

What imaginary do children have about bodies inside and outside the solar system and their effects on Earth?

¿Qué imaginarios tienen los niños sobre los cuerpos dentro y fuera del sistema solar y sus efectos en la Tierra?

J. E. Guataquirá-Ramírez  ; O. L. Castiblanco-Abril 

Abstract— In this research, we study the expectations of school students in Bogotá, about topics associated with astronomy. We analyze how they express their knowledge or hypothesis about the parts that make up the solar system, as well as those bodies that may be outside the solar system. Likewise, we analyze the relationships established between the behavior of the universe and the natural phenomena occurring on Earth. We used qualitative research methods focusing on intervention type. Data collection occurs through the planning and development of activities that were reported by the research teacher, as well as from the material produced by students. We developed a descriptive statistical analysis where studying students' responses in each group. Simultaneously, we analyzed the differences in the handling of the language and the understanding of the subjects. The main results were: 1) there are indeed differences in the language they use to talk about the topics according to the context and the school level, 2) it cannot be affirmed that conceptual domain of astronomy is greater in higher school levels than in basic level since we find argumentative differences and equally valid language management at all educational levels and ages, 3) children have interests in a wide variety of astronomy topics, 4) based on the detected interests, courses could be developed around questions such as Why should orbits exist? How to know how far one orbit from the other should be? What allows us to think that planets are aligned on a plane with the Sun? Where should we locate ourselves to "see" the universe? What is the relationship of distances and sizes between the different bodies of the solar system and the universe? What causes the solar system became grouped into a structure? among others.

Index Terms— astronomy teaching and learning; children's expectations about astronomy; imaginary solar system; imaginary universe; interpretive descriptive analysis.

Resumen—En esta investigación se estudiaron las expectativas de estudiantes de colegios públicos de Bogotá, acerca de temas asociados a la astronomía. Fueron analizadas las formas como expresan sus conocimientos o hipótesis acerca de las partes que

componen el sistema solar, así como aquellos cuerpos que pueden estar fuera del sistema solar. Igualmente, se analizaron las relaciones que establecen entre el comportamiento del universo y los fenómenos naturales que ocurren en la Tierra. Esta fue una investigación cualitativa, de tipo intervención. La toma de datos se hizo mediante la planeación y el desarrollo de actividades que fueron relatadas por el docente investigador, así como a partir del material producido por los estudiantes en dicho proceso. Se desarrolló un análisis descriptivo estadístico donde se estudiaron las respuestas de los estudiantes en cada grupo. Simultáneamente, se analizaron las diferencias en el manejo del lenguaje y la comprensión de los temas. Los principales resultados fueron: 1) efectivamente hay diferencias en el lenguaje que utilizan para hablar de los temas de acuerdo al contexto y al nivel escolar, 2) no se puede afirmar que el dominio conceptual de la astronomía sea mayor en niveles escolares superiores que en niveles más básicos, ya que se encontraron diferencias argumentativas y manejo del lenguaje igualmente válido, en todos los niveles educativos y edades, 3) los niños tienen intereses sobre una gran variedad de temas de la Astronomía, 4) a partir de los intereses detectados se podrían desarrollar cursos en torno a preguntas como ¿Por qué han de existir las órbitas? ¿Cómo saber a qué distancia debe estar una órbita de la otra? ¿Qué nos permite pensar que los planetas están alineados en un plano con el Sol? ¿Desde dónde debemos ubicarnos para "ver" el universo? ¿Cuál es la relación de distancias y tamaños entre los diferentes cuerpos del sistema solar y el universo? ¿Qué hace que el sistema solar se agrupe en una estructura?, entre otras.

Palabras claves—análisis descriptivo interpretativo; enseñanza y aprendizaje de la astronomía; expectativas infantiles sobre astronomía; imaginarios sistema solar; imaginarios universo.

I. INTRODUCCIÓN

EN esta investigación partimos de la pregunta sobre cómo contextualizar el diseño de cursos de astronomía, para ir más allá de generar asombro mediante imágenes

Artículo sometido a publicación el 7 de octubre de 2019.

Este trabajo hace parte de las investigaciones del Grupo Enseñanza y Aprendizaje de la Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el marco del proyecto "Interfaces entre la producción académica en Enseñanza de las Ciencias y los saberes y prácticas docentes en diferentes niveles, modalidades de enseñanza y contextos educativos: aspectos relacionados con el mejoramiento de las condiciones, propuestas y estrategias para la formación de profesores" institucionalizado en el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico.

J.E. Guataquirá. Estudiante de la Maestría en Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Líder del semillero de investigación en Enseñanza de la Física. (e-mail: jeguataquirar@correo.udistrital.edu.co).

O. L. Castiblanco. Ph. D. en Educación para la Ciencia. Docente investigadora de la Facultad de Ciencias y Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (e-mail: olcastiblancoa@udistrital.edu.co).



interesantes o de ofrecer informaciones curiosas, es decir, surgen las preguntas sobre cómo alcanzar objetivos trascendentales en donde se impacten las formas de pensar y de relacionarse con el mundo. Se parte del hecho de que para el diseño y desarrollo de este tipo de cursos, es necesario identificar las ideas y las maneras de pensar que tiene la población objetivo, acerca de temas afines a lo que el docente quiere enseñar. En consecuencia, es necesario buscar insumos para ajustar niveles de lenguaje, crear metodologías específicas, evidenciar la pertinencia del aprendizaje de acuerdo al entorno, entre otros aspectos.

En este sentido, se indagó sobre las expectativas que los niños tienen respecto a temas relacionados con la astronomía. Los datos fueron tomados mediante intervenciones en el aula regular por medio de actividades que buscaban hacer que emergieran las representaciones que los niños tienen de temas como el sistema solar, los elementos en el universo, la vida fuera del sistema solar etc. Para el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva desde una perspectiva cualitativa, teniendo en cuenta aspectos como el grado escolar, el tipo de lenguaje utilizado y el contexto sociocultural en que habitan los niños.

II. MARCO DE REFERENCIA

Los docentes, graduados o en formación, desconocen en gran medida los temas referentes a las ciencias del espacio exterior. [1] identifica algunos problemas implementando una prueba con preguntas de selección múltiple y única respuesta en un grupo de docentes, divididos entre ciencias y no ciencias según su área de trabajo. Allí, evidenció que el primer grupo tenía más conocimientos sobre astronomía que el segundo, no obstante, se esperaba que el manejo de los temas tratados fuera mayor. Por ejemplo, se observaron deficiencias en la comprensión del porqué de las estaciones, así como en la descripción de los movimientos y otras características de los cuerpos celestes. También [2] encontraron en un grupo de profesores de primaria dificultades para explicar aspectos como las fases de la luna, los satélites naturales del planeta y del sistema solar, el concepto de constelación, el origen de las estaciones del año, las características de un planeta y la proporcionalidad de tamaños y distancias de los elementos que componen el sistema solar. En años anteriores [3] y [4] por medio de entrevistas habían identificado problemas semejantes e hicieron propuestas de tratamiento de los contenidos.

En síntesis, se encuentra que hay falta de dominio del tema por parte de los profesores y adicionalmente, ellos tampoco están preparados para identificar y considerar los factores propios del entorno de sus alumnos en el diseño metodológico, aspectos tales como las condiciones económicas, sociales, la escolaridad previa, la relación de la astronomía en su vida, etc. Estos aspectos hacen que sea difícil desarrollar programas de formación en astronomía que partan de las inquietudes naturales de los estudiantes.

En este sentido [5] concluyen que existen dificultades al representar elementos del universo por parte de los profesores, quienes transmiten las mismas dificultades a sus alumnos. Por ejemplo, sobre la proporcionalidad en tamaños de los objetos

celestes, la ubicación de estos en el espacio y algunos fenómenos del día a día, como las fases de la luna, el día y la noche o las estaciones. Dado que son temas que aparentemente tienen que ver con nuestra vida diaria se abordan en el aula de clase desde el sentido común y desde las creencias, y en general se carece de criterios para profundizar en explicaciones que además de ofrecerles datos les ayude a educar su pensamiento para el análisis, la crítica, la reflexión, la argumentación, entre otros aspectos que caracterizarían el aprestamiento del pensamiento para pensar la ciencia.

III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Se utilizó una metodología mixta entre cualitativa y cuantitativa, basados en la perspectiva de [6], ya que esta investigación demanda la observación de las tendencias de las formas de imaginar la astronomía por parte de cada grupo de estudiantes. Para ello, se hizo un análisis estadístico descriptivo. El cual se trianguló con un análisis interpretativo descriptivo, para determinar el grado de comprensión de los temas en cuestión en función de las condiciones de cada contexto intervenido.

Los participantes fueron estudiantes entre 7 y 17 años de edad, cursando desde tercero de primaria hasta cuarto nivel de secundaria. Se debe aclarar que las edades y cantidad de estudiantes por nivel académico no fue uniforme, como tampoco el número de grupos durante toda la investigación. En conjunto participaron 373 estudiantes pertenecientes a seis instituciones de educación pública ubicadas cada una en una determinada localidad de la ciudad de Bogotá.

Al aplicar la primera entrevista grupal en donde se indagó sobre los temas de interés de los niños relacionados con astronomía, se detectaron tres temas, como los de mayor interés entre los estudiantes, a saber; (1) *Sistema solar*, (2) *Mas allá del sistema solar* y (3) *Fenómenos naturales terrestres* (relacionados a efemérides). En consecuencia, y basados en este resultado inicial, se diseñaron y aplicaron las actividades descritas a continuación:

En el componente (1) *Sistema solar* se trabajaron cinco actividades con objetivos específicos, tales como:

- *Conceptualización del sistema solar*: Con sus propias palabras los estudiantes respondieron a la pregunta ¿Qué es para usted el sistema solar?, con el objetivo de reconocer el lenguaje que maneja cada uno según su escolaridad.
- *Representación del sistema solar por medio de un dibujo*: Con el dibujo se manifiesta la imagen que el estudiante tiene en su mente al respecto. De esta representación surgieron diferentes categorías de análisis que responden a las características, en su mayoría de lo que ven con los ojos, pero también de lo que imaginan sobre el sistema solar.
- *Mención de objetos en el sistema solar*: Los estudiantes realizaron un listado sin límite de palabras que hacen referencia a los objetos que componen el sistema solar. Esto nos permitió crear sub-categorías para agruparlos y así caracterizar las formas de pensar los objetos en el espacio.
- *Identificación de objetos del Sistema solar*: Para esta actividad se tomaron 20 imágenes impresas, a un mismo

tamaño, donde se encontraba el Sol, los ocho planetas, los cinco planetoides y seis satélites naturales, cada imagen con una letra asignada. Los estudiantes debían escribir el nombre de cada objeto siguiendo el orden alfabético. Las respuestas se analizaron en función de los aciertos y por ende del nivel de reconocimiento que tienen los estudiantes acerca de los cuerpos celestes.

