales emergen de una estructura previamente adquirida y ejercen una poderosa influencia sobre el nuevo conocimiento. Siguiendo estos

planteamientos, dos de las concepciones que sostienen los niños acerca del planeta Tierra (la Tierra es plana y, todos los objetos necesitan un soporte y caen hacia abajo) son particularmente importantes de analizar. Por un lado, la primera parece devenir de la experiencia cotidiana, del conjunto de observaciones asequibles a los niños (particularmente). De este modo, quizá tales observaciones restrinjan, en un sentido lato, las representaciones o modelos con los cuales interpretan las preguntas que se les presentan. En tal caso, puede apreciarse que la dificultad estriba en que éstas son contrarias al modelo culturalmente aceptado que representa un planeta Tierra de forma esférica. Sin embargo, este mismo hecho nos permite explicar la formación de ideas alternativas o modelos sintéticos.

Por otra parte, también parece contrario a la intuición aceptar como plausible que el planeta Tierra “flote en el espacio”. Es contrario porque viola dos presuposiciones básicas para los niños: todos los objetos caen hacia abajo y, los objetos requieren un soporte, en caso contrario, caen. Estas presuposiciones sólo tienen sentido en el contexto de una concepción del espacio donde la Tierra es plana y los lugares “arriba” y “abajo” son definidos, precisamente, en términos de esa Tierra plana y no en términos del centro de la Tierra. A la luz de estas observaciones, los modelos elaborados por los niños no serían, en sentido estricto, incorrectos, dentro del contexto de una concepción del espacio que ellos sostienen.

En resumen, para Vosniadou (1994a) el concepto de Tierra emerge dentro una teoría ingenua de la física y está restringido por los mismos tipos de presuposiciones que restringen los objetos físicos en general. Diferente de muchos otros conceptos que permanecen incrustados en el mismo dominio conceptual, el concepto que se tiene de la tierra experimenta una mayor

reorganización. Esta reorganización, creemos, incluye una reconceptualización de la entidad “Tierra” como cuerpo astronómico o cósmico, y avanza a través de la eliminación y revisión de algunas presuposiciones que pertenecen a una teoría ingenua de la física.

CAPÍTULO III

Las ideas previas de los niños sobre el Sistema Solar

3.1. Planteamiento del problema

A lo largo de las dos últimas décadas gran número de investigaciones han examinado las ideas que tienen niños y adolescentes relativas a los fenómenos astronómicos (Baxter, 1995; De Manuel, 1995; Kikas, 1998; Klein, 1982; Mali y Howe, 1979; Nussbaum, 1979; Vosniadou y Brewer, 1992; Vosniadou, 1994a; 1994b; Samarapungavan, Vosniadou y Brewer, 1994; Sharp, 1996; Valanides, Gritsi, Kampesa y Ravanis, 2000). Las temáticas abordadas han investigado, entre otras cuestiones, la forma de la Tierra y su lugar en el espacio, el ciclo día/noche, las estaciones de año y las fases de la Luna.

Hoy en día los niños y niñas tienen acceso ilimitado a información un tanto sofisticada sobre el Sistema Solar, vía televisión, internet o dentro de la misma escuela. Aprender sobre el Sistema Solar no sólo ayuda a los niños a manejar ciertos términos científicos o a identificar ciertos fenómenos que ocurren dentro de su vida cotidiana sino que también es importante como un medio para desarrollar una actitud positiva hacia la ciencia y la comprensión de la misma.

Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, se sabe muy poco sobre las ideas que los niños construyen sobre el Sistema Solar y su dinámica. En este sentido, si bien existe una gran cantidad de investigaciones que nos describen diferentes componentes del Sistema Solar no se ha realizado una integración ni un estudio sobre los componentes y dinámica completa del sistema.

En resumen, la presente investigación se centra en analizar las ideas que los niños y las niñas construyen sobre el Sistema Solar. En primer término, explora la forma de la Tierra, el ciclo día/noche y las del estaciones del año y, posteriormente, se centra en la forma, movimientos y distancias. Con todo ello se pretende identificar la secuencia de construcción de las ideas que sobre el Sistema Solar realizan los niños y niñas a lo largo de su tránsito por la escuela primaria.

3.2. Justificación

El estudio de las ideas de los niños sobre el Sistema Solar es importante por dos razones. Primero, porque aunque dichos fenómenos parecen estar bastante alejados de sus experiencias inmediatas, existen algunos aspectos, por ejemplo, el ciclo día/noche o las estaciones del año, a partir de los cuales podrían estudiarse sus ideas sobre la mecánica celeste y, con ello, la “causa” de tales fenómenos. Segundo, si bien las ideas iniciales de los niños parecen ser proyecciones de lo que ellos conocen de los objetos físicos “terrestres” a los “objetos cósmicos”, es importante analizar tanto los criterios con los que realizan esa proyección como los cambios de esas ideas a lo largo del desarrollo.

Nuevamente, es importante estudiar las ideas de los niños porque conocerlas nos posibilita vislumbrar propuestas educativas que permitan organizar la enseñanza y el aprendizaje sobre el Sistema Solar no sólo con el objetivo de conocer determinados conceptos y explicarnos el mundo de una forma diferente sino como un medio para desarrollar una actitud positiva hacia la ciencia y la comprensión de la misma.

3.3. Estudios

Se realizaron dos estudios de corte transversal con una muestra de niños y niñas entre los 6 y los 11 años. En cada uno de los estudios se presentan los aspectos técnicos (muestra, tareas utilizadas, método utilizado).

Ambos estudios se encuentran articulados; es decir, a partir del Estudio I se realizaron las mejoras y ajustes necesarios para enfocarnos en la problemática particular que nos interesaba para indagar de una mejor forma las ideas de los niños (Estudio II). Los objetivos de dichos estudios se detallan a continuación.

Objetivos

- A) *Identificar y analizar las ideas previas que tienen los niños y niñas mexicanos de 6 a 12 años sobre el Sistema Solar.* Todos los niños construyen ideas que les permiten dar explicaciones causales, predecir e interpretar los fenómenos que observan. Por tanto, se espera encontrar un sistema coherente de conocimientos que les permita a los niños interpretar y explicar la dinámica celeste de manera diferenciada según su “modelo” explicativo.
- B) *Identificar y explicar la secuencia de construcción a lo largo del desarrollo.* El conjunto de las investigaciones realizadas muestra, en general, una relación entre el conocimiento y la edad, a saber, los conocimientos más intuitivos e ingenuos corresponden a los niños más

pequeños y las representaciones científicamente aceptadas corresponden a los niños más grandes. En este sentido, se espera encontrar un aumento y diferenciación en la complejidad o sofisticación del conocimiento acerca de los fenómenos astronómicos y las edades de los sujetos.

3.4. ESTUDIO I

Algunas de las cuestiones que cabe analizar, en primer lugar, son aquellas que ya se han estudiado con anterioridad, es decir, las ideas de los niños sobre: a) la forma de la Tierra, b) el ciclo día/noche y, c) las estaciones del año) y, en segundo lugar, examinar su conocimiento sobre el Sistema Solar, más específicamente indagar sus ideas sobre los elementos que lo componen (Sol, Tierra, Luna, Estrellas y Planetas) así como sus movimientos ya que estos aspectos no han sido indagados con anterioridad. Por tanto, el propósito principal de la presente investigación consiste en examinar el conocimiento que poseen niños y niñas de primero a sexto grado de primaria sobre el Sistema Solar, así como analizar los cambios de dicho conocimiento a lo largo de la edad.

3.4.1. Método

Participantes

En el estudio participaron un total de 26 niños y niñas (10 niñas y 16 niños) con un rango de edad comprendido entre los 6 y los 12 años de edad. Todos los sujetos provenían de una escuela pública (SEP) ubicada en la zona norte del Distrito Federal. Dichos niños cursaban de primero a sexto grados. Todos los participantes pertenecen a un nivel socioeconómico medio.

Materiales

Se aplicó una entrevista semiestructurada de corte piagetiano compuesta por 38 preguntas organizadas en 5 temáticas: (1) forma y dinámica del Sistema Solar; (2) forma de la Tierra; (3) ciclo día/noche; (4) conocimiento general del Sistema Solar y (5) estaciones del año (véase un ejemplo de la secuencia de preguntas en el ANEXO 1).

Las preguntas correspondían a cuatro niveles de complejidad:

- 1) *Conocimiento básico.* Las preguntas de este nivel implican la identificación y nominación de los elementos constitutivos del Sistema Solar. (Ej. Se le muestran 3 dibujos que representan diferentes ubicaciones del sol: heliocéntrica, geocéntrica y acéntrica y se le dice: ¿De los dibujos que tengo aquí cuál crees que (es/o) representa el Sistema Solar?)
- 2) *Conocimiento de las propiedades de los objetos.* Se refiere a las características que se le otorgan a cada uno de los elementos del sistema solar. (Ej. Se le muestra al niño un diagrama del Sistema Solar y se le pide que lo observe. Después se le pide que señale todos aquellos planetas que cree que se mueven. Si la respuesta es afirmativa se le dice: “Si los planetas se mueven, ¿por qué no chocan entre ellos?”.)
- 3) *Conocimiento de los procesos.* Movimientos, propiedades y dinámica propia del sistema solar. (Ej. Se toman tres esferas de unicel del mismo tamaño que representan el Sol (esfera #1), la Tierra (esfera #2) y la Luna (esfera #3). Sobre la mesa se coloca la esfera #2 en el centro y las esferas #1 y #3 se colocan a cada uno de los lados. La esfera #2, por tanto, tiene un lado que da hacia el Sol y el otro hacia la Luna y en cada uno de estos se

coloca a un niño y se le dice: “Para este niño es de día (señalando la cara que da hacia la esfera #1), ¿qué tendría que pasar para que se haga de noche?”. Después se le dice: “Para este niño es de noche (señalando la cara que da hacia la esfera #3), ¿qué tendría que pasar para que se haga de día?”).

- 4) *Problemas hipotéticos*. Conocimiento de los tres niveles anteriores aplicados a la resolución de un problema. (Ej. “Si caminaras durante muchos días en línea recta, ¿a dónde crees que llegarías?”)

Como parte de la entrevista, se utilizaron esferas de unicel de diferentes tamaños así como un globo terráqueo, dibujos y fotografías con el objetivo de explicitar las respuestas de los sujetos respecto del movimiento y ubicación de los astros.

Procedimiento

Se acudió a cada salón de clases y se pidió al(a) profesor(a) que eligiera a uno de sus alumnos. Seleccionado el niño o la niña del grupo respectivo, se le conducía a un salón facilitado por la dirección del plantel, el salón, aproximadamente de 4 x 4 metros, contaba con una mesa y 3 sillas. Antes de empezar la entrevista, a cada niño se le pedía su nombre y edad (datos que fueron corroborados posteriormente con su profesora), acto seguido se comenzaba a platicar con él a fin de distender la situación. En esa parte de la interacción se consideró pertinente decirle que únicamente estábamos interesados en lo que él pensara o creyera acerca de las preguntas que íbamos a hacerle; que no considerara dichas preguntas un examen y que todo lo que dijera no iba a influir en su calificación.

Los niños fueron entrevistados de manera individual durante aproximadamente 45 minutos. La entrevista siguió la secuencia de temáticas descritas anteriormente. Con cada una de las preguntas se incitaba al niño, pero sin presionarlo, a que clarificara y/o ampliara sus respuestas. En este caso, la investigadora le decía: “Podrías decirme algo más al respecto” o se le pedía que repitiera la última parte de sus respuestas. Todo esto se hizo con el fin de que el niño proporcionara más información. Todas las entrevistas fueron audio-grabadas para su posterior transcripción. Asimismo, se tomaron notas de cada una de las respuestas de los niños.

3.4.2. Resultados

En primer lugar se realizó una revisión de todas las respuestas de los niños y se organizaron con base en diferentes niveles de respuesta para cada una de las temáticas abordadas. Posteriormente, con las respuestas de los sujetos en las temáticas relativas a movimiento se realizó un análisis por conglomerados con el objetivo de identificar los modelos que los niños y niñas construyen sobre el Sistema Solar.

En esta sección se presenta, en primer lugar, las respuestas de los niños obtenidas en la entrevistas. El *Grupo 1*, corresponde a los participantes de primero y segundo año; el *Grupo 2*, a los grados tercero y cuarto y el *Grupo 3* a quinto y sexto. Decidimos agrupar a los sujetos de esta forma por la similitud en las respuestas que se obtuvieron en los diferentes grados. Asimismo, los resultados se presentan con base en las cinco temáticas exploradas: 1) Forma de la Tierra; 2) Conocimiento general del Sistema Solar; 3) Forma y dinámica del Sistema Solar; 4) Ciclo día/noche y, 5) Estaciones del año.

Posteriormente, se presentan los modelos identificados a partir del análisis por conglomerados realizado. Dichos modelos se construyeron a partir de las respuestas de los sujetos a diferentes contextos, todos ellos relativos al movimiento.

3.4.2.1. Forma de la Tierra

Para indagar las ideas de los niños sobre la forma de la Tierra se realizaron cuatro preguntas. La primera era específicamente sobre la forma: ¿Qué forma tiene la Tierra? y, a la vez, se les pidió que hicieran un dibujo de la misma¹. En ambos casos, el 100% de los participantes mencionó que el planeta tiene forma redonda y el dibujo que realizó también mostró a la Tierra de forma redonda.

Ante la pregunta (12): “Si caminaras durante muchos días en línea recta ¿a dónde crees que llegarías?”, un 92.30% de los participantes señala que si lo hicieran llegarían a otro lugar. Algunos dicen que a Oaxaca, a otro continente, a Estados Unidos o al mar, o bien, algunos de los más pequeños dicen que a la colonia más cercana, por ejemplo, a Lindavista. Es decir, si bien la superficie terrestre puede ser considerada con una mayor o menor extensión, las respuestas no indican si los participantes asumen una forma “plana” o “esférica” del Planeta Tierra. Por ello, la pregunta 13 intentó indagar los lugares, a lo largo y ancho de la superficie terrestre, en donde ellos creen se sitúan los habitantes del planeta Tierra. En este caso, el 42.30% de los participantes indica la parte superior del planeta (polo norte), mientras que el 57.69% los ubica alrededor de todo el planeta. Con la finalidad de profundizar en una posible explicación de tal hecho, se les mostró un globo terráqueo, colocando el polo norte hacia arriba y el polo sur hacia

¹ Al final del documento se encuentra una muestra de los dibujos realizados por los estudiantes que participaron en el estudio. Los dibujos muestran la forma de la Tierra y el Sistema Solar.

abajo y se les dijo (señalando Australia): “En este país vive gente, ¿Por qué crees que la gente que vive aquí (en Australia) no se cae?”. Ante esta pregunta (14), el 34.61% mencionó no saber; el 7.69% porque la gente vive dentro de la esfera terrestre; el 3.84% porque la tierra es plana y, sorprendentemente, más de la mitad de la muestra (53.84%) respondió que era por la acción de la gravedad que, si bien no fue definida con precisión, la suponen una “fuerza” que *empuja hacia abajo* o que *jala desde abajo* a lo habitantes e impide que caigan.

3.4.2.2. Forma y dinámica del Sistema Solar

Para analizar esta sección se realizaron 10 preguntas. Las respuestas a la pregunta 1, ¿Sabes qué es el Sistema Solar? Fueron agrupadas en 4 niveles de respuesta. Cabe mencionar que en esta pregunta sólo se pedía una descripción y no la ubicación de los elemento que el sujeto mencionaba en su explicación. Los niveles de respuesta en este caso corresponden a:

1. *No sabe.*-En este nivel los niños no pueden dar ningún tipo de respuesta sobre lo que es el Sistema Solar.
2. *El Sol.*- En la definición sólo mencionan al sol (ej. “es el Sol”, “es una lámpara brillante”).
3. *La Tierra el Sol y la Luna.*- En este nivel se agrupan las respuestas que sólo incluyen estos tres elementos.
4. *La formación de planetas.*- Este nivel agrupa las respuestas que incluyen al Sol, la Luna, la Tierra y mencionan algunos planetas, en algunos casos se agregan más elementos como los asteroides, los satélites, etc.

Como se observa en la Tabla 1, el mayor porcentaje corresponde al nivel Formación de Planetas; es decir, la mayoría de los niños define el Sistema Solar como un grupo de planetas u otros elementos cósmicos que se encuentran alrededor del Sol. Es decir, el Sistema Solar es definido con base a lo que consideran son sus componentes. De esta manera, la gran mayoría de los participantes (65.3%) mencionan, entre otros, el Sol, algunos planetas, así como galaxias, asteroides, constelaciones, etc. Es importante mencionar que dentro de ese porcentaje se encuentra el 44.4% de los niños del primer y segundo grados; el 77.7% de los del tercer y cuarto grados y un 75% de los de quinto y sexto grados. Mientras que son pocos los participantes que no mencionan ninguno de los componentes (15.3%).

Algunos ejemplos de las respuestas que dan los niños a esta pregunta son:

(Segundo grado, 8;01² años) **“Es la formación de todos los planetas”**.

(Quinto grado, 9;01 años) **“El Sol viene siendo una estrella, los planetas giran alrededor del Sol”**.

(Sexto grado, 12;02 años) **“Es aquel que conjunta a todo lo que son los planetas, las estrellas y constelaciones que hay en el espacio”**.

² Las edades de los niños se presentan en años y meses. En este caso, el sujeto entrevistado tiene 8 años y un mes de edad.

Tabla 1.

Porcentaje por grupo a la pregunta ¿Qué es el Sistema Solar?

Grupo	No sabe	El Sol	La Tierra el Sol y la Luna	La formación de Planetas	Total
G1	2 (22.2%)	1 (11.1%)	2 (22.2%)	4 (44.4%)	9
G2	2 (22.2%)	–	–	7 (77.7%)	9
G3	–	2 (25%)	–	6(75%)	8
Total	4 (15.3%)	3 (11.5%)	2 (7.6%)	17 (65.3%)	26

Nota. Los guiones indican que no hubo ninguna respuesta en ese grupo para ese nivel. G1 corresponde al grupo uno (primero y segundo grado). G2 corresponde al grupo dos que incluye tercero y cuarto grado y, G3 corresponde al grupo 3 que agrupa quinto y sexto año.

Respecto de la configuración del Sistema Solar, la Tabla 2 muestra los datos obtenidos en la pregunta 3 (*¿De los dibujos que tengo aquí [3 dibujos con diferentes ubicaciones del sol: heliocéntrica, geocéntrica y acéntrica, ver anexo 1], podrías decirme cuál de ellos crees que (es/o) representa el Sistema Solar?*).

Los niveles de respuesta en este caso fueron:

1. *Ninguno*.- No elige ninguno de los dibujos porque no sabe qué es el Sistema Solar o porque ninguno de ellos lo representa.
2. *Geocéntrico*.- El dibujo elegido tiene a la Tierra en el centro del Sistema Solar.
3. *Acéntrico*.- Elige el dibujo que representa un Sistema Solar sin ningún elemento en el centro.
4. *Heliocéntrico*.- El dibujo elegido tiene el Sol en el centro.

Así, puede verse que la mayoría de los participantes (69.2%) tiende a elegir el modelo heliocéntrico, mientras que sólo el 15.3% elige como representación el modelo geocéntrico. Con el fin de corroborar si los participantes diferencian correctamente entre cada uno de los elementos y sus respectivas posiciones y, por tanto, determinar la posición del Sol respecto de la Luna y la Tierra, la pregunta 4 (“¿Podrías señalarme en este dibujo cuál es la Tierra, la Luna y el Sol?”), encontramos que todos los participantes de los tres grupos eligen correctamente la Tierra y el Sol. Mientras que sólo cinco de ellos (dos del Grupo 1, dos del Grupo 2 y uno del Grupo 3), confunden la Luna con Saturno o bien con Venus. De manera similar, en la pregunta 9 (“¿Cuál de estas esferas crees que podría ser [representar] el Sol, la Tierra y la Luna?”), se encontró el mismo tipo de respuestas en los tres grupos estudiados: la esfera más grande representa al Sol, la mediana a la Tierra y la más pequeña a la Luna.

Tabla 2.

Porcentajes identificación de la configuración del Sistema Solar.

Grupo	Ninguno	Geocéntrico	Acéntrico	Heliocéntrico	Total
G1	4 (44.4%)	–	–	5 (55.5%)	9
G2	–	2 (22.2%)	–	7 (77.7%)	9
G3	–	2 (25.0%)	–	6 (75.0%)	8
Total	4 (15.3%)	4 (15.3%)	–	18 (69.2%)	26

En cuanto a la descripción verbal que hicieron los niños sobre el movimiento de los astros se identificaron 5 niveles de respuesta que también fueron utilizados para la demostración de los movimientos con las esferas de unicel.

Los niveles identificados fueron:

1. *No-movimiento*.- Ninguno de los elementos identificados tiene movimiento es decir, se mantiene estático.
2. *Rotación*.- Alguno de los elementos gira en su propio lugar.
3. *Traslación*.- El elemento elegido gira alrededor del Sol.
4. *Ambos: Traslación y rotación*.- Alguno de los elementos gira en su propio lugar y además lo hace alrededor del Sol.
5. *Arriba-abajo/Izquierda-derecha*.- Alguno de los elementos sube y baja o bien se mueve hacia los lados (izquierda-derecha).

En la Tabla 3 podemos observar que el 50% de los participantes le otorga movimientos al Planeta Tierra que siguen la dirección arriba-abajo o izquierda-derecha. Ambos movimientos se observan casi en la misma proporción en los tres grupos estudiados. De manera significativa, el 57.6% de los participantes no otorga ningún tipo de movimiento al Sol, mientras el 30.7% le confiere movimientos izquierda-derecha. Finalmente, el 46.1% le da a la Luna los mismos tipos de movimiento que a la Tierra, es decir, arriba-abajo/izquierda-derecha. Esto quizá tiene que ver con un dato recogido de las entrevistas, a saber, la mayoría de los niños piensa que la Luna sigue a la Tierra en todos los movimientos que realiza.

Tabla 3.

Porcentajes por grupo de la descripción verbal de algún tipo de movimiento llevado a cabo por el Sol, la Tierra o la Luna.

Grupo	No- movimiento	Rotación	Traslación	Ambos: Traslación y rotación	Arriba-abajo Izquierda- derecha	Total
Tierra						
G1	1 (11.1%)	3 (33.3%)	1 (11.1%)	–	4 (44.4%)	9
G2	1 (11.1%)	2 (22.2%)	1 (11.1%)	–	5 (55.5%)	9
G3	2 (25.0%)	–	1 (12.5%)	1 (12.5%)	4 (50%)	8
Total	4 (15.3%)	5 (19.2%)	3 (11.5%)	1 (3.8%)	13 (50%)	26
Sol						
G1	3 (33.3%)	2 (22.2%)	–	–	4 (44.4%)	9
G2	6 (66.6%)	1 (11.1%)	–	–	2 (22.2%)	9
G3	6 (75%)	–	–	–	2 (25%)	8
Total	15 (57.6%)	3 (11.5%)	–	–	8 (30.7%)	26
Luna						
G1	2 (22.2%)	2 (22.2%)	1 (11.1%)	–	4 (44.4%)	9
G2	3 (33.3%)	1 (11.1%)	1 (11.1%)	–	4 (44.4%)	9
G3	4 (50%)	–	–	–	4 (50%)	8
Total	9 (34.61%)	3 (11.5%)	2 (7.6%)	–	12 (46.1%)	26

Estos datos, asimismo, pueden ser contrastados con los obtenidos en la pregunta 6 (“¿Cómo sabes que se mueven?”):

(Primero, 6;00 años) **“Porque la maestra me [lo] dice”**.

(Tercero, 9;11 años) **“Porque lo veo en mis libros”**.

Siendo hasta el quinto y sexto año en donde aparecen otro tipo de respuestas:

(Quinto, 11;01 años) **“Por el día y la noche”**.

(Sexto, 12;02 años) **“Para que haya diferentes estaciones del año y tenga un calor diferente cada tiempo, y así podemos tener el día y la noche”**.

En la pregunta 9 (¿Cuál de estas esferas crees que podría ser [representar] el Sol, la Tierra y la Luna?), se encuentra la misma respuesta en todos los grados. La esfera más grande representa al Sol, la mediana a la Tierra y la más pequeña a la Luna; es decir, no se encontró ninguna diferencia en la elección de tamaño entre los tres grupos estudiados.

