

ENSEÑANZA DE CURVAS CÓNICAS CON MATERIALES DIDÁCTICOS

TEACHING OF CONICAL CURVES WITH DIDACTIC MATERIAL

Marcela Villagra, Andrea Antunez

Instituto de Ciencias de la Universidad Nacional de General Sarmiento. (Argentina)

[mvillagr@ungs.edu.ar](mailto:mwillagr@ungs.edu.ar), aantunez@ungs.edu.ar

Resumen

En este trabajo presentamos una propuesta didáctica cuyo objetivo es favorecer el aprendizaje de características geométricas de las curvas cónicas, basada en la Teoría de Situaciones Didácticas, y en fundamentos de la Comunicación Pública de la Ciencia y de la Museología Moderna. La experiencia fue implementada en escuelas de la zona de influencia de la Universidad Nacional de General Sarmiento (Argentina) y consiste de actividades motivadoras con materiales didácticos específicos. En la implementación se evidenció que estas actividades estimularon al estudiante a explorar, descubrir y, en diálogo con sus compañeros y el docente, a construir su propio conocimiento.

Palabras clave: cónicas, divulgación de la ciencia, propuesta didáctica

Abstract

In this article, we present a teaching proposal in order to facilitate learning of the geometric features of the conics. It is based on the Theory of Didactical Situations and on foundations of science communication and modern museology. The experience was implemented at public schools located in the zone of influence of the Universidad Nacional de General Sarmiento (Argentina) and its activities were designed using specific didactical resources. While the proposal was implemented, students explored, discovered and built their own knowledge through interaction with their classmates and teacher.

Key words: conics, science divulgation, teaching experience

■ Introducción

En los últimos años, se han incrementado los comentarios de los docentes sobre la falta de interés de los estudiantes por aprender la mayoría de los contenidos que se trabajan en las aulas, y el caso de matemática no ha quedado exento de este hecho. En particular, los docentes de las escuelas en las cuales se implementó esta propuesta, mostraron su preocupación por la falta de motivación y poco entusiasmo que exhiben los estudiantes en las aulas, situación que se encuentra potenciada por el hecho de las concepciones negativas que los estudiantes expresan sobre sus competencias matemáticas. Puntualmente, en el caso del tema matemático abordado en esta propuesta: Curvas cónicas, los docentes mencionaron que la introducción del mismo genera en los estudiantes dificultades en su comprensión y en particular, destacaron que los mayores inconvenientes surgen al momento de relacionar la cónica estudiada con sus características geométricas. Sumado a este hecho, se observa que son pocas las veces que los profesores logran abordar el tema desde un enfoque geométrico, privilegiando el enfoque algebraico por sobre el primero debido al condicionamiento del tiempo. Más aún, se ha notado que las escuelas cuentan con pocos materiales didácticos que atiendan a estos escenarios. Tales situaciones se dan en un contexto escolar que tiene varios problemas socio-económicos, que, entre otras cuestiones, genera en las escuelas una dificultad para acceder a museos interactivos donde existen este tipo de materiales concretos.

Frente a este contexto, la propuesta didáctica aquí presentada se desarrolló en función de atender la problemática planteada mediante la generación de materiales didácticos participativos y sus respectivas actividades. El desarrollo de la misma se realizó en el Museo Interactivo de Ciencia, Tecnología y Sociedad “Imaginario” de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS), en el marco del Programa Voluntariado Universitario de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación Argentina, y se implementó en escuelas de la zona de influencia de la universidad.

El objetivo de esta propuesta es favorecer el aprendizaje de características geométricas de las curvas cónicas desde un punto de vista interactivo, creativo y lúdico, mediante la utilización de materiales didácticos específicos, y vinculándolas con sus usos prácticos en la vida cotidiana. Asimismo, tales materiales y actividades tienen el fin de motivar a los estudiantes tratando de generar una mirada más personal y humana de la Matemática.

En la implementación de la propuesta, observamos que los estudiantes realizaron las actividades con entusiasmo y motivados, y se evidenció una mejora en el aprendizaje.

■ Referentes teóricos y fundamentación de la propuesta

Los principales referentes teóricos en los cuales se fundamenta la propuesta provienen de la Comunicación Pública de la Ciencia, la Museología Moderna y la Enseñanza de la Matemática.