- *Discriminación por tamaño de los 8 planetas del sistema solar:* Fueron presentadas las imágenes de los ocho planetas, todas las imágenes del mismo tamaño, indicándoles cual es cada uno, así los estudiantes debían ordenarlos de mayor a menor tamaño de acuerdo a sus conocimientos.

En el componente (2) *Mas allá del sistema solar*, se trabajó una actividad para indagar sobre cuales objetos celestes identifican como no pertenecientes al sistema solar. Inicialmente se solicitó a los estudiantes que hicieran un listado de los cuerpos que recuerden estar fuera del sistema solar. Posteriormente, por medio de una historia que ellos debían continuar, relataron sucesos que pueden ocurrir con algunos o todos los objetos que mencionaron.

Finalmente, en el componente (3) *Fenómenos naturales terrestres*, se desarrolló una actividad donde los estudiantes mencionaron algunos eventos que ocurren en la Tierra y simultáneamente contaron en pocas palabras el motivo por el cual ocurren. Era necesario que tanto los eventos nombrados como su explicación debían estar relacionados con los cuerpos celestes, sus interacciones o los eventos sucedidos al exterior de nuestro planeta.

Estas actividades se desarrollaron durante el año 2017, en un lapso de tres meses, con doce grupos de estudiantes. A continuación, se presentan los grupos participantes con el nombre y el código que utilizaremos con el fin de presentar los resultados:

- EN8-1 es el grupo de la localidad de Engativá, con 27 estudiantes de octavo grado, que asistieron en horas extra clase.
- KE7-1 y KE7-2 son grupos de la localidad de Kennedy, de séptimo grado, el grupo 1 con 30 estudiantes y grupo 2 con 48 estudiantes, quienes desarrollaron las actividades en sus clases de ciencias naturales.
- BO4-1JM, BO4-2JM y BO4-3JM, y BO4-1JT, BO4-2JT y BO4-3JT son grupos de la localidad de Bosa de la jornada mañana y tarde, de cuarto grado, con un total 228 estudiantes. Las actividades se desarrollaron en la clase de tecnología
- RUM-1 es el grupo de la localidad de Rafael Uribe Uribe, conformado por estudiantes de diferentes grados de secundaria que se reúnen los sábados en la mañana. Ellos asisten por interés propio a los encuentros del grupo de astronomía de la institución.
- MA3-1 es el grupo de la localidad de Los Mártires, con 20 estudiantes de tercer grado de primaria que asistieron en tiempo extra clase.
- SCM-1 es el grupo de la localidad de San Cristóbal, con 12 estudiantes de diferentes grados de secundaria, en tiempo extra clase. Los estudiantes asistían por interés propio a los

encuentros del grupo de robótica y desarrollo aeroespacial de la institución.

IV. RESULTADOS

Los datos se sistematizaron por grupo y por actividad. Para representar a un estudiante se emplea el símbolo virgulilla (~) seguido del número del estudiante. Adicionalmente, teniendo en cuenta el objetivo de cada actividad y las características de los temas, se ordenaron los datos en las categorías tanto a priori como emergentes necesarias para el análisis.

Se describe a continuación lo referente a cada una de las categorías de análisis, indicando diferentes criterios que permiten ordenar las respuestas dadas por los estudiantes.

A. Componente sistema solar

Actividad 1.1: Conceptualizar Sistema Solar: los conceptos dados por los estudiantes se clasificaron en tres categorías. La primera, denominada *SS-conjunto*, para representar ideas en donde definen el sistema solar (SS) como un conjunto o sistema de objetos que interactúan entre sí de alguna manera, o que están conectados de algún modo. La segunda categoría, denominada *SS-objetos*, donde los estudiantes nombran los objetos que hacen parte del sistema solar o incluso algunos que no pertenecen, pero no indican características de pertenencia a un conjunto, ni interacciones entre ellos. La tercera categoría denominada *SS-varios*, donde se encuentran ideas que no parecen representar un concepto claro del sistema solar, allí hay algunas representaciones abstractas e ideas diversas, como, por ejemplo, basadas en la fantasía, o descripción de las particularidades de la vida en la tierra o fuera de la Tierra.

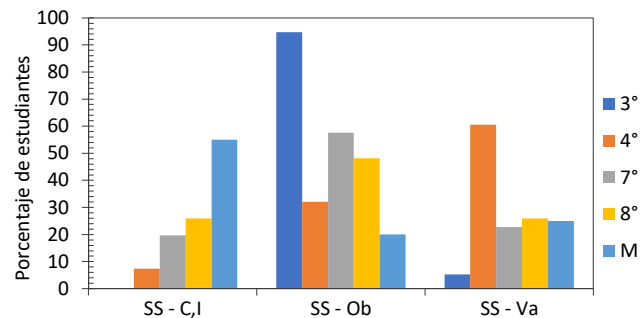


Fig. 1. Porcentaje de estudiantes, agrupados según el grado académico (identificados por colores), con respecto a las categorías SS – conjunto, interacción; SS – objetos y SS – varios, definidas para esta actividad.

Hubo en total 241 estudiantes, distribuidos aleatoriamente en cada grupo. En la Fig. 1 se observa el numero porcentual de estudiantes que fueron categorizados dependiendo de su respuesta, y simultáneamente, de acuerdo al nivel educativo. En la categoría SS-Conjunto, se observó que la cantidad de estudiantes que recurren a esta idea parece aumentar según el nivel académico, siendo mayor en este caso los estudiantes que hacen parte de los grupos San Cristóbal y Rafael Uribe (estudiantes que asisten por interés propio a los clubes de ciencias de cada institución). En la categoría SS-Objetos, la mayor población se encuentra en los estudiantes de tercer grado,

mientras que en los otros grupos es menor el porcentaje de estudiantes que únicamente habla de los objetos.

De acuerdo a los estándares del Ministerio de Educación se esperaría que a partir de cuarto grado los estudiantes ya tengan concebida la idea del modelo planetario [7, p. 134], donde considere sus objetos, tamaños, movimientos y posiciones, y luego en la secundaria comprendan el modelo desde las fuerzas gravitacionales [7, p. 137]. Sin embargo, se observa que los porcentajes no aumentan de manera constante a medida que aumenta el nivel educativo, sino que en todos los niveles existen ideas del sistema solar como objetos o elementos de fantasía, del mismo modo como existen ideas de un concepto más elaborado o expresadas con nuevos términos. No obstante, hay un importante porcentaje de estudiantes ubicado en el grupo SS-objetos, que nombran varios cuerpos celestes, pero no indican relación alguna entre ellos.

Nótese que antes de establecer los conocimientos sobre los objetos que componen el sistema solar como lo propone el MEN, los estudiantes de tercer grado ya reconocen los objetos que se encuentran en el Sistema Solar. En la categoría SS-varios, se observa un aumento considerable en el porcentaje de los estudiantes de cuarto grado, que recurren a eventos que suceden en el espacio, características de él o experiencias propias. Deducimos que, en este nivel académico, los niños están expuestos a los conocimientos que les ofrecen en la escuela sobre el sistema solar, lo cual les estimula la imaginación y a la vez les genera múltiples ideas inconexas entre sí. Por ejemplo, a la pregunta sobre ¿Qué es el sistema solar, algunos responden,

BO4-2JM~13 “...es todo lo que existe desde las galaxias o todo lo que está lejos o cerca”

BO4-2JM~20 “...es como si fuera un mundo intergaláctico con muchas cosas variadas”.

Este tipo de ideas se presentan en baja cantidad en tercer grado, aumenta considerablemente en cuarto grado, y disminuye nuevamente en niveles posteriores.

Al hacer el análisis cualitativo, se encontró que la idea que tienen los estudiantes acerca del sistema solar y los términos que usan para conceptualizarlo son más elaborados a medida que aumenta el nivel educativo, en el sentido de que emplean expresiones más largas y nuevos términos, sin embargo, no hay evidencias de que tengan comprensión de la complejidad que envuelve el modelo de sistema solar.

Las tres formas de abordar la descripción del Sistema solar, bien entendido como conjunto, o como sumatoria de objetos o como una variedad sin límites, tienen aspectos válidos y cuestionables si se analizan desde la búsqueda de la coherencia interna de cada explicación, es decir, no se puede decir que alguna es más correcta que la otra. Mas bien, se puede concluir que, si se tomaran en cuenta todas estas formas de ver y se combinaran mediante ejercicios de diálogo y análisis, se podría construir una versión más ajustada a los modos de pensar de los estudiantes. Quiere decir, que es necesario enriquecer la forma como se trata este contenido en las aulas de clase, de forma que abarque todas las posibles expectativas e imaginarios de los

niños en sus diferentes edades y grados, para llegar más allá de ofrecer informaciones “curiosas” y/o “correctas” sobre lo que se debe entender desde el concepto de Sistema Solar.

Actividad 1.2: Representar el Sistema Solar por medio de un dibujo: Los dibujos obtenidos contribuyeron con la definición de nuevas categorías, en algunos casos fue necesario considerar subcategorías para analizar los resultados. Allí, se encuentran las categorías *Centro* (con subcategorías como helio, geo, o acéntrico), *Vista* (con subcategorías como lateral, superior o compleja), *Planetas* (con subcategorías como número, orden, distancias, tamaños), la categoría *Otros internos* (satélites, asteroides, cometas), la categoría *Otros externos* (alienígenas, galaxias, agujeros negros, naves, entre otros). A continuación, se detalla cada categoría con sus respectivos resultados.

Centro: determina en torno a qué o quién se trasladan los objetos dibujados y comprendidos en el Sistema Solar. Se encontraron ideas cercanas a los modelos Heliocéntricos en donde el Sol se ubica en el centro del sistema o cerca a este y los planetas se trasladan alrededor de él; Geocéntrico, en donde el planeta Tierra estaría en el centro del sistema y todo se traslada entorno a él; Acéntrico o indeterminado, en donde los objetos dibujados se trasladan entorno a un punto no localizado en relación a otro, o donde no es posible determinar si imaginan los cuerpos trasladándose.

Centro: No se encontraron dibujos que indicaran un carácter geocéntrico, en general se establece que hay un 60,6 por ciento de toda la muestra que manifiesta un modelo Heliocéntrico, frente a un 39,4 por ciento en donde el centro del sistema no es el Sol o simplemente no se puede identificar un centro.

En los dibujos, se determinó que existe un modelo heliocéntrico, cuando se presentan una o más orbitas en torno al Sol o también este último está rodeado por los demás cuerpos. Observando las respuestas de cada grupo, organizadas en la Fig. 2, se puede notar que en el grupo de octavo grado de Engativá se encuentra el mayor porcentaje de representación Heliocéntrica con un 63%, seguido por el segundo grupo de séptimo grado de Kennedy y el grupo mixto de San Cristóbal, donde el porcentaje de estudiantes que representan este modelo supera el 50% de cada grupo.

