



Usos de la periodicidad en ambientes de divulgación

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

Resumen

Esta investigación muestra los avances para entender el uso de la periodicidad en ambientes de divulgación aprovechando el momento Hookiano del uso de la periodicidad en el siglo XVII, tratando de responder la pregunta ¿Cómo se usa la periodicidad en un ambiente de divulgación? Para lo cual proponemos usar la periodicidad de los satélites de Júpiter para resignificar el modelo geocéntrico del universo.

Palabras clave: momento hookiano, uso, ambiente de divulgación, resignificar.

Introducción

Aparte de científicos y convencidos, la palabra ciencia da miedo a la aplastante mayoría de los ciudadanos, ya que recuerda fracasos escolares de comprensión y manipulación de conceptos. Los programas de ciencia de la escuela, enfatizan la reproducción memorística de certezas. Y lo que ha logrado es un descenso general en las inscripciones a las carreras científicas. Como dijo Carl Sagan: Los niños nacen como científicos naturales, pero en preparatoria se desaniman y se vuelven indiferentes, algo terrible pasó entre el primero y doceavo grados. Esta investigación reconoce esa problemática y plantea una contribución a su solución.

Antecedentes y justificación

El Museo Interactivo e Itinerante de Matemáticas de Zacatecas (MIIMaZ) surge en 2003 y actualmente realiza actividades de divulgación de las matemáticas en Zacatecas. Cuando surgió, de inmediato captó el interés del Gobierno del estado de Zacatecas, quien a través del Consejo

Zacatecano de Ciencia Tecnología e Innovación emprende la creación del Zig•Zag Centro de Ciencias de Zacatecas.

Reconocemos estos escenarios como la fuente de nuestro problema de investigación, el cual ha brotado de las observaciones empíricas que desde el año 2003 hemos realizado al hacer divulgación de la ciencia, aunque en ese tiempo no se pensaba en realizar una tesis doctoral.

Ante la problemática de cómo interesar a públicos escolares por la matemática, desarrollamos una serie de prototipos y actividades científicas con el objetivo de poner en juego algunos conceptos matemáticos que en su momento nos parecía que podrían provocar interés en públicos de edades diversas.

Al revisar los comentarios del público en el libro de visitas del MIIMaZ, encontramos frases como “Es muy interesante”, “Es muy divertido, dinámico y entretenido”, “Muy bueno tener este tipo de diversión”, “Es la forma más divertida de aprender que las matemáticas rigen la naturaleza”, “Estimulante para todo visitante”, un Licenciado en Física comentó “La visita que realicé me dejó impresionado y mucho conocimiento, ... está muy interesante”. Al echar una mirada a los comentarios del público se nota un predominio de frases como “interesante”, “divertido” y “aprendizaje”. He aquí que siempre nos preguntábamos de los visitantes ¿Aprenden o sólo se divierten? Nos parece que este es el antecedente de esta investigación. Ya que, considerados los museos de ciencia como recintos de aprendizaje, tiene sentido la pregunta anterior, pero como mostraremos, las investigaciones en torno a los museos de ciencia han arrojado diferentes interpretaciones de lo que es al aprendizaje por esa razón nosotros planteamos la siguiente pregunta: ¿Cómo se usa la periodicidad en ambientes de divulgación? Y la razón es que nuestra experiencia en museos de ciencia nos indica que la periodicidad es uno de los conceptos a los que se les da especial énfasis durante los eventos de divulgación de la astronomía, tema que provoca un interés natural en el público. Y el uso tiene que ver con la construcción social del conocimiento matemático.

Los museos de ciencia y tecnología como escenarios de divulgación

No podemos hacer alusión a los Museos de Ciencia y Centros de Ciencia y Tecnología sin ligarlos a la noción de divulgación. Así pues, para hablar de estos emblemáticos monumentos de vidrio y cemento generalmente dotados de péndulos de Foucault y de salas interactivas en las que batallones de escolares corren de una exhibición a otra, desentrañaremos la noción de divulgación y la ligaremos con los Museos de Ciencia.

Carl Sagan

Aunque no da una definición puntual del concepto de divulgación, en uno de sus últimos libros *Un punto azul pálido*, considera que Lucrecio fue el primer divulgador de la ciencia, y que su obra más importante *De la Naturaleza* si bien no es un libro de divulgación, contiene aspectos explicativos que caben dentro de la noción de divulgación actual Calvo (2003).

Es importante hablar de Lucrecio en cuanto a las raíces de la noción de divulgación pues él pretendía rescatar al ser humano de las cadenas de la esclavitud del temor a la nada infinita, al destino implacable y a los dioses vengativos e imprevisibles. De la misma manera, la divulgación científica actual tiene propósitos análogos, liberar al ser humano del miedo a lo desconocido, a lo incomprensible y a lo extraño y misterioso.

