

18



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE PSICOLOGIA**

**LA REPRESENTACION DEL SISTEMA SOLAR EN EL NIÑO  
UN ESTUDIO EXPLORATORIO**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**LICENCIADO EN PSICOLOGIA**

P R E S E N T A :

**REYNA ELENA CALDERON CANALES**

DIRECTOR DE TESIS: MTRD. RIGOBERTO LEON SANCHEZ

REVISOR: LIC. GERMAN ALVAREZ DIAZ DE LEON



FACULTAD DE PSICOLOGIA MEXICO, D. F.

277705

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

**A mi madre**  
*Reyna Canales Valle*

**Gracias a:**

*mi tía*

*Lulú Canales Valle.*

*mis abuelos*

*Lola Valle Flores.*

*Ignacio Canales Rosales*

# INDICE

|   | Páginas |
|---|---------|
| 1. Introducción.....  | 3       |
| 2. Marco Teórico.....   | 4       |
| 2.1. La teoría Piagetiana.....  | 4       |
| 2.2. Las formas de representación.....  | 9       |
| 2.3. Las ideas de los niños y las implicaciones en la enseñanza.....                                    | 14      |
| 3. Ideas de los niños y adolescentes sobre la forma de la tierra y otros<br>fenómenos relacionados..... | 16      |
| 3.1. La perspectiva piagetiana.....   | 16      |
| 3.2. Ideas de los niños acerca de los fenómenos astrofísicos.....                                       | 17      |
| 4. Estudio.....   | 25      |
| 4.1. Justificación.....   | 25      |
| 4.2. Problema.....  | 27      |
| 4.3. Objetivos.....   | 27      |
| 4.4. Método.....  | 28      |
| 4.4.1. Sujetos.....   | 28      |
| 4.4.2. Procedimiento.....   | 28      |
| 4.4.3. Resultados.....  | 29      |
| 4.4.4. Análisis del dibujo.....   | 31      |
| 4.4.4.1. Dimensión de los elementos.....  | 33      |
| 4.4.5. Análisis de la entrevista.....   | 36      |
| 5. Conclusiones.....  | 47      |
| 6. Referencias.....   | 54      |
| 7. Anexos.....  | 58      |

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron, desde la perspectiva piagetiana, las representaciones de los niños acerca del sistema solar. Se seleccionó una muestra de manera intencional no probabilística de 30 sujetos ( $n = 30$ ), cuyas edades comprendieron de los 6 a los 12 años y que pertenecían al primero, tercero y sexto grados de primaria. Se utilizaron un dibujo y una entrevista clínica piagetiana para estudiar las ideas de los niños. Los resultados muestran una diferencia significativa a lo largo de las edades, es decir, los niños de mayor edad poseen una representación más estructurada y organizada del sistema solar que los de menor edad.

## INTRODUCCION

La forma y los mecanismos que utilizan los niños en la construcción de conocimientos en diferentes etapas de su vida ha sido motivo de investigación dentro de la perspectiva piagetiana. Dichas investigaciones han arrojado un conjunto de datos que permiten establecer las secuencias de construcción de distintos objetos de conocimiento (lógico-matemático, físico, social, biológico, etc.) y los mecanismos y/o estrategias utilizadas por el sujeto en la construcción de esos conceptos o conocimientos.

Desde esta perspectiva, algunos conceptos de la física han sido estudiados (fuerza, velocidad, energía, tiempo, entre otros) tanto con base en el método histórico-crítico como psicogenético. Sin embargo, sólo en una obra (Piaget, 1984) se han abordado las representaciones que realizan los niños acerca de los astros, el sol y la luna, pero sin analizar dichas concepciones dentro de un sistema dinámico como es el sistema solar. Por ello, la presente investigación pretende centrarse en el análisis de las representaciones que hacen los niños acerca del sistema solar y, asimismo, estudiar los posibles mecanismos que utilizan para llegar a dichas representaciones.

Para la presente investigación se eligió el campo de la astronomía porque es relativamente rico en conocimiento, además de implicar complejas relaciones causales. Asimismo, las experiencias diarias dan a los niños información acerca de fenómenos que son parte de la astronomía.

## MARCO TEORICO

### 2.1 La Teoría Piagetiana.

Jean Piaget, estuvo interesado principalmente en la construcción de una epistemología científica de naturaleza interdisciplinaria que abarcara tanto las cuestiones de hecho como de validez.

El problema epistemológico: ¿cómo conocemos, qué conocemos o cuáles son los límites del conocimiento humano?, sólo podía ser abordado de manera científica a través de la psicología, si el objetivo era descartar la simple especulación filosófica. Por ello, la psicología se convirtió para Piaget en la disciplina experimental de la epistemología y con la cual podría contribuir a dar respuesta a la pregunta que inauguró una epistemología de corte científico: "¿Cómo se pasa de un estado de menor conocimiento a otro de mayor conocimiento?. Asimismo, basó dicha construcción en la aplicación sistemática de tres métodos:

a) Método histórico-crítico: mediante el cual se analiza e indaga el pensamiento colectivo durante un determinado periodo histórico.

b) Método del análisis formalizante: "consiste en la reflexión y el análisis lógico de los conocimientos, con la intención de lograr una axiomatización total o parcial" (Palop citado en Hernández, 1998, p.185).

c) Método psicogenético: consiste en la investigación del origen de los conocimientos (físico, lógico-matemático y/o social) en el desarrollo ontogenético.

Para Piaget, el conocimiento humano es una forma de adaptación activa, que se define como un equilibrio entre la asimilación y la acomodación en tanto que el sujeto selecciona e interpreta la información del medio para

hacer su propia construcción y reconstrucción del conocimiento. Es por ello que la postura psicogenética se puede describir como interaccionista (el conocimiento deviene de una interacción constante entre el sujeto y el objeto) y constructivista (el conocimiento no se encuentra preformado en el sujeto [racionalismo] ni deviene de una lectura directa del objeto [empirismo]).

La adaptación y la organización son dos funciones invariantes que intervienen a todo lo largo del proceso del desarrollo. La primera, depende de las coordinaciones internas y de la información que se adquiere a través de la experiencia e incluye dos procesos: la asimilación y la acomodación. La *asimilación*, "...hace referencia fundamentalmente a la interpretación o construcción de objetos o acontecimientos exteriores en las formas de comprender la realidad disponibles y preferibles para el propio sujeto" (Flavell, 1996, p.16). Mientras que la *acomodación* "...viene a significar reconocer y darse cuenta, desde el punto de vista cognitivo, de las diversas propiedades reales que tienen los objetos y acontecimientos exteriores, así como de las relaciones que se establecen entre dichas propiedades" (Flavell, 1996, p.16). Es decir, asimilación y acomodación son indisolubles y actúan en dependencia mutua, además de proporcionar una concepción global de la interacción entre el sujeto y su medio. La adaptación, como ya se dijo, es el resultado del equilibrio entre la asimilación y la acomodación a través de un proceso denominado equilibración y su función reside en producir un equilibrio dinámico mediante constantes estados de desequilibración y reequilibraciones. La segunda (acomodación), refiere a que el intercambio entre el sujeto cognoscente y el objeto de conocimiento implica, necesariamente, que la actividad intelectual resultante sea una actividad organizada, es decir, dotada de características estructurales propias. Asimismo, podemos encontrar en ella tres funciones básicas: a) la conservación; b) la tendencia asimilativa y c) la propensión hacia la diferenciación. En este

sentido, el desarrollo mental es una sucesión de cambios estructurales cada vez más complejos y flexibles que reconstruyen y prolongan la estructura precedente. Gracias a esta integración de las estructuras y a su cada vez más potente y amplio conjunto de acciones y operaciones interrelacionadas, el desarrollo se puede dividir en tres grandes periodos que cumplen los siguientes criterios: orden de secuencia, carácter integrativo y estructura o sistema de conjunto. Así, estas estructuras mentales que determinan y conforman cada uno de los periodos son: 1) el grupo práctico de desplazamientos, 2) los agrupamientos matemáticos y, 3) el grupo de Klein o retículo INRC.

Como se mencionó anteriormente, el desarrollo aparece como una sucesión de construcciones cada vez más elaboradas y complejas, pero, asimismo, es necesario explicitar los factores que determinan el desarrollo mental o cognoscitivo del niño. Desde la perspectiva piagetiana, son cuatro los factores: a) el crecimiento orgánico, con especial énfasis en la maduración, b) la experiencia, tanto física como lógico-matemática, c) la interacción con las personas (medio social) y, d) el proceso de equilibración. Los tres primeros son consideradas por Piaget (1981) como condiciones necesarias pero no suficientes para explicar el desarrollo. En tanto que el cuarto es necesario para la coordinación de los tres primeros en un conjunto coherente y no contradictorio.

La *equilibración*, por tanto, es muy importante dentro de la teoría ya que actúa como coordinador entre los otros factores, es decir, actúa como un motor del desarrollo y, asimismo, es un concepto que explica a éste. Todos los organismos tienden a reestablecer su estado de equilibrio (equilibración simple); sin embargo, el sistema cognitivo humano no sólo lleva a cabo este tipo de equilibración, sino que reacciona a perturbaciones externas introduciendo modificaciones al sistema, en otras palabras, compensa y anticipa a través de la equilibración maximizadora, en

palabras del autor: "La equilibración, tarde o temprano es necesariamente mayorante<sup>1</sup> y constituye tanto un proceso de superación como de estabilización, reuniendo de forma indisoluble las construcciones y las compensaciones" (Piaget citado en Coll. 1995, p.125).

El paradigma psicogenético establece tres periodos evolutivos del desarrollo cognitivo:

1) Periodo *sensoriomotor* que abarca desde el nacimiento hasta los dieciocho/veinticuatro meses. Es un periodo anterior a la aparición del lenguaje y donde el niño va diferenciando y generalizando los esquemas hasta constituir objetos permanentes. El progreso que se produce durante este periodo es muy importante ya que se construirán todas las subestructuras: la noción de objeto, de espacio, de tiempo, causalidad y que servirán de base al pensamiento concreto y formal.

2) Un periodo de inteligencia representacional o conceptual, que conduce al periodo de las *operaciones concretas* y que abarca desde los 2 hasta los 10-11 años dividido en dos fases. En el *subperiodo preoperatorio* (2 a 5/6 años) aparece la capacidad de representar una cosa por medio de otra (función simbólica), sea por medio del lenguaje, la imitación, el juego o la imagen mental. Existe pues un conjunto de simbolizadores que aparecen en este nivel y que hacen posible el pensamiento, el pensamiento que ha transformado las acciones iniciales del periodo sensoriomotor en operaciones. "Estas operaciones son acciones interiorizadas (por ej. la suma, que puede ser efectuada tanto física como mentalmente) que son reversibles (la suma tiene su opuesto en la resta) y constituyen estructuras teóricas de conjunto (tales como el agrupamiento lógico aditivo o los grupos algebraicos)" (Piaget, 1981, p. 16).

---

<sup>1</sup> El término más utilizado frecuentemente en español es *maximizadora* y menos frecuente *optimizadora*, pero no *mayorante*, lo cual es una traducción directa del término francés *équilibration majorante*; "... la equilibración es la tendencia a la búsqueda de un equilibrio cada vez mejor y en este sentido es posible hablar, como Piaget lo hace, de *equilibración maximizadora*, que representa la tendencia a una optimización permanente" (Ramírez y Palacios, 1981, p. 129).

El periodo propiamente dicho de las *operaciones concretas*, abarca de los 5/6 a los 11/12 años (subetapa de la consolidación de las operaciones concretas) y en el cual el niño llega a coordinar sus operaciones tornándolas reversibles. Durante este periodo, las operaciones están coordinadas y agrupadas en un sistema de conjunto. A partir de los siete años se construyen estructuras que les permitirán a los niños seriar, clasificar y entender la noción de número.

3) Periodo de las *operaciones proposicionales o formales*. Durante este periodo, se adquieren las operaciones básicas que hacen posible el pensamiento científico. El sujeto puede razonar no sólo sobre objetos manipulables sino sobre hipótesis y proposiciones, en otras palabras, se hace posible una lógica de proposiciones que supone una combinación de un sistema (identidad, negación, correlatividad y reciprocidad). A partir de este periodo el sujeto se orientará hacia la adquisición de nuevas técnicas de pensamiento y mayor rapidez en la resolución de problemas.