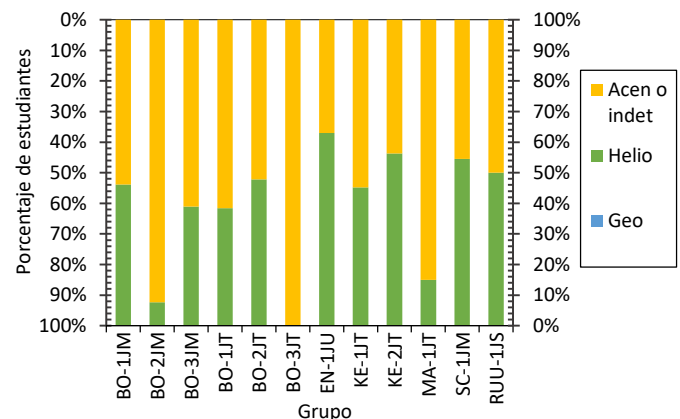


Fig. 2. Porcentaje de estudiantes, de cada grupo, que representan el modelo Heliocéntrico (color verde) y Acéntrico o indeterminado (color amarillo) del

Sistema Solar, considerando en cada grupo el porcentaje total de estudiantes. El modelo geocéntrico (color azul) tiene cero representaciones.

El número de estudiantes que representa el modelo acéntrico o indeterminado es mayor en los grados académicos de primaria, y se reduce en los grupos de bachillerato, presentándose una excepción con el grupo KE7-1. Fuera de este grupo, se puede afirmar que la idea del modelo heliocéntrico se presenta mayormente en niveles educativos superiores.

Es de notar que los estudiantes de los grupos de cuarto grado de Bosa manifestaron haber estudiado el Sistema Solar durante los años 2016 y 2017, donde vieron los objetos que lo componen, algunas partes de él y características de los cuerpos, en el área de ciencias, no obstante, las representaciones del modelo Heliocéntrico no superan el 50% de estudiantes, a esto se suma que en las representaciones del grupo BO4-2JM y del grupo BO4-3JT se encuentran un 7,7% y 0% de estudiantes respectivamente que representan el modelo heliocéntrico, siendo los grupos con el menor índice de representaciones de esta categoría. En la Fig. 3, se observa un ejemplo de sistema heliocéntrico, sin embargo, es de notar que todos los planetas estarían en una sola órbita alrededor del Sol.

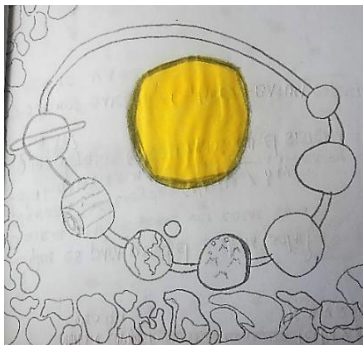


Fig. 3. BO4-1JM-28 hace una representación heliocéntrica en la cual los planetas están todos en una sola órbita alrededor del Sol.

En los dibujos acéntricos o indeterminados se encontraron casos en que hay órbitas que no están entorno al sol, es decir que el Sol está en una de las órbitas o está excluido de las órbitas y del sistema, como se observa en la Fig.4, en donde además los planetas están ubicados aleatoriamente en el espacio.

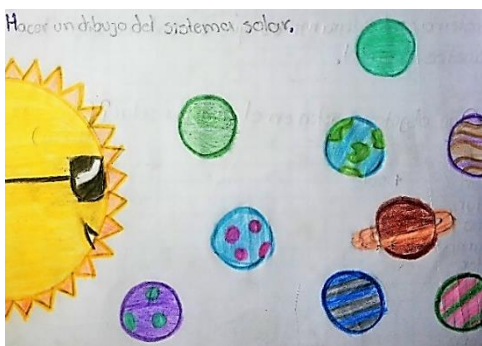


Fig. 4. BO4-1JT-05 representa un modelo acéntrico, con los planetas ubicados aleatoriamente en el espacio.

Otro caso común es dibujar los cuerpos en distintos lugares donde no se puede determinar la traslación de uno con respecto a los otros, al parecer no le asignan una estructura o un orden al Sistema Solar, como se observa en la Fig.5, en donde los planetas tienen órbitas, pero no alrededor del sol.

Los estudiantes en sus dibujos no reflejan los modelos que se muestran comúnmente del sistema solar, porque, si bien el porcentaje de estudiantes de toda la muestra que representan el modelo heliocéntrico es mayor al 50%, se reconoce también que no todas estas representaciones se acercan a los modelos comúnmente presentados en libros o en la web.

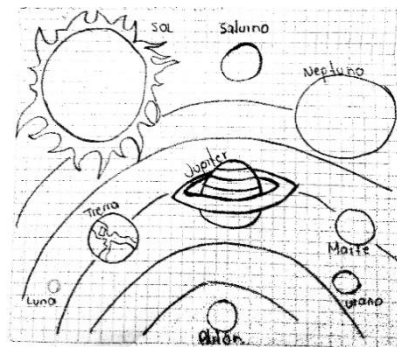


Fig. 5. SCM-1JM-09. Representación indeterminada del sistema solar en donde las órbitas no están alrededor del Sol, sino que Plutón parece ser el centro.

Esto nos lleva a hacer varias reflexiones, de una parte, es cuestionable el método mediante el cual se busca lograr los estándares que propone el MEN, acerca de conocimientos básicos de astronomía, ya que vemos que lo que se hizo, al menos en este contexto, no parece tener los efectos deseados sobre la construcción del modelo explicativo del Sistema Solar.

Por otro lado, nos resulta interesante conocer lo que realmente piensan los estudiantes y la forma como imaginan el universo para construir temas de conversación con ellos, no en el sentido de “corregirles” sus ideas para que las borren y adopten la verdad establecida, sino en el sentido de orientarlos para que construyan coherencia interna de sus representaciones, a partir de lo que pueden ver en el cielo a simple vista y de lo que se puede organizar con base en argumentación lógica. Por lo tanto, a partir de allí es posible diseñar formas de conversaciones con los niños acerca del sistema solar.

De otra parte, nos permite cuestionar los imaginarios que los profesores suelen tener. Por ejemplo, ¿qué le hace pensar a un profesor que el niño comprende directamente el sentido de una órbita cuando se le dibuja una línea en torno al sol? Este resultado nos muestra que construir el concepto de órbita es más complejo que simplemente dibujarlo ¿Por qué han de existir las órbitas? ¿qué hace que se comporten de ese modo? ¿Cómo saber a qué distancia debe estar una órbita de la otra? Son preguntas que surgen de este análisis y a partir de las cuales sería pertinente proponer el diseño de los cursos de astronomía para los niños, en vez de tratar de ilustrar el esquema tradicional

de conceptos jerarquizados que se presentan en los libros, sacrificando la comprensión.

Vista: Indica el punto desde el cual el estudiante, como observador, se ubica en el espacio para representar el Sistema Solar. Para definir esta categoría se tiene en cuenta que los planetas y otros cuerpos menores se trasladan alrededor del sol formando un plano que puede asemejarse con un disco de poco espesor con respecto al diámetro. En consecuencia, se observan tres posibles respuestas en el dibujo, que son: *Lateral* donde el estudiante dibuja el Sistema Solar de canto, se identifica porque los planetas se ubican en una misma línea, como se observa en la Fig.6 ; *Superior*, cuando se dibujan las órbitas de los planetas, todas concéntricas como si el “disco” se observara desde encima, como se observa en la Fig.7; y *Compleja* donde se presentan algunos elementos a lo largo de una misma línea o en una distribución diferente a los anteriores o ubican objetos en posiciones aleatorias, como se observa en la Fig.8.



Fig. 6. KE7-1JT~17 Representación de vista lateral. El Sol y los planetas están en un mismo plano horizontal.

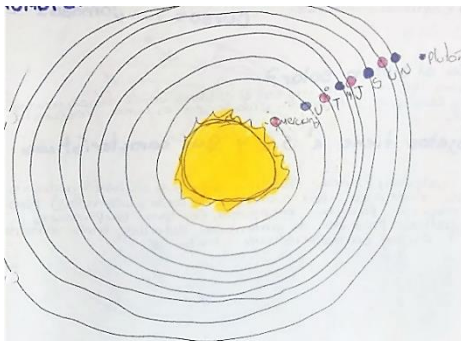


Fig. 7. KE7-2JT~04. Representación de vista superior, el sistema solar heliocéntrico es visto desde encima.

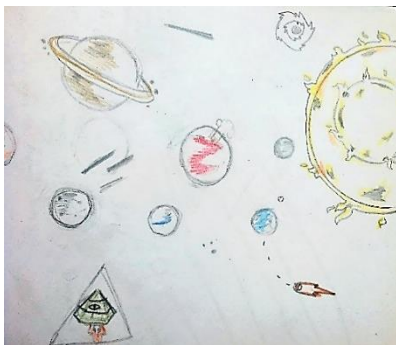


Figura 8. EN8-1JU~13. Representación de una vista compleja, el observador estaría ubicado en un lugar indeterminado en el espacio.

Del grupo general, hay un 46,6% de dibujos donde no se reconoce un punto desde el cual el observador se ubica para representar el sistema solar, ya que los objetos se encuentran

distribuidos aleatoriamente y no hay predominancia en un plano específico. En las otras categorías se encontró el 27,1% para la vista lateral y el 26,3% para la vista superior.

En la Fig.9 se observa el porcentaje de estudiantes, del ciento por ciento de cada grupo, que se ubica en cada una de las categorías definidas, como se mencionó anteriormente. Nótese, que en general, predomina la vista compleja en la mayoría de grupos, no con esto se indica que una u otra vista sea más correcta que las demás, a cambio se puede inferir que cada una de las vistas arroja elementos propios del sistema que darían pie a profundas discusiones sobre nuestra concepción del universo. ¿Qué nos permite pensar que los planetas están alineados en un plano con el Sol? ¿Desde dónde debemos ubicarnos para “ver” el universo? ¿Cuál es la relación de distancias y tamaños entre los diferentes elementos que constituyen el sistema solar y el universo?.

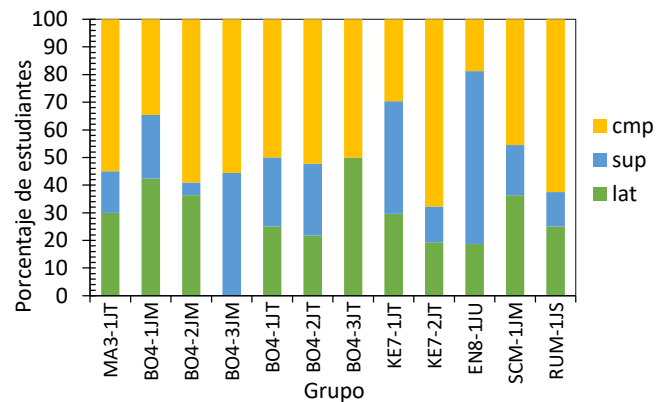


Fig. 9. Porcentaje de estudiantes, por cada grupo, que representa las categorías Lateral (lat) de color verde, Superior (sup) de color azul y compleja (cmp) de color amarillo, definidas para el análisis de la categoría *Vista* de los dibujos Sistema Solar.

