

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física



# **ESTUDIO DE LOS METEORITOS CON LOS ESTUDIANTES DE 4° Y 5° DEL INSTITUTO PEDAGÓGICO NACIONAL**

Tesis para optar por el título de Licenciado en Física

**Jairo Andres Alvarez Ruiz**

**Código 2012246003**

**Asesor**

Francis Moreno Otero

Línea de profundización: La actividad experimental para la enseñanza de la física

Bogotá, Colombia

Agosto del 2019

**ESTUDIO DE LOS METEORITOS CON LOS  
ESTUDIANTES DE 4° Y 5° DEL INSTITUTO  
PEDAGÓGICO NACIONAL**

*A la majestuosidad del Todopoderoso*

Salmo 19:1 *“Los cielos cuentan la gloria de Dios, el firmamento  
proclama la obra de sus manos”*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecerle al creador por haberme permitido llegar hasta el final de la carrera.

Quiero agradecer también a mis padres, cuyo apoyo ha sido incondicional y fundamental en la realización y cumplimiento de este sueño que poco a poco se fue forjando y tomando forma y quienes me animaron a cada paso durante estos años, fueron ellos los que me motivaron a no desfallecer y continuar sin importar lo duro que haya sido el camino.

Al profesor Francis Moreno por acoger mi caso y guiar este proceso, avanzando así, en la obtención del presente documento.

## PREFACIO

### *Un meteorito allá entre las colinas*

*Un meteorito allá entre las colinas yace inmenso; y el musgo lo ha arropado, y lluvia y viento con certeros roces aristas de su roca suavizaron.*


*Tan fácilmente digirió la Tierra una ascua de los fuegos de los astros; y a su huésped de allende nuestra Luna lo hace nativo de un inglés condado.*

*Que estos errantes peregrinos siempre encuentran hospedaje en su regazo, porque toda partícula terrestre en principio vino del espacio.*

*Lo que hoy es tierra alguna vez fue cielo; del sol cayó cuando el soltó su mano, o de un astro viajero que rozara la enmelenada llama con su trazo.*

*Así, si aún llueven retardadas gotas, la Tierra con destreza de artesano las modela, lo mismo que la ignífera primera lluvia que cayó en sus brazos.*


C.S. Lewis

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 1 de 5</b>	


<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	ESTUDIO DE LOS METEORITOS CON LOS ESTUDIANTES DE 4° Y 5° DEL INSTITUTO PEDAGÓGICO NACIONAL
<b>Autor(es)</b>	Alvarez Ruiz, Jairo Andres
<b>Director</b>	Moreno Otero, Francis
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2019. 79 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	UNIDAD DIDÁCTICA, DIDÁCTICA, JUEGO, CRÁTER, ASTEROIDE, COMETA, LLUVIA DE ESTRELLAS, METEORO, METEORITO, DISCUSIÓN, TRABAJO POR GRUPOS, INTEGRACIÓN

<b>2. Descripción</b>
<p>El presente trabajo de grado documenta el proceso de diseño y aplicación de la unidad didáctica sobre meteoritos realizada en el Instituto Pedagógico Nacional, toda la formalización conceptual para este fin y el análisis de resultados evidenciados en todo el proceso de aplicación de la unidad didáctica.</p> <p>En este se trabaja sobre astronomía, enfocándose más específicamente en los meteoritos: su origen, su composición y la importancia del conocimiento de estos por parte de las comunidades científicas y no científicas, enseñando a los estudiantes mediante estrategias de aula que orienten el proceso de enseñanza y aprendizaje en el desarrollo de un trabajo que combine la ciencia y la didáctica y que, a su vez, permita reconocer las necesidades que hoy por hoy demanda el mundo y la naturaleza.</p>


<b>3. Fuentes</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Álvarez Estrada, J. M. 2014. <i>Aplicación y evaluación del cambio conceptual como estrategia para mejorar la conceptualización de célula en estudiantes del grado octavo de bachillerato</i> (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín).</li> <li>2. Aranzazu, D. (2013). <i>La Astronomía: Ciencia olvidada en la escuela, ¿Cómo recuperarla?</i> (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia, Medellín).</li> <li>3. Bueno, D. (2013). Los meteoritos y el origen de la vida: una visión desde la teoría de Gaia. <i>Enseñanza de las Ciencias de la Tierra</i>, 21(3), 321.</li> <li>4. Camarero Muñoz, D., &amp; García Vesga, A. D. (2014). Nombrando las estrellas.</li> <li>5. Carroll, B. &amp; Ostlie, D. (2007). <i>An introduction to modern astrophysics</i>. 2nd ed. San Francisco: Pearson.</li> <li>6. de Metrología, C. E. (2012). Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM).</li> </ol>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 2 de 5</b>

7. De Zubiría, J. (2010). *Los modelos pedagogicos Hacia una pedagogia dialogante*. 3rd ed. Bogota, pp.192-238.
8. De Zubiria, J. (2016). Breve aproximación a la Pedagogía Dialogante. [Blog] *Pedagogia Dialogante*. Disponible en: <http://blogpedagogialogante.com/julian-de-zubiria/> [Acceso 3 Mar. 2018].
9. del Puerto Varela, M. C. (1999). *Periodismo científico: la astronomía en titulares de prensa* (Doctoral dissertation, Universidad de La Laguna).
10. Dewey, J. (1995). *Democracia y educación: una introducción a la filosofía de la educación*. Ediciones Morata.
11. Díaz Sanjúan, L. (2015). La observación.
12. Diego-Rasilla, F. J. (2007). La investigación-acción como medio para innovar en las ciencias experimentales.
13. Fernández, B. A. (2008). *Desarrollo de nebulizadores neumáticos basados en las tecnologías Flow Focusing y Flow Blurring para su uso en técnicas analíticas basadas en plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES e ICP-MS)* (Doctoral dissertation, Universitat d'Alacant-Universidad de Alicante).
14. GIL-RODRÍGUEZ, J. & CONCHA-PERDOMO, A.E. (2006): Caracterización Petrográfica y Clasificación Textural del Meteorito de Santa Rosa de Viterbo (Boyacá), Colombia, *GEOLOGÍA COLOMBIANA*, 31, pp. 91-85,14 Figs., Bogotá
15. Gutiérrez Merino, J. (2016). Los Meteoritos.
16. Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
17. Iglesias, M., Quinteros, C., & Gangui, A. (2007). Astronomía en la escuela: situación actual y perspectivas futuras. *Actas de la XV Reunión Nacional de Educación en la Física*, 68-80.
18. Jara, O. (2013). Orientaciones teórico-prácticas para la sistematización de experiencias. Recuperado de: [http://www.bibliotecavirtual.info/wp-content/uploads/2013/08/Orientaciones\\_teorico-practicas\\_para\\_](http://www.bibliotecavirtual.info/wp-content/uploads/2013/08/Orientaciones_teorico-practicas_para_).
19. Klein, C., & Hurlbut, C. S. (1996). Diagramas de estabilidad mineral (Ed.), *Manual de mineralogía* (Vol. 1). (pp. 245-253; 341-358).
20. Lima, O. A. L. A la búsqueda de meteoritos.
21. Marqués, P. (2000). Los medios didácticos: componentes, tipología, funciones, ventajas, evaluación.
22. Martínez, V. J., & Galadí-Enríquez, D. (2005). *Astronomía fundamental* (Vol. 81). Universitat de Valencia.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 3 de 5</b>

23. Martins, L. (2018). Extremistas religiosos, terraplanistas, alienígenas e além: a dinâmica da espiral ascendente de complexidade na formação de crenças e experiências contraintuitivas. *Numen*, 21(2).
24. Ministerio de Educación Nacional MEN. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales. [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-116042_archivo_pdf3.pdf)
25. Morón, N. B., & Goldstein, A. (2008). *Creatividad y aprendizaje: el juego como herramienta pedagógica* (Vol. 113). Narcea Ediciones.
26. Mumma, M. J., & Charnley, S. B. (2011). The chemical composition of comets—Emerging taxonomies and natal heritage. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 49.
27. NASA (2011). *What's Hitting Earth? | Science Mission Directorate*. [en línea] De: [https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2011/01mar\\_meteornetwork](https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2011/01mar_meteornetwork) [Acceso 12 Ago. 2017].
28. Osn (2018). *Estación de detección de meteoros | Observatorio de Sierra Nevada*. [online] Disponible en: <https://www.osn.iaa.csic.es/page/estacion-deteccion-meteoros> [Acceso 4 Oct. 2018].
29. Pardo, A., Keller, G., & Adatte, T. (2011). De México a India: en busca de las causas del ocaso de los dinosaurios. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(2), 149-161.
30. Pellinen-Wannberg, A. (2011). The radio physics of meteors: High resolution radar methods offering new insights. *URSI Radio Science Bulletin*, 2011(339), 32-45.
31. Ramírez Tamayo, X. D. J. (2011). *La astronomía una ciencia de todos y para todos* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín).
32. Rodríguez, J. G., & Perdomo, A. H. C. (2006). Caracterización petrográfica y clasificación textural del meteorito de santa rosa de viterbo (boyacá), colombia. *Geología Colombiana*, 31, 91.
33. Rosenberg, M., Blandon, G., & Lindberg Christensen, L. (2013). *¿Por qué es importante la Astronomía?*. Recuperado de [https://www.iau.org/public/themes/why\\_is\\_astronomy\\_important/](https://www.iau.org/public/themes/why_is_astronomy_important/)
34. Sagan, C. (2003). *Un punto azul pálido* (4th ed.). Barcelona: Planeta.
35. Silva Piovani, V., & De Lorenzi Pires, G. (2013). Pedagogía de los medios y pedagogía Freinet: puntos de encuentro. *Apertura*, 5 (1), 98-107.
36. Skoog, D. A., West, D. M., & Holler, F. J. (1997). *Fundamentos de química analítica* (Vol. 2).
37. Tormo Cifuentes, L. (2014). Estudio de meteoritos singulares por técnicas espectroscópicas y de luminiscencia no destructivas.
38. Trigo-Rodríguez, J. M., & Madiedo, J. M. (2013). Asteroides y cometas: cuerpos progenitores de meteoritos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(3), 293.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 4 de 5</b>	

39. Trigo-Rodríguez, J. M., Tapia, M., & Gil, J. M. M. (2013). El superbólido de Cheliábinsk: El peligro de impacto de pequeños asteroides con la Tierra. *Astronomía*, (168), 22-29.
40. Trigo-Rodríguez, J. M., & Martínez-Jiménez, M. (2013). Las condritas y sus componentes primigenios. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(3), 263.
41. Vera Mella, N. (2005). *Atlas climático de irradiación solar a partir de imágenes del satélite NOAA. Aplicación a la península Ibérica*. Universitat Politècnica de Catalunya.
42. Zueck González, S. L. (2004). *La divulgación de la ciencia como un proceso docente: el caso de un astrónomo del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica* (Doctoral dissertation, Universidad Iberoamericana Puebla.)

#### 4. Contenidos

El presente trabajo de grado está organizado en 5 capítulos: el primero, sobre el origen de los meteoritos; el segundo, sobre los meteoritos y su composición; el tercero, educación y la astronomía; el cuarto, metodología; el quinto, unidad didáctica.


En el primer capítulo se da una descripción sobre los objetos y fenómenos relacionados con el origen de los meteoritos, como lo son los asteroides y los cometas; el segundo capítulo profundiza sobre los meteoritos: lo que son, su impacto, su análisis y composición de materiales en estos; en el tercero se describe como la astronomía presenta dificultades dentro de la enseñanza.; el cuarto capítulo hace una descripción de la metodología utilizada en la realización de esta investigación; en el quinto se dan las actividades realizadas dentro de la unidad didáctica, con algunos de los resultados obtenidos luego de la aplicación de la misma.

#### 5. Metodología

Para el presente trabajo de grado se utilizó un método investigación-acción. El objetivo de esta metodología está en producir los cambios en la realidad estudiada. Este método sitúa en un contexto espacio-temporal uniendo la realidad que se origina en la experiencia vivida, produciendo cambios en la realidad estudiada. (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2010)

Se caracteriza por ser participativa y colaborativa a la vez, ya que la persona encargada utiliza el trabajo desarrollado para mejorar sus prácticas, y colaborativo ya que se presenta un trabajo realizado en común, no solo por la persona, o personas a cargo sino también con el grupo con el que se trabaje, entendiendo que este no es un trabajo jerárquico.

Esta metodología sigue unos ciclos de **observación**, donde se estudia el comportamiento y las características físicas de los meteoritos, y también se observa el comportamiento y características de los estudiantes; **planificación**, donde se diseña una unidad didáctica que muestre cómo se comportan los meteoritos, y cuáles son sus características; **acción** donde se implementa la unidad didáctica con los estudiantes pertenecientes al taller de astronomía del IPN; **reflexión** donde se sistematiza y analiza los resultados de la implementación de la unidad didáctica; que permiten trabajar con las ideas y suposiciones de los estudiantes, ya sea para afirmar o corregir estas ideas (Diego-Rasilla, 2007).

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 5 de 5</b>	

--

<b>6. Conclusiones</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la presente intervención, se diseñó una unidad didáctica enmarcada bajo la pedagogía dialogante en relación con el aprendizaje; ésta permitió realizar un trabajo en conjunto con los estudiantes, mediando entre lo nuevo a aprender y aquello que conocían.</li> <li>• La unidad didáctica, para las condiciones dadas en la implementación y con base en los datos obtenidos, analizados cualitativamente, muestra resultados favorables evidenciando cambios en el conocimiento de los participantes del espacio pedagógico propuesto.</li> <li>• La ejecución de esta unidad didáctica valida el uso de actividades poco convencionales como una herramienta pedagógica importante para el grupo poblacional manejado, ya que se evidenció un cambio significativo en los conocimientos de los estudiantes, luego de la implementación de dicha unidad.</li> <li>• Si bien la unidad didáctica dio como resultado un cambio significativo en los conocimientos generales del grupo, el tema puede no ser del gusto de todos los estudiantes y prefieren seguir tomando los espacios de enseñanza como un sitio donde los envían a pasar el tiempo. Esto puede corresponder a las características propias de la comunidad manejada; sin embargo, se resalta la participación en el espacio pedagógico por parte de los estudiantes sea o no su tema de interés.</li> <li>• El uso de actividades experimentales, como las realizadas dentro de la unidad didáctica, facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje en los estudiantes, ya que no interactúan solo con el profesor, si no entre ellos, a través de unas experiencias vivenciales donde pueden observar los fenómenos para entenderlos.</li> </ul>

<b>Elaborado por:</b>	Alvarez Ruiz, Jairo Andres
<b>Revisado por:</b>	Moreno Otero, Francis

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	18	09	2019
--	----	----	------

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	IV
PREFACIO .....	V
INTRODUCCIÓN .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	9
General: .....	9
Específicos: .....	9
1. Sobre el origen de los meteoritos .....	10
Los cometas .....	11
Los asteroides .....	11
Sobre los meteoros .....	13
2. Sobre los meteoritos y su composición .....	14
Los meteoritos .....	14
Impacto en la Tierra .....	14
Clasificación.....	15
Clasificación antigua .....	15
Los aerolitos .....	15
Las sideritas .....	16
Las siderolitas .....	16
Clasificación por diagramas de estabilidad.....	17
Clasificación en un diagrama de estabilidad.....	19
3. Educación y La Astronomía .....	20
4. Metodología.....	24
Desarrollo de la unidad didáctica .....	25
5. Unidad Didáctica .....	30
Conclusiones.....	44
BIBLIOGRAFÍA .....	45
ANEXOS .....	49
Marco Referencial.....	49

Albedo .....	49
Analito .....	50
Brillo.....	50
Cráter.....	50
Espectroscopia.....	50
Estructuras de Widmanstätten.....	50
Flujo .....	51
Líneas de Newman .....	51
Luminosidad.....	51
Magnitud .....	52
Magnitud absoluta.....	52
Magnitud aparente.....	52
Mensurando.....	52
Meteoroides.....	52
Meteoros.....	52
Olivinos .....	53
Plasma .....	53
Sublimar .....	53
UNIDAD DIDÁCTICA.....	54

## INDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Clasificación de los NEAs en función de los valores del semieje mayor, la distancia al perihelio y la distancia al afelio de su órbita. Tomado de Trigo-Rodríguez, & Madiedo 2013).....	12
Figura 2. Restos del meteorito Cheliabinsk, Rusia, 15 de febrero de 2013 .....	15
Figura 3. Meteorito encontrado en Gran Chaco Gualamba, Argentina, 1576 .....	16
Figura 4. Meteorito encontrado en Marruecos, Noreste de África .....	16
Figura 5. Fabricación de un modelo de meteorito casero en aluminio .....	32
Figura 6. Proceso de formación de un cráter.....	34
Figura 7. Sublimación.....	37
Figura 8. Fuego de colores.....	40
Figura 9. Diagrama de estabilidad .....	41
Figura 10. Utilizando un diagrama ternario .....	42

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Discusión inicial .....	30
Tabla 2. ¿De qué está hecho?.....	32
Tabla 3. DIY: Asteroid's fall .....	35
Tabla 4. Cometas y asteroides.....	38
Tabla 5. Fuego de colores .....	40

# INTRODUCCIÓN

Existe un interés innato por descubrir lo que nos rodea, en especial lo que se encuentra en el cielo y más allá, es por ello que existen ciencias como la astrofísica y la astronomía. Ésta última es considerada una ciencia interdisciplinar, ya que se enriquece de áreas como física, química, biología, historia, entre otras, motivando al investigador a conocer conceptos básicos y necesarios de cada una de ellas para comprender algunos de los fenómenos celestes; sin embargo, aunque el interés innato del hombre lo inclina a querer aprender acerca de ellas, en el aula se presentan dificultades en el momento del aprendizaje de esta ciencia, podemos ver entonces que dentro de la escuela pocas veces se estudia la astronomía, o simplemente se presenta un consolidado de temáticas que no se encuentran vinculadas a las demás áreas del conocimiento, abordando los temas de forma superficial y enseñándole a los estudiantes con modelos construidos, como por ejemplo, observar fenómenos como el día y la noche, la idea del heliocentrismo que se da como hecho y no con alguna prueba que lo muestre (razón por la cual hoy día se ve un aumento de personas que consideran el terraplanismo como la mejor opción, pues *“enseña (el terraplanismo) a pensar por si mismo, y rompe el adoctrinamiento de gobiernos y científicos”* (Martins, 2018), sin que exista una real observación de los fenómenos que ocurren realmente, lo anterior no permite el aprendizaje significativo del estudiante ya que no solo le desmotiva durante el proceso de enseñanza sino que lo aleja del conocimiento real de lo que ocurre en el universo.

