

# LOS USOS DE LAS GRÁFICAS EN LA RESIGNIFICACIÓN DE LO ESTABLE EN ESCENARIOS DE DIFUSIÓN DE LA CIENCIA



José David Zaldívar Rojas, Francisco Cordero Osorio

jzaldivar@cinvestav.mx; fcordero@cinvestav.mx

Cinvestav-IPN. México

## Resumen

Se presenta una investigación en la cual reportamos los usos de las gráficas en diferentes escenarios de difusión de la ciencia cuando se trabajan ideas gráficas relacionadas con la estabilidad de las ecuaciones diferenciales lineales. En dichos escenarios de difusión se propone una situación de modelación del movimiento (SMM) que, con ayuda de calculadoras y sensores de movimiento, surgen discusiones en la que los participantes tienen ciertos “usos” de las gráficas que se generan y proponen según la situación. Además, habrá un desarrollo de los usos cuando se debata entre los funcionamientos y las formas de dichas gráficas. En tal sentido consideraremos la resignificación de lo estable: cuando se pone en juego el momento en el que el comportamiento asintótico propuesto por los participantes alude a la forma de la tendencia dada, lo que obliga a que la gráfica sea argumentativa. Dichos usos tienen un carácter funcional y un sentido específico que no dependen de las propiedades analíticas de la función que ahí interviene.

## Palabras clave

usos de las gráficas, difusión, estabilidad.

## Introducción

Esta investigación surge ante una necesidad de desarrollar una propuesta *ex profeso* para la divulgación de cierto conocimiento matemático. El programa de difusión donde tuvo lugar dicho taller de difusión fue Cinvesniñ@s 1-2008, realizado por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (Cinvestav-IPN) en México, D.F (Cordero, Albores *et al*, enviado para su publicación). Cinvesniñ@s 1-2008 tuvo por objetivo abrir las puertas del Centro con el fin de interesar e integrar a los niños y a las niñas al desarrollo de la ciencia en el país (Cordero, Albores *et al*, enviado para su publicación).

Sin embargo, mediante una revisión bibliográfica se notaron algunas dificultades y críticas relacionadas con la difusión o *divulgación* del conocimiento científico. Entre dichas críticas se encuentra que la divulgación de la ciencia es considerada como una actividad de servicio, es una opción educativa no formal, donde se trata de hacer del conocimiento algo ameno y *divertido*, utilizando para ello un lenguaje claro y libre de tecnicismos. Las propuestas de divulgación se basan en el sensualismo de sus actores, además de que no se tiene claro el significado, impacto social e ideología de los programas de divulgación (González, 2003). Es en este tipo de programas de difusión que nosotros enmarcamos nuestra problemática del trabajo, a saber, *la ausencia de un marco de referencia para resignificar lo estable en un escenario de **difusión** de la ciencia.*

Bajo las consideraciones anteriores, es que se decidió diseñar el taller “Conozca al Señor Movimiento” (TCSM), cuya intencionalidad es a difusión de conocimiento matemático (Zaldívar, Briceño y Cordero, 2009). La base del diseño del taller tuvo partido de la idea de que “difundir” es integrar un dominio científico en el *cotidiano* del ciudadano, donde la función de la difusión debe ser la de afectar dicho cotidiano (Cordero y Gómez, enviado para su publicación).

A partir de las experiencias del taller creamos un marco sobre los usos de las gráficas que los participantes manifestaban desde su cotidiano. Es decir, nos esforzamos por entender a los participantes no desde su formación escolar “formal”, sino desde su “sentido común”, desde sus *creencias*, al cual nos referiremos como “**lo cotidiano**”.

Dicho cotidiano lo miraremos poniendo atención a los “usos” que los participantes hagan del conocimiento involucrado en nuestra propuesta.

## **Metodología**

En este apartado describiremos de manera general el diseño de la situación de “lo estable” del TCSM, así como la justificación teórica que es la base de este diseño.

El TCSM se llevó a cabo en diferentes escenarios de difusión realizados por diversas instituciones. Los escenarios en los que estuvimos inmersos fueron: Cinvesniñ@s 1-2008 (Cinvestav-IPN); XVIII Semana de las Ciencias y Humanidades (Colegio de Guadalupe, S.A.), Platicando sobre Ciencia (Instituto de Ciencia y Tecnología D.F. (ICyT DF) y La Ciencia en las Calles (ICyT DF). Lo interesante de cada una de las experiencias del taller era que se contaba con participantes de diversas edades, formaciones, así como también el número por cada taller variaba de uno a otro. Generalmente por taller se trabajaba con alrededor de 15 personas.