Intentando corroborar los datos obtenidos en la pregunta 10 se pidió a los estudiantes que mostraran, con ayuda de las esferas de unicel (esferas que ellos ya habían utilizado en la pregunta 9), el tipo de movimiento que realizan el Sol, la Tierra y la Luna. Dicha pregunta tenía el objetivo de comparar estas respuestas con sus descripciones verbales sobre el movimiento de estos astros (Tabla 2). De esta manera, en la Tabla 4 podemos observar que, comparado con los porcentajes mostrados en la Tabla 3, el porcentaje otorgado a la tierra en la categoría arriba-abajo/izquierda-derecha (50%), cambia. Ahora, este tipo de movimiento se ve significativamente reducido (3.8%) mientras que se incrementa el porcentaje en el nivel de respuesta *ambos* (38.4%). Es decir, los participantes consideran que la Tierra tiene movimientos tanto de rotación

como de traslación. En este caso, también puede observarse que existe un aumento en el porcentaje de sujetos que consideran este tipo de movimientos (rotación y traslación): 11.1%, 44.4% y 62.50% (G1, G2 y G3 respectivamente). Dicho aumento, quizás indica que ambos tipos de movimientos son mejor conocido por los sujetos de mayor edad. En Sol, por su parte, sigue siendo considerado, por el 65.3% de los sujetos, un elemento carente de movimiento. Asimismo, mientras que anteriormente la Luna (Tabla 2) era considerada un astro que se mueve arriba-abajo o izquierda-derecha, ahora (Tabla 3) la mayoría de los participantes no le otorgó ningún tipo de movimiento (38.4%) o únicamente le dieron el de traslación (34.6%).

Tabla 4.

Porcentajes por grupo de la demostración con esferas de algún tipo de movimiento llevado a cabo por el Sol, la Tierra o la Luna.

Grupo	No- movimiento	Rotación	Traslación	Ambos: Traslación y rotación	Arriba-abajo Izquierda- derecha	Total
Tierra						
G1	2 (22.2%)	3 (33.3%)	3 (33.3%)	1 (11.1%)	–	9
G2	1 (11.1%)	3 (33.3%)	1 (11.1%)	4 (44.4%)	–	9
G3	1 (12.5%)	1 (12.5%)	–	5 (62.5%)	1 (12.5%)	8
Total	4 (15.3%)	7 (26.9%)	4 (15.3%)	10 (38.4%)	1 (3.8%)	26
Sol						
G1	5 (55.5%)	1 (11.1%)	–	–	3 (33.3%)	9
G2	6 (66.6%)	1 (11.1%)	2 (22.2%)	–	–	9
G3	6 (75%)	–	2 (25%)	–	–	8
Total	17 (65.3%)	2 (7.6%)	4 (15.3%)	–	3 (11.5%)	26
Luna						
G1	4 (44.4%)	1(11.1%)	1 (11.1%)	1 (11.1%)	2 (22.2%)	9
G2	3 (33.3%)	1(11.1%)	4 (44.4%)	1 (11.1%)	–	9
G3	3 (37.5%)	–	4 (50%)	1 (12.5%)	–	8
Total	10 (38.4%)	2 (7.6%)	9 (34.6%)	3 (11.5%)	2 (7.6%)	26

3.4.2.3. Conocimiento general del Sistema Solar

En la pregunta 21 se pidió nominar aquellos elementos que pueden ser considerados parte del Sistema Solar. Marte, Venus y Saturno resultaron ser los planetas más frecuentemente nombrados, además de mencionar meteoros, el Sol, la Luna, la Tierra o asteroides. De este conjunto de elementos, el 42.3% de los participantes mencionó entre 4 y 6 elementos, mientras que el 34.6% mencionó entre 7 y 9. De acuerdo con estos resultados, puede decirse que, en su mayoría, los participantes conocen algunos de los elementos que componen el Sistema Solar, aunque algunos de ellos todavía no estén expuestos a la información proporcionada por la escuela sobre este contenido. Por ejemplo, el 77.7% de los sujetos del Grupo 1 nombra correctamente entre 4 y 9 planetas del Sistema Solar.

Tabla 5.

Número de Planetas nombrados por grupo.

Grupo	Ninguno	1 a 3	4 a 6	7 a 9	Total
G1	-	2	4	3	9
G2	1	2	5	1	9
G3	-	1	2	5	8
Total	1	5	11	9	26

Respecto de si los participantes le otorgan movimiento a los planetas (pregunta 22), el 15.3% supone que los planetas carecen de movimiento, mientras que el 84.6% afirma que sí se mueven (aunque sin determinar el tipo de movimiento que realizan). Dado que es alto el porcentaje de

sujetos que suponen que los planetas se mueven, se les cuestionó sobre la razón por la cual, a pesar de que se mueven, no chocan. Para esta pregunta se identificaron 3 niveles en las respuestas de los niños.

1. *No sé.*- No puede dar ningún tipo de respuesta. No sabe si los planetas se mueven o no.
2. *No tienen movimiento o giran en su mismo lugar.*- Los planetas se mantienen estáticos o giran en su lugar. Sólo se implica el movimiento de rotación.
3. *Por la distancia que guardan entre ellos o porque siguen una órbita específica.*- Existe mucha distancia entre ellos, o tienen determinado el camino que siguen que, en este caso, implica el movimiento de traslación.

Ante esta pregunta, los datos obtenidos fueron los siguientes (véase Tabla 6):

Tabla 6.

Respuesta por grupo a la pregunta: ¿Por qué no chocan los Planetas?

Grupo	No sé	No tienen movimiento o giran en su mismo lugar	Por la distancia que guardan entre ellos o porque siguen una órbita específica	Total
G1	2 (22.2%)	4 (44.4%)	3 (33.3%)	9
G2	1 (11.1%)	6 (66.6%)	2 (22.2%)	9
G3	1 (12.5%)	3 (37.5%)	4 (50%)	8
Total	4 (15.3%)	13 (50%)	9 (34.6%)	26

Como puede observarse, el 50% aduce que los planetas sólo se mueven en su mismo lugar, es decir, no poseen movimientos de traslación por lo que, desde este punto de vista no es posible

una colisión. Otra razón dada por los participantes señala que la gran distancia existente entre un planeta y otro evita que colapsen (34.6%). Con todo, se les pidió a los niños que pensarán qué sucedería en caso de que uno de los planetas chocase con la Tierra. Ante esta cuestión, el 50% dice que ese planeta y la Tierra se destruirían; o bien, habría sismos y/o terremotos (15.3%) y, de toda la muestra, únicamente el 15.3% piensa que no sólo se verían afectados esos dos elementos, sino que todos los demás planetas del Sistema Solar se verían igualmente afectados por el impacto.

Dos preguntas adicionales indagaron las relaciones de cercanía o lejanía de los planetas respecto del Sol y, consecuentemente, los estados de calor o frío en ese planeta: (pregunta 26a): “¿Cuál crees [enseñándole un dibujo] que es el planeta más frío del Sistema Solar?” y (pregunta 26b): “¿Cuál crees [enseñándole un dibujo] que es el planeta más caliente del Sistema Solar?” Las respuestas obtenidas indican que el 100% de los participantes, en ambos casos, señalaron o nombraron a Plutón como el planeta más frío y a Mercurio como el planeta más caliente. En cuanto a la justificación de su respuesta, en la pregunta 26a el 15.3% de los participantes dijeron no saber o hicieron referencia a una propiedad física del planeta; por ejemplo, su color o su tamaño. Mientras que el 84.6% mencionó como causa su distancia respecto del Sol. De manera similar, en la pregunta 26b el 11.5% dice no saber o menciona características físicas (color, tamaño) mientras que el 88.4% vuelve a mencionar la distancia como el factor que causa el calor.

3.4.2.4. Ciclo día/noche

Las explicaciones de los niños sobre la alternación del día y la noche son presentadas en las Tablas 7, 8a y 8b. La pregunta “¿Por qué no podemos ver el Sol en la noche?”, fue elaborada para conocer las ideas de los niños acerca de la dinámica de los elementos astronómicos implicados en el ciclo día/noche. Cabe mencionar que dicha pregunta no conllevaba la demostración del tipo de movimiento que referían, dado que esta explicación se pidió más adelante en la entrevista.

Los niveles de respuesta identificados en este caso fueron:

1. *No sé; otras explicaciones.*- En este nivel no se puede dar una explicación o se hace referencia a explicaciones del tipo “me voy a dormir”; “porque se hace de noche”.
2. *Oclusión.*- El Sol es bloqueado por algo, las nubes, la Luna, etc.
3. *Movimiento.*- El Sol realiza algún tipo de movimiento, arriba-abajo, rotación o traslación.

Los resultados (véase Tabla 7) señalan que la mayoría de los niños (84.6%) explica la “desaparición” del Sol durante la noche a causa de que éste se mueve.

Tabla 7.

Porcentaje de respuesta a la pregunta: ¿Por qué no podemos ver el Sol en la noche?

Grupo	No sé; otras explicaciones	Oclusión	Movimiento	Total
G1	1 (11.1%)	1 (11.1%)	7 (77.7%)	9
G2	1 (11.1%)	-	8 (88.8%)	9
G3	1 (12.5%)	-	7 (87.5%)	8
Total	3 (11.5%)	1 (3.8%)	22 (84.6%)	26

De manera similar, para explicar la desaparición de la Luna durante el día los niños recurren al movimiento de la misma (Tabla 8a).

Cuatro niveles de respuesta se identificaron en esta pregunta, dichos niveles abarcan tanto la desaparición de la Luna como la de las estrellas durante el día:

4. *No sé; otras explicaciones.*- En este nivel no se puede dar una explicación o se hace referencia a explicaciones del tipo “la Luna se va a dormir”; “porque se hace de día”.
5. *Luminosidad.*- El Sol brilla más fuerte que la Luna y por eso no se puede ver durante el día, en este caso la Luna no tiene ningún tipo de movimiento.
6. *Oclusión.*- La Luna es bloqueada por las nubes, el Sol, etc.
7. *Movimiento.*- La Luna realiza algún tipo de movimiento, arriba-abajo, rotación o traslación.

Tabla 8a.

Porcentaje de respuesta a la pregunta: ¿Por qué no podemos ver la Luna en el día?

Grupo	No sé; otras explicaciones	Luminosidad	Oclusión	Movimiento	Total
G1	2 (22.2%)	–	3 (33.3%)	4 (44.4%)	9
G2	2 (22.2%)	–	1 (11.11%)	6 (66.6%)	9
G3	1 (12.5%)	–	1 (12.5%)	6 (75%)	8
Total	5 (19.2%)	–	5 (19.2%)	16 (61.5%)	26

Mientras que para explicar la desaparición de las estrellas durante el día los niños recurrieron, en una mayor medida (42.3%), a la propiedad “luminosidad” (véase Tabla 8b). En cierto sentido, los sujetos suponen que dado que la luz del Sol es más “fuerte” (intensa) que la que emiten las estrellas no es posible verlas durante el día. Adicionalmente, como puede observarse en estos resultados (Tabla 8b), a la Luna se le otorga en mayor medida la característica “movimiento” (61.5%) que a las estrellas (19.2%). Podría suponerse, aunque nuestros datos no lo muestran, que los sujetos consideran que las estrellas se quedan en un mismo lugar y solamente hasta que el Sol desaparece éstas pueden ser observadas.

Tabla 8b.

Porcentaje de respuesta a la pregunta: ¿Por qué no podemos ver las estrellas en el día?

Grupo	No sé; otras explicaciones	Luminosidad	Oclusión	Movimiento	Total
G1	2 (22.2%)	2 (22.2%)	2 (22.2%)	3 (33.3%)	9
G2	–	7 (77.7%)	–	2 (22.2%)	9
G3	5 (62.5%)	2 (25%)	1 (12.5%)	–	8
Total	7 (26.9%)	11 (42.3%)	3 (11.5%)	5 (19.2%)	26

Un análisis de las justificaciones que dan los participantes para explicar el ciclo día/noche, indica que éstos se centran en el movimiento del Sol, la Luna y la Tierra. Es decir, el ciclo día/noche ocurre porque uno de estos astros se mueve. Para el 57.6% de los participantes la Tierra posee solamente movimientos de rotación; mientras que el 38.4% le da movimientos arriba-abajo, izquierda-derecha, atrás-adelante tanto al Sol como a la Luna pero no se los otorga a la Tierra. Cuando comparamos las respuestas que dan los niños del movimiento de la Tierra para explicar el ciclo día/noche, con la demostración del movimiento presentado en la Tabla 3, se observa una discrepancia. Es decir, cuando a los niños no se les pide la explicación de un fenómeno en concreto (por ejemplo, el ciclo día/noche), el movimiento que le dan a la Tierra es arriba-abajo, mientras que el Sol y la Luna, o bien no se mueven, o únicamente se trasladan detrás de la Tierra. Pero cuando tienen que explicar el por qué del ciclo día/noche, entonces la Tierra gira en su mismo eje, mientras que la Luna y el Sol tienen otros tipos de movimientos (arriba-abajo). Se pudo observar que en la resolución de una tarea específica o de un contexto específico los niños recurren a explicaciones que están ligadas a sus observaciones cotidianas.

3.4.2.5. Estaciones del año

En la pregunta 32 (nombrar las estaciones del año) se encontró que el 92.3% de los participantes nombra las estaciones de manera correcta. La Tabla 9, por su parte, presenta las respuestas a la pregunta: “¿Por qué hay estaciones?”.

Las respuestas a la pregunta ¿Por qué hay estaciones?, comprenden 4 niveles:

1. *No sé y actividades relacionadas con la estación.*- Este nivel comprende a los niños que no pudieron dar alguna explicación o sus respuestas tienen que ver con la realización de ciertas actividades. Ej. “para el cultivo”, “para que salgan flores”, “para que llegue la navidad” etc.
2. *Por cambios en el clima (calor o frío).*- A este nivel corresponden respuestas relacionadas con el cambio en la temperatura. Ej. “Porque llega el calor”; “Para que haga más frío”.
3. *Por cambios en la intensidad del Sol.*- El Sol es elemento principal en este nivel de respuesta. En este caso, sube o baja su intensidad para que se lleven a cabo los cambios de estación.
4. *Por movimientos de la Tierra o del Sol.*- Este nivel agrupa las respuestas que implican algún tipo de movimiento del Sol o la Tierra para explicar los cambios de estación.

Tabla 9.

Porcentaje por grupo de las respuestas a la pregunta: ¿Por qué hay estaciones?

Grupo	No sé; Actividades llevadas a cabo en la estación	Por cambios en el clima (calor o frío)	Por cambios en la intensidad solar	Por movimientos de la Tierra o del Sol	Total
G1	4 (44.4%)	4 (44.4%)	–	1 (11.1%)	9
G2	5 (55.5%)	2 (22.2%)	1 (11.1%)	1 (11.1%)	9
G3	2 (25%)	2 (25%)	4 (50%)	–	8
Total	11 (42.3%)	8 (30.7%)	5 (19.2%)	2 (7.6%)	26

Como puede observarse, el mayor porcentaje (42.3%) corresponde a la categoría “no sé” mientras que sólo un 7.6% de los participantes puede explicar el fenómeno de las estaciones haciendo alusión a movimientos tanto del Sol como de la Tierra. Por otra parte, si bien el 92.3% de los participantes nomina correctamente las estaciones, es importante hacer notar que sólo el 57.6% de ellos son capaces de explicar el cambio de estación haciendo referencia a un proceso, sean cambios en el clima, intensidad solar o movimientos del Sol y/o la Tierra.

Con el fin de especificar de mejor manera las respuestas de los participantes, la pregunta 35 (“¿Sabes por qué se cambia de una estación a otra; por ejemplo, del invierno a la primavera?”) exploró el cambio de una estación a otra (véase Tabla 10). En esta pregunta se lograron identificar 5 niveles de respuesta:

1. *No sé y actividades relacionadas con la estación.*- Este nivel comprende a los niños que no pudieron dar ninguna explicación o sus respuestas tienen que ver con ciertas

actividades. Ej. “para el cultivo”; “para que salgan flores”; “para que llegue la navidad” etc.

2. *Por cambios en el clima (calor o frío).*- A este nivel corresponden respuestas del tipo “Por que llega el calor”; “Para que haga más frío”.
3. *Por cambios en la intensidad del Sol.* El Sol es elemento principal en este nivel de respuesta. En este caso, sube o baja su intensidad para que se lleve a cabo el cambio de estación.
4. *Por movimientos del Sol.*- Este nivel agrupa las respuestas que implican algún tipo de movimiento del Sol para explicar las estaciones.
5. *Por movimientos de la Tierra.*- Este nivel agrupa las respuestas que implican algún tipo de movimiento de la Tierra para explicar las estaciones.

Tabla 10.

Porcentaje de respuesta por grupo a la pregunta: ¿Sabes por qué se cambia de una estación a otra?

Grupo	No sé; Actividades llevadas a cabo en la estación	Por cambios en el clima	Cambio de intensidad en el Sol	Movimiento del Sol	Movimiento de la Tierra	Total
G1	5 (55.5%)	-	1 (11.1%)	1 (11.1%)	2 (22.2%)	9
G2	6 (66.6%)	-	1 (11.1%)	-	2 (22.2%)	9
G3	3 (37.5%)	-	-	-	5 (62%)	8
Total	14 (53.8%)	-	2 (7.6%)	1 (3.8%)	9 (34.6%)	26

La Tabla 10 indica que más de la mitad de los participantes (53.8%) desconoce la razón del cambio de estaciones. Pero, de manera sustancial, el 34.6% de ellos suponen que es debido al “Movimiento de la Tierra”. Asimismo, comparativamente, este 34.6% es muy superior al encontrado en la Tabla 7 respecto de los movimientos del Sol y la Tierra (7.6%).

Para la pregunta 36, mostrándole al niño un globo terráqueo, se le dijo que en ese momento en México era primavera y, señalándole cuatro países (Guatemala, Filipinas, Rusia y Groenlandia) se le preguntó por cada uno de ellos: “¿En este país también es primavera?”. Las respuestas dadas a esta pregunta son bastante azarosas; es decir, decían que Rusia estaba en otoño y Guatemala en invierno, pero sin poder dar ningún tipo de explicación, o bien, algunas respuestas mencionaban que todos los países estaban en la misma estación. Sin embargo, es interesante notar que algunos de los niños explicaban la diferencia de estaciones basándose en una diferencia en el tiempo, por ejemplo:

(Tercero, 9; 01 años) **Estados Unidos está en invierno porque es una estación atrás, porque nosotros estamos adelantados de hora y de estación...”.**

(Primero, 7; 4 años) **“Italia está en una estación diferente... porque hay horas y meses atrasados, ellos están en diciembre”**

Asimismo, ante la pregunta: “¿Por qué hace más **calor** en algunas épocas del año?”, puede observarse (véase Tabla 11) que mientras el 38.4% cree que el calor es “causado” por las

estaciones mismas, el 34.6% dice que la causa de ello es la distancia existente entre la Tierra y el Sol.

Para las preguntas “¿Por qué hace más **calor** en algunas épocas del año?” y “¿Por qué hace más **frío** en algunas épocas del año?”. Se identificaron tres niveles de respuesta:

1. *No sé.*- No pueden dar ningún tipo de respuesta a la pregunta.
2. *Por las estaciones.*- El calor o frío está relacionado con la estación determinada. Hace calor porque es primavera o hace frío porque es invierno.
3. *Por la distancia que existe entre el Sol y la Tierra.*- Este nivel implica la distancia, el Sol está más cerca de la Tierra y hace más calor o está más lejos y por eso hace frío.

Tabla 11.

¿Por qué hace más calor en algunas épocas del año?

Grupo	No sé	Por las estaciones	Distancia entre la Tierra y el Sol	Total
G1	3 (33.3%)	3 (33.3%)	3 (33.3%)	9
G2	1 (11.1%)	6 (66.6%)	2 (22.2%)	9
G3	3 (37.5%)	1 (12.5%)	4 (50%)	8
Total	7 (26.9%)	10 (38.4%)	9 (34.6%)	26

Por otra parte, los resultados obtenidos en la pregunta: “¿Por qué hace más **frío** en algunas épocas del año?” (Tabla 12), no parecen diferir de los encontrados en la pregunta anterior. Es decir, los datos de las Tablas 11 y 12 muestran que, aun con ciertos cambios en los porcentajes por grupo, no existen diferencias en las explicaciones acerca de la temperatura (frío o calor) que

hace en una determinado época del año. De todos los participantes, solamente un tercio de ellos, en ambos casos, supone que se debe a una mayor o menor distancia del Sol respecto de la Tierra.

Tabla 13.

Porcentaje de respuesta a la pregunta: ¿Por qué hace más frío en algunas épocas del año?

Grupo	No sé	Por las estaciones	Distancia entre la Tierra y el Sol	Total
G1	2 (22.2%)	4 (44.4%)	3 (33.3%)	9
G2	1 (11.1%)	5 (55.5%)	3 (33.3%)	9
G3	2 (25%)	4 (50%)	2 (25%)	8
Total	5 (19.2%)	13 (50%)	8 (30.7%)	26

3.4.3. Los modelos del Sistema Solar

A partir de los resultados y de las categorías establecidas en la primera parte de los resultados se construyeron una serie de grupos que representan las diferentes explicaciones que dan los sujetos a las preguntas que se les aplicaron. Dichos modelos se construyeron a partir de un análisis por conglomerados de las preguntas relacionadas con el movimiento y las diferentes temáticas abordadas en la entrevista correspondiente. El objetivo de dicho análisis fue agrupar a los sujetos participantes a partir de las respuestas dadas en las entrevistas. Esta estrategia nos permitió identificar el tipo de modelos que los niños construyen a lo largo de la primaria y con ella tratar de clarificar la secuencia de construcción. A partir de dicho análisis obtuvimos seis modelos. A continuación se presentan cada uno de los modelos identificados, su descripción, la gráfica del promedio de respuesta y el dibujo que consideramos lo representa. Los modelos se presentan en

orden de menor a mayor complejidad. Para dicha asignación se hizo una primera distribución que posteriormente fue corroborada por dos jueces³.

MODELO 1

El 15.3% de la población entrevistada se ubica en este grupo. En este grupo, el Sistema Solar contempla únicamente al Sol y el dibujo que lo representa es el geocéntrico, es decir, la Tierra se encuentra en el centro⁴. En la primera descripción del movimiento, la Tierra, el Sol y la Luna se mueven hacia arriba y hacia abajo (la descripción fue hecha de manera verbal), mientras que los planetas no tienen ningún tipo de movimiento (ver Figuras 1 y 2).

En el contexto de la explicación del ciclo día/noche, la desaparición del sol durante el día es explicada en su mayor parte por su movimiento, mientras que para la Luna se recurre a la oclusión, la tapan las nubes o las montañas. Respecto de las estrellas, estas no se ven durante el día porque se mueven.

La demostración del movimiento de los astros con esferas muestra que la Tierra conserva su movimiento arriba-abajo, mientras que ahora el Sol y la Luna se mantienen estáticos.

³ A cada juez se le entregó una descripción detallada una copia de los modelos obtenidos, posteriormente se le pidió que los colocara por orden de menor a mayor complejidad. No se observó desacuerdo en la distribución realizadas por ambos jueces. Cabe mencionar que la formación académica de los jueces es de físicos con estudios de posgrado en pedagogía.

⁴ La elección del dibujo corresponde a una de las preguntas del cuestionario, los ejemplos se pueden ver en el anexo 1.

Los niños que se agrupan dentro de este modelo pueden nombrar de 4 a 6 planetas correctamente.

La explicación de las estaciones del año está en relación con las actividades realizadas en las diferentes temporadas; por ejemplo, cambiamos de una estación a otra para que cambie el clima, para la cosecha, para que caigan las hojas, etc. Otra explicación es el cambio en la intensidad del Sol: hace más frío porque hace menos Sol, hace más calor porque está más fuerte el Sol. No se hace ninguna referencia a movimientos, o distancias, entre el Sol y la Tierra. En la Figura 1 se muestra la representación gráfica que muestra cada uno de los rubros descritos anteriormente. En la Figura 2 se observa el promedio de respuesta para este modelo.

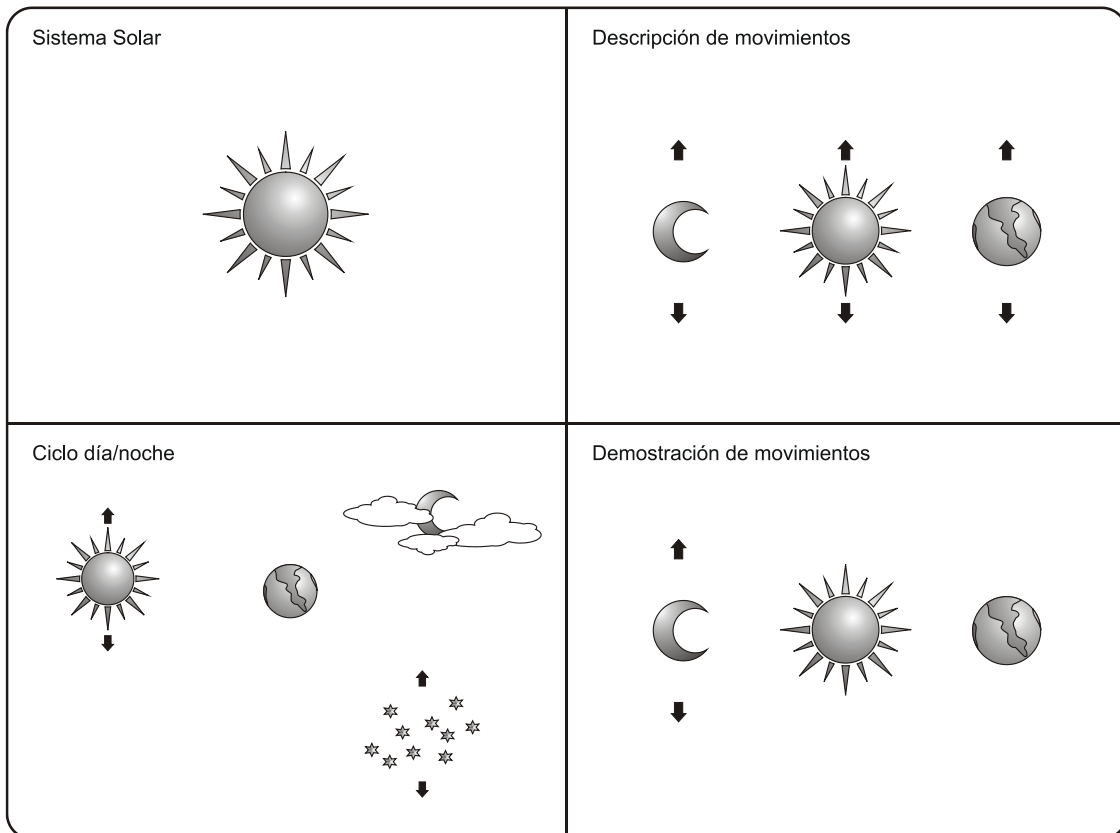


Figura 1. Representación gráfica del Modelo 1.