Pasaron más de mil años para que surgiera otro divulgador notable, Aureolus Philippus Teophrastus Bombasto de Hoheinheim llamado Paracelso (1493-1541), discípulo del médico

Tritemio, de quien se separa por no estar de acuerdo con sus prácticas de magia y nigromancia. Reconocemos características de divulgador en Paracelso pues se volvió al pueblo y les explicó la medicina en su propia lengua cotidiana Calvo (2003).

Desplazándonos en la línea de tiempo encontramos a Bernard Le Bouvier de Fontenelle (1657-1757), uno de los hombres que ponen su gloria en destruir todos los errores populares. En Fontanelle notamos rasgos de la noción de divulgación científica. Este rasgo se hace aun más notorio en la traducción de (Marcel Roche, citado en Calvo 2003) donde menciona que quiso hablar de la ciencia en una forma que no fuera científica. Tratando de llevarla a un punto en que no fuera demasiado árida para la gente común, ni demasiado superficial para los sabios.

Nos parece que en Lucrecio, Paracelso y Fontenelle se encuentran rasgos de la noción de divulgación que pretendemos emplear. En esta investigación la noción de divulgación que adoptaremos es la de (Pascuali, 1979, citado en Calvo (2003)): quien la define como el envío de mensajes elaborados mediante la transcodificación de lenguajes crípticos a lenguajes omnicomprendibles, a la totalidad del universo perceptor disponible.

En cuanto a la noción de alfabetización científica (Hodson, 2008) considera que un ciudadano alfabetizado científicamente entiende los conceptos básicos de la ciencia, la naturaleza de la ciencia, la ética que subyace en el trabajo de los científicos, las interrelaciones ciencia-sociedad, las interrelaciones ciencia-humanidades y las diferencias entre ciencia y tecnología. Y esta noción es importante porque es el núcleo de los museos de ciencia.

Evolución de los museos de ciencia

Según Fayard (2004) en 1936, cuando aparece por primera vez en Francia el perfil profesional del *investigador profesional de tiempo completo* con la creación del CNRS (Centro Nacional para la Investigación Científica) en París, se creó al mismo tiempo el Palais de la Découverte por los mismos científicos que crearon el CNRS (Jean Perrin y su equipo). Hasta 1936, en Francia los científicos además de investigar, debían enseñar, pero a partir de entonces, los científicos pertenecientes al CNRS ya no están obligados a enseñar. Este cambio en las tareas de los científicos originó la creación del Palais de la Découverte, entonces concebido como una universidad popular para los habitantes de París, donde la comunicación pública de la ciencia se hace por medio de exposiciones. Nos parece que implícitamente se reconoce al Palais de la Découverte como un escenario de divulgación científica.

En 1974 se realizó en Francia una elección tecnocrática para establecer un amplio programa nucleoelectrónico civil sin debate público ni en el congreso. En resumen, ¡los que estaban a favor del gobierno estaban a favor del programa y los que estaban en contra del gobierno estaban en contra del programa! No había manera de que los ciudadanos fueran informados científicamente proporcionándoles elementos para dar su punto de vista respecto al programa. Para resolver este problema el llamado *movimiento de acción cultural* de la Comunicación Pública de la Ciencia y la Tecnología propone la creación de nuevos centros de ciencia: los centros culturales, científicos y técnicos. A finales del siglo XX, las ciudades europeas iniciaron la construcción de nuevos centros de ciencia o renovaron los museos ya existentes. De esta manera queda amarrada la idea de que los Museos de Ciencia sean lugares donde se haga comunicación científica de la ciencia, es decir que los Museos de Ciencia sean considerados escenarios de divulgación de la ciencia.

A partir del lanzamiento del *Sputnik* en 1957 por la Unión Soviética, Estados Unidos

reconoce la importancia de la enseñanza de la ciencia y la tecnología y se origina un boom en los Museos de Ciencias. Particularmente, los Museos de Niños dan un gran salto implementando ambientes lúdicos para el aprendizaje a través de exhibiciones interactivas (Weihsin, 1998), su objetivo: familiarizar a la gente con la Ciencia y la Tecnología. (Oppenheimer, 1968). Así nace el Museo de los Niños de Brooklin, El Museo de los Niños de Boston y el Exploratorium de San Francisco.

La idea cruza las fronteras llegando a México. Y entre 1970 a 1993 se crean el Museo Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad en la ciudad de México, el Planetario Alfa en Monterrey, Universum, el museo de las ciencias y Papalote, el museo del niño. En la actualidad estos recintos culturales se han extendido por toda la república mexicana (Ibarra, 2006).

