



RESIGNIFICACION DEL CONOCIMIENTO MATEMÁTICO EN ESCENARIOS DE DIVULGACIÓN: EL USO DE LA PERIODICIDAD

Plácido Hernández Sánchez, Gabriela Buendía Abalos
placidohernan@gmail.com, buendiag@hotmail.com
Universidad Autónoma de Zacatecas, CICATA-IPN
Medio

Resumen

En este trabajo analizamos del uso del saber matemático fuera de la escuela y damos cuenta cómo un grupo humano específico construye conocimiento matemático al ponerlo a interactuar intencionalmente con un fenómeno de naturaleza periódica como el movimiento de los satélites de Júpiter. En particular, explicamos cómo se usa lo periódico, a través de sus diferentes formas y funcionamientos, en un escenario de educación no formal basándonos en una epistemología de prácticas para la periodicidad.

Palabras clave: *Uso del conocimiento, escenario de educación no formal, periodicidad, epistemología de prácticas, formas y funcionamientos.*

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace más de una década, los Estándares Nacionales de Educación Científica en Estados Unidos de Norteamérica han reconocido que los salones de clase son ambientes limitados y que los programas escolares de ciencia deben ser llevados más allá de las paredes de la escuela The National Research Council (NRC, 1996).

El Consejo Nacional de Ciencia de los Estados Unidos ha sugerido que las experiencias fuera del salón de clase apoyan y dan forma a los conocimientos científicos que los estudiantes traen al aula (NRC, 2007). La Asociación Nacional de Profesores de Ciencias ha reconocido la complementariedad entre la educación científica no formal y los escenarios escolarizados y reconoce que la educación científica no formal complementa, profundiza y mejora las clases de ciencia en la escuela The National Science Teacher Association (NSTA, 2001).

En los Estados Unidos, el Consejo Nacional de Investigación ha reforzado esta idea cuando sugiere que las escuelas no pueden actuar solas en el cumplimiento de los objetivos que recomiendan las reformas de la ciencia. El organismo subraya que el aprendizaje de la ciencia sucede en contextos no formales y que por lo tanto es importante entender cómo los escenarios de educación no formal podrían coadyuvar al cumplimiento de los objetivos recomendados por la reforma de la educación científica (NRC, 2009).

El estudio número dieciséis de la Comisión Internacional para la Enseñanza de las Matemáticas (ICMI Study 16) reconoce el aprendizaje de las matemáticas fuera de la escuela. El estudio plantea que la enseñanza por medio de desafíos puede incrementar el nivel de entendimiento y la atracción que el estudiante siente por las matemáticas y que ellos pueden ser planteados fuera de la escuela.

En cuanto a la enseñanza de las matemáticas en el nivel básico, The United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO, 2011) propone que es necesario que la educación escolar se apoye en las numerosas posibilidades de aprendizaje que hoy se ofrecen más allá de la escuela como los museos de ciencias entendidos en esta investigación como escenarios



de divulgación. Aquí el aprendizaje es voluntario, sin evaluación, sucede fuera de la escuela y no controlado.

A nivel mundial aumenta el interés de la matemática educativa por investigar el conocimiento matemático en escenarios de divulgación. Godot (2005) se pregunta sobre el papel de los materiales didácticos y sobre el aprendizaje en un escenario de divulgación. A partir de la teoría de las situaciones didácticas la investigadora pone en marcha una situación de investigación lúdica en el Palais de la Découverte y en un festival de la ciencia en Grenoble, Francia y concluye que su trabajo podría contribuir al desarrollo de situaciones de investigación lúdicas para ser puestas en marcha en la escuela y en un escenario de divulgación con el fin de complementar las propuestas actuales.

Por su parte Pelay (2011) sostiene que el juego podría ligar el placer y la actividad matemática. Para demostrarlo articula la teoría de las situaciones didácticas, la ingeniería didáctica y las recreaciones de las matemáticas y la física de Jaques Ozanam de 1694. El investigador desarrolla su investigación con niños de 6 a 17 años, en una estancia de vacaciones en Francia regida por la pedagogía del juego y encuentra que los niños adoptan placer al desarrollar estrategias y razonamientos matemáticas en los juegos propuestos. Esto apoya la tesis de que el juego es un motor de la devoción en una estancia de vacaciones. Este resultado podría dar pistas para robustecer la divulgación de las matemáticas.