Según Calvo (2002) una de las funciones de la comunicación pública de la ciencia es constituirse en un complemento de la enseñanza: “La divulgación científica no sustituye a la educación actual, pero puede llenar vacíos en la enseñanza moderna, contribuir al desarrollo de la educación permanente, y ayudar al público a adoptar una determinada actitud ante la ciencia” (p.104). En línea con lo expresado, las actividades desarrolladas en el presente trabajo apuntan a satisfacer tal función. Las mismas llenarían el posible vacío que presenta la enseñanza de las curvas cónicas en las escuelas participantes, generado por la priorización del enfoque algebraico por sobre el geométrico, puesto que el abordaje del tema con la secuencia de actividades que aquí presentamos se realiza desde un enfoque geométrico-sintético dejando las condiciones establecidas para que el docente continúe el desarrollo del mismo desde lo geométrico- analítico y algebraico con mayor facilidad y naturalidad, además de que, por supuesto, contribuyen al desarrollo de la educación. Se tiene también que las actividades promueven el protagonismo del estudiante y la generación de interrogantes, así como la discusión de diferentes hipótesis y conjeturas, motivándolos

a conocer más acerca de los fenómenos presentados. De esta manera, se logra que los estudiantes comiencen a vislumbrar a la ciencia matemática ya no desde una concepción de ciencia rígida, exacta, lejana y aburrida, sino desde una representación de una ciencia más experimental, pero, sobre todo, más cotidiana y entretenida.

El autor también menciona que el proceso de comunicación contribuye a atender el problema de la falta de interés de las personas por conocer la base de las políticas relacionadas con el orden público, la sanidad, la educación y otros fenómenos que caracterizan la sociedad que viven, ignorando que la investigación y el desarrollo del conocimiento de tales fenómenos es aquello que permitiría la innovación (Calvo, 2002). En este sentido, consideramos que esta condición es atendida por la propuesta presentada pues la introducción de los temas trabajados en las actividades, busca motivar a los estudiantes desde un punto de vista más amplio que el utilizado usualmente en las escuelas, mediante la experimentación y manipulación de materiales didácticos específicamente diseñados. Además, debido a sus características, los materiales didácticos permiten mostrar aplicaciones inmediatas a tecnologías, algunas de ellas utilizadas en el ámbito cotidiano, que han modificado, ya sea sensiblemente o sustancialmente, alguno de sus quehaceres habituales, y en la actualidad son innovaciones importantes. Más aún, estas actividades posibilitan comprender de manera general el funcionamiento de éstas aplicaciones.

En estos aspectos, encontramos una convergencia de las observaciones que Calvo (2002) describe sobre las funciones de la comunicación pública de la ciencia y lo que refiere De Guzmán (2007) en su trabajo “La enseñanza de las ciencias y la matemática”. De Guzmán (2007) menciona la importancia de evidenciar que “la matemática ha procedido de forma semejante a otras ciencias, por aproximaciones sucesivas, por experimentos, por tentativas, unas veces fructuosas, otras estériles, hasta que va alcanzando una forma más madura...” (p.26), características que, según el autor, ayudan mostrar una mirada más natural y humana de la matemática. La convergencia se evidencia en que ambos autores puntualizan la necesidad de modificar la actitud y la mirada que poseen las personas sobre las ciencias en general (Calvo, 2002) y la matemática en particular (De Guzmán, 2007), orientándola hacia concepciones menos misteriosas y más amigables, lo que, consecuentemente, actúa suscitando un mayor interés en ellas. Se busca generar en los estudiantes una nueva manera de mirar su entorno: el mundo que los rodea deja de ser una realidad externa, ajena y pasa a convertirse en un objeto de estudio sobre el cual se pueda reflexionar.

Teniendo presente que el proyecto del voluntariado se radicó en el Museo “Imaginario” y que las actividades se desarrollaron en ese contexto, entendemos que la fundamentación de las mismas debe satisfacer los principios que aboga el Museo. En consecuencia, además del sustento desde la comunicación pública de la ciencia, también se tomó como referencia para el desarrollo de las actividades, las recomendaciones que presenta Wagnensberg (2004) en su artículo “Principios fundamentales de la museología científica moderna”.