El caso de Zacatecas es muy interesante ya que según (Esparza, 1979) el Instituto de Ciencias es creado con la visión francesa de una universidad popular para los zacatecanos. Así nacen a partir de 1732 El Observatorio Astronómico-Meteorológico de Zacatecas, El museo de la Botica, El Gabinete de Historia Natural, El Observatorio Astronómico de ingeniería, y en 1970 rescatando los Gabinetes Científicos en desuso, abre sus puertas El Museo de Ciencias. Es interesante notar la forma en que evolucionaron estos museos, pues nacen como escuela, se desarrollan siendo generadores de conocimiento científico y las presiones sociales hacen que caigan en desuso, algunos cierran o fungen como escenarios de divulgación.

He aquí las raíces de dos escenarios de divulgación diseñados ex profeso: el Museo Interactivo e Itinerante de Matemáticas de Zacatecas y el El Zig•Zag Centro de Ciencias de Zacatecas.

Se desprende del análisis anterior que conviene para los propósitos de esta investigación considerar a los Museos de Ciencia como escenarios de divulgación. Más aún estamos de acuerdo con (Hartz y Chappel, 2001) quienes afirman que “Los museos son centros de alfabetización científica, que contribuyen a educar científicamente a la ciudadanía”. Nos parece que la conclusión a la que arriban los investigadores es razonable en el sentido que hay muchas evidencias que sugieren que más de la mitad de lo que se aprende sobre ciencia, y de lo que se aprende sobre cualquier cosa, proviene de fuentes externas a la escuela.

La construcción social del conocimiento matemático: por qué hablar de usos del conocimiento matemático

Hablar de usos del conocimiento matemático implica dar importancia a las diversas formas y funcionamientos que surgen cuando los grupos sociales emplean el conocimiento matemático. Así, cuando los profesores ponen en marcha actividades para que sus alumnos utilicen el conocimiento matemático por ejemplo las gráficas, notamos que las posibles formas de uso de los miembros del grupo investigado pueden ser muchas. Si durante la actividad los estudiantes son cuestionado frente a la gráfica, vemos que surge un gran abanico de respuestas que reflejan diferentes usos, pero afirmamos que no hay la mejor respuesta, simplemente cada respuesta refleja una forma y un funcionamiento diferente del uso de la gráfica.

Entonces, el profesorado no puede evaluar de manera tradicional esta pregunta. Más bien, habría que reconocer que las gráficas se usan de diferente manera, pues durante la actividad emergen diferentes formas y diferentes funcionamientos es decir, diferentes usos. Esta idea se potencia más en la historia pues no tiene sentido evaluar como en la escuela el empleo de una

determinada noción matemática. De la misma manera extendemos la reflexión a escenarios no escolares donde se emplea conocimiento matemático.

Pero, ¿Por qué es importante para el profesor saber cómo usan el conocimiento sus alumnos? La respuesta es que ese conocimiento permitiría a los profesores reconocer que sus estudiantes aprenden no necesariamente lo que ellos les enseñan, pues cuando los estudiantes exploran, usan el conocimiento de diferentes maneras, muchas de ellas distintas a las abordadas en clase y por lo tanto distintas a la de las del propio profesor.

Por lo tanto, cuando se plantean preguntas a los alumnos, quien las plantea no sabe con precisión lo que están viendo los alumnos, sin embargo, una vez que los profesores reconocen que el conocimiento matemático posee diferentes usos, lo que resta es diseñar las preguntas sensiblemente adecuadas que favorezcan estos usos y así favorecer la resignificación del conocimiento matemático.

Una vez identificadas las formas F_i y los funcionamientos f_i para cada uso U_i ; los profesores decidirían el tipo de usos U_i que se quiere favorecer para lo cual aplicarían las preguntas P_i de acuerdo al uso U_i . De aquí se desprende un contraste entre la forma de intervenir de los profesores que ponen de relieve los usos del conocimiento respecto de la escuela actual. Mientras que la escuela se conforma con verificar que los alumnos saben memorísticamente al algoritmo de la división, por ejemplo; los profesores que son sensibles a los usos del conocimiento matemático tendrían que entender qué tipo de actividades poner en marcha, qué tipo de preguntas plantear de manera que favorezcan diferentes usos del conocimiento matemático y que por tanto ese conocimiento matemático sea mucho más significativo para los alumnos.

Trasladando esta reflexión a un escenario de divulgación –un espacio de aprendizaje no formal- parece que la noción de alfabetización científica queda a la medida, pues estamos hablando de un conocimiento que a los visitantes les resulta útil y significativo, es decir, funcional; por tanto en estos escenarios nos es más útil explorar los usos del conocimiento científico que permitan diseñar preguntas que favorezcan una resignificación del conocimiento científico.

