I CEMACYC
I Congreso de Educación Matemática de América Central y El Caribe
6 al 8 noviembre. 2013
i.cemacyc.org Santo Domingo, República Dominicana

Los usos del conocimiento matemático fuera de la escuela

Plácido **Hernández** Sánchez
Unidad Académica de Matemáticas, Universidad Autónoma de Zacatecas
México
placidohernan@gmail.com
Gabriela **Buendía** Ábalos
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional
México
buendiag@hotmail.com

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; funcionamientos.

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. Los programas diseñados apropiadamente debieran romper con las fronteras del aula. Más aún, los estándares sugieren que los museos y centros de ciencia, considerados ambientes de enseñanza no formal, pueden contribuir en gran medida al entendimiento de la ciencia estimulando el interés de los alumnos más allá de la escuela. En suma, los estándares sugieren que todo lo que rodea a la escuela puede ser usado como un laboratorio vivencial para estudiar los fenómenos de la naturaleza The National Research Council (NRC)1996.

Cada vez aumenta el número de profesores en servicio interesados en reforzar sus programas educativos por medio de los escenarios de educación no formal. Los que dirigen la política educativa cada vez se interesan más por los escenarios de educación no formal. En países desarrollados como los Estados Unidos existen organismos interesados en la complementariedad de la educación formal y no formal.

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, suplementa, profundiza y mejora las clases de ciencia en la escuela The National Science Teacher Asociation (NSTA) 2001.

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).

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura reconoce que la complementariedad entre la educación formal y no formal es un desafío para la educación en general y para la educación matemática en particular. 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 educación no formal, escenarios de divulgación o ambientes híbridos de enseñanza.

El décimo sexto estudio de la Comisión Internacional para la Enseñanza de las Matemáticas (ICMI Study 16) también 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 estos desafíos pueden ser planteados dentro y fuera de la escuela, por ejemplo en los museos de ciencias (Barbeau & Taylor, 2009).

Dentro y fuera de la escuela, la ciencia tiene propósitos sociales específicos que buscan hacerla funcional poniendo en relieve sus significados y usos sociales. Un ciudadano no es un consumidor pasivo de ciencia y el conocimiento científico no es recibido impersonalmente como producto de la experiencia desencarnada; más bien se incorpora orgánicamente en los humanos, con intereses reales, que viven en un mundo real. Por lo tanto, la manera en que el humano percibe el conocimiento científico no sólo se relaciona con el entendimiento del contenido formal del conocimiento científico y los métodos y procesos de la ciencia, sino que también tiene relación con la manera en cómo se usan estos procesos para resolver problemas (Laugksch, 2000). Esto centra nuestro interés no en cómo aprende un ciudadano, sino en cómo usa su conocimiento científico.

La problemática

A partir del reconocimiento del potencial educativo de los escenarios de divulgación o ambientes híbridos de enseñanza, se ha emprendido una búsqueda para entender qué ocurre con el aprendizaje en esos escenarios.

Ahora bien, para poder indagar qué ocurre con el aprendizaje fuera de la escuela ha sido necesario fijar una postura respecto a la noción de aprendizaje y exhibir herramientas para medirlo. Esto genera una problemática peculiar pues en primer lugar revela que el aprendizaje en los museos de ciencia ha sido difícil de definir y de medir (Cox-Petersen, Marsh, Kisiel, Melber, 2003). Quizás esto explique la escasa existencia de estudios sobre el aprendizaje en museos a nivel mundial y en particular en museos de Latinoamérica. Briseño y Anderson (2012) sugieren que los museos no contemplan recursos destinados a la investigación y que los pocos estudios que existen no son apreciados.

Otro factor que ha contribuido a la escasez actual de estudios sobre el aprendizaje en escenarios de educación no formal es la negación de la existencia del aprendizaje en museos de ciencia. Roqueplo (1983) aseveró que no es posible establecer condiciones para el aprendizaje en un escenario de divulgación y Trigueros y Sánchez (1996) estuvieron convencidos de que los escenarios de divulgación eran para que el público disfrutara de la ciencia y que no habían sido diseñados para que la gente aprendiera. Pensaban ellos: es posible que se aprenda, pero su fin no es tal.