Los escenarios fueron diferentes entre sí, como mencionamos anteriormente, pues mientras en Cinvesniñ@s la población fueron generalmente personas de bachillerato y profesional, en la Semana de Ciencias y Humanidades se trabajó con niñas de 11 y 12 años de edad. En el escenario de Platicando sobre Ciencia el público fueron generalmente jóvenes de bachillerato, y en la Ciencia en las Calles el público fue de todas las edades, generalmente, niños y niñas acompañados de sus madres. Dichas características no fueron las únicas, pues el público variado también ocasionó que se contaran dentro del taller con diferentes formaciones y escolaridades. Esto motivaba que las actividades del taller fueran evolucionando de manera distinta en cada uno de los escenarios, sin embargo, notamos una participación entusiasta de los asistentes que se sentían atraídos principalmente por la tecnología y las situaciones de movimiento.

Ahora bien, el TCSM tiene por objetivo mostrar entre los ciudadanos la importancia de considerar el movimiento como algo dinámico, como algo que se puede ver y dibujar, es decir que las gráficas son argumentativas. El taller se dividió en dos partes, una donde se discutían aspectos de variación del movimiento y otra que trata específicamente de la estabilidad. En este trabajo analizaremos esta segunda parte del taller. El objetivo de esta parte del taller era que los participantes desarrollen ideas relacionadas con lo estable, y no así de la “estabilidad matemática”, mediante la discusión y explicación de ciertos comportamientos con tendencia. En este último aspecto radica la **epistemología de lo estable**. Creemos que de esta forma nos acercamos más a una matemática funcional, donde los usos del conocimiento son cruciales en las explicaciones de los participantes.

Para la situación de modelación del movimiento (Suárez, 2008), se realiza una modelación de un fenómeno físico, que consiste en poner una pesa de 50 gramos a un resorte unido a una base firme, con el fin de observar el movimiento de arriba abajo que realiza (Sistema Masa-Resorte-Amortiguamiento) (Figura 1).



Figura 1. El instrumento de modelación

El taller estuvo dirigido al público en general, donde se involucraba a los participantes con el uso de calculadoras graficadoras y sensores de movimiento. En dicho taller, al modelar el movimiento de dicho fenómeno estable con ayuda de la tecnología, se dirigen las discusiones hacia la predicción, anticipación e imitación de comportamientos con tendencia, siendo el *Comportamiento Tendencial de las Funciones* (CTF) (Cordero, 1998) la base del diseño. Es decir, la categoría CTF presume brindar una matemática funcional, en tanto que no pretendemos alcanzar con los participantes la definición matemática de estabilidad, sin embargo, dicha categoría al ser ad hoc a una matemática funcional, “modela” un comportamiento estable.

Los participantes simulan, observan y explican resultados del movimiento a través de las gráficas obtenidas. Justamente en los aspectos anteriores es donde consideramos que los participantes hacen un “uso de las gráficas” para explicar fenómenos de la estabilidad de las ecuaciones diferenciales lineales.

Nuestra SMM está basada en el Binomio Modelación-Graficación (Suárez, 2008), pues tenemos una intencionalidad en el uso de las gráficas de los participantes del taller. Dichas prácticas de modelación y graficación se ven robustecidas gracias a la categoría Comportamiento Tendencial de las funciones, la cual, mediante argumentos gráficos, nos permitió realizar patrones deseables de comportamiento y discutir aspectos sobre ajustes en la estructura de los

comportamientos gráficos. Es así que consideramos que esta relación nos permite desarrollar ideas de lo estable.

A continuación presentamos las actividades que se proponen en el taller (Cuadro 1), así como también algunos resultados que se obtuvieron de las puestas en escena:

Actividades de la Situación de Movimiento
1. Dibuja el movimiento del fenómeno físico;
2. Se pasa al uso tecnológico para mirar la forma de la gráfica o se pide a los participantes;
3. ¿Qué forma tiene a los 10 minutos?;
4. Diferencias entre dos comportamientos o curvas;
5. Imita el comportamiento, ¿qué pasa si...?

Cuadro 1

La primera actividad trata de resaltar los aspectos “naturales” que los participantes poseen sobre el movimiento del resorte. Se les pide que dibujen el movimiento de la situación física. Las producciones de los participantes son principalmente trayectorias, es decir, flechas con dirección (Figura 2).

En un segundo momento, se continúa con una confrontación cuando se realizan diferentes preguntas sobre los elementos de las propuestas de los participantes, principalmente sobre si el resorte se detiene o no, y si se detiene, dónde se puede observar en el dibujo que proponen. Es así que se introduce el uso tecnológico, como una manera de representar el movimiento por medio de gráficas o curvas. En la Figura 3 se pueden observar algunas de las propuestas que los participantes respondieron ante la pregunta que se les realizó.