En la socioepistemología hay interés por saber qué sucede con el conocimiento matemático en escenarios de divulgación. Los primeros trabajos que tratan de articular las socioepistemología y los escenarios de divulgación son los de (Hernández y Buendía, 2011 y 2012). Por su parte Zaldívar (2009) diseña un taller de divulgación en el área de modelación de una estabilidad de una ecuación diferencial. Mientras que Gómez (2009) plantea como objeto de estudio la difusión del conocimiento científico. Ambos plantean como marco teórico la socioepistemología.

2. MARCO TEÓRICO

Al cuestionarnos cómo analizar el papel del conocimiento matemático no escolar. Surge la necesidad de un marco de referencia que nos permita considerar no sólo la adquisición del objeto matemático. Es decir, cómo se construye, cómo se aprende, cómo se logra ese objeto. Consideramos necesario romper con la centración en el objeto matemático como única metáfora de aprendizaje escolar. En cambio proponemos enfocarnos en el carácter social de la matemática escolar. Proponemos considerar las epistemologías de naturaleza social propuestas bajo la perspectiva socioepistemológica en las que la matemática adquiere sentido y significación a partir no sólo de la matemática misma, sino de las prácticas en la que se involucra el ser humano al hacer matemáticas (Buendía y Cordero, 2005). Esto ha permitido poner al descubierto el por qué se hace lo que se hace con respecto al conocimiento matemático y el foco está en considerar las prácticas sociales epistemológicamente relacionadas con la generación de dicho objeto, de donde se deriva la importancia del uso del conocimiento (Cantoral y Farfán, 2003; Cordero, 2001).

Al cambiar la mirada del desarrollo de objetos matemáticos hacia el conocimiento en uso, podemos reconocer que aunque dicho objeto –una definición, una propiedad- no se conozca en toda su extensión y complejidad, sí se usa e irá adquiriendo y desarrollando diferentes formas y funcionamientos acorde a las situaciones particulares que el humano vaya enfrentando (Cordero, 2008; Cordero, Cen y Suárez, 2010; Buendía, 2012). De ahí entonces, la noción de uso



desarrollada bajo esta visión teórica nos puede permitir analizar el saber matemático –entendido ahora como un conocimiento en uso- en un escenario no escolar, por ejemplo en un ambiente híbrido de enseñanza, por ejemplo un museo de ciencias.

Para realizar esta investigación, nos centramos en el caso de los fenómenos y situaciones periódicas ya que la periodicidad es una propiedad que resulta familiar para cualquier individuo pues forma parte de su vida cotidiana y, en particular, es muy común en un escenario de divulgación (Pannekoek, 1961, Fayard, 2004). Así, nuestra pregunta de investigación se puntualiza en cómo se usa la periodicidad en un ambiente de divulgación.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Con un grupo de personas que trabajan en el Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología de Zacatecas (Zigzag) se propone realizar una observación respecto al comportamiento de Júpiter y sus lunas. El objetivo de la investigación es analizar los usos de lo periódico durante esta actividad; esto es dar cuenta de las formas y funcionamientos de la periodicidad que entran en juego durante la misma. Lo periódico se entiende como todo aquello que tiene que ver con el reconocimiento significativo de la periodicidad y no sólo con la estructuración lógica relativa a la aplicación o reconocimiento de una propiedad

A lo largo de la actividad hemos seleccionado episodios para explorar las diferentes formas y funcionamientos de lo periódico. Estos episodios los hemos caracterizado como un conjunto de sucesos conflictivos, identificables y con capacidad de ser aislados con fines de análisis Candela (1999). En cada uno podemos identificar actores, herramientas y argumentos y usos de lo periódico. Tenemos entonces que un episodio estará caracterizado por los actores involucrados, la actividad que están llevando a cabo, las herramientas (conocimientos matemáticos) y argumentos que están siendo puestos en juego y los usos situacionales que se le están dando a lo periódico.

Las formas y funcionamientos de lo periódico, esto es los usos de lo periódico, pueden ser identificados vía la observación participativa del investigador así como a través de entrevistas que profundicen en aspectos relevantes de los observados previamente.