Basándonos en el trabajo de Wagnensberg (2004), podemos decir que poner las manos en acción es una de las herramientas claves para comprensión de cualquier principio físico o matemático. Wagnensberg (2004) menciona:

Los elementos museográficos se emplean, prioritariamente, para estimular según el máximo de las siguientes tres clases de interactividad con el visitante:

- 1) la interactividad manual o de emoción provocadora (Hands On),
- 2) la interactividad mental o de emoción inteligible (Minds On)
- 3) la interactividad cultural o de emoción cultural (Heart On). (p.16)

En la presente propuesta, se busca lograr estos tres tipos de interactividad ya que entendemos la interacción como conversación con lo manual, lo inteligible y lo cultural. Al proponer una actividad en torno a un recurso concreto se logra que el estudiante experimente y pueda “conversar” con el dispositivo propuesto. Esto impulsa a una autorreflexión, es decir, “conversar con uno mismo”. Al mismo tiempo, la actividad de interacción fortalece la relación entre los demás participantes y con el contexto cotidiano.

Finalmente, si bien las actividades fueron desarrolladas en el marco del Museo, las mismas están diseñadas para ser

implementadas en las escuelas, por tal motivo, deben también atender objetivos específicos del aprendizaje. En este sentido, tomamos como marco de referencia principal la Teoría de Situaciones Didácticas (TSD). De acuerdo con la TSD, la interacción entre el estudiante, un cierto medio y un sistema educativo, a partir de la cual el estudiante construye un conocimiento o realiza una producción autónoma como respuesta a una situación problemática, es sustancial. Esta situación se denomina, según la TSD, una situación didáctica. Al respecto Brousseau define las situaciones didácticas como: (Brousseau 1982, cita en Gálvez, 1994)

Un conjunto de relaciones establecidas explícita y/o implícitamente entre un alumno o un grupo de alumnos, un cierto medio (que corresponde eventualmente instrumentos u objetos) y un sistema educativo (representado por el profesor) con la finalidad de lograr que estos alumnos se apropien de un saber constituido o en vías de constitución (p.42).

Entendemos que los estudiantes mediante la interacción con los dispositivos y la resolución de las actividades planteadas, logran realizar una producción autónoma. En esta actividad, llevan a cabo diversas acciones que son propias del quehacer científico, en ellas surgen hipótesis y conjeturas que los estudiantes intentan probar utilizando diversas estrategias, comparando con otras, intercambiando argumentaciones, tomando decisiones, emulando así el trabajo científico, lo que favorece que las situaciones de acción, formulación y validación surjan en la resolución de la actividad, propiciándose, de esta manera, la construcción del conocimiento. En relación a esto último, esta teoría concibe al juego como una herramienta para la generación de situaciones de aprendizaje. El juego debería favorecer el surgimiento del conocimiento o la producción autónoma por parte del estudiante como solución del mismo, o como recurso para obtener la estrategia óptima. El juego -materiales y reglas- junto con el funcionamiento y desarrollo efectivo del mismo, constituye un medio con el cual el estudiante construye conocimiento y, de esta manera, el juego se transforma en un dispositivo didáctico (Brousseau, 2007).

Son numerosas las publicaciones que proponen al juego como instrumento favorecedor del aprendizaje, y nos hemos sustentado en algunas de ellas, además de la TSD, para diseñar las actividades con características relacionadas con un juego didáctico.

Zelinová (citado en Vankús, 2013) detalla las funciones educativas de un juego. Señala que en el área no cognitiva desarrolla las expresiones emocionales, favorece la motivación, mejora el comportamiento social; y en el área cognitiva, estimula la memoria, propicia el desarrollo de habilidades sensoriales, motoras y de evaluación, como así también, favorece el pensamiento creativo (p.42). Por su parte, Vigostky (2009) también le otorga un valor social al juego y lo consideran como un factor favorecedor del desarrollo mental. De Guzmán (1984) señala la semejanza de la estructura matemática y los juegos, y expresa que el juego (entendido como mencionamos anteriormente) es beneficioso pues permite ejercitar procesos de pensamientos similares a los utilizados en los desarrollos matemáticos (De Guzmán, 2007).

Considerando lo anteriormente expresado, la propuesta didáctica aquí presentada, ha sido elaborada con un marco conceptual que combina fundamentos de la comunicación pública de la ciencia y la museología científica moderna (como actividad impulsada desde un museo de ciencias) con teorías de la didáctica de la matemática (como actividad de aprendizaje).

■ Metodología

Este proyecto fue llevado a cabo por investigadores docentes, estudiantes voluntarios, un equipo de coordinación del Museo Imaginario, pertenecientes a la UNGS; y los profesores de las escuelas medias donde se implementó la propuesta. Los profesores de las escuelas eligieron la temática “cónicas” para que sea desarrollada en sus aulas con estudiantes de entre 16 y 17 años. Teniendo presente el contexto mencionado en el apartado anterior, se diseñó una

secuencia de tres encuentros consecutivos con actividades lúdicas donde se manipula material concreto con el fin de atender la problemática antes planteada.

Las características generales de las distintas consignas fueron:

- Las actividades principales de cada encuentro fueron planteadas de forma lúdica, con reglas de competencia entre equipos y utilizando el material didáctico concreto previamente diseñado.
- La dinámica de cada encuentro consistió en momentos de interacción con el dispositivo y momentos de debate grupal guiados por el docente, con anotaciones intermedias sobre las conclusiones abordadas. En los momentos de debate se estableció la definición y el nombre de los objetos estudiados a partir de sus propiedades geométricas.
- Las observaciones de los elementos geométricos de las cónicas se realizaron sin especificar el nombre particular del objeto, aunque al finalizar cada actividad se mencionó el nombre que recibe el objeto analizado.
- El momento de cierre de todos los encuentros consistió en el análisis de aplicaciones tecnológicas que utilizan las propiedades de las curvas estudiadas.

En el primer encuentro, las actividades consistieron en un análisis cualitativo de las propiedades geométricas de las parábolas. En particular, se les solicitó a los estudiantes interactuar con el dispositivo y tomar mediciones para lograr describir estas características.

Los objetivos de aprendizaje que se esperó que alcancen los estudiantes fueron:

- Conocer y comparar parábolas con un mismo vértice, pero con curvaturas diferentes.
- Tomar conciencia del comportamiento de la ubicación del foco respecto a la curvatura en una parábola.
- Utilizar las características de las parábolas para ubicar la posición del eje de simetría, estimar la posición del foco y de la directriz.
- Conocer algunas aplicaciones de las propiedades físicas de las parábolas en la tecnología.

Los estudiantes trabajaron en pequeños grupos con un dispositivo que consiste en un módulo diseñado con una base rectangular de corcho y un cilindro parabólico construido con un material reflectante (Fig. 1). Se acompañó el dispositivo con un puntero láser al que se le ha adherido un suplemento para sujetarlo a la base en el lugar que se desea, al mismo tiempo que permite su rotación.

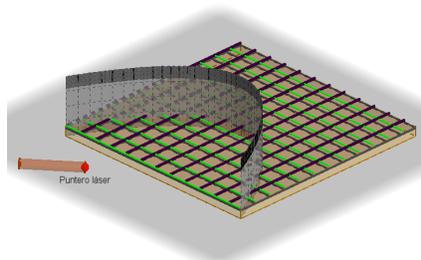


Fig.1: Diagrama del dispositivo.

En la actividad principal del encuentro, los estudiantes trabajaron en grupos con la consigna de ubicar el foco desconocido de una curva parabólica, proyectando rayos de luz sobre una superficie del dispositivo entregado (Fig. 2). Luego de estimar la posición del foco, iniciaron una investigación guiada sobre las características geométricas de los demás elementos de la parábola (Fig. 3 y 4), tomando mediciones y completando tablas, con el fin de poner en evidencia la simetría de la curva respecto a un eje y la igualdad de la distancia entre un punto de la curva y el foco con la distancia entre el punto de la curva y la directriz.

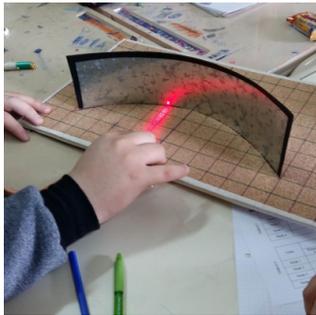


Fig. 2: Búsqueda foco

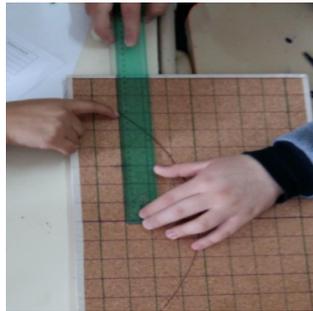


Fig. 3: Mediciones en dispositivo

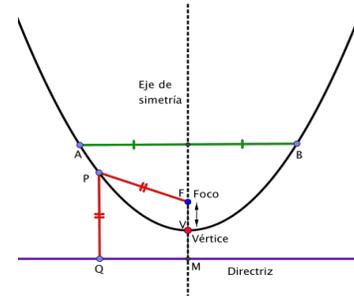


Fig. 4: Elementos de la parábola

A continuación, con la información obtenida, se estableció un último juego donde el objetivo fue el de encontrar los elementos faltantes en gráficos de parábolas (Fig.5).

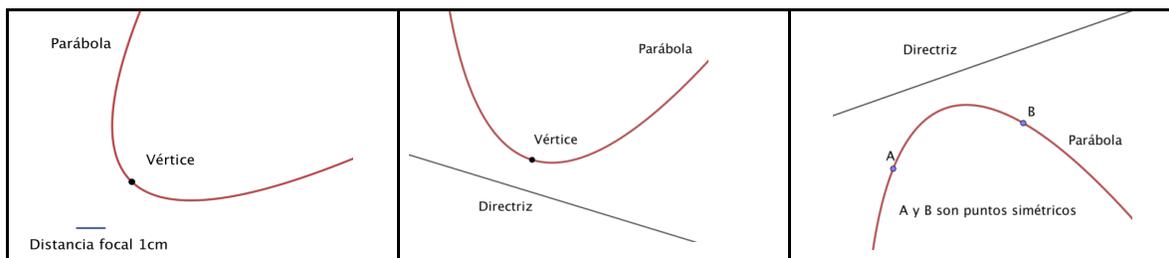


Fig. 5. Gráficos usados en la actividad de parábolas.

Por último, se repartieron láminas con fotos de aparatos tecnológicos que en su construcción se utilizan curvas parabólicas, para que cada grupo expusiera una explicación de la relación entre el funcionamiento de estos y las curvas vistas.

En el segundo encuentro, los objetivos de aprendizaje se centraron en el estudio cualitativo de circunferencias y elipses. En particular, se pretendió que los estudiantes pudieran:

- Identificar el lugar geométrico de una circunferencia y de una elipse.
- Conocer los elementos de la circunferencia y de la elipse.
- Utilizar las características de la circunferencia y la elipse para ubicar la posición de eje de simetrías y estimar la posición de los focos o del centro de una circunferencia.
- Identificar formas circulares y elípticas en la naturaleza.

En el encuentro, los estudiantes trabajaron en grupos en torno a un conjunto de elementos, tales como una placa de telgopor, hojas de papel, útiles escolares, entre otros, de los cuales algunos podrían ser utilizados para alcanzar el objetivo del juego.

La primera actividad consistió en lograr graficar en una hoja una circunferencia con alguno de los objetos del conjunto de elementos, entre los cuales, cabe destacar, no se encontraba ningún compás. A continuación, se realizaron varias mediciones en los gráficos obtenidos y en otros gráficos aportados por el docente. Entre los propósitos de algunas de las actividades se encontraban el de caracterizar el diámetro de una circunferencia y hallar

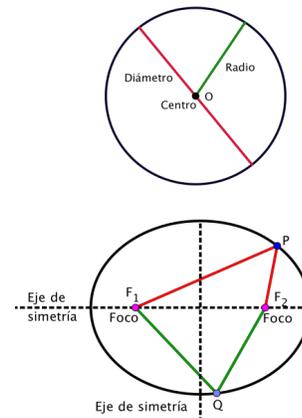
una aproximación de π mediante el cociente de entre las medidas del diámetro y la longitud de cada circunferencia analizada (Fig 6).



Fig 6: Mediciones en circunferencias.