Ligado a la escasez de investigaciones en ambientes no formales y a la creencia de la inexistencia del aprendizaje en esos escenarios, está el carácter polisémico de la noción de aprendizaje. A nivel mundial se han asociado múltiples significados al aprendizaje en función del marco teórico desde el que se mire sea en escenarios de educación formal como no formal e informal. Estas visiones polisémicas del aprendizaje han permeado desde principios de los ochentas las investigaciones que se hacen en los sistemas educativos no formales.

Por ejemplo, a mitad de los noventas el aprendizaje se liga con las experiencias cognitivas, afectivas y sociales durante la visita al museo. Se mide el aprendizaje afectivo en función del interés provocado por el placer asociado a la visita. Sin embargo los investigadores reconocen las dificultades para medir las variables relativas a lo afectivo. Más aún, sostenemos que el rol de la componente afectiva en el aprendizaje en un escenario de educación no formal aun es un área de estudio muy imprecisa, consecuencia natural de la carencia de evidencia sobre lo que sucede con el aprendizaje afectivo en un escenario de educación no formal basado en estudios científicos rigurosos.

Como en la escuela, en un escenario de educación no formal, los marcos teóricos mundiales han entendido el aprendizaje como un cambio cognitivo. Sin embargo, no es la única dimensión a considerar. Falk (1983) sostiene que las dimensiones sociales, actitudinales y psicomotoras revisten un alto grado de importancia en los escenarios de educación no formal, sin embargo siempre han sido difíciles de medir. También Guisasola y Morentín (2007) aseveran que en un museo de ciencias es difícil medir un aprendizaje cognitivo, afectivo y psicomotriz.

El marco teórico

Buscando entonces cómo analizar el papel del conocimiento matemático no escolar, requerimos un marco de referencia que nos permita considerar no sólo la adquisición del objeto matemático, esto es 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 y a 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.

La socioepistemología se caracteriza por proponer epistemologías de prácticas (Buendía y Cordero, 2005). Es decir, rinde cuentas del ejercicio de las prácticas que anteceden a la generación de conceptos. Explica cómo se construye, adquiere y difunde el saber matemático basándose en prácticas sociales, entendidas no como lo que hacen en sí los grupos humanos, sino como aquello que les hace hacer lo que hacen (Covian, 2005). De aquí se deriva la importancia de indagar acerca del uso del conocimiento matemático en la escuela, en el trabajo o en la ciudad pues mientras los marcos teóricos dominantes han explicado el conocimiento matemático en el sentido de si el estudiante lo aprende y si el profesor lo enseña, no hay datos específicos de cómo se usa el conocimiento matemático (Buendía, 2012).

En particular hoy no hay datos concretos sobre cómo se usa el conocimiento matemático en escenarios híbridos de enseñanza. Reconocer cómo se usa el conocimiento matemático en un escenario ya sea de educación formal o no formal robustece las explicaciones que se dan alrededor de la construcción de los objetos matemáticos. Se considera además del objeto matemático mismo los aspectos propios de la actividad humana. Se considera al humano usando y haciendo matemáticas y no solo su producción final.

Los marcos teóricos mundiales explican cómo se construye el conocimiento matemático en el aula, qué es lo que hace un estudiante con el conocimiento en el sentido de si lo aprende, si el profesor lo enseña. Esto ha permeado a las investigaciones en museos de ciencia. Se sabe de una incipiente existencia de investigaciones sobre el aprendizaje en museos con marcos teóricos socioculturales.

Más aun, no sabemos cómo se usa el conocimiento matemático. No se sabe cómo usan el conocimiento matemático los niños y las niñas. No se sabe cómo usan el conocimiento matemático los estudiantes. No se sabe cómo usan el conocimiento matemático los profesionistas. No se sabe cómo usan el conocimiento matemático los ciudadanos. No hay datos sobre cómo se usa el conocimiento matemático en un ambiente híbrido de enseñanza.