En aras de un estudio profundo de los usos de lo periódico hemos decidido analizar únicamente dos episodios que hemos llamado ¿Quién es quién? y Seguimiento a monitores.

4. RESULTADOS

Episodio: ¿Quién es quién?

En esta etapa de la actividad se han capturado con una cámara fotográfica especial la imagen del planeta y sus satélites. La cámara está conectada a una computadora y a un telescopio elemental. Al enfocar el planeta con el telescopio, aparece en la pantalla de la computadora la imagen del astro joviano la cual es capturada y grabada en disco. Este proceso requiere de entrenamiento pues la imagen sólo permanece unos segundos en la pantalla dificultando su captura. El objetivo es lograr que la imagen permanezca en la pantalla el tiempo suficiente para capturarla, lo cual se logra redireccionando continuamente el telescopio hacia Júpiter hasta tomar la fotografía.

Participan Pedro que es físico, Iván estudiante de ingeniería química y Azucena estudiante de química en alimentos. Los dos primeros dirigieron la actividad en virtud de que tienen amplia experiencia en astronomía observacional y son los responsables de la sala de astronomía del



museo. También colaboró en esta actividad una guía que actualmente estudia periodismo. A los cuatro integrantes de este grupo les llamaremos *los expertos* por el dominio que tienen en astrofotografía. Ellos como los monitores actúan como público en un escenario de divulgación pues por primera vez se confrontan con la identificación de las cuatro lunas de Júpiter.

A medida que el número de observaciones aumenta, uno de los *expertos* –Pedro– se cuestiona acerca de qué es lo que está viendo: de los cuatro posibles satélites, ¿quién es quién? Esta pregunta pone de relieve al comportamiento periódico de los satélites como herramienta para su identificación. Este es un suceso conflictivo cuyo protagonista es el *experto* Pedro y marca este primer episodio.

Alejándose del trabajo con el resto de los expertos, Pedro simula con el software Stellarium que observa a Júpiter durante dieciocho noches a la misma hora y captura la imagen correspondiente a cada noche. Arregla las imágenes colocando la primera imagen en el primer renglón, la segunda imagen en el segundo renglón y así sucesivamente hasta distribuir las dieciocho imágenes en una columna, cuidando que los círculos más grandes que representan a Júpiter, queden alineados (Figura 1); el resto de los puntos son los satélites.

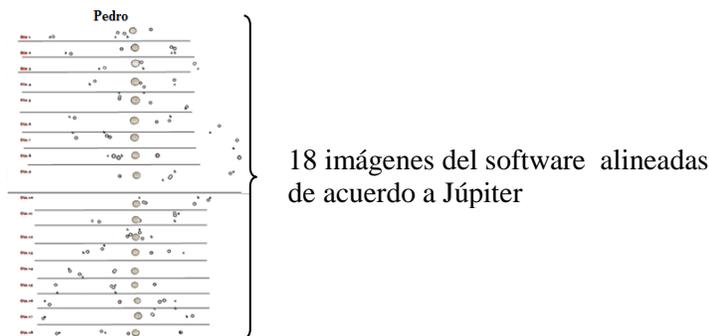


Figura 1. Alineando las imágenes.

El hecho de haber elegido 18 imágenes consideramos que es indicativo de una primera forma en la que aparece lo periódico: una unidad de análisis -un periodo- que le permite reflexionar sobre lo que está observando pues sus conocimientos en astronomía le indican que el periodo del satélite más alejado del planeta Júpiter es de un poco más de 17 días.

Una vez alineadas las imágenes, Pedro identifica un comportamiento periódico en el satélite más alejado, coloca un dedo sobre aquél y sigue su rastro hasta la última imagen (Figura 2).

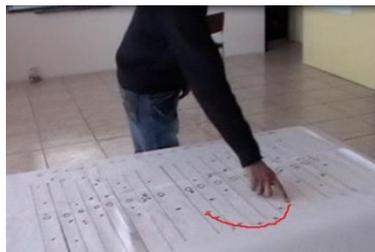


Figura 2. Reconociendo un comportamiento regular.