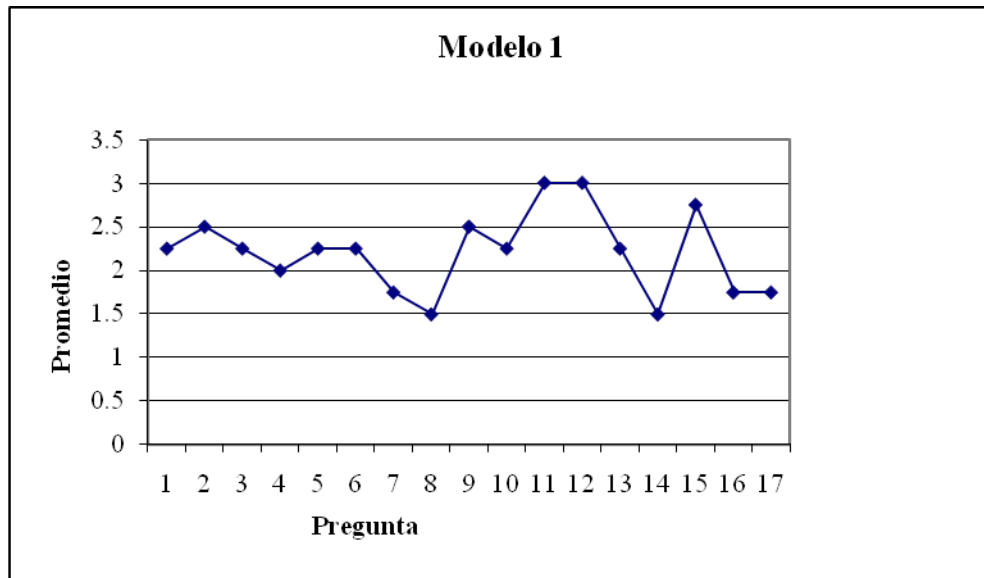


Figura 2. Promedio de respuesta para el Modelo 1.

MODELO 2

El 15.38% de los participantes corresponde al modelo que define el Sistema Solar como el Sol, la Tierra y la Luna. El dibujo elegido es el heliocéntrico. El movimiento que realizan la Tierra y la Luna es de arriba y abajo, mientras que el Sol se mantiene estático (ver Figuras 3 y 4).

En el contexto del ciclo día noche, la desaparición del Sol durante la noche y de la Luna durante el día se explica en función de los movimientos que la Tierra realiza. Las estrellas no se pueden observar durante el día porque son tapadas por algo, por ejemplo, las nubes.

En la demostración de este movimiento, con ayuda de esferas, se observa que la Tierra realiza movimiento de traslación, el Sol no se mueve y la Luna gira en su mismo lugar; es decir, su

movimiento es de rotación. En este caso los planetas se mueven pero se incorpora el elemento de las distancia entre ellos y las órbitas, las cuales son definidas como caminos por donde transitan.

La explicación de las estaciones se da en función de los cambios en el clima, y la explicación del calor o frío en determinadas épocas del año se realiza en función de una determinada estación; es decir, hace frío porque estamos en invierno, o hace calor porque es primavera o verano.

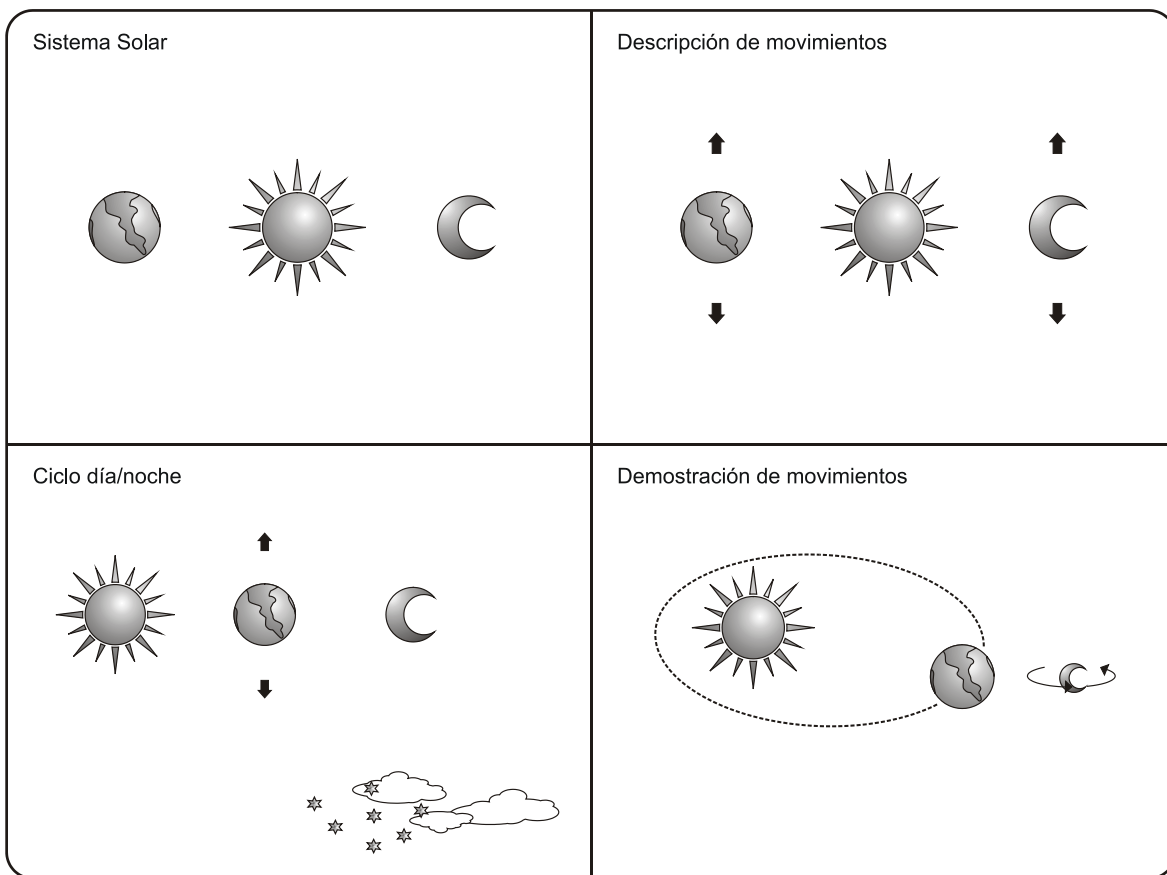


Figura 3. Representación gráfica del Modelo 2.

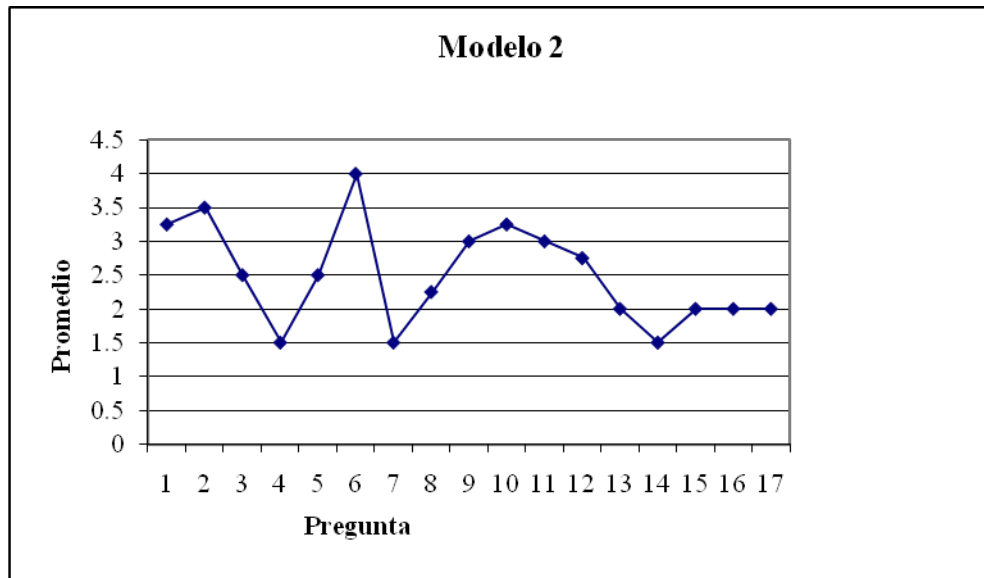


Figura 4. Promedio de respuesta para el Modelo 2.

MODELO 3

El Sistema Solar es la Tierra, el Sol y la Luna. El dibujo que representa la idea descrita es el heliocéntrico. El movimiento que realiza la Tierra es de rotación es decir, gira en su propio lugar o se mueve arriba-abajo, Sol se mantiene estático y la Luna se mueve de arriba-abajo. Estos movimientos corresponden a la descripción verbal.

Dentro de la explicación del ciclo día noche, se describe la desaparición del Sol por los movimientos que éste realiza, mientras que la desaparición de la Luna durante el día es explicada por sus movimientos que realiza o por la oclusión. Finalmente, las estrellas no se pueden ver durante el día porque el Sol es más brillante que ellas y las opaca.

En la demostración con esferas, se observa que la Tierra gira alrededor del Sol; es decir, tiene movimiento de traslación, mientras que la Luna solamente gira en su propio lugar y el Sol se mantiene estático. Los planetas se mantienen estáticos pero si se mueven lo hacen en su mismo lugar. En este modelo cae el 23.07% de la población analizada. En la figura 5 se puede observar la representación gráfica de las explicaciones encontradas.

Las estaciones del año cambian por el clima, por ejemplo, cambiamos de invierno a primavera porque hace calor. La explicación del calor o del frío en una estación determinada se debe a la estación en sí, es decir, hace frío porque es invierno o hace calor porque es primavera. En este modelo se nombran de 4 a 6 planetas correctamente.

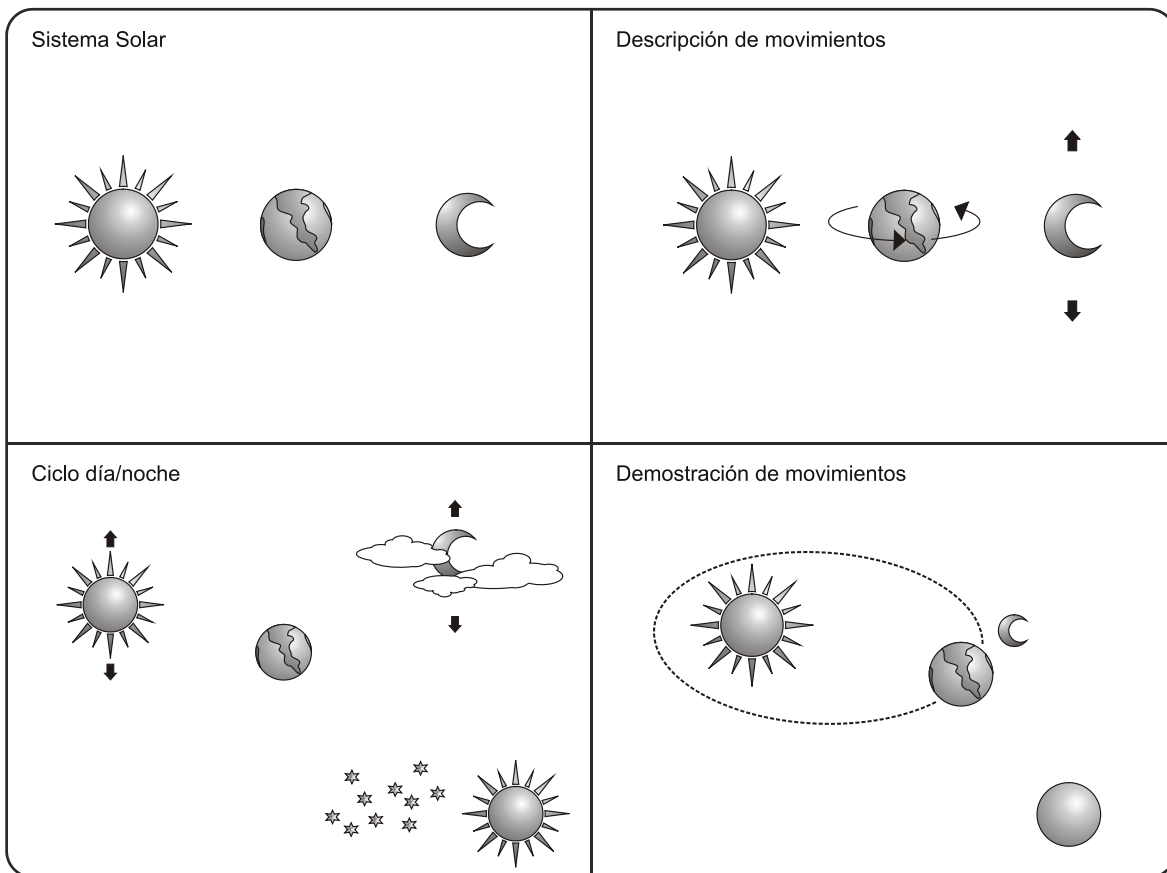


Figura 5. Representación gráfica del Modelo 3.

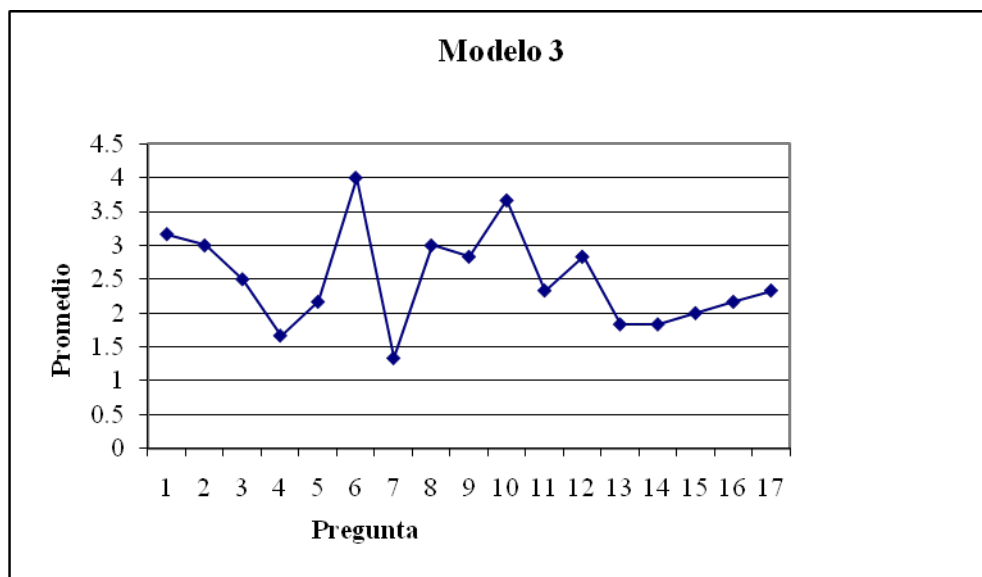


Figura 6. Promedio de respuesta para el Modelo 3.

MODELO 4

Los niños agrupados en este modelo consideran que el Sistema Solar es el Sol, la Luna y la Tierra. La elección del dibujo corresponde al heliocéntrico. En este caso, el movimiento que realiza la Tierra es arriba-abajo, mientras que el Sol y la Luna carecen de movimiento, es decir, se mantienen estáticos. El 29.9% de los participantes de la muestra total se ubica dentro de este modelo.

La desaparición del Sol durante el día se explica por oclusión, es decir, el Sol es tapado por algún objeto, por ejemplo, las nubes o las montañas, y lo mismo ocurre con la Luna. Las estrellas, en este caso, no se ven porque el Sol es más brillante (Figuras 7 y 8).

La demostración con esferas muestra que la Tierra realiza movimientos de rotación y traslación al igual que la Luna. El sol se mantiene girando en su mismo sitio.

Se pueden nombrar de 4 a 9 planetas correctamente. Pero, además de nombrarlos, se les otorga movimiento de rotación y se considera que existe amplia distancia entre ellos.

Las estaciones surgen por los cambios en el clima, y el cambio de una a otra estación es ocasionado por el movimiento del Sol. Sin embargo, la intensidad del calor o frío en determinadas épocas es una consecuencia de las estaciones.

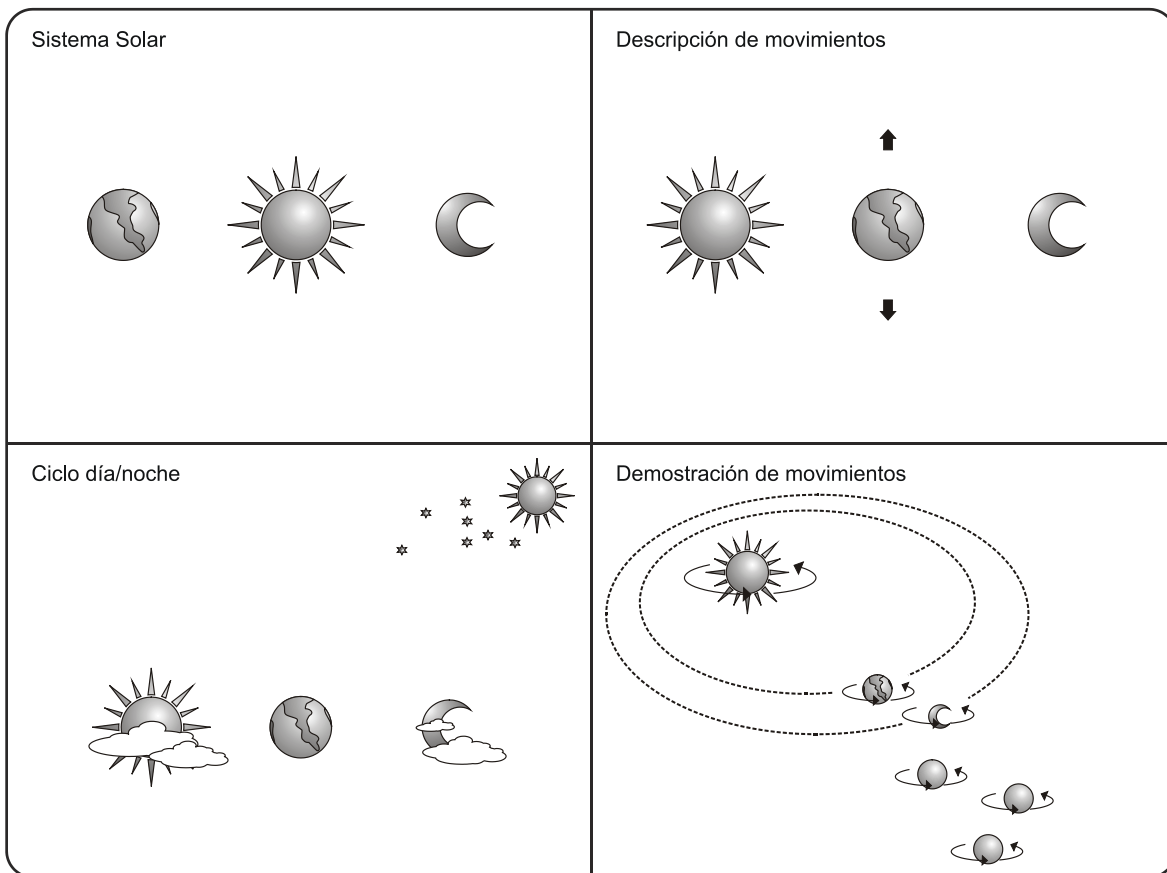


Figura 7. Representación gráfica para el Modelo 4.

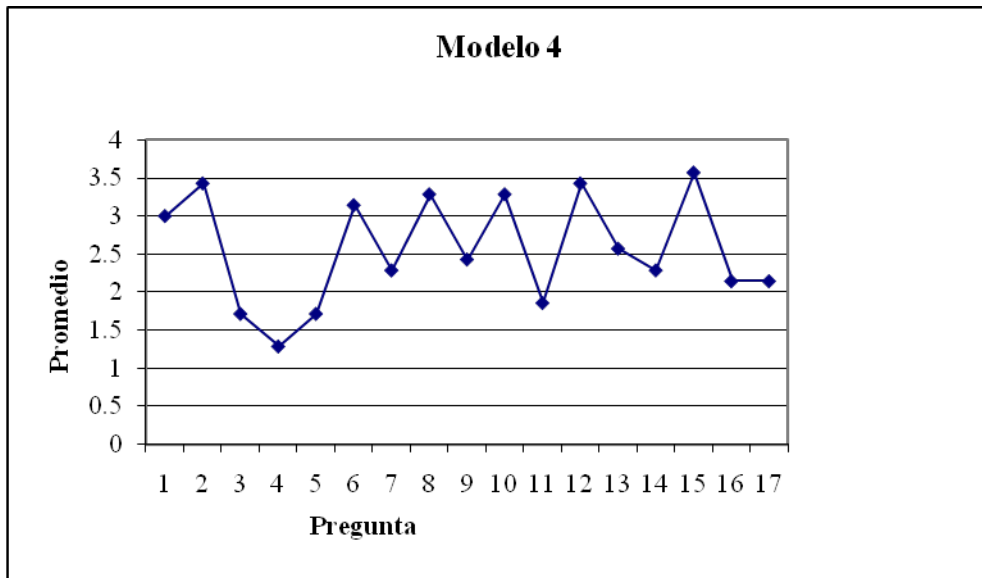


Figura 8. Promedio de respuesta para el Modelo 4.

MODELO 5

En este modelo se encuentra el 11.5% de los participantes. Se define al Sistema Solar como el grupo de planetas, se incluyen además el Sol, la Luna y las estrellas. El dibujo elegido que corresponde, es el heliocéntrico. La descripción del movimiento que realiza la Tierra es de rotación mientras que el Sol y la Luna se mantienen estáticos.

El Sol no se puede ver durante el día porque se mueve y con la Luna ocurre lo mismo, pero no se puede explicar lo que ocurre con las estrellas.

En la demostración con esferas se observa que la Tierra realiza movimientos de rotación y traslación, la Luna solamente realiza movimientos de rotación y el Sol se mantiene estático. Los planetas no se mueven y se hace referencia a las órbitas.

Se pueden nombrar de 4 a 6 planetas correctamente.

La existencia de las estaciones se debe a los movimientos de la Tierra y el Sol, y los cambios de intensidad en el frío o calor en determinadas épocas del año se explican por las estaciones. En la Figura 9 se puede observar la representación gráfica de las características de este modelo.