En un ambiente híbrido de enseñanza pareciera que no tiene sentido la idea de que los ciudadanos entiendan las nociones matemática como en la escuela o si saben demostrarlas o aplicarlas, pues no existe sanción ni evaluación sobre la integración rigurosa de los conocimientos o sobre la construcción de los mismos (Briseño, 2013; Guisasola y Morentín, 2007).

Ante ello, el interés de esta investigación es analizar cómo un grupo particular de ciudadanos -los guías[1]- usan el conocimiento matemático en un escenario de divulgación. Esto nos sitúa en una línea de investigación en la que se busca reconocer el carácter social de la matemática en el sentido de reconocer en el hacer del individuo –y no sólo su producción matemática final- el referente para explicar la construcción del conocimiento matemático.

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. Así, la investigación se enfoca en ver cómo se usa la periodicidad en un ambiente de divulgación.

Usos, funcionamientos y formas

En la búsqueda para encontrar respuestas a por qué el humano ha hecho lo que ha hecho cuando construye conocimiento matemático (función normativa de la práctica social), Buendía (2011a) propone buscar los diferentes funcionamientos y formas de la periodicidad para tratar con situaciones, fenómenos, movimientos u objetos matemáticos periódicos. Por forma entenderemos la apariencia perceptible de lo periódico y de sus elementos constituyentes: por ejemplo, si se presenta a través de una igualdad de funciones en general, o de alguna función en particular (como el seno), si el periodo se señala como el periodo fundamental o no, etc. Por funcionamiento, se entenderá el para qué le sirve a los sujetos lo periódico, de qué manera les está funcionando en una situación específica. Esta investigación da cuenta de cómo se usa la periodicidad en un ambiente híbrido de enseñanza evidenciando los diferentes funcionamientos y formas de lo periódico cuando un grupo de trabajadores de un museo de ciencias se confrontan ante el fenómeno periódico del movimiento de los satélites de Júpiter.

Metodología

Proponemos una actividad con un grupo personas que trabajan en el Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología de Zacatecas (Zigzag). El objetivo de la actividad es analizar las formas y funcionamientos de lo periódico que se manifiestan cuando este grupo de individuos interactúan durante la observación -intencionalmente propuesta- de Júpiter y de cuatro de sus satélites.

El grupo de individuos con los que se trabajó consta de un núcleo básico -los llamados Expertos- que son personas con experiencia en astronomía observacional y trabajan en el museo como responsables de la sala de astronomía. Una de sus actividades básicas es seleccionar y capacitar a los guías en el manejo de las exhibiciones que constituyen la sala de astronomía así como para poner en marcha los talleres científicos. El resto del grupo experimental son guías del museo que

[1] Los guías de los museos de ciencias coadyuvan a una correcta interacción entre los visitantes y las exhibiciones.

se irán integrando; son estudiantes de diversos niveles educativos que voluntariamente asisten al museo para formarse como tal.

La actividad general consta de un estudio prospectivo astrofotográfico de las lunas de Júpiter, la colecta de datos que captura fotográficamente a Júpiter con sus lunas y finalmente la interacción entre los participantes y la base de datos para obtener un conjunto de datos completo y confiable.

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. En cada uno podemos identificar formas y funcionamientos 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.

En este escrito, consideramos solamente un episodio que llamaremos ¿Quién es quién? cuyo protagonista es uno de los expertos, este episodio ocurre en el seno de la primera parte de la actividad general. Evidenciaremos los funcionamientos y formas que se manifiestan cuando el experto identifica el satélite más alejado del planeta Joviano.

Resultados

Episodio antecedente: ¿Quién es quién?

Para Pedro, como el experto que guía toda la actividad, resulta imprescindible distinguir a los satélites en las astrofotografías. Alejándose del trabajo con el resto de los expertos, simula con el software Stellarium[2] 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.