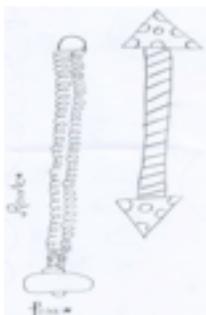


Figura 2. Trayectorias

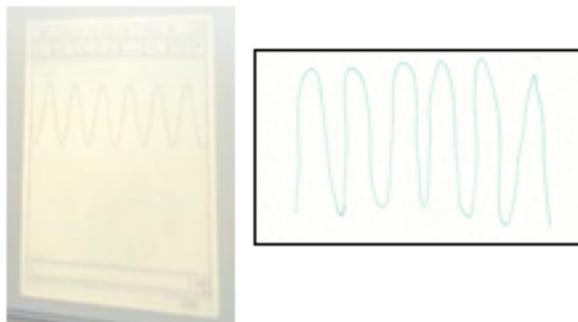


Figura 3. Las curvas con la computadora o realizadas por los participantes

Posteriormente se pregunta sobre la forma de la curva pero cuando el tiempo se tome a los 10 minutos de haber iniciado el muestreo con la computadora. Esta pregunta se iba variando en las diferentes experiencias, pues a veces se preguntaba con ayuda de la computadora y otras se pedía a los participantes que realizaran una propuesta (Figura 4). Esta es la actividad que comienza a tratar sobre los aspectos de lo estable, pues se trata de que los participantes predigan el comportamiento de la situación y anticipen la forma de la gráfica.

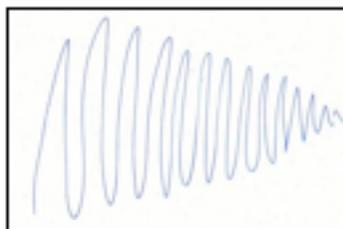
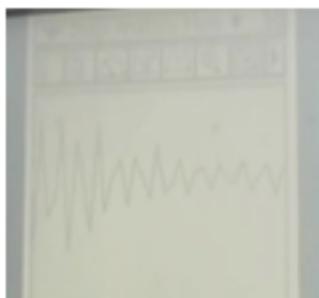


Figura 4. Las curvas después de 10 minutos. Con la computadora y la respuesta de un participante

En posteriores actividades se solicitan las diferencias sobre el comportamiento de dos curvas y también sobre los efectos en la curva sobre la alteración de elementos de la situación y viceversa.

Estas actividades nos permiten realizar un análisis de las videograbaciones de las experiencias del TCSM y a partir de estas es que se propone nuestro marco de usos de las gráficas.

## Resultados

Presentaremos una actividad y algunos extractos que se desprenden de las producciones de los participantes. Se consideraron las producciones escritas, las argumentaciones, los comentarios y las gesticulaciones de los participantes como nuestros datos sobre los cuales se realizaron los posteriores análisis.

La actividad que se propone es sobre la forma de la curva pero cuando hayan transcurrido 10 minutos. Algunas de las respuestas de los participantes ante la pregunta son:

### EXT-LCC.S2.06.06.09-30:12

D: *¿esto qué es?* (se refiere a la forma de la curva que la participante realiza)

P: *montañitas...*

D: *¿montañitas?... pero usted puso una recta... esto es una recta... ¿por qué una recta?...*

(después de las montañitas se encuentra una recta. Figura 5)

P: *porque está parado...*

D: *¿Qué está haciendo allá?*

P: **estabilizado** o... la elasticidad que tiene deja al resorte estable... y ya... (Realiza con las manos un movimiento de arriba para abajo y lo va deteniendo poco a poco.

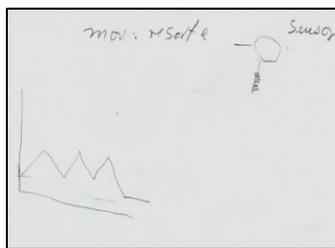


Figura 5. Curva realizada por una participante

## EXT-C1.08-13:59

*P1: bueno... porque a la hora que usted puso esto el tiempo es menos entonces... este... se va a **hacer más cortito** este (con las manos hace un movimiento oscilatorio “violento”),... pero conforme se **va nivelando va quedando como recta**.*

*P1: bueno... de pasar de un movimiento así, muy acelerado (con las manos hace las oscilaciones “grandes”), a pasar a uno así... (Con las manos hace movimientos oscilatorios pero más pequeños).*

Estos extractos se obtuvieron de las experiencias de La ciencia en las Calles y de Cinvesniñ@s 1-2008, respectivamente.