Con base en un comportamiento local, Pedro logra entonces detectar un comportamiento global. Esta dualidad local-global es una característica de la socioepistemología de lo periódico pues será

determinante para caracterizar un movimiento como periódico, todo con independencia de la definición formal de periodicidad Buendía (2010). Por medio de este comportamiento regular, la periodicidad le funcionará para identificar al satélite más alejado del planeta pues pareciera tratarse de la misma luna:

Entrevistador: ¿Y por qué tendría que tratarse de la misma luna?

Pedro: No, no, no, no tendría todavía, no tendría ninguna prueba, pero se me ocurrió que podría ser la misma porque era un avance muy suave, *parece ser la misma*; entonces viendo esto y siguiendo una curva más o menos del mismo estilo, aquí se encuentra otra. Con su dedo sigue el rastro de los puntos más alejados del planeta.

Entrevistador: ¿Es la misma?

Pedro: Eso es ya lo que se intenta probar. Pero esa es nada más la primera intuición... la primera intuición.

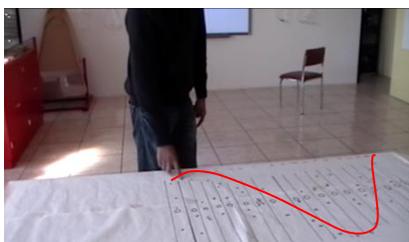


Figura 3. Identificando la luna más alejada.

La forma de lo periódico se manifiesta a través de la identificación de un patrón repetitivo (Figura 3), si bien hasta este momento es una visión meramente intuitiva como reconoce él. Menciona que “podría ser la misma”, “parece ser la misma”, “del mismo estilo”, este encadenamiento de afirmaciones culmina en la detección de una unidad de análisis cuando Pedro menciona “aquí se encuentra otra”.

Episodio: Seguimiento a monitores

En esta etapa de la actividad se propone pasar de la captura de imágenes a la construcción formal de una base de datos con las fotografías y dibujos del planeta; impera tener una base de datos confiable y completa y ante el cansancio de los observadores, se tuvo que incrementar el número de guías participantes. Se integra entonces un grupo de guías conformado por cinco estudiantes del último semestre de bachillerato a quienes se les entrena para atender visitas guiadas en la sala de astronomía y en astrofotografía (manejo del telescopio y de la cámara Charge Couple Device). A los integrantes de este grupo les llamaremos los *Monitores* y estarán continuamente en contacto y en colaboración con el grupo de expertos para la construcción total de la base de datos astrofotográfica.

Nuestro experto Pedro ha realizado un monólogo guiado por una entrevista y videograbado que le ha permitido identificar los satélites, estimar sus periodos y verificar la tercera ley de Kepler; el objetivo ahora es guiar a los monitores para que ellos realicen su propia reconstrucción del fenómeno. Pone en marcha una actividad guiada con la intención de que los monitores realicen su propia identificación de los satélites, realicen su propia estimación de los periodos, discutan la validez del sistema ptolemaico, calculen la masa y densidad del astro e infieran su posible composición química; realizar su propia reconstrucción les permitirá entender la fenomenología

que subyace al movimiento de los satélites de Júpiter que va más allá de la aceptación dogmática y memorística.

La observación diaria de los satélites de Júpiter ha generado un conjunto de fotografías donde se ve su posición diaria casi a la misma hora. Ante esto los monitores se percatan de que es difícil mantener en la memoria la posición de los satélites si se consideran las fotografías por separado pues durante una hora de observación no se detecta una variación significativa en la posición de los satélites pues pareciera que están inmóviles. El primer interés es identificar cada satélite y la idea es usar el comportamiento periódico para lograrlo.

Etiquetan entonces cada fotografía con el número del día en que fue tomada, se coloca una fotografía en cada renglón y se alinean de acuerdo a Júpiter. La experiencia obtenida durante la actividad les sugiere cierto comportamiento periódico de los satélites así que proponen que la cantidad de fotografías por considerar sea de 44 días para poder verificar las hipótesis sobre el comportamiento de los satélites. Vemos aquí que ante una propuesta de predicción, surge la búsqueda de una unidad de análisis que resulte significativa como herramienta predictiva: esto evidencia un funcionamiento de lo periódico motivado por la práctica de predicción.

Después de reproducir las fotografías a escala más amplia, Anay exclama: “Este satélite tiene un comportamiento regular”. Y señala con sus dedos la sucesión de posiciones del satélite más alejado como se muestra en la Figura 4.