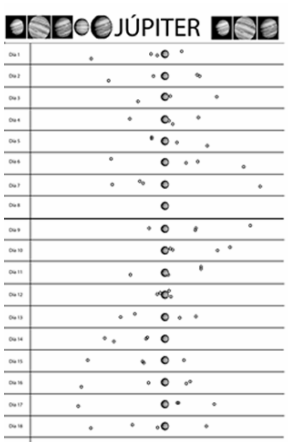

Figura 1. Dieciocho imágenes del software alineadas de acuerdo a Júpiter

Con el conjunto de imágenes organizado Pedro realiza una proyección de las fotografías de los satélites de Júpiter por medio de un cañón empleando como pantalla papel cuadriculado a escala y separa con líneas horizontales cada fotografía tomada consecutivamente durante 18 noches. El

[2] Un software que simula en tiempo real la cinemática de los cuerpos celestes.

objetivo es realizar un análisis autoreflexivo sobre el comportamiento de los satélites.

Análisis epistemológico: Sostenemos que desde este momento empiezan a emerger formas y funcionamientos de lo periódico en un ambiente de divulgación. Cuando propone arreglar 18 fotografías el experto está identificando a priori una unidad de análisis. Sus conocimientos en astronomía le indican que el periodo del satélite más alejado del planeta Júpiter es de un poco más de 17 días, el punto para el experto es que con las fotografías ¿cómo obtener los periodos de cada satélite?

Para empezar a develar en detalle las formas y funcionamientos de lo periódico que emergen alrededor de la unidad de análisis, el investigador de manera intencional plantea una serie de preguntas que le permitan visualizar el origen de la idea de organizar las fotografías una tras otra. A continuación mostramos algunos extractos de la entrevista.

Entrevistador: Ahora platíqueme cómo se le ocurrió esta secuencia. ¿De dónde sacó que había que colocar las imágenes una tras otra?

Pedro: Pues intentaba hacer una especie de …(pausa)… de proyección en el tiempo para ver cómo cambiaba la configuración de las lunas de un día para otro …(pausa)… entonces …(pausa)… primero pensé en hacer un video, sacar las fotos y pasarlas como video [mueve su mano izquierda simulando el paso continuo de las fotografías] pero no tenía las herramientas en la computadora para hacerlo …(pausa)… entonces otra forma de visualizarlo era poner una detrás de la otra y al estar haciendo …(pausa)… separando los dibujos se me ocurrió que podría haber uno debajo del otro [simula con la mano que coloca una fotografía debajo de la otra] así de esta forma se puede ver y pasar la vista rápidamente [coloca su dedo sobre el papel con los dibujos y rápidamente lo desliza sobre cada una de las fotografías simulando un vistazo rápido sobre el papel] lo primero que se me ocurrió pues fue un golpe de vista …(pausa)…

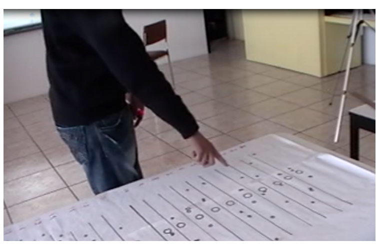

Figura 2. El experto desliza su dedo por todo el papel simulando un vistazo rápido de las fotografías.

El experto percibe un comportamiento repetitivo

Pedro: …(pausa)… ver qué pasaba (segmento inaudible) ser yo el que se moviera y que no fueran los dibujos. Así podía ver este, este, este …(pausa)… [y señala los satélites empezando con el más alejado del planeta en la fotografía del día 1].

Pedro: Y cuando lo hice ya me di cuenta de algunas cosas muy interesantes como esta curva.

Figura 3. El experto detectando un comportamiento global en base a un comportamiento local.

Análisis epistemológico: La forma de uso de lo periódico se manifiesta cuando el experto detecta mediante un golpe de vista un comportamiento regular en el objeto por encima de la definición rigurosa de periodicidad. Este es un momento importante en la epistemología que estamos construyendo pues muestra que la práctica antecede al concepto.

Aunque en este primer momento de su auto reflexión la forma de uso se manifiesta cuando el experto desliza su dedo en un trozo de la curva, es decir, manifiesta una visión local. No obstante pareciera que hay una visión global en el experto pues lo que realmente detecta es una unidad de análisis, es decir la curva completa.

La manera en que señala con su dedo al satélite más alejado pareciera indicar que con la distribución propuesta para el acomodo de fotografías detecta un patrón regular de comportamiento del satélite. Es decir, sin hacer referencia a la definición de periodicidad, el individuo realiza un acto propio de la actividad humana, percibe y despliega con sus sentidos un comportamiento regular que califica al satélite más alejado del planeta.