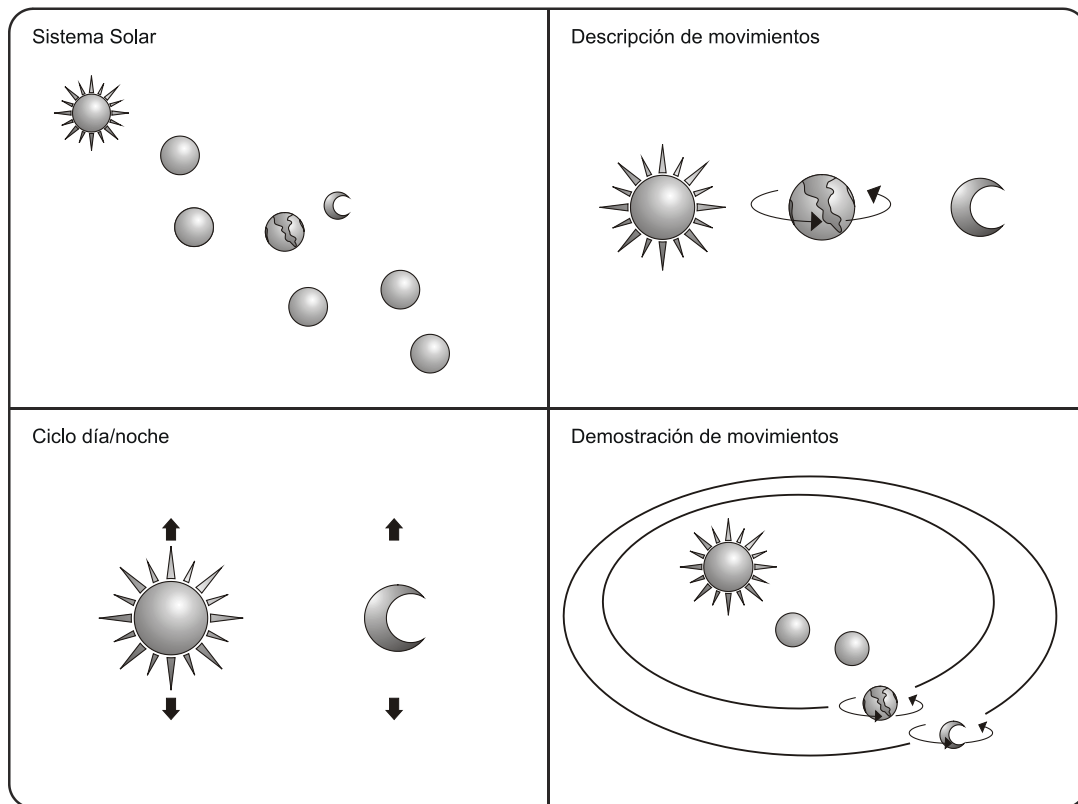


Figura 9. Representación gráfica del Modelo 5.

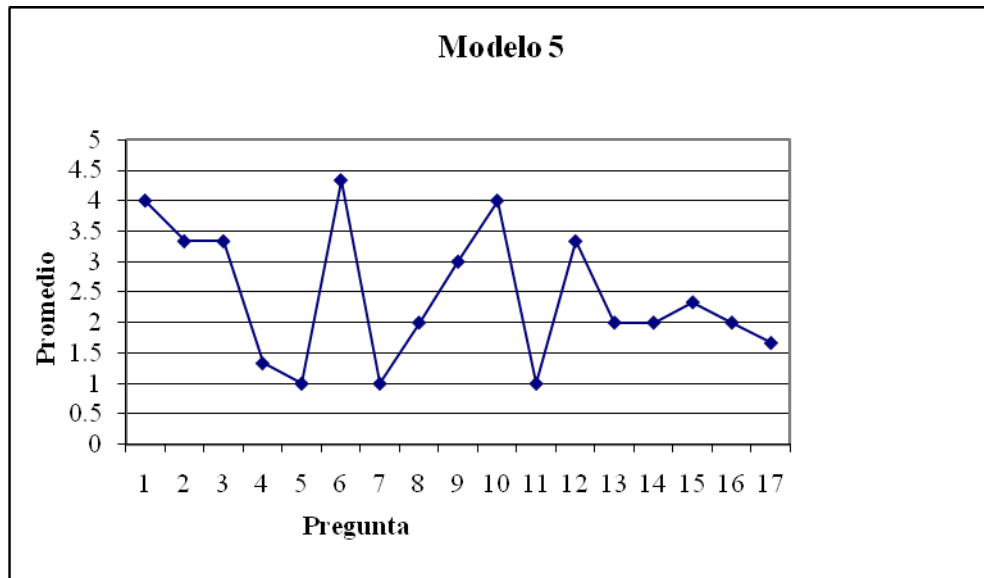


Figura 10. Promedio de respuesta para el modelo 5.

MODELO 6

El 7.69% de los participantes caen dentro de este modelo. En este caso la definición del Sistema Solar incluye el conjunto de planetas, el Sol, la Tierra y la Luna. El dibujo elegido es el heliocéntrico. La descripción verbal de los movimientos de la Tierra son de arriba hacia abajo, la Luna hace lo mismo mientras que el Sol se mantiene estático. Estos movimientos se describen verbalmente, sin tener ninguna esfera.

En este modelo se explica que el Sol no se ve durante el día debido al movimiento o la oclusión. Lo mismo ocurre en el caso de la Luna. Las estrellas no se pueden ver debido a la luminosidad, es decir, la luz que irradia el Sol no permite que las estrellas se vean.

En la demostración con esferas de ese movimiento, la Tierra se traslada alrededor del sol y gira en su mismo lugar, la Luna hace lo mismo que la Tierra es decir, tiene movimientos de rotación y traslación. El Sol gira en su lugar o se mueve de arriba hacia abajo. Los planetas no se mueven o giran en su lugar.

En este grupo se pueden identificar de 4 a 6 planetas correctamente.

Asimismo, la explicación de la existencia de las diferentes estaciones del año tiene que ver con el clima o con la intensidad del sol, mientras que el frío o calor, en algunas épocas del año, se explica por la distancia entre el Sol y la Tierra (ver figura 11).

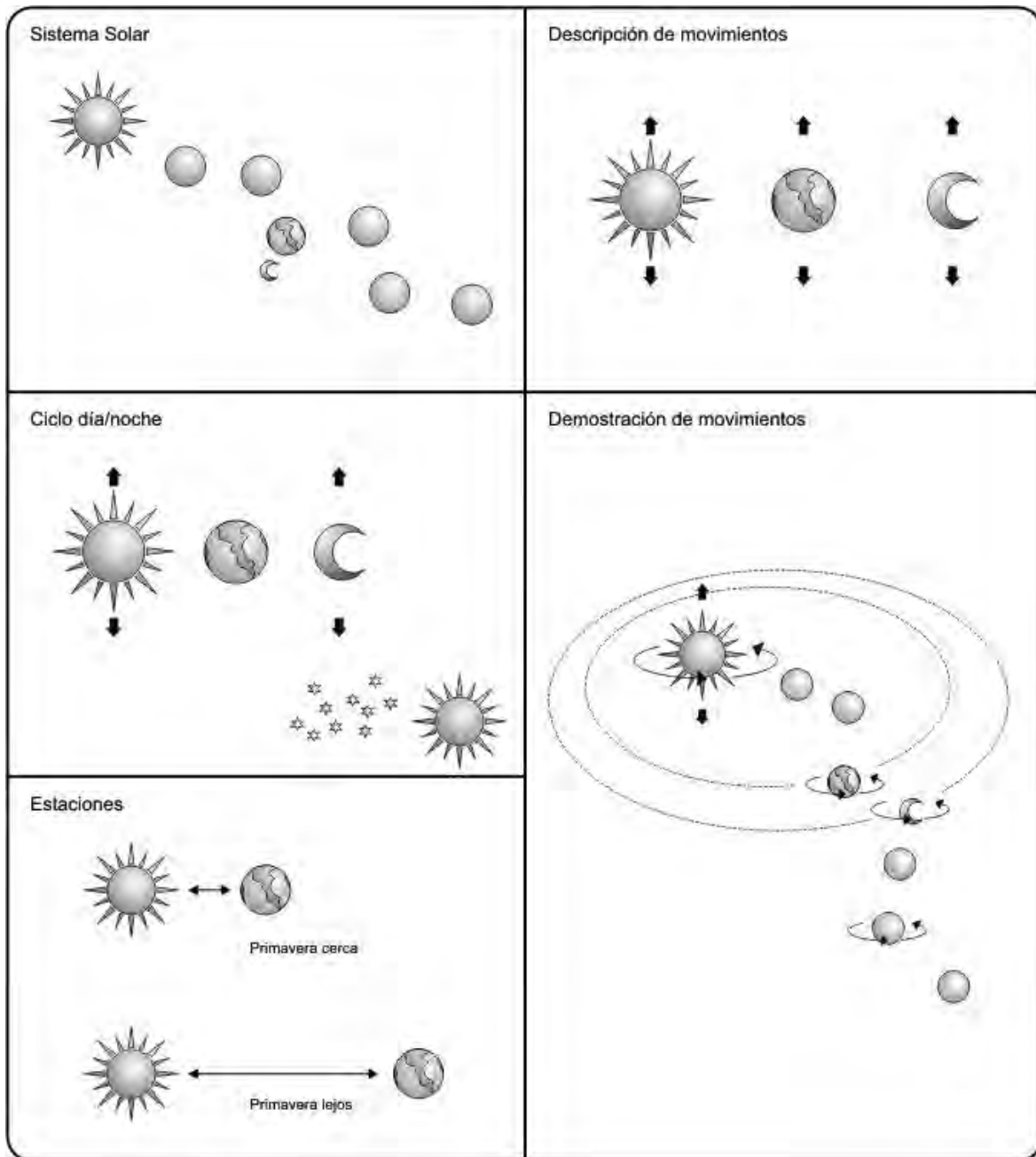


Figura 11. Representación gráfica del Modelos 6.

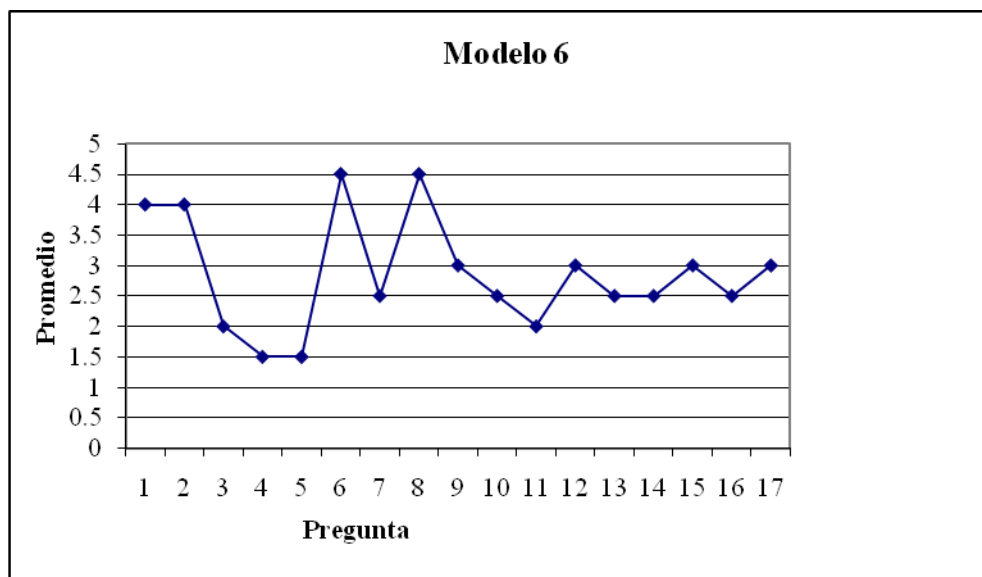


Figura 12. Promedio de respuesta para el modelo 6.

3.4.4. Discusión

Es importante identificar que los niños utilizan una gran variedad de modelos independientemente del grado que cursen y, en este caso, el grado que cursen no implica necesariamente mayor o menor complejidad (ver Tabla 12). Por ejemplo, los niños del grupo 1 utilizan los modelos 4, 5 y 6 que podrían identificarse como más complejos, que los que utilizan los niños del grupo 3. En otras palabras, para los niños de primer grado el Sistema Solar involucra más de tres elementos, el ciclo día noche hace referencia a los movimientos, la demostración de los movimientos se observa movilidad en todos los elementos involucrados y hace referencia a movimientos de rotación y traslación. Mientras que los niños de sexto utilizan los modelos 1 y 2, lo cual obviamente representa menor complejidad. En este caso, el Sistema Solar comprende menos de tres elementos. El ciclo día noche se explica por movimientos pero

también por oclusión de los astros. Los movimientos, en su mayoría, son del tipo arriba y abajo y, asimismo, no se hace referencia a movimientos de planetas.

Tabla 12.

Porcentaje de alumnos por modelo y grupo

Grupo	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Total
1	1(11%)	3(33%)	1(11%)	2(22%)	1(11%)	1(11%)	9
2	1(11%)	1(11%)	3(33%)	2(22.2%)	1(11.1%)	1(11.1%)	8
3	2(25%)	–	2(25%)	3(37.5%)	1(12.5%)	–	8
Total	4 (15.3%)	4(15.3%)	6(23%)	7(26.9%)	3(11.5%)	2(7.6%)	26

Un primer análisis de los resultados de este estudio indica que las ideas de los niños acerca del Sistema Solar, en general, y sobre la dinámica de los elementos que lo componen, en particular, parecen cambiar a medida que son expuestos a la información tanto formal como informal. Es decir, es altamente probable que mucho del conocimiento que poseen nuestros participantes provenga de la información aportada por los profesores, los libros o por otros medios: conocer los nombres de los planetas o sus respectivas posiciones en el sistema solar, etc. Sin embargo, unido a este conocimiento parece encontrarse aquel que deviene de las experiencias de los niños y que incorporan a los objetos astronómicos; por ejemplo, con independencia de la nominación correcta del planeta en cuestión, asumen que un planeta es más “caliente” o más “frío” si éste se encuentra, respectivamente, más cerca o lejos del Sol. Los resultados también indican que los niños utilizan una variedad de modelos que representa las diferentes formas de explicarse un determinado fenómeno.

A diferencia de los primeros estudios sobre el tema (Mali y Howe, 1979; Nussbaum, 1979), en nuestros datos puede observarse que la mayoría de los participantes estudiados identifican y definen el planeta Tierra como un objeto redondo, no plano. No obstante, dado que para el 42.3% de ellos la gente habita únicamente en la parte superior del planeta (polo norte), esto quizás indique que el “modelo” de la tierra que sostienen más bien posee características de “Tierra plana”. Un modelo diferente quizás se alimente de otros rasgos. Por ejemplo, cuando se les preguntó por qué razón la gente que vive en Australia no se cae, más de la mitad de la muestra (53.8%) responde que es debido a la acción de la gravedad aunque sin definirla con precisión: como una fuerza que “jala” desde abajo, o igualmente como una fuerza pero que empuja desde arriba, también se concibe como una fuerza que está dentro de la tierra pero que no se puede explicar cómo funciona. Sería recomendable en futuras investigaciones indagar cuál es la idea de gravedad que los niños sostienen y cómo la aplican a los diferentes objetos que los rodean.

Por otra parte, las ideas de los niños respecto del “movimiento” de la Tierra, el Sol y la Luna no parecen ser un rasgo invariable, es decir, en algunos casos recurren a modelos que mantienen a la Luna y al Sol estáticos mientras que la Tierra es el elemento que se mueve. Sin embargo, cuando se les pide, utilizando esferas, que describan o expliquen la ocurrencia de un fenómeno concreto como el día y la noche o las estaciones del año, las respuestas de los niños cambian. A saber, las ideas de los niños parecen ir de movimientos simples arriba-abajo hacia movimientos orbitales que, no obstante, son particulares de uno de los elementos en cuestión (Sol, Luna o Tierra). En cierto sentido es como si pensarán en situaciones particulares y no en la dinámica global del Sistema Solar. Pero si piensan en éste, entonces, independientemente de que sus modelos sean geocéntricos o heliocéntricos, no les adjudican movimientos a los planetas, o bien, únicamente

les otorgan movimientos de rotación. Por tanto, sólo en apariencia sostienen una visión dinámica del Sistema, es decir, a pesar del movimiento de rotación el sistema en su conjunto se mantiene estático. Por ejemplo, las estrellas, concebidas como parte del sistema, se mantienen todo el tiempo estáticas. Si esto es así, podemos decir que la construcción de un modelo heliocéntrico es un proceso complejo y, por ello, los niños en este camino construyen una variedad de modelos intermedios que aplican (según la problemática planteada) antes de elaborar un modelo heliocéntrico consistente y coherente.

Por todo lo anterior, y con el objetivo de analizar de manera más profunda las ideas de los niños sobre aspectos específicos del Sistema Solar, se consideró necesario realizar un estudio adicional. En el estudio II, que se presenta a continuación, analizaremos con más detalle los aspectos relacionados con los movimientos y ubicación de los astros, además de poner especial énfasis el contenido, estructura, dinámica y organización del Sistema Solar.

3.5. ESTUDIO II

3.5.1. Método

Participantes

Se seleccionó una muestra de 39 niños y niñas; 13 de primer grado (7 niños y 6 niñas); 13 de tercer grado (7 niños y 6 niñas) y 13 de sexto grado (7 niños y 6 niñas), con un rango de edad de 6-12 años. Todos los participantes provenían de una escuela pública (SEP) ubicada en la zona oriente del Distrito Federal.

Materiales

Se aplicó una entrevista semiestructurada compuesta por 41 preguntas (ver Anexo 2). Dicha entrevista estuvo conformada por los siguientes temas:

1. *Planeta tierra*. Forma, movimientos, distancia con respecto a otros elementos y ubicación en el sistema solar.
2. *Luna*. Forma, movimientos, distancia con respecto a otros elementos y ubicación en el sistema solar.
3. *Sol*. Forma, movimientos, distancia con respecto a otros elementos y ubicación en el sistema solar.

4. *Planetas*. Formas, movimientos, distancia con respecto a otros elementos y ubicación en el sistema solar.
5. *Sistema Solar*. Contenido, estructura, dinámica, organización y reconocimiento.

Se utilizaron 90 esferas de unicel (se utilizaron 9 esferas de distintos tamaños, en cada caso se disponía de 10 ejemplares de cada uno de los tamaños disponibles⁵), una tabla forrada de fieltro negro que sirvió de base para el modelo que construyeron los niños y 6 dibujos del sistema solar (acéntrico, heliocéntrico y geocéntrico, con orbitas y heliocéntrico, acéntrico y geocéntrico sin órbitas, ver anexo 3).

Procedimiento

Se acudió a cada uno de los salones y se pidió a la profesora del grupo que seleccionara a uno de sus alumnos. Seleccionado el niño o la niña del grupo respectivo, se le conducía a un salón de clases facilitado por la dirección del plantel. Antes de empezar la entrevista, a cada niño o niña se le pedía su nombre y edad (la cual era corroborada posteriormente con su maestra) y se comenzaba a platicar con él a fin de distender la situación. En ese momento se consideró pertinente decirle que únicamente estábamos interesados en lo que él pensara o creyera acerca de las preguntas que se le iban a hacer; que no considerara dichas preguntas un examen y que todo lo que dijera no iba a influir en su calificación.

⁵ Se decidió tener este número de esferas para que los sujetos pudieran tener la oportunidad de elegir distintos tamaños para los elementos que componían su Sistema Solar, evitando así sugerir que existe una variedad de tamaños entre los elementos que conforman el sistema.

Los niños fueron entrevistados de manera individual durante aproximadamente 45 minutos. Con cada una de las preguntas se incitaba al niño, pero sin presionarlo, a que clarificara y/o ampliara sus respuestas. En este caso, el investigador le decía: “Podrías decirme algo más al respecto”, o se le pedía que repitiera la última parte de sus respuestas. Todo esto se hizo con el fin de que el niño proporcionara más información.

Todas las entrevistas fueron video-grabadas para su posterior transcripción. Asimismo, se tomaron notas de cada una de las respuestas de los niños.

3.5.2. Resultados

Las respuestas de los sujetos fueron agrupadas con base en cinco descriptores:

- a) *Definición*. Se refiere a lo que los niños piensan sobre el Sistema Solar; qué creen que es y qué elementos lo componen.
- b) *Representación con esferas*. Se refiere a la organización que realizan los niños con las esferas de unicel en una tabla, representando en este caso, el Sistema Solar.
- c) *Distancia*. Se refiere a la distancia que ponen entre cada uno de los elementos que integran el Sistema Solar y la explicación que dan a esa elección.
- d) *Movimientos*. Se refiere a la descripción que hacen del tipo de movimiento que realiza cada uno de los elementos que incluyeron dentro de su modelo.

- e) *Elección de dibujos*. Se refiere al dibujo que eligen y que identifican como el Sistema Solar, así como a la explicación de esa determinada elección⁶.

A partir de las respuestas de los sujetos, y al igual que en el Estudio I, se realizó un análisis por conglomerados con el propósito de identificar la diversidad de modelos que los sujetos construyen sobre el Sistema Solar. Dicho análisis nos permitió agrupar a los sujetos con respuestas semejantes y esto a su vez nos arrojó los diferentes modelos que los estudiantes construyen. En este caso, los modelos construidos representan la estructura del Sistema Solar, en específico los elementos que lo integran, la ubicación de esos elementos y sus respectivos movimientos.

3.5.2.1. Definición

Las respuestas a la pregunta ¿Sabes qué es el Sistema Solar? Se agruparon en 4 niveles de respuesta. Como podemos observar en la Tabla 11, el mayor porcentaje corresponde al último nivel (formación de planetas), es decir, los niños definen el Sistema Solar como un grupo de planetas y agregan otros elementos como las estrellas, asteroides y lunas en otros planetas.

⁶ A diferencia del Estudio I, en este caso se incluyeron dibujos que incluían órbitas y sin órbitas.

Tabla 1.

Porcentaje por grupo a la pregunta ¿Qué es el Sistema Solar?

Grupo	No sabe	El Sol	La Tierra, el Sol y la Luna	La formación de planetas	Total
Primero	9 (69.2%)	4 (30.7%)	–	–	13
Tercero	4 (30.7%)	3 (23%)	–	6 (46.1%)	13
Sexto	1 (7.6%)	1 (7.6%)	–	11 (84.6%)	13
Total	14 (35.8%)	8 (20.5%)	–	17 (43.5%)	39

3.5.2.2. Representación del Sistema Solar con esferas

En esta parte de la entrevistas les pedimos a los participantes que acomodaran las esferas para formar un modelo que se pareciera al Sistema Solar. De este modo, a partir de la forma en que los niños organizaron las esferas en la tabla, agrupamos las respuestas en 7 modelos diferentes.

M 1. No hay representación con esferas porque no sabe lo que es el Sistema Solar.

M 2. El Sol está ubicado en un extremo o en el centro de la tabla y sólo se agregan la Luna y la Tierra.

M 3. El Sol está ubicado en el centro y se agregan la Tierra, la Luna y algunos planetas.

M 4. El Sol está ubicado en el centro, y en el extremo inferior ubican los planetas sin definir líneas u órbitas.

M 5. El Sol se ubica en el centro y alrededor de él, formando un círculo se ubican los planetas.

M 6. El Sol se ubica en un extremo y, a partir de él, se ubican los planetas formando una línea recta.

M 7. El Sol está ubicado en un extremo de la tabla, y los planetas se encuentran ubicados definiendo órbitas específicas. La luna se ubica junto a la tierra.

Los porcentajes correspondientes a cada uno de esos modelos se presentan en la Tabla 2. Como puede observarse, la mayoría de los niños no puede elaborar un modelo del Sistema Solar con las esferas. Asimismo, podemos notar que los modelos más simples son elaborados por la mayoría de los niños de primer grado mientras que los más sofisticados los elaboran los niños de tercero y sexto grados.

Tabla 2.

Porcentaje por grupo para el modelo elaborado con esferas para representar el Sistema Solar.

Grupo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Total
1°	8 (61.5%)	4 (30.7%)	—	1 (7.6%)	—	—	—	13
3°	3 (23%)	1 (7.6%)	7 (53.8%)	1 (7.6%)	—	—	1 (7.6%)	13
6°	2 (15.3%)	1 (7.6%)	—	1 (7.6%)	1 (7.6%)	6 (46.1%)	2 (15.3%)	13
Total	13 (3.3%)	6 (15.3%)	7 (17.9%)	3 (7.6%)	1(2.5%)	6 (15.3%)	3 (7.6%)	39

Nota: M1-M7, se refiere al modelo representado con las esferas de unicel.

3.5.2.3. Distancia

Las respuestas a las preguntas que indagaron las ideas de los niños sobre la distancia relativa del Sol y la Luna respecto de la tierra son presentadas en la Tabla. 3.

Tabla 3.

Porcentaje por grupo de la distancia del Sol y la Luna respecto de la Tierra.

Grupo	No sé	Lejos	Cerca	Total
Sol de la tierra				
Primero	3 (23%)	3 (23%)	7 (53.8%)	13
Tercero	–	12(92.3%)	1(7.6%)	13
Sexto	2 (15.3%)	4 (30.7%)	7 (53.8%)	13
Total	5 (12.8%)	19 (48.7%)	15 (38.4%)	39
Luna de la tierra				
Primero	5 (38.4%)	5 (38.4%)	3 (23%)	13
Tercero	1(7.6%)	10 (76.9%)	2(15.3%)	13
Sexto	3 (23%)	3 (23%)	7 (53.8%)	13
Total	9 (23%)	18 (46.1%)	12 (30.7%)	39

Los niños de los tres grados suponen que tanto la Luna como el Sol están alejados de la Tierra y para ello dan varias explicaciones. Por ejemplo, el Sol está lejos de la Tierra porque si estuviera cerca todo se quemaría o nos moriríamos (43.5%); haría mucho calor (10.2%). Los que opinan que el Sol está cerca dicen que si éste estuviera lejos: no se vería (7.6%) o haría mucho frío (2.5%), los demás participantes no saben cómo explicarlo. En el caso de la Luna, los participantes opinan que la Luna está lejos porque si estuviera cerca de la Tierra alumbraría toda la noche (12.8%); pero si la Luna estuviera lejos de la Tierra, haría mucho frío (7.6%). El resto de los sujetos no pueden dar una explicación sólo un participante del segundo grado dijo que tanto el Sol como la Luna están cerca y lejos. Es decir, en el día el Sol está cerca y en la noche

está lejos, por eso no lo podemos ver. Mientras que en la noche la Luna está cerca y en el día lejos.