Es por esta razón que se considera necesario el reflexionar en un cambio en la enseñanza de la astronomía, ya que ésta puede despertar en los estudiantes un auténtico interés en el estudio y comprensión de las ciencias sin que se convierta en un trabajo monótono y tedioso, por tanto el proceso de aprendizaje debe incluir una visión del pensar de las ciencias, así como también del quehacer de las ciencias resaltando como éstas se van transformando a medida que el mundo va avanzando; como lo expresa De Zubiria (2010):

*“Pero las condiciones socio-históricas actuales exigen un cambio profundo en las finalidades de la educación. Los propósitos a trabajar en la escuela deben*

*garantizar por fin un mayor desarrollo del pensamiento, el afecto y la acción.  
La escuela del siglo XXI debe enseñarnos a pensar, amar y actuar.” (p. 216)*

Por lo anterior se propone esta investigación, donde se trabaja sobre astronomía, enfocándose más específicamente en los meteoritos: su origen, su composición y la importancia del conocimiento de estos por parte de las comunidades científicas y no científicas, enseñando a los estudiantes mediante estrategias de aula que orienten el proceso de enseñanza y aprendizaje en el desarrollo de un trabajo que combine la ciencia y la didáctica y que, a su vez, permita reconocer las necesidades que hoy por hoy demanda el mundo y la naturaleza.

De la anterior descripción nace la siguiente pregunta investigativa: **¿Cómo el diseño y aplicación de una unidad didáctica enfocada en el estudio de meteoritos favorece la adquisición del conocimiento científico en un grupo de estudiantes de grados 4 y 5 del Instituto Pedagógico Nacional?**

El presente documento está organizado en 5 capítulos: el primero, sobre el origen de los meteoritos; el segundo, sobre los meteoritos y su composición; el tercero, la educación y la astronomía; el cuarto, la metodología seguida en esta investigación; el quinto, la unidad didáctica.

En el primer capítulo se da una descripción sobre los objetos y fenómenos relacionados con el origen de los meteoritos, como lo son los asteroides y los cometas; el segundo capítulo profundiza sobre los meteoritos: lo que son, su impacto, su análisis y composición de materiales en estos; en el tercero se describe como la astronomía presenta dificultades dentro de la enseñanza.; el cuarto capítulo hace una descripción de la metodología utilizada en la realización de esta investigación; en el quinto se dan las actividades realizadas dentro de la unidad didáctica, con algunos de los resultados obtenidos luego de la aplicación de la misma.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Desde el inicio de su historia el ser humano siempre ha sentido fascinación por los fenómenos presentados en el cielo, buscando darle explicación, ya sea imaginando que sucede en él, o quizá buscando una respuesta religiosa de estos fenómenos, observando el cielo y atribuyéndole a los fenómenos una explicación emocional, siendo determinado por la posición de los objetos en el cielo durante su nacimiento, sobre todo de la posición del Sol respecto a las estrellas.

*La astronomía, es sin lugar a dudas la ciencia más antigua. El ser humano sintió desde siempre una fascinación por el mundo de los astros y por el orden manifiesto que impera en el cielo, y lo indujo a creer que los dioses habitan en ese reino superior, que es allí arriba donde debe buscarse la razón de todas las cosas (Martínez & Galadí-Enríquez, 2005, p.15).*

Ante la necesidad de querer conocer el por qué de las cosas que suceden en el cielo, el ser humano ha buscado diferentes maneras de acercarse a dichos conocimientos, ya sea por un aprendizaje propio o por la búsqueda en la propia naturaleza o en personas que ya poseen un saber; sin embargo, existe una brecha entre los conceptos de astronomía y el conocimiento que poseen las personas; el proceso de enseñanza y aprendizaje se dificulta ya que en ocasiones no es comprensible para quien brinda el conocimiento (docente), esto hace que tampoco sea comprensible para el receptor (estudiante). La astronomía como ciencia es poco aprovechada tanto por maestros en ejercicio como por maestros en formación, puesto que es un saber que se enriquece de otras ciencias y que así mismo necesita de nociones suficientes para ser utilizada como un elemento vivencial de conocimientos y aprendizajes de forma práctica en el aula de clase, sin embargo no está contemplada como tal dentro de los lineamientos y los estándares educativos del país; por lo que es más atractivo replicar lo tradicional y básico de la astronomía, como lo expresan Iglesias, Quinteros, & Gangui (2007)

*Cuando los docentes descubren (en carne propia) la necesidad de buscar un cambio conceptual -en el área que sea- les resulta más simple trasponer el mismo problema a sus alumnos. Eso parece natural también en astronomía, pero en nuestro conocimiento esta idea no ha sido puesta a prueba en nuestras escuelas con la frecuencia que sería deseable. (p. 6)*

La educación tradicional ha hecho que los estudiantes limiten su aprendizaje y trabajen únicamente por una calificación, a tal punto que cuando se presenta una modificación en los modos de obtenerla por parte de la escuela, en donde se cambia un número por una letra, para el maestro, la letra representa ahora una calificación de forma holística<sup>1</sup>, viendo no solo el trabajo en aula, si no su comportamiento, con la clase y con los demás, su creatividad, entre otros aspectos, mientras que para el estudiante es simplemente un cambio de privilegio en donde ya no se pide un número de calificación, y se cambia a una letra a la que se asigna un valor, que, aunque se pretenda darle un enfoque cualitativo, sigue primando el valor cuantitativo de este. Esto conlleva a que se maneje aún la idea que el maestro es quien posee todo el conocimiento y el estudiante es quien recibe ese conocimiento de manera unidireccional y se prepara para ser una persona acorde a las normas dictadas por aquellos que poseen el conocimiento (De Zubiria, 2010).

Más allá de lo pedido en los estándares curriculares, los proyectos educativos institucionales, los planes de estudio y planes de área en donde se contempla que es suficiente enseñar conocimientos básicos como el sistema solar y su conformación, es poco lo que se habla de astronomía en la escuela; siendo que, una de sus características es ser holística, podría utilizarse como herramienta para enseñar de otras maneras asignaturas como matemáticas, física, química, historia, entre otras, y entender que hay más cosas en el universo. Lo anterior llevaría a un aprendizaje más significativo del estudiante mediante la transversalización de las áreas, como lo expresan Iglesias, Quinteros, & Gangui (2007):

*El reconocimiento de que existen serios problemas de comprensión y de transmisión de temas científicos no es de ayer ... En el caso particular de la astronomía, existen ciertos temas que se muestran conflictivos a la hora de intentar su cabal comprensión, ya se trate por parte de los alumnos como de los*

---

<sup>1</sup> Holístico: Indica que un sistema y sus propiedades se analizan como un todo.

*docentes en formación y docentes en ejercicio ... Estudios realizados hace ya varios años por Nussbaum y colaboradores muestran que los alumnos de la escuela primaria en muchas ocasiones no han incorporado el modelo de un planeta esférico. Su idea de la gravitación es por ello consistente con un cielo y una Tierra planos, y simplemente las cosas caen desde arriba hacia abajo, en cualquier lugar geográfico que se presente. (p. 2)*

La didáctica combina materiales o recursos que tienen una utilidad significativa dentro del desarrollo en el proceso de enseñanza y aprendizaje en el aula, ya que por medio de esta, los maestros pueden facilitar este proceso, su principal función es poner en práctica lo aprendido, y volver más accesible la adquisición de los conocimientos, usando estrategias que fomenten la creatividad y que motiven al estudiante, permite además la expresión espontánea y libre frente los contenidos, aprovecha efectivamente el tiempo y permite una mayor asimilación de los mismos. El proceso de enseñanza y aprendizaje, de este modo, resulta más valioso que si sólo se basara en libros de texto. (Marqués, 2000)

Es importante entonces, resaltar que existen diferentes tipos de cuerpos celestes, y que no solo se debe hablar de la Tierra, el Sol, la Luna y los demás planetas, que es lo que resaltan en las escuelas y en los libros de texto. En el espacio se logran encontrar desde las enormes estrellas, como UY Scuti (estrella más grande conocida hasta ahora), hasta el diminuto polvo cósmico (partículas con un tamaño inferior a 100 micrómetros) pasando por los planetas como Júpiter o Saturno, los gigantes gaseosos de nuestro sistema solar, o los cometas y asteroides, viajeros pasajeros que dan origen a los Meteoritos, siendo estos, objeto de estudio en el presente documento. Aprender de meteoritos puede generar interés, ya que por una eventualidad cósmica, uno de estos puede caer en la tierra, como sucedió con el bólido de Chelíabinsk en Rusia en el 2013 donde se generó una onda de choque que causo muchos daños materiales<sup>2</sup>, y también afecto la audición de algunas personas<sup>3</sup> lo que permite concluir que es importante hacer un estudio

---

<sup>2</sup> Video para profundizar sobre el daño material: *Caída de Meteoro en Chelyabinsk (Rusia) 15 de Febrero 2013*. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=zfVrGh0kTeg>

<sup>3</sup> Video para profundizar sobre el daño a personas: *Meteoro explota en el cielo con la onda de choque de SONIDO INCREIBLE en Chelyabinsk, Rusia*. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=kylvo58vj0>

constante de los objetos que pasan y atraviesan el sistema solar por parte de la comunidad científica, y así poder prever uno de estos sucesos.

*Los efectos producidos por la onda de choque durante la penetración del objeto en las capas inferiores de la atmósfera provocaban el caos por unos minutos al llegar al suelo y reventar paredes, puertas y cristales. Todos los expertos coincidimos en que la mayor parte de los heridos podría haberse evitado si los testimonios hubiesen previsto la llegada de esa onda de choque pocos minutos después de visualizar la bola de fuego, resguardándose adecuadamente. (Trigo-Rodríguez, Tapia & Gil, 2013, p. 2).*

Son estas razones las que han llevado a la NASA a dedicar tiempo de observación al estudio de estos objetos, como el trabajo que realizara el telescopio espacial James Webb (JWST por sus siglas en inglés) ("About JWST/NASA", s.f.), ya que si no se conoce cómo se comportan y cómo evolucionan estos objetos, se corre el riesgo de desaparecer como humanidad, como quizás le pasó a los dinosaurios, pudiendo ser el causal de su destrucción un cometa o un asteroide que acabó con cerca del 75% de la vida del planeta; como cita Pardo, Keller & Adatte (2011):

*Terminó con todos los dinosaurios –salvo las aves- y con el 17% de otras familias y el 45% de géneros. En el océano se extinguió más del 60% de corales, y moluscos, así como dos tercios de los foraminíferos planctónicos. Sin embargo, la crisis biológica del K/T fue selectiva y, salvo para los foraminíferos, ocurrió a lo largo de cientos de miles de años. Afectó a organismos demasiado especializados para adaptarse a los rápidos cambios ambientales. Las especies generalistas sí lo hicieron y sobrevivieron.*

*El impacto provocaría una onda termo-explosiva que generaría devastadores incendios, lanzando a la atmósfera una gigantesca nube de ceniza que impediría el paso de la luz solar a la superficie terrestre. Sin luz y con bajas temperaturas, el planeta se sumiría en una gélida noche que duraría varios meses o años y acabaría con la vida vegetal. La red trófica planetaria se colapsaría, salvo en los ecosistemas del océano profundo que no dependen de la luz solar. (p.151)*

Los meteoritos también llevan consigo una parte de la historia del origen del sistema solar, y pueden darnos información de la forma primigenia del sistema solar y su conformación, nos permiten conocer los fenómenos físico-químicos que pudieron suceder en ese momento, como lo expresan Trigo-Rodríguez, & Martínez-Jiménez (2013):

*Los meteoritos denominados condritas poseen entre sus constituyentes las claves de los procesos astrofísicos acaecidos en el disco protoplanetario ... La comparación entre condritas de un mismo grupo deben ayudar a la comprensión de los procesos físicos del disco protoplanetario, aunque también se tiene que tener en cuenta la posterior alteración terrestre de las muestras. En definitiva, la Meteorítica es una fascinante ciencia de camino interdisciplinario con el que hay que seguir avanzando para la comprensión del origen del Sistema Solar gracias, en buena medida, a las condritas. (p. 271)*

Actualmente se ha despertado interés en las personas por la astronomía, ya que, como lo expresan Rosenberg, Blandon & Lindberg Christensen (2013): “*La Astronomía es uno de los pocos campos de la ciencia que interactúa directamente con la sociedad. No solamente sobrepasa fronteras, sino que promueve las colaboraciones en todo el mundo*”. También se puede apreciar este gusto y esta curiosidad en lo expresado por Aranzazu (2013):

*La astronomía es un tema que causa curiosidad en muchas personas, pues constantemente estamos mirando el cielo y en varias ocasiones nos preguntamos: ¿Qué hay más allá? ¿Hay algo más? ¿Cómo está conformado el universo? Entre otras preguntas.*

*La astronomía es un tema muy extenso y muy entretenido, pues el universo está lleno de sorpresas y fenómenos sorprendentes, los cuales muchos de ellos tienen explicaciones increíbles, que pueden despertar el interés de cualquier persona que tenga sentido de curiosidad. (p. 1)*

Con esto, viendo cierta curiosidad y gusto en las personas, es importante plantearse preguntas como ¿Qué tan veraz es la información que adquieren las personas? ¿Cómo motivar el rigor científico en los estudiantes? ¿De qué forma se pueden concientizar los estudiantes de algunos peligros constantes a los que estamos expuestos, aun siendo estos un espectáculo visual? Al no ser

tan fácil o directas las respuestas se hace necesario buscar una forma de focalizar este tipo de cuestionamientos; por lo cual, se diseñará e implementará una unidad didáctica que permita intentar dar respuestas a ese tipo de preguntas.

De esta forma surge la pregunta que orienta este trabajo:

**¿Cómo el diseño y aplicación de una unidad didáctica enfocada en el estudio de meteoritos favorece la adquisición del conocimiento científico en un grupo de estudiantes de grados 4 y 5 del Instituto Pedagógico Nacional?**

# OBJETIVOS

## **General:**

Diseñar e implementar una unidad didáctica enfocada en meteoritos.

## **Específicos:**

1. Diseñar una unidad didáctica que presente como objeto de estudio los meteoritos.
2. Implementar diferentes actividades sobre meteoritos que inviten al estudiantado a reflexionar sobre sus conocimientos frente a la astronomía.
3. Organizar la información obtenida, permitiendo presentar la importancia de la didáctica como una herramienta en la adquisición de conocimiento.
4. Analizar los resultados de la implementación de la unidad didáctica como una estrategia de aula.

## 1. Sobre el origen de los meteoritos

Existen muchos fenómenos que llaman la atención de la gran mayoría de seres humanos, pero quizá los más llamativos son aquellos que ocurren más allá de las nubes a las que estamos acostumbrados. Zueck González (2004) comenta que:

*La Astronomía es una de las ciencias más antiguas del mundo y forma parte de todas las culturas en cualquier momento histórico de la humanidad motivada por la curiosidad del hombre ... estudia el Universo en su totalidad y ha jugado un papel fundamental en la construcción de la ciencia basándose en la observación y en teorías probadas rigurosamente desde un punto de vista racional. (p.15)*

Otra de las cosas que nos atrae del cielo son los misterios que en él se encuentran, como dice del Puerto Valera (1999):

*El cielo también nos atrae por su belleza, por su misterio y por el miedo que lo bello y lo misterioso siempre despierta. Nos atrae por la curiosidad innata del ser humano, que pertenece a una especie descubridora con afán de saber y capaz de superar sus limitaciones con los métodos e instrumentos apropiados. (p.163)*

Uno de los eventos más llamativos con el que se ha encontrado la humanidad es con los relacionados con el ingreso de material extraterrestre a la Tierra, dado que ingresan diariamente cerca de 100 toneladas de material proveniente del espacio. Mucho de este material es proveniente del rastro dejado por cometas cuando su órbita se acerca al interior del sistema solar y por radiación solar sublima material cometario, o asteroides y meteoroides que se desvían a la Tierra e ingresan como meteoros (NASA, 2011).

A continuación, se presentan las características principales de los objetos celestes mencionados, quienes dan origen a los meteoritos cuando su órbita se cruza con la órbita de la Tierra; puesto que, debido a su naturaleza, es necesario contextualizar cada uno de estos elementos para diferenciarlos y comprenderlos.

### **Los cometas**

Son objetos nebulosos, de brillo lechoso, casi siempre tienen forma irregular que se han visto desde que el ser humano comenzó a contemplar los cielos, pero no se conocía su naturaleza sino hasta los tiempos modernos. Los modelos realizados de los cometas sugieren que estos están compuestos de elementos congelados tales como agua, amoníaco, ácido sulfhídrico, cianuro de hidrógeno, metano, entre otros cerca de 20 compuestos primarios presentes, entre ellos, varios compuestos orgánicos (Mumma, & Charnley, 2011).

Cuando un cometa ingresa en una órbita más cercana que el cinturón de asteroides, el calor del Sol comienza a sublimar los elementos congelados, formando una nube de vapor, visible por la presencia de partículas de hielo y polvo. El viento solar aleja la nube de vapor y la alarga en forma de cabellera. Es justamente esta nube, alargada en forma de cola, la que da al cometa su enorme tamaño aparente, pero se trata de una nube de muy poca masa (Pellinen-Wannberg, 2011).

Cuando la Tierra cruza una de las órbitas de un cometa, se producen las llamadas lluvias de estrellas; estas se producen cuando partículas de polvo dejadas por el paso de la cola del cometa, entran en la atmósfera terrestre a gran velocidad y se desintegran por fricción y presión, produciendo lo que llamamos meteoro o estrella fugaz (Gutiérrez Merino, 2016).