Por otro lado, hasta este momento no hay un argumento riguroso más allá de los sentidos que indique que se trata del mismo satélite, él reconoce que es un golpe de vista, es un golpe intuitivo que activa el aspecto afectivo – el interés- que lo impulsará a un análisis exhaustivo de este comportamiento hasta identificar el satélites y calcular su periodo, he allí el primer funcionamiento.

Pareciera que esta forma posee un funcionamiento específico cuando dice:

Pedro: La curva de allí ya me dio la idea de que esta podría tratarse de la misma luna.

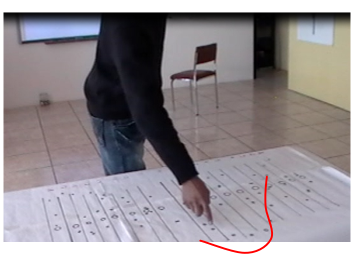

Figura 4. El comportamiento regular le funciona al experto para identificar intuitivamente el primer satélite.

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.

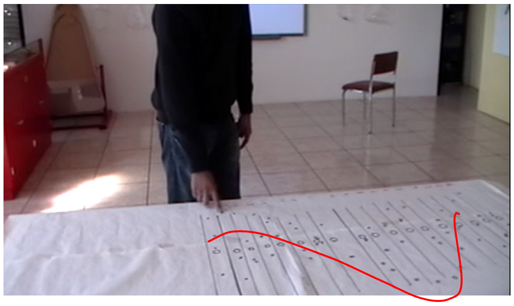

Figura 5. Identificando la luna más alejada.

Entrevistador: ¿Es la misma?

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

Análisis epistemológico: La forma de uso de lo periódico se manifiesta a través de la identificación de un patrón repetitivo. Si bien hasta este momento es una visión meramente intuitiva como reconoce él, sostenemos que es una forma de uso de lo periódico. 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 el experto menciona “aquí se encuentra otra”. Una vez identificada la unidad de análisis busca su repetición. Esta forma de uso le funciona al experto para una identificación primitiva -intuitiva- del satélite más alejado del planeta.

Hacia un análisis menos sensorial

Pedro: Entonces ya lo que se me ocurre para empezar a clasificar es ver su distancia, el máximo alejamiento al que ella pueda tener a partir de Júpiter. Entonces veo aquí un alejamiento que es de los máximos. Y señala el alejamiento a partir de Júpiter al satélite.

Figura 6. Estimando el alejamiento máximo

Análisis epistemológico: Una vez que el experto detecta un comportamiento regular del satélite más alejado del planeta, realiza un análisis local. La curva que representa el comportamiento regular del satélite presenta ciertos máximos, la forma de uso de lo periódico ha evolucionado pues implica poner en juego las nociones de medición y estimación para proponer en qué punto podría la curva tener sus máximos. Las fotografías han sido tomadas cada día, lo que lleva a una estimación burda del máximo alejamiento, sin embargo esta forma de uso sigue funcionando para clasificar los puntos que se encuentran rodeando al planeta. Surge un momento importante en cuanto a la unidad de análisis cuando Pedro reflexiona:

Pedro: (Segmento inaudible) pero en el día dieciocho.

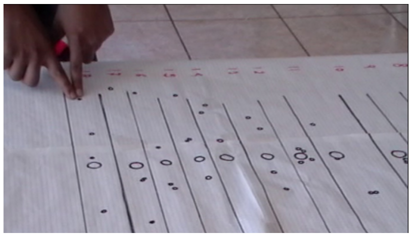

Figura 7. Identificando una unidad de análisis

Entrevistador: ¿Y por qué en el día 18?

Pedro: Hasta ese día tomamos su frecuencia.

Entrevistador: ¿Pero por qué justamente el día 18?

Pedro: Bueno, nos detuvimos hasta allí porque fueron los días que observó Galileo.

Entrevistador: ¡Ah! Entonces usted está haciendo referencia al texto de Galileo.

Pedro: ¡Sí!