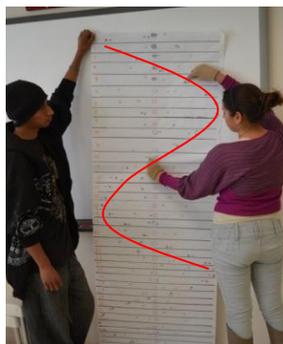


Figura 4. Anay nota que el satélite más alejado tiene un comportamiento regular.

Para identificar los satélites, Rubén propone *empezar por los que están más lejos*. Los participantes empiezan a señalar el rastro que sigue la luna más alejada y encuentran ciertos días - renglones en el registro- en los cuales no es fácil identificar esa luna: las cuatro se confunden, como en la Figura 5. Esos días son relevantes porque acaba de suceder un fenómeno especial: las lunas eclipsan y a los guías les permite inferir que las lunas están girando alrededor del planeta. Sin embargo, esta misma situación complica identificar a cada satélite.



Figura 5. Los monitores identificando el rastro de una luna.

Pedro les sugiere marcar las lunas con una etiqueta durante los días en que no existe este problema. Utilizan entonces las letras A, B, C, D y colores distintos para ir etiquetando, cuando sea posible, cada luna (ver Figura 6).



Figura 6. Distinguiendo los satélites.

Froylán fija su atención en uno de los satélites más alejados y con auxilio de una regla que tenía a la mano, mide la distancia de ese satélite A al centro del planeta. Es importante resaltar que aunque Froylán mide con una regla, la unidad de medida que se adopta en toda la actividad (éste y otros episodios) es el "cuadro": dado que trabajaban sobre un papel cuadrulado, el cuadro resulta su unidad de medida.

Guiado por el rastro, Froylán busca todos los lugares en donde el satélite repite esa posición, une entonces con una regla las dos posiciones: la que él eligió al principio con la posición final donde se repite la misma distancia al centro del planeta. Propone entonces (Figura 7) que entre el día 4 y el día 21 hay un ciclo.



Figura 7. Froylán señala que entre el día 4 y el día 21 hay un ciclo.

Froylán cuenta el número de días en que el satélite repite esa posición y estima un periodo de 17 días para el satélite etiquetado como A. Con este mismo procedimiento, el grupo realiza un análisis detallado del rastro dejado por los otros satélites, colocando además flechas para indicar la dirección de acercamiento o alejamiento del planeta (Figura 8). Esta forma de uso de lo periódico les funciona para identificar cada satélite y calcular su periodo.

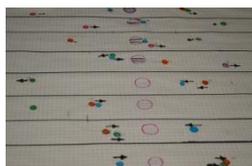


Figura 8. Las flechas indican si el satélite se aleja o se acerca al planeta.

Entre más cerca estén los satélites del planeta, el grado de dificultad para identificarlos y por tanto calcular su periodo aumenta, pero ya no importa la identificación puntual en esos casos, pues el procedimiento que elaboraron -a través de identificar la distancia máxima como punto relevante- evidencia el *cómo se repite* más allá del *se repite*. La periodicidad parece consolidarse como detonante para darle significado a cierto conocimiento institucionalizado pues estas formas de lo periódico les funcionan a los monitores para estimar el periodo de los satélites: ante una práctica intencional de predicción hay una identificación de una unidad de análisis -periodo- a través de la identificación de puntos significativos y acordes a la actividad realizada -distancia máxima- para posteriormente identificar cómo se repite dicho punto. Eso les permite salvar la dificultad puntual de lunas indistinguibles en un día y optar por una dualidad instante-todo útil y significativa.

Así, para la luna A estiman un periodo entre diecisiete y dieciocho días, para la luna B estiman un periodo entre siete y ocho días, para la luna C estiman un periodo de tres días y medio y para la luna D estiman un periodo de dos días.

5. COMENTARIOS FINALES

Este estudio aporta evidencia de cómo se usa la periodicidad en un escenario de divulgación. Para ello, se analizaron dos episodios que son parte de una actividad astronómica en la que se trabaja con Júpiter y sus satélites. El conocimiento científico institucionalizado nos dice que se trata de un fenómeno periódico; sin embargo, a lo largo de la actividad surgen momentos en que dicha propiedad se usa de diferentes formas y con diferentes funcionamientos, ante conflicto situacionales, resignificando así el conocimiento asociado como los periodos diferentes de cada satélite.