Fig.7: Método del jardinero



Elementos de circunferencia y elipse

En la siguiente actividad se trabajó con elipses. La actividad se planteó de manera análoga a lo realizado en la construcción de la circunferencia, y con los mismos elementos, se les pidió a los estudiantes que trazaran elipses. El docente intervino en aquellos casos en los que la curva no pudo ser construida, mostrando, sin realizar una explicación explícita del procedimiento, cómo se traza la misma, mediante el método del jardinero (Fig. 7). La demostración no determinó los pasos ni las precauciones necesarias para que la curva elíptica quedase contenida la hoja de papel. Esto constituyó una dificultad en la construcción de las curvas. Luego de mediciones y observaciones del procedimiento se discutió sobre similitudes y diferencias entre una circunferencia y una elipse respecto a los elementos que las caracterizan, así como sus respectivas construcciones (Fig. 8). Por último, y a modo de cierre, se realizó un brindis con vasos y copas cilíndricas donde se observaron circunferencias y elipses como contorno de las superficies generadas por el líquido.

En el tercer encuentro, los estudiantes abordaron el análisis de curvas hiperbólicas y se estableció el cierre del tema con actividades que permiten definir a las parábolas, las circunferencias, las elipses y las hipérbolas como secciones cónicas. En particular, los objetivos centrales que se pretendió que alcancen los estudiantes fueron:

- Identificar similitudes y diferencias entre parábolas, círculos y circunferencias.
- Identificar propiedades de una hipérbola y sus elementos.
- Reconocer las curvas cónicas como curvas obtenidas a partir de secciones cónicas.
- Conocer métodos (manuales) de construcción de curvas vía sus propiedades (sin ordenador).

En este encuentro los estudiantes interactuaron con dos dispositivos: un bicono seccionado y una máquina eléctrica que genera un bicono de rayos de luz.

En la primera actividad se presentaron gráficos de hipérbolas con focos, asíntotas y ejes establecidos para realizar mediciones y comparaciones.

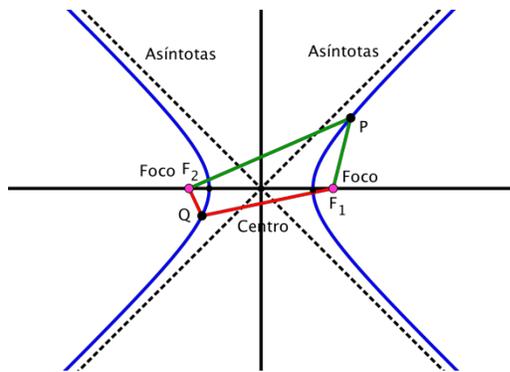


Fig. 9: Elementos en hipérbola.



Fig 10: Cono seccionado y dispositivo eléctrico.

La siguiente actividad consistió en realizar un cuadro comparativo entre las curvas estudiadas en los encuentros anteriores y las hipérbolas. Luego, se trabajó con un cono telgopor y se analizaron posibles secciones del mismo para obtener las distintas curvas cónicas estudiadas. Con estas actividades iniciales se comenzó la actividad central que consistió en interactuar con una máquina eléctrica que rota un puntero láser doble generando, de esta manera, una superficie de rayos en forma bicónica. El objetivo fue, por medio del posicionamiento de una placa de telgopor de manera apropiada y la intersección de la misma con el bicono de luz, generar las curvas cónicas. (Fig. 11, Fig. 12 y Fig. 13)

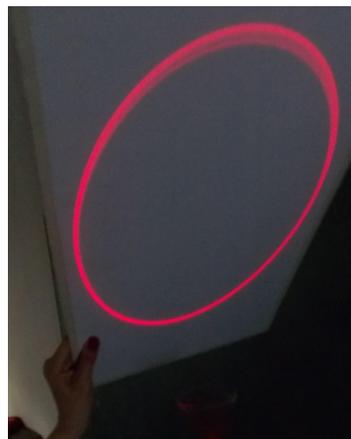


Fig. 11,12 y 13: Curvas cónicas obtenidas con el dispositivo eléctrico.

■ Resultados

Mediante la interacción con los dispositivos, los estudiantes experimentaron una manera de aprender las secciones cónicas con recursos distintos a los utilizados usualmente en las escuelas. Más aún, estos recursos -diseño y planificación- quedaron como materiales didácticos en las escuelas participantes y actualmente, forman parte de las actividades que el Museo Interactivo de Ciencia, Tecnología y Sociedad “Imaginario” (UNGS) ofrece habitualmente en sus visitas a las escuelas de la zona.

Respecto a la implementación de actividades de la propuesta, en los momentos de discusión y debate de las actividades, donde el objetivo consistió en evidenciar las propiedades de las curvas como lugar geométrico, los estudiantes pudieron encontrar estas propiedades a partir de los registros de sus observaciones. La importancia de los mismos fue evidenciada en las actividades propuestas al final de cada encuentro, en las que, mediante el uso de gráficos o dispositivos tecnológicos, se solicitó alguna conjetura sobre ellos. En estas actividades los estudiantes revisaron sus anotaciones e incluso incorporaron nuevas observaciones necesarias para poder proseguir con las consignas.

Se observó, que las actividades promovieron el protagonismo de los estudiantes, los mismos, participaron activamente, hipotetizando, argumentando y justificando, en las discusiones que se desarrollaron al interior de los grupos como así también en la puesta en común. Además, mostraron un genuino interés por conocer más sobre lo estudiado y en particular, sobre las aplicaciones en tecnologías.

Finalmente, en un encuentro posterior a las implementaciones de la propuesta didáctica, en el que participaron los docentes de las escuelas, los estudiantes, los integrantes del Museo, los voluntarios y docentes investigadores de la universidad, se pudo evidenciar otras consideraciones que expresaron los estudiantes. En tal encuentro, se compartieron las experiencias realizadas en las clases y se logró apreciar que la representación que tenían los estudiantes sobre la matemática antes de la implementación de la propuesta, se modificó. Los estudiantes comenzaron a verla desde un punto de vista de una ciencia más experimental, más cotidiana y más entretenida.

■ Conclusiones

Con esta propuesta mostramos una secuencia de actividades que puede desarrollarse de manera lúdica en torno a dispositivos de fácil diseño y construcción; y que permite la enseñanza significativa de las propiedades geométricas de las cónicas.

Observamos que los estudiantes encontraron un sentido más “práctico” y, en cierta medida, motivador, al estudio de las cónicas, basado en las aplicaciones a algunas tecnologías utilizadas en la vida cotidiana y sustentado por la experimentación física de algunas características geométricas de las curvas. Esto fue manifestado en las observaciones y debates dados en el aula como así también en los surgidos en el último encuentro compartido entre ambas escuelas. Asimismo, se observó durante el cierre cada clase y como así también en el cierre general de los encuentros, que el aprendizaje resultó más significativo, beneficiado por las características experimentales y la contextualización de las propiedades de las curvas.

Por su parte, la componente lúdica utilizada como factor motivacional y como medio de aprendizaje, de algunas actividades, favoreció el abordaje del tema, donde el contexto dinámico y distendido, propició la construcción de conocimiento.

Consideramos entonces, que propuestas con estas características en las que se aborda un tema con materiales didácticos, donde la participación del estudiante es activa y experimental, y con algunas componentes lúdicas, entendiendo el juego como medio en la interacción entre estudiante-docente-medio según la TDS, facilitan el aprendizaje significativo de los estudiantes.

Queda como desafío llevar las conclusiones de las actividades al ámbito algebraico para luego analizar el carácter funcional de las mismas, y poder de esta manera abordar los tres posibles enfoques de estas curvas: lo geométrico, lo algebraico y lo analítico.

■ Referencias bibliográficas

- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de situaciones didácticas*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Calvo, M. (2002). ¿Popularización de la ciencia o alfabetización científica? *Revista Ciencias*, (66), 100-105.
- De Guzmán, M. (2007). Juegos matemáticos en la enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, (43), 19-58.
- Gálvez, G. (1994). La didáctica de las Matemáticas. En C. Parra e I. Saiz (Comps.), *Didáctica de matemáticas, aportes y reflexiones* (pp.39-50), Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Vigotsky, L. (2009). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Vankús, P. (2013). *Didactic games in mathematics*. Bratislava: Comenius University, Bratislava. Faculty of Mathematics, Physics and Informatics.
- Wagnensberg, J. (2004). Principios fundamentales de la museología científica moderna, *Revista Museos de México y el Mundo*, (1), 14-19.