Identifica la unidad de análisis

Entrevistador: ¿Podríamos dar alguna razón de este día dieciocho sin recurrir a Galileo en base a ese comportamiento que acaba de sugerir?

Pedro: …(Pausa)…[Se mueve pensativo de un lado a otro de la mesa donde yace la secuencia de fotografías].

Pedro: ¡Mmmh! Lo puedo dar pero ya sería en base al resultado. Se queda meditando momentáneamente.

Pedro: Lo podemos hacer haciendo un análisis de menos días y dándonos cuenta de que es insuficiente para sacar algunos periodos. Señala el rango comprendido entre el día uno y el día siete.

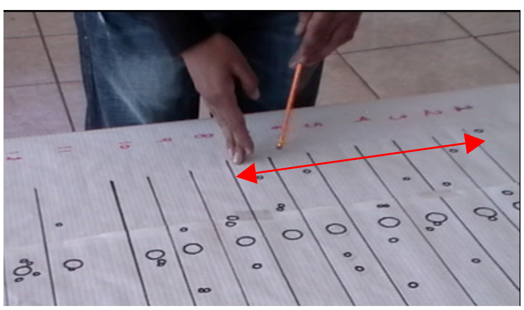

Figura 8. Buscando una unidad de análisis mínima.

Pedro: Entonces lo alargamos un poco, y nos damos cuenta de que el día 17 o 18, eso es suficiente para sacar los periodos de todas las lunas.

Entrevistador: ¿Y por qué es suficiente?

Pedro: Porque ya aparecen todos los periodos. Y señala el dibujo completo.

Entrevistador: ¡No entiendo!

Pedro: ¡Mmmh!

Entrevistador: ¿Cómo que aparecen todos los periodos?

Pedro: Si, ya es posible calcularlos todos.

Entrevistador: ¿Pero por qué ya es posible calcularlos todos?

Pedro: ¡No!, ¡No!, ¡No! por eso digo hasta ahorita no tengo una razón. Más bien es el trabajo que ya hemos hecho. Sin (segmento inaudible) referirse a Galileo. Si lo hacemos con diez días y no es suficiente aún, lo hacemos con catorce y no es suficiente todavía.

Entrevistador: Pero, ¿Hay alguna razón de fondo? Intuitiva, no importa.

Pedro: ¡Mmmh! Se queda meditando… Se aleja del dibujo y vuelve a observar.

Pedro: ¿Intuitiva? Yo creo que si lo hubiéramos hecho, tendríamos que haberlo hecho por más días. Veintitrés, veinticuatro, para ver …(pausa)… para que fueran más evidentes los patrones.

Entrevistador: ¿Y qué patrón buscaríamos?

Pedro: Esta curva. Y señala la sucesión de puntos que forma la curva.

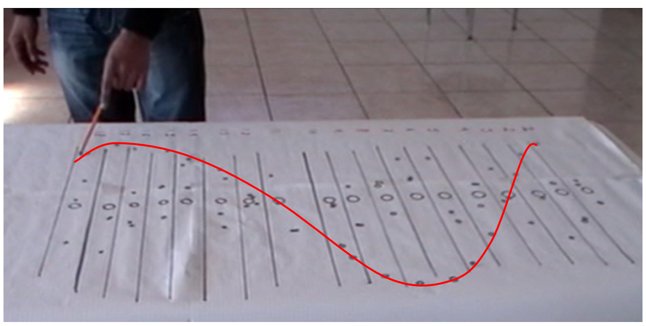

Figura 9. Pedro encuentra una unidad de análisis basándose en un comportamiento regular del satélite.

Análisis epistemológico. Cuando Pedro propone una unidad de análisis en 18 él dice que no puede desprenderse del conocimiento institucionalizado. En su mente está grabada la unidad de análisis que Galileo institucionalizó. El experto sabe que el periodo del satélite más alejado es dieciocho. Esa unidad de análisis no se desvanece aun cuando interacciona con las fotografías. Es un número que aceptó cuando leyó los escritos de Galileo, un número con escasa significación. La escasa significación de ese número nos lleva a hipotetizar que cuando identifica el satélite también resignifica la unidad de análisis. La forma de uso evoluciona de lo visual hasta la estimación.