### **Los asteroides**

Se diferencian de los cometas por ser rocosos o metálicos y no de hielo. Ubicados principalmente en el cinturón de asteroides (llamado también cinturón principal), ubicado entre Marte y Júpiter. Los asteroides, además, pueden ser considerablemente mayores que los cometas teniendo un tamaño mayor a 50 m de diámetro, hasta los más grandes con un diámetro aproximado de 1000 km aproximadamente (Bueno, 2013).

Dentro de los asteroides se encuentra también la región de los NEOs (Near Earth Objects) u Objetos Cercanos a la Tierra, que incluye asteroides principalmente, cometas, o núcleos cometarios inactivos. Los más destacados son los NEAs (Near Earth Asteroids) o Asteroides Cercanos a la Tierra. Estos últimos se pueden clasificar en relación con su órbita respecto a la Tierra en 4 grupos, asteroides tipo Apolo, asteroides tipo Aten, asteroides tipo Amor y asteroides IEOs (Inner Earth Objects).

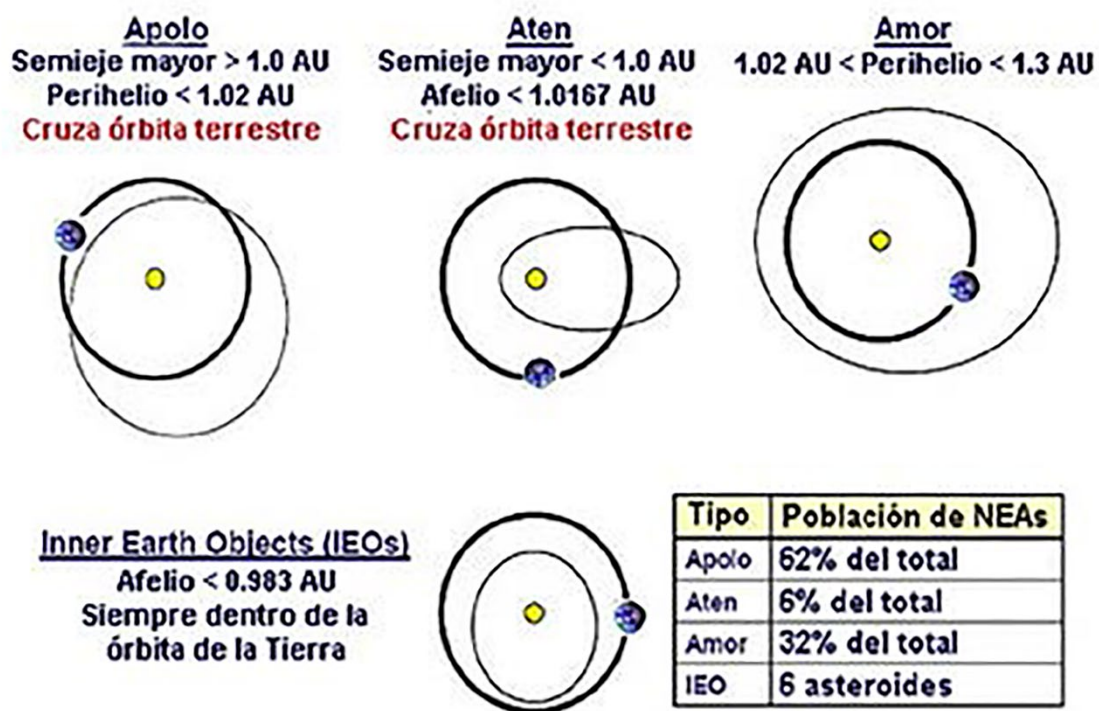


Figura 1. Clasificación de los NEAs en función de los valores del semieje mayor, la distancia al perihelio y la distancia al afelio de su órbita. Tomado de Trigo-Rodríguez, & Madiedo 2013).

Dentro de los NEOs también se encuentran los PHAs (Potentially Hazardous Asteroids) o asteroides potencialmente peligrosos, son aquellos asteroides cuya órbita posee una distancia mínima de 0,05 U.A. de la tierra y que su tamaño sea de 150 m (aproximadamente) de diámetro, o superior. Los asteroides inferiores a ese tamaño no se consideran potencialmente peligrosos, pues al ingresar a la atmósfera su desintegración hace que en caso de un impacto, el daño no sea

considerado una catástrofe, y se consideren micro meteoros, o micro meteoritos los que ingresan a la tierra (Trigo-Rodríguez, & Madiedo, 2013).

### **Sobre los meteoros**

Son los fragmentos de materia, o meteoroides, que llegan a la Tierra y poseen un tamaño suficiente para calentarse e inflamarse visiblemente con gran luminosidad (llegando a veces a tener una magnitud -4 o menor, donde se les conoce como bólidos) debido a la interacción por presión entre la atmosfera y el cuerpo celeste. Al atravesar la atmósfera, entre 85 a 115 km de altura, estos se evaporan, quedando reducidos a polvo y vapor antes de llegar al suelo, donde, solamente los objetos más grandes impactan en la superficie de la Tierra. Esto sucede siempre con los residuos cometarios.

*La Tierra en su movimiento alrededor del sol intercepta cada año entre 40.000 y 80.000 toneladas de meteoroides, aunque nuestra atmósfera no permite que la mayoría de ellos lleguen a la superficie terrestre. Esto se debe a que los meteoroides impactan contra la atmosfera a grandes velocidades (aproximadamente, entre 11 y 73 kilómetros por segundo). Este brusco choque contra las moléculas del aire calienta la superficie del meteoroides haciendo que en pocas décimas de segundo alcance una temperatura de varios miles de grados centígrados, por lo que este pierde masa en forma de fragmentos sólidos, materia fluida o gas caliente. Durante este proceso se genera luz y calor, produciéndose el fenómeno luminoso conocido como meteoro. Los meteoros más brillantes (con un brillo superior a una magnitud estelar de -4) los producen los meteoroides de mayor tamaño (1-10cm en adelante) y reciben el nombre de bólido. (Osn, 2018)*

Gracias a esto se puede analizar por medio de técnicas espectroscopicas la luz emitida por el meteoro y con esto poder definir su composición, así no caiga en la superficie terrestre o no se tenga material fisico para analizar.

## 2. Sobre los meteoritos y su composición

### Los meteoritos

Los meteoritos son aquellos meteoros que poseen un tamaño lo suficientemente grande que permite que el objeto no se vaporice en su totalidad y exista un impacto en la superficie terrestre. Estos pueden venir ya sea de residuos cometarios o de asteroides y meteoroides sacados de su órbita. (Alfonso Garzón, Galadí-Enríquez, & Morales Durán, 2009).

### Impacto en la Tierra

Al ingresar a la Tierra los meteoros van con una velocidad entre 11 km/s y 73 km/s aproximadamente. Cuando la velocidad es aproximadamente de 30 km/s o superior, y se encuentra con la atmosfera terrestre a 300 km o 400 km de altura, se comienza a precalentar el meteoroides, por efecto de la presión con el aire se comienza a calentar la superficie del meteoro a aproximadamente 600 °C, y por efecto de la transferencia de calor se comienza a calentar su interior. Cuando comienza a elevar su temperatura, el meteoro comienza a experimentar un proceso de ablación<sup>4</sup>, aumentando su temperatura, hasta alcanzar los 2200 °C donde comienza a evaporarse en la atmosfera, donde se presenta el brillo característico de un meteoro en el cielo.

Al experimentar esta ablación, el meteoro también experimenta una disminución de la velocidad, y, dependiendo del tamaño del meteoro, esta disminución puede ser hasta alcanzar los 3 km/s, donde se comienza a enfriar rápidamente y ya no emite luz, por lo que se considera que es un vuelo oscuro. Dentro de este vuelo el meteoro puede disminuir su velocidad hasta alcanzar entre 10 y 100 m/s para masas terminales comprendidas entre 10 g y 10 kg respectivamente. El impacto genera un cráter que es de un tamaño superior al del propio meteorito. El cráter formado no refleja información sobre el ingreso del meteorito, solamente se ve como si el meteorito impactara de forma vertical en la Tierra (Trigo-Rodríguez, & Madiedo, 2013).

---

<sup>4</sup> Ablación: Erosión, o pérdida de material.

## Clasificación

Dentro de las diversas clasificaciones que existen en los meteoritos se puede arrancar desde la clasificación antigua. También se puede hablar de una clasificación respecto al porcentaje de composición de los elementos o compuestos presentes en un meteorito.

### Clasificación antigua

Dentro de la clasificación antigua se encuentran dos clasificaciones principales, los meteoritos **diferenciados** y los **no diferenciados** siendo esta una clasificación por génesis, o por el origen de los meteoritos. Los **meteoritos diferenciados** son aquellos que tuvieron una poca transformación desde su formación en el sistema solar, mientras que los **meteoritos no diferenciados** son los que pasaron por diversos procesos de fusión y solidificación desde su formación (Lima, s.f.).

Los meteoritos también se pueden dividir en tres categorías, respecto a las composiciones de estos: pétreos o aerolitos; ferrosos o sideritas; pétreo-ferrosos o siderolitas.

### Los aerolitos

Son meteoritos formados principalmente por silicatos, que para este caso son meteoritos que no poseen hierro y níquel dentro de su composición. (Ejemplo en la figura 2)



*Figura 2. Restos del meteorito Cheliabinsk, Rusia, 15 de febrero de 2013*

*Fuente: Colección Propia.*

## Las sideritas

Son meteoros compuestos principalmente por hierro o por níquel. Estos se identifican fácilmente por las líneas de Newman<sup>5</sup> o por las estructuras de Widmanstätten<sup>6</sup> (ver anexo I: Marco referencial) (Rodríguez & Perdomo, 2006). (Ejemplo en la figura 3)



*Figura 3. Meteorito encontrado en Gran Chaco Gualamba, Argentina, 1576  
Fuente: Colección propia.*

## Las siderolitas

Son meteoros que tienen la misma proporción de hierro o níquel y silicatos. (Ejemplo en la Figura 4)



*Figura 4. Meteorito encontrado en Marruecos, Noreste de África  
Fuente: Colección propia.*

Los meteoritos también se encuentran subdivididos en **condritos** o granulosos (hacen parte de los diferenciados), representando cerca del 80% de meteoritos que se han observado caer, compuestos principalmente por agua y carbón; las **acondritas** (hacen parte de los diferenciados), son muy parecidos a las rocas terrestres, compuestos principalmente por sílice; los **sideríticos** o

---

<sup>5</sup> Las líneas de Newman son líneas características que se observan al realizar un corte trasversal a un meteorito metálico. Ver anexo I.

<sup>6</sup> Las estructuras de Widmanstätten son líneas entrecruzadas que se observan en un corte trasversal de un meteorito metálico. Ver anexo I.

sideritas; las **siderolitas**. Estas se subdividen a su vez en mesosideritas (contienen poca cantidad de olivinos) y en palasitas (contienen gran cantidad de olivinos), siendo estas quizá los más vistosos de todos los meteoritos ya que visualmente son muy llamativos.

### **Clasificación por diagramas de estabilidad**

Otra de las formas de poder clasificar los meteoritos es a través de un diagrama de estabilidad, partiendo del punto de que *“un mineral es un sólido homogéneo por naturaleza con una composición química definida, pero generalmente no fija”* (Klein & Hurlbut, 1996, p.342). Los diagramas de estabilidad sirven para ilustrar la coexistencia de grupos minerales que coexisten en un sólido, para el caso particular, un meteorito.

Para realizar este tipo de clasificación es necesario analizar los meteoritos y así conocer cuál es la composición de cada uno, para esto se utilizan principalmente métodos de espectroscopia, entre ellos, de emisión y absorción a través de técnicas como la espectroscopia atómica y molecular, microscopia electrónica de barrido, entre otros (Tormo, 2014).

Para determinar los porcentajes de composición los principales métodos espectroscópicos que se utilizan son la espectroscopia de absorción atómica, de emisión y la ICP-MS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente). Primero se analiza de forma cualitativa cada uno de los elementos, luego se hace de forma cuantitativa con cada analito para obtener los mesurandos mayores y finalmente, con la espectroscopia ICP-MS se puede analizar las partes por millón de otros analitos presentes. Al hacer la espectroscopia, la resultante es una curva de composición, que, al ser comparada con las curvas previamente realizadas de los elementos registrados en el espectroscopio, se puede decir que elemento es, luego, teniendo los analitos identificados se vuelve a comparar respecto a una linealidad de composición para determinar cuánto porcentaje del analito general es de uno u otro elemento.

**Espectroscopia atómica:** Se utiliza para determinar de forma cualitativa y cuantitativa cerca de 70 elementos. Para poder realizar este proceso se siguen una serie de pasos, donde el principal es la atomización de los elementos, para producir un gas atómico a través de la volatilización de este. Este tipo de espectroscopia da cuenta de que tipo de átomo, y su concentración están contenidos dentro de lo que se analiza. Los 4 métodos más comunes de la espectroscopia atómica

son por llama (La muestra se nebuliza, se mezcla con combustible gaseoso y oxido y se enciende. Al calentarse produce gases y iones gaseosos, produciendo el espectro atómico característico de cada elemento, donde es percibido por el detector), electro-térmicos, plasma acoplado por inducción (Utilizando plasma como fuente de calor para ionizar los elementos, se enciende el plasma y, una vez alcanzada la temperatura se inyecta, en modo de vapor o de polvo fino, lo que se va a analizar), plasma de corriente continua. (Skoog, West & Holler, 1997).

**Espectroscopia ICP-MS:** Llamada también como espectroscopia en plasma de acoplamiento inductivo, se utiliza una llama, generalmente de argón, al cual se le nebuliza la muestra a analizar generando así plasma a cerca de 6.000 a 10.000 K. Para esto se hace pasar la muestra, en forma de plasma, por tres contenedores (interface, óptica iónica, analizador másico/detector), disminuyendo paulatinamente la presión en cada uno de estos, comenzando en 1-2 mbar, y llegando hasta un vacío de  $1 \times 10^{-8}$  mbar. Para esto se ubica la muestra en la interface de muestreo, se pasa al conjunto de lentes iónicas para enfocar el haz de iones hasta el analizador de masas. El analizador y el detector se ubican en el último compartimiento, con el mayor vacío posible, esto con el fin de que los iones de analito pase al analizador o separador de masas que separa los iones respecto a una relación masa/carga, permitiendo que se pueda analizar cada elemento por separado. Después de separar los iones respecto a estas relaciones, se amplifica la señal y cuenta los iones, transformándolos en una señal eléctrica mediante un detector, donde llega finalmente al analizador para ser procesada con un sistema de datos adecuados. Esta espectroscopia está diseñada para analizar iones<sup>7</sup> y no fotones<sup>8</sup>, pues los fotones generan ruido en la señal. Se dice que esta es la adecuada para analizar compuestos incluso en partes por trillón, por lo que, aunque se analicen en una muestra un gran número de elementos, se pueden obtener espectros de masas sencillos, esto permite que con el análisis de los elementos se pueda identificar incluso si el analito es de algún isotopo de un elemento (Fernández, 2008).

**Espectroscopia LA-ICP-MS:** También llamada Espectrometría de masa plasmática acoplada inductivamente por ablación laser, permite realizar análisis elementales de alta sensibilidad, siendo realizado directamente en muestras sólidas. El funcionamiento de este tipo de espectrometría es similar al del ICP-MS, solo varia en la forma en que se obtiene la muestra con el láser de alta

---

<sup>7</sup> Ion: Átomo o molécula que no es eléctricamente neutro.

<sup>8</sup> Fotón: Partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética.

frecuencia. Al ser realizado directamente sobre una muestra sólida, y dejando intacta la gran mayoría de esta, se puede considerar como una técnica de espectrometría no destructiva.

### **Clasificación en un diagrama de estabilidad**

Una vez obtenidos los elementos y los porcentajes de composición de los meteoritos, se puede utilizar un diagrama de fase triangular, ternario, o triángulo mineralógico en donde se coloca cada uno de los componentes principales en cada una de los vértices del triángulo, y se construye a partir de ahí un diagrama porcentual, o la ubicación de cada componente en el triángulo dependiendo del porcentaje de cada compuesto principal escogido para la clasificación. La base para construir estos diagramas de estabilidad son los triángulos de composición donde la suma de las proporciones de cada uno de los elementos que se coloquen debe dar una constante, en este caso un 100% de la composición. Para una mejor explicación de estos diagramas, ver anexo II.

### 3. Educación y La Astronomía

*“Se dice que la Astronomía es una experiencia humilde que desarrolla el carácter. Posiblemente no hay mejor demostración de la estupidez de la arrogancia humana que esta imagen distante de nuestro pequeño mundo. Para mí, esto enfatiza nuestra responsabilidad para tratarnos de manera más amable los unos a los otros y para preservar y amar al punto azul pálido, el único hogar que hemos conocido.” Carl Sagan (p. 15)*

La astronomía ha pasado por muchas etapas en su historia, desde ser el instrumento más importante para medir ciclos agrícolas y estaciones, pasando por un componente místico, siendo relegada a una simple actividad contemplativa, para finalmente cobrar fuerza con los eventos actuales de la exploración espacial, la primera fotografía de un agujero negro, o el intento del hombre por conquistar otros mundos (Rosenberg, Blandon & Lindberg Christensen, 2013).

Estas distintas etapas presentes en la astronomía han hecho que el desarrollo tecnológico y científico haya variado y se haya modificado en torno al estudio de esta ciencia, sin dejar de lado el componente de universalidad que tiene, esta permite un trabajo colaborativo mundial, tomando como ejemplo los sistemas de comunicación, el uso de rayos X de baja energía, entre otros. (Rosenberg, Blandon & Lindberg Christensen, 2013)

Dentro de la parte de educación en astronomía se ve el avance en esta desde el punto de partida que la Tierra es plana y es el centro del universo, pasando por el cambio de que las estrellas son luces pegadas en la oscuridad del firmamento, o la idea de que existía solo una galaxia y todo estaba inmerso en ella (Aranzazu, 2013).

Son muchos los avances y los trabajos que se podrían realizar en astronomía, sobre todo que involucren a los jóvenes en la investigación de esta, teniendo en cuenta que debe existir una orientación adecuada en el estudio y en la enseñanza y aprendizaje de la astronomía. Una de las bases en la estructura de la enseñanza de la astronomía está organizada por los Estándares Básicos

de Competencias en Ciencias Naturales, señalando como primer ítem, en los grados de 1° a 3°, lo siguiente: *“Registro el movimiento del Sol, la Luna y las estrellas en el cielo, en un periodo de tiempo.”* (Ministerio de Educación Nacional, s.f.), Teniendo ya el primer problema conceptual sobre cómo se enseña la astronomía en Colombia, el cual es que no se mueven el sol o las estrellas alrededor de la Tierra, sino que son movimientos relativos causados por la rotación de la tierra sobre su eje, y el movimiento de la tierra alrededor del sol.

Siguiendo con los estándares de 4° a 5° se encuentra lo siguiente: *“Describo los principales elementos del sistema solar y establezco relaciones de tamaño, movimiento y posición.”*; *“Comparo el peso y la masa de un objeto en diferentes puntos del sistema solar.”*; *“Describo las características físicas de la Tierra y su atmósfera.”*; *“Relaciono el movimiento de traslación con los cambios climáticos.”* (Ministerio de Educación Nacional, s.f.).

Continuando con los estándares de 6° y 7° se encuentra que: *“Explico el modelo planetario desde las fuerzas gravitacionales.”*; *“Describo el proceso de formación y extinción de estrellas.”*; *“Relaciono masa, peso y densidad con la aceleración de la gravedad en distintos puntos del sistema solar”* (Ministerio de Educación Nacional, s.f.)

Para los estándares de 8° y 9° desaparece la componente de astronomía, recuperándose, en menor medida en el componente de 10° y 11°, hablando solo de la ley de gravitación universal, y viendo esta solo como una parte de la física, no como algo que se pueda ver holísticamente o apartado de esta.

Es importante resaltar que ante los estándares muchas veces no se tiene en cuenta que la persona que enseña no siempre tiene un conocimiento profundo o real de lo que está enseñando, más bien educa con modelos pre-establecidos. Iglesias, Quinteros & Gangui (2007) muestran como no solo en su país (Argentina) si no en muchos lugares del mundo el docente presenta dificultades en temas relacionados con la astronomía básica relacionada con fenómenos del día y la noche, la luna y sus fases, entre otros.

*Institutos formadores de docentes, en general, no necesariamente los capacitan adecuadamente en temas de astronomía ... Asimismo, consideramos que los educadores de docentes, e incluso los astrónomos interesados en la educación de su ciencia, deberían prestar especial atención a las concepciones*

*"alternativas" de los futuros docentes en temas de "astro" (Iglesias, Quinteros & Gangui, 2007, p. 9)*

Teniendo presente ese punto, de que no siempre el que enseña conoce a profundidad sobre los temas que enseña se hace necesario recurrir a recursos y modelos que den explicación a los fenómenos observados, permitiendo una indagación que logre satisfacer tanto el modo de aprendizaje de los estudiantes como la investigación y enseñanza por parte del docente, generando un intercambio de conceptos entre docente y estudiantes para lograr un significativo cambio conceptual.

*El cambio conceptual, en el sentido de adoptar una concepción científica y abandonar una no científica, es una tarea compleja y difícil. Tanto los estudios encarados al respecto como las hipótesis emergentes de los mismos, constituyen aportes de indiscutible importancia al campo de la enseñanza de las ciencias, y han contribuido a poner en evidencia la necesidad y el valor de enseñar astronomía en las escuelas (Ramírez Tamayo, 2011, p. 12)*

Los modelos utilizados dentro de la presente investigación se encuentran enmarcados dentro de la pedagogía dialogante, pues está basada en un dialogo pedagógico entre el estudiante, el saber, y el maestro, proporcionándole al estudiante el rol activo en este proceso, el maestro como mediador y el saber, como lo que se desea lograr, tal como lo explica De Zubiría (2016):

*Llamamos Pedagogía Dialogante al modelo pedagógico que tiene como fin el desarrollo integral de los estudiantes (...) Entendemos por desarrollo un proceso mediado por la cultura y caracterizado por el paso de unas estructuras más simples a otras más complejas (...) En un lenguaje cotidiano, diríamos que el ser humano piensa, ama y actúa, por lo que lo que nos proponemos con la Pedagogía Dialogante es enseñar a pensar mejor, convivir mejor y actuar mejor.*

En ésta se reconocen las diferentes dimensiones humanas, por lo cual, se da como tarea principal de la escuela el desarrollo de competencias integrales. Bajo este modelo, se dice que el desarrollo

solo se logra trabajando de manera interestructurante; es decir, reconociendo de manera sincrónica la parte esencial y activa de la cultura y de los estudiantes.

Por otra parte, este modelo pedagógico permite establecer una dinámica de trabajo cooperativo que se enriquece con la discusión y la puesta de diferentes experiencias, pensamientos y conocimiento; con esto se espera que el estudiante no solo tenga la finalidad de recibir unas notas, si no de poder trabajar con él de forma holística y en grupo con sus compañeros. De Zubiría (2010) plantea:

*El diálogo grupal en forma de mesa redonda, lectura y trabajo en equipo es ideal para favorecer el desarrollo. La discusión y la cooperación entre compañeros los enriquece a todos, así como es favorable la explicación de un compañero a otro, ya que los estudiantes están en una edad de desarrollo cercana entre sí y ello le permite a un joven acercarse a explicaciones que están dadas en un lenguaje y un contexto emocional y cognitivo más próximo a sí mismo. (p. 232)*

Este modelo permite abordar a los estudiantes desde lo que conocen y lo que viven para llevarlos a un nuevo conocimiento, articulando lo que ya saben con su nuevo aprendizaje. Esto es gracias a la utilización de herramientas diferentes a las tradicionalmente empleadas, en este caso, a través del juego y de actividades didácticas, puesto que facilitan la creación y uso de una unidad didáctica como instrumento mediador.

## 4. Metodología

Para la presente investigación se utilizó el método de investigación-acción. El objetivo de esta metodología está en producir los cambios en la realidad estudiada. Este método sitúa en un contexto espacio-temporal uniendo la realidad que se origina en la experiencia vivida, produciendo cambios en la realidad estudiada. (Hernandez Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2014)

Se caracteriza por ser participativa y colaborativa a la vez, ya que la persona encargada utiliza el trabajo desarrollado para mejorar sus prácticas, y colaborativo ya que se presenta un trabajo realizado en común, no solo por la persona, o personas a cargo sino también con el grupo con el que se trabaje, entendiendo que este no es un trabajo jerárquico.

Con este método se puede evaluar el conocimiento previo que tienen los estudiantes acerca de un tema, implementar una propuesta de aula, dando solución a las dudas que surjan en los estudiantes, y finalizar con la aplicación de un test posterior que tiene por objetivo evaluar la efectividad de la unidad didáctica para la construcción de conocimiento científico en los estudiantes del Instituto Pedagógico Nacional (IPN).

La metodología cualitativa se entiende como un plan de exploración donde el interés está centrado por el significado de las experiencias de la población en la cual se está realizando la investigación. Por esto no es una metodología lineal, ni lleva una serie de pasos como el proceso cuantitativo, por lo cual las etapas se constituyen más por acciones que se realizan para cumplir con los objetivos de la investigación.

Esta metodología sigue unos ciclos de **observación**, donde se estudia el comportamiento y las características físicas de los meteoritos, y también se observa el comportamiento y características de los estudiantes; **planificación**, donde se diseña una unidad didáctica que muestre cómo se comportan los meteoritos, y cuáles son sus características; **acción** donde se implementa la unidad didáctica con los estudiantes pertenecientes al taller de astronomía del IPN; **reflexión** donde se

sistematiza y analiza los resultados de la implementación de la unidad didáctica; que permiten trabajar con las ideas y suposiciones de los estudiantes, ya sea para afirmar, corregir o eliminar estas ideas (Diego-Rasilla, 2007).

Cabe resaltar que el análisis de resultados se realiza de manera cualitativa y, aunque se presentan gráficas porcentuales, estas son utilizadas para sustentar el análisis de resultados obtenidos, ya que como lo mencionan Hernandez Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio (2014) estos reportes de resultados pueden adquirir los mismos formatos de un reporte cuantitativo: *“Los reportes de resultados del proceso cualitativo comparten diversas características con los reportes cuantitativos ... Los reportes de resultados del proceso cualitativo pueden adquirir los mismos formatos que los reportes cuantitativos.”* (p. 510; p. 525)

Ahora bien, la forma de registrar los datos de verificación de la unidad didáctica es a través de una sistematización de experiencias, pues esta permite ver, no solo si existió un cambio en el conocimiento de los estudiantes, si no también ver si existe un cambio en sus actitudes respecto a algo. Como se expresa en Jara, 2013:

*La sistematización de experiencias es aquella interpretación crítica de una o varias experiencias que, a partir de su ordenamiento y reconstrucción, descubre o explicita la lógica del proceso vivido en ellas: los diversos factores que intervinieron, cómo se relacionaron entre sí y por qué lo hicieron de ese modo. La Sistematización de Experiencias produce conocimientos y aprendizajes significativos que posibilitan apropiarse de los sentidos de las experiencias, comprenderlas teóricamente y orientarlas hacia el futuro con una perspectiva transformadora. (p. 4)*

## **Desarrollo de la unidad didáctica**

La Universidad Pedagógica Nacional cuenta con el Instituto Pedagógico Nacional que es considerado como el espacio de práctica por excelencia en donde se trabaja con estudiantes de todos los grados, incluyendo un programa de educación especial para niños con discapacidad cognitiva. Cuentan con una planta física espaciosa, para cada actividad de los estudiantes. En este lugar se comparte el espacio con los colegios CCEE Reyes Católicos y con el Colegio Distrital de

Usaquén donde se adelanta el proyecto fronteras que pretende una convivencia que traspase las barreras sociales, culturales y económicas, teniendo como base la sana convivencia y el poder compartir en paz.

La población con la que se trabajó son los estudiantes de grado 4° y 5° del Instituto Pedagógico Nacional (IPN) que hacen parte del taller de astronomía; conformado por aproximadamente 10 estudiantes que oscilan en edades entre los 9 y los 12 años, considerados como población constante, y de vez en cuando llegan 1-5 estudiantes con asistencia esporádica. Cabe resaltar que, aunque no es un objetivo del taller, al trabajar con dicha población se pretendía realizar un acercamiento a la astronomía, y así, los estudiantes pudieran realizar la elección de clubes electivos a partir de 7°, y esta elección fuera con conocimiento de causa, hablando propiamente de la astronomía. Puesto que el IPN también cuenta con un club de astronomía, compuesto por estudiantes de 7° en adelante.

Los estudiantes del Instituto Pedagógico Nacional son muy variados, encontrando estudiantes que van desde estrato 2 a estrato 4-5 siendo algunos hijos de las señoras de servicios generales del colegio y de la universidad, hijos de profesores o de personas que lograron vincular a sus hijos en el colegio por sus propios medios.

Los ritmos de aprendizaje de los estudiantes son muy variados, teniendo una contraposición entre aquellos que no les gusta el trabajo de los profesores, pero tampoco están de acuerdo con las modificaciones realizadas por el colegio para motivar el estudio independiente, como los estudiantes que, aunque no lo expresen abiertamente, se muestran complacidos o cómodos con los profesores que, de cierta manera, por medio del conductismo y la presión los “obligan” a estudiar utilizando un método de enseñanza tradicional.

Para la creación de la unidad didáctica se realizó un trabajo de investigación de cerca de un año en el colegio, comenzando desde el primer semestre del año 2017 hasta el primer semestre del 2018, trabajando conjuntamente con los estudiantes pertenecientes tanto al taller de astronomía, como al club de astronomía “Alqamar Siilin” del IPN, al igual que con los estudiantes de grados 10° y 11°. Esto permitió realizar varios pilotajes y pruebas hasta lograr una unidad didáctica que lograra satisfacer las necesidades requeridas dentro de este trabajo, siendo realizadas con los estudiantes pertenecientes al taller de astronomía.

La puesta en marcha de la unidad didáctica comienza con la realización de un dialogo inicial para identificar y tener presente cuales son los conceptos previos que tienen los estudiantes respecto al tema trabajado, permitiendo con esto que la orientación de la unidad didáctica sea acorde a lo que ellos conocen, y desde ahí orientarlos dentro del proceso de desarrollo de la unidad.

Luego de esto se realizan 4 actividades que, basados en principios de la didáctica y la experimentación, le permiten al maestro guiar a los estudiantes, pero detonando procesos de construcción colectiva de conocimiento, posibilitando un cambio conceptual y actitudinal frente al taller realizado.

Dentro del anexo II se encuentra la totalidad de la unidad didáctica.

### **Actividades:**

Las siguientes actividades se desarrollaron bajo dos modalidades; la pedagogía dialogante y un modelo de investigación-acción.

La primera actividad consiste en **la identificación de un conjunto de “meteoritos”** previamente construidos por el docente, en donde se orienta la actividad a dar una explicación acerca de qué son los meteoritos y de cómo podemos saber, a través de la observación, de qué están, o pueden estar, compuestos.

La segunda actividad consiste en un proceso de **formación de cráteres** por medio de lanzamientos experimentales y sistemáticos de meteoritos, permitiendo dialogar e intercambiar conocimientos con los estudiantes de cómo estos cuerpos celestes impactan de diversas formas, específicamente en la Tierra; y sobre la posibilidad que existe de que uno de ellos impacte en nuestro planeta.

La tercera actividad consiste en una explicación sobre **los orígenes de los meteoritos y las lluvias de estrellas**, a través de diversos cuerpos celestes como asteroides y cometas. De forma experimental, se busca definir lo que es un cometa y el rastro que deja en el espacio al sublimarse.

La cuarta actividad está dividida en dos partes, la primera es una actividad llamada **fuego de colores**, donde se interactúa con los estudiantes por medio de la indagación y la comparación entendida en términos de cómo algunos elementos generan llamas de diversos colores, de la incidencia de su cantidad y composición, entre otros aspectos. El objetivo es poder realizar un

paralelo entre la percepción y conocimientos existentes, orientándolos a la explicación técnica de lo que es la espectroscopia, cómo funciona, y por qué es importante para el estudio y análisis de los meteoritos, sus porcentajes de composición y estructura.

La segunda parte corresponde a una **actividad de clasificación**, en donde a través de una matriz de comparación (diagrama de estabilidad) se pueden categorizar, con respecto a su porcentaje de composición. La herramienta utilizada, está enfocada en el análisis de 10 meteoritos importantes que han sido encontrados en diferentes partes de Colombia y del mundo.

Luego de la ejecución de estas actividades, se realiza un test posterior para poder verificar el trabajo realizado en la unidad, exponiéndoles un caso práctico sobre meteoritos, y también permitiendo que imaginen sobre el caso hipotético de la caída de un asteroide que pueda acabar con la vida en el planeta, colocando como ejemplo el meteorito que acabo con el 75% de la vida en la Tierra en la época de los dinosaurios. Esto se realiza con el fin de verificar el uso de la unidad didáctica. En términos de medición, se busca evidenciar qué tanto aprendieron los estudiantes con estos procesos de práctica y experimentación, así como en qué medida contribuye al aumento de la motivación e interés de los estudiantes con respecto a la astronomía.

Para verificar la unidad didáctica y su eficacia es necesario analizar el cambio conceptual presentado por los estudiantes desde el momento en que comienza la puesta en marcha de la unidad didáctica, hasta el momento de su finalización luego de la aplicación del test posterior. Es necesario presentar cómo se entiende el cambio conceptual en esta investigación:

*“esa posibilidad de sustituir, complementar o contrastar conocimientos que ya se tienen con los nuevos conocimientos que se plantean o que complementan los ya existentes, por eso y como algunos autores lo afirman los conocimientos previos o primeras experiencias son necesarios para realizar la nueva concepción científica y obtener el aprendizaje significativo buscado” (Álvarez. 2014, p. 28).*

El cambio conceptual es un proceso donde se transforman, o adquieren nuevas concepciones sobre un fenómeno a estudiar. Es por esto necesario que el docente debe poder aplicarlo de una forma cuidadosa en el aula para que el proceso de aprendizaje se realice sobre bases sólidas respecto a lo que ya saben los estudiantes, teniendo presente que la forma en que se les enseñe a

los estudiantes determinara si es solo un aprendizaje temporal, o realmente algo que asimilen para convertirse en algo de ellos, sin olvidar que cada estudiante aprende a un ritmo distinto.

Algo clave en la comprensión del cambio conceptual es que:

*es incorrecto hablar de un cambio conceptual como tal, pues lo que realmente sucede, es que se agregan nuevos significados a los conocimientos ya existentes, sin que por ello sean eliminadas las concepciones anteriores. De este modo, los significados originales que fueron transformados en el transcurso del cambio conceptual, quedarían en la mente como una suerte de historial de aprendizaje. (Álvarez. 2014, p. 30).*

Así que se podría hablar no de un cambio conceptual, sino de un progreso o desarrollo de estos, tomándolo como una transformación basada en los conocimientos que ya se tienen, buscando que el resultado sea “una nueva concepción duradera, un cambio de conocimiento verdaderamente significado” (Álvarez. 2014, p. 31).

El cambio conceptual puede ser revisado o monitoreado dependiendo de la evolución en el trabajo de los estudiantes, verificando que sabían ellos antes, y que es lo que conocen luego de su interacción en los espacios de aprendizaje en los que hayan participado.

Se puede tomar como base lo escrito por Freinet y Jhon Dewey respecto a la construcción del conocimiento por parte del estudiante, en cuyo caso busca promover la libre expresión en los estudiantes. Como dicen Silva Piovani, & De Lorenzi Pires (2013):

*Al promover la libre expresión se da la palabra a niños y niñas. El centro de la escuela son ellos, sus vidas, sus necesidades y sus posibilidades, que constituyen la base del método de educación popular defendido por esta pedagogía ... niños y niñas nunca tienen las mismas necesidades y aptitudes, y es absurdo pretender que todas avancen al mismo ritmo. (p. 101).*

## 5. Unidad Didáctica

A continuación, se presentan las actividades realizadas dentro de la unidad didáctica, la totalidad de esta se encuentra en el anexo II.

### ACTIVIDADES

#### *Actividad 1: Debate inicial*

Se realiza un debate inicial con los estudiantes del taller de Astronomía, en el cual se establecen una serie de preguntas acerca de los meteoritos, los cometas, los asteroides, la lluvia de estrellas, los cráteres, las características de éstos, su origen, diferencias y semejanzas a fin de establecer sus conocimientos sobre el tema. Se recomienda realizar este test de forma oral para generar un debate respecto al tema, pues estas son preguntas orientadoras, mas no son las únicas que se pueden realizar para esto.

Se presenta a continuación unas preguntas o afirmaciones realizadas por los estudiantes durante esta primera parte:

<i>Preguntas orientadoras</i>	<i>Respuestas de los estudiantes</i>
¿Cuáles son las diferencias entre meteoro y cometa?	Se ven similares, podrían ser lo mismo pero diferente nombre
¿Qué es una lluvia de estrellas? (Se les muestra la imagen de una lluvia de estrellas.) Describe la imagen	Son pedazos de las estrellas que caen desde el cielo, o se mueven muy rápido en el
¿Qué es un cráter?	Es un hueco, o un volcán
¿Qué es un meteorito?	Un meteoro, pero chiquito

*Tabla 1. Discusión inicial*

En la Tabla 1 se pueden leer algunas de las afirmaciones dadas por los estudiantes durante la discusión inicial. Las preguntas orientadoras dejadas para el caso son parte de las preguntas a grandes rasgos para ver los conocimientos generales del grupo. En estos se evidencia que sus conocimientos en estos temas no son tan amplios.

## ***Actividad 2: ¿De qué está hecho?***

Luego de la realización de pre-test se procede a realizar un modelado de la composición de un meteorito, previo a una explicación.

Antes de realizar la actividad, el docente debe alistar los meteoritos, que en este caso serán las esferas de icopor con un núcleo diferente en cada una, y las esferas de aluminio.

Para esto se necesita:

- Esferas de icopor o medias esferas de icopor huecas
- Imanes de diversos tamaños
- Canicas o esferas de cualquier material
- Esferas de aluminio, con por lo menos una con un núcleo de hierro o de imán
- Rocas de distintos materiales

Realizando los meteoritos:

1. Con un cortador de icopor dividir las esferas de icopor a la mitad
2. Con un caudín u otra fuente de calor realizar un agujero en medio de cada media esfera cortada
3. Colocar dentro de cada esfera, en una de las media esferas, uno de los núcleos escogidos (imán, canica, esfera de metal, rocas)
4. Pegar las mitades de las esferas

Para las esferas de aluminio:

1. Escoger el núcleo de la esfera (bola de hierro o imán)
2. Sobre este comenzar a envolver capa por capa de papel aluminio
3. Sellar bien la última capa y si se desea, pulir la esfera  
(para el proceso se deja el siguiente video como referencia: <https://youtu.be/zaKi1tZHGto>)

Para la actividad con los estudiantes:

Pasos a seguir:

1. Previamente alistar las bolas icopor con sus núcleos para entregarle una a cada grupo de estudiantes.
2. Preguntarles a los estudiantes como sabrían ellos de que está compuesto el núcleo de cada una de las esferas.
3. Si una de las opciones es abrirlas, preguntarles como harían para saber que pueden abrirlas sin que sea peligroso, o resulte riesgoso el acercarse y tocarlos.
4. Permitir que ellos debatan un poco sobre cuál es la mejor manera de saber de qué está hecho el núcleo.
5. Entregarles un imán y pedirles que lo acerquen a cada esfera y describan que se observa.
6. Una vez realizada la discusión, pedirles a los estudiantes que abran las esferas de icopor con cuidado y que describan cada uno de los núcleos de las esferas
7. Explicar cómo se pueden identificar los meteoritos de forma simple, como con un imán, o las líneas características del ingreso a la atmosfera



Figura 5. Fabricación de un modelo de meteorito casero en aluminio

A continuación, se presentan unas preguntas orientadoras y las respuestas de los estudiantes antes, y después de la aplicación de esta actividad:

<b>Preguntas orientadoras</b>	<b>Antes de la actividad</b>	<b>Después de la actividad</b>
¿Cómo sabemos de qué está compuesto un meteorito?	Lo rompemos	Primero le acercamos un imán, luego, si no es peligroso, pensamos en romperlo y quemarlo
Si no lo podemos romper, ¿hay alguna otra forma de saber de qué está compuesto?	No se	Le prendemos fuego, o con guantes o instrumentos los cogemos

Tabla 2. ¿De qué está hecho?

En la Tabla 2 podemos ver las dos preguntas orientadoras que a nivel macro fueron base de esta actividad, teniendo las respuestas de los estudiantes antes de la de la actividad, y lo que respondían luego de la actividad, observando cual fue el cambio que tuvieron dentro de su conocimiento.

Dentro de este momento en el aula, los estudiantes lo único que relacionaban con la idea de saber de qué están hechos los meteoritos es “desarmándolo” o rompiéndolo para saber que tienen por dentro, sin importarles si puede ser peligroso lo que hay por dentro de este, pues “podemos usar guantes, y la bata que nos piden en los laboratorios para abrirlos”. Cuando se realizó la explicación sobre cómo se puede saber de qué está hecho un meteorito, hablan sobre, si bien, no es necesario romperlo, si es necesario manipularlo con cuidado.

### ***Actividad 3: DIY: Asteroid's fall***

Basados en la explicación teórica, se procede a realizar las actividades prácticas en las cuales los estudiantes evidenciarán cómo son los impactos de los meteoritos en la tierra. Para esta actividad, previamente, se organizarán en grupos de cuatro personas en los cuales se distribuirán los roles de: monitor, encargado de material, secretario y vocero, se explicará la función que cada uno de ellos tiene al interior del equipo de trabajo.

Taller I:

Para esta actividad se necesitan:

- Arena cernida
- Harina
- Recipiente donde se colocarán capas de arena y harina, uno por grupo, de aquí en adelante se les llamará Tierra
- Esferas o rocas de diferentes tamaños para cada grupo, de aquí en adelante se llamarán meteoritos.
- Regla, una por grupo
- Hojas de trabajo (se deja antes de dar la explicación)

Desarrollo del taller:

1. Se dividen los estudiantes por grupos de 3-4 personas, con materiales para cada grupo.

2. Se toman Tierras y se coloca arena en cada uno, aproximadamente 5-8 cm de grosor, y encima se coloca una capa fina de harina, siendo esta la que permite evidenciar el impacto.
3. Se les pide a los estudiantes que midan el tamaño de cada uno de los meteoritos que tienen.
4. Se les pide a los estudiantes que se dividan de la siguiente forma, un estudiante (dos si es en grupo de 4) se quedan con la Tierra y la regla, los otros dos estudiantes se ubican en un lugar alto, ya sea encima de la mesa o en un segundo piso. Esto con posibilidad de variar los estudiantes en cada tarea asignada.
5. Se les pide a los estudiantes que lancen los meteoritos a la Tierra desde la altura mencionada. Se repite el lanzamiento hasta que uno de estos caiga directamente en esta. Importante recalcar que de ser posible tomen video de estos cuando caigan, o que miren muy bien para describir como cae el meteorito en la Tierra.
6. Cuando suceda el primer impacto se procede a medir el cráter que se forma, en diámetro y profundidad, y con qué meteorito se realizó ese cráter. Este meteorito no se vuelve a lanzar nuevamente, y se continúan lanzando los meteoritos restantes. Anotar los datos en la hoja de trabajo.
7. Se vuelve a dejar la Tierra sin cráter y con harina cubriéndola nuevamente, para repetir los pasos 5 y 6 con los meteoritos hasta completar todos los impactos.
8. Una vez se realicen los lanzamientos y se complete la hoja de la actividad, se procede a realizar el debate sobre el tema, pidiéndole a los estudiantes que describan la actividad e indaguen sobre la formación de los cráteres.



*Figura 6. Proceso de formación de un cráter*

A continuación, se presentan las preguntas orientadoras y las respuestas de los estudiantes antes, y después de la aplicación de esta actividad:

<i>Preguntas orientadoras</i>	<i>Antes de la actividad</i>	<i>Después de la actividad</i>
¿Qué es un cráter?	Un hueco	Un hueco circular, producido por la caída o explosión de algo
¿Dónde se encuentran cráteres?	Volcanes y huecos	Volcanes y lugares donde caen objetos, no solo en la Tierra, en la Luna también hay

*Tabla 3. DIY: Asteroid's fall*

Dentro de esta actividad, aunque se logra mostrar y consolidar la forma en que se forma un cráter, no existe un cambio tan grande entre lo que sabían, y el nuevo conocimiento, pero si se logra consolidar como es que se forma un cráter y cuáles son sus posibles causas.

En este momento los estudiantes realizaron la actividad, simulando una tierra quieta, tratando de lanzar el meteorito desde un segundo piso. Esto se realizó debido a que en las actividades exploratorias con los estudiantes de grado 11, el trabajo propuesto, con una tierra en movimiento y con un lanzador desde una distancia superior a los 5m, los tiempos de la actividad no alcanzaban para cumplir las metas propuestas.

Algo que sorprendía a los estudiantes era la idea de que, si bien, no todos los meteoritos tienen formas regulares como una canica o una esfera, si no que se asemejaban a una roca que se puedan encontrar en el suelo, el cráter que producía el impacto de uno de estos en la arena era (casi) circular, o por lo menos asemejaba a un círculo, y que cuando caía sobre la arena, algunas de las rocas arrojadas se rompían y se partían en varias partes, dispersándose en todas las direcciones.

#### ***Actividad 4: Cometas y asteroides***

Luego de la realización de la actividad *¿De qué está hecho?* Se procede a hablar de los asteroides y cometas como orígenes de los meteoritos, para esto se deja la siguiente explicación, con algunas actividades propuestas para algunas explicaciones:

Para la explicación de los fenómenos se dejan las siguientes definiciones:

**Los cometas:** Son objetos nebulosos, de brillo lechoso, casi siempre tienen forma irregular. Están compuestos de elementos congelados tales como agua, amoníaco, ácido sulfhídrico, cianuro de hidrógeno, metano, entre otros cerca de 20 compuestos primarios presentes, entre ellos, varios compuestos orgánicos. (Mumma & Charnley, 2011). Cuando un cometa ingresa en una órbita más

cercana que el cinturón de asteroides, el calor del Sol comienza a sublimar<sup>9</sup> los elementos congelados, formando una nube de vapor, visible por la presencia de partículas de hielo y polvo, lo que le da su forma tan característica. Para ejemplificar mejor lo que es un cometa se recomienda realizar un ejemplo con hielo seco, de como un sólido pasa a estado gaseoso sin pasar por estado líquido, y poder observar que deja un rastro de vapor a medida que se sublima. Para la explicación de los cometas se sugiere utilizar hielo seco para comparar cómo se sublima un cometa en presencia del calor, así como se sublima un trozo de hielo seco. Para esto se necesita:

1. Hielo seco.
2. 3 vasos plásticos transparentes con agua, uno con agua caliente, otro con agua tibia y otro con agua fría.

**Precaución:** Al utilizar el hielo seco, manipularlo con el equipo de protección básico (guantes de temperatura (se recomienda carnaza o de caucho grueso), pinzas, gafas y bata) ya que el frío extremo puede causar quemaduras, y en lo posible, evitar que los estudiantes lo manipulen sin la protección adecuada

Pasos a seguir:

1. Colocar, antes de que estén los estudiantes, un trozo de hielo seco en agua, para que se forme vapor suficiente, y poder preguntarles a los estudiantes que creen que está sucediendo, y si consideran que ese fenómeno se da en caliente o en frío.
2. Luego de discutir sobre el tema, colocar sobre las mesas de trabajo una hoja de papel, y sobre esta, un trozo de hielo seco al aire, para que vean como pasa de sólido a gaseoso, sin pasar por líquido, sin mojar o dañar la hoja.
3. Colocar en cada uno de los vasos con agua un trozo de hielo seco para observar el fenómeno en el agua, y proceder a explicar cómo ese vapor va quedando en el espacio.
4. Si se tiene la posibilidad, colocar un trozo de hielo seco en un soporte y acercarlo a fuego directo para observar cómo se evapora el hielo sin dejar rastro líquido, como un cometa al estar expuesto a la radiación solar

---

<sup>9</sup> Sublimar: Hacer que un cuerpo pase de estado sólido a estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.



*Figura 7. Sublimación*

**Los asteroides:** Se diferencian de los cometas por ser rocosos o metálicos y no de hielo, estos no tienen material que sublime. Los asteroides están en su mayor parte en órbitas más seguras ya que casi todas las órbitas de estos se encuentran principalmente en el espacio comprendido entre las órbitas de Marte y de Júpiter. Algunos casos excepcionales son los NEA's o asteroides cercanos, en los cuales su órbita se acerca a la tierra, a tal punto que se pueden considerar peligrosos para esta.

**Lluvia de estrellas:** Cuando la Tierra cruza una de las órbitas de un cometa, se producen las llamadas lluvias de estrellas; este se produce cuando partículas de polvo procedentes del cometa entran en la atmósfera terrestre a gran velocidad y se desintegran por fricción, produciendo lo que llamamos meteoro o estrella fugaz. Se puede explicar lo de las orbitas, y los restos cometarios, tomando como base la actividad realizada con el hielo seco y la estela que deja.

**Los meteoros:** Son objetos que ingresan a la atmósfera de la Tierra y se encienden como una bola de fuego que atraviesa el cielo, en muchos de los casos por que entra y sale de la atmósfera, en otros ingresa, se queman y pierde materia, y en otros ingresa y cae en la Tierra.

A continuación, se presentan unas preguntas orientadoras y las respuestas de los estudiantes antes, y después de la aplicación de esta actividad:

<i>Preguntas orientadoras</i>	<i>Antes de la actividad</i>	<i>Después de la actividad</i>
¿Qué es un cometa?	La que elevamos en agosto. Algo en el cielo con cola.	Un pedacito de hielo que va viajando muy rápido en el cielo, y se quema con el Sol
¿Qué es un asteroide?	Lo mismo que el cometa pero de diferente tamaño	Una piedrita que va viajando muy rápido en el cielo
¿Qué es un meteoro?	Si se parecen con el cometa es porque son lo mismo, pero con otro nombre	Una bola en el cielo que se prende fuego
¿Qué es un meteorito?	Un meteoro pero más chiquito	Una bola de fuego que alcanza a golpear la Tierra

*Tabla 4. Cometas y asteroides*

Dentro de esta actividad, aunque fue más explicativa que experimental, los estudiantes interactuaron entre ellos para buscar cuál era la definición de alguno de los objetos mostrados, como en el caso de un cometa y un meteoro, un estudiante llega a la siguiente conclusión, antes de presentar esta parte de la unidad:

*“profe, es que usted se llama con dos nombres, le dicen por el uno o por el otro, pero sigue siendo usted, yo pienso que así mismo es con estos, mire que por ejemplo a mí me dicen tato, pero mi nombre es Andrés, quizá sea el mismo caso con cometa y asteroide”*

Ya, luego de la realización de esta actividad, logran tener un poco más de claridad sobre las diferencias entre cada uno de los objetos celestes mencionados, diferenciándolos con términos muy de sus edades, pero que sirven para entender los fenómenos expuestos.

#### **Actividad 5:**

La siguiente actividad se divide en dos partes.

##### **Primera parte**

##### **Fuego de colores**

Se procede a realizar la siguiente actividad, de forma introductoria para la clasificación de los meteoritos por su composición, haciendo la comparación con la espectroscopia para explicar cómo se componen los meteoritos.

**Precaución:** realizar esta actividad siempre con la presencia del profesor, o la manipulación de un adulto, no permita que los niños jueguen con fuego pues algunos materiales utilizados son altamente inflamables, la mala manipulación puede ocasionar accidentes.

Para esta actividad se necesita:

- Un salón oscuro
- Alcohol
- Encendedor o fósforos
- Sal de cocina (1)
- Ácido bórico (2)
- Esmalte de uñas o quita esmalte (3)
- Alambre de cobre (4)
- Tapas metálicas de gaseosa

Variación de materiales:

- Químicos (se indica en paréntesis el color de llama que arroja):
  - a. (1) Cloruro de estroncio (rojo)
  - b. (2) Carbonato de calcio (naranja)
  - c. (3) Cloruro de sodio (amarillo)
  - d. (3) Ácido bórico (verde)
  - e. (4) Cloruro de cobre (azul)
  - f. (5) Cloruro de potasio (purpura)
  - g. (6) Sulfato de magnesio (blanco)
- Un salón oscuro
- Alcohol
- Encendedor o fósforos

Desarrollo de la actividad:

1. Se colocan los componentes (1) al (4) (si se utilizan los químicos, del (1) a (6)), cada uno en una tapa de gaseosa, y se deja una tapa sin nada

2. Se le adiciona a cada tapa alcohol, excepto a la tapa del quitaesmalte (en caso de no utilizar esmalte)
3. Se apagan las luces del salón y se procede a encender cada una de las tapas
4. Se procede a dar la explicación, realizando la comparación con la espectroscopia, para explicar cómo se determina la composición de los meteoritos y así obtener sus porcentajes de composición.



*Figura 8. Fuego de colores*

A continuación, se presentan unas preguntas orientadoras y las respuestas de los estudiantes antes, y después de la aplicación de esta actividad:

<b><i>Preguntas orientadoras</i></b>	<b><i>Antes de la actividad</i></b>	<b><i>Después de la actividad</i></b>
¿Qué es espectroscopia?	Algo que tiene que ver con fantasmas	Una forma de saber de qué está hecho algo
¿Cómo podemos saber de qué está hecho algo?	Con un imán, o rompiéndolo (haciendo referencia a la primera actividad)	Quemándolo para saber cuál es el color que se ve en la llama, porque el color nos puede decir de que está hecho

*Tabla 5. Fuego de colores*

En la tabla 5 se muestran las respuestas a grandes rasgos de los estudiantes sobre la espectroscopia, y la manera en que ellos la entendieron luego de la aplicación de la actividad.

En esta parte, la gran mayoría de los estudiantes nunca habían escuchado esa palabra, y presentaban dificultades en su pronunciación, unos pocos asociaron, por el hecho de tener el prefijo espectro- dentro de sí, que esta palabra tenía que ver algo con fantasmas. Cuando se les comienza a explicar cómo es que cada elemento de la tabla periódica tiene una firma particular de colores, y que esta se podría buscar con “fuego”, muchos querían intervenir, o prender en fuego los químicos

utilizados dentro de la actividad, incluso “sugirieron” que con el fuego podrían ver de que estábamos hechos nosotros, que qué pasaría si nos quemábamos para ver nuestras firmas.

En este tipo de actividades, a pesar de ser muy llamativas con los estudiantes, y que pueden dar buenos resultados a la hora de explicar un tema, es necesario manejar todo tipo de precauciones, pues su misma curiosidad los puede llevar a lastimarse o lastimar a otros por querer satisfacer esa curiosidad.

## Segunda parte

### Clasificación de meteoritos

Se procede a realizar la siguiente actividad que consiste en clasificar, en un diagrama de fase triangular, 10 de los meteoritos más importantes de Colombia y el mundo. Para esta actividad se procede primero a dar la explicación de cómo realizar la ubicación de puntos en el diagrama con base en el siguiente ejemplo. Primero se muestra el diagrama ternario completo con la métrica de incrementos que facilita la medida de los valores, sobre el cual se trabaja en la clasificación.

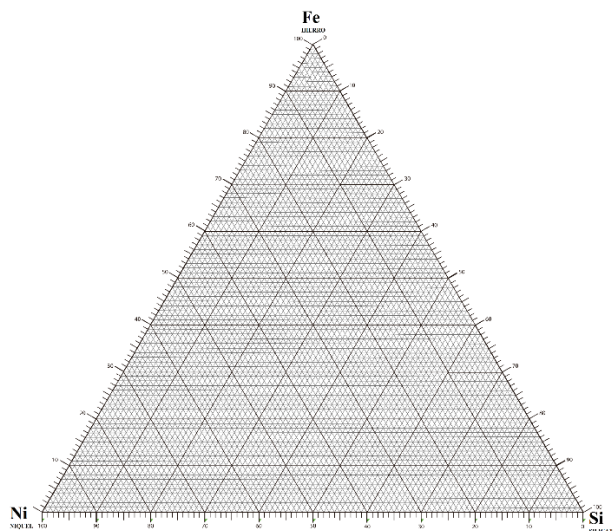


Figura 9. Diagrama de estabilidad<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Diagrama de estabilidad: Basado en un diagrama de clasificación geológica, modificado para facilitar el trabajo con los estudiantes a la hora de ubicar los compuestos de un meteorito. Se colocan en los vértices los principales compuestos de los meteoritos, para que en el momento de trabajar con este se pueda hacer de manera simplificada. Se encuentra en tamaño real dentro del anexo II.

Una vez explicado el funcionamiento del diagrama se procede a realizar la actividad, para ello actividad se necesita:

- Diagrama ternario
- Meteoritos con el porcentaje de composición en cada uno
- Plastilina
- Palillos
- Pegante o cinta

Desarrollo del taller:

1. Se conforman grupos de estudiantes y se les entrega un paquete de materiales para cada grupo.
2. Se les pide a los estudiantes que con los palillos y los meteoritos armen una bandera para cada meteorito.
3. Una vez armada cada bandera, se procede a ubicar los porcentajes en el diagrama.
4. Una vez ubicado el punto del meteorito, se coloca un punto de plastilina sobre este.
5. Finalmente, sobre el punto de plastilina se ubica la bandera correspondiente a este punto.
6. Se repiten los pasos 3-5 para cada uno de los meteoritos, hasta ubicar los 10 en el diagrama.

Al finalizar el taller, cada grupo se reúne y registra lo observado, el vocero compartirá con la clase las conclusiones a las cuales llegaron.

Para concluir el trabajo de los talleres, se realiza una mesa redonda para que todos los niños participen y compartan lo que les gustó de éstos, lo nuevo que aprendieron y las dudas que se generaron, entre otros aspectos que se pueden dar en el transcurso de esta actividad.

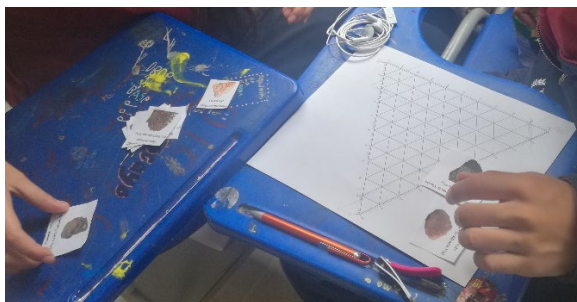


Figura 10. Utilizando un diagrama ternario

### ***Actividad 6: Pos-test***

Como actividad final de la unidad se realiza un pos-test para comprobar si el conocimiento fue transmitido a través de la unidad didáctica.

#### **POS-TEST**

1. ¿Qué crees que es un asteroide?
2. ¿Qué crees que es un cometa?
3. ¿Qué crees que es una lluvia de estrellas, y como se forma?
4. ¿Qué crees que es un meteoro?
5. ¿Qué crees que es un cráter, como se forma y donde los podemos encontrar?
6. Explica cómo se forman los meteoritos y que son
7. ¿Qué crees que es la espectroscopia?
8. ¿Por qué el fuego visto en la actividad se ve de colores?
9. Respecto a la imagen 1, señala de donde crees que vienen los asteroides y los cometas.
10. Respecto a la imagen 1, señala de donde crees que vienen los meteoritos
11. Vas caminando y observas dos objetos caer del cielo, uno es una roca lanzada desde un edificio y el otro es un meteorito:
  - a. Describe como verías caer los objetos
  - b. Observacionalmente, ¿cómo podrías diferenciar cual objeto es cuál?
- c. Tienes la opción de llevar los objetos a un laboratorio para analizarlos, ¿qué harías?
12. Imagina y plasma (en un escrito o en un dibujo con tu grupo) como evitarías que cayera un meteorito a la tierra

**RESPONDER LA ACTIVIDAD EN LA PARTE DE ATRÁS DE LA HOJA.**

**DE SER NECESARIO, ADJUNTAR UNA HOJA MAS.**

## Conclusiones

- Para la presente intervención, se diseñó una unidad didáctica enmarcada bajo la pedagogía dialogante en relación con el aprendizaje; ésta permitió realizar un trabajo en conjunto con los estudiantes, mediando entre lo nuevo a aprender y aquello que conocían.
- La unidad didáctica, para las condiciones dadas en la implementación y con base en los datos obtenidos, analizados cualitativamente, muestra resultados favorables evidenciando cambios en el conocimiento de los participantes del espacio pedagógico propuesto.
- La ejecución de esta unidad didáctica valida el uso de actividades poco convencionales como una herramienta pedagógica importante para el grupo poblacional manejado, ya que se evidenció un cambio significativo en los conocimientos de los estudiantes, luego de la implementación de dicha unidad.
- Si bien la unidad didáctica dio como resultado un cambio significativo en los conocimientos generales del grupo, el tema puede no ser del gusto de todos los estudiantes y prefieren seguir tomando los espacios de enseñanza como un sitio donde los envían a pasar el tiempo. Esto puede corresponder a las características propias de la comunidad manejada; sin embargo, se resalta la participación en el espacio pedagógico por parte de los estudiantes sea o no su tema de interés.
- El uso de actividades experimentales, como las realizadas dentro de la unidad didáctica, facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje en los estudiantes, ya que no interactúan solo con el profesor, si no entre ellos, a través de unas experiencias vivenciales donde pueden observar los fenómenos para entenderlos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. About JWST/NASA. Jwst.nasa.gov. Revisado 25 April 2017, from <https://jwst.nasa.gov/about.html>
2. Alfonso Garzón, J., Galadí-Enríquez, D., & Morales Durán, C. (2009). *100 conceptos básicos de astronomía* (1st ed.). Madrid: Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial "Esteban Terradas".
3. Álvarez Estrada, J. M. 2014. *Aplicación y evaluación del cambio conceptual como estrategia para mejorar la conceptualización de célula en estudiantes del grado octavo de bachillerato* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín).
4. Aranzazu, D. (2013). *La Astronomía: Ciencia olvidada en la escuela, ¿Cómo recuperarla?* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia, Medellín).
5. Bueno, D. (2013). Los meteoritos y el origen de la vida: una visión desde la teoría de Gaia. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(3), 321.
6. *Caída de Meteoro en Chelyabinsk (Rusia) 15 de Febrero 2013*. (2017). Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=zfVrGh0kTeg>.
7. Camarero Muñoz, D., & García Vesga, A. D. (2014). Nombrando las estrellas.
8. Carroll, B. & Ostlie, D. (2007). *An introduction to modern astrophysics*. 2nd ed. San Francisco: Pearson.
9. de Metrología, C. E. (2012). Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM).
10. De Zubiría, J. (2010). *Los modelos pedagogicos Hacia una pedagogia dialogante*. 3rd ed. Bogota, pp.192-238.
11. De Zubiría, J. (2016). Breve aproximación a la Pedagogía Dialogante. [Blog] *Pedagogia Dialogante*. Disponible en: <http://blogpedagogiadialogante.com/julian-de-zubiria/> [Acceso 3 Mar. 2018].
12. del Puerto Varela, M. C. (1999). *Periodismo científico: la astronomía en titulares de prensa* (Doctoral dissertation, Universidad de La Laguna).

13. Dewey, J. (1995). *Democracia y educación: una introducción a la filosofía de la educación*. Ediciones Morata.
14. Díaz Sanjúan, L. (2015). La observación.
15. Diego-Rasilla, F. J. (2007). La investigación-acción como medio para innovar en las ciencias experimentales.
16. Fernández, B. A. (2008). *Desarrollo de nebulizadores neumáticos basados en las tecnologías Flow Focusing y Flow Blurring para su uso en técnicas analíticas basadas en plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES e ICP-MS)* (Doctoral dissertation, Universitat d'Alacant-Universidad de Alicante).
17. GIL-RODRÍGUEZ, J. & CONCHA-PERDOMO, A.E. (2006): Caracterización Petrográfica y Clasificación Textural del Meteorito de Santa Rosa de Viterbo (Boyacá), Colombia, *GEOLOGÍA COLOMBIANA*, 31, pp. 91-85, 14 Figs., Bogotá
18. Gutiérrez Merino, J. (2016). Los Meteoritos.
19. Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.  
[https://www.iau.org/public/themes/why\\_is\\_astronomy\\_important/](https://www.iau.org/public/themes/why_is_astronomy_important/)
20. Iglesias, M., Quinteros, C., & Gangui, A. (2007). Astronomía en la escuela: situación actual y perspectivas futuras. *Actas de la XV Reunión Nacional de Educación en la Física*, 68-80.
21. Jara, O. (2013). Orientaciones teórico-prácticas para la sistematización de experiencias. *Recuperado de: [http://www.bibliotecavirtual.info/wp-content/uploads/2013/08/Orientaciones\\_teorico-practicas\\_para\\_](http://www.bibliotecavirtual.info/wp-content/uploads/2013/08/Orientaciones_teorico-practicas_para_)*.
22. JWST/NASA. [jwst.nasa.gov](http://jwst.nasa.gov). Recuperado 25 Abril 2017, de <https://jwst.nasa.gov/about.html>
23. Klein, C., & Hurlbut, C. S. (1996). Diagramas de estabilidad mineral (Ed.), *Manual de mineralogía* (Vol. 1). (pp. 245-253; 341-358).
24. Lima, O. A. L. A la búsqueda de meteoritos.
25. Marqués, P. (2000). Los medios didácticos: componentes, tipología, funciones, ventajas, evaluación. *Consultado el, 19(01), 2006*.
26. Martínez, V. J., & Galadí-Enríquez, D. (2005). *Astronomía fundamental* (Vol. 81). Universitat de Valencia.

27. Martins, L. (2018). Extremistas religiosos, terraplanistas, alienígenas e além: a dinâmica da espiral ascendente de complexidade na formação de crenças e experiências contraintuitivas. *Numen*, 21(2).
28. MEN Ministerio de Educación Nacional. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales. [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-116042_archivo_pdf3.pdf)
29. *Meteoro explota en el cielo con la onda de choque de SONIDO INCREIBLE en Chelyabinsk, Rusia..* (2013). Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=kyjlvo58vj0>
30. Morón, N. B., & Goldstein, A. (2008). *Creatividad y aprendizaje: el juego como herramienta pedagógica* (Vol. 113). Narcea Ediciones.
31. Mumma, M. J., & Charnley, S. B. (2011). The chemical composition of comets—Emerging taxonomies and natal heritage. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 49.
32. NASA (2011). *What's Hitting Earth? | Science Mission Directorate*. [en línea] De: [https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2011/01mar\\_meteornetwork](https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2011/01mar_meteornetwork) [Acceso 12 Ago. 2017].
33. Osn (2018). *Estación de detección de meteoros | Observatorio de Sierra Nevada*. [online] Disponible en: <https://www.osn.iaa.csic.es/page/estacion-deteccion-meteoros> [Acceso 4 Oct. 2018].
34. Pardo, A., Keller, G., & Adatte, T. (2011). De México a India: en busca de las causas del ocaso de los dinosaurios. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(2), 149-161.
35. Pellinen-Wannberg, A. (2011). The radio physics of meteors: High resolution radar methods offering new insights. *URSI Radio Science Bulletin*, 2011(339), 32-45.
36. Ramírez Tamayo, X. D. J. (2011). *La astronomía una ciencia de todos y para todos* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín).
37. Rodríguez, J. G., & Perdomo, A. H. C. (2006). Caracterización petrográfica y clasificación textural del meteorito de santa rosa de viterbo (boyacá), colombia. *Geología Colombiana*, 31, 91.
38. Rosenberg, M., Blandon, G., & Lindberg Christensen, L. (2013). *¿Por qué es importante la Astronomía?*. Recuperado de
39. Sagan, C. (2003). *Un punto azul pálido* (4th ed.). Barcelona: Planeta.

40. Silva Piovani, V., & De Lorenzi Pires, G. (2013). Pedagogía de los medios y pedagogía Freinet: puntos de encuentro. *Apertura*, 5 (1), 98-107.
41. Skoog, D. A., West, D. M., & Holler, F. J. (1997). *Fundamentos de química analítica* (Vol. 2). Reverté.
42. Tormo Cifuentes, L. (2014). Estudio de meteoritos singulares por técnicas espectroscópicas y de luminiscencia no destructivas.
43. Trigo-Rodríguez, J. M., & Madiedo, J. M. (2013). Asteroides y cometas: cuerpos progenitores de meteoritos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(3), 293.
44. Trigo-Rodríguez, J. M., Tapia, M., & Gil, J. M. M. (2013). El superbólido de Cheliábinsk: El peligro de impacto de pequeños asteroides con la Tierra. *Astronomía*, (168), 22-29.
45. Trigo-Rodríguez, J. M., & Martínez-Jiménez, M. (2013). Las condritas y sus componentes primigenios. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(3), 263.
46. Vera Mella, N. (2005). *Atlas climático de irradiación solar a partir de imágenes del satélite NOAA. Aplicación a la península Ibérica*. Universitat Politècnica de Catalunya.
47. Zueck González, S. L. (2004). *La divulgación de la ciencia como un proceso docente: el caso de un astrónomo del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica* (Doctoral dissertation, Universidad Iberoamericana Puebla.)

# ANEXOS

## Anexo I

### Marco Referencial

**Albedo:** Es el porcentaje de radiación que se refleja tras interactuar con una superficie. Dependiendo del tipo de superficie donde se refleje la radiación, varía el albedo. Como se habla en Vera Mella (2005):

El albedo se puede definir como la relación entre la radiación solar reflejada por una superficie, integrada sobre todas las longitudes de onda de la luz solar, dividido entre la radiación solar incidente sobre esta misma superficie, también integrada sobre todas las longitudes de ondas de luz solar.

(...)

Teniendo en cuenta esa suposición, la reflectividad  $\rho$  de una superficie puede definirse como:

$$\rho(\lambda) = \frac{\pi L(\lambda)}{\mu_s E_s(\lambda)} \quad (1)$$

Donde  $L(\lambda)$  es la radiancia espectral reflejada por la superficie ( $Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ),  $\pi L(\lambda)$  es la radiancia reflejada;  $\mu_s = \cos \theta_s$  donde  $\theta_s$  es el ángulo cenital solar,  $E_s(\lambda)$  es la irradiancia espectral incidente proveniente del sol ( $Wm^{-2} sr^{-1}$ ) y  $\mu_s E_s(\lambda)$  es la parte de la irradiancia espectral incidente que impacta en la superficie.

El albedo  $\alpha$  se define como la reflectividad hemisférica representativa para una banda espectral determinada. De forma similar a la ecuación 1:

$$\alpha = \frac{\pi L}{\mu_s E_s} \quad (2)$$

Donde  $L$  es la integral de la radiancia espectral pesada por la función filtro de la banda ( $Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ) y  $E_s$  la integral de la irradiación espectral pesada por la función filtro de la banda ( $Wm^{-2}$ ). Estos dos términos pueden ser escritos como:

$$\pi L = \int_{\lambda_{inf}}^{\lambda_{sup}} \pi L(\lambda) S(\lambda) d\lambda$$

$$\mu_s E_s = \int_{\lambda_{inf}}^{\lambda_{sup}} \mu_s E_s S(\lambda) d\lambda$$

Donde  $S(\lambda)$  es la respuesta espectral de la función filtro y  $\lambda_{inf}$ ,  $\lambda_{sup}$  son los extremos de las longitudes de onda espectral de la banda. (p. 53-54)

**Analito:** Elemento o compuesto que se busca analizar (de Metrología, 2012).

**Brillo:** (Ver flujo) Está relacionado con la magnitud aparente (Carroll & Ostlie, 2007, p. 60)

**Cráter:** Depresión o cavidad en la superficie terrestre causada por un impacto o una explosión.

**Espectroscopia:** Estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia. Pueden ser de absorción o de emisión de energía radiante. Estos métodos son utilizados para, a través del estudio del espectro de radiación de un cuerpo incandescente, analizar la composición de estos.

**Estructuras de Widmanstätten:** Se produce por un lento enfriamiento de un meteorito ferroso. Se encuentran realizando un corte en el meteorito buscando un inter-crecimiento de bandas de taenita (Ni 20%-65%) y camacita (Ni 5%-10%). Los ángulos que forman dependerán del tipo de corte que se haga. Ver Figura 1.

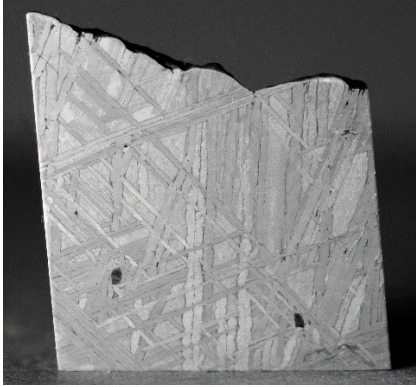


Figura 11. Estructuras de Widmanstätten presentes en una sección pulida y tratada con ácido del meteorito de Muonionalusta.

Fuente: Angel Mendez, 2012. <http://yomiroalcielo.blogspot.com/2012/09/la-estructura-de-widmanstatten.html>

**Flujo:** Es la cantidad total de energía por unidad de tiempo y por unidad de área que es recibida en un metro cuadrado de un detector perpendicular a la luz que llega de un objeto celeste, se mide en  $J/s.m^2$ , y está determinado por la luminosidad, siendo  $F = \frac{L}{4\pi r^2}$  (Carroll & Ostlie, 2007, p. 60-61)

**Líneas de Newman:** Son patrones de líneas paralelas que se forman en los meteoritos, estas se forman por un choque de compresión. Estas se hallan cortando un meteorito férreo, se pule y se trata con ácido nítrico diluido. Ver Figura 2.

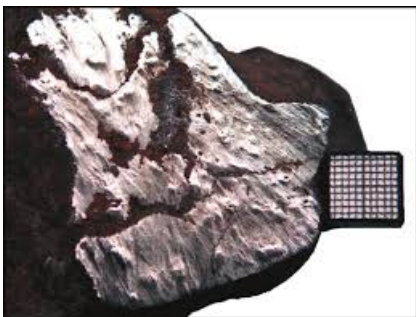


Figura 12. Fracturamiento que se presta para provocar una alteración más rápida de la pieza del MSR.V. Lado del cubo 1cm

Fuente: GIL-RODRÍGUEZ & CONCHA-PERDOMO, 2006

**Luminosidad:** Es la cantidad de energía por unidad de tiempo que emite un objeto celeste, esta se mide en Joule por segundo ( $J/s$ ) (Carroll & Ostlie, 2007, p. 60-61)

**Magnitud:** El concepto de magnitud o brillo fue introducido por Hiparco de Nicea, realizando un catálogo de cerca de 850 estrellas. Dentro de este catálogo Hiparco clasificó las estrellas en diferentes magnitudes, siendo las de primera magnitud las estrellas más brillantes, y las de sexta magnitud las estrellas menos brillantes.

**Magnitud absoluta:** Es la magnitud que tendría un objeto celeste si es ubicado a 10 Pc (32.616 Años luz o  $\approx 3 \cdot 10^{14}$  Km) en un espacio vacío. En el caso de un cometa o un asteroide, es el brillo que tendría si está situado a 1 UA y este está totalmente iluminado por el Sol. (Carroll & Ostlie, 2007, p.61)

**Magnitud aparente:** Medida logarítmica relativa, utilizada para hablar de la cantidad de luz que se recibe de un cuerpo celeste visto desde la Tierra. Para medir esta magnitud en un objeto celeste se utiliza la escala de Pogson, propuesta por Norman Pogson, dando una forma de determinar las magnitudes planteadas por Hiparco, determinando que la razón de cada descenso en el brillo de la estrella es igual a la raíz quinta de 100, o aproximadamente 2,512, esto quiere decir que una estrella de magnitud 1 es 100 veces más brillante que una estrella de magnitud 6.

Con el flujo está determinada por

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log_{10} (F_1 / F_2)$$

donde  $m$  es la magnitud aparente y  $F$  es el flujo, para los objetos 1 y 2. (Camarero Muñoz & García Vesga, 2014).

**Mensurando:** Medición del analito, concentración de analito en la muestra tomada. Se pueden clasificar los analitos en macro componentes si existe más del 1%, microcomponente si existe entre el 0,01% y el 1% o trazas si existe en una proporción de 0,01% o inferior (de Metrología, 2012).

**Meteoroides:** Son objetos de un tamaño menor a 50 m de diámetro y hasta 100  $\mu\text{m}$  (un tamaño inferior a este se considera ya como polvo cósmico) con una composición similar a la de los asteroides.

**Meteoros:** Son objetos que ingresan a la atmosfera de la Tierra y se encienden como una bola de fuego que atraviesa el cielo.

**Olivinos:** Son minerales clasificados dentro de las rocas ígneas, compuestos principalmente por sílice.

**Plasma:** Cuarto estado de la materia. Mezcla gaseosa conductora, con una alta concentración de cationes y aniones.

**Sublimar:** Hacer que un cuerpo pase de estado sólido a estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.

**Anexo II.**

**UNIDAD DIDÁCTICA**

**DIY: Asteroid's Fall**

**Formación de cráteres y clasificación primaria**

**UNIDAD DIDÁCTICA PARA EL ESTUDIO DE LOS METEORITOS EN EL  
CONTEXTO ESCOLAR**

**PRESENTADO POR: JAIRO ANDRES ALVAREZ RUIZ**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**LINEA DE PROFUNDIZACIÓN 3: LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL PARA LA  
ENSEÑANZA DE LA FÍSICA**

**2018**

## INTRODUCCIÓN

La presente unidad tiene como finalidad describir diversas actividades acerca de meteoritos, su origen y caída, con el fin de generar en los estudiantes curiosidad y, por lo tanto, encaminarlos a un trabajo científico en el área de la astronomía a los estudiantes asistentes al taller de astronomía del Instituto Pedagógico nacional. Esto con el propósito de generar en los estudiantes un interés hacia la ciencia y su estudio, acercándolos por medio del juego y la experimentación a algunos conceptos científicos.

Esta estrategia de aula está constituida de 5 actividades las cuales se describen con detalle más adelante dentro de esta unidad.

### **Objetivos de aprendizaje**

- Diferenciar entre un meteorito, un asteroide y un cometa, estableciendo las características particulares de estos.
- Describir como cae un meteorito en la Tierra.
- Comprender que es la espectroscopia y su utilidad en la detección de meteoritos
- Clasificar 10 de los meteoritos más importantes en Colombia y el mundo. (Cali, Santa Rosa de Viterbo, Hobba, el Chaco, Gancedo, Ahnighito, Marte, Chelyabinks, Fukang, Esquel)

### **Principios que orientan la enseñanza**

*“El entretenimiento y el aprendizaje no se oponen; el entretenimiento puede ser el modo más efectivo de aprender”* Herbert Marcuse.

Esta unidad se encuentra enmarcada dentro de una pedagogía dialogante, pues está basada en un dialogo pedagógico entre el estudiante, el saber, y el maestro, proporcionándole al estudiante el rol activo en este proceso, el maestro como mediador y el saber cómo lo que se desea lograr, tal como lo explica De Zubiría (2016):

Llamamos Pedagogía Dialogante al modelo pedagógico que tiene como fin el desarrollo integral de los estudiantes (...) Entendemos por desarrollo un proceso mediado por la cultura y caracterizado por el paso de unas estructuras más simples a otras más complejas (...) En un lenguaje cotidiano, diríamos que el ser humano piensa, ama y actúa, por lo que lo que nos proponemos con la Pedagogía Dialogante es enseñar a pensar mejor, convivir mejor y actuar mejor.

En la Pedagogía Dialogante se reconocen las diferentes dimensiones humanas, por lo cual, se da como tarea principal de la escuela el desarrollo de competencias integrales. Bajo este modelo, se dice que el desarrollo solo se logra trabajando de manera interestructurante; es decir, reconociendo de manera sincrónica la parte esencial y activa de la cultura y de los estudiantes.

Por otra parte, este modelo pedagógico permite establecer una dinámica de trabajo cooperativo que se enriquece con la discusión y la puesta de diferentes experiencias, pensamientos y conocimiento; con esto se espera que el estudiante no solo tenga la finalidad de recibir unas notas, si no de poder trabajar con él de forma holística y en grupo con sus compañeros. De Zubiría (2010) plantea:

El diálogo grupal en forma de mesa redonda, lectura y trabajo en equipo es ideal para favorecer el desarrollo. La discusión y la cooperación entre compañeros los enriquece a todos, así como es favorable la explicación de un compañero a otro, ya que los estudiantes están en una edad de desarrollo cercana entre sí y ello le permite a un joven acercarse a explicaciones que están dadas en un lenguaje y un contexto emocional y cognitivo más próximo a sí mismo.

Este modelo permite abordar a los estudiantes desde lo que conocen y lo que viven para llevarlos a un nuevo conocimiento, articulando lo que conocen con su nuevo aprendizaje, utilizando herramientas diferentes a las tradicionalmente empleadas, en este caso, a través del juego y de actividades didácticas.

## **ACTIVIDADES**

### ***Actividad 1: Debate inicial***

Se aplica un pre-test a los niños del taller de Astronomía, en el cual se establecen una serie de preguntas acerca de los meteoritos, los cometas, los asteroides, la lluvia de estrellas, los cráteres, las características de éstos, su origen, diferencias y semejanzas a fin de establecer sus conocimientos sobre el tema. Se recomienda realizar este test de forma oral para generar un debate respecto al tema, pues estas son preguntas orientadoras, mas no son las únicas que se pueden realizar para esto. Las imágenes para utilizar en mejor formato quedan en un archivo en prezi, localizado en el siguiente link:

<https://mega.nz/#!sZEDEAID!UPYIIesyDBt2wzV7ZZZAyreyWM35ZwiUJLU1hxoKulc>

## DEBATE INICIAL



1. ¿Qué diferencia encuentras entre las dos imágenes?
2. Describe cada una de estas imágenes
3. ¿Qué crees es un meteoro y un cometa?
4. ¿Serán lo mismo que un asteroide?



5. Describe la imagen, ¿qué observas?
6. ¿Qué observas en la siguiente imagen?



7. ¿Tiene alguna similitud la imagen anterior con la siguiente?



8. ¿En dónde más se pueden encontrar lugares como los de la imagen?

9. Describe las siguientes imágenes, ¿Qué observas?



### ***Actividad 2: ¿De qué está hecho?***

Luego de la realización de pre-test se procede a realizar un modelado de la composición de un meteorito, previo a una explicación.

Antes de realizar la actividad, el docente debe alistar los meteoritos, que en este caso serán las esferas de icopor con un núcleo diferente en cada una, y las esferas de aluminio.

Para esto se necesita:

- Esferas de icopor o medias esferas de icopor huecas
- Imanes de diversos tamaños
- Canicas o esferas de cualquier material
- Esferas de aluminio, con por lo menos una con un núcleo de hierro o de imán
- Rocas de distintos materiales

Realizando los meteoritos:

5. Con un cortador de icopor dividir las esferas de icopor a la mitad
6. Con un caudín u otra fuente de calor realizar un agujero en medio de cada media esfera cortada
7. Colocar dentro de cada esfera, en una de las media esferas, uno de los núcleos escogidos (imán, canica, esfera de metal, rocas)
8. Pegar las mitades de las esferas

Para las esferas de aluminio:

4. Escoger el núcleo de la esfera (bola de hierro o imán)
5. Sobre este comenzar a envolver capa por capa de papel aluminio
6. Sellar bien la última capa y si se desea, pulir la esfera  
(para el proceso se deja el siguiente video como referencia: <https://youtu.be/zaKi1tZHGto>)

Para la actividad con los estudiantes:

Pasos a seguir:

8. Previamente alistar las bolas icopor con sus núcleos para entregarle una a cada grupo de estudiantes.
9. Preguntarles a los estudiantes como sabrían ellos de que está compuesto el núcleo de cada una de las esferas.
10. Si una de las opciones es abrirlas, preguntarles como harían para saber que pueden abrirlas sin que sea peligroso, o resulte riesgoso el acercarse y tocarlos.
11. Permitir que ellos debatan un poco sobre cuál es la mejor manera de saber de qué está hecho el núcleo.
12. Entregarles un imán y pedirles que lo acerquen a cada esfera y describan que se observa.
13. Una vez realizada la discusión, pedirles a los estudiantes que abran las esferas de icopor con cuidado y que describan cada uno de los núcleos de las esferas
14. Explicar cómo se pueden identificar los meteoritos de forma simple, como con un imán, o las líneas características del ingreso a la atmosfera

### ***Actividad 3: DIY: Asteroid's fall***

Basados en la explicación teórica, se procede a realizar las actividades prácticas en las cuales los estudiantes evidenciarán cómo son los impactos de los meteoritos en la tierra. Para esta actividad, previamente, se organizarán en grupos de cuatro personas en los cuales se distribuirán los roles de: monitor, encargado de material, secretario y vocero, se explicará la función que cada uno de ellos tiene al interior del equipo de trabajo.

Taller I:

Para esta actividad se necesitan:

- Arena cernida
- Harina
- Recipiente donde se colocarán capas de arena y harina, uno por grupo, de aquí en adelante se les llamará Tierra
- Esferas o rocas de diferentes tamaños para cada grupo, de aquí en adelante se llamarán meteoritos.
- Regla, una por grupo

- Hojas de trabajo (se deja antes de dar la explicación)

Desarrollo del taller:

9. Se dividen los estudiantes por grupos de 3-4 personas, con materiales para cada grupo.
10. Se toman Tierras y se coloca arena en cada uno, aproximadamente 5-8 cm de grosor, y encima se coloca una capa fina de harina, siendo esta la que permite evidenciar el impacto.
11. Se les pide a los estudiantes que midan el tamaño de cada uno de los meteoritos que tienen.
12. Se les pide a los estudiantes que se dividan de la siguiente forma, un estudiante (dos si es en grupo de 4) se quedan con la Tierra y la regla, los otros dos estudiantes se ubican en un lugar alto, ya sea encima de la mesa o en un segundo piso. Esto con posibilidad de variar los estudiantes en cada tarea asignada.
13. Se les pide a los estudiantes que lancen los meteoritos a la Tierra desde la altura mencionada. Se repite el lanzamiento hasta que uno de estos caiga directamente en esta. Importante recalcar que de ser posible tomen video de estos cuando caigan, o que miren muy bien para describir como cae el meteorito en la Tierra.
14. Cuando suceda el primer impacto se procede a medir el cráter que se forma, en diámetro y profundidad, y con qué meteorito se realizó ese cráter. Este meteorito no se vuelve a lanzar nuevamente, y se continúan lanzando los meteoritos restantes. Anotar los datos en la hoja de trabajo.
15. Se vuelve a dejar la Tierra sin cráter y con harina cubriéndola nuevamente, para repetir los pasos 5 y 6 con los meteoritos hasta completar todos los impactos.
16. Una vez se realicen los lanzamientos y se complete la hoja de la actividad, se procede a realizar el debate sobre el tema, pidiéndole a los estudiantes que describan la actividad e indaguen sobre la formación de los cráteres.

# HOJA DE TRABAJO

## DIY: Asteroid's Fall

Nombres:

---

Fecha:

Meteorito 1:

Tamaño del meteorito: \_\_\_\_\_ cm

Tamaño del cráter: \_\_\_\_\_ cm

Profundidad del cráter: \_\_\_\_\_ cm

Dibujo 1

METEORITO	CRATER FORMADO

Meteorito 2:

Tamaño del meteorito: \_\_\_\_\_ cm

Tamaño del cráter: \_\_\_\_\_ cm

Profundidad del cráter: \_\_\_\_\_ cm

Dibujo 2

METEORITO	CRATER FORMADO

Meteorito 3:

Tamaño del meteorito: \_\_\_\_\_ cm

Tamaño del cráter: \_\_\_\_\_ cm

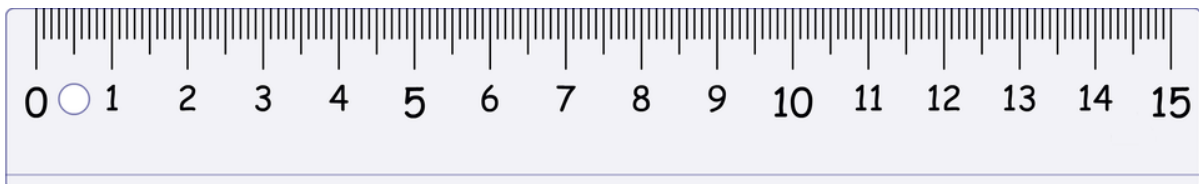
Profundidad del cráter: \_\_\_\_\_ cm

Dibujo 3

METEORITO	CRATER FORMADO

Por grupo, registran en la parte posterior de la hoja lo observado y una posible explicación del fenómeno ocurrido con cada meteorito. Elegir un vocero para explicar lo sucedido con los meteoritos al resto del grupo.

Se adjunta una regla, si los estudiantes no traen una, recortarla y utilizarla para la actividad.



#### **Actividad 4: Cometas y asteroides**

Luego de la realización de la actividad *¿De qué está hecho?* Se procede a hablar de los asteroides y cometas como orígenes de los meteoritos, para esto se deja la siguiente explicación, con algunas actividades propuestas para algunas explicaciones:

Para la explicación de los fenómenos se dejan las siguientes definiciones:

**Los cometas:** Son objetos nebulosos, de brillo lechoso, casi siempre tienen forma irregular. Están compuestos de elementos congelados tales como agua, amoníaco, ácido sulfhídrico, cianuro de hidrógeno, metano, entre otros cerca de 20 compuestos primarios presentes, entre ellos, varios compuestos orgánicos. (Mumma & Charnley, 2011). Cuando un cometa ingresa en una órbita más cercana que el cinturón de asteroides, el calor del Sol comienza a sublimar<sup>11</sup> los elementos congelados, formando una nube de vapor, visible por la presencia de partículas de hielo y polvo, lo que le da su forma tan característica. Para ejemplificar mejor lo que es un cometa se recomienda realizar un ejemplo con hielo seco, de como un sólido pasa a estado gaseoso sin pasar por estado líquido, y poder observar que deja un rastro de vapor a medida que se sublima. Para la explicación de los cometas se sugiere utilizar hielo seco para comparar cómo se sublima un cometa en presencia del calor, así como se sublima un trozo de hielo seco. Para esto se necesita:

3. Hielo seco.
4. 3 vasos plásticos transparentes con agua, uno con agua caliente, otro con agua tibia y otro con agua fría.