La discusión anterior refleja que los usos del conocimiento matemático están estrechamente ligados a una concepción de la construcción del mismo. En un escenario escolar no se puede negar la importancia de que los estudiantes demuestren y apliquen la definición propiedad periódica $f(x) = f(x + p), p > 0, x \in D(f)$, donde D es el dominio de la función, sin embargo, Buendía (2006) en muchos de sus trabajos ha evidenciado que esto no basta para decir que aquellos entienden la propiedad periódica.

Trasladada esta idea a un escenario de divulgación la idea de que los guías demuestren y apliquen la propiedad periódica ni siquiera cabe aquí, pues no sería congruente con la noción de divulgación que hemos aceptado. El solo hecho de imaginar que se le habla al visitante de $f(x) = f(x + p), p > 0, x \in D(f)$, el cual es un mensaje codificado ya no cumpliría con la noción de divulgación adoptada en esta investigación Calvo (2004); ni siquiera pensar en que demuestre o aplique el mensaje codificado, no tendría sentido en un escenario de divulgación. De aquí se desprende que la noción de uso del conocimiento científico, en particular el uso de la periodicidad sea más útil para cumplir el objetivo de esta investigación pues considera los aspectos sociales del conocimiento científico.

Cuando se transfieren estas ideas a un escenario de divulgación científica no queda otra opción más que aceptar que el conocimiento científico posee una componente social, de donde la noción de uso es la que encaja a la medida, por todo lo anterior parece razonable tratar de entender cómo se usa la periodicidad de los satélites de Júpiter en un escenario de divulgación para resignificar el sistema geocéntrico del universo. De aquí es natural declarar como marco teórico de nuestra investigación el marco socioepistemológico.

Problemática de estudio y pregunta de investigación

La imagen pública de las ciencias remite a su enseñanza. Esta última, tal como se practica mayoritariamente en las escuelas, tiene poco que ver con la formación de un espíritu científico. La práctica recurrente es el aprendizaje mecánico de fórmulas que aseguren una buena calificación.

Aunado a lo anterior está el temor. Estamos de acuerdo en que, aparte de científicos y convencidos, la palabra ciencia da miedo a la aplastante mayoría de los ciudadanos no porque les recuerde Hiroshima y Nagasaki, Chernobyl y recientemente Fukushima; o porque les aterren los experimentos del “Ángel de la muerte” Joseph Mengele; o que les espante ser tocados por “El rayo de la muerte” de Tesla o convertirse en objeto de los experimentos de Frankenstein; sino porque les recuerda fracasos escolares de comprensión y manipulación de nociones y conceptos.

Está claro que, la enseñanza de las ciencias funciona más como un factor de selección de los buenos y exclusión de los malos. Luego eslóganes como “la ciencia es divertida, creativa y al alcance de todos”, terminan sonando a mentiras Fayard (2004) pues se puede comprobar que la imagen pública de las ciencias, tal y como se construye en la escuela, no provoca el interés espontáneo del ciudadano común quien prefiere acercarse al nigromante para saber su futuro.

Y esto es natural, ya que, los programas de ciencia que tenemos que “tragarnos” en la escuela, enfatizan más la reproducción memorística de certezas que sus usos. El rigor se transforma en un dogma que demasiado a menudo resulta en una serie de recetas que intentan plasmar una imagen en el espejo de la realidad que a lo más es una imagen distorsionada y tenue.

Los síntomas de la ruptura entre los que generan el saber y el público ya se hacen notar. Por ejemplo, (Hartz y Chappell, 2001) afirman que “Hoy día, 40% de los estadounidenses de octavo grado (segundo de secundaria) carecen de las más elementales habilidades en matemáticas”, lo cual no es exclusivo de este país. Por ejemplo, en el examen Pisa (2009) aplicado por la OCDE; México ocupó el lugar 48 entre 65 países. Muchos estadounidenses adultos y algunos estudiantes universitarios zacatecanos no saben que el movimiento de la tierra alrededor del sol dura un año, muchos de ellos dicen que dura un día. Esto demuestra cierta carencia de alfabetización científica de la ciudadanía.

Por otro lado, cada vez se nota más un significativo descenso general en las inscripciones a las carreras científicas. Como dijo Carl Sagan: “Los niños nacen como científicos naturales, preguntando cuestiones muy profundas. En preparatoria se desaniman y se vuelven indiferentes. Algo terrible ha pasado entre el primero y doceavo grados. Creo que los maestros y los padres desalientan a los niños para que hagan preguntas profundas. Lo más importante que podemos hacer es impulsar su curiosidad y su imaginación mientras desarrollamos su sensibilidad crítica.”