Con base en este modelo del desarrollo cognitivo, Piaget (1984) abordó, entre otros, la representación que tienen los niños acerca del origen de los astros para responder a la pregunta: "¿qué representaciones del mundo se dan espontáneamente en los niños en el transcurso de las diferentes etapas de su desarrollo intelectual?" (p. 11). Estableciendo una secuencia que va del artificialismo integral al artificialismo mitigado para ceder el paso a las "explicaciones naturales, primero dinámicas y finalistas (artificilismo inmanente) y después cada vez más mecánicas" (p. 241). Asimismo, "Las preguntas de los niños muestran... que su interés se relaciona a los problemas relativos a los astros, y la manera misma con que hacen estas preguntas indica como son llevados a darse ellos mismos la solución" (p.219). En este sentido, la presente investigación, apoyada en el marco piagetiano, intenta estudiar tanto las representaciones que hacen los niños del sistema solar (expresión gráfica) como las explicaciones que dan a un conjunto de problemas planteados (entrevista

clínica piagetiana). Para hacerlo, se afirma que los niños construyen un conjunto de ideas de manera espontánea acerca de los fenómenos que le rodean (sociales, naturales, psicológicos, etc.), y que esas ideas son cualitativa y cuantitativamente diferentes en edades diferentes, es decir, que el conocimiento va siendo más amplio, coherente y organizado conforme aumenta la edad.

## 2.2. Las formas de representación.

Una de las características más importantes de nuestra especie es la que se refiere a la capacidad que tenemos para representar el mundo que nos rodea, representación que va matizada por la cultura, la edad, la experiencia en determinado dominio de conocimiento, etc. "Esta función constructiva viene garantizada por tres tipos de anclajes universales básicos: biológico, social y representacional" (Rodrigo, 1994, p. 401).

Todos los seres humanos continuamente construimos explicaciones sobre lo que nos rodea, explicaciones que se van formando a través de lo que experimentamos sobre nosotros mismos o sobre los objetos con los que actuamos. En este sentido, el conjunto de representaciones puede ser diferenciado en *conceptos*, *creencias* y *teorías*. "Concepto, creencia y teoría significan... estructuras representadas mentalmente. Conceptos son unidades de representación mental como 'grains' de items lexicales únicos tales como: objeto, materia y peso. Creencias son proposiciones representadas mentalmente consideradas verdaderas tales como: 'el aire no está hecho de materia'. Los conceptos están constituidos de creencias, de modo que las proposiciones son representadas por estructuras de conceptos. Las teorías son estructuras mentales complejas que constituyen dominios representados, mentalmente, de fenómenos y principios explicativos que los explican..." (Carey y Spelke citadas en

Benlloch, 1997 p. 34). En contraste, algunos autores han tratado de integrar en un solo marco conceptual lo biológico, lo social y lo representacional del conocimiento para explicar cómo los individuos construyen su versión particular de la realidad. Para ello, usan 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).

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).

Pozo, Sanz, Gómez Crespo y Limón (citados en Rodrigo, 1994) han hecho una clasificación distinta de las concepciones espontáneas basándose en su origen. Las dividen en 3 tipos: concepciones espontáneas, inducidas y análogas. Las primeras 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 tendrían como origen los intercambios sociales y el trasvase y asimilación de las teorías

culturales. En este sentido, no sólo la educación formal, sino muy 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. Las teorías se formarían como resultado de realizar analogías a partir de las concepciones espontáneas para adaptarlas a un dominio nuevo sin explorar.

La línea de investigación dedicada a estudiar la "ciencia intuitiva" o "concepciones espontáneas" (teorías implícitas, preconceptos, ideas previas, concepciones erróneas) tiene como característica principal la falta de un marco explicativo, ya que el actual es meramente descriptivo. Estas investigaciones se han realizado en distintos dominios, por ejemplo, en las ciencias naturales o experimentales y en las ciencias sociales (Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1994; Benlloch, 1997; Driver, Guesne y Tiberghien, 1996).

Es innegable que estos sistemas de conocimiento (ideas espontáneas, teorías implícitas, etc.) tienen funciones tan importantes como la regulación de los procesos de cambio logrando estabilidad en el conocimiento y asegurando la relación con la evidencia que proviene del exterior. También permiten guiar la acción, tomar decisiones y hacer inferencias, así como regular la adquisición y construcción de nuevos conocimientos. Sin embargo, el reconocimiento de su importancia no implica la resolución de ciertas problemáticas. Por ejemplo, para Rodrigo, Rodríguez y Marrero (1994) el problema es explicar la construcción de conocimientos a partir de un modelo que relacione las invarianzas del sistema cognitivo y las invarianzas sociales, es decir, que explique en qué punto de la interfase se anudan lo social y lo psicológico (véase la mención que se hizo más arriba, referente a la misma problemática, con el concepto

de equilibración). En el mismo sentido, para Pozo, Sanz, Gómez Crespo y Limón (citados en Rodrigo, 1994) las *concepciones inducidas* (producto de la educación formal e informal) no deberían mostrar diferencias entre las representaciones de los adultos y las de los niños, es decir, los conocimientos de éstos serían una copia de las elaboraciones de los primeros. Por último, si las concepciones espontáneas son resistentes al cambio, incompletas pero coherentes y, universales (Delval, 1994; Driver, Guesne y Tiberghien, 1996) y no se ven alteradas por la educación formal, pero sí se distinguen diferencias entre ellas de acuerdo con las edades de los niños, entonces, parecería necesario estudiar dichas diferencias y determinar, en el caso que nos ocupa, la secuencia de construcción del conocimiento que tienen los niños acerca del sistema solar.

Cuando se interroga a los niños sobre los fenómenos que ocurren a su alrededor necesitan crear una representación mental acerca de lo que se les pregunta, una representación que pueda dar respuesta a las preguntas o que pueda servir para resolver el problema. Es decir, construyen un modelo mental. Los modelos mentales son un tipo de representación mental, "son unidades significativas de representación [que] tienen un carácter molar... compuestos por series de reglas o sistemas de producción... se basa en la idea de que los sistemas cognitivos constituyen modelos de las situaciones con las que interactúan que les permite no sólo interpretarlas sino también hacer predicciones acerca de ellas" (Pozo, 1989, p.149).

El lenguaje capacita al sujeto para construir un modelo mental de la situación que corresponde a una determinada situación. El modelo se construye no sólo con base en lo que se lee o escucha, sino también a partir de lo que se percibe o imagina. El postulado fundamental de esta teoría es: "...el razonamiento consiste en la construcción de modelos mentales basados en las premisas, y la búsqueda de modelos alternativos

que pudiera convertir en falsas las supuestas conclusiones." (Johnson-Laird, 1984, p. 131).

Los modelos mentales se consideran como un tipo de representación dinámica e implícita en la memoria que es análoga a lo que representa y que se reconstruye en cada interacción con el mundo, en sentido estricto, es una estructura dinámica que tiene diversas funciones tales como ayudar a la resolución de problemas y a responder preguntas. De hecho, según Johnson-Laird (1984), todo nuestro conocimiento depende de nuestra habilidad para construir modelos del mundo que nos rodea.

Para algunos autores (Driver, Guesne y Tiberghien, 1996), enseñar ciencias a los niños implica que éstos formen un modelo mental para las cosas que no se pueden percibir de manera directa, pensemos en el interior del cuerpo, la corriente eléctrica, la forma de la tierra o las partículas de la materia. Dicho proceso de construcción es lento y requiere de mucho esfuerzo por parte del aprendiz para que el modelo mental se convierta en parte útil de su estructura conceptual y le permita dirigir las actividades que favorecerán la reestructuración.

Esta concepción considera que la función de los modelos mentales es hacer comprensible lo oculto, lo no obvio, etc., de manera similar a la concepción piagetiana que supone que lo no visible (como en el caso del atomismo espontáneo) es comprendido gracias a las operaciones que posee un sujeto en un momento determinado de su desarrollo (Piaget e Inhelder, 1968).

### *2.3. Las ideas de los niños y las implicaciones en la enseñanza.*

En el ámbito de la educación las ideas previas que tienen los niños son especialmente importantes porque representan marcos de referencia que requieren tiempo e intervención para su modificación. Según Driver, Guesne y Tiberghien (1996), "Los cambios conceptuales constituyen un proceso lento y a largo plazo... los niños tienden a interpretar nuevas situaciones en relación con lo que ya conocen, reforzando... sus concepciones precedentes. La excepción se produce cuando el aprendizaje es incapaz de interpretar una situación de forma coherente. Éste puede hacer interpretaciones alternativas, posiblemente conflictivas, o bien la situación puede ser tal que impida la construcción de cualquier interpretación adecuada" (p.299).

Los niños construyen ideas sobre el mundo que les rodea, la mayoría de estas ideas, generalmente, consideran únicamente los aspectos sobresalientes de los fenómenos o de las cosas (Rosch citada en Benlloch, 1997) lo que los lleva a percibir sus propiedades como únicas sin tomar en cuenta la interacción que hay entre los elementos que conforman un sistema, pasando de un significado a otro de forma no necesariamente consciente y explicando sólo elementos (conceptos) parciales de los fenómenos.

Desde el punto de vista del proceso educativo parecería necesario no sólo considerar la estructura de los contenidos que se pretenden enseñar, sino también tomar en cuenta las ideas que los alumnos construyen acerca del mundo que les circunda. Saber cómo construyen los niños los conocimientos, qué dificultades encaran, qué medios y/o estrategias utilizan para hacerlo, qué conceptos utilizan y cuáles no y en qué edades, se vuelven preguntas centrales en el momento de decidir qué contenidos curriculares seleccionar, qué secuencia deben tener, qué estrategias de

enseñanza son las más adecuadas para transmitirlos y qué estrategias de aprendizaje son las más adecuadas para comprenderlos. Por tanto, las investigaciones acerca de las ideas espontáneas que realizan los niños son un medio posible de tomar en cuenta tanto para la conformación del currículum como para explicar las posibilidades y limitaciones que tiene un educando en el momento en el que interactúa con los contenidos escolares.

## IDEAS DE LOS NIÑOS Y ADOLESCENTES SOBRE LA FORMA DE LA TIERRA Y OTROS FENÓMENOS RELACIONADOS

### 3.1. *La perspectiva piagetiana.*

La forma y los mecanismos que utilizan los niños en la construcción de conocimientos en diferentes etapas de su vida ha sido motivo de investigación dentro de la perspectiva psicogenética (Piaget, 1980; Piaget y cols., 1975; Piaget e Inhelder, 1971; Piaget y Szeminska, 1978). Dichas investigaciones han arrojado un conjunto de datos que permiten establecer las secuencias de construcción de distintos objetos de conocimiento (lógico-matemático, físico, social, biológico, etc.) y los mecanismos y/o estrategias utilizadas por el sujeto en la construcción de esos conceptos o conocimientos.

Desde esta perspectiva, algunos conceptos de la física (fuerza, velocidad, energía, tiempo, etc.) han sido estudiados (Piaget, 1980; Piaget y cols., 1975; Piaget e Inhelder, 1971; Piaget y Szeminska, 1978) con base en el método clínico-crítico. Sin embargo, solamente en una obra (Piaget, 1984) se han abordado las representaciones que realizan los niños acerca del origen de los astros (el sol y la luna). Las conclusiones de dicho trabajo se centran en la concepción artificialista de los niños, es decir, que consideran las cosas en este caso, los astros, como el producto de la fabricación humana y plantea una secuencia de construcción que va del artificialismo integral al artificialismo mitigado para pasar, posteriormente al artificialismo inmanente (explicaciones naturales dinámicas y finalistas) y, por último, a las explicaciones naturales mecánicas. Pero, no analiza las concepciones acerca del funcionamiento de un sistema en su totalidad como lo es el sistema solar.

Fuera de esta investigación, no existen otras que partan del marco psicogenético, sin embargo, desde otras perspectivas teóricas si existen trabajos que han estudiado las ideas de los niños acerca de fenómenos astrofísicos (forma de la tierra, ciclo día/noche, fases de la luna, etc.).

### 3.2. *Ideas de los niños acerca de los fenómenos astrofísicos.*

Las investigaciones dentro del terreno de la astronomía (Vosniadou y Brewer, 1992; Vosniadou y Brewer, 1994 y Samarapungavan, Vosniadou y Brewer, 1996) se han enfocado más hacia el estudio de la forma de la tierra, de los conceptos sobre la tierra y el sol y de los fenómenos relacionados. Algunos de ellos han discutido las implicaciones educativas (Klein, 1982; Baxter, 1995, De Manuel 1995).

Nussbaum (1996) plantea que existen tres ideas elementales que influyen en la concepción de la tierra: 1) la tierra es plana y se extiende infinitamente hacia los extremos, 2) el firmamento y el espacio son igualmente planos, situados paralelamente a la tierra y, 3) las direcciones que siguen los objetos al caer forman líneas paralelas. Para cambiar esta concepción de la tierra el niño ha de imaginar como se vería su entorno desde el espacio exterior, lo que implica, desde el punto de vista piagetiano superar el punto de vista egocéntrico. El método utilizado por este autor consistió en una entrevista y tres tareas que incluían la predicción de caídas libres imaginarias y su explicación. Se identificaron cinco tipos de nociones: 1) la tierra es plana; 2) la tierra es redonda, pero compuesta por dos hemisferios uno de rocas y tierra y otro de "aire" y además está rodeada por el espacio; 3) la tierra es esférica, 4) se entienden algunos elementos del concepto tierra, y se cree que vivimos en un planeta esférico y rodeado por el espacio y, 5) los niños tienen una idea

correcta del concepto tierra: es un planeta esférico, rodeado por el espacio y hacia cuyo centro caen los objetos.

Sneider y Pulos (citados en Vosniadou y Brewer, 1994) validaron los resultados de Nussbaum y mostraron que la mayoría de los niños menores de 10 años tienen las nociones 1, 2 y 3, mientras que los más grandes tienen las nociones 4 y 5. Otros resultados interesantes fueron los de Mali y Howe (citados en Vosniadou y Brewer, 1994) quienes trabajando con niños de Nepal comprobaron la presencia de las mismas nociones sólo que se presentaban más tardíamente. Klein (1982) diseñó un estudio con el objetivo de evaluar los conceptos que tienen los niños de segundo año sobre la tierra y el sistema solar, identificar si hay diferencias en el tipo de explicación dadas y desarrolladas por los padres mexicanos americanos y angloamericanos y, por último, determinar si hay diferencias significativas entre los tipos de explicación que dan niños y niñas. La muestra estuvo compuesta por 24 niños. La entrevista consistió en una serie de preguntas basadas en: 3 conceptos sobre la tierra y el sol. Los ocho conceptos fueron: 1. Vivimos en la tierra, 2. La tierra es redonda, 3. La tierra está en el espacio, 4. Los objetos parecen diferentes desde varias perspectivas, 5. El sol es más grande que la tierra, 6. La noche y el día son causados por la rotación de la tierra, 7. El amanecer ocurre a horas diferentes en diferentes lugares geográficos por la rotación de la tierra y, 8. La tierra hace una rotación completa cada 24 hrs. Los resultados mostraron que las respuestas de los niños son posibles ejemplos de pensamiento precausal y que la mayoría de ellos no mostraron una comprensión de la perspectiva y rotación de la tierra en el espacio como causa de la noche y el día.

Baxter (1995) estableció un programa de investigación en estructuras alternativas sobre astronomía y estudió: a) el planeta tierra en el espacio y campo gravitatorio, b) ciclo día/noche, c) fases de la luna y, d) las estaciones. Se utilizaron dos procedimientos para la recolección de datos.

Primero, se entrevistó a 20 niños de 9 a 16 años para conocer sus teorías acerca de estos temas. Posteriormente las concepciones que ocurrieron frecuentemente fueron usadas para construir un instrumento astronómico conceptual que incluyó una serie de declaraciones con diagramas basados en los dibujos presentados por los entrevistadores. Los resultados de la investigación muestran diferentes tipos de nociones: 1. La primera describe al planeta tierra completamente plano, representa una superficie plana; 2. 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; 3. La tercera noción representa un planeta esférico con la gente viviendo sobre toda la superficie, sin embargo la idea arriba-abajo continúa; 4. Por último, se muestra a la gente viviendo sobre la superficie completa de la tierra y la parte de abajo es el centro de la tierra.

Para investigar *el ciclo día/noche* se pidió a los niños que explicaran porque pensaban que se oscurecía de noche. Podían explicar su idea realizando un dibujo o utilizando esferas de poliestireno. Se identificaron seis diagramas. La idea de que los objetos cercanos o familiares son los causantes de fenómenos declina con la edad, pero el número de estudiantes mayores que explican el día y la noche utilizando un constructo diferente (que la tierra gira en su propio eje frente al sol fijo) es relativamente alto. 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.

En el tema *las fases de la luna* 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". Se identificaron cinco nociones.

Noción 1. Las nubes cubren parte de la luna, no siempre, pero la luna llena se ve en el verano cuando hay pocas nubes; Noción 2. La luna deposita su sombra sobre la luna. Los niños piensan que debe haber alguna norma para los cambios pero no están seguros de cual es; Noción 3. La sombra del sol cae sobre la luna. No hay norma para los cambios observados; Noción 4. La sombra de la tierra cae sobre la luna. Algunos niños reportan que esto ocurre en un mes; Noción 5. Las fases de la luna explicadas en términos de porción de un lado iluminado de la luna visible para la tierra, un niño relata que 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 poliestireno. La idea más frecuente es la de que el sol está más alejado durante el invierno. Se identificaron seis nociones. 1. Los planetas fríos toman calor del sol; 2. Las nubes pesadas del invierno detienen el calor del sol; 3. El sol se aleja de la tierra en el invierno; 4. El sol se mueve al otro lado de la tierra para darles verano; 5. El cambio en las plantas origina las estaciones; 6. O bien, 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 de 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 los cuerpos celestes ahora se observan moviéndose en órbitas. Este movimiento orbital considera la tierra como el centro.
4. Visión heliocéntrica y asociada con ideas gravitatorias.

Por otra parte, De Manuel (1995) diseñó una investigación con el fin de conocer la representación que tienen los estudiantes de 12 a 18 años sobre el modelo sol-tierra, enfocándose en el modelo de la órbita terrestre y en las causas del verano y del 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, aquí 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 al por qué de los veranos e inviernos. La mayoría opina que el factor determinante es la distancia a la que la tierra se encuentra del sol. Se dividieron las respuestas 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, aparecieron nuevas

concepciones como por ejemplo, que en el sur hace más calor siempre y respuestas teológicas como que el mundo es así.

Otros estudios (Vosniadou y Brewer, 1992 y 1994) han tratado de investigar la naturaleza del conocimiento intuitivo que tienen los niños sobre la forma de la tierra y sobre el fenómeno día/noche, además de tratar de entender cómo cambia a lo largo del desarrollo. En la investigación de Vosniadou y Brewer (1992), la muestra estuvo formada por 60 niños de 6 a 11 años a los que se les aplicó un cuestionario de 48 reactivos que arrojaba información sobre los conceptos astronómicos que tienen los niños; además, se les pidió que hicieran un dibujo sobre la forma de la tierra sobre el que también eran interrogados. Se identificaron cinco tipos de modelos de la forma de la tierra: 1. Rectangular, 2. Forma de disco, 3. Modelo de la tierra dual, 4. La esfera hueca y, 5. Esfera aplanada. Para los autores estos modelos están limitados por una serie de presuposiciones que los niños forman basados en su experiencia diaria. En la investigación sobre el ciclo día/noche (Vosniadou y Brewer, 1994), los resultados muestran que los modelos que forman los niños son 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 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.

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. Posteriormente los resultados obtenidos en esta investigación se compararon con los obtenidos por Vosniadou y Brewer (1992, 1994). La muestra estuvo

conformada por 38 niños, 19 de primer años cuyas edades varían entre los 5;8 y los 6;4 años; y 19 de tercer año con edades entre los 7;6 y los 8;5 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 y otras requerían que los niños construyeran modelos de arcilla para responder. Los resultados muestran nueve tipos de modelos: 1. Esfera en el espacio, 2. Esfera en el agua; 3. Esferoide en el espacio, 4. Esfera hueca en el espacio, 5. Esfera hueca en el agua; 6. Disco en el espacio, 7. Disco en el agua, 8. Tierra rectangular en el agua y, 9. Indeterminado. Las explicaciones acerca del ciclo día/noche se distribuyen en cinco tipos: 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.

Respecto del sistema solar, se han estudiado las representaciones que hacen los alumnos de secundaria de entre los 14 y los 18 años. Alfonso, Bazo, López, Macau y Rodríguez (1995). Estudiaron a 169 estudiantes 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 a la localización del sistema tierra-sol-luna en el universo, se planteó conocer las diferentes concepciones de los alumnos para poder trabajar con ellas. Se utilizó como instrumento un dibujo y la consigna fue representar el universo, localizando la tierra en él. Se utilizaron tres criterios para el análisis de los dibujos: a) Situación y dimensión del planeta tierra (concepción geocéntrica), b) Situación y dimensión del sol (concepción heliocéntrica) y, c) Unidades fundamentales del universo (concepción acéntrica).

Los resultados de la investigación muestran diferentes tipos de representaciones: universo saco, concepción geocéntrica, concepción

heliocéntrica y concepción acéntrica. El mayor número de los estudiantes tiene una representación heliocéntrica, la concepción acéntrica aparece en segundo lugar y, la geocéntrica, es representada por la minoría.

El conjunto de 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. Asimismo, en relación con lo anterior, se parte 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 tierra con los demás astros y una coherente utilización de los conceptos gravitatorios. En sentido estricto, podemos observar que existe una diferenciación entre los conocimientos acerca de los fenómenos astrofísicos y las edades de los sujetos.

## ESTUDIO

### *4.1. Justificación.*

Todos los niños tienen ideas e interpretaciones espontáneas acerca de las cosas y de los fenómenos del mundo que les rodea con anterioridad a la enseñanza escolar, es decir, sin haber recibido ningún tipo de instrucción antes. Dichas interpretaciones son construidas a partir de ciertas experiencias: conversaciones, medios de comunicación, actividades prácticas, etc. Estas interpretaciones o ideas previas que cada uno de nosotros tiene, influyen en la manera en que se adquiere la información e, igualmente, la encontramos en la forma en que se genera el conocimiento científico.

Podría pensarse que no tenemos que preocuparnos demasiado por estas ideas ya que se irán modificando con el tiempo. Sin embargo, muchas de éstas ideas son persistentes y resisten la enseñanza escolar, hasta el punto de encontrar que los adultos las siguen teniendo (Driver, Guesne y Tiberghien, 1996; Benlloch, 1997). En general, los alumnos establecen dos tipos de explicaciones: la primera, basada en la formulación de ideas espontáneas, teorías implícitas o concepciones erróneas que dan cuenta de los fenómenos experimentados en la vida cotidiana y, la segunda, para los fenómenos transmitidos por la enseñanza formal (la mayor parte de las veces propiciando un aprendizaje memorístico). Esto último, da como resultado que el conocimiento así adquirido carezca de interconexiones con los restantes conceptos que integran la parcela del conocimiento enseñado y aprendido.

Las representaciones que tienen los sujetos sobre el medio tanto físico como cultural que los rodea nos demuestra que no nos encontramos frente

a una "tábula rasa" sobre las que se puede edificar lo que nosotros queramos (Rodríguez, Rodrigo y Marrero, 1993). Los alumnos son realidades existentes y sólo se puede actuar sobre ellos en la medida en que se ha aprendido a conocerlos. La escuela, por lo tanto, debería partir de los problemas que los sujetos se plantean y ser capaces de ofrecerles soluciones y significados para ellos. Es importante que retomemos las situaciones y conceptos que son problemáticos para los sujetos y, a partir de ello, conectarlos con sus conocimientos anteriores, ya que si los esquemas y conceptos permanecen débilmente conectados, la capacidad de resolver situaciones nuevas se verá limitada.

Aunque cada niño tiene una interpretación personal sobre los distintos fenómenos que observa, existen algunas pautas generales y semejantes en el tipo de ideas que generan los niños dependiendo de la edad.

#### *4.2. Problema.*

El interés de la presente investigación se centra en responder, con ayuda del método psicogenético, a la pregunta: ¿Cómo representan los niños y los adolescentes (de 6 a 12 años) el sistema solar?. Asimismo, se pretende describir y analizar dichas representaciones.

#### *4.3. Objetivos.*

Son dos los objetivos a lograr.

1. Describir y analizar las representaciones que tienen los niños entre los 6 y 12 años sobre el sistema solar.
2. Identificar la secuencia evolutiva de construcción de acuerdo con la edad.

#### 4.4. Método.

##### 4.4.1. Sujetos.

Se seleccionó una muestra no probabilística de tipo intencional de 30 sujetos de ambos sexos (12 niños y 18 niñas) cuyas edades comprendieron de los 6 a los 12 años y que cursaban primero, tercero y sexto grados de primaria. La aplicación se realizó en el Distrito Federal.

| Grado        | Edades   |          |          |          |          |          |          | Total     |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
|              | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |           |
| Primero      | 4        | 6        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 10        |
| Tercero      | 0        | 0        | 1        | 8        | 1        | 0        | 0        | 10        |
| Sexto        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 4        | 5        | 10        |
| <b>Total</b> | <b>4</b> | <b>6</b> | <b>1</b> | <b>8</b> | <b>2</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>30</b> |

Tabla 1. Distribución de los sujetos estudiados por edad y grado escolar.

##### 4.4.2. Procedimiento.

Se realizó una entrevista de 24 preguntas (ver anexo 2). A cada uno de los sujetos se le entrevistó de manera individual durante un promedio de 30 minutos (todas las entrevistas fueron grabadas). La escuela donde se hizo el estudio facilitó un salón para la realización de dichas entrevistas. A cada niño se le pedía su nombre y edad (lo que se corroboraba posteriormente con su maestra) y se platicaba con él con la finalidad de distender la situación, posteriormente, se daba inicio a la entrevista.

Primero se hicieron 10 preguntas a los sujetos, las cuales sirvieron para determinar el conocimiento que tenían acerca del sistema solar y la forma

del planeta tierra. Posteriormente, se les pedía que hicieran un dibujo de la tierra donde debía incluirse el sol, la luna, las estrellas y los planetas. Finalizado el dibujo se continuó con la entrevista (16 preguntas).

La entrevista fue diseñada con los resultados obtenidos en un pequeño pilotec donde se les pidió a los niños información acerca de algunos conceptos de astronomía (ideas sobre la tierra, sol, luna, estrellas, gravedad, etc.). Muchas de las preguntas podían ser respondidas basándose exclusivamente en la información que los niños y los adolescentes han obtenido a través de su propia experiencia. Por ejemplo, el intercambio de información con los padres, maestros, amigos, etc.; la lectura de libros y revistas, los programas de televisión; su propia observación de los astros (luna, estrellas, sol), de las estaciones del año, ciclos lunares, fenómenos astronómicos como los eclipses, o por medio de la instrucción. Otras, en cambio, no podían responderse a partir de la observación directa. Es necesario aclarar, que las preguntas de la entrevista constituyen un formato general pero no es un cuestionario, esto es, ante cada respuesta dada por los sujetos se buscaba contrargumentar con el objetivo de explicitar las respuestas (véase Piaget, 1984).

#### *4.4.3. Resultados.*

Los resultados del estudio fueron analizados con base en las respuestas obtenidas en la producción gráfica y en la entrevista. En el caso del dibujo, se analizaron: 1) la configuración general y organización (representación) del sistema solar (sol, planetas, luna, tierra y otros elementos) y, 2) las dimensiones relativas de los elementos representados, así como sus frecuencias. Para el caso de la configuración y organización, se propusieron 4 niveles de respuesta: Nivel 0, en donde los sujetos establecen una relación sol-tierra-luna, pero sin considerar el sistema

solar. Nivel I, en donde los sujetos prefiguran el sistema solar (incluyendo la relación sol-tierra-luna) pero sin establecer una organización lineal ni basada en órbitas. Nivel II: en el cual los sujetos basan la configuración y organización del sistema solar en una relación lineal y Nivel III, en el cual los sujetos organizan en órbitas específicas los planetas que componen el sistema solar.

| Niveles | Descripción   |
|---------|---|
| 0       | Establecimiento de la relación sol-tierra-luna pero sin considerar el sistema solar.<br><i>Ejemplo:</i> dibujos 1 y 5 (ver anexo 1).  |
| I       | Prefiguración del sistema solar incluyendo la relación sol-tierra-luna, pero sin establecer una organización lineal o basada en órbitas.<br><i>Ejemplo:</i> dibujos 2, 6 y 8 (ver anexo 1). |
| II      | Configuración del sistema solar basada en una relación lineal.<br><i>Ejemplo:</i> dibujos 4, 7 y 9 (ver anexo 1).   |
| III     | Organización de los planetas que componen el sistema solar en órbitas específicas.<br><i>Ejemplo:</i> dibujos 10 y 11 (ver anexo 1).  |

Tabla 2. Descripción de los niveles de análisis del dibujo.

Al final (véase Anexo 1) se presentan algunas de las producciones gráficas prototípicas de cada Nivel con el fin de que el lector se haga una idea de las representaciones que tienen los niños del sistema solar.

#### 4.4.4. Análisis del dibujo.

##### *Configuración y organización del sistema solar.*

###### Nivel 0:

En este Nivel solamente 2 sujetos (20%) del primer grado y 1 del tercer grado (10%) establecieron la relación sol-tierra-luna. El bajo porcentaje (10% de la población total {n=30}) de sujetos pertenecientes a este Nivel nos habla de que la mayor parte de los sujetos estudiados poseen un conocimiento astrofísico.

###### Nivel I:

En este Nivel están ubicados 15 sujetos (50% de la población total); 6 de ellos del primer grado, 7 del tercer grado y 2 del sexto grado. Como puede verse, al aumentar la edad (y con ello el grado escolar) aumenta el conocimiento acerca del sistema solar. El bajo porcentaje (6.66%) de los sujetos del sexto grado pertenecientes a este nivel así lo muestra.

###### Nivel II:

En este Nivel se encuentran 7 sujetos (23.33% de la población total); 2 de ellos pertenecientes al primer grado (20%), 2 de tercero (20%) y 3 de sexto (30%). En estos resultados se observa una especie de transición entre el Nivel I y el Nivel III, es decir, el cambio entre una falta de organización y una organización basada en órbitas planetarias.

###### Nivel III:

A este Nivel pertenecen 5 sujetos (16.66% de la población total), todos ellos del sexto grado y ninguno de primero y tercero. Lo cual corrobora que

la organización orbital del sistema solar es una concepción más tardía en la representación que hacen los sujetos del mismo. Sin embargo, es necesario recalcar que los 5 sujetos sólo representan el 50% de su grupo, el restante 50% se distribuye en los Niveles anteriores (Nivel I = 20% y Nivel II = 30%). Pero, si tomamos en cuenta a los sujetos que dieron respuestas pertenecientes a los Niveles II y III, tendremos lo siguiente: 6.66% del primer grado, 6.66% del tercer grado y 26.66% del sexto grado. Es decir, existe un avance hacia una configuración y organización más completa del sistema solar relacionado con la edad, tal y como se aprecia en la tabla número 3.

| Niveles      | Grado   |         |       | Total |
|--------------|---------|---------|-------|-------|
|              | Primero | Tercero | Sexto |       |
| <i>0</i>     | 2       | 1       | 0     | 3     |
| <i>I</i>     | 6       | 7       | 2     | 15    |
| <i>II</i>    | 2       | 2       | 3     | 7     |
| <i>III</i>   | 0       | 0       | 5     | 5     |
| <b>Total</b> | 10      | 10      | 10    | 30    |

Tabla 3. Número de sujetos en la relación grado escolar por nivel de respuesta.

#### 4.4.4.1. Dimensión de los elementos.

Para el análisis de las dimensiones relativas de los elementos considerados en el dibujo se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

1. Dimensión del sol.
2. Dimensión de la luna.
3. Dimensión de la tierra.
4. Dimensión de otros planetas.
5. Otros elementos.

##### 1. Dimensión del sol.

El sol fue dibujado por todos los sujetos, pero considerado con diferentes tamaños respecto de los otros astros incluidos en el dibujo. Con respecto a la tierra, el 63% de los sujetos lo dibujó más grande, el 27% más pequeño, y sólo el 10% los dibujó del mismo tamaño. El 63% de los niños dibujaron el sol más grande que la luna, el 3% lo dibujó más pequeño y el 33% del mismo tamaño. De los 30 sujetos entrevistados, 28 dibujaron otros planetas además de la tierra, de los cuales el 75% dibujó al sol más grande, el 18% representó más pequeños a los planetas con respecto del sol y el 7% los dibujó del mismo tamaño.

##### 2. Dimensión de la luna.

El 100% de los sujetos dibujaron el satélite natural de la tierra. La luna es más grande que el sol sólo para el 3% de los sujetos; el 63% dibujó el sol más grande y el 33% dibujó el sol y la luna del mismo tamaño. La luna es más pequeña que la tierra en un 63%; el 20% de los sujetos dibujó la luna más grande que la tierra y el 17% las dibujó del mismo tamaño. Como ya

mencionamos anteriormente, 28 sujetos dibujaron otros planetas. Comparándolos con la luna, tenemos que el 32% opina que la luna es más grande, el 36% dibujaron la luna más pequeña y el 32% los dibujó del mismo tamaño.

### 3. Dimensión de la tierra.

Todos los niños y niñas entrevistado dibujaron el planeta tierra. Su dimensión respecto de los otros astros incluidos en el dibujo se distribuye de la siguiente forma. El 63% dibujó el planeta tierra más grande que la luna, el 20% lo dibujó más pequeño y sólo el 17% de la misma proporción. La tierra es más grande que el sol para el 27% de los sujetos, el 63% opina que es más pequeña y el 10% opina que son del mismo tamaño. La tierra es más grande que los otros planetas para el 40% de la población, para el 3% es más pequeña y el 53% los dibuja del mismo tamaño.

### 4. Dimensión de otros planetas.

De los 30 sujetos que fueron entrevistados sólo el 93% (28 sujetos) incluyeron otros planetas cuya diferencia varió de 1 hasta 8. En primer año 9 sujetos dibujaron planetas; la cantidad de planetas incluidos varió desde 1 hasta 8. Seis de los sujetos nombraron algunos de los planetas dibujados, el planeta al que más se refirieron fue Plutón (5 sujetos), Júpiter fue nombrado 4 veces, Mercurio, Venus y Marte dos veces y Saturno y Urano sólo una vez. En tercer año el 90% de los sujetos dibujaron planetas, el número va desde 1 hasta 8, de los cuales ninguno fue nombrado. Por último, en sexto año el 100% de los sujetos dibujó planetas desde 3 hasta 8 sin nombrar alguno.

Con independencia del tamaño relativo de los planetas, sus dimensiones respecto al sol, la luna y la tierra conforman la siguiente relación: El 18%

los dibuja más grandes que el sol, para el 75% son más pequeños y el 7% los dibuja del mismo tamaño que el sol. El 3% dibuja a los planetas más grandes con respecto a la tierra. para el 43% los planetas son más pequeños que la tierra y el 55% los dibuja del mismo tamaño. Por último, comparados con la luna, el 36% opina que son más grandes, el 32% los dibuja más pequeños y el 32% los dibuja del mismo tamaño.

##### 5. Dimensión de otros elementos.

Dentro de esta categoría hemos incluido aquellos elementos que pertenecen al universo tanto naturales (galaxias, asteroides, etc.), como artificiales (naves o satélites espaciales), y elementos naturales pertenecientes al sistema terrestre (nubes, cielo, etc.). En total, el 50% de los sujetos agregaron elementos a su dibujo. En primer año, 4 de los 10 sujetos pusieron algunos elementos, éstos pertenecen a la categoría de elementos naturales del sistema terrestre (nubes y cielo) y a elementos artificiales (cohetes y sistema solar, este último fue denominado así por el sujeto pero en realidad hace referencia a un satélite). En tercer año, sólo el 20% incluyó otros elementos, en este grupo podemos ver elementos naturales pertenecientes al universo y elementos artificiales, desaparecen los elementos relativos al sistema terrestre. Los elementos incluidos son: cometas, cohete y lunas en otros planetas. En sexto, aumenta la inclusión elementos naturales del sistema solar (90% de los sujetos) y sólo el 10% dibujó elementos artificiales. Dentro de los dibujos encontramos una gran variedad de elementos que sólo se presentan en este grado, por ejemplo: vía láctea, asteroides, galaxia, cinturón de asteroides, órbitas y satélites que rodean la tierra.

Así mismo, sin hacer un análisis del tamaño relativo de las estrellas, es importante señalar la frecuencia con que se presentan dentro de los dibujos. En primer año, el 70% de los sujetos entrevistados las dibujó, en

tercero el 90% y por último, en sexto, el 100% incluyó estrellas en su dibujo.

Es importante resaltar que conforma avanza la edad disminuyen los elementos naturales del sistema terrestre (nubes, cielo, etc.), de igual forma que los artificiales (cohete, etc.), pero aumentan los elementos naturales referentes al sistema solar y al universo en general.

#### *4.4.5. Análisis de la entrevista.*

La entrevista estuvo conformada por 24 preguntas. Las 10 primeras sirvieron para determinar el conocimiento general que tenían los niños acerca del sistema solar y de su forma (las dos primeras preguntas); del planeta tierra y sus límites espaciales y de las fuerzas presentes en la dinámica interplanetaria (las cinco siguientes). Al término de estas preguntas se le pidió al niño que hiciera un dibujo del sistema solar para continuar con el resto de la entrevista. Estas 14 preguntas indagaron aspectos relativos a eventos hipotéticos que afectarían la dinámica interplanetaria. Así, las 10 primeras preguntas indagan el aspecto descriptivo del sistema planetario y, las siguientes, el aspecto dinámico y la forma en la cual los niños explican esa dinámica (Véase Anexo 2).

Lo anterior, obedece a la diferenciación establecida por Chi (citado en Benlloch, 1997) de conceptos encajados en categorías ontológicas "materia" (animales, cosas, aire) de aquellos otros que se encuentran en la categoría ontológica "procesos" (calor, energía, electricidad, gravedad), los cuales presentan una mayor dificultad en su adquisición.

De esta manera, en los dibujos se buscó dejar constancia de la categoría ontológica "materia" (las denominaciones que los niños realizaron de los elementos que componen el sistema solar), para dejar que en la entrevista

se buscara básicamente la categoría ontológica "procesos". Con base en lo anterior, se realiza un análisis de las respuestas de los niños de acuerdo al problema planteado y al grado escolar correspondiente.

### Primer grado

Salvador (6;8). "**-¿Sabes que es el sistema solar? -No, tal vez es una nave que anda en un rectángulo, yo lo he visto en los comerciales, es una nave y lo he visto con el escudo de México.**"

Karen (6;10). "**-¿Sabes qué es el sistema solar? -Algo que echa luz por un tubito y la luz es de color azul y lo hecha por un planeta.**"

Como puede observarse, el 100% los sujetos no poseen un concepto del sistema solar.

Natasha (6). "**-Si caminaras durante muchos días por la tierra en una línea recta ¿A dónde llegarías? -Al cielo porque hay que caminar mucho y hasta me volvería viejita.** O bien, al no existir el concepto de gravedad suponen una base netamente material. Natasha (6). "**-¿Por qué no nos caemos? -No sé, porque está la... no sé. La gente vive debajo de la tierra.**" Más explícita es la respuesta de Salvador (6;8) **-Porque están en sus países y el mar en el otro lado y porque están adentro de la tierra.**

En general el 100% de los sujetos del primer grado presentan dos ideas: primero, suponen que la tierra es redonda (pelota, círculo, etc.), pero, segundo, al suponer a los habitantes en ésta, implican una forma plana que va de ponerlos en la cima del globo a meterlos dentro de la tierra. Karen (6;10). "**-¿Sabes en qué parte del planeta vive la gente? -La gente vive en el centro, adentro.** -¿Por qué no nos caemos? **-No se caen porque no hay aire que mueva al planeta, la gente vive en el centro, adentro.**"

### Tercer año

Esta concepción se extiende de manera significativa (80%) al tercer grado, es decir, también para estos niños los habitantes de la tierra viven adentro de ésta o en la parte superior de la superficie, haciendo necesaria, la utilización de elementos materiales que expliquen porque la gente no se cae:

Alejandra (9;5). "-¿Sabes en qué parte del planeta vive la gente? - **Estamos encima. ¿Por qué no nos caemos? -Porque la gente vive sobre la esfera, en la superficie, pero sólo en la parte superior de la esfera.**"

Gwendalina (8;11). "-¿Por qué no nos caemos? -**Porque la gente vive adentro [de la tierra] y el planeta siempre está girando.**"

En cuanto a su concepción del sistema solar observamos lo siguiente:

Adrián (9;4). "-¿Sabes qué es el sistema solar? -**Sí, es una estrella brillante, amarilla.**"

Ulises (9;6). "-¿Sabes qué es el sistema solar? -**Sí, los planetas, el universo.**

Estas concepciones muestran una ligera variación en relación con los sujetos del primer grado, pero sólo dan los elementos que lo componen pero sin la definición. Asimismo, dos sujetos de este grado introducen el concepto de gravedad para decir por qué no nos caemos; sin embargo, no es debidamente explicitado.

### Sexto grado

Con respecto a sus concepciones del sistema solar encontramos:

Eduardo (12;4). "- ¿Sabes qué es el sistema solar? -**Sí, es el conjunto de planetas que giran alrededor del sol.**"

Xiao Hu (12;7). "-¿Sabes qué es el sistema solar? -**Sí, es donde hay muchos planetas y estrellas.**"

Mariana (11;11). **"-¿Sabes qué es el sistema solar? -Sí, es el conjunto de planetas que se encuentran en el universo."**

Ante la pregunta ¿Por qué no nos caemos? La respuesta típica es: **por la gravedad y porque la gente vive en la superficie.** Solamente dos sujetos de este grado (20%) siguen concibiendo que la gente vive dentro de la tierra. La gravedad es:

Eduardo (12;4) **-Una fuerza que te hace hacia abajo.**

Xiao Hu (12;7) **-Es una fuerza magnética que jala las cosas.**

Alejandro (12;7) **-Es la fuerza que atrae un cuerpo a la tierra.**

Dayana (12;3) **-Es lo que evita que podamos flotar como en la luna.**

Mariana (11;11) **-Es cuando un objeto permanece en un solo lugar.**

Paulina (10;8) **-Es lo que hace que no vuelen las cosas.**

Si bien los habitantes de la tierra aparecen ahora en la superficie la explicación de por qué es así no es del todo comprendida, aspecto que quedará mejor mostrado con las relaciones interplanetarias.

Para buscar una concepción dinámica del sistema solar, es decir, de los elementos y movimientos existentes, se plantearon preguntas como las siguientes: ¿Los planetas se pueden caer?

### **Primer grado**

Natasha (6) **-No, porque flotan, porque están en el espacio.**

Salvador (6;8) **-No, porque flotan en un lugar, no se mueven a los lados.**

Enrique (7;3) **-No, no se mueven.**

David (7;4) **-No, están flotando, todos flotan.**

Pamela (7;3), introduce un elemento de intencionalidad y voluntad al planeta **-No, porque son grandes y saben manejarse.**

Paulina (7;4) **-No, están detenidos por el mundo. La luna, el sol y las estrellas están arriba de los planetas.**

Karen (6;10) **-A veces y a veces no, a veces hay aire y a veces no hay aire.**

Hemos puesto a casi todos los sujetos del primer grado ante esta pregunta para mostrar la ausencia de un concepto (gravedad) que explique suficientemente la posición de los planetas.

### **Tercer grado**

En este grado, el 50% de los sujetos introduce un elemento que tiende a explicar la causa del por qué no se caen los planetas:

Alejandra (9;5) **-No, porque los mantiene el aire.**

Adrián (9;4) **-No, porque flotan. No sé porque flotan, porque no hay aire ni plantas, no hay aire para vivir.**

El 50% restante fluctúa entre:

Claudia (10;5) **-No, porque son resistentes.**

Adriana (9;1) **-No, porque están como volando.**

Gwendalina (8;10) **-No, porque el sol los protege.**

Como puede observarse, no hay una diferencia significativa entre las respuestas que dan los sujetos de los dos grados anteriores.

### **Sexto grado**

El 60% de los sujetos de este grado consideran la fuerza de gravedad como la responsable de que los planetas no se caigan:

Angélica (12;2) **-No, porque hay fuerza de gravedad.**

Uno de ellos implica una fuerza proveniente del sol como la causa:

Xiao Hu (12;7) **-No, [porque] el sol tiene algo que hace que los planetas no se muevan... el sol avienta como ondas que hace que los planetas no se muevan.**

Tres de ellos 30% consideran que se podría dar sólo en caso de que los planetas perdieran su órbita, la cual es explicada en términos de un elemento material que sostiene al planeta. Uno sólo de los sujetos 10% les otorga a los planetas conciencia:

Thalía (11; 2) **-Sí pueden caerse, porque a veces no saben su camino.**

Como puede observarse, una vez más el concepto de gravedad no es explicitado y, por ende, el sistema es concebido como estático. Lo anterior queda ejemplificado en la siguiente pregunta: ¿Pueden chocar los planetas entre ellos?

### **Primer grado**

Salvador (6;8) **-No, porque sólo flotan en un lugar, no se mueven a los lados.**

Estefanía (7;0) **-No, [porque] hay muchas cosas alrededor.**

Pamela (7;3) **-No, porque se fijan muy bien, además no chocan porque no se mueven.**

Además de estas respuestas, lo común es que los planetas se destruirían si llegaran a chocar, pero sin suponer una alteración en todo el sistema; es decir, suponen una relación específica de destrucción entre los elementos que puedan llegar a chocar pero no la consecuencia de ello en relación con todo el sistema.

### **Tercer grado**

En este grado, el 60% de los sujetos continúa presentando una concepción estática.

Ulises (9;6) **-No, [pueden chocar] porque están en su mismo lugar pero dando vueltas.**

Amaury (9;2) **-No, porque cada uno tiene un lugar y no se mueven.**

Alejandra (9;5) **-No, porque cada uno tiene su lugar, uno arriba y otro abajo.**

Leslie (9;1) -**No, porque siguen un mismo rumbo alrededor del sol.**

El 40% restante considera que no chocan porque están separados y muy lejos unos de otros. con un elemento adicional. que es: el sol funciona como un regulador.

Gwendalina (8;10) -**No [chocan], porque siempre están girando y el sol los separa.**

Adriana (9;1) -**Si no estuviera el sol chocarían, pero el sol hace que no choquen.**

### **Sexto grado**

En este grado el 70% de los sujetos introducen el concepto de órbita como el responsable de que los planetas no choquen.

Israel (11;2) -**No, porque están en su órbita y no se pueden salir.**

Xiao Hu (12;7) -**No, porque van por su eje, los planetas se mueven en forma circular dando vueltas al sol.**

Alejandro (12;7) -**Podrían [chocar] si se salen de sus órbitas.**

Un sujeto (10%) considera que sí podrían chocar solamente si pierden el lugar donde están ubicados. Y un 20% reportan que no saben.

Lo novedoso de las respuestas de este grado es que introducen el término "órbita" e implican (aunque implícitamente) el movimiento de traslación. Sin embargo, su concepción sigue siendo estática.

Por último, se plantearon dos preguntas que buscaban las consecuencias que podría tener en el sistema solar, y en la tierra en particular, la desaparición del sol y la luna: ¿Qué pasaría si el sol dejara de existir? y, ¿Qué pasaría si la luna dejara de existir? Con ligeros matices, las respuestas dadas por los sujetos de los tres grados son similares. Todos ellos establecen dos triadas: sol-día-calor y luna-noche-frío.

### **Primer grado**

Natasha (6;0) -[Si el sol dejara de existir], **ya no podría ser de mañana, sería sólo de noche y ya no veríamos, tendríamos que prender la luz pero tampoco, porque el sol tiene una sustancia muy fuerte que hace toda la luz.** [Si la luna dejara de existir], **sólo habría día y no veríamos estrellas.**

Verónica (6;9) -[Respecto al sol], **no nos daría calor.** [Respecto a la luna], **no nos dormiríamos.**

### **Tercer grado**

Alejandra (9;5) -[Respecto al sol], **estaría todo de noche.** [Respecto a la luna], **estaría todo alumbrado.**

Leslie (9;1) -[Respecto al sol], **la tierra se congelaría igual que los otros planetas.** [Respecto a la luna], **no habría luz de noche.**

Amaury (9;2) -[Respecto al sol], **todos los planetas estarían sin luz.** [Respecto a la luna], **nunca sería de noche, pero estarían sin luz.**

### **Sexto grado**

Angélica (12;2) -[Respecto al sol], **no habría luz ni calor.** [Respecto a la luna], **tampoco hubiera noches.**

Eduardo (12;4) -[Respecto al sol], **nos congelaríamos.** [Respecto a la luna], **no la veríamos.**

Thalía (11;2) -[Respecto al sol], **todo sería oscuro.** [Respecto a la luna], **no habría noche.**

Otra relación planteada pero que asimismo no muestra diferencias significativas entre los tres grupos es la relación sol-vida.

### **Primer grado**

Enrique (7; 3) -**No tendríamos luz, no viviríamos porque no tendríamos luz.**

Pamela (7; 3) -**Todo estaría oscuro, ya no viviríamos y las plantitas ya no crecerían.**

### **Tercer grado**

Gwendalina (8; 10) -**La tierra dejaría de vivir.**

Ulises (9;6) -**Nos moriríamos por el frío, sin luz todos los días estaría oscuro.**

Danitza (9; 1) -**Haría mucho frío y sin el sol no crecen las plantas.**

### **Sexto grado**

Xiao Hu (12;7) -**Moriríamos [porque] no habría luz.**

Alejandro (12;7) -**Ya no habría vida en la tierra.**

Paulina (10; 8) -**Se acabaría la vida porque el sol es la fuente de energía.**

Como lo habíamos planteado, y queda claro en estos ejemplos, existen diferencias sustanciales en el conjunto de respuestas de los tres grados: en la definición del sistema solar, en la utilización del vocablo "gravedad" y en la relación órbita-planeta. En estos tres aspectos se observa que los niños de mayor edad (sexto grado), poseen un conocimiento más amplio del sistema solar. Sin embargo, no existen diferencias significativas en las respuestas relativas respecto a si el sol o la luna dejaran de existir. Un ejemplo que reafirma esto, es que los sujetos conciben un sistema estático, es decir, jamás consideran el movimiento de rotación de la tierra, a saber, el movimiento de rotación terrestre implicaría el ciclo luz-oscuridad, idea que los sujetos no aplican.

Haciendo un resumen de los resultados tanto del dibujo como de la entrevista anteriormente descritos, tenemos que para el análisis del dibujo se propusieron cuatro niveles de respuesta en donde se ubicaron a los sujetos de acuerdo a la organización que se observa en los dibujos. En el Nivel 0 se ubicaron solamente 3 sujetos (10% de la población total [n=30]), 50% de la población (15 sujetos) se ubicó en el Nivel I, el 23.33% (7 sujetos de la población total) estuvieron dentro del Nivel II y, por último, en el Nivel III se ubicaron 5 sujetos (16.66% de la población). Estos resultados muestran, como ya lo hemos mencionado, una diferencia sustancial. Por una parte al Nivel 0 pertenecen los niños de menor edad y ninguno de los mayores (sexto grado). Por el contrario, al Nivel III pertenecen sólo los niños más grandes y ninguno de los más pequeños. Asimismo, en el Nivel I se encuentra el 43.33% de la población correspondiente al primero y tercer grados y solamente un 6.66% (2 sujetos) pertenecientes al sexto grado. Asimismo, parecería que el Nivel II es una etapa de transición entre un estadio de menor conocimiento y otros de mayor conocimiento. Lo cual demuestra que una configuración y organización más completa del sistema solar corresponde a los sujetos del sexto grado, es decir, a los sujetos de 11 y 12 años.

Los resultados de la entrevista, en general, muestran asimismo una diferencia en relación con la edad. Por ejemplo, la definición que dan los sujetos del sistema solar presenta esa relación: 0% de los sujetos del primer grado no lo definen; el 20% del tercero comienza a definirlo de una manera correcta y, el 90% de los sujetos del sexto grado lo hace. Es decir, para los sujetos del primer grado, las respuestas van desde el "no sé" hasta "algo que hecha luz por un tubito", y donde no se encuentran mencionados los cuerpos celestes. En el tercer grado, las respuestas si contemplan estos elementos pero no se les da una organización que los relacione: "es una estrella", "son los planetas, el universo". Sin embargo, es hasta el sexto grado cuando aparece una noción que concibe la

relación entre los elementos: "es el conjunto de planetas que giran alrededor del sol"; "es el conjunto de planetas que se encuentran en el universo".

Todavía más interesante es la diferencia encontrada en relación con la pregunta ¿Por qué no nos caemos? La frecuencia de la respuesta "porque la gente vive en la parte superior del planeta o al interior de él", va decreciendo con la edad: primer grado, 100%; tercer grado, 80% y, sexto grado, 20%. Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Nussbaum (1996) y por Sneider y Pulos (citados en Vosniadou y Brewer, 1994) quienes encuentran un corte en la edad de 10 años, es decir, los niños menores de 10 años piensan que la gente vive en la parte superior del planeta o en su interior, mientras que los niños mayores de 10 años ya no lo hacen. Asimismo, Baxter (1995) observó que los niños pequeños "organizan" el planeta tierra en la relación arriba-abajo y, como consecuencia, la gente, la lluvia, las nubes, etc., se encuentran en la parte superior.

Esta idea, que implica un elemento material que sostiene los objetos y, al mismo tiempo, no considera la fuerza de gravedad, se continúa al tratar de explicar ¿Por qué los planetas no se caen?: "porque están detenidos por el mundo, la luna, el sol y las estrellas están arriba de los planetas". Es decir, se sigue la organización arriba-abajo y, por otra parte, se establece un elemento material que sostiene los elementos a falta de una noción correcta que implique la fuerza de gravedad.

## Conclusiones

El presente trabajo parte de "que los estudiantes desarrollan ideas sobre los fenómenos naturales mucho antes de que se les enseñen ciencias en la escuela. En algunos casos estas ideas denominadas de varias maneras; preconcepciones, ideas intuitivas, esquemas conceptuales alternativos, teorías ingenuas, están de acuerdo con lo que va a enseñarse. En otros casos hay diferencias significativas entre las nociones de los estudiantes y la ciencia que encontrarán en la escuela" (Driver, 1988, p.110). Asimismo, estas ideas elaboradas por los sujetos tienen ciertas características: 1) son construcciones personales de los alumnos, 2) son estables y resistentes al cambio, 3) poseen un carácter implícito, diferente del carácter explícito de la ciencia, y 4) son coherentes desde la perspectiva del alumno, no desde el punto de vista de la ciencia (Pozo, 1992).

Los datos que hemos encontrado muestran diversos aspectos. Por un lado, se observan en ellos la diferencia planteada por Benlloch (1997) entre la categoría ontológica "materia" y la categoría ontológica "procesos". Dicha diferencia, se refleja en las ejecuciones que los sujetos realizan entre la producción gráfica y las respuestas dadas en la entrevista. En la primera, son notorios los niveles entre los tres grados, y la mayor complejidad y conocimiento (descriptivo) corresponde al sexto grado; en la segunda, también hay diferencias, aunque mínimas, entre los sujetos de menor edad y mayor edad en relación con las preguntas que implicaban procesos (movimientos de rotación y traslación, gravedad, etc.). Siendo las respuestas más elaboradas y organizadas las correspondientes a los niños de mayor edad (sexto grado). Como pudo observarse, parecería más sencillo para los sujetos denominar los objetos correspondientes al dominio astrofísico (materia) que explicar las dinámicas entre los mismos (procesos).

Por el otro, parecería que el conocimiento elaborado por los sujetos es mayor cuando éste se refiere al mesocosmos y hay mayor disponibilidad de experiencias directas, vicarias y simbólicas (Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993). Es decir, si establecemos tres niveles de "objetos", el microcosmos estaría reservado a las partículas subatómicas, células, etc.; el macrocosmos, a los cuerpos celestes y el universo y, el mesocosmos, a los objetos cotidianos que pueden ser percibidos y manipulados (animales, objetos físicos, etc.). Entonces, parece claro que la experiencia humana está más relacionada con este nivel que con los dos anteriores. Sin embargo, aunque estos puedan ser difíciles de atrapar, el desarrollo de la humanidad ha mostrado que también puede aprehenderlos. En este sentido, también Wellman y Gelman (1992) consideran que tres grandes clases de comprensiones abarcan la mayor parte del mundo externo con el cual interactuamos: la física de los objetos cotidianos, el conocimiento psicológico de los otros y el conocimiento biológico.

En este sentido, parecería claro que los sujetos al no tener acceso directo al mundo macrocósmico (sistema solar, universo) no poseen más que la experiencia simbólica (lecturas, conversaciones, televisión, etc.) para conocerlo. Pero, nuestros resultados muestran (junto con los de otros autores como Nussbaum [1996], Baxter [1995], etc.) que los sujetos estudiados que acceden a la topología de los elementos que lo constituyen (posiciones de los planetas, el sol, etc.) pero no a su dinámica. Como ya lo habíamos mencionado anteriormente, parece más fácil el acceso a la categoría materia que a la categoría proceso.

Para Piaget e Inhelder (1968), la relación mantenida de un objeto no perceptible con otro (como por ejemplo el azúcar y el agua) puede ser concebida gracias a las operaciones mentales que posee el sujeto. Pero, este no parece ser el caso en nuestro estudio. Lo cual no quiere decir que

los sujetos investigados no apliquen esas operaciones (reversibilidad, compensación, negación, etc.) a los objetos físicos con los cuales interactúan cotidianamente y que conozcan por experiencia las causas y los efectos de sus movimientos (gravedad, inercia, etc.); sino que esa experiencia parece no ser extrapolada al mundo macrocósmico. En éste, los planetas que los sujetos describen, obvian su movimiento (rotación y traslación) y plantean la masa (planeta) o la distancia, pero sin analizar la relación entre ambas: en un caso, los planetas no chocan porque se encuentran lejanos unos de otros, o están ordenados (unos "arriba" y otros "abajo"), es decir, plantean la distancia sin relación con la masa; o, en el otro, el sol (actuando como un intermediario "consciente"), impide que choquen, es decir, ahora plantean la masa pero sin relación con la distancia. Por tal razón, hemos venido reiterando, de acuerdo con Benlloch (1997), que existe una cierta dificultad por parte de los sujetos para comprender los "procesos" implicados en el fenómeno estudiado.

Para Piaget (1984), los niños pequeños son artificialistas e interpretan eventos los eventos naturales como emanados de los seres humanos o por agentes humanos. En nuestro estudio, no aparece esta tendencia, por un lado, porque no fue explícitamente planteado en las preguntas y, por el otro, porque no apareció de manera espontánea por parte de los niños.

El desarrollo de los conocimientos (matemático, físico, etc.) es para la psicología genética una relación constante entre el sujeto y el objeto y, una construcción que va de periodos de menor conocimiento a periodos de mayor conocimiento. Asimismo, dicha construcción depende de la "estructura" que posea el sujeto en un momento determinado de su desarrollo. En el caso que nos ocupa, se observa una diferencia entre los conocimientos que poseen los niños más pequeños y los niños más grandes y ello debido a la forma en la cual piensan y explican los fenómenos astrofísicos.

Los sujetos estudiados pertenecen, desde el marco piagetiano, al mismo periodo (periodo de las operaciones concretas); así, mientras que los sujetos del primer grado están, según la teoría, en la parte inicial del periodo, los sujetos del sexto grado se encuentran al final del mismo y, por ende, sería obvio que existieran diferencias en sus ejecuciones, hecho que fue corroborado en los resultados obtenidos en nuestro estudio.

Según Piaget (1981), el desarrollo intelectual es un proceso continuo que puede llegar a ser descrito como una secuencia de estadios que cumplen las propiedades de *orden de secuencia*, es decir, que una adquisición siempre es anterior o posterior a otra; *estructura de conjunto*, que las ideas que el niño posee en un momento cualquiera de su desarrollo tienen entre sí el parentesco que les da el hecho de pertenecer a esa estructura de conjunto; *carácter integrativo*, los esquemas de conocimiento de un estadio se convierten en parte integrante. Asimismo, todo estadio muestra un periodo de preparación y un nivel de completamiento y, en este sentido, esta último muestra el equilibrio final de un estadio. A saber, nuestros resultados muestran que el conjunto de sujetos estudiados se distribuyen entre un periodo de preparación y un nivel de completamiento. Los sujetos del primer y tercer grados manifiestan, por ejemplo, que los habitantes del planeta tierra viven en la parte superior del mismo o al interior, mientras que los de mayor edad (sexto grado) los ubican alrededor de toda la superficie del planeta y adicionan el concepto de gravedad para explicar porque no se caen. Estas dos ideas no se yuxtaponen entre sí, pero sí son típicas de un nivel u otro.

Por otra parte, si analizamos la producción gráfica, podemos observar claramente los niveles entre los tres grados, niveles que apuntan hacia una sofisticación conforme al incremento de la edad. Para ejemplificar lo anterior (véase anexo 1) podemos mostrar lo siguiente: 1) el 100% de los

sujetos conocen los componentes del orden macrocósmico ya que nombran elementos como el sol, la luna, las estrellas y la tierra, pertenecientes a algunos planetas y otro conjunto de elementos (dibujos 2, 3, 6 y 7), como por ejemplo un cohete, hasta explicitar las órbitas planetarias (dibujos 10 y 11); y 2) en los dibujos correspondientes al primer y tercer grados no es claro si el modelo del sistema solar es heliocéntrico o geocéntrico (dibujos 1 y 5), mientras que en el sexto grado es clara la utilización de un modelo netamente heliocéntrico (dibujos 10 y 11). Con ello, queda claro que el nivel de denominación de los elementos que componen el sistema solar va en aumento conforme a la edad y al grado la organización de esos elementos se muestra más constante y clara en los niños más grandes (sexto grado).

En la mayoría de las investigaciones referidas se puede observar una similitud entre sus resultados y los obtenidos en nuestra investigación. En las investigaciones de Nussbaum (1996), Vosniadou y Brewer (1992,1994), Samarapungavan, Vosniadou y Brewer (1996), la construcción del modelo terrestre parte de una tierra plana hacia un concepto correcto, es decir, un planeta esférico rodeado por el espacio. En todos los casos, la sofisticación del modelo terrestre crece a la par de la edad de los sujetos y, de forma similar, en las edades más tempranas (6 años) los sujetos construyen sus modelos basándose en lo que observan cotidianamente y, con el transcurso de la edad y el avance escolar, los alumnos avanzan hacia la construcción de modelos "sintéticos" (véase Vosniadou y Brewer, 1992 y 1994), para pasar finalmente al modelo terrestre científicamente aceptado. Es importante mencionar que en la investigación realizada por Samarapungavan, Vosniadou y Brewer (1996) los niños hindúes sitúan al planeta tierra en el espacio o en el agua, esta última idea es coherente con las ideas religiosas que se transmiten de generación en generación en esa cultura y que parece ser un elemento a tomar en cuenta en el análisis de los resultados. Cabe mencionar que en

resultados. Cabe mencionar que en otras investigaciones (Alfonso, Bazo, López, Macau y Rodríguez, 1995) algunos sujetos, pese al incremento de la edad y del grado escolar, no logran construir un modelo del sistema solar científicamente aceptado.

Como mencionamos anteriormente, existe una dificultad por parte de los sujetos para comprender los "procesos" implicados en los fenómenos estudiados, dificultad que puede ser constatada en otras investigaciones. Por ejemplo, Baxter (1995) menciona en su estudio que los sujetos parten de un sistema estático con nociones ingenuas sobre la gravedad y el movimiento de los astros y que no varían con la edad de manera importante pese a la introducción de elementos como las órbitas planetarias.

La presente investigación confirma que los sujetos tienen más "ideas" acerca del mundo estelar de lo que pudiera esperarse, a saber, "...muchos niños llegan a sus clases de ciencias con ideas e interpretaciones de los fenómenos que estudian, aunque no hayan recibido ninguna enseñanza sistemática al respecto" (Driver, Guesne y Tiberghien, 1996, p. 20); que esas ideas son personales y resistentes al cambio, pero que deben ser sistemáticamente estudiadas si queremos generar mejores materiales de enseñanza y, con ello, mejorar la comprensión y la generación de aprendizajes significativos y no sólo memorísticos, además de ampliar más nuestro conocimiento acerca del desarrollo intelectual de los niños.

Por último, quisiéramos reconocer algunas de las limitaciones del estudio y hacer, al mismo tiempo, sugerencias para futuros estudios. Respecto de la entrevista realizada, sería necesario ampliarla y sistematizar de mejor manera los contenidos para estar seguros de que los niños sí comprendan la pregunta planteada. Sería necesario, también, ampliar la muestra para considerar a sujetos que se encuentren en la parte inicial y terminal del

periodo lógico-formal, lo cual, creemos, corroboraría nuestras suposiciones en torno a que hay una mayor complejidad en los niños de mayor edad y para saber que tendencia y que forma tienen las ideas en ese periodo. Finalmente, sería necesario analizar detenidamente el conjunto de los conocimientos escolares para establecer la influencia que estos tienen en las ideas de los niños, en el mismo sentido, un análisis de la cultura en la cual se desenvuelven los niños para evaluar de manera más completa sus ideas.

## REFERENCIAS

- Alfonso, L.; Bazo, G.; López, M.; Macau, F. y Rodríguez. (1995). Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el universo. **Enseñanza de las Ciencias**, 13 (3), 327-33.
- Baxter, J. (1995). Children's understanding of astronomy and the earth sciences. En: S. Glynn y R. Duit (Eds.) **Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice**. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.
- Benlloch, M. (1997). **Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias**. Madrid: Aprendizaje-Visor.
- Bermejo, V. (1994). **Desarrollo cognitivo**. Madrid. Síntesis.
- Carretero, M. (1993). **Constructivismo y educación**. España: Edelvives.
- Coll, C. y Martí, E. (1995). Aprendizaje y desarrollo: La concepción genético-cognitiva del aprendizaje. En: J. Palacios, A. Marchesi y M. Carretero (Comps.), **Psicología Evolutiva II. Desarrollo cognitivo y social del niño**. Madrid: Alianza Psicología.
- 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.
- Delval, J. (1994). **El desarrollo humano**. México: Siglo XXI.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, 6 (2), 109-120.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien. (1996). **Las ideas científicas en la infancia y en la adolescencia**. Madrid: Morata.
- Flavell, J. (1996). **El desarrollo cognitivo**. España: Aprendizaje Visor.
- Hernández, G. (1998). **Paradigmas en psicología de la educación**. México: Paidós.
- Johnson-Laird, P. (1984). **Mental Models**. Cambridge, MA: Harvard University Press.

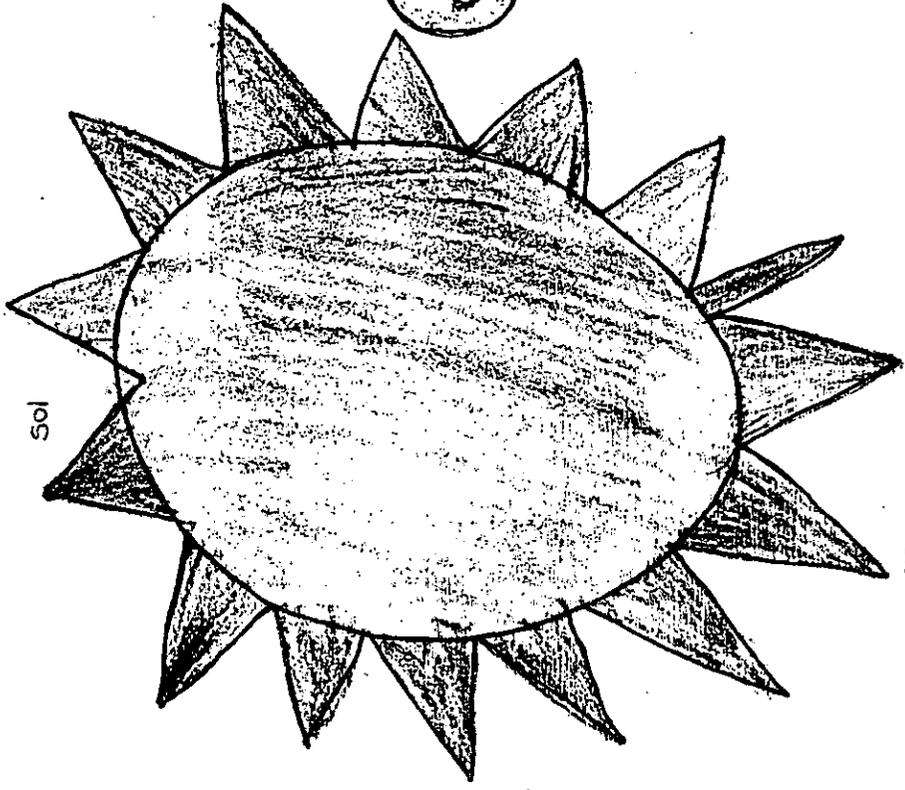
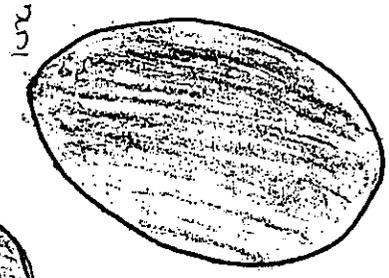
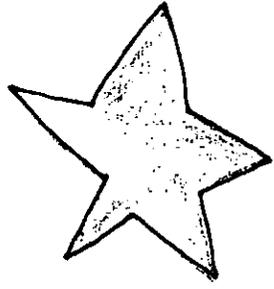
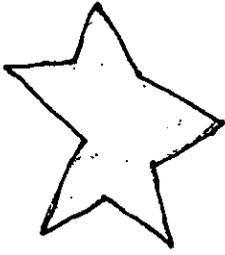
- Klein, A. (1982). Children's Concepts of the Earth and the Sun: A cross cultural study. **Science Education**, 65 (1), 95-107.
- Nussbaum, J. (1996). La tierra como un cuerpo cósmico. En: R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien. **Ideas científicas en la infancia y la adolescencia**. Madrid: Morata.
- Piaget, J. (1984). **La Representación del mundo en el niño**. Madrid: Morata.
- Piaget, J. (1987). **Introducción a la epistemología genética**. México: Paidós.
- 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. y cols. (1975). **La composición de las fuerzas y el problema de los vectores**. Madrid: Morata.
- Piaget, J. (1979). **Tratado de lógica y conocimiento científico**. Buenos Aires: Paidós.
- Piaget, J. (1986). **Psicología y epistemología**. Buenos Aires: Emecé Editores.
- Piaget, J. (1981). La teoría de Piaget. **Infancia y Aprendizaje**. Monografía Núm. 2, 13-54.
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1968). **Le développement des quantités physiques chez l'enfant. Conservation et Atomisme**. Neuchatel: Delachaux et Niestlé.
- Piaget, J. e 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. (1992). El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. En: C. Coll, J.I. Pozo, B. Sarabia y E. Valls. **Los contenidos de la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes**. Madrid: Santillana.
- Pozo, J.I., Del Puy, P.M., 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. (1989). **Teorías cognitivas del aprendizaje**. Madrid: Morata.
- Pulaski, M. A. (1975). **Para comprender a Piaget**. Barcelona: Ediciones de bolsillo.
- Ramírez, J. y Palacios, J. (1981). Glosario de términos piagetianos. En: Piaget, J. La teoría de Piaget. **Infancia y Aprendizaje**. Monografía Núm. 2, 13-54.
- Rodrigo, J.M. (1994). La construcción del conocimiento físico y social: génesis y procesos de cambio. En: Bermejo, V. (Edit.) **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, A., Rodrigo, M. J. y Marrero, J. (1993). El proceso de construcción del conocimiento. Teorías implícitas o teorías científicas. En: M.J. Rodrigo, A. Rodríguez y J. Marrero. **Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano**. Madrid: Aprendizaje-Visor.
- Samarapungavan, A., Vosniadou, S. y Brewer, W. F. (1996). Mental Models of the Earth, sun and Moon: Indian Children's Cosmologies. **Cognitive Development**, 11, 491-521.
- Vosniadou, S. y Brewer, W. F. (1994). Mental models of the Day/Night cycle. **Cognitive Science**, 18, 123-185.

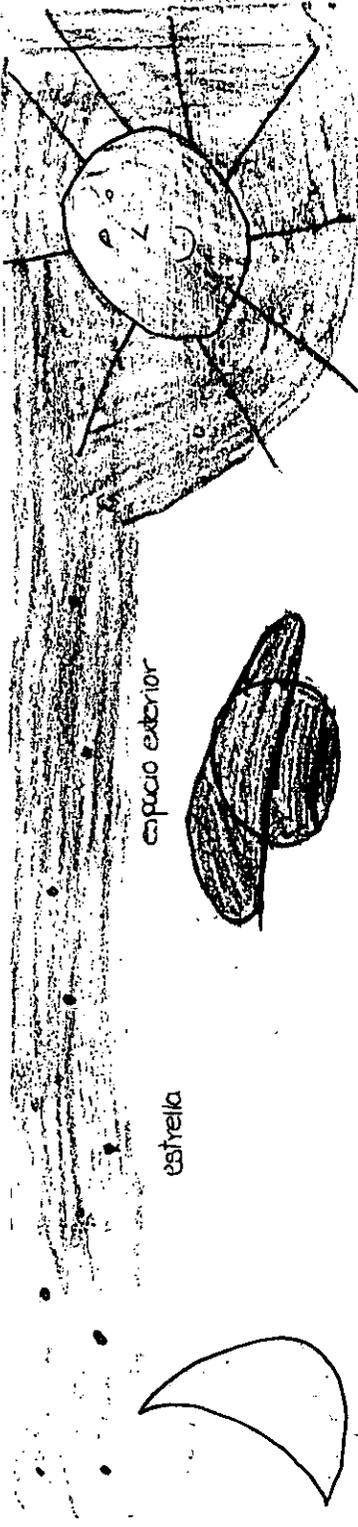
- Vosniadou, S. y Brewer, W. F. (1983). Theories of Knowledge Restructuring **Development. Review of Educational Research**, 53, 51-67.
- Vosniadou, S. y Brewer, W.F. (1992). Mental Models of the Earth. A study of conceptual change in childhood. **Cognitive Psychology**, 24, 535-585.
- Wellman. H. M. y Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundation theories of core domains. **Annual Review of Psychology**, 43, 337-375.

## ANEXO 1

Dibujo. 1  
Estefanía (7)  
Primer año  
Año 0



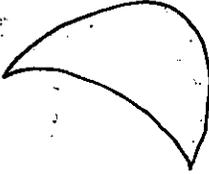
**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**



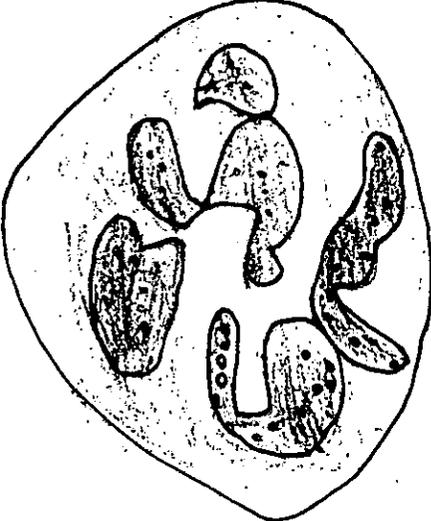
espacio exterior



estrella



luna



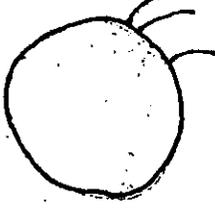
tierra



venus



pluton

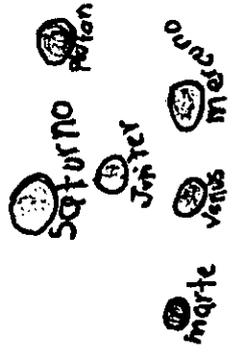
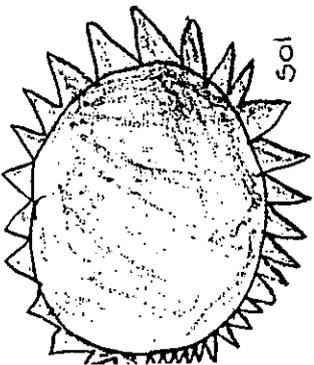
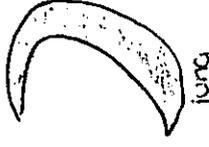
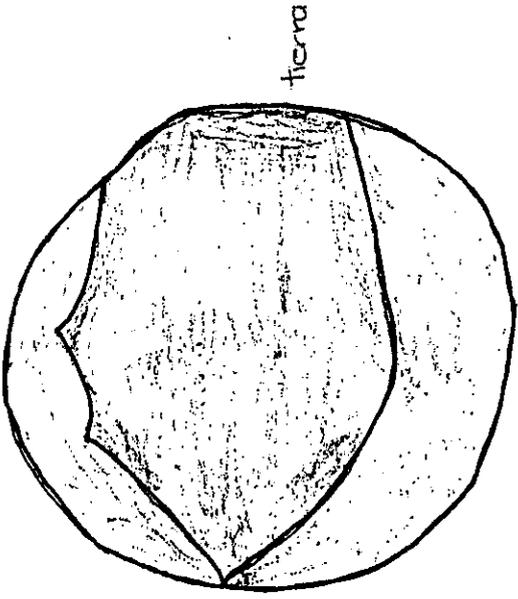


mercurio



Sistema solar

Dibujo 2  
Salvador (6,8)  
Primer año  
Nivel 1





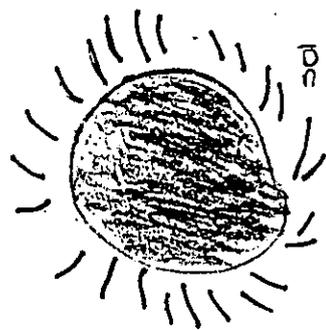
cielo



estrellas



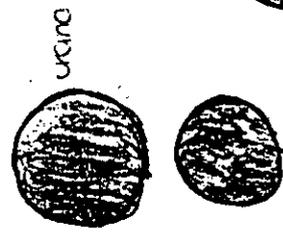
tierra



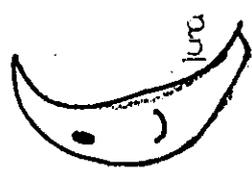
sol



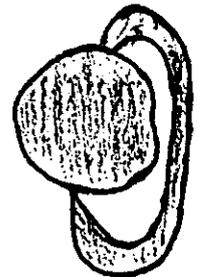
plutón

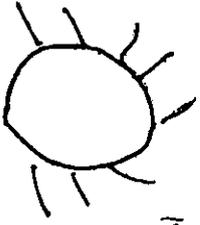


urano

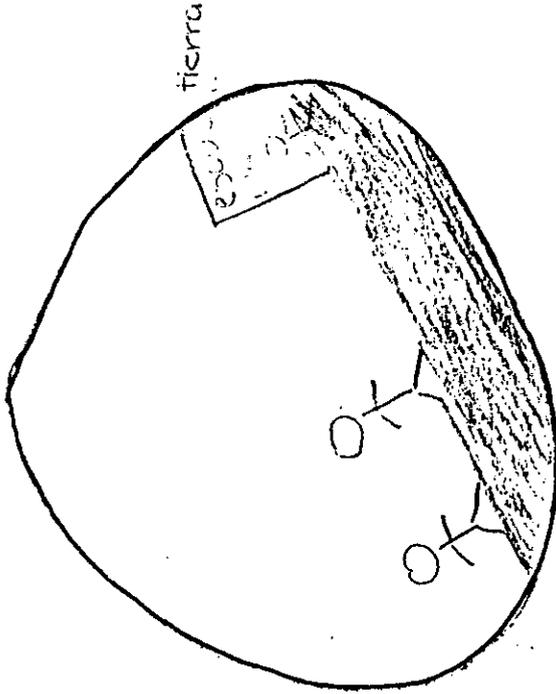


luna





Sol



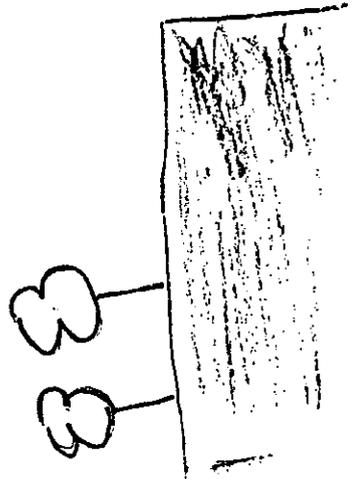
tierra



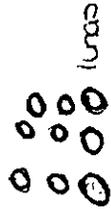
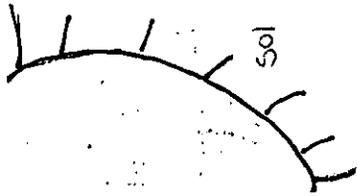
estrellas



luna



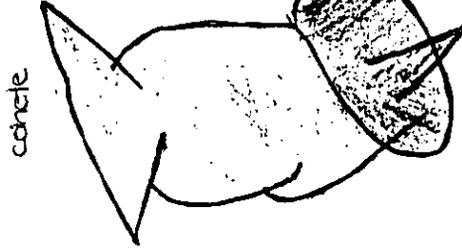
Ulises Cadena



lunas



Planeta



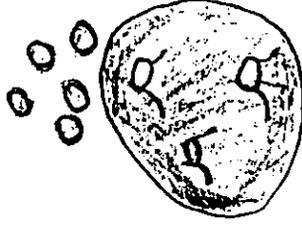
comete



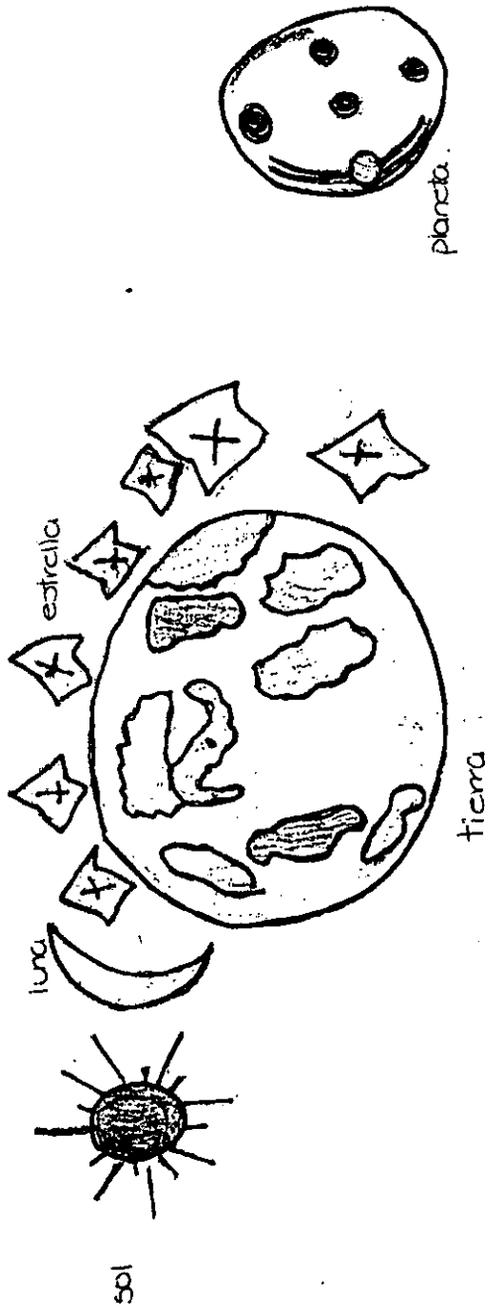
Luna



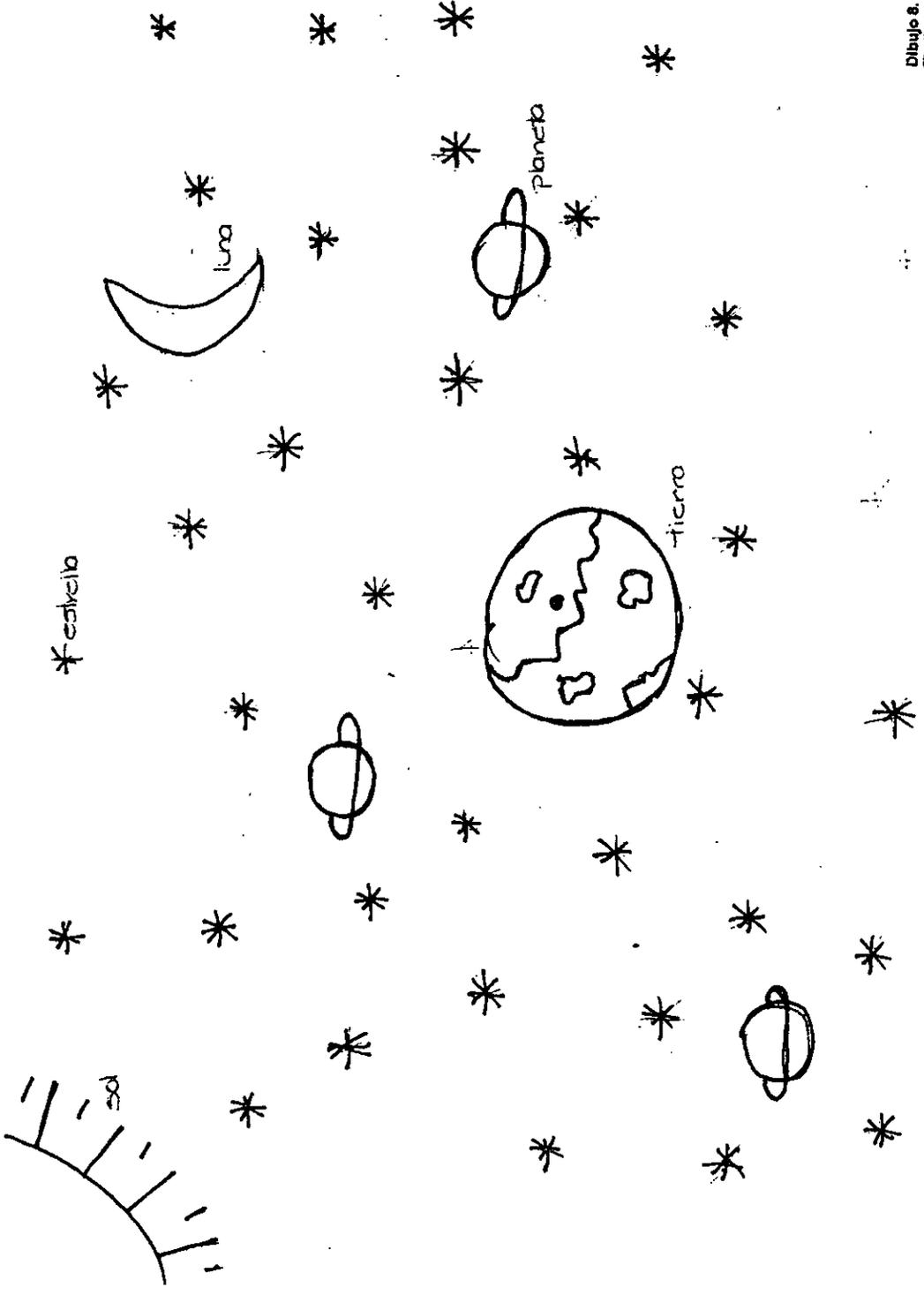
Tierra

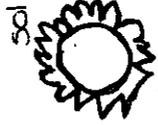
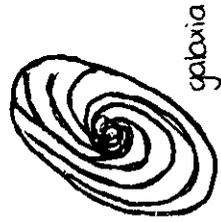


Dibujo 6.  
Ulises (9/8)  
Tercer año  
Nivel 1



Dibujo 7.  
Dantiza (8)  
Tercer año  
Nivel II





luna  
Tierra



estrellas

planeta



## Anexo 2

### Protocolo de entrevista

1. ¿Sabes cuál es la forma de la tierra?
2. ¿Sabes qué hay a los lados de la tierra?
3. ¿Sabes qué hay arriba de la tierra?
4. ¿Sabes qué hay debajo de la tierra?
5. Si caminaras durante muchos días en una línea recta por la tierra ¿A dónde llegarías?
6. ¿Por qué no nos caemos?
7. ¿Por qué las personas que viven abajo no se caen?
8. ¿La tierra se puede caer?
9. ¿Dónde caería?

Se le pide al niño que haga un dibujo de la tierra.

Ahora en tu dibujo muéstrame dónde está la luna, el sol, los planetas y las estrellas

10. ¿Qué forma tienen?
  11. ¿Qué hay sobre ellos?
  12. ¿Qué hay debajo de ellos?
  13. ¿Se pueden caer?
  14. ¿Dónde caerían?
  15. ¿Pueden chocar entre ellos?
  16. ¿Qué pasaría si chocaran entre ellos?
17. Si pudieras viajar mucho tiempo por el espacio ¿A dónde llegarías?
18. ¿Qué pasaría si el sol dejara de existir?
  19. ¿Qué pasaría si uno de ellos no existiera o desapareciera?
  20. ¿Qué pasaría si la luna, estrellas y planetas dejaran de existir?
  21. Si de repente un planeta explotara, ¿Qué pasaría con los demás planetas, con el sol, con la luna, las estrellas?
  22. Si un planeta se saliera de su órbita ¿Qué pasaría con los demás?
23. ¿Sabes que es el sistema solar?
  24. ¿Qué forma tiene el sistema solar?