3.5.2.4. *Movimientos*

En la Tabla 4 presentamos los resultados referentes al movimiento que los sujetos otorgan a la Tierra, el Sol, la Luna y los Planetas. En ésta, el mayor porcentaje para el movimiento que se le otorga a la tierra corresponde al nivel *rotación*, es decir, los participantes opinan que la Tierra únicamente gira en su lugar. El Sol, para la mayoría de los niños, no tiene ningún tipo de movimiento (56.4%) y la Luna comparte esta misma característica. Asimismo, el 46.1% de los participantes opina que no se mueve. Finalmente, para la mayoría de los niños los planetas tampoco se mueven.

Tabla 4.

Porcentajes por grupo en el reporte de de movimientos del Sol, Tierra, Luna y Planetas.

	No- movimiento	Arriba- abajo	Rotación	Traslación	Ambos	Total
Tierra						
Primero	10 (76.9%)	–	2 (15.3%)	1 (7.6%)	–	13
Tercero	3 (23%)	1 (7.6%)	9 (69.2%)	–	–	13
Sexto	1 (7.6%)	1 (7.6%)	5 (38.4%)	–	6 (46.1%)	13
Total	14 (35.8%)	2 (5.1%)	16 (41%)	1(2.5%)	6 (15.3%)	39
Sol						
Primero	6 (46.1%)	6 (46.1%)	–	1 (7.6%)	–	13
Tercero	9 (69.2%)	3 (23%)	1 (7.69%)	–	–	13
Sexto	7 (53.8%)	1 (7.69%)	3 (23%)	2 (15.3%)	–	13
Total	22 (56.4%)	10 (25.6%)	4 (10.2%)	3 (7.6%)	–	39
Luna						
Primero	5 (38.4%)	8 (61.5%)	–	–	–	13
Tercero	8 (61.5%)	3 (23%)	1 (7.6%)	1 (7.6%)	–	13
Sexto	5 (38.4%)	1 (7.6%)	2 (15.3%)	4 (30.7%)	1 (7.6%)	13
Total	18 (46.1%)	12 30.7%)	3 (7.6%)	5 (12.8%)	1(2.5%)	39
Planetas						
Primero	12 (92.3%)	–	–	1 (7.6%)	–	13
Tercero	1 (7.6%)	2 (15.3%)	2 (15.3%)	–	–	13
Sexto	5 (38.46%)	1 (7.6%)	1 (7.6%)	3 (23%)	3 (23%)	13
Total	18 (46.1%)	3 (7.6%)	3 (7.6%)	4 (10.2%)	3 (7.6%)	39

3.5.2.5. Elección de dibujos

Finalmente, para concluir con la entrevista, se les pidió a los niños que eligieran el dibujo que desde su punto de vista representara el Sistema Solar pidiéndoles, asimismo, una explicación de dicha elección. Como podemos ver, en el caso de los dibujos que tienen órbitas, el 30.7% eligió el modelo geocéntrico, mientras que en el caso de los dibujos sin órbitas, el 35.8% eligió el modelo acéntrico.

Tabla 5a.

Porcentaje de elección del dibujo que representa al Sistema Solar con órbitas

Grupos	No sé	Heliocéntrico	Acéntrico	Geocéntrico	Total
Primero	6 (46.1%)	1 (7.6%)	4 (30.7%)	2 (15.3%)	13
Tercero	1 (7.6%)	2 (15.3%)	2(15.3%)	8 (61.5%)	13
Sexto	–	6 (46.1%)	5 (38.4%)	2 (15.3%)	13
Total	7 (17.9%)	9 (23%)	11(28.2%)	12 (30.7%)	39

Tabla 5b: Porcentaje de elección del dibujo que representa al Sistema Solar sin órbitas

Grupos	No sé	Heliocéntrico	Acéntrico	Geocéntrico	Total
Primero	9 (23%)	2 (15.3%)	2 (15.3%)	–	13
Tercero	2 (15.3%)	4 (30.7%)	6 (46.1%)	1 (7.6%)	13
Sexto	–	4 (30.7%)	6 (46.1%)	3 (23%)	13
Total	11 (28.2%)	10 (25.6%)	14 (35.8%)	4 (10.2%)	39

Las explicaciones que dan los niños a su elección varían dependiendo del grado que cursan. En primer grado, el 76.9% no sabe, y sólo el 23% opina que es porque el Sol está en el centro. En tercer grado el 61.5% no sabe, el 30.7% dice que es porque el Sol está en medio, mientras que el 30.7% dice que es porque la Tierra debe estar en medio. Finalmente, los niños de sexto grado explican su elección de la siguiente forma, el 46.1% no sabe y el 53.8% dice que es porque que Sol está en el centro del sistema.

3.5.3. Los modelos del Sistema Solar

A partir de las diferentes explicaciones dadas por los sujetos se realizó un análisis por conglomerados para agrupar las respuestas y de esta forma tratar de identificar los diferentes modelos que utilizan los sujetos entrevistados respecto del Sistema Solar. En total se identificaron 6 grupos que se describen a continuación. En cada caso se muestra la representación gráfica que corresponde al modelo y la gráfica del promedio de respuesta. Los grupos se presentan en orden de menor a mayor complejidad⁷.

MODELO 1

Los participantes pertenecientes a este modelo (28.2%) no pueden definir qué es el Sistema Solar, no logran hacer un modelo con esferas, o dicho modelo sólo incluye al Sol, la Luna y la Tierra (ver Figura 2). Tanto la Luna como el Sol se encuentran lejos de la Tierra y no se le otorga

⁷ Como en el Estudio I, los grupos obtenidos fueron organizados en orden de menor a mayor complejidad por dos jueces independientes.

movimiento a ninguno de los elementos, todos se encuentran estáticos. No pueden elegir ningún dibujo.

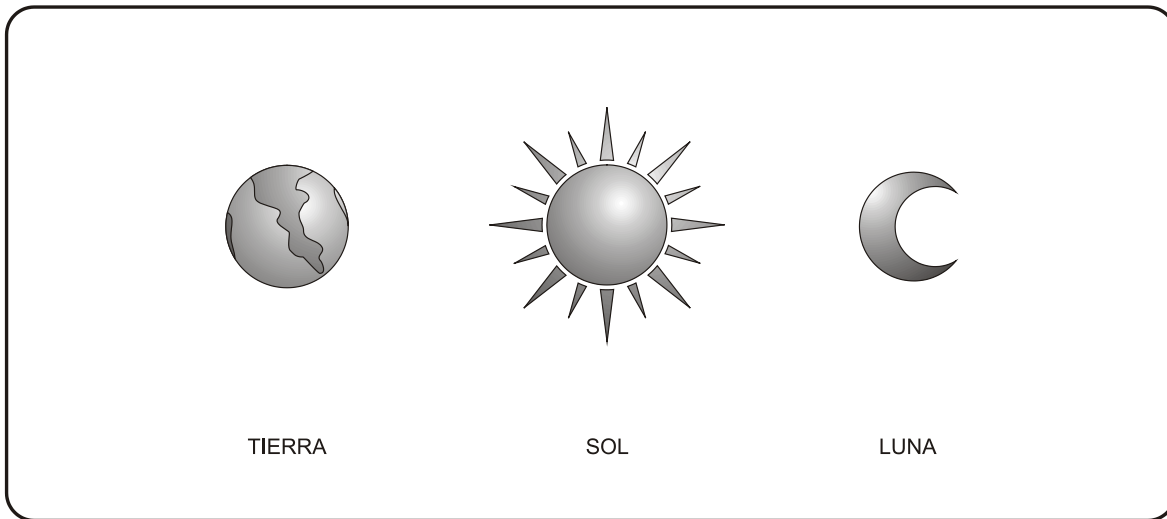


Figura 1. Modelo 1, representación del Sistema Solar.

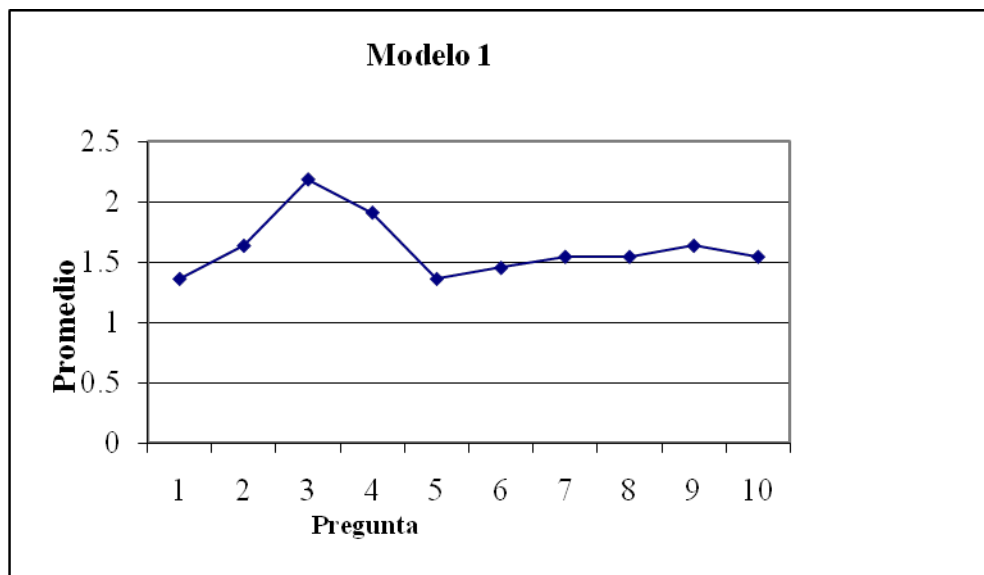


Figura 2. Promedio de respuesta para el Modelo 1

MODELO 2

El 7.69% de los participantes no puede definir qué es el Sistema Solar. La representación elaborada con esferas incluye al Sol ubicado en un extremo y se agrega a la Luna y a la Tierra. La distancia del Sol y la Luna con respecto a la Tierra se define como cercana en algunas ocasiones y lejana en otras, sin hacer referencia a ningún tipo de movimiento.

A la Tierra no se le otorga ningún tipo de movimiento, se encuentra estática todo el tiempo, el Sol se mueve de arriba hacia abajo y la luna hace lo mismo y los planetas se encuentran estáticos (ver Figura 3).

La elección del dibujo corresponde al geocéntrico, o acéntrico cuando tiene órbitas, sin embargo, cuando no se incluyen las órbitas no se puede elegir alguna de las opciones.

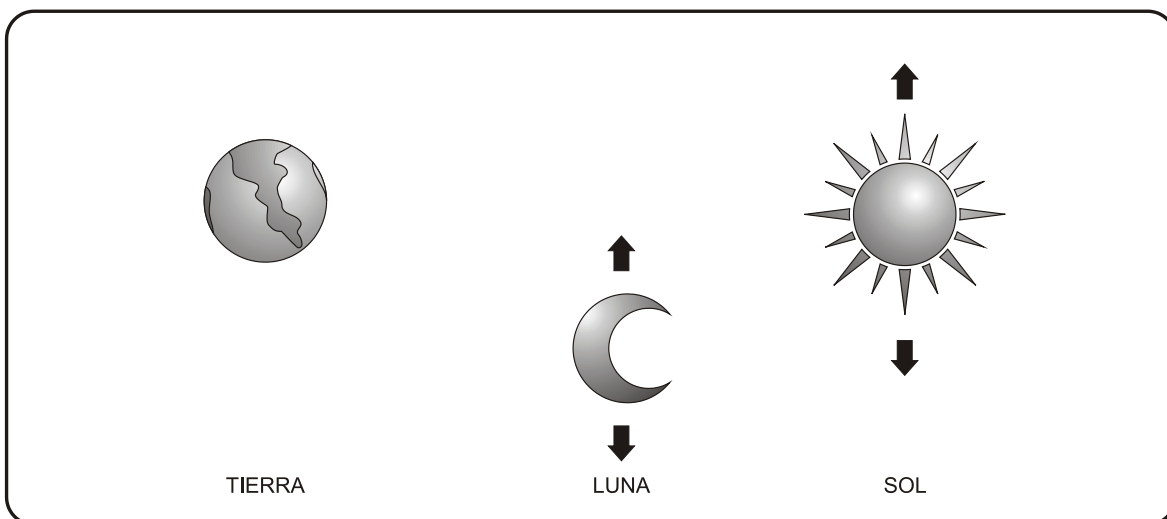


Figura 3. Modelo 2, representación del Sistema Solar.

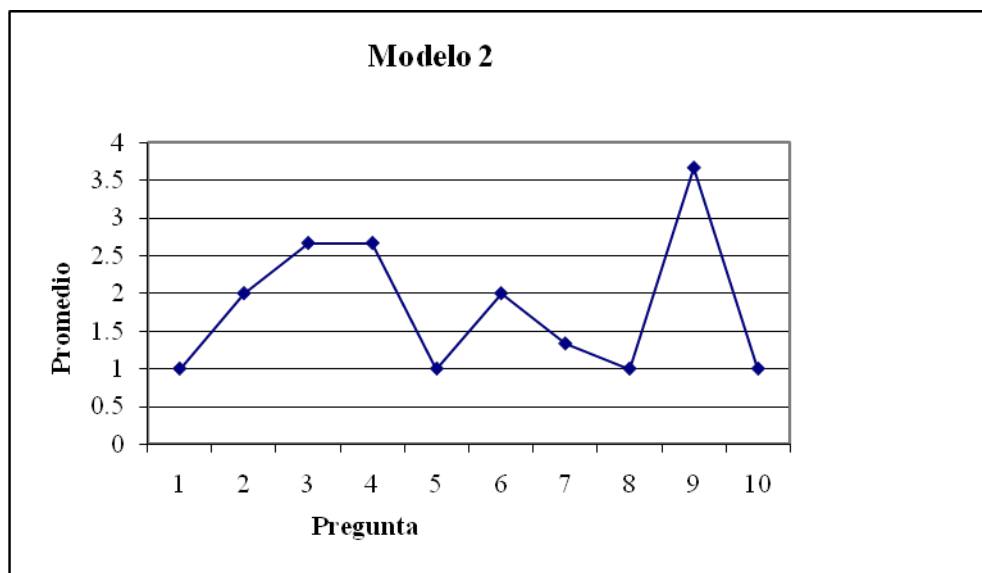


Figura 4. Promedio de respuesta para el Modelo 2

MODELO 3

El 23.07% de los participantes que sostienen este modelo consideran que el Sistema Solar es únicamente el Sol y no se toman en cuenta otros componentes. La representación con esferas únicamente contempla al Sol, que de un lado tiene a la Tierra y del otro la Luna. En este caso, tanto el Sol como la Luna se encuentran lejos de la Tierra.

Respecto del movimiento, la Tierra gira en su propio lugar o se mueve arriba y abajo. Y tanto la Luna como el Sol no se mueven y, cuando lo hacen, es con un movimiento abajo-arriba.

Cuando el dibujo presentado tiene órbitas los sujetos eligen como representación del Sistema Solar el acéntrico o geocéntrico, sin embargo, cuando el dibujo no tiene orbitas se elige el heliocéntrico o al acéntrico.

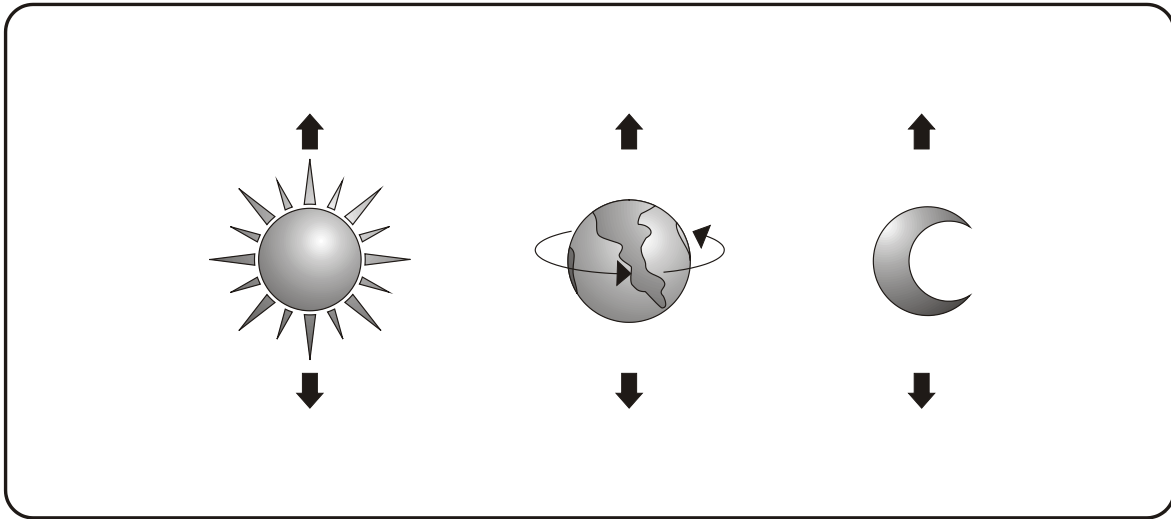


Figura 5. Modelo 3, representación del Sistema Solar.

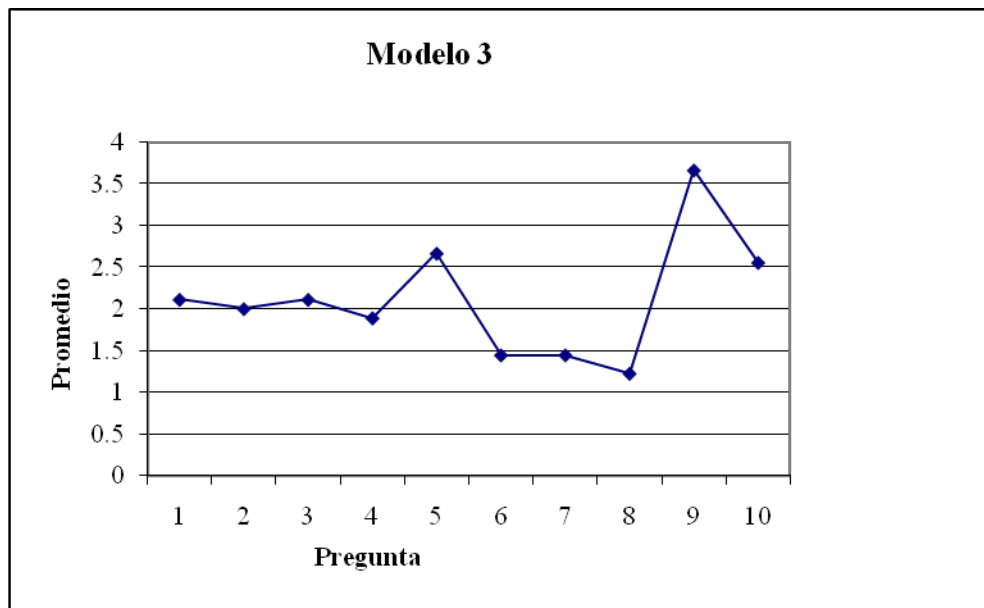


Figura 6. Promedio de respuesta para el Modelo 3

MODELO 4

De acuerdo con este modelo, el Sistema Solar está compuesto únicamente por el Sol, o simplemente no logran definirlo. La representación con esferas incluye al Sol, la Luna y la Tierra y, en algunos casos, se agrega una esfera más que representa algún planeta. La distancia del Sol y la Luna con respecto a la Tierra no es clara, en algunos casos están cercanos y en otras lejanos, pero sin hacer referencia a ningún tipo de movimiento. El 12.8% de los participantes sostiene este modelo.

Respecto del movimiento, la Tierra gira en su propio lugar. El Sol gira en su lugar o se mueve de abajo hacia arriba, la Luna realiza un movimiento de rotación y los planetas se mueven de abajo hacia arriba (ver Figura 7). La elección del dibujo con órbitas corresponde al acéntrico al igual que el dibujo sin órbitas.

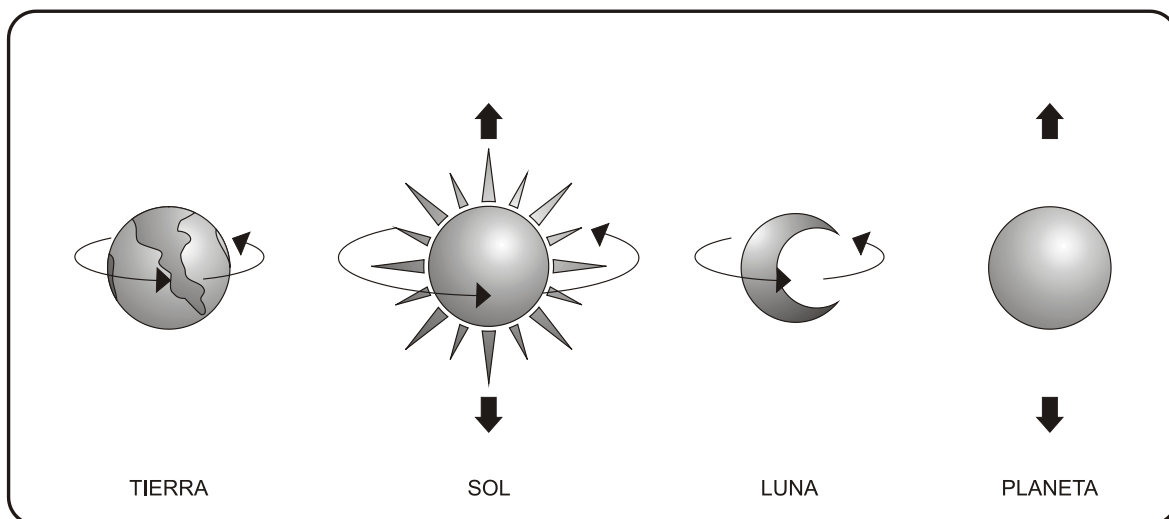


Figura 7. Modelo 4, representación del Sistema Solar.

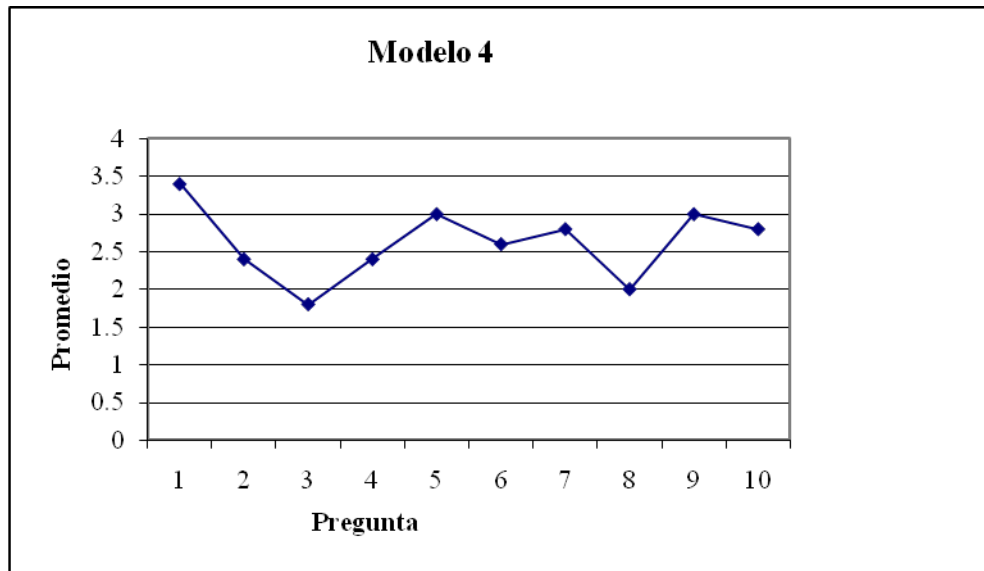


Figura 8. Promedio de respuesta para el Modelo 4

MODELO 5

EL 17.9% de los participantes concibe el Sistema Solar integrado el Sol, la Luna, la Tierra y los diferentes planetas, además de incluir algunos otros elementos como las estrellas, los asteroides, etc.

El modelo representado con esferas tiene al Sol en un extremo y a partir de él se ubican los planetas formando una línea recta. La distancia reportada respecto del Sol y la Luna con la Tierra varía, es decir, en algunas ocasiones es lejana mientras que en otras es cercana.

La Tierra gira alrededor del Sol, mientras que la Luna y el Sol no se mueven o lo hacen de arriba-abajo al igual que los planetas (ver Figura 9). La elección de los dibujos corresponde al

heliocéntrico o al acéntrico tanto en el caso con órbitas como en el que no se incluyeron las órbitas.