Algunas explicaciones al problema de las vocaciones científicas, sugieren que frecuentemente los maestros transmiten al niño su propio miedo e incertidumbre sobre la ciencia. Algunos científicos están de acuerdo con Sagan y sugieren dos razones por las que las personas

no llegan a ser científicos: los padres y los maestros. Unos más afirman que las escuelas han hecho un trabajo increíblemente pobre con respecto a la educación científica. Y la explicación que proponen es que pocos maestros de ciencias son excelentes.

De aquí que frases como: “El deprimente estado de la educación científica genera un deprimente estado de la comprensión general” o “El desmantelamiento del sistema de educación pública ha reducido a nada la enseñanza de las ciencias”, nos parece que reflejan la existencia de una problemática en torno a la enseñanza de las ciencias, que ha evolucionado por más de cincuenta años y que hoy se traduce en una pobre comprensión de la ciencia por los ciudadanos.

(Hartz y Chappell, 2001) sugieren que este problema empieza en la escuela. Como evidenciaron la NSF¹, la Fundación Rockefeller y la Corporación Carnegie: En Estados Unidos muchos profesores de matemáticas y ciencias han tenido muy poco entrenamiento en matemáticas y en ciencia. Particularmente los estudiantes de los grados elementales y medios. En 1993 menos del 4% de los maestros de matemáticas y ciencia de los grados elementales se especializaron en matemáticas o en enseñanza de las ciencias. Sólo 11% de los maestros de matemáticas del grado medio y 21 % de los maestros en ciencia se especializaron en sus áreas de enseñanza. Cerca de la cuarta parte de los maestros de preparatoria carecen de entrenamiento profesional en sus temas básicos; cerca del 40% de los maestros de matemáticas no están totalmente calificados para su tarea.

Otros problemas que los investigadores antes citados ponen sobre la mesa de discusión es que en los Estados Unidos, más de cuarenta estados permiten a los distritos emplear a maestros que no cubren los requisitos básicos, que muchos estados ponen mayor atención a la calificación de los veterinarios que tratan a los perros y a los gatos estadounidenses; que a la de quienes están educando a los niños y jóvenes de la nación; que dos análisis que se hicieron en el año 1997 arrojaron que los temas educativos en los noticieros locales constituyeron el 1.7% y el 2% respectivamente. Que en Estados Unidos tratan de superarse los problemas con cantidad en vez de calidad. Que los estudiantes estadounidenses dan sólo un vistazo a muchos tópicos, pero logran poca profundidad, además, el año escolar en los Estados Unidos es más corto respecto a otros países. Esto no nos parece lejano a lo que pasa en México.

Una alternativa mundial que hace intentos por contribuir a la alfabetización científica de la ciudadanía son los Museos de Ciencia, cuya evolución conduce a que en 1974 Canadá y Estados Unidos propongan que lo primordial en un Museo sea el aprendizaje. Así, muchos investigadores emprenden una serie trabajos con el objetivo de analizar la naturaleza del aprendizaje y el impacto a largo plazo de las visitas en los Museos y Centros de Ciencia. De manera que tratando de alcanzar este objetivo y reconocida la importancia de los museos en la enseñanza de las ciencias, estos investigadores se han planteado las siguientes preguntas: ¿Hasta qué punto se logran los objetivos de aprendizaje previstos en las visitas escolares a un Museo de Ciencias? ¿En qué medida el cambio de contexto influye en el aprendizaje de los estudiantes? ¿Qué características debe cumplir una enseñanza de las ciencias eficaz en un Museo de Ciencias?

Problemática sobre las investigaciones en torno al aprendizaje en los Museos de Ciencias

Después de revisar algunas investigaciones en torno al aprendizaje en Museos de Ciencias notamos un objetivo común en ellas: investigar qué y cómo aprenden los visitantes en los

¹ National Science Foundation

Museos de Ciencias (Lucas et al., 1986; Feher y Rice, 1992; Tuckey, 1992; Gilbert y Priest, 1997; Griffin y Symington, 1997; Tal et al., 2005; Talisayon et al., 1998; Lucas, 2000; Anderson et al., 2000 y 2003; Henriksen y Jorde, 2001, citados en Guisasola, 2007). De aquí emerge una problemática particular alrededor de las investigaciones en Museos de Ciencias:

Los métodos de recolección de datos usados para investigar el aprendizaje formal no son apropiados para investigar el aprendizaje en ambientes no formales (Beetlestone et al., 1998; Orion et al., 1997).

No es común encontrar estudios acumulativos y de alto impacto. Y las razones son que la visita a un centro de ciencias es una experiencia única para cada visitante, el contexto no debiera ser modificado durante la toma de datos y algunos resultados del aprendizaje cognitivo pueden ocurrir a largo plazo.