En ambos episodios están presentes los elementos de la socioepistemología de lo periódico que sustentan este trabajo de investigación: la predicción como una actividad intencional para el reconocimiento significativo de la propiedad periódica, la identificación de una unidad de análisis que resulte representativa, el uso del comportamiento de una curva o trayectoria como herramienta (Buendía, 2010).

Consideramos entonces que reconocer y analizar el uso del conocimiento matemático -en este caso, de lo periódico- nos permitirá explicar qué ocurre con el conocimiento matemático en un escenario de divulgación.

6. REFERENCIAS

- Buendía, G. y Cordero, F. (2005). Prediction and the periodic aspect as generators of knowledge in a social practice framework. A socioepistemological study. *Educational Studies in Mathematics*, 58 (3), 299-333
- Buendía, G. (2010). Articulando el saber matemático a través de prácticas sociales. El caso de lo periódico. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa. Número especial*, 13 (4-I), 11-28.
- Buendía, G. (2012). El uso de las gráficas cartesianas. Un estudio con profesores. *Educación Matemática*, 24 (2), 9-35.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós
- Cantoral, R. y Farfán, R. (2003). Matemática Educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 6(1), 27-40.
- Cordero, F. (2001). La distinción entre construcciones del cálculo. Una epistemología a través de la actividad humana. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 4(2), 103-128.
- Cordero, F. (2008). El uso de las gráficas en el discurso del cálculo escolar. Una visión socioepistemológica. En Cantoral, R., Covián, O.; Farfán, R.M., Lezama, J., Romo, A. (Eds.), *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: Un reporte Iberoamericano* (pp. 285-309). México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. A. C. y Díaz de Santos S.A.
- Cordero, F., Cen, C. y Suárez, L. (2010). Los funcionamientos y formas de las gráficas en los libros de texto: una práctica institucional en el Bachillerato. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 13(2), 187-214.
- Fayard, P. (2004). *La comunicación pública de la ciencia. Hacia la sociedad del conocimiento*. México: DGDC-UNAM.



- Godot, K. (2005). *Situations recherche et jeux mathématiques pour la formation et la vulgarisation. Exemple de La roue aux couleurs*. Doctoral dissertation, Université Joseph Fourier. Grenoble I.
- Gómez, K. (2009). *Los procesos de difusión del conocimiento matemático. Un estudio socioepistemológico*. Tesis de maestría no publicada. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. México.
- Hernández, P. y Buendía, G. (2011). Usos de la periodicidad en ambientes de divulgación, *XIII CIAEM IACME*, Brasil, 26-30 Junio.
- Hernández, P. y Buendía, G. (2012). Los usos del conocimiento matemático en un ambiente de divulgación: la periodicidad. En L. Sosa, E. Aparicio y F. Rodríguez (Eds.), *Memorias de la XV Escuela de Invierno en Matemática Educativa*. México: Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa A.C.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2007). *Ready, set, science!: Putting research to work in K-8 science classrooms*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2009). *Learning science in informal environments: People, places, and pursuits*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Science Teachers Association. (1998). NSTA position statement on informal National Science Teachers Association. (2001). An NSTA position statement on informal science education. In P. Katz (Ed.), *Community Connections for Science Education* (pp. ix-xi). Arlington, VA: NSTA Press.
- Pannekoek, A. (1961). *A history of astronomy*. NY, USA: Dover.
- Pelay, N. (2011). *Jeu et apprentissages mathématiques: élaboration du concept de contrat didactique et ludique en contexte d'animation scientifique*. Doctoral dissertation, Université Claude Bernard-Lyon I.
- UNESCO (2011). *Les défis de l'enseignement des mathématiques dans l'éducation de base*. Paris: UNESCO. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001917/191776F.pdf>
- Zaldívar, J. D. (2009). *Una caracterización de la función de un escenario de difusión de la ciencia desde una visión socioepistemológica. El caso de la resignificación de lo estable*. Tesis de maestría no publicada. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. México.