

UN ESTUDIO DE REPRODUCIBILIDAD DE SITUACIONES DIDÁCTICAS: UN ENFOQUE SISTÉMICO

Javier Lezama Andalón
CICATA-IPN, México
jlezama@ipn.mx

Resumen

En este trabajo, presentamos los resultados del desarrollo de una investigación sobre un fenómeno didáctico denominado reproducibilidad. La relevancia de este trabajo para la didáctica de las matemáticas, está en que aborda de manera sistémica una práctica que es desarrollada por la mayoría de los profesores en su actividad escolar, “repetir clases”. La didáctica se ha ocupado del estudio de algunos fenómenos asociados con el repetir clases, más el que nosotros abordamos en esta investigación, es el caso en que esas actividades de aula, responden a un trabajo de ingeniería didáctica. Lo que nos propusimos repetir fue una ingeniería didáctica estructurada sobre un saber matemático específico, como es el caso del concepto de función exponencial y que además contaba con predicciones sobre el aprendizaje de los estudiantes. La situación didáctica diseñada después del análisis de aspectos epistemológicos, cognitivos y didácticos, fue llevada al aula con el fin de que unos estudiantes específicos se apropiaran del conocimiento matemático puesto en juego por la situación, pero a pesar de la consideración de los elementos antes mencionados, nada aseguraba que dicho instrumento de aprendizaje fuera universal, es decir que produjera aprendizajes de manera uniforme en cualquier población de estudiantes que se seleccionara. Existen múltiples factores que reducen o modifican la efectividad de la ingeniería al poner en funcionamiento la ingeniería en diversos escenarios escolares. Estos factores, creemos, son elementos constitutivos del fenómeno de la reproducibilidad. Nos interesaba conocer cuáles de éstos, al ser identificados, podrían permitirnos lograr efectos didácticos estables, a pesar de cambios significativos en el escenario de aplicación de la ingeniería, tales como la intervención de otros profesores, trabajar la situación con otros alumnos, otras modalidades de aplicación de la ingeniería, en fin, un cuerpo muy amplio de condicionamientos y que constituyen precisamente el objeto de estudio de este trabajo.

A lo largo este y otros escritos precisamos lo que hemos estudiado (Lezama, 1999, 2000, 2001, 2002), cómo lo hicimos y cómo obtuvimos la información pertinente para responder a nuestros cuestionamientos. Toda construcción didáctica nos obliga a hacer consideraciones sobre el carácter efímero o duradero de las mismas, sobre la factibilidad de ser implementada en la escuela periódicamente. Es relevante señalar, que las distintas investigaciones que se han elaborado a partir de 1984 con relación al fenómeno de la reproducibilidad, han ido incorporando aspectos nuevos al estudio del fenómeno, pero todas se han caracterizado por una fuerte atención al papel del profesor (Arsac, Balacheff y Mante, 1992), (Artigue, 1984), (Grenier, 1989), (Margolinas, Perrin-Glorian, 1997). Es en este contexto donde nosotros hicimos el planteamiento de nuestra investigación: ¿qué tipo de fenómenos podemos esperar aparezcan cuando se repite una situación didáctica diseñada con un propósito específico, aplicada por diferentes profesores o un mismo profesor en diferentes escenarios y con la intención de lograr la reproducibilidad de la misma? ¿Cuáles de estos fenómenos apuntan a lograr la reproducibilidad y cuáles no? ¿Cuáles eran predecibles y cuáles no?

Los elementos del sistema

Con relación al propósito didáctico de la ingeniería, éste se mantiene aunque el profesor cambie, no constituye un elemento subjetivo, sin embargo la manera como el profesor interprete dicho propósito sí afectará el desempeño de los estudiantes como lo mostró la experiencia, ya que se produjeron formas de interacción maestro-alumno-saber especiales configurando así un determinado contrato didáctico. El problema (como sinónimo de situación) fue planteado con un propósito didáctico específico, pero cuando interviene el profesor, afirmamos que aparece un elemento que denominaremos “intencionalidad del profesor” y como el contrato didáctico se erige por la interacción del profesor con el diseño, la naturaleza del saber en juego y la adopción del problema por parte del alumno, podemos esperar que uno de los factores que con mayor fuerza afectan al sistema es la actividad del (sea sustituido o no) profesor.