Estamos de acuerdo con (Falk y Dierking, 1992, citado en Guisasola, 2007) quienes afirman que: “Muchas investigaciones en los museos de ciencias han padecido de una mala interpretación del aprendizaje, concebido más como la adquisición de nuevas ideas, hechos o información, que como la consolidación y lento desarrollo de las ideas e información ya existente”

Así concluimos que: es difícil medir un aprendizaje cognitivo, afectivo y psicomotriz como resultado de la visita a un centro de ciencias. Y es posible entender el aprendizaje que se da en los Museos de Ciencias a la luz de muchas nociones de lo que es el aprendizaje.

En un escenario de divulgación, la noción de Alfabetización Científica es más apropiada para lo que estamos buscando, es decir, estaríamos hablando de un conocimiento matemático que a la persona le resulte útil y significativo.

Ya se intentó una reflexión no superficial sobre los usos, y se dijo que en un escenario de divulgación no tiene sentido la idea de que los visitantes entienden una noción si saben demostrarla o aplicarla como en la escuela, pues no existe sanción ni evaluación sobre la integración rigurosa de los conocimientos. Por eso la noción de usos se antoja más natural en esta investigación. Esta noción hace más énfasis en los aspectos sociales del conocimiento matemático. De allí que podamos plantear nuestra pregunta de investigación de la siguiente manera: ¿Cómo se usa la periodicidad en ambientes de divulgación?

Breve estado del arte con relación a los elementos constitutivos del objeto de estudio

El propósito de este trabajo de revisión bibliográfica es examinar el debate actual sobre el rol educativo que tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias. A continuación nos centraremos en las investigaciones realizadas en los museos interactivos de ciencias que es la categoría de Museos de Ciencia mayoritaria en el ámbito internacional. Estas investigaciones incluyen aprendizaje de las ciencias en contextos no formales, diferentes enfoques de aprendizaje, análisis de visitas escolares a museos y diferentes propuestas para mejorar el aprendizaje en Museos de Ciencias. Las investigaciones abordadas quedan resumidas en la tabla 1:

Tabla 1.
Investigaciones sobre el aprendizaje en Museos de Ciencias

Artículo	Objetivo	Metodología	Conclusiones	Implicaciones didácticas
Anderson et al., 2000 y 2003	Aprendizaje según el modelo del «constructivismo humano»	Mapas conceptuales y entrevistas (estudio de casos)	Los errores conceptuales disminuyeron	Esta visión une el conocimiento previo del alumnado con las experiencias del museo y con las actividades complementarias
Henriksen y Jorde, 2001	Qué aprenden	Análisis de informes	La visita aumenta la motivación intrínseca del alumnado	Aumenta el aprendizaje, pero los estudiantes con fuertes preconcepciones no llegan a comprender los nuevos conceptos
Salmi, 2003	Beneficios de la visita en el ámbito afectivo y actitudinal (motivación)	Cuestionarios pre y post visita	La visita aumenta la motivación intrínseca del alumnado	Se necesitan programas bien diseñados, que influyan más en la calidad que en la cantidad del aprendizaje conseguido
Cox-Petersen et al., 2003	Satisfacción obtenida en la visita	Observación directa y grabaciones	Alumnao y profesorado valoran muy positivamente la visita	Aspectos a mejorar: visitas menos estructuradas, investigación individual y reflexión grupal en la visita
Pedretti, 2004	Contribución de las exhibiciones «basadas en ideas» a la comprensión del fenómeno.	Entrevistas, cuestionarios y grabaciones	Aprendizaje significativo que incluía conceptos, procedimientos y aspectos de CTSA	Nuevas exhibiciones «basadas en ideas/tema» en contraposición a los módulos tradicionales «basados en fenómenos».
Falcao et al., 2004	Potencial educativo de una exhibición con un enfoque basado en modelos.	Cuestionarios pre y post visita	Los modelos utilizados por el alumnao fueron modificados en su mayoría	Los «enfoques de modelos» son también útiles para evaluar el aprendizaje conseguido tras la visita
Lemelin y Benzce, 2004	Evolución pedagógica de los guías del museo	Estudio de casos, con entrevistas y observación	No se relacionaban demasiados contenidos del taller con los del currículo escolar	Cooperación entre personal del museo y los maestros/as para ayudarles a diseñar pequeñas investigaciones que hagan el aprendizaje efectivo

Usos

Hasta ahora las exploraciones en torno a los “usos del conocimiento” que ha realizado la disciplina de la matemática educativa son pocas. Esta investigación ha analizado algunos trabajos que modelan los “usos del conocimiento”. A saber: el trabajo de Cordero y Flores (2007), donde se devela el constructo “usos del conocimiento”; la exploración de Cordero, Cen y Suarez (2009) quienes plantean un estudio relativo a los funcionamientos y las formas de las gráficas en el nivel bachillerato y la investigación de Cabañas (2010) de donde tomaremos la noción de uso que emplearemos en esta investigación. En el primer trabajo es digno de notar una exhortación hacia la construcción de modelos del “uso del conocimiento”. Aquí los citados investigadores plantean que:

Un análisis de estos textos (los libros de texto del nivel básico donde realizan su investigación) centrado en el concepto de función exigiría concluir que las gráficas son abordadas, desde ciertos grados del nivel básico, como una representación del concepto de función. Sin embargo, el concepto de función no existe en el currículo sino hasta la educación secundaria. La centración en tal concepto crea necesariamente secuencias insoslayables que en el mejor de los casos hacen que emerja el concepto, en consecuencia se oscurecen los significados situacionales manifestados según el uso del conocimiento Cordero y Flores (2007).

Así, la propuesta es favorecer que emerjan los significados situacionales alrededor de los usos del conocimiento. Y una manera de lograr este favorecimiento es plantear exploraciones que pongan en primer plano el desarrollo de los usos del conocimiento. El esquema resume este planteamiento.

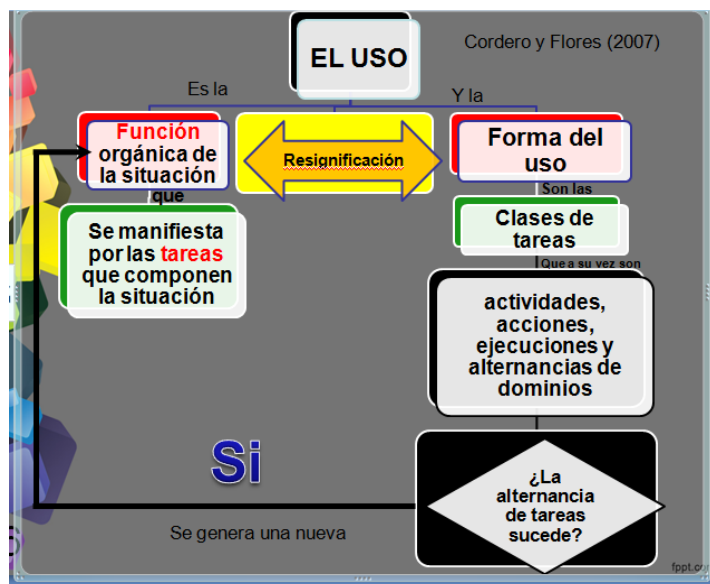


Figura 1. Los funcionamientos y formas del uso

Según (Cabañas, 2010) los usos son “...las formas en que es empleada o adoptada determinada noción en un contexto específico”. Y es la que adoptaremos en esta tesis. Y las formas en que es adoptada determinada noción son:

1. Una noción puede ser adoptada en el contexto de una situación de aprendizaje a fin de precisar otro marco de referencia en la resignificación del conocimiento matemático (nivel conceptual).
2. O en la formulación de explicaciones sobre los conceptos matemáticos en el discurso matemático escolar.
3. O bien en la reconstrucción de conocimiento matemático por los estudiantes, a nivel de una experiencia de aula o bien en los tres momentos.

Caracterización epistemológica de los usos de la periodicidad

Buendía (2010) considera que en la historia se pueden identificar tres momentos de uso de la periodicidad y que están enmarcados paradigmáticamente en tres siglos.

Momento 1: La periodicidad como una propiedad compartida y generalizable.

Momento 2: La periodicidad como propiedad de las funciones trigonométricas,

$$\text{sen}(2\pi + z) = +\text{sen } z, \quad \text{cos}(2\pi \pm \varphi) = \text{cos } \varphi.$$

Momento 3. La periodicidad y sus variaciones.

En el momento 1 al que llamaremos momento Hookiano del uso de la periodicidad notamos algo que capta nuestro interés: “Para cumplir la tarea encomendada por la Real Sociedad Científica de Inglaterra Hooke debe partir de algo que todo mundo vea”, a él no le importa si el espectador lo entiende, no le importa si matemáticamente es descriptible, lo importante para Hooke es que se vea y una vez que se ve, lo abstrae y lo aplica a todos sus artefactos. Este momento es importante en esta investigación ya que nos interesa usar algo que se

puede “ver”, la periodicidad de los satélites de Júpiter.

El primer momento de uso o momento Hookiano

Ligamos el momento 1 con la noción de uso adoptada y evidenciamos en las figura 2 los usos de Hooke de la periodicidad (Gal, 2004; Hooke, 1971).