En su vida escolar y profesional nunca había calculado por sí mismo los periodos de los cuatro satélites. Durante todo este tiempo aceptó como un dogma de fe los periodos de los satélites calculados por la ciencia. Él ha leído a Galileo Galilei. Ha memorizado los periodos de los cuatro satélites que antaño calculara Galileo. Así que en base a ese conocimiento previo plantea una estrategia para atender la pregunta del entrevistador. Para ello aprovecha el comportamiento repetitivo del satélite a lo largo del tiempo. La forma de uso se manifiesta a través del argumento de que si se consideran menos fotografías la unidad de análisis no es suficiente para cubrir todos los periodos de los satélites. Por ejemplo siete días de observación no son suficientes para abarcar los periodos de los cuatro satélites. En su mente subyace la idea de que el periodo del satélite más alejado se aproxima a los 18 días.

Ante la insistencia del entrevistador Pedro busca la manera de calcular una unidad de análisis recurriendo únicamente a los datos obtenidos y plantea una unidad de análisis superior a los 18 días, es decir 23 o 24 días. Esta estrategia es importante porque intenta desprenderse del conocimiento memorístico acudiendo al comportamiento de los datos. Al desprenderse de lo que sabe recurre a una actividad propia de los seres humanos, la percepción del comportamiento de los objetos.

La idea intuitiva es sencilla. Cuantos más datos haya más posibilidad hay de percibir una regularidad. La forma de uso es la precepción del comportamiento regular del satélite más alejado, de la búsqueda de un patrón de regularidad como el que señala en la fotografía de la figura anterior. Y el funcionamiento permanece, su objetivo es dar un argumento sólido de porqué el satélite que está sobre la curva señalada es el mismo. Aunque Pedro conoce con exactitud los periodos de los satélites memorísticamente, se da cuenta que ese conocimiento no le es suficiente para distinguirlos y aprovecha el comportamiento regular para identificarlos.

Referencias

Barbeau, E. & Taylor, P. (2009). *Challenging Mathematics In and Beyond the Classroom: The 16th ICMI Study*. New York: Springer

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. (2011a) The use of periodicity through history: elements for a social epistemology of mathematical knowledge en Barbin, E. Kronfellner,M., Tzanakis. C., *Proceedings of the 6th European Summer University-History and Epistemology in Mathematics Education*, 67-78. Austria: VerlagHolzhausenGmbH / Holzhausen Publishing Ltd.

Buendía, G. (2012). El uso de las gráficas cartesianas. Un estudio con profesores. *Educación Matemática,* 24 (2), 9-35.

Briseño-Garzón, A., & Anderson, D. (2012). A review of Latin American perspectives on museums and museum learning. *Museum Management and Curatorship*, *27*(2), 161-177.

Briseño-Garzón, A. (2013). More than science: family learning in a Mexican science museum. *Cultural Studies of Science Education*, 1-21.

Cantoral, R. y Farfán, R. (2003). Matemática Educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de 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 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. Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. A. C. y Díaz de Santos S.A. 285-309.

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 Matemática Educativa* 13(2): 187-214.

Covián, O. (2005). *El papel del conocimiento matemático en la construcción de la vivienda tradicional: El caso de la Cultura Maya.* Tesis de maestría no publicada. Cinvestav, México.

Cox-Petersen, A. M., Marsh, D. D., Kisiel, J., & Melber, L. M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a museum of natural history. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(2), 200-218.

Falk, J. H. (1983). Time and behavior as predictors of learning. *Science Education*, *67*(2), 267-276.

Guisasola, J. y Morentin, M. (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), 405-411.

Laugksch, R. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. Science*Education* 84, 71–94.

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.

Roqueplo, P. (1983). *El reparto del saber*. Buenos Aires: Gedisa.

Trigueros, M., Sánchez A. y Vázquez, E. (1996). Una experiencia de teatro como medio para divulgación de la ciencia. *Ciencia* 43(4), 310-316.

UNESCO (2011). *Les défis de l'enseignement des mathématiquesdansl'éducation de* base. Paris: UNESCO. http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001917/191776F.pdf