El propósito didáctico de la ingeniería deberá ser objetivo y comunicable, pero como nos lo ha permitido ver nuestro trabajo, la adopción del propósito didáctico por el nuevo profesor, si bien exige un trabajo de comunicación prolongado, dicho trabajo no es garantía de que el propósito didáctico opere automáticamente cuando la situación se pone en escena en un sistema didáctico determinado.

La estructura de la situación didáctica como factor de reproducibilidad

La situación didáctica “Un estudio de la función 2^x ” fue producto de un trabajo de ingeniería didáctica, fue debidamente validada y fue hasta entonces que se decidió probarla en distintos escenarios. Como sabemos la situación didáctica podemos ubicarla dentro del sistema didáctico en el polo del saber, pero no se puede considerar independientemente de los otros dos polos, sin embargo como se discutirá más adelante la consideración sobre la estabilidad de su estructura y propósitos didácticos resultaron fundamentales en nuestro afán de reproducibilidad. Propósitos, antecedentes, eje conceptual y secuencia de situaciones problema, permanecieron inalterados en todas las puestas en escena, excepto en el aspecto operativo donde se colocó la primera etapa de la situación para trabajarse independientemente en cada grupo de estudiantes. En el proceso de comunicación del escenario y especialmente cuando se abrió la posibilidad de que los profesores propusieran cambios a la situación, las únicas modificaciones sugeridas fueron orientadas a la redacción de algunas actividades que a decir de los profesores resultarían más comprensibles a los alumnos (Lezama, 2003).

Los estudiantes ante la reproducibilidad

Se hizo el mayor esfuerzo posible por trabajar con los grupos en condiciones lo más parecidas posibles a una clase común y corriente. Uno de los factores en que más cuidado se puso fue al control de tiempo. Sin embargo en todos los casos los estudiantes se tomaron amplios espacios de tiempo para discutir algunas partes de la situación. El contenido matemático de la situación constituyó una fuente de interés para algunos equipos y desalentadora para otros. Un elemento importante a destacar fue el hecho de que los equipos se sintieron con libertad para expresarse y trabajar.

El profesor como agente de reproducibilidad

El profesor tiene una visión privilegiada en el sistema didáctico, conocimiento y dominio del contenido matemático de la situación, conoce las características de sus estudiantes, él adopta los propósitos didácticos de la ingeniería y tiene la posibilidad de hacer adaptaciones para sus estudiantes a partir de las características de ellos. En el proceso de reproducción de la ingeniería, el polo que mayor atención exigió fue el del profesor ya que como se planteó en la estrategia de la investigación, la ingeniería se llevó a un sistema didáctico distinto para el cual se había diseñado, este hecho constituye una intervención en dicho sistema. Iniciar el proceso de adaptación del diseño para las nuevas condiciones exige una amplia colaboración entre el profesor del grupo y los agentes que colaborarán en dicha puesta en escena.

Los profesores y las interacciones con los estudiantes

La actividad de los estudiantes, al interior de sus respectivos equipos de trabajo, requirió de diversas intervenciones por parte del profesor y que fueron de naturaleza muy diversa. En