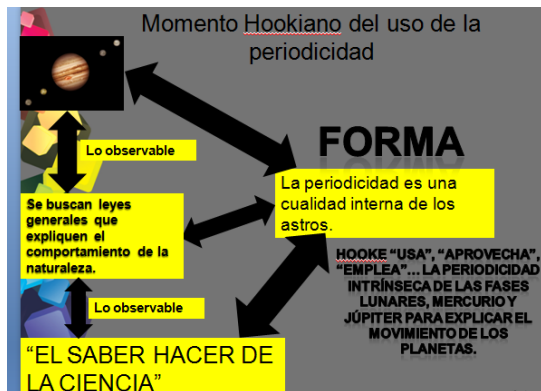


Figura 2. Hooke usa la periodicidad de los astros para explicar el movimiento de los planetas

Ahora ya podemos plantear nuestra Hipótesis de la investigación: El primer momento de uso, ¿es el que vive en escenarios de divulgación? Y para responder esta pregunta usaremos la periodicidad de los satélites de Júpiter para resignificar el modelo geocéntrico del universo.

Aspectos metodológicos

Para abordar nuestro problema planteamos el siguiente esquema metodológico:

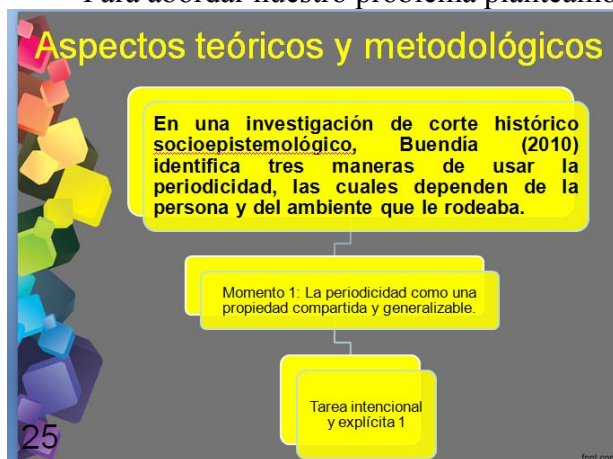


Figura 3. Esquema metodológico de la investigación

Referencias y bibliografía

- Biro, S. (2007). Miradas desde afuera: Investigación sobre divulgación. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM.
- Buendía, G. (2006). Una socioepistemología del aspecto periódico de las funciones, Revista Latinoamericana de Matemática Educativa (9), 229-230

- Buendía, G. (2010). The use of periodicity through history. Elements for a social epistemology of mathematical knowledge. Enviado para su publicación a Proceedings of the 6th European Summer University-History and Epistemology in Mathematics Education.
- Cabañas, G. (2011). El papel de la noción de conservación del área en la resignificación de la integral definida. Un estudio socioepistemológico (Tesis inédita dedoctorado). Cinvestav-IPN, México, D.F.
- Calvo, M. (2003) Divulgación y Periodismo Científico: entre la claridad y la exactitud. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM
- Cordero, F. y Flores R. (2007). El uso de las gráficas en el discurso matemático escolar. Un estudio socioepistemológico en el nivel básico a través de los libros de texto. En R. Farfán (Ed.) Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa 10, 7-38. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Esparza, C. (1979). José Arbol y Bonilla, Un Científico Zacatecano, México, Centro de Investigaciones Históricas de la UAZ, Anuario de Historia, Vol. 2, Editorial Jus.
- Estrada, L. (2003). La divulgación de la ciencia: ¿educación, apostolado o...?. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM.
- Fayard, P. (2004). La comunicación pública de la ciencia. Hacia la comunicación pública de la ciencia. . Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM.
- Gal, O. (2002). Meanest foundations and nobler superstructures : Hooke, Newton and the "compounding of the celestiall motions of the planetts". Boston : Kluwer Academic Publishers.
- Guisasola, Jenaro y Morentin (2007), ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones. Enseñanza de las ciencias, 25(3).
- Hartz, J. y Chappell, R. (2001). Mundos Separados. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM.
- Hernández, F. (1992). Evolución del concepto de museo. Revista General de Información y Documentación, 2 (1), 85-97. Madrid: Edit. Complutense.
- Hodson, D. (2008). Towards Scientific Literacy. A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science. Canadá. Sense Publishers.
- Ibarra, M. (2006). *La renovación de papalote museo del niño. Una experiencia museológica*. Tesis de maestría no publicada. Universidad Iberoamericana, México.
- Oppenheimer, F. (1968). Rationale For A Science Museum. The Museum Journal, 1(1), pp. 206-209
- Paine, N. (1992), Where and when children's museums began. Curator: The Museum Journal, 35.
- Weihsin, H. (1998). A History of Children's Museums in the United States, 1899-1997: Implications for Art Education and Museum Education in Art Museums. Tesis de doctorado no publicada, Graduate School, Ohio State University