En la vista compleja también hay elementos que se rescatan del Sistema Solar, como el hecho de que objetos, como los cometas o asteroides, no se encuentran en el mismo plano de traslación que los planetas, lo cual nos permite inferir que imaginan el sistema solar distribuido en el espacio, sería interesante abordar con ellos la pregunta sobre ¿Qué hace que el sistema solar se agrupe en una estructura?

En ocho de los doce grupos predomina la representación compleja, en dos la representación superior, en uno la representación lateral y en el último hay una igualdad entre el modelo lateral y el complejo. Es de notar que todos estos tipos de respuestas están distribuidas aleatoriamente en todos los grupos, lo que indica que la ubicación del sujeto que representa el sistema (lo cual se asocia a la forma en la que imagina la ubicación de los objetos en el espacio) es independiente del nivel académico en que se encuentre. Según los criterios que se dieron para la sub-categoría *Complejo*, la mayoría de los dibujos representan el sistema distribuido de forma aleatoria, esto se identifica en más de un 50% de los estudiantes en ocho de los doce grupos participantes. Con esta variedad de representaciones de los estudiantes surgen inquietudes como: ¿Cuál es la manera apropiada para generar una imagen tridimensional del sistema solar en los estudiantes? Responder esta pregunta implicaría desarrollar un proceso de enseñanza

que recoja los modelos representados y analice a profundidad las razones por las que lo representan de este modo, desde concepciones científicas, hasta creencias o habilidades artísticas.

Planetas: por definición de la Unión Astronómica Internacional se sabe que: "Un planeta es un cuerpo celeste que está en órbita alrededor del Sol, tiene suficiente masa para que su auto-gravedad supere las fuerzas corporales rígidas, de modo que asume una forma de equilibrio hidrostático, es decir, es casi redonda y maciza, y ha despejado el vecindario en torno a su órbita"¹. Partiendo de esta definición se identificaron en los dibujos cuales representaciones estarían más cerca de la definición de planetas. Fueron encontradas cuatro subcategorías independientes entre sí.

∞ **Numero:** Permite saber cuántos planetas se dibujaron, se determinó que en los dibujos, los planetas son objetos circulares o cercanos a esto, de tamaño considerable según las proporciones del dibujo y en algunos casos están sobre lo que se interpreta como una órbita. En esta categoría existe un subgrupo de estudiantes que decidieron nombrar al menos uno de los planetas que dibujan.

∞ **Orden:** Reconocen si los planetas están ubicados del primero al octavo con respecto al sol, de acuerdo a lo que se suele explicar en los libros. Se determina principalmente en los dibujos en los que se nombraron los planetas.

∞ **Equidistantes:** Determina si hay uno o más cuerpos que ocupan una misma órbita, independientemente de si se traslada en torno al Sol o no.

∞ **Tamaños:** Identifica una diferencia de tamaño (diámetro) entre los planetas, reconociendo que unos son más grandes que otros.

A continuación, se indican los resultados obtenidos por los grupos para cada uno de estas subcategorías.

∞ **Numero:** Predominan los dibujos donde hay entre 8 y 9 planetas, el 21,6 y 22 por ciento respectivamente del total de la población. Algunos estudiantes deciden mencionar los objetos en su dibujo a pesar de que esto no se solicitó. En un grupo de séptimo y otro de tercero se encuentran la mayor cantidad de estudiantes que nombran al menos un cuerpo.

En la Fig.10 se indica el porcentaje de estudiantes de cada grupo que dibuja una determinada cantidad de planetas. Es común, debido a la enseñanza que han tenido, que los estudiantes dibujaran entre 8 o 9 planetas, en los grupos de séptimo grado de Kennedy y el grupo de octavo grado de Engativá se encuentran un alto número de estudiantes que presentan esta característica, seguido por el grupo de tercer grado de Los Mártires. En principio se afirmarí que los estudiantes tienen idea del número de planetas del sistema solar mientras más avanzado es el nivel de escolaridad, sin embargo, hay una excepción con el grupo de tercer grado donde el 60% de los estudiantes representa ocho planetas del sistema, siendo

el grupo con mayor porcentaje de estudiantes que indica saber esta característica.

∞ **Orden, Equidistantes, Discrimina Tamaños:** En los dibujos se observan variaciones en el orden completo de los planetas. De toda la población solo el 10,4% comunican por medio del dibujo la posición de cada planeta. Una tercera parte de ese porcentaje de estudiantes son del grupo de tercer grado de Los Mártires. En la categoría equidistantes el 33,7% de estudiantes de toda la población representa al menos dos cuerpos sobre una misma órbita, los grupos con mayor número de estudiantes con esta característica están en los grupos KE7 1 y 2, con 18 y 14 dibujos respectivamente.

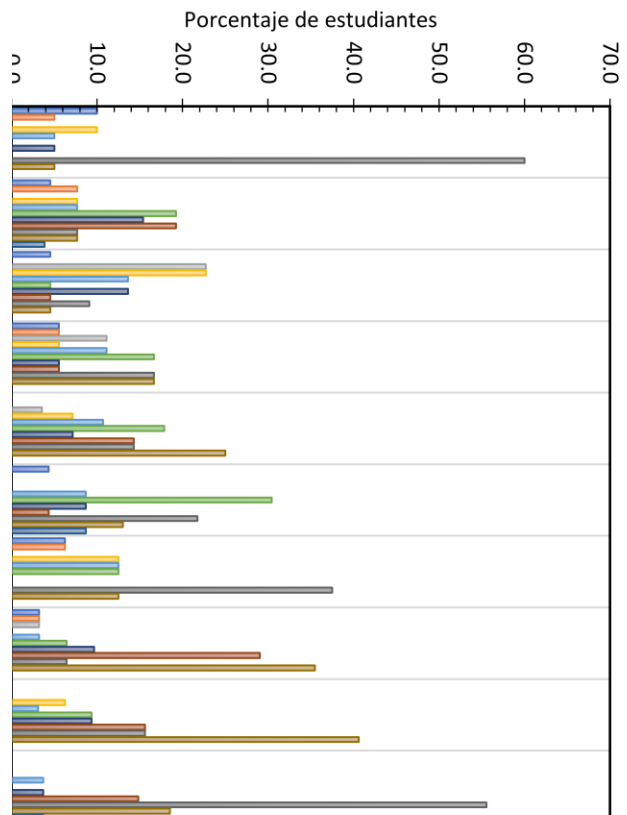
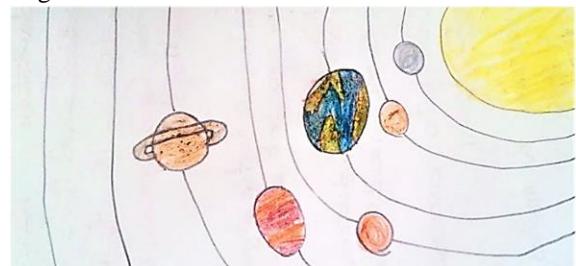


Fig. 10. Porcentaje de estudiantes, de cada grupo, que representa entre 0 y 9 o más planetas, indicados según la convención de colores.

De un total de 87 dibujos, el 33% indica que los planetas tienen diferentes tamaños, un ejemplo de esta percepción esta en la Fig. 11.



¹ Traducción propia. Original: "planet" is defined as a celestial body that (a) is in orbit around the Sun, (b) has sufficient mass for its self-gravity to overcome

rigid body forces so that it assumes a hydrostatic equilibrium (nearly round) shape, and (c) has cleared the neighborhood around its orbit.

Fig. 11. BO4-2JT~05 representa diferencias en el tamaño de los planetas, que a su vez tienen orbitas alrededor del Sol.

De este porcentaje, los grupos de cuarto grado reúnen el mayor número de estudiantes que presenta esta característica con respecto a los estudiantes de niveles superiores. Aunque imaginan diferentes tamaños en los planetas, las repuestas son muy variadas respecto a cuál es el mayor o menor. Con relación a las características de los planetas podemos afirmar que el grado académico no es un indicativo relacionado con la comprensión de estas características. Esto se nota porque algunas características que se presentan en los primeros grados, como el orden de planetas reconocido en su mayoría por el grupo de tercer grado y la diferencia de tamaños de los planetas reconocida mayormente por los grupos de cuarto grado, se reduce en cursos superiores. En la Fig. 12 se observa un ejemplo del orden de los planetas respecto a su distancia al Sol de un estudiante de grado tercero.



Fig.12. MA3-1JT~13. Ubica los planetas en un determinado orden con respecto al sol.

Esto muestra que es más complejo de lo se pueda imaginar el hecho de construir la idea de proporcionalidad entre los tamaños de los planetas y la relación que esto tiene con su distancia al sol, con su composición, entre otros aspectos, que llevarían a los niños a encontrarle alguna explicación a la razón de estar organizado el sistema solar de este modo.

Otras características, como dibujar varios planetas en una misma órbita, es manifestada mayoritariamente por los estudiantes de séptimo grado, como se observa en la Fig. 13.

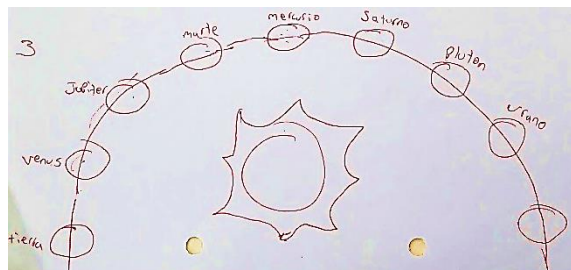


Fig.13. KE7-2JT~. Representa los planetas en una misma órbita.

En la Fig.14 se muestra el porcentaje de estudiantes de cada grupo que representa esta característica, como se nota, no hay un criterio que indique una dependencia con relación al nivel de escolaridad, pues es aleatorio el porcentaje de estudiantes tanto en el mismo grado académico como en los demás grados.

Algunos estudiantes en el desarrollo de la actividad comentaban que los planetas estaban en una línea, esto es un concepto difícil de interpretar ya que pueden referirse a una vista lateral, como ya se mencionó anteriormente, o que todos los planetas se encuentran sobre una misma línea (órbita).

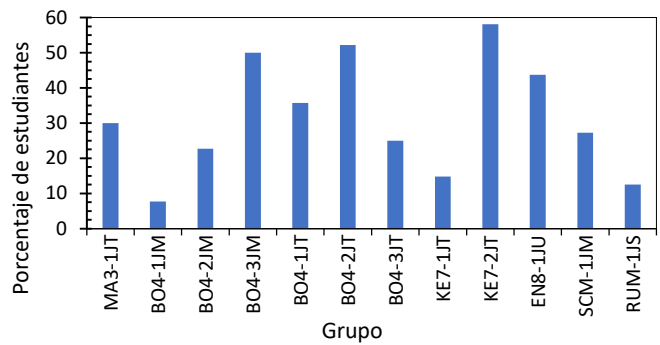


Fig. 14. Porcentaje de estudiantes de cada grupo que dibujan uno o más planetas en la misma órbita, lo que indica que están a la misma distancia del Sol, los datos hacen parte de la categoría Equidistantes.

- *Otros internos*: en la imagen 10 se representan otros elementos propios del sistema solar, se ordenan en tres subcategorías que son; *orbes*, *satélites naturales*, *cometas* y *asteroides*.

- *Otros externos*: debido a que se representan otros elementos que son ficticios o artificiales o que no hacen parte del sistema solar, se crearon dos subcategorías para estos que son: *Estrellas* y *Otros* (galaxias, agujeros negros, novas, naves, alienígenas, satélites artificiales, entre otros). Como se observa en las Figuras 15 y 16.

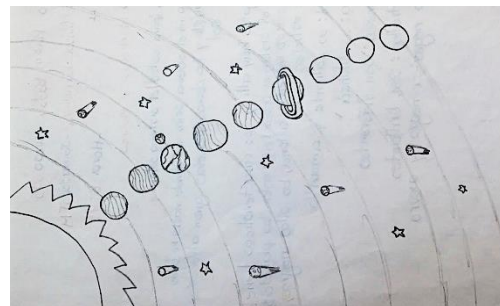


Fig. 15. RUM-1JS-05. Representa objetos que pueden interpretarse como cometas y algunas estrellas.



Fig.16. BO4-1JT~16. Representa otros objetos nombrados como un astronauta y la basura espacial.

En las subcategorías *Satélites naturales* y *Cometas* y *asteroides* se encuentran pocas respuestas, con 53 y 13 dibujos respectivamente. La subcategoría *Orbes* es la que más resalta de las tres en cuanto a la cantidad de estudiantes que representan esta condición, se encuentran 105 dibujos, que equivale al 39,8% del total. En actividades posteriores solo un estudiante menciona líneas imaginarias, hablando posiblemente de las órbitas, en los demás queda la incógnita de si los estudiantes tienen en cuenta que las órbitas no son elementos propiamente

del espacio. Para la categoría *otros externos* están las dos subcategorías, definidas anteriormente, que son *Estrellas* y *otros cuerpos*. En la primera subcategoría hay un número significativo de estudiantes que dibujan estrellas, además del Sol.

En la otra subcategoría se reúnen diferentes cuerpos o elementos, principalmente galaxias y objetos artificiales, encontrados en varios dibujos. Para esta subcategoría, los dibujos, sean fantásticos o reales, son independientes del grado académico, tanto en cursos de primaria como de secundaria se encuentran galaxias, agujeros negros, satélites artificiales o rostros sobre el Sol. En algunos dibujos no es posible reconocer si los objetos hacen parte del sistema o son externos, ya que es difícil determinar una tridimensionalidad en el dibujo.

En general, se manifiestan características propias del sistema solar como lo son los planetas y el sol. En ningún caso se representan satélites naturales en otros planetas fuera de la Luna, que se representan tan solo en un 20% de toda la población. No hubo representación de anillos en más de un planeta y solo un estudiante dibuja algo que se puede relacionar al cinturón de asteroides. En correlación con el concepto que dan en la actividad en donde se les pide conceptualizar el Sistema Solar, es claro que en la mayoría no hay una conexión explícita entre lo que se dibuja y lo que se define como sistema solar, específicamente en cuanto a los cuerpos que conforman el sistema solar. Al igual que en la actividad anterior se pueden tomar de los dibujos varios elementos que ayuden a conformar una imagen completa del sistema, resaltando elementos como planos de traslación, características, planetas y objetos menores, entre otros.

Es de notar que algunas ideas de los estudiantes acerca del sistema solar son próximas a las imágenes mostradas en libros y en la internet, principalmente en grados académicos avanzados, donde también se incluyen más objetos. Sin embargo, en estos dibujos hay diferentes representaciones para un mismo elemento, por ejemplo, las orbitas que parecieran provenir y terminar en el sol en algunos dibujos. Aun así, se observan variaciones, como, por ejemplo, la cantidad de planetas dibujados o el orden de cada uno de los planetas o las diferentes distancias del sol.

Actividad 1.3: Mencionar que objetos hay en el Sistema Solar. Se encuentran tres categorías en las que se agrupan los términos utilizados por los estudiantes, siendo estas *Cuerpos incluidos*, *Cuerpos excluidos* y *No considerados*:

- *Cuerpos incluidos*: Son los objetos naturales que conforman el sistema solar, no las partes de algunos objetos. Existen dos subcategorías en este aparte: particular cuando se nombra un cuerpo específico (Sol, Luna, Júpiter, Sedna, Prometeo, ...) y general cuando se menciona una identificación genérica de objetos (planetas, asteroides, cometas, satélites).
- *Cuerpos excluidos*: Son los objetos naturales que no se encuentran al interior del sistema solar (galaxias, exoplanetas, estrellas, entre otros) y aquellos que plantean algunas teorías o acuden a sus experiencias con la ciencia ficción para mencionar agujeros de gusano, agujeros blancos, etc.

- *No considerados*: Son los términos que reúnen cuerpos artificiales, como naves, satélites, Estación espacial; que tienen supuesta existencia, como Ovnis o alienígenas; elementos que podrían hacer parte de un cuerpo, como atmosfera, vida, anillos, y finalmente, aspectos que no son ni cuerpos, ni partes de cuerpos, sino conceptos, tales como tiempo, espacio, órbitas.

En esta actividad participaron en total 244 estudiantes, los datos se sintetizan en la Fig. 17. Se encontró un total de 65 términos, los cuales se organizaron como se ve en la Tabla I donde se indica la cantidad de veces que se repitió cada término. Se encontró que en más del 50% de la población los términos que se escriben son Planetas, Estrellas y Sol.

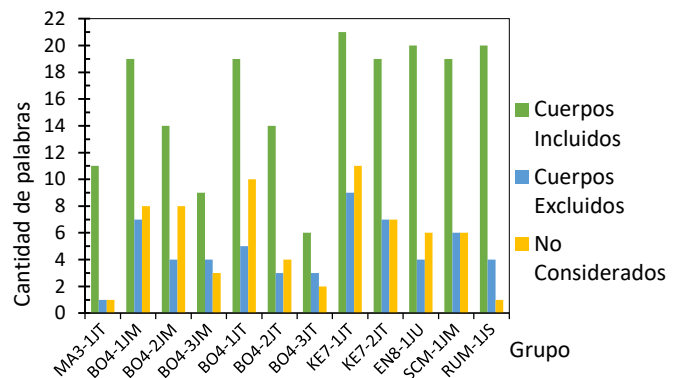


Fig. 17. Cantidad de términos, sin repeticiones, escritos por los estudiantes de cada grupo y organizados por las categorías definidas.

Debido a que no hubo un límite de palabras se puede decir que todos los grupos reconocen objetos que hacen parte del sistema solar, sin embargo, al encontrar un número considerable de términos en las categorías *cuerpos externos* y *no considerados*, también se puede afirmar que se desconoce lo que es únicamente del sistema, lo cual concuerda con varias de las definiciones dadas por los estudiantes en la actividad de definición del Sistema Solar. Pero en esta nueva actividad, aparecen otros términos que expresan objetos que no fueron dibujados.

En el grupo MA3-1, los estudiantes nombran 11 objetos del sistema solar y tan solo 2 que no hacen parte del sistema, al compararlos con el grupo KE7-1, que nombran 21 objetos del sistema solar y 20 que no hacen parte, podemos decir que el grupo de tercero reconoce los objetos que hacen parte del sistema y cuáles no, aunque es probable que estos estudiantes no conozcan otros términos asociados a objetos fuera del sistema, a partir de esto, podemos concluir que los estudiantes de niveles más avanzados conocen más términos asociados al espacio exterior, aunque no hay una diferencia clara entre los objetos internos y externos al sistema solar, es decir, parece que los estudiantes acrecientan su lenguaje en términos relacionados con el espacio, sin tener claridad de sus significados.

En la Fig. 17 se pueden comparar la cantidad de palabras, sin repeticiones, que se escriben en cada grupo y para cada una de

las categorías, inferimos que el conocimiento en cuanto a la cantidad de términos, no corresponde con el nivel académico, pues es variable la cantidad en cada grupo. Se nota que para la categoría de cuerpos incluidos hay más términos en los grupos de bachillerato que en los grupos de primaria.

Hay 65 términos en total y comparando tres grupos de cuarto grado de Bosa, dos de ellos son los que nombran más términos, en total 34 y el otro grupo es donde se nombran menos, con 11 en total, de esto se sabe con seguridad que no todos los 11 términos de este último grupo están contenidos en los 34 de los otros dos grupos. Por lo tanto, los términos que se encuentran en un determinado grupo, no necesariamente se encuentran en los demás grupos, pues obviamente la aprehensión de estos términos menos comunes depende del nivel de acceso que hayan tenido a diversas informaciones.

TABLA I
TÉRMINOS ESCRITOS Y CANTIDAD DE VECES QUE SE MENCIONARON

Cuerpos incluidos					
General		Particular			
Planetas	192	Sol	136	Luna	90
Satélites	86	Tierra	114	Urano	89
Asteroides	83	Marte	110	Plutón	80
Meteoritos	79	Saturno	110	Mercurio	62
Lunas	33	Júpiter	107	Planeta X	1
Cometas	25	Venus	92	Nube de Kuiper	1
Satélites naturales	9	Neptuno	92		
Rocas	9				
Piedras	6				
Planetoides	4				
Nano planeta	3				
Cuerpos excluidos					
Estrellas	153	Cuerpos celestes	5	Universos	3
Agujeros negros	60	Gases	5	Extra-terrestres	2
Galaxias	48	Agujeros de gusano	3	Agujeros Blancos	1
Vía Láctea	22	Nebulosas	3		
Soles	14	Polvo	3		
No considerados					
Constelaciones	32	Luz	5	Espacio	1
Basura espacial	20	Aurora boreal	4	E.E. I	1
Estrellas fugaces	11	Satélites artificiales	4	Líneas invisibles	1
Cohetes	10	Marcianos	3	Oxígeno	1
Naves	8	Anillos	2	Ovnis	1
Vida	8	Oscuridad	2	Telescopio	1
Orbitas	7	Súper novas	2	Tormentas solares	1
Alién	6	Artefactos humanos	1	Vacío	1
Atmósfera	6	Cuerpos no celestes	1	Aire	1
Astronautas	5	Espacio	1		

Fuente: los autores

Actividad 1.4: Identificar algunos de los objetos del Sistema Solar: los estudiantes escribieron el tipo de objeto o el nombre del objeto que identificaron en las imágenes que les fueron presentadas. Los objetos que se presentaron fueron:

Luna	Make Make	Europa	Eris	Marte
A	B	C	D	E
Neptuno	Ceres	Mercurio	Mimas	Sol
F	G	H	I	J
Jupiter	Ganimedes	Venus	Haumea	Fobos
K	L	M	N	O
Tierra	Plutón	Urano	Ío	Saturno

P Q R S T
Fuente: los autores

En esta actividad participaron 156 estudiantes, los datos se analizaron tomando únicamente los aciertos, es decir los cuerpos cuyos nombres coinciden con la imagen presentada. Los grupos MA3-1, BO4-3JM y RUM-1 no participaron en esta actividad. Tomando la población, se observó que, en general, identifican hasta 13 objetos, de estos Saturno es el más frecuente, identificado por 80 estudiantes que representan un 51,3%, seguido por Júpiter con un 38,5% (60 estudiantes). La Tierra y la Luna es reconocida por 73 (46,8%) y 40 (25,6%) estudiantes respectivamente, este último dato nos parece un porcentaje bajo teniendo en cuenta que estos dos cuerpos suelen ser muy representativos, ya que la Tierra es el planeta donde habitamos y la Luna es un cuerpo celeste reconocido a simple vista fácilmente en el cielo.

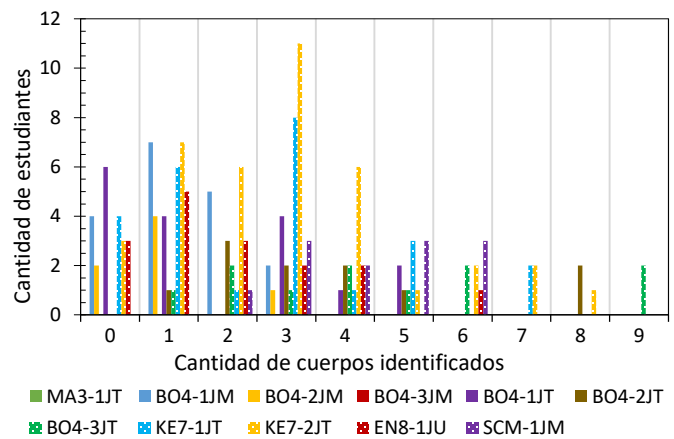


Fig. 18. Cantidad de estudiantes por grupo que identifica entre 0 y 9 cuerpos.

En los datos de la Fig. 18 se observa que, independiente del grado académico, reconocen distintos cuerpos. Hay una mayor concentración de estudiantes que identifican 1 y 4 cuerpos, posteriormente disminuye la cantidad de estudiantes. No se puede asegurar que en niveles académicos más avanzados se reconocen más cuerpos, sabemos que la suma de estudiantes de los niveles académicos que corresponden a los grupos de bachillerato es mayor en correspondencia con los estudiantes de los grupos de primaria para el rango entre 1 y 4 objetos identificados, aunque esta diferencia no es significativa. Por otro lado, los estudiantes que identifican 8 y 9 cuerpos son principalmente de cuarto grado.

En general, se encuentra diversidad en los aciertos, se puede notar que por una parte los grupos de bachillerato (un curso en conjunto) pueden tener más aciertos y por ende más dominio de los temas, como es el caso del número de objetos determinados, y por otro lado están los estudiantes (cada individuo) que reconocen más objetos, siendo estos los de primaria.

Actividad 1.5: Discriminación por tamaño de los 8 planetas del sistema solar: los datos se analizan de dos maneras: una en la que se observan cuantos estudiantes aciertan un número determinado de posiciones correctas de acuerdo a la ciencia establecida, sabiendo que el valor máximo es ocho y el mínimo es cero, que quiere decir que ubicó todos o ninguno respectivamente en la escala de tamaños; y otra en que se

observó cuantas veces se acertó la posición de cada planeta en relación a los demás planetas.

En esta actividad participaron 93 estudiantes en cuatro de los doce grupos iniciales. En principio, se podían tener únicamente dos respuestas referentes a si el estudiante reconoce o no el tamaño de los cuerpos, lo cual sería sí o no. Como los resultados nos indican que ningún estudiante sitúa los planetas según su tamaño, se evaluó la posición en la que ubican cada uno, con esto se identificó que hay un máximo de seis aciertos y mínimo de cero aciertos, además se consideró que las respuestas dadas por los estudiantes pueden estar correctas por motivos del azar o por conocimiento, teniendo en cuenta que presentan únicamente una lista de planetas. En este sentido, excluyendo los estudiantes que no ubican objeto alguno, la mayoría se encuentran entre 1 y 2 objetos bien ubicados, los cuales están asociados a Júpiter y Saturno, siendo estos los dos más grandes.

En la Tabla II, el orden en que están los planetas obedece al tamaño de cada uno, siendo el mayor Júpiter y el menor Mercurio. En la tabla está incluido Plutón ya que varios estudiantes lo nombran como planeta a pesar que se indicó en la actividad que solo existen ocho planetas y se mostraron las imágenes de los mismos con su respectivo nombre. De los estudiantes que nombraron a Plutón como planetas, solo cinco estudiantes de primaria lo ubican como el más pequeño. Hay 42 estudiantes, el 45,2% de la población total, que identifican a Júpiter como el planeta más grande, después de este dato los porcentajes disminuyen para cada planeta.

TABLA II
NUMERO DE ACIERTOS POR GRUPO, SEGÚN LA UBICACIÓN DE CADA OBJETO

Grupo	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno	Tierra	venus	Marte	Mercurio	Plutón
BO4-1JT	6	6	5	7	4	1	0	0	2
BO4-3JT	14	15	1	0	2	5	4	0	3
KE7-2JT	17	7	2	4	1	4	3	12	0
SCM-1JM	5	5	0	1	4	3	2	4	0
Total	42	33	8	12	11	13	9	16	5

Fuente: los autores

Existen algunos estudiantes que escriben los planetas en el orden con respecto a la distancia al sol y no al tamaño. Interpretando este tipo de respuesta, entendemos que los estudiantes asocian el tamaño de los cuerpos según la distancia al Sol, existiendo dos respuestas posibles, las cuales son Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, siendo el menor Mercurio y el mayor Neptuno, o en orden inverso, siendo el menor Neptuno y el mayor Mercurio. En consecuencia, son 10 estudiantes que dan esta respuesta, divididos equitativamente entre las dos posibilidades. También existen otras respuestas en las que los estudiantes que, a pesar que no ubican cada objeto según su tamaño, parecen comprender que los planetas gaseosos (también llamados exteriores) son más grandes que los rocosos (conocidos como interiores).

Esto nos lleva a reflexionar sobre los argumentos que los estudiantes han creado para organizar sus ideas acerca de los planetas del Sistema Solar. Al parecer, hay la necesidad de empezar comprendiendo que es el planeta Tierra, por qué se llama planeta, cuáles son sus características en relación al Sol, como “ver” los demás planetas desde el nuestro, y con ello se podría dar mayor sentido a la construcción de modelos del universo, más allá, de aprenderse nombres o de relacionar imágenes, que además muchas veces son obras artísticas.

B. Componente exterior del sistema solar

En este componente se encontraron las siguientes actividades con sus respectivas categorías de análisis y resultados:

Actividad 2.1: Mencionar cuales objetos existen al Exterior del sistema solar: se identificaron cuáles son los términos más recurrentes dados por los estudiantes en cada grupo, ubicándolos en las siguientes categorías:

- *Cuerpos externos:* aquellos objetos naturales que eventualmente están fuera del sistema solar. Estos se dividen entre, *comunes* que son los cuerpos que por observación a simple vista sabemos que existen como las estrellas, cúmulos estelares o nebulosas y *especiales* cuando se mencionan objetos teóricos o que no se encuentran determinados como los agujeros negros, pulsares, entre otros.
- *Otros cuerpos:* Son los objetos naturales que hacen parte del sistema solar, tales como planetas, satélites naturales, cometas, entre otros.
- *No considerados:* Son los términos que se refieren a partes de objetos como anillos o atmosfera; que no son naturales como naves o paneles solares, que no son propiamente un objeto, o pueden referirse a fenómenos como constelaciones, sonido o dimensiones.

En esta actividad participaron 296 estudiantes. En general, se escribieron 80 términos, los cuales fueron clasificados en las categorías y por grupos como se observa en la Fig.19.

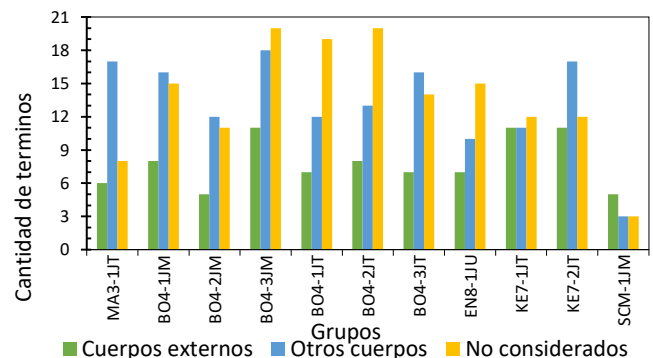


Fig. 19. Cantidad de términos, sin repeticiones, que escribe cada grupo, ubicados en las categorías Cuerpos externos (verde), Otros cuerpos (azul) y No considerados (amarillo).

De manera semejante a la actividad anteriormente descrita, no hay un límite de términos y los estudiantes, nuevamente, escriben términos tanto internos como externos al sistema solar y otros que no corresponden. Estrellas, Planetas, Agujeros negros y meteoritos son los objetos más nombrados, de los cuales dos están en el sistema solar y los otros dos son externos,

se podría decir que para ellos no es claro hasta donde llega el sistema solar o que se comprende como el exterior de este.

No existe una diferencia considerable en cuanto a la cantidad de términos que escribe cada grupo en las categorías, por ejemplo, para *Cuerpos Externos* hay una misma cantidad de términos por algunos grupos tanto de primaria como de bachillerato. La diferencia radica en los tipos de objetos que escriben. Tomando un grupo de cuarto grado y otro de séptimo grado, con una misma cantidad de términos, se observa que coinciden en siete términos que son: Vía Láctea, Universos, Sistemas solares, Estrellas, Galaxia, Exo-planetes y agujeros negros, y discrepan en cuatro términos, el grupo de séptimo grado de Kennedy nombra: Planetas con vida, Nebulosas, Pulsares y supernovas, mientras que el grupo de cuarto grado de Bosa, nombra soles, pedazos de estrellas, agujeros blancos y agujeros de gusano. Aunque exista la misma cantidad de términos es claro que no determinan los mismos objetos, dicha diferencia indica que en ambos grupos existen conocimientos diferentes, al menos en los términos que conocen y asocian a cuerpos del universo.