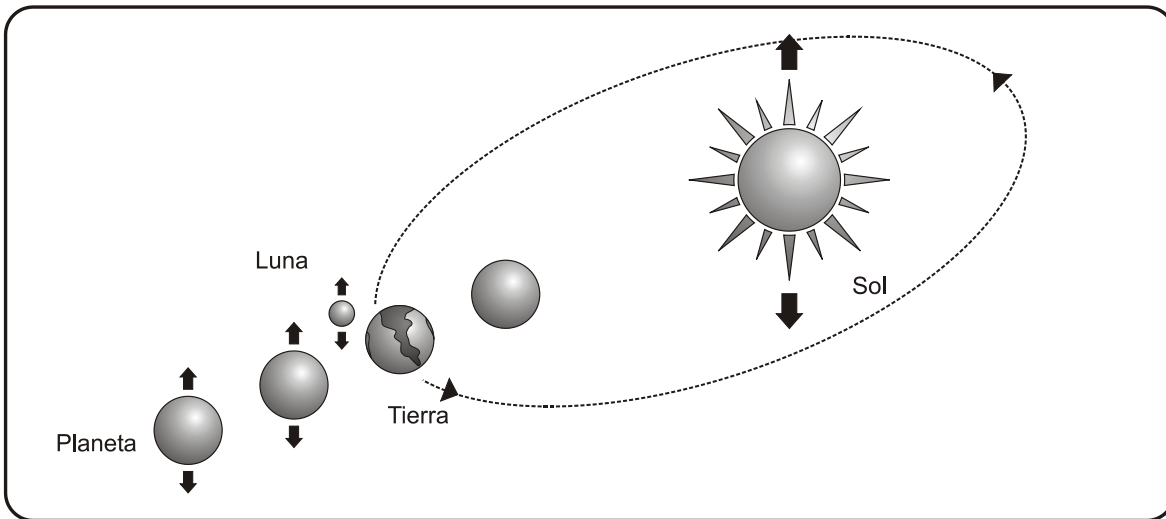


Figura 9. Modelo 5, representación del Sistema Solar.

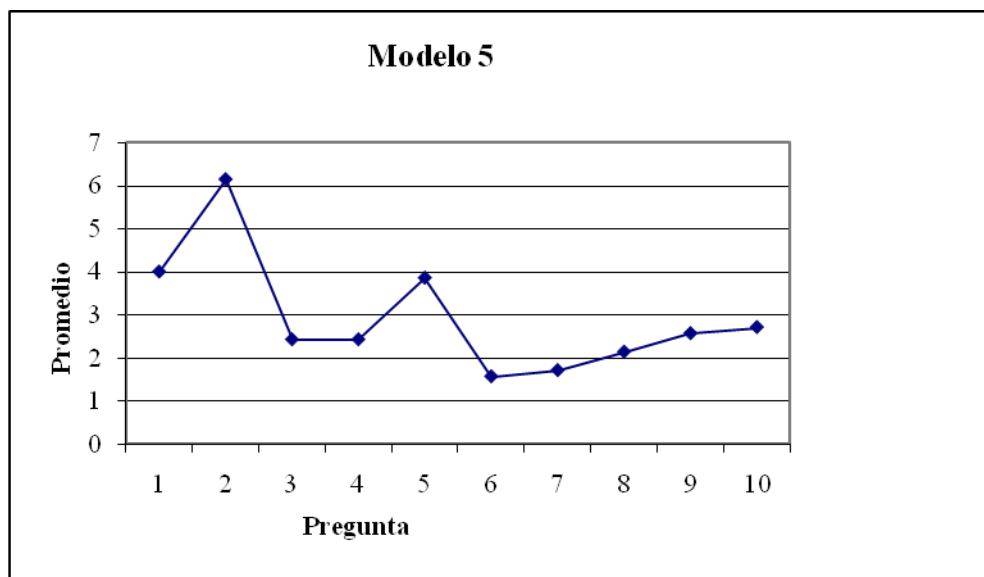


Figura 10. Promedio de respuesta para el Modelo 5

MODELO 6

Para los participantes que se adscriben a este modelo (10.2%), el Sistema Solar está integrado por el Sol, la Tierra, la Luna, los planetas y algunos otros elementos como las estrellas o los asteroides. Esta definición viene a ser constatada con el modelo elaborado con esferas. Dicho modelo incluye al Sol ubicado en un extremo y a partir de él se desprenden los planetas en línea recta o formando un círculo alrededor del mismo. En todos los casos el modelo incluye a la Tierra y a la Luna como parte del sistema. Respecto de la distancia, tanto la Tierra como el Sol se conciben lejanos de la Tierra.

La Tierra sólo realiza un tipo de movimiento, el de traslación y la Luna, por consiguiente, realiza este mismo movimiento: la Luna va siguiendo a la Tierra durante su recorrido alrededor del Sol. Este último se concibe como un elemento que se mueve hacia arriba y hacia abajo. Finalmente, los planetas se mueven igual que la Tierra, es decir, giran alrededor del Sol (ver Figura 11).

La elección tanto del dibujo con órbitas como del dibujo sin órbitas corresponde a la representación acéntrica. Sin embargo, en la mayoría de los casos no se explica la elección.

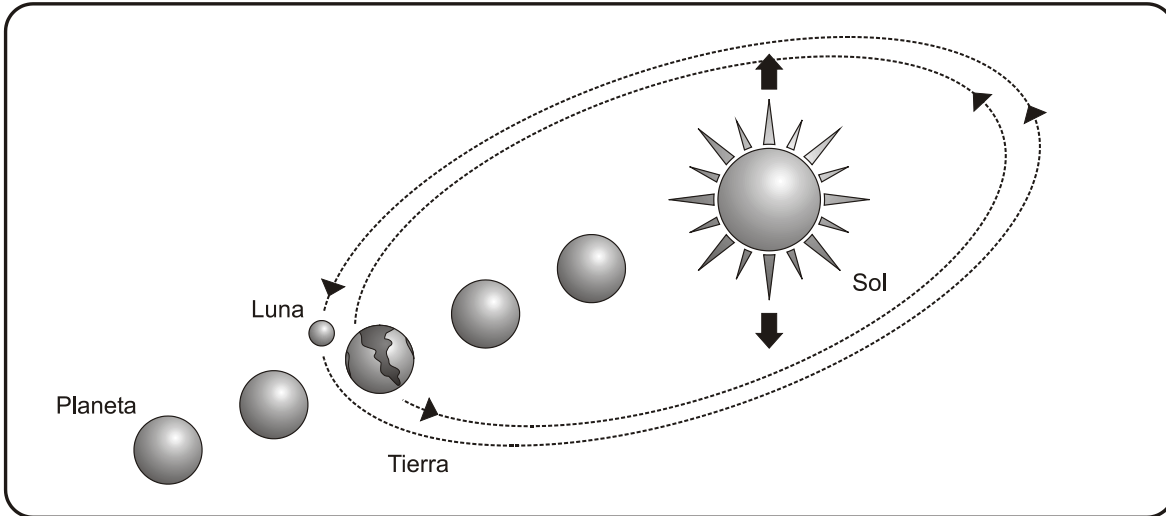


Figura 11. Modelo 6, representación del Sistema Solar.

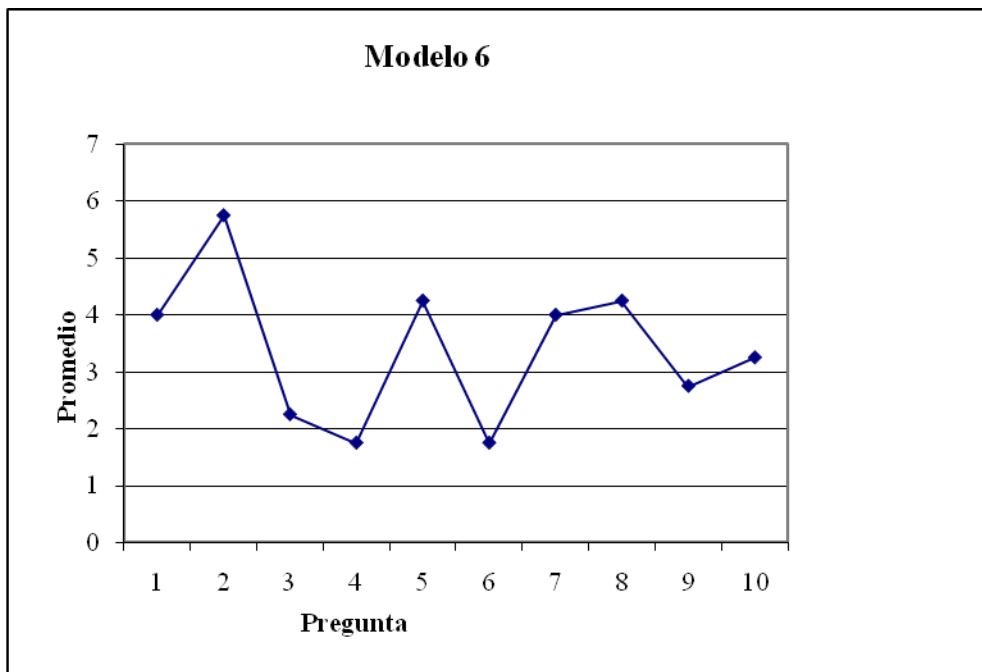


Figura 12. Promedio de respuesta para el modelo 6.

3.5.4 Discusión

El análisis de los resultados de este estudio indica que las ideas de los niños acerca del Sistema Solar (al igual que en el Estudio I) parecen cambiar a medida que son expuestos a la información escolar. En general, los datos muestran un incremento en el conocimiento que tienen los niños sobre el Sistema Solar conforme aumenta la edad. Los niños más pequeños (primer grado) identifican menos elementos, representan modelos (con esferas) menos complejos mientras es más difícil, en cambio, la elección de un dibujo. Los niños mayores (sexto grado), por su parte, elaboran modelos (con esferas) más complejos y agregan más elementos a sus modelos y, asimismo, las ideas sobre los movimientos que realizan los astros también resultan ser más complejas (ver Tabla 6).

Respecto del análisis de los modelos identificados a partir del análisis por conglomerados se observa que los estudiantes elaboran una variedad de modelos para representar el Sistema Solar, dichos modelos incluyen desde los principales componentes (Sol, Luna, Tierra), su arreglo dentro del espacio y sus movimientos, y muestran una estructura jerárquica, es decir, van de los menos complejos a los más cercanos al modelo científicamente aceptado. Dentro de la variedad de modelos se puede observar un incremento en los elementos que se incluyen dentro del sistema así como en la organización y movimientos que se les adjudican a los astros. En otras palabras, si bien los niños, independientemente del grado al que pertenezcan, utilizan una variedad de modelos, los más grandes utilizan los menos sofisticados mientras que los más grandes utilizan los más complejos. En trabajos como el de Sharp y Kuerbis (2005) se pueden observar resultados similares a los encontrados en este estudio. Es especialmente en el tercer grado de primaria

cuando los niños construyen una variedad más amplia de modelos. En la Tabla 6 se puede observar que los niños de este grado utilizan 5 de los 6 modelos identificados. Si bien es el modelo 3 el que tiene el más amplio porcentaje de uso, se observa que los niños están transitando hacia la elaboración de modelos más complejos, en este caso hacia el modelo 4 que, a diferencia del modelo 3, incorpora más movimientos en los astros. Esto posiblemente se deba a la introducción de la temática en el grado escolar. Como mencionan Vosniadou y Brewer (1992, 1994) los niños podrían estar formando modelos sintéticos, en otras palabras, tratando de relacionar la información que reciben de la escuela con la que anteriormente se había construido.

Tabla 6.

Porcentaje de alumnos por grado y modelo.

Modelo	Primero	Tercero	Sexto	Total
1	9(69.2%)	1(7.6%)	1(7.6%)	11(28.2%)
2	2(15.3%)	1(7.6%)	-	3(7.69%)
3	2(15.3%)	7(53.8%)	-	9(23.07%)
4	-	3(23%)	2(15.3%)	5(12.8%)
5	-	1(7.6%)	6(46.1%)	7(17.9%)
6	-	-	4(30.7%)	4(10.2%)
Total	13	13	13	39

CAPÍTULO IV

Conclusiones

De acuerdo con los resultados que hemos obtenido en los dos estudios realizados, podríamos decir que si bien los alumnos examinados tienen muchas ideas sobre el Sistema Solar su conocimiento está pobremente desarrollado. Es decir, la mayoría de los participantes se adscriben a los modelos menos complejos.

En el Estudio I se analizaron diferentes temáticas, por ejemplo, la estructura del Sistema Solar; la forma de la Tierra, el ciclo día/noche y las estaciones del año. Con todo, si bien dicho estudio no se centra específicamente en las ideas sobre el Sistema Solar, abrió la posibilidad de explorar las ideas que los niños construyen acerca del mismo y que resultaron indispensables para definir las preguntas que conformaron el Estudio II. Dicho estudio, centrado específicamente en describir el Sistema Solar tiene, además, el valor adicional de que no se encuentran estudios similares realizados con poblaciones mexicanas.

Asimismo, en los resultados que hemos obtenido se puede observar que, a diferencia de las primeras investigaciones sobre la forma de la Tierra (Mali y Howe, 1979; Nussbaum, 1979, Vosniadou y Brewer, 1992), donde los niños representan el planeta Tierra desde un objeto plano hasta una esfera, los niños de nuestro estudio lo identifican como un objeto redondo, con la gente ubicada en el extremo superior. Por otra parte, dentro de esta misma temática, los resultados del Estudio I muestran que los niños utilizan el concepto *gravedad* en algunas de sus explicaciones, por ejemplo, cuando se les pregunta cuál es la razón por la cual la gente que vive en Australia no

cae, más de la mitad de la muestra responde que es debido a la acción de la gravedad, la cual es concebida como una fuerza que “jala” desde abajo o, igualmente, como una fuerza que empuja desde arriba, aunque también se concibe como una fuerza que está dentro de la Tierra pero de la cual no se puede explicar cómo funciona.

Respecto de los movimientos que los niños adjudican a los elementos del Sistema Solar, en nuestros datos se observa una tendencia que va desde movimientos “arriba-abajo”, muy poco complejos, hasta movimiento que combinan la rotación y la traslación. En este caso es importante reconocer que la introducción de una representación externa (esferas de unicel) para que los niños pudieran demostrar el movimiento de los astros, ligado a un contexto específico como fue, por ejemplo, la explicación del ciclo día/noche, nos permitió observar que cuando la pregunta se refería simplemente a una descripción del movimiento los niños echaban mano de la información previa, o sea, podían decir que la Tierra tenía movimiento de rotación y traslación; sin embargo, en el momento de realizar una demostración con un elemento de apoyo dicha respuesta se modificaban y, en tal caso, los niños elaboraban modelos menos complejos sobre el movimiento de los astros. Sin embargo, es pertinente decirlo, los niños no se mostraron conscientes de las inconsistencias de sus respuestas. Un caso similar puede observarse en el Estudio II; los niños pueden definir correctamente qué es el Sistema Solar, sin embargo, en el momento de tener que estructurarlo utilizando esferas, o elegir el Sistema Solar dentro de un grupo de dibujos, la tarea resulta ser más compleja. Con todo, los resultados obtenidos en ambos estudios indican que los niños llegan a elaborar diversos modelos sobre el Sistema Solar pero, asimismo, también se observa que dichos modelos no correlacionan con un determinado grado escolar, ya que se distribuyen a todo lo largo de la primaria. No obstante, debe destacarse que los

modelos menos complejos son los que poseen una mayor frecuencia de aparición entre los niños más pequeños, mientras que los modelos más sofisticados pertenecen a los estudiantes de mayor edad. En síntesis, podemos decir que ambos estudios están articulados y, en este sentido, nos permiten complementar la información y mostrar, de mejor manera, las ideas que construyen los niños sobre el Sistema Solar:

1. Si bien parece que los niños que hemos examinado conciben el planeta Tierra como un objeto “redondo”, no es posible determinar, a partir de sus explicaciones, si lo conciben como objeto esférico o plano. Es decir, las investigaciones que han indagado las ideas de los niños sobre la forma de la Tierra (Vosniadou y Brewer, 1992), han mostrado que estos construyen diferentes tipos de representaciones que van desde una tierra plana con la gente viviendo en la superficie hasta un cuerpo esférico con la gente viviendo en toda su superficie. Sin embargo, nuestros resultados no muestran esta misma secuencia de construcción. Como lo hemos mencionado más arriba, si bien los niños describen una Tierra redonda, muchas de sus respuestas nos hacen suponer que no necesariamente están pensando en una Tierra con forma de esfera dado que un gran porcentaje de niños dice que la gente vive en la superficie de la Tierra. Aunque esta suposición no se puede comprobar por el limitado número de preguntas que se elaboraron sobre este tema es importante destacar que desde nuestro punto de vista, la explicación que dan los niños sobre por qué la gente no cae, por ejemplo, viviendo en Australia, nos permite suponer que no están pensando en la Tierra como un objeto con forma de esfera. Este es un punto que creemos valdría la pena analizar con más profundidad.

2. En el Estudio I se puede observar que existe una relación entre el ciclo día/noche y las estaciones del año. Sin embargo, las respuestas que dan los alumnos son diferentes. Es decir, mientras que para explicar el día y la noche los niños hacen referencia tanto a los movimientos del Sol como de la Tierra, para explicar las estaciones del año no lo hacen, más bien parece que en este caso los niños recurren a explicaciones de tipo artificialista (Piaget, 1984). Esta diferencia posiblemente se deba a que los niños tienen acceso a los cambios que ocurren en el cielo para dar como resultado el día y la noche. Mientras que para las estaciones del año, únicamente pueden observar o sentir los cambios en la temperatura o en el paisaje, sin advertir la relación entre la posición de la Tierra y el Sol.

3. La mayoría de los estudiantes que participaron en nuestra investigación son capaces de identificar el Sistema Solar en un dibujo y, asimismo, pueden nombrar sus componentes y describir los movimientos de los elementos que han considerado como partes del sistema. Sin embargo, cuando tratan de explicar los movimientos de los cuerpos celestes ayudados de esferas de unicel sus respuestas tienden a cambiar. Al parecer, el cambio puede ser debido a que las diferentes esferas de unicel (representación externa) ayudan a los niños a generar una “nueva” representación del Sistema Solar. Específicamente, con el apoyo de las esferas para describir el movimiento de la Tierra, los niños abandonan su representación previa (movimiento arriba-abajo) por una idea culturalmente aceptada (movimiento de rotación y traslación). Así, esta “representación externa” les permite establecer una nueva relación entre los elementos que componen el Sistema Solar, probablemente debido a que ese nuevo modelo les recuerda la información a la que han estado expuestos (Schoultz, et al., 2001; Ivarsson, et al., 2002). Vale la pena destacar que los estudiantes que más se benefician con la introducción de una

representación externa son los grupos G2 y G3 (ver Estudio I, Tablas 3 y 4). Mientras que para los más pequeños (G1) el mismo hecho genera más confusión que ayuda. Esto quizás pueda explicarse porque los niños de mayor edad han tenido un contacto más cercano con lo que Schoultz et al. (2001) denominan *herramientas para el razonamiento*, que en este caso fueron los objetos que incluimos durante la entrevista.

4. Como ya mencionamos anteriormente, en la investigación realizada se puede observar que los niños construyen diferentes modelos para explicar *qué* es el Sistema Solar y *cómo* está constituido. Y, si bien se puede observar que dichos modelos no correlacionan específicamente con un grado escolar, su uso se distribuye a lo largo de los distintos grados de la primaria (ver Estudio II, Tabla 6) pero sin que se logre observar, en sentido estricto, una progresión. No obstante, debe destacarse que los modelos menos complejos son los que poseen una mayor frecuencia de aparición entre los niños más pequeños, mientras que los modelos más sofisticados pertenecen a los estudiantes de mayor edad. Así, de acuerdo con lo anterior, podríamos decir que los estudiantes de primer grado conocen menos componentes del Sistema Solar que los estudiantes de sexto grado y que dicho conocimiento está relacionado con lo que aprenden en la escuela. Sin embargo, hay que destacar que aunque los niños más pequeños no han recibido instrucción formal sobre los diferentes temas de astronomía sí poseen información (tal vez generada por la cultura) que les permite construir explicaciones acerca del Sistema Solar.

Algunas implicaciones educativas

De acuerdo con el análisis que hemos realizado del conjunto de investigaciones que han abordado el estudio de las ideas de los niños sobre el Sistema Solar, encontramos que éstas han sido muy poco estudiadas con niños de los primeros niveles educativos y, por lo tanto, las propuestas educativas para la enseñanza relacionada con este tema también son escasas (ver Capítulo II). En general, la mayoría de las propuestas educativas se concentran en promover el cambio conceptual a través de una intervención que incluye tanto la clarificación de los conceptos como el trabajo con diferentes materiales y la participación de los niños en diversas actividades.

Específicamente, en nuestro país, los contenidos propuestos para la educación primaria parecen resultar poco significativos para los estudiantes ya que muchos de aquellos sólo repiten la información proporcionada por sus profesores. Un ejemplo de ellos son los resultados presentados en esta investigación. A saber, si bien los niños de mayor edad pueden nombrar los elementos que integran el Sistema Solar, tienden a ubicarlos de tal manera que parecen estar “formados” en línea, como los dibujos que encuentran en sus libros de primaria. Es decir, pueden repetir de memoria el nombre los planetas o la forma que tiene la Tierra pero sin una comprensión real del Sistema Solar en conjunto. Asimismo, se puede observar que los niños conciben los planetas como elementos del Sistema Solar, pero, los consideran elementos estáticos que no llevan a cabo ninguna acción. En otras palabras, identifican los elementos sin considerar la interacción de todos ellos.

Sabemos que a lo largo de los diferentes niveles académicos, los niños irán adquiriendo cada vez más información, pero, de la misma manera, sabemos que es indispensable que dicha información sea adecuada dado que, como lo sostienen algunos autores (Kahle y Nordland, 1985), los libros de texto son una fuente de concepciones erróneas. Es por ello que, como plantea Vosniadou et al., (2005), cualquier propuesta de intervención deberá enmarcarse dentro de una teoría que considere que los niños piensan, creen y tienen representaciones internas que no se modifican con la participación en actividades o con el uso de materiales específicos. Es esencial que cualquier propuesta educativa considere que los alumnos construyen una variedad de representaciones para explicarse el mundo que los rodea y que la *eliminación* de esas ideas no es factible. En consecuencia, sería más adecuado considerar la coexistencia de diferentes representaciones.

Dichas propuestas educativas no deben dejar de lado la formación docente, pues como se ha visto, muchas de las ideas que encontramos en los estudiantes son compartidas por sus profesores (Wandersee, et al., 1994). Finalmente, como ya mencionamos en un apartado anterior, conocer las ideas previas de los estudiantes debe permitirnos desarrollar propuestas educativas que hagan que los niños se expliquen el mundo de una forma diferente y que favorezca el desarrollo de una actitud positiva hacia la ciencia y la comprensión de la misma. Es importante señalar que la enseñanza de la astronomía puede ser una herramienta importante para acercar a los niños a la ciencia, puesto que para ellos representa un tópico que despierta mucha curiosidad. Observar las estrellas por la noche, el movimiento del Sol o los cambios en la forma de la Luna, son fenómenos cotidianos para los niños que podrían ser usados para lograr una mejor

comprensión del Sistema Solar y para acercarlos de una forma más amable hacia el aprendizaje de la ciencia.

Preguntas abiertas

El estudio de las ideas de los niños sobre el Sistema Solar es muy amplio por la gran cantidad de elementos y fenómenos que pueden analizarse. Es por ello que se pueden desprender muchas preguntas de investigación al respecto. En el Estudio I, fue evidente que los niños recurrían al concepto *gravedad* para explicar por qué la gente no se cae de la Tierra. Sin embargo, dados los objetivos de esta investigación, no se pudo analizar más a fondo las diferentes respuestas que los participantes dieron. Sería recomendable investigar con más detalle qué noción de gravedad tienen los niños y, asimismo, indagar si es un concepto que se aplica de la misma a forma en diferentes contextos.

En esta investigación se pudo observar que la utilización de ciertos materiales juega un papel importante en la representación que construyen los niños sobre un determinado fenómeno, y que de alguna forma facilitan dicho razonamiento. Es por ello que sería importante identificar hasta qué punto podemos aseverar esta suposición desde una teoría que considera que los niños construyen representaciones internas, porque en este momento los estudios que han utilizado representaciones externas para conocer las ideas de los niños en astronomía parten desde una propuesta sociocultural que niega la utilidad del conocimiento previo. Es decir, poder demostrar que los niños no aceptan la representación externa pasivamente, sino que están construyendo nuevas representaciones a partir de ella y considerando las ideas previas que tengan. Además, se

podría llegar a conocer en qué medida la introducción de una representación externa puede ser útil, o no, dependiendo de la edad o grado escolar.

Por último, siendo la observación un factor importante para el conocimiento de los fenómenos astronómicos, valdría la pena analizar poblaciones que puedan tener mayor “acceso” a la observación, o bien, estudiar niños que tengan en su historia cultural una determinada cosmovisión y que al ser enfrentada con lo que aprenden en la escuela nos proporcione información acerca de cómo se generan y reorganizan las ideas sobre los cuerpos cósmicos y su dinámica.

REFERENCIAS

- Albanese, A., Danonhi Neves, M.C., & Vicentini, M. (1997). Models in science and in education. A critical review of research on student's ideas about the Earth and its place in the universe. *Science and Education*, 6 (6), 573-590.
- Alfonso, L., Bazo, G., López, M., Macau. F., & Rodríguez. (1995). Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el universo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), 327-33.
- Akerson, V. L., & Flick, L. B. (1999). Teacher and student perspectives about the importance of primary children's ideas in science. *Journal of Elementary Science Education*, 11 (29), 31-55.
- Atwood, R. K., & Atwood, V. A. (1996). Pre-service elementary teacher's conceptions of the causes of seasons. *Journal of Research in Science Education*, 33 (5), 553-563.
- Barab, S. A., Hay, K. E., Barnett, M. & Keating, T. (2000). Virtual Solar System Project: Building understanding through model building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (7), 719- 756.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, 502-513.
- Baxter, J. (1995). Children's understanding of astronomy and the earth sciences. En S. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice* (pp. 155-171). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Benlloch, M. (1997). *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Aprendizaje-Visor.

- Blown, E. J., & Brice, T.G.K. (2006). Knowledge restructuring in the development of children's cosmologies. *International Journal of Science Education*, 28 (12), 1411-1462.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? En S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind: Essays on biological and cognition* (pp. 257-291). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carey, S. & Spelke, E. (1994). Domain-specific knowledge and conceptual change. En L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 169-200). New York: Cambridge University Press.
- Carretero, M. y Limón M. (1997). Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica. En M. J. Rodrigo y J. Arnay (comps.), *La construcción del conocimiento escolar* (pp. 137-153). Barcelona: Paidós.
- Carretero, M. y Rodríguez Moneo, M. (2004). Ideas previas, cambio conceptual y razonamiento. En M. Carretero y M. Asensio (Coords.), *Psicología del pensamiento* (pp. 237-259). Madrid: Alianza Editorial.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change whiting and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. En R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (pp. 129-187). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chi, M. T. H. (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *The Journal of the Learning Sciences*, 14 (2), 161-199.
- Cho, H. H., Kahle, J. B. & Nordland, F. H. (1985). An investigation of High School of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69 (5), 707-719.

- Cole, M. [1996 (1999)]. *Psicología cultural. Una disciplina del pasado y del futuro*. Madrid: Morata.
- Coll, C. (1997). Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo hacemos siempre desde la misma perspectiva epistemológica. En M. J. Rodrigo y J. Arnay (Comps.), *La construcción del conocimiento escolar* (pp. 107-133). Barcelona: Paidós.
- De Manuel, B. (1995). ¿Por qué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-14) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 227- 236.
- Del Puy, M. y Pozo, J. I. (1992). La influencia de los conocimientos previos en el razonamiento inductivo. *Revista Latina de pensamiento y lenguaje*, 1, 75-95.
- Delval, J. (1994). *El desarrollo humano*. Madrid: Siglo XXI.
- Delval, J. (1997). Tesis sobre el constructivismo. En M. J. Rodrigo y J. Arnay (Eds.), *La construcción del conocimiento escolar* (pp. 17-33). Barcelona: Paidós.
- Diakidoy, I.A. & Kendeou, P. (2001). Facilitating conceptual change in astronomy: a comparison of the effectiveness of two instructional approaches. *Learning and Instruction*, 11, 1-20.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. [1985(1996)]. *Las ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.
- Duit, R. (1995). The constructivist view: A fashionable and fruitful paradigm for science education research and practice. En L. Steffe & J. Gale (eds.), *Constructivism in education* (pp. 271-285). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Duit, R. (2002). *Bibliography STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education*. Recuperado el 13 de enero de 2005, del sitio web del Leibniz Institute for Science Education: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>

- Dunbar, R. (1995/1999). *El miedo a la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Ernest, P. (1995). The one and the many. En L. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (pp. 459-485). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ferreiro, E. y García, R. (1975). Presentación de la edición castellana. En J. Piaget, *Introducción a la Epistemología Genética*. T. 1. *El pensamiento matemático* (pp. 9-23). Buenos Aires: Paidós.
- Flavell, J. (1982). *La psicología evolutiva de Jean Piaget*. Barcelona: Paidós.
- Flores, F. Ideas Previas. Caracterización. Recuperado el 24 de febrero de 2002, de <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx.2048>
- Flores, C. & Gallegos, L. (1998). Partial possible models: An approach to interpret students' physical representation. *Science Education*, 82, 15-29.
- Flores, F. Tovar, Ma. E., Gallegos, L., Velásquez, Ma. E., Valdés, S., Saitz, S., Alvarado, C. y Villar, M. (2000). *Representación e ideas previas acerca de la célula en estudiantes de bachillerato. (Informe de investigación)*. México: Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM.
- Gelman, S. A. (1996). Concepts and theories. En R. Gelman & T. K. Au (Eds.), *Perceptual and cognitive development* (pp. 117-150). San Diego, CA: Academic Press.
- Giordan, A. y De Vecchi, G. ([1987] 1999). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Díada.
- Glaserfeld, E. (1995). A constructivist approach to teaching. En L. Steffe & J. Gale (Eds.), *Constructivism in education* (pp. 3-15). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gopnik, A. y Meltzoff, A. (1997). *Palabras, pensamientos y teorías*. Madrid: Aprendizaje Visor.

- Hannust, T. & Kikas, Eve. (2002, junio). Five- and seven-year-old children's concepts of the Earth and the influence of experimental teaching on these concepts. Documento presentado en el Third European Symposium on Conceptual Change, Turku, Finland.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A. ([1988] 2002). *La ciencia de los alumnos*. México: Fontamara.
- Hirschfeld, L. & Gelman, S. (1994). Toward a topography of mind: An introduction to domain specificity. En L. A. Hirschfeld y S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 3-35). New York: Cambridge University Press.
- Ivarsson, J., Schoultz, J., & Säljö, R. (2002). Map reading versus mind reading: revisiting children's understanding of the shape of the earth. En M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: issues in theory and practice*. Kluwer Academic Publishers.
- Jegede, O. J. (1991). The relationship between African traditional cosmology and students' acquisition of science process skills. *International Journal of Science Education*, 13 (1), 37-47.
- Kikas, E. (1998). The impact of teaching on students' definitions and explanations of astronomical phenomena. *Learning and Instruction*, 8 (5), 439-454.
- Klein, A. (1982). Children's Concepts of the Earth and the Sun: A cross cultural study. *Science Education*, 65 (1), 95-107.
- Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Mali, G. B. & Howe, A. (1979). Development of earth and gravity concepts among Nepali children. *Science Education*, 63, 685-691.

- Mohapatra, J. K. (1991). The interaction of cultural rituals and the concepts of science in student learning: a case study on solar eclipse. *International Journal of Science Education*, 138 (4), 431-437.
- Murphy, G. & Medin, D. ([1985] 1999). The role of theories in conceptual coherence. En E. Margolis & S. Laurence (Eds.), *Concepts. Core readings* (pp. 425-457). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Nakhleh, M. B. & Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (7), 777-805.
- Nussbaum, J. (1979). Children's conceptions of the earth as a cosmic body: A cross age study. *Science Education*, 63 (1), 83-93.
- Nussbaum, J. (1996). La tierra como un cuerpo cósmico. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (pp.259-290). Madrid: Morata.
- Nussbaum, J. & Novak, J. D. (1976). An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60 (4). 535-550.
- Piaget, J. (1978). *La equilibración de las estructuras cognoscitivas*. Madrid: Siglo XXI.
- Piaget, J. (1980). *El desarrollo de la noción de tiempo en el niño*. México: F. C. E.
- Piaget, J. (1981). La teoría de Piaget. *Infancia y Aprendizaje*, Monografías, Núm. 2, pp. 13-54.
- Piaget, J. (1984). *La Representación del mundo en el niño*. Madrid: Morata.
- Piaget, J. et al. (1975). *La composición de las fuerzas y el problema de los vectores*. Madrid: Morata.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1971). *The child's conception of space*. London: Routledge and Kegan Paul Ltd.
- Piaget, J. y Szeminska, A. (1978). *La génesis del número en el niño*. Buenos Aires: Guadalupe.

- Pozo, J. I. (1987). La historia se repite: Las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad. *Infancia y Aprendizaje*, 38, 69-87.
- Pozo, J. I. [1989 (1996)]. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. (2003). *Adquisición de conocimiento. Cuando la carne se hace verbo*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. y Carretero, M. (1989). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? En S. Castañeda y M. López. (Eds.), *Antología. La psicología cognoscitiva del aprendizaje. Aprendiendo a aprender*. México: UNAM.
- Pozo, J. I., Pérez Echeverría, M. P., Sanz, A. y Limón, M. (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 57, 3-22.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (2000). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Rodrigo, J. M. (1994). La construcción del conocimiento físico y social: génesis y procesos de cambio. En V. Bermejo (Ed.), *Desarrollo cognitivo*. Madrid: Síntesis Psicológica.
- Rodrigo, M. J., Rodríguez, A. y Marrero, J. (1993). Teorías sobre la construcción del conocimiento. En M. J. Rodrigo, A. Rodríguez y J. Marrero. *Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid: Aprendizaje-Visor.
- Rodríguez Moneo, M. (1999). *Conocimiento previo y cambio conceptual*. Buenos Aires: Aique.
- Rogoff, B. [1990(1993)]. *Aprendices del pensamiento. El desarrollo cognitivo en el contexto social*. Barcelona: Paidós.
- Schultz, J., Säljö, R. & Wyndhamn, J. (2001). Heavenly talk: Discourse, artifacts and children's understanding of elementary astronomy. *Human Development*, 44, 103-118.

- Samarapungavan, A., Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1996). Mental Models of the Earth Sun and Moon: Indian Children's Cosmologies. *Cognitive Development*, 11, 491-521.
- Samarapungavan, A. (1998, diciembre). *Ontology, epistemology, and domain specific beliefs as constraints on conceptual change*. Documento presentado en el National Seminar on History, Philosophy, and Science Education, Mumbai, India.
- Sharp, J. (1996). Children's astronomical beliefs: a preliminary study of year 6 children in south-west England. *International Journal of Science Education*, 18 (6), 685-712.
- Sharp, J. & Kuerbis, P. (2005). Children's ideas about the Solar System and the chaos in learning science. *Science Education*, 90, 124-147.
- Sinatra, G. M. & Pintrich, P. R. (2003). The role of intentions in conceptual change learning. En G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change* (pp. 1-18). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Sneider, C. I. & Ohadi, M. M. (1998). Unraveling students' misconceptions about the earth's shape and gravity. *Science Education*, 82, 265-284.
- Sneider, G., y Pulos, S. (1983). Children's cosmographies. Understanding the Earth's shape and gravity. *Science Education*, 67, (2), 205-221.
- Spelke, E. (1991). Physical knowledge in infancy: Reflections on Piaget's theory. En S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition* (pp. 133-169). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Stahly, L., Krockover, G., & Shepardson, D. (2000). Third grade students' ideas about lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (2), 159-177.
- Staver, J. R. (1998). Constructivism: Sound theory for explicating the practice of science and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (5), 501-520.

- Tao, P. K. & Gunstone, R. F. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (7), 859-882.
- Treagust, D. F. & Smith, C. L. (1989). Secondary student's understanding of gravity and the motion of planets, *School Science and mathematics*, 89 (5), 380.
- Trumper, R. (2000). University student's conceptions of basic astronomy concepts. *Teaching Physics*, 35 (1), 9-15.
- 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.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2002). Pre-service elementary teacher's conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Instruction*, 39 (7), 633-658.
- Valanides, N., Gritsi, F., Kampeza, M., & Ravanis. (2000). Changing pre-school children's conceptions of the day/night cycle. *International Journal of Early Years Education*, 8 (1), 27- 39.
- Vosniadou, S. (1994a). Universal and culture-specific properties of children's mental models of the earth. En L. A. Hirschfeld y S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 412-430). New York: Cambridge University Press.
- Vosniadou, S. (1994b). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S. (2003). Exploring the relationships between conceptual change and intentional learning. En G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change* (pp. 377-406). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1983). Theories of Knowledge Restructuring. *Review of Educational Research*, 53, 51-67.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental Models of the Earth. A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the Day/Night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-185.
- Vosniadou, S., Ioanides, C., & Dimitrakopoulou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381-419.
- Vosniadou, S., Skopeliti, I & Isospentaki, K. (2004). Modes of knowing and ways of reasoning in elementary astronomy. *Cognitive Development*, 19,203-222.
- Vosniadou, S., Skopeliti, I., & Ikospentaki, K. (2005). Reconsidering the role of artifacts in reasoning: Children's understanding of the globe as a model of the earth. *Learning and Instruction*, 15, 333-351.
- Vygotsky, L. S. [1934(1982)]. *Pensamiento y lenguaje*. Obras Escogidas. Vol. II. Madrid: Aprendizaje-Visor.
- Vygotsky, L. S [1978(1988)]. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. México: Grijalbo.
- Wandersee, J., Mintzes, J. & Novak, J. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan Publishing Company.
- Watson, L. (1997). Children's misconceptions and conceptual change. *Australian Journal of Early Childhood*, 22 (2), 12-16.
- Wertsch, J. [1985(1995)]. *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós.

Wertsch, J. [1991(1993)]. *Voces de la mente. Un enfoque sociocultural para el estudio de la acción mediada*. Madrid: Aprendizaje-Visor.

ANEXO 1

Protocolo de Entrevista

Forma y dinámica del Sistema Solar

1. ¿Sabes qué es el Sistema Solar?
2. Se le pregunta al niño: ¿Sabes cuál es la forma del sistema solar? Posteriormente, se le da una hoja tamaño carta y se le dice: Me podrías dibujar en esta hoja el Sistema Solar.
3. Se le muestran 3 dibujos que representan diferentes ubicaciones del Sol: heliocéntrica, geocéntrica y acéntrica y se le dice: ¿De los dibujos que tengo aquí cuál crees que (es/o) representa el Sistema Solar?
4. Dependiendo del dibujo que el niño haya elegido en la pregunta anterior (3) se le dice: ¿Podrías indicarme en este dibujo cuál es la Tierra, la Luna y el Sol?
5. ¿Dime cuáles de ellos crees que se mueven?
6. (Si la respuesta a la pregunta No. 5 es afirmativa, se harán las 6, 7 y 8.) ¿Cómo sabes que se mueve?
7. ¿Para qué sirve que se mueva?
8. ¿Qué pasaría si no se moviera?
9. Se le muestran tres esferas de unicel de tres tamaños diferentes (grande, mediano y chico) y se le dice: ¿Cuál de estas tres esferas crees que es el Sol, la Tierra y la Luna?
10. De acuerdo con la respuesta a la pregunta No. 5, sobre la mesa de trabajo se colocan las tres esferas (de izquierda a derecha en relación con el niño) organizadas de mayor a menor tamaño, y se le dice: muéstrame cómo se moverían.

Forma de la Tierra

11. Se le da una hoja al niño (hoja de registro #5) y se le pide que dibuje la forma que tiene la Tierra. Después de terminado el dibujo se le dice: Marca con un lápiz el lugar o los lugares donde tú crees que vive la gente.
12. Si caminaras durante muchos días en línea recta a dónde crees que llegarías.

13. Colocamos sobre la mesa una esfera de unicel (la que eligió anteriormente como la Tierra) junto con cinco alfileres (le pedimos que piense que son niños). Posteriormente le pedimos al niño que coloque los alfileres (los niños) dónde él cree que podrían vivir.
14. Tomamos un globo terráqueo, colocando el polo norte hacia arriba y el polo sur hacia abajo y se le dice (señalando Australia): En este país vive gente, ¿Por qué crees que la gente que vive aquí no se cae?

Ciclo día/noche

15. ¿Por qué no podemos ver el Sol durante la noche?
16. ¿Por qué no podemos ver la Luna y las estrellas durante el día?
17. ¿Por qué crees que pasa eso?
18. ¿Cómo lo sabes?
19. ¿Tú sabes por qué que hay día y noche?
20. Se toman tres esferas de unicel del mismo tamaño que representan el Sol (esfera #1), la Tierra (esfera #2) y la Luna (esfera #3). Sobre la mesa se coloca la esfera #2 en el centro y las esferas #1 y #3 se colocan a cada uno de los lados. La esfera #2, por tanto, tiene un lado que da hacia el Sol y el otro hacia la Luna y en cada uno de estos se coloca a un niño y se le dice: Para este niño es de día (señalando la cara que da hacia la esfera #1), ¿qué tendría que pasar para que se haga de noche? Después se le dice: Para este niño es de noche (señalando la cara que da hacia la esfera #3), ¿qué tendría que pasar para que se haga de día?

Conocimiento general del Sistema Solar

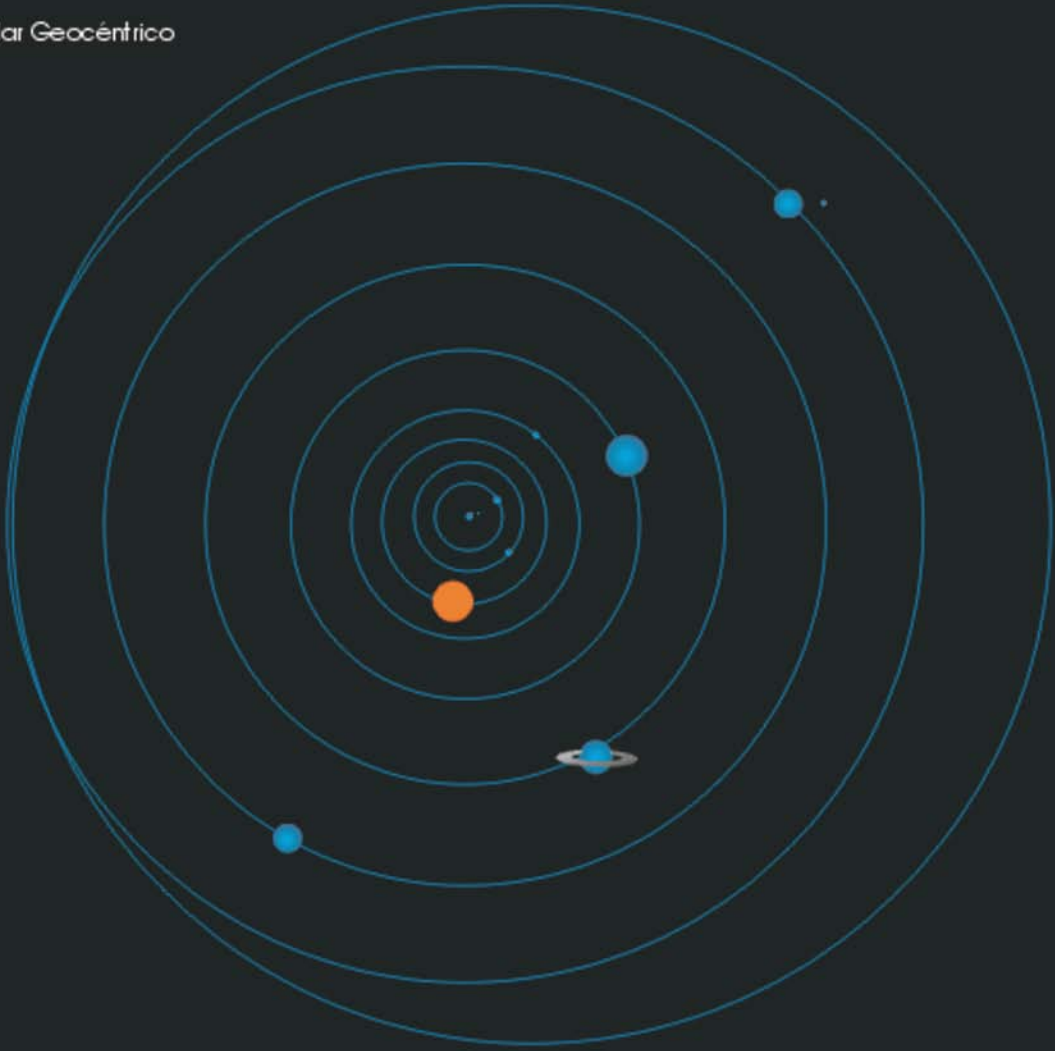
21. Dime los nombres de los planetas del Sistema Solar
22. De los planetas que tú nombraste. ¿Podrías decirme cuáles se mueven?
23. Se le muestra al niño un diagrama del Sistema Solar y se le pide que lo observe. Después se le pide que señale todos aquellos planetas que cree que se mueven. Si la respuesta es afirmativa se le dice: Si los planetas se mueven, ¿por qué no chocan entre ellos?
24. Continuando con la respuesta anterior se le pregunta: ¿Qué pasaría si uno de estos planetas chocara con otro?

25. ¿Qué pasaría si alguno de ellos chocara contra la Tierra?
26. Se le muestra un dibujo del Sistema Solar y se dice: En este dibujo enséñame cuál crees que es el planeta más frío y cuál es el más caliente?
27. Se le muestra el mismo dibujo y se le señala mercurio y se le pregunta: En este planeta, ¿hace el mismo calor que en la Tierra?
28. ¿Por qué crees que pasa eso?
29. Se le muestra nuevamente el dibujo del Sistema Solar y se le pregunta (señalando Plutón): ¿En este planeta haría más frío o más calor que en la tierra?
30. ¿Por qué crees que pasa eso?

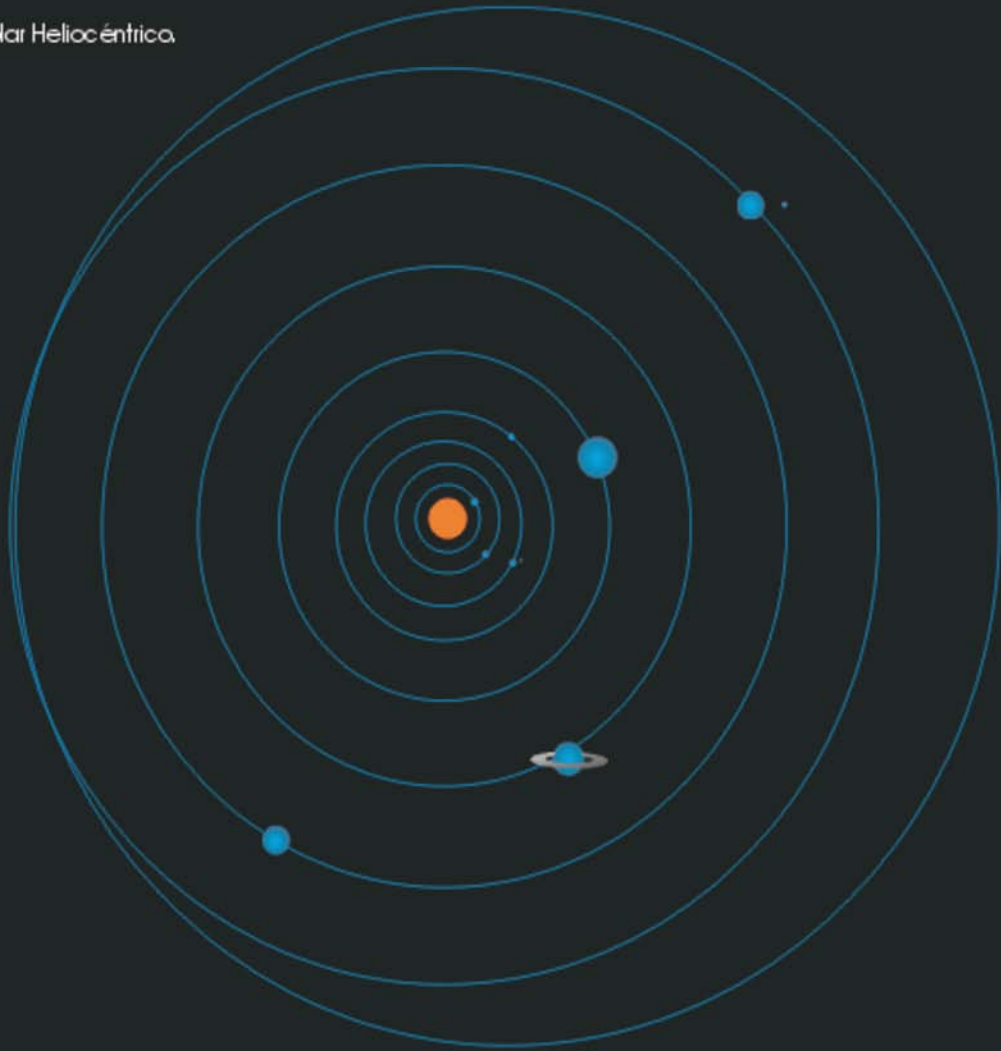
Estaciones del año

31. ¿Sabes qué son las estaciones del año?
32. Dime cuáles son las estaciones del año.
33. En este momento, ¿sabes en qué estación estamos?
34. ¿Por qué crees que hay estaciones?
35. ¿Sabes por qué se cambia de una estación a otra; por ejemplo, del invierno a la primavera?
36. Le mostramos al niño un globo terráqueo y le decimos que en México (donde él vive) es primavera (se tomará la estación que exista en el momento de hacer la entrevista). Después se señala en el globo terráqueo Australia y se le dice: En este mismo momento, ¿en este país también es primavera? Posteriormente, se le señalan otros cuatro países (Guatemala, Filipinas, Rusia y Groenlandia) y se le hace la misma pregunta.
37. ¿Sabes por qué hace más calor en algunas épocas del año?
38. ¿Sabes por qué hace más frío en algunas épocas del año?

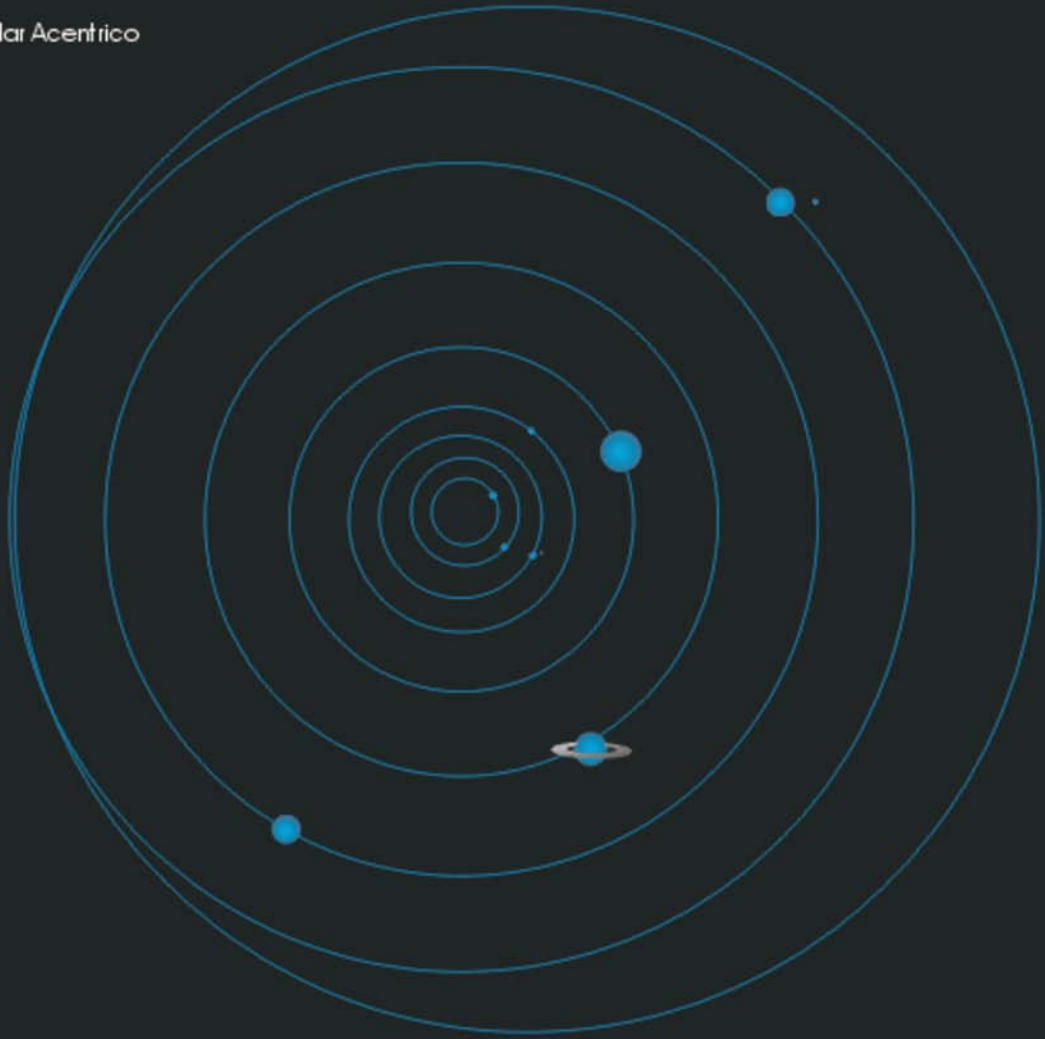
Sistema solar Geocéntrico



Sistema solar Helio-céntrico.



Sistema solar Acentrico



ANEXO 2

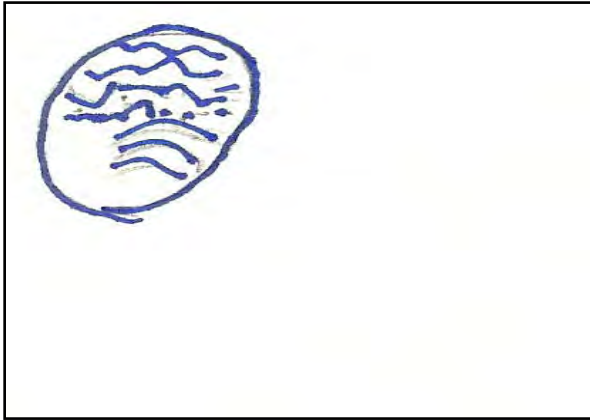
Protocolo de Entrevista

1. ¿Sabes que es el Sistema Solar?
2. ¿Sabes que hay en el Sistema Solar?
3. Colocamos sobre la mesa esferas de diferentes tamaños y colores para que el sujeto pueda elegir. Observa las esferas que tenemos sobre la mesa, ahora elige la que tú creas que se parece más a la Tierra
4. ¿Por qué dices que esa se parece a la Tierra?
5. Ahora elige la que se parezca más al Sol
6. ¿Por qué elegiste esa?
7. Elige la que se parezca más a la Luna
8. ¿Por qué dices que esa es la que se parece más a la Luna?
9. Preguntar sobre tamaños
10. ¿Alguna de ellas podría ser un planeta?
11. ¿Hay más planetas además de ese?
12. ¿Hay algún otro elemento que quieras agregar?
13. Ahora, acomoda todas las esferas que elegiste de modo que se parezcan al Sistema Solar
14. ¿Si salieras de viaje, así se vería?
15. ¿Crees que se pueden acomodar de alguna otra forma?
16. ¿Por qué pusiste esa distancia entre ellos?
17. ¿Podrían estar más cerca o más lejos?
18. ¿La distancia entre ellos es diferente o es la misma?
19. Ahora enséñame en tu modelo ¿cuál es la Tierra?
20. ¿Se mueve o no se mueve?
21. ¿Me puedes mostrar cómo se mueve?
22. ¿Cuál es el Sol?
23. ¿Se mueve o no se mueve?
24. ¿Me puedes mostrar cómo se mueve?
25. ¿Cómo sabes que se mueve?

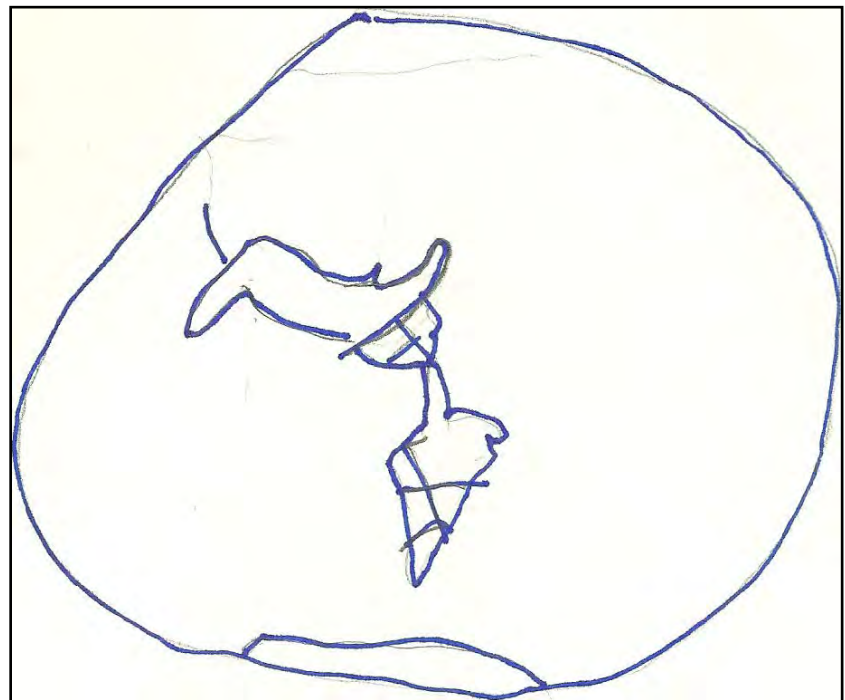
26. ¿Cuál es la Luna?
27. ¿Se mueve o no se mueve?
28. ¿Me puedes mostrar cómo se mueve?
29. ¿Cómo sabes que se mueve?
30. ¿Conoces los nombres de los planetas que pusiste?
31. ¿Se mueven o no se mueven?
32. ¿Se mueven todos de la misma forma?
33. ¿Me puedes mostrar cómo se mueven?
34. ¿Cómo sabes que se mueven?
35. ¿Antes de que existieran los telescopios como sabía la gente que se movían?
36. Ahora quiero que veas estos dibujos, elige el que tu creas que es el Sistema Solar
37. ¿Por qué elegiste ese?
38. Enséñame en el dibujo cuál es el Sol, la Tierra, la Luna y si reconoces algún planeta.
39. ¿Por qué los otros no podrían ser el Sistema Solar?
40. ¿Si tú fueras en una nave cuál verías?
41. ¿Si te alejaras cuál verías?

Algunos ejemplos de los dibujos elaborados por los estudiantes entrevistados.

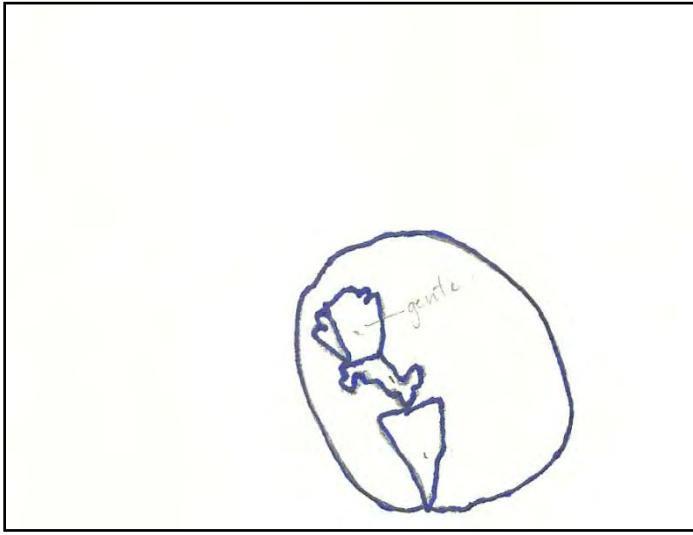
Forma de la Tierra



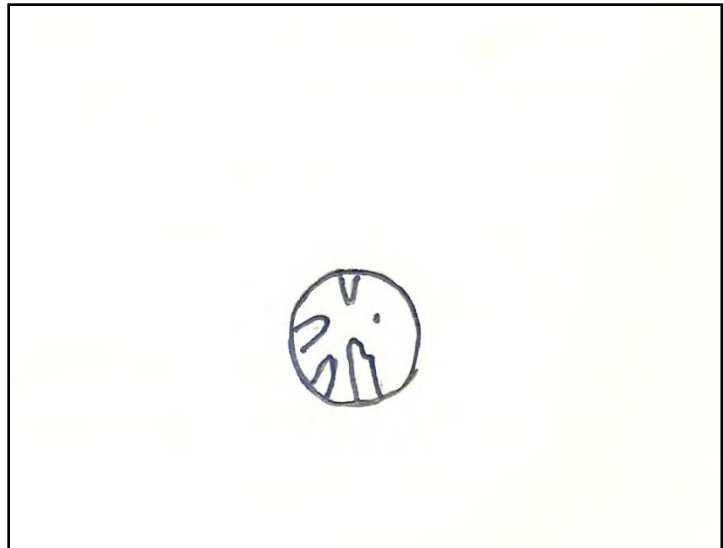
Estudiante de primer año



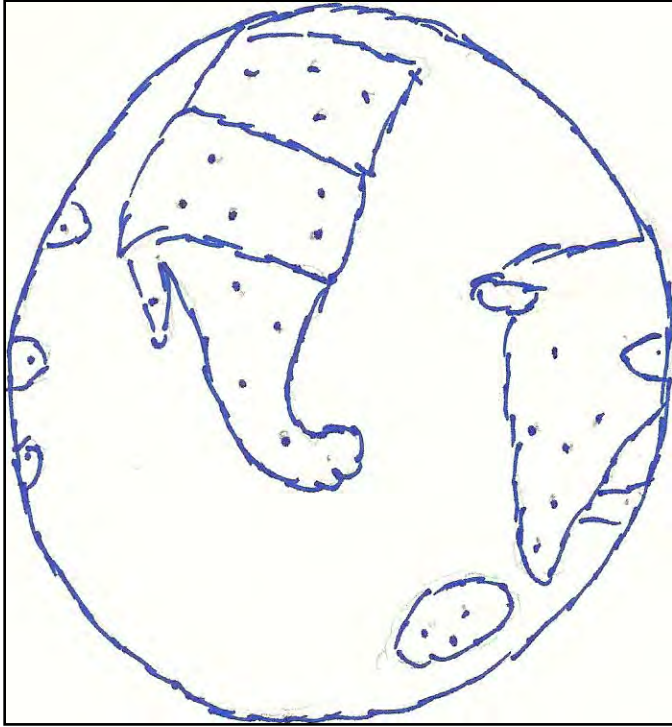
Estudiante de segundo año



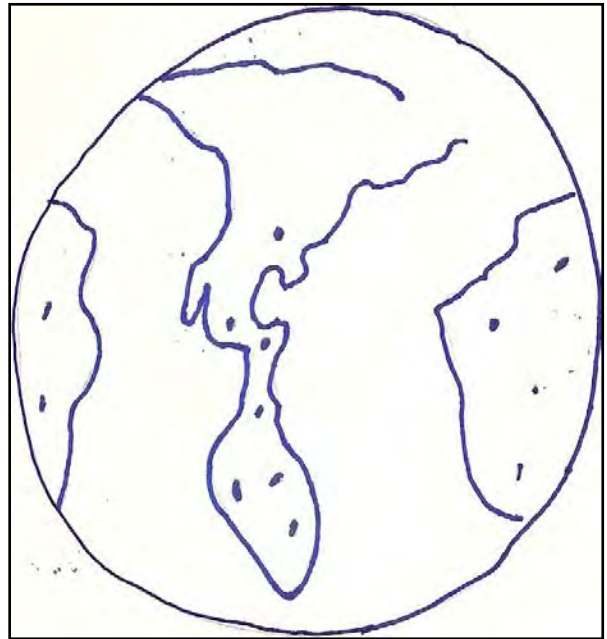
Estudiante de tercer año



Estudiante de cuarto año

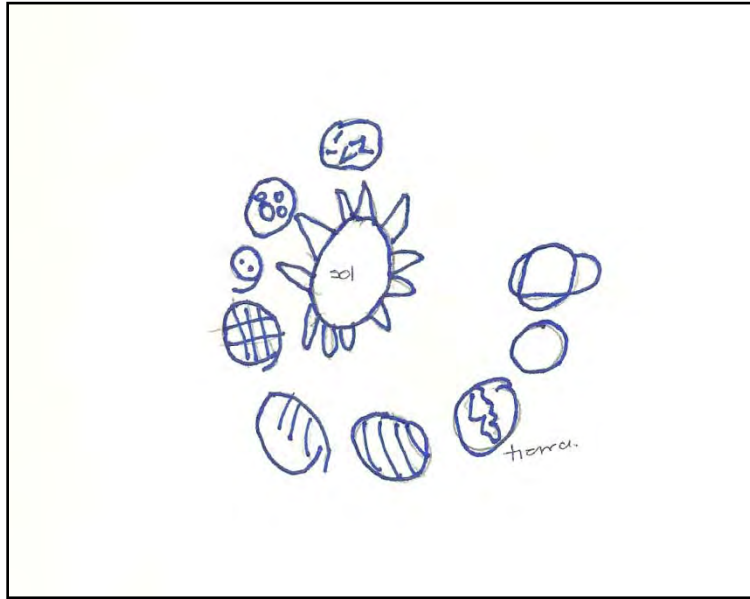


Estudiante de quinto año

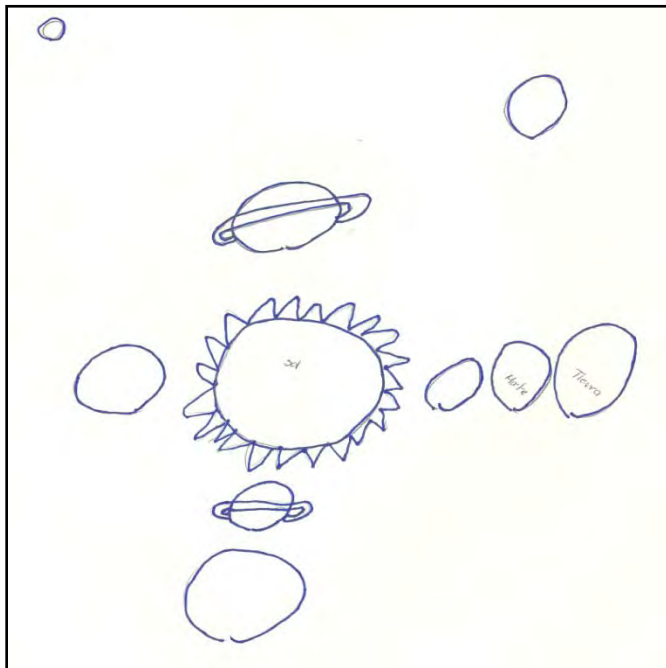


Estudiante de sexto año

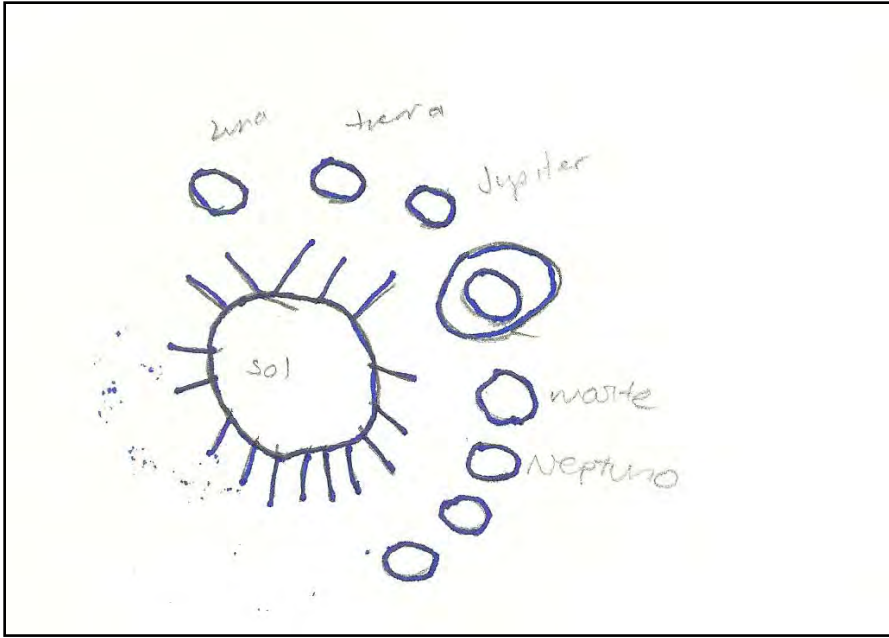
El Sistema Solar



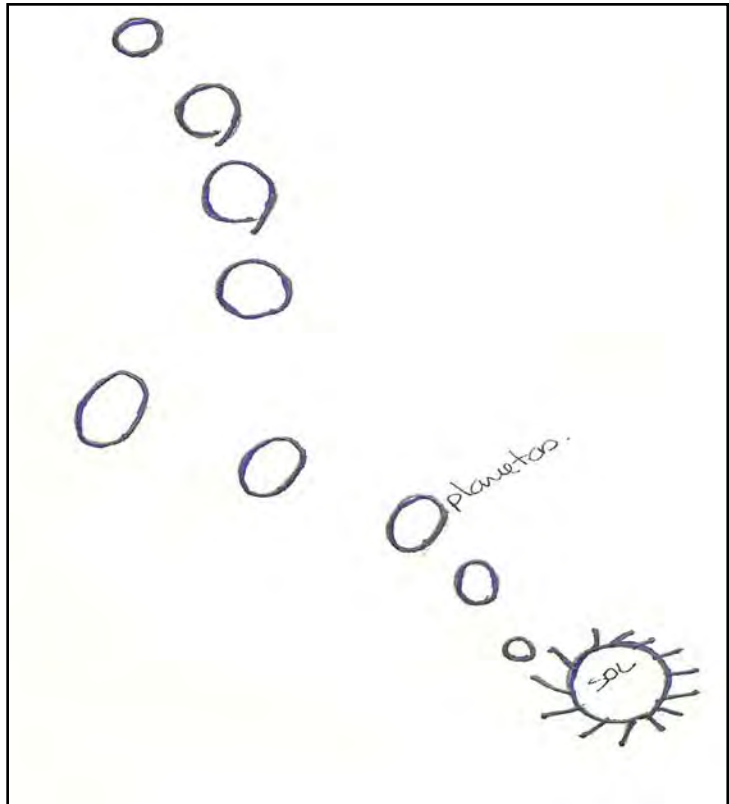
Estudiante de primer año



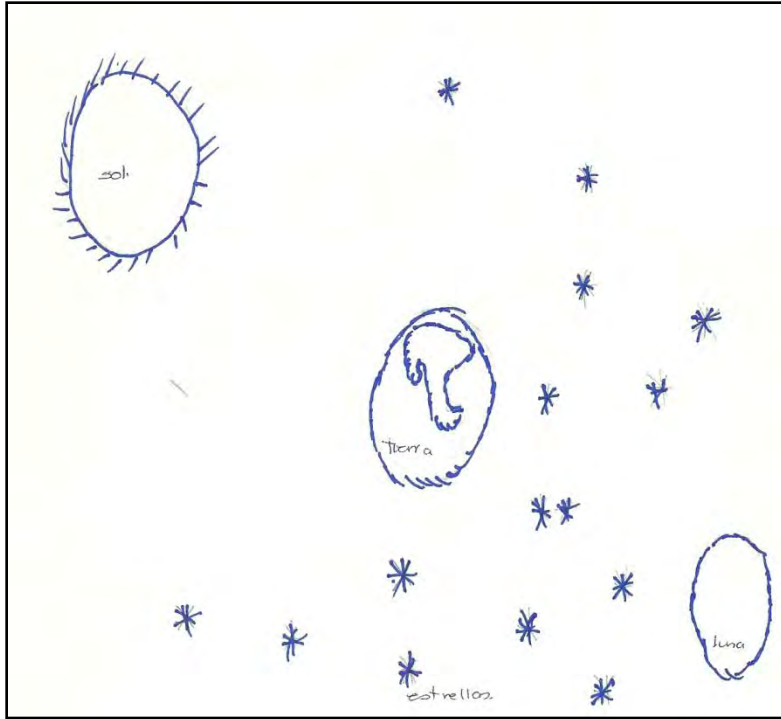
Estudiante de segundo año



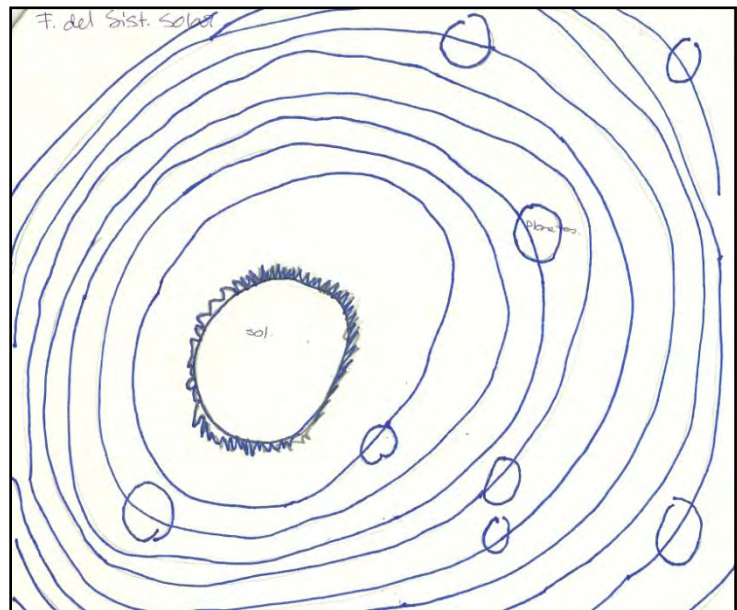
Estudiante de tercer año



Estudiante de cuarto año



Estudiante de quinto año



Estudiante de sexto año