A partir de estas intervenciones es que delimitamos nuestro marco de usos de las gráficas poniendo énfasis en los *funcionamientos y formas* de las gráficas (Cordero y Flores, 2007). Para este caso, los participantes realizan un *uso de la curva*, poniendo especial atención en la forma final de la curva propuesta, es decir, para los participantes, desde sus observaciones y creencias, *lo estable se encuentra en la parte final de la curva que modela el comportamiento del resorte*. Los funcionamientos que delimitamos para este uso de la curva son: *anticipación de la forma de la curva, explicar el comportamiento, predecir la forma de la curva o el comportamiento regular de la gráfica o curva*.

Como resultado de nuestro análisis a la luz de reconocer los usos de las gráficas que los participantes realizan cuando se enfrentan a las actividades del taller, reportamos dichos usos. Además se presenta la manera en la que los participantes miraban el fenómeno o mejor dicho el comportamiento:

### **I. El uso de la Trayectoria**

I.1. Lo estable está en la dirección que las trayectorias mostraban.

### **II. El uso de la Curva**

II.1. Lo estable está en lo periódico de la curva. En los aspectos regulares de la forma.

II.2. Lo estable se encuentra en la parte final de la curva que modela el comportamiento del resorte.

II.3. Lo estable se encuentra en la amplitud de las ondas de la curva y en los picos.

### **III. El uso de la gráfica para analizar comportamientos**

### **IV. El uso de la curva para analizar estructuras**

## **Discusión**

De acuerdo a los usos que reportamos a partir de las experiencias y de lo que los participantes al TCSM exhibieron, podemos afirmar que dichos “usos de las gráficas” tienen un sentido específico que no dependía de las propiedades analíticas de la función que intervienen en la situación, sino que las gráficas, o mejor dicho, las curvas que los participantes proponen o que la tecnología presenta, son los argumentos empleados para explicar los comportamientos. De hecho, nunca se trabaja con una gráfica con una función explícita, sino con comportamientos y curvas normados por el movimiento.

Por otra parte, para el desarrollo de las actividades se ponen en juego las prácticas de Modelación-Graficación, a las cuales se les ancla la categoría del Comportamiento Tendencial de las Funciones para encontrar patrones y comportamientos deseables (Suárez, 2008; Zaldívar, Briceño y Cordero, 2009).

Así mismo, exhibimos un desarrollo de usos con el fin de caracterizar una resignificación de lo estable en este tipo de escenarios. Mostramos algunas figuras que ejemplifican este desarrollo (Figura 6).



Figura 6. Desarrollo de usos

Es así que el pasaje de la *resignificación* (Cordero, 2008) se presenta cuando el comportamiento asintótico propuesto por los participantes alude a la forma de la tendencia que se les plantea (Figura 7).

Es así que el pasaje de la *resignificación* (Cordero, 2008) se presenta cuando el comportamiento asintótico propuesto por los participantes alude a la forma de la tendencia que se les plantea (Figura 7).

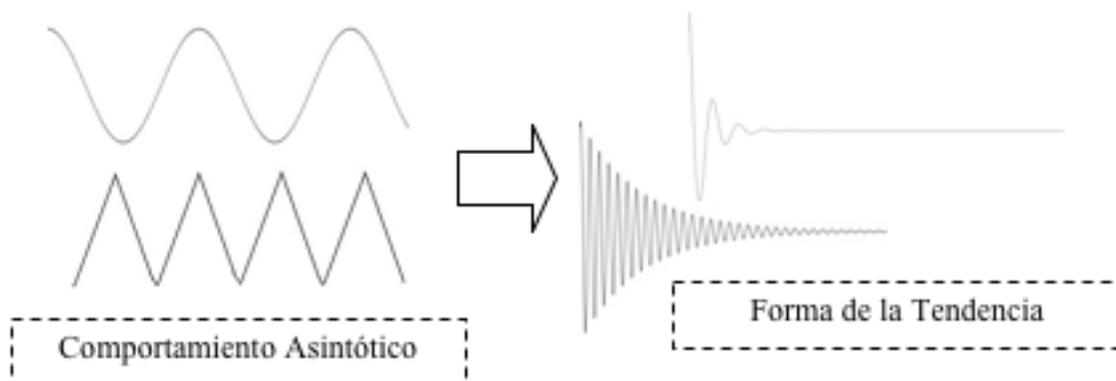


Figura 7. El paso de la resignificación

## Conclusiones

Los escenarios de difusión o de divulgación de la ciencia son los medios donde debe transcurrir el cotidiano de los participantes y *donde se debe afectar dicho cotidiano*. Es así que la función de un escenario de esta naturaleza consiste en **poner al servicio del cotidiano el conocimiento científico**. A partir de nuestro análisis de usos mostramos cómo es posible afectar un cotidiano, cómo podemos interpretar ciertas situaciones como *rutinas* y desarrollar otras, además de que es una forma de caracterizar el cotidiano de los participantes (Berger y Luckmann, 2006). Lo anterior se vio nítidamente en todas las experiencias, pues a la hora de explicar la situación o el comportamiento, para los participantes eran más importantes sus observaciones, su sentido común y sus creencias, lejos de explicaciones teóricas o deducciones del tipo *p implica q*.

Con ello queremos decir que es importante dejar de considerar a este tipo de espacios como meras actividades lúdicas, recreativas e informales. Es necesario entender que en estos escenarios de difusión hay inmersos diversos fenómenos cuando se trata de llevar la ciencia a las esferas de la sociedad, pues acarrear sus propias dificultades y problemáticas que, sin duda, son muy diferentes a las que se encuentran en un salón de clases.

Con nuestro diseño de situación y la posterior delimitación de nuestro marco de usos de las gráficas, mostramos una manera de insertarnos en programas de difusión y mirar la producción de un “cotidiano” cuando se enfrentan a actividades diseñadas para la difusión del conocimiento matemático. Es una manera de “desescolarizar el saber” y mirar cómo es usado por los ciudadanos, además de que la socioepistemología nos permite discutir aspectos cuando nos alejamos del salón de clases.

Llamamos la atención con nuestro marco de usos de las gráficas de una categoría más cercana a lo funcional y a lo cotidiano. A dicha categoría se ha convenido llamarle **Categoría del Comportamiento Tendencial**, pues para los participantes la *curva* que formulaban era lo importante a la hora de discutir sobre el movimiento, además de que este normaba dicha “curva”.

Como un resultado importante que resaltamos a partir de nuestras experiencias es que en un cotidiano específico, como los que tuvimos oportunidad de mirar en el TCSM, la estabilidad no es explicada a través de una idea de asintoticidad, ni tampoco había una necesidad de explicitar que alguna  $x$  tiende al infinito, tal y como en el modelo matemático se requiere formalizar mediante la idea de Límite. Los participantes discutían la estabilidad a la luz de comportamientos con tendencia. Los participantes mantuvieron ciertas formas alusivas a trayectorias para explicar “cómo se mueve” el resorte con la pesa. Esto es, justamente, lo que nosotros rescatamos y explicamos su significado. A lo largo de las actividades del taller los participantes manifestaron un uso sui géneris de las trayectorias para explicar lo estable del fenómeno, en cuestión, desde su cotidiano.

## Bibliografía

Berger, P. y Luckmann, T. (2006). *La construcción social de la realidad*. Buenos Aires-Madrid. Madrid: Amorrortu.

Cordero, F. (1998). El entendimiento de algunas categorías del conocimiento del cálculo y análisis: el caso del comportamiento tendencial de las funciones. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 2(1), 56-74.

Cordero, F. (2008). El uso de las gráficas en el discurso del cálculo escolar. Una visión socioepistemológica. En R. Cantoral, O. Covián, R. Farfán, J. Lezama y A. Romo (Eds.) *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: un reporte Iberoamericano* (pp. 285-309). México, D.F.: Díaz de Santos-Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. A.C.

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. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. 10(1) 7-38.

Cordero, F.; Albores, A.; Briceño, E.; Cabrera, L.; Canché, E.; Cen, C.; Gómez, K.; Miguel, M.; Silva, H.; Simón, G.; Soto, D.; Viramontes, D.; Zaldívar, J. Cinvesniñ@s. Una experiencia de difusión del conocimiento científico. *Avance y Perspectiva*. (Enviado para su publicación).

Cordero, F. y Gómez, K. Los procesos de difusión del conocimiento matemático: la funcionalidad y el cotidiano. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*. (Enviado para su publicación).

González, M. (2003). *La divulgación de la ciencia en su discurso frente al público*. Tesis de maestría no publicada. Departamento de Investigaciones Educativas, Cinvestav-IPN, México.

Suárez, L. (2008). *Modelación-Graficación, una categoría para la matemática escolar. Resultados de un estudio socioepistemológico*. Tesis de doctorado no publicada. Cinvestav-IPN, México.

Zaldívar, D., Briceño, E. y Cordero, F. (2009). *Una experiencia de modelación del movimiento en un programa de difusión de la ciencia* [Resumen]. Documento presentado en el XLI Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana. Matemática Educativa. Toluca, Estado de México, México, Enero.