En términos de aprendizajes para la enseñanza de la Astronomía, nos permite interpretar que existe actualmente una cantidad de términos en el lenguaje de los niños que serían un buen detonante para planear ejercicios de comprensión del universo a partir de las diversas teorías que tratan de explicar su comportamiento. Se vislumbra que podrían tratarse con ellos, temas relacionados a las condiciones biológicas para la vida fuera del planeta tierra, nociones espacio temporales desde las teorías contemporáneas de la física y composición química de los objetos del universo.

En la Tabla III, los términos se encuentran ordenados de mayor a menor dependiendo de la cantidad de veces que se mencionaron.

TABLA III
TÉRMINOS ESCRITOS Y CANTIDAD DE VECES QUE SE MENCIONARON

Cuerpos externos					
Común		Especial			
Estrellas	224	Universos		21	
Agujeros negros	143	Soles		17	
Galaxias	94	Agujeros de gusano		13	
Vía láctea	46	Planetas con vida		11	
Nebulosas	21	Materia oscura		1	
Sistemas solares	19	Pedazos de estrellas		1	
Súper-novas	4	Agujeros blancos		1	
Exo-planetes	3	Antimateria		1	
Pulsares	2				
Cumulo de estrellas	1				
Otros cuerpos					
Planetas	189	Tierra	26	Urano	8
Meteoritos	125	Saturno	21	Satélites naturales	7
Asteroides	96	Piedras	19	Neptuno	6
Luna	87	Sistema solar	18	Planetoide	5
Satélites	83	Plutón	13	Venus	3
Cometas	74	Júpiter	12	Mercurio	2
Sol	71	Roca espacial	12	Nube de Oort	1
Lunas	29	Marte	11		
No considerados					
Extraterrestres	57	Espacio	13	Vacío	3
Constelaciones	42	Ovnis	9	Polvo espacial	3
Estrellas fugaces	42	Satélites artificiales	8	Cosmos	2
Naves	38	Marcianos	5	Gravedad	2

Basura espacial	37	Sondas	5	Metales	2
Cohetes	34	Aire	5	Gusano espacial o interplanetario	2
Alienígenas	34	Elementos	4	EEI	1
Astronautas	21	Materia	4	Campos de fuerza	1
Vida	15	Oscuridad	4	Cuerpos luminosos	1
Gas espacial	15	Oxígeno	4	Artefactos humanos	1
Dimensiones	11	Robots	4	Paneles solares	1
Luz	11	Cuerpos celestes	3	Sonido	1
Atmosfera	10	Portales	3	Energía	1

Fuente: los autores

Actividad 2.2: Continuar la historia: A partir de la lectura de sus historias, se observa que los niños mencionan sucesos, y diferentes tipos de objetos. Por ejemplo, mencionan sucesos como

EN8-1~7: entrar a un gusano interplanetario que los lleva a otro sistema solar.

Describen objetos tanto internos como externos al sistema solar como cometas, asteroides, galaxias o agujeros negros. En general, no hacen referencia a la naturaleza de los objetos o situaciones que en estos puedan ocurrir, probablemente han escuchado de estos nombres sin precisar en qué objetos pertenecen o no al sistema solar. Igualmente, se encuentra que algunos de los cuentos no presentan información sobre eventos que ocurren en el espacio exterior o que trate sobre los objetos que en él se encuentran, por ejemplo,

BO4-2JT~15: empezaron su aventura pero se quedaron sin combustible entonces salieron de la nave y encontraron un planeta

En esta actividad participaron 274 estudiantes. La mayoría de las historias se ubican en la categoría de *Menciona Objetos Internos*. En estas, los estudiantes nombran varios de los cuerpos del sistema solar, indicando que los personajes van a visitarlos o que pasan cerca de ellos, en ninguna se comentan eventos que puedan ocurrir asociados con las características físicas de estos cuerpos. Entre las categorías *menciona objetos externos* y *nulos* la cantidad de estudiantes es variable, en el grupo MA3-1 se encuentra el menor porcentaje para la categoría *Menciona objetos externos*, estando estos por encima del grupo mixto de San Cristóbal con cero estudiantes.

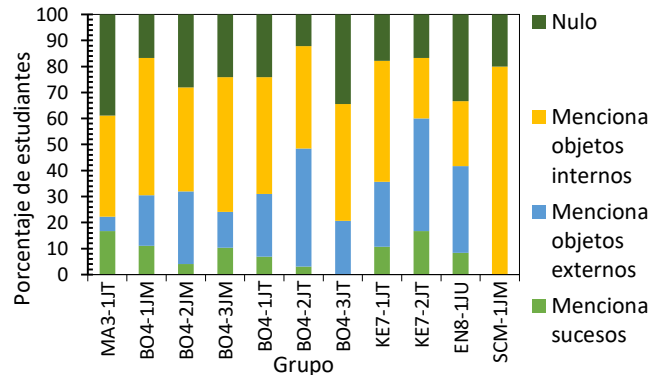


Fig. 20. Porcentaje de estudiantes de cada grupo, divididos en cada una de las categorías definidas y en las que se ubicaron las historias escritas.

Hay dos grupos más que tienen un porcentaje bajo en la categoría *Menciona objetos externos* con respecto a la categoría *Nulo*. Para la misma relación de estas dos categorías existen cuatro grupos que están por encima del porcentaje de la categoría *Nulo* y tres grupos en que es igual la cantidad de

historias en ambas categorías, como se muestra en la Fig.20. Estas variaciones entre dichas categorías muestran que no hay una tendencia respecto al grado académico, pues la cantidad de historias en cada categoría son independientes de cada grupo, lo mismo se refleja en la categoría *Menciona sucesos*.

En este campo es considerable la diversidad de ideas que tienen los estudiantes en torno a los sucesos tanto internos como externos al sistema solar. Una posible razón es que el tema en cuestión no hace parte de los programas educativos de las instituciones públicas. Por ende, han accedido al conocimiento por otros medios, principalmente por los dibujos animados, las películas de ciencia ficción y los videojuegos, en donde es común encontrar, por ejemplo, la idea de un agujero negro que puede “absorber” atrapando a los sujetos, desintegrándolos o transportándolos a otro lugar u otra dimensión, como lo relatan la mayoría de estudiantes de la categoría *Menciona sucesos*.

También es importante resaltar que la mayoría de los estudiantes habla de mundos habitados dentro y fuera del sistema solar, donde se producen encuentros hostiles o amistosos con alienígenas, algo que es comúnmente representado en los medios nombrados. De acá podemos inferir que trabajar con programas de televisión, videojuegos y películas podría enriquecer el diálogo con los estudiantes ofreciendo una imagen de ciencia mas humana y cercana a las posibilidades de imaginación de los niños, con el fin de llevarlos paulatinamente hacia la organización de conocimientos cada vez más coherentes para ellos mismos.

C. Componente fenómenos naturales terrestres

El análisis de esta actividad nos ofreció información sobre los fenómenos naturales que identifican los estudiantes, los cuales se clasificaron en tres grupos que son *celestes*, *atmosféricos* y *otros*, y también sobre las explicaciones que ellos dan a cada fenómeno. Para analizar la actividad se dividió en dos partes que son los términos y las explicaciones como se describe a continuación.

Actividad 3.1a: Fenómenos nombrados: cuando definimos la categoría *fenómenos atmosféricos*, hacemos referencia a los eventos que suceden en la troposfera, una de las capas de la atmosfera, y en su mayoría se dan por cambios climáticos sucedidos por el Sol, por ejemplo, la lluvia o los tornados. La categoría *fenómenos celestes* son los eventos que ocurren en las zonas de la atmosfera más altas o incluso fuera de la Tierra, estos eventos son percibidos visualmente y suelen inquietar a la humanidad, el más común es el día y la noche, también están los eclipses. En la categoría *otros fenómenos* se encuentran los eventos que no se asocian necesariamente con efectos externos a la Tierra, varios de estos producidos por ejemplo por movimientos en la corteza terrestre como los sismos o erupciones volcánicas.

En esta actividad participaron 66 estudiantes de los grupos EN8-1, KE7-1 y KE7-2. En la tabla 4 se puede observar la cantidad de estudiantes por grupo y el número de términos que escribieron para cada una de las categorías definidas. En total surgieron 27 términos, todos asociados a fenómenos naturales

o cercanos a estos, la mayoría de estos se encuentran en la categoría *fenómenos atmosféricos*.

TABLA IV
ESTUDIANTES POR GRUPO Y CANTIDAD DE FENÓMENOS
NOMBRADOS CLASIFICADOS EN FENÓMENOS CELESTES (F.C)
FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS (F.A) Y TROS FENÓMENOS (O.F).

Grupo	Estudiantes	F.C	F.A	O.F	Total
KE7-1JT	23	3	13	5	21
KE7-2JT	26	4	10	6	20
EN8-1JU	17	3	9	4	16

Fuente: los autores

El tipo y la cantidad de términos en cada categoría, así como la cantidad de veces que se repitió, son descritos en la tabla 5.

El termino más nombrado fue Eclipse, con un 57,6 %, seguidos de Lluvia y Arcoíris, con un mismo número de estudiantes. La diferencia entre la cantidad de términos en cada categoría y los grupos es baja, se puede asumir que los grupos de niveles académicos cercanos o iguales reconocen una cantidad semejante de eventos. Esta temática es de especial interés, pues es una manera de relacionar directamente el comportamiento de eventos en nuestro planeta Tierra en relación con el resto del universo. Se puede partir de eventos que todos sentimos, vemos y analizamos para hacer abstracciones sobre el lugar y comportamiento de los planetas.

TABLA V
FENÓMENOS NATURALES ESCRITOS POR LOS
ESTUDIANTES Y CANTIDAD DE VECES QUE SE
MENCIONARON

Fenómenos celestes			
Eclipse	38	Lluvia de meteoritos (estrella fugaz)	10
Día y noche	13	Auroras	3
Fenómenos atmosféricos			
Lluvia	30	Olas	8
Arcoíris	30	Calentamiento global	7
Granizo	12	Efecto invernadero	5
Rayos	13	Neblina	4
Huracanes	11	Mareas	4
Nieve	10	Remolinos	3
Fenómeno del niño y niña	9	Tormenta de arena	1
Tornados	8		
Otros fenómenos			
Terremoto	19	Maremotos	3
Tsunami	16	Sequia	3
Erupción volcánica	15	Derrumbes	2
Avalanchas	3	Truenos	1

Fuente: los autores

Actividad 3.1b: Explicación de los fenómenos naturales: en total se escribieron 290 explicaciones. Los argumentos que dan los estudiantes para explicar los fenómenos naturales se clasificaron en las tres subcategorías. Una es *Explicación lógica*, donde se encuentran 155 explicaciones, se identifica cuando los estudiantes argumentan empleando términos poco comunes que pueden adquirir desde la ciencia, por ejemplo, para arcoíris,

KE7-2~4: “se origina por la descomposición solar en el espectro visible”.

La siguiente categoría es *sentido común*, en esta se encuentran 106 explicaciones. Esta categoría encierra las respuestas de lo que se observa directamente del fenómeno, alude a creencias, ideas del conocimiento general, o describen eventos desde la fantasía. También sobre el arcoíris,

EN8-1~17: “porque está lloviendo y al rato sale el sol”

En este caso solo menciona actores del fenómeno, otro ejemplo en este caso para calentamiento global del estudiante,

KE7-1~21: “sucede cuando el sol tiene más energía y hace más calor”

Esta es una idea del conocimiento general sobre el calor producido por la energía del sol, la cual aumenta según el estudiante y seguramente también disminuye. Por último, hay 29 conceptos en la categoría *no responde*, en donde los estudiantes no contestaron ya sea porque no saben, no lograron organizar sus ideas o simplemente no tienen algún conocimiento que les permita decir algo, como se infiere del grupo KE7-2JT, que aumentó este número en relación a los otros grupos.

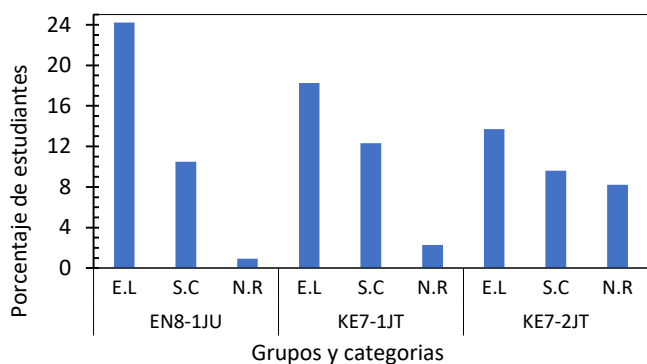


Fig. 21. Porcentaje de estudiantes de cada grupo que corresponde a las categorías Explicación lógica (E.L), Sentido común (S.C) y No responde (N.R) respecto a los argumentos escritos en 13 fenómenos comunes.

Hay 13 fenómenos que se nombraron en los tres grupos, estos son de principal interés ya que permite relacionar las respuestas entre los grupos, lo cual se encuentra en la Fig.21. En las respuestas de *Explicación lógica* el grupo EN8-1 tienen el mayor porcentaje de estudiantes ubicados en esta subcategoría con respecto a los otros dos grupos, se puede decir que los estudiantes de grados académicos más avanzados buscan explicaciones basadas en conocimientos científicos, aunque es también probable que aun recurriendo a este lenguaje no conciben todo el fenómeno en cuestión. Vale aclarar que desde la experiencia directa es difícil llegar a comprender toda la naturaleza del fenómeno.

En las otras subcategorías, *Sentido común* y *No responde*, hay igualmente porcentajes considerables de estudiantes, principalmente en los grupos KE7-1 y KE7-2. En la subcategoría *sentido común* se observa que muchos estudiantes, aunque no presenten una razón para los fenómenos, saben cuáles son los actores que intervienen, incluyendo la mención de algunos conceptos. Estas ideas deben ser consideradas en los procesos de enseñanza y aprendizaje en el sentido que, para estos grados académicos, hay unas ideas que sirven tanto para

confundir o discrepar en la naturaleza del fenómeno como para dar la base a la comprensión del mismo.

Aunque hay diferencia en la cantidad de fenómenos descritos, siendo mayor en los grupos de séptimo grado, también hay menor cantidad de estudiantes en el grupo de octavo grado, entonces una relación entre términos y estudiantes por grado académico podría arrojar porcentajes similares. En cuanto a la explicación de los fenómenos son aleatorias las respuestas con respecto a las categorías, como se identificó en el análisis.

En principio podemos afirmar que las ideas que dan los estudiantes en grados académicos más avanzados, como se observa con el grupo EN8-1 recurren mayormente al lenguaje científico, no obstante, entre los dos grupos KE7 los porcentajes de estudiantes son diferentes para cada categoría, dando peso a que las ideas de los estudiantes incluso en niveles semejantes no son las mismas.

V. CONCLUSIONES

Las ideas sobre la astronomía que tienen los niños se relacionan principalmente con lo que observan cotidianamente mirando el cielo a simple vista, con lo que encuentran en diferentes medios de información y comunicación y probablemente algunos saberes adquiridos en la escuela. Para tener conocimientos previos hay que tener experiencias relacionadas con los conceptos y en caso de la astronomía los conceptos son tan abstractos y lejanos a la vida cotidiana que es difícil tener experiencias, por ejemplo, con relación a la forma, composición y límite espacial del sistema solar, como a la composición y dimensionalidad de las formaciones externas a este, o los conceptos que no hacen parte de elementos evidentes como las orbitas.

Indiscutiblemente, los estudiantes recurren a sus ideas sobre cada uno de los temas tratados en las actividades, las cuales varían en algunos casos con respecto al grado académico de cada estudiante y en otros casos es independiente de esto. Ellos buscan responder de alguna manera cada pregunta, dando a entender que conocen varios términos y sucesos, demostrando que presentan diferentes formas de imaginar las respuestas, lo cual evidencia también un interés en el entendimiento de la astronomía, como se menciona en los resultados de cada actividad. Se encuentran algunos grupos que presentan mayor interés en aprender esta ciencia, como lo son los grupos RUM-1 y SCM-1, esto debido al contexto de aprendizaje al que han estado expuestos.

Por lo tanto, para el objetivo que perseguimos, indica que no podemos dar por hecho que a mayor grado de escolaridad mayor comprensión de la astronomía, sino que en todos los casos es necesario entrar construyendo sentidos sobre los temas a tratar.

El desarrollo de programas y la intervención en aulas de clase no puede ser genérico e independiente de los estudiantes. Al observar que las ideas y la imaginación que tienen los niños sobre los cuerpos dentro y fuera del sistema solar y sus efectos en la tierra o el universo, son muy diversas con diferentes niveles de profundidad y entendimiento, con que incluimos que enseñar una ciencia como está a todos por igual no permitirá

desarrollar procesos de construcción de conocimientos propios que les permitan fundamentar su comprensión del mundo.

Las estrategias de enseñanza deben estar basadas en el saber de los estudiantes, siendo adecuada para ellos, donde exista el diálogo entre sus ideas y las de los docentes, mediados por el conocimiento científico, pero no con el ánimo de imponer o de “corregir” sus ideas, sino de desarrollar formas de pensar, de aumentar sus niveles internos de coherencia para las explicaciones que construyen. En consecuencia, no podemos hablar únicamente de conocer sus saberes en un aula, sino que además será necesario que el docente y demás entes involucrados en el proceso de la enseñanza y el aprendizaje creen programas que se centren y profundicen en los temas que se identifican como de interés de los estudiantes.

Finalmente, se consolidó un conjunto de preguntas que podrían orientar el diseño de cursos de astronomía intentando resolver las situaciones detectadas como altamente abstractas y que requieren ser trabajadas para disminuir la complejidad y permitir que hagan parte de los imaginarios de los niños, de una manera más natural. Preguntas como: ¿cómo construir la idea de las trayectorias de los planetas?, ¿cómo diferenciar una estrella de un planeta?, ¿cómo aprender a mirar al cielo y distinguir el sistema solar del resto del universo?, ¿Cómo imaginar la proporcionalidad entre tamaños y distancias de los componentes del sistema solar?, ¿Qué nos permite pensar que los planetas están alineados en un plano con el Sol? ¿Desde dónde debemos ubicarnos para “ver” el universo? ¿Cuál es la relación de distancias y tamaños entre los diferentes elementos que constituyen el sistema solar y el universo?, ¿Qué hace que el sistema solar se agrupe en una estructura?

Todo lo anterior nos indica que un camino a seguir para diseñar estrategias de enseñanza de la astronomía en niños es identificar las ideas que ellos tienen sobre la astronomía, y a partir de estas ideas construir actividades y diálogos que, por un lado, ayuden a organizar el conocimiento que han adquirido, y por otro lado permitan profundizar y ampliar su aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. L. García, “Conocimientos astronómicos del profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y preferencias metodológicas para la enseñanza de astronomía.” *Enseñanza & Teaching*, n° 32, pp. 161-168, 2014. [Online]. Disponible: DOI: <http://dx.doi.org/10.14201/et2014321161198>
- [2] Darroz, et al. “Concepções de um grupo de professores de anos iniciais acerca dos conceitos básicos da astronomia” *Góndola, Enseñ Aprend Cienc.* vol. 11, n° 2, 2016. [Online]. Disponible: DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a6>
- [3] R. Langui, R. Nardi, “Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia.” *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA.*, n° 2, pp. 75-92, 2005.
- [4] C. Leite, Y. Hosoume, “Os Professores de Ciências e suas formas de pensar a Astronomia.” *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA.*, n° 4, pp. 47-68, 2007. [Online]. Disponible: DOI: <https://doi.org/10.37156/RELEA/2007.04.047>
- [5] D. C. N. Elias, M. S. T. Araújo e L. H. Amaral, “Concepções de estudantes do Ensino Médio sobre conceitos de astronomia e as possíveis contribuições da articulação entre espaços formais e não formais de aprendizagem.” *Revista de Ensino de Ciências e Matemática.* (2011) v. 2, n. 1. p. 50-68, vol. 2, n° 1, pp. 50-68, 2011.
- [6] R. Hernandez, C. Fernandez e P. Baptista, *Metodología de la investigación*, México D.F.: Mc Graw Hill , 2014.
- [7] MEN, *Estándares básicos de competencias en ciencias sociales y ciencias naturales*, Primera ed., Bogotá: Ministerio de Educación Nacional, 2006.

José Efraín Guataquira Ramírez. Licenciado en física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Bogotá-2018). Candidato a Magíster en Educación. Miembro del Grupo de investigación Enseñanza y Aprendizaje de la Física.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2916-8865>

CVLac:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000109086

Olga Lucia Castiblanco Abril. Licenciada en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Bogotá-1996). Magíster en Docencia de la Física de la Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá-2003). Doctora en Educación para la Ciencia de la Universidad del Estado de São Paulo (Brasil-2013). Docente investigadora de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Líder del Grupo de investigación “Enseñanza y Aprendizaje de la Física”

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8069-0704>

CVLac:

http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurrículoCv.do?cod_rh=0000280496