**Precaución:** Al utilizar el hielo seco, manipularlo con el equipo de protección básico (guantes de temperatura (se recomienda carnaza o de caucho grueso), pinzas, gafas y bata) ya que el frío extremo puede causar quemaduras, y en lo posible, evitar que los estudiantes lo manipulen sin la protección adecuada

Pasos a seguir:

5. Colocar, antes de que estén los estudiantes, un trozo de hielo seco en agua, para que se forme vapor suficiente, y poder preguntarles a los estudiantes que creen que está sucediendo, y si consideran que ese fenómeno se da en caliente o en frío.
6. Luego de discutir sobre el tema, colocar sobre las mesas de trabajo una hoja de papel, y sobre esta, un trozo de hielo seco al aire, para que vean como pasa de sólido a gaseoso, sin pasar por líquido, sin mojar o dañar la hoja.
7. Colocar en cada uno de los vasos con agua un trozo de hielo seco para observar el fenómeno en el agua, y proceder a explicar cómo ese vapor va quedando en el espacio.

---

<sup>11</sup> Sublimar: Hacer que un cuerpo pase de estado sólido a estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.

8. Si se tiene la posibilidad, colocar un trozo de hielo seco en un soporte y acercarlo a fuego directo para observar cómo se evapora el hielo sin dejar rastro líquido, como un cometa al estar expuesto a la radiación solar

**Los asteroides:** Se diferencian de los cometas por ser rocosos o metálicos y no de hielo, estos no tienen material que sublime. Los asteroides están en su mayor parte en órbitas más seguras ya que casi todas las órbitas de estos se encuentran principalmente en el espacio comprendido entre las órbitas de Marte y de Júpiter. Algunos casos excepcionales son los NEA's o asteroides cercanos, en los cuales su órbita se acerca a la tierra, a tal punto que se pueden considerar peligrosos para esta.

**Lluvia de estrellas:** Cuando la Tierra cruza una de las órbitas de un cometa, se producen las llamadas lluvias de estrellas; este se produce cuando partículas de polvo procedentes del cometa entran en la atmósfera terrestre a gran velocidad y se desintegran por fricción, produciendo lo que llamamos meteoro o estrella fugaz. Se puede explicar lo de las orbitas, y los restos cometarios, tomando como base la actividad realizada con el hielo seco y la estela que deja.

**Los meteoros:** Son objetos que ingresan a la atmósfera de la Tierra y se encienden como una bola de fuego que atraviesa el cielo, en muchos de los casos por que entra y sale de la atmósfera, en otros ingresa, se queman y pierde materia, y en otros ingresa y cae en la Tierra.

### **Actividad 5:**

La siguiente actividad se divide en dos partes.

#### **Primera parte**

#### **Fuego de colores**

Se procede a realizar la siguiente actividad, de forma introductoria para la clasificación de los meteoritos por su composición, haciendo la comparación con la espectroscopia para explicar cómo se componen los meteoritos.

**Precaución:** realizar esta actividad siempre con la presencia del profesor, o la manipulación de un adulto, no permita que los niños jueguen con fuego pues algunos materiales utilizados son altamente inflamables, la mala manipulación puede ocasionar accidentes.

Para esta actividad se necesita:

- Un salón oscuro
- Alcohol
- Encendedor o fósforos
- Sal de cocina (1)
- Ácido bórico (2)
- Esmalte de uñas o quita esmalte (3)

- Alambre de cobre (4)
- Tapas metálicas de gaseosa

Variación de materiales:

- Químicos (se indica en paréntesis el color de llama que arroja):
  - h. (1) Cloruro de estroncio (rojo)
  - i. (2) Carbonato de calcio (naranja)
  - j. (3) Cloruro de sodio (amarillo)
  - k. (3) Ácido bórico (verde)
  - l. (4) Cloruro de cobre (azul)
  - m. (5) Cloruro de potasio (purpura)
  - n. (6) Sulfato de magnesio (blanco)
- Un salón oscuro
- Alcohol
- Encendedor o fósforos

Desarrollo de la actividad:

5. Se colocan los componentes (1) al (4) (si se utilizan los químicos, del (1) a (6)), cada uno en una tapa de gaseosa, y se deja una tapa sin nada
6. Se le adiciona a cada tapa alcohol, excepto a la tapa del quitaesmalte (en caso de no utilizar esmalte)
7. Se apagan las luces del salón y se procede a encender cada una de las tapas
8. Se procede a dar la explicación, realizando la comparación con la espectroscopia, para explicar cómo se determina la composición de los meteoritos y así obtener sus porcentajes de composición.

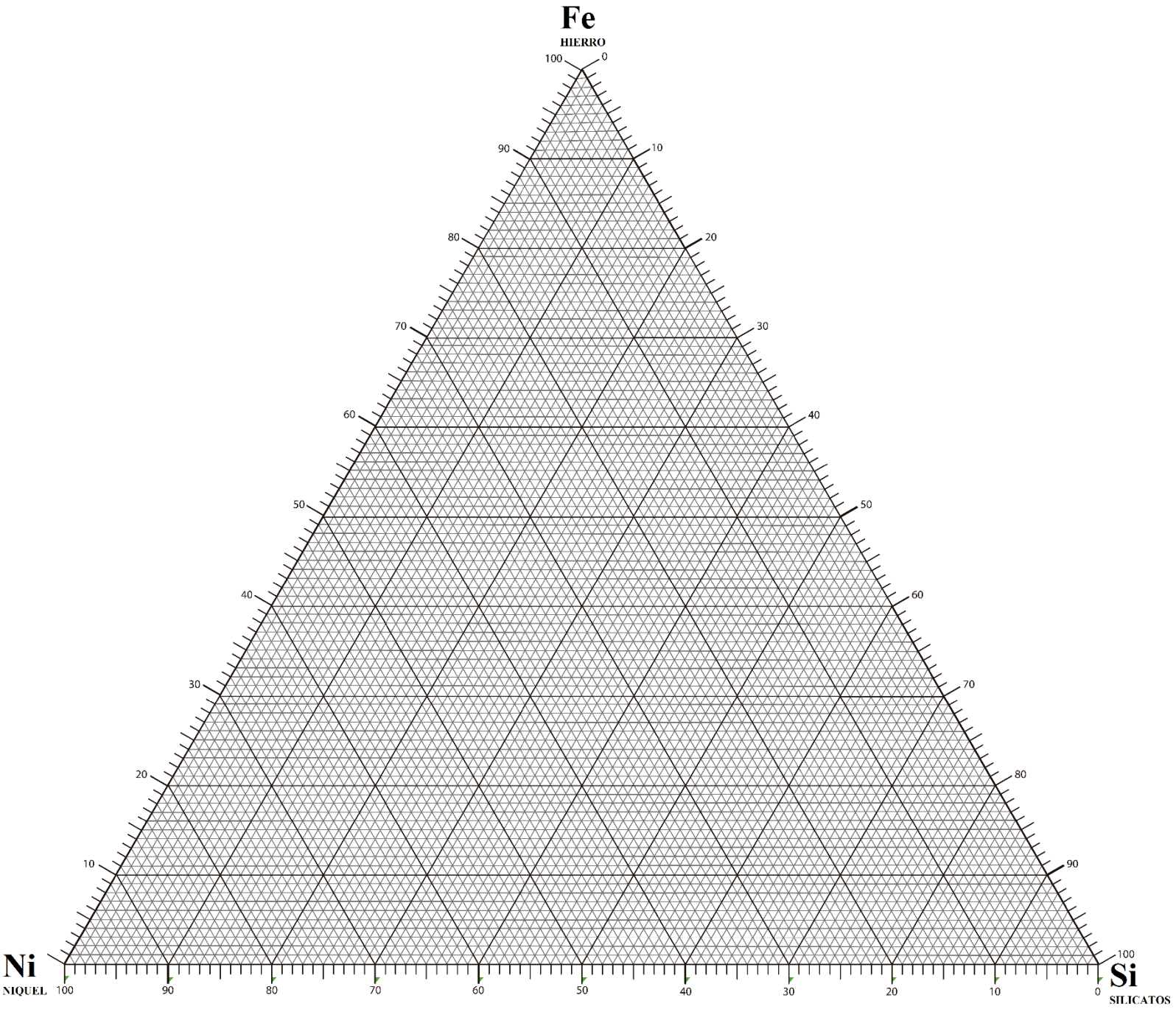
## **Segunda parte**

### **Clasificación de meteoritos**

Se procede a realizar la siguiente actividad que consiste en clasificar, en un diagrama de fase triangular, 10 de los meteoritos más importantes de Colombia y el mundo. Para esta actividad se procede primero a dar la explicación de cómo realizar la ubicación de puntos en el diagrama con base en el siguiente ejemplo. Primero se muestra el diagrama ternario completo con la métrica de incrementos que facilita la medida de los valores, sobre el cual se trabaja en la clasificación:

Nombres:

Fecha:



Para ubicar un compuesto en el diagrama es necesario saber los porcentajes de cada compuesto que conforman al que se va a analizar. Para las gráficas que se colocan como ejemplo se toma una muestra que contiene un 80% de A, 10% B y 10% C.

1. Primero se ubican los componentes en cada uno de los vértices:

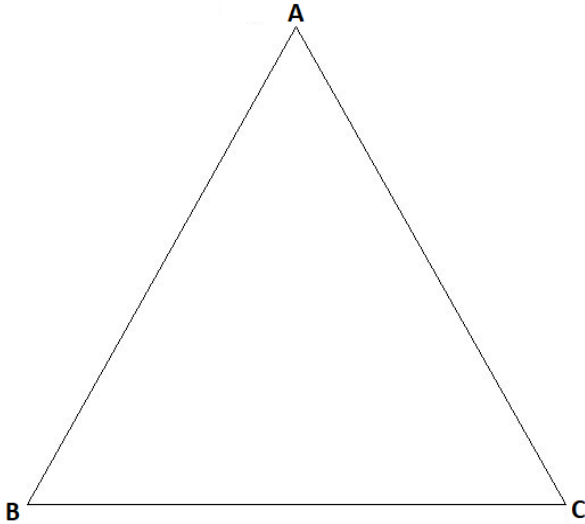


Figura 2

Luego se comienzan a ubicar los incrementos de cada uno de los componentes, siendo el vértice donde está ubicado el componente el 100% y disminuye de ahí para abajo, o en la dirección perpendicular de cada vértice.

2. Luego se ubica el 10% de B, para ubicar el primer punto

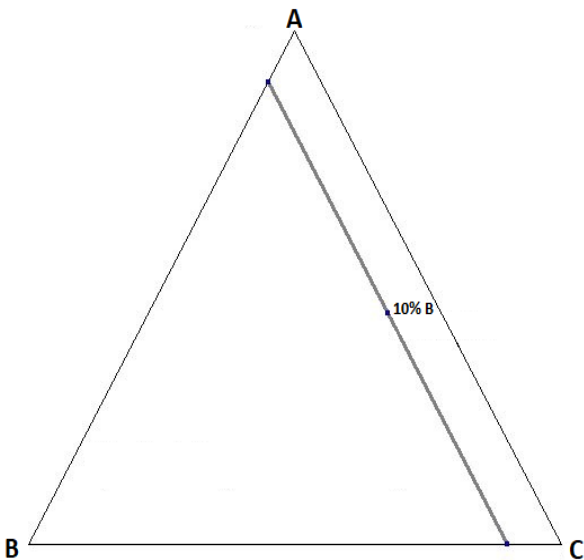


Figura 3

3. Luego se coloca la línea de C, también en el 10%, para ver el punto de intersección de estas dos.

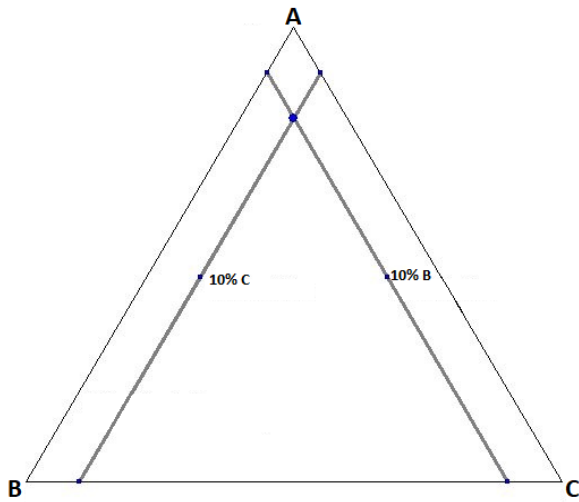


Figura 4

En ese punto se encuentra el compuesto a buscar, pues matemáticamente el punto buscado depende de solo 2 intersecciones para completar el 100%, aun así, se muestra la colocación de la tercera intersección que es el 80% de A.

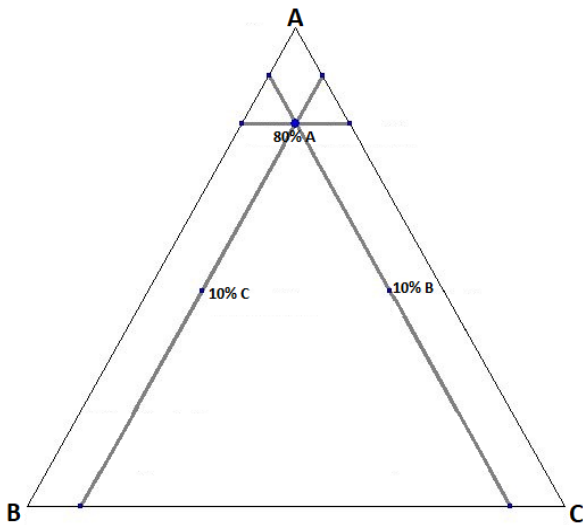


Figura 5

**Meteorito Cali**  
(Fe 13% Ni 9% Silicatos 78%)



**Meteorito Santa Rosa de Viterbo**  
(Fe 92% Ni 7%)



**Meteorito Hobba**  
(Fe 84% Ni 16%)



**Meteorito El Chaco**  
(Fe 100%)



**Meteorito Gancedo**  
(Fe 92% Ni 7% Silicatos 1%)



**Meteorito Ahnighito**  
(Fe 90% Ni 5% Silicatos 5%)



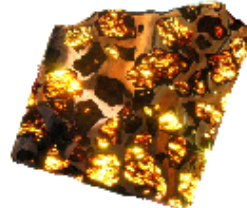
**Meteorito Marte**  
(Fe 5% Silicatos 95%)



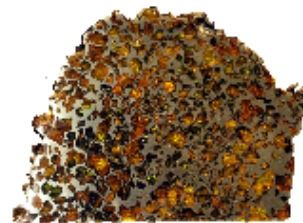
**Meteorito de Chelyabinks**  
(Fe 9% Silicatos 91%)



**Meteorito Fukang**  
(Fe Ni 50% Silicatos 50%)



**Meteorito Esquel**  
(Fe Ni 50% Silicatos 50%)



## Figura 6 METEORITOS CON PORCENTAJES DE COMPOSICIÓN PARA CLASIFICACIÓN

Una vez explicado el funcionamiento del diagrama se procede a realizar la actividad, para ello actividad se necesita:

- Diagrama ternario
- Meteoritos con el porcentaje de composición en cada uno
- Plastilina
- Palillos
- Pegante o cinta

Desarrollo del taller:

7. Se conforman grupos de estudiantes y se les entrega un paquete de materiales para cada grupo.
8. Se les pide a los estudiantes que con los palillos y los meteoritos armen una bandera para cada meteorito.
9. Una vez armada cada bandera, se procede a ubicar los porcentajes en el diagrama.
10. Una vez ubicado el punto del meteorito, se coloca un punto de plastilina sobre este.
11. Finalmente, sobre el punto de plastilina se ubica la bandera correspondiente a este punto.
12. Se repiten los pasos 3-5 para cada uno de los meteoritos, hasta ubicar los 10 en el diagrama.

Al finalizar el taller, cada grupo se reúne y registra lo observado, el vocero compartirá con la clase las conclusiones a las cuales llegaron.

Para concluir el trabajo de los talleres, se realiza una mesa redonda para que todos los niños participen y compartan lo que les gustó de éstos, lo nuevo que aprendieron y las dudas que se generaron, entre otros aspectos que se pueden dar en el transcurso de esta actividad.

### **Actividad 6: Pos-test**

Como actividad final de la unidad se realiza un pos-test para comprobar si el conocimiento fue transmitido a través de la unidad didáctica.

#### **POS-TEST**

13. ¿Qué crees que es un asteroide?
14. ¿Qué crees que es un cometa?
15. ¿Qué crees que es una lluvia de estrellas, y como se forma?
16. ¿Qué crees que es un meteoro?
17. ¿Qué crees que es un cráter, como se forma y donde los podemos encontrar?
18. Explica cómo se forman los meteoritos y que son
19. ¿Qué crees que es la espectroscopia?
20. ¿Por qué el fuego visto en la actividad se ve de colores?
21. Respecto a la imagen 1, señala de donde crees que vienen los asteroides y los cometas.
22. Respecto a la imagen 1, señala de donde crees que vienen los meteoritos
23. Vas caminando y observas dos objetos caer del cielo, uno es una roca lanzada desde un edificio y el otro es un meteorito:
  - a. Describe como verías caer los objetos
  - b. Observacionalmente, ¿cómo podrías diferenciar cual objeto es cuál?
- c. Tienes la opción de llevar los objetos a un laboratorio para analizarlos, ¿qué harías?
24. Imagina y plasma (en un escrito o en un dibujo con tu grupo) como evitarías que cayera un meteorito a la tierra



Imagen 1. <https://cdn.thinglink.me/api/image/836681665408401408/1240/10/scaletowidth>

RESPONDER LA ACTIVIDAD EN LA PARTE DE ATRÁS DE LA HOJA.

DE SER NECESARIO, ADJUNTAR UNA HOJA MAS.