el análisis de las interacciones, catalogamos las intervenciones del profesor como preguntas, observaciones, indicaciones y acciones. Para el nivel de familiarización que tenían los profesores con la situación, se esperaban intervenciones de éstos, bien dirigidas y que redujeran al mínimo la incertidumbre en los estudiantes. Sorprendentemente hubo de calificarse como ambiguas muchas de las intervenciones del profesor. En varios equipos fue este tipo de interacción la que determinó el trabajo del equipo. Lo que caracterizaba a la interacción ambigua era, uso de lenguaje inapropiado para los estudiantes, respuestas ajenas a lo que el estudiante preguntaba o observaciones por parte del profesor muy ajenas a lo que en ese momento el estudiante estaba trabajando. La explicación a la interacción ambigua es difícil de dar, o bien el profesor no entiende la pregunta del estudiante, o no está atento a lo que en ese momento el estudiante hace, o también el profesor no tiene claro el sentido de la actividad y sus observaciones o respuestas resultan impertinentes. En algunos casos los profesores, ante la enorme dificultad que mostraban los estudiantes para interpretar los exponentes fraccionarios y la imposibilidad de reconstruir por ellos mismos los algoritmos geométricos, se abocaron a tratar de que los estudiantes recuperaran dichos algoritmos perdiendo así la oportunidad de atender en ese momento las exploraciones de los estudiantes y sus respectivas respuestas. La aparición del fenómeno de la interacción ambigua, es de gran importancia, ya que las dos categorías básicas de intervención discutidas y planeadas ampliamente en el proceso de comunicación del escenario son el desbloqueo y centración. Las interacciones ambiguas en forma paradójica fueron fuente de bloqueos y desviaciones. Incurrir en lo que hemos denominado como interacciones ambiguas muestra la complejidad de los fenómenos que se producen en el aula. Responder, indicar, hacer observaciones y realizar acciones en el marco de un plan de acciones para apoyar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, son actividades propias del profesor quien tiene la visión privilegiada del sistema didáctico como decíamos más arriba pero que en determinadas circunstancias de presión o de enorme dificultad, puede hacerlas jugar en contra de sus propósitos didácticos.

Elementos para la modelación del fenómeno de la reproducibilidad

En el contexto de lo que llamamos el “proceso de reproducibilidad de una Ingeniería Didáctica”, hemos identificamos elementos que consideramos imprescindibles en dicho proceso. Profesor, estudiantes y un contenido a estudiar conforman un sistema muy dinámico y éste se pone en acción bajo acuerdos motivados por propuestas de estudio que en la mayoría de los casos son propiciadas por el profesor. Introducir una propuesta de estudio formal a un sistema, exige para el profesor que operará la propuesta, un alto nivel de familiaridad con ella y estar convencido de los beneficios que le acarrearán a sus estudiantes. Con base a los ejercicios de reproducción efectuados, identificamos tres grandes espacios de acción a considerar para hacer un análisis de reproducibilidad:

Estructura de la Ingeniería Didáctica (Estructura)

Un espacio para el saber, constituido por la Ingeniería didáctica a trabajar: Dicha ingeniería es el resultado de un análisis preliminar riguroso y su correspondiente validación. Para comunicarla a un profesor candidato a llevarla a sus estudiantes, consideramos deberán: Explicitarse de manera amplia el Propósito didáctico. Establecerse de manera clara los antecedentes matemáticos indispensables para abordarla. Mostrarse los ejes conceptual y operativo, establecido a través de una sucesión de elementos matemáticos a considerar,

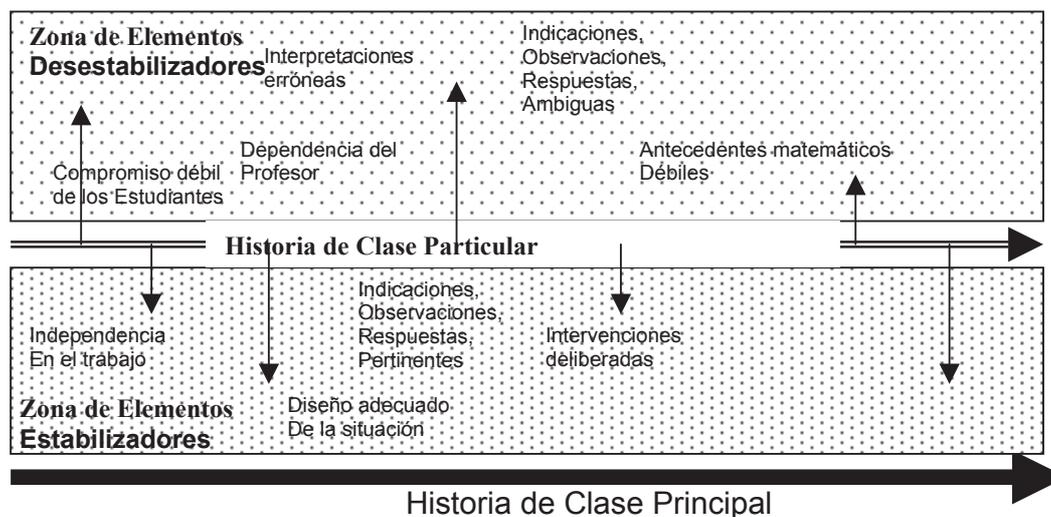
diversas acciones, validaciones y formulaciones a realizar. Estructura y sucesión de situaciones problema a resolver.

Comunicación del escenario (Comunicación)

Un espacio para la comunicación de la ingeniería (lo que se ha denominado Comunicación del Escenario): Discutir el propósito de la situación didáctica: Orientada a apropiarse del sentido de la actividad, analizar el por qué y para qué de todas sus partes. Establecimiento de un proceso de apropiación de la ingeniería, orientado a lograr que los profesores puedan considerarse como diseñadores (apropiación del diseño) de la situación. Resolver todas las situaciones problemas, discutiendo aspectos conceptuales y operativos de la situación.

Adaptación al nuevo Sistema Didáctico (Adaptación)

Un espacio para la planeación de la puesta en escena: Identificar los antecedentes matemáticos requeridos por los estudiantes para trabajar la situación así como las posibles dificultades que podría enfrentar desde la perspectiva matemática. Proceso de adaptación de la situación didáctica al grupo de estudiantes a través de una toma de acuerdos entre diseñador y profesores. Rediseño de la situación didáctica ajustada al nuevo grupo de estudiantes (establecer los límites de modificación de la situación didáctica). Establecimiento de una estrategia de interacción entre profesor y alumnos. Organización social de la clase, donde se establece la modalidad de trabajo en la que los estudiantes afrontarán la situación. Elaborar las predicciones sobre lo que harán los estudiantes. Lograr la reproducibilidad de una situación didáctica consiste en lograr que las historias de clase descritas por los estudiantes se encuentren lo más próximas posibles a la historia principal que es establecida desde el diseño. Las órbitas descritas por cada uno de los equipos pueden ser variadas pero deben de estabilizarse cuando se discuten los obstáculos alrededor de los cuales se ha diseñado la situación (Lezama, 2003). ¿La estructura de la situación es tal que orilla a los estudiantes a transitar casi de manera única por cada una de sus partes y provoca una comprensión uniforme en todos los estudiantes que la trabajan? Idealmente esa es la pretensión de un diseño científicamente planeado. Si bien un diseño apunta a reducir al mínimo las posibles alteraciones, sabemos que estas son inevitables, lo normal entonces es el surgimiento de múltiples alteraciones y estas son provocadas cuando los estudiantes entran a interpretar los problemas que se les plantean, por su bagaje matemático, por el dominio conceptual de los asuntos matemáticos que se tratan, por la heterogeneidad de los estudiantes. Estos elementos no pueden ser uniformes y por lo tanto introducen en escena elementos que producen inestabilidad en el efecto didáctico. Es el profesor quien, desde su nivel de apropiación de la situación y estrategias de interacción con los estudiantes, puede ayudar a reducir los factores desestabilizadores. Pero nuestra investigación nos ha mostrado que contra lo esperado, el profesor puede introducir nuevos e inesperados elementos inestabilizadores. La historia particular desarrollada por cada uno de los estudiantes o grupo de estudiantes, para poder asegurar que el efecto didáctico se ha reproducido deberá de tener el mayor parecido a la historia principal o ideal. La cercanía o lejanía de la historia principal estará determinada por los elementos estabilizadores o desestabilizadores que se ponen en acción, como se muestra en la figura:



La reproducibilidad está determinada por la distancia o parecido de las historias particulares a la historia principal, pero bajo el supuesto de que es imposible historias de clase idénticas. El proceso de reproducción de una situación didáctica se inicia con la actividad del profesor que operará la reproducción dirigida a trabajar la situación didáctica como un problema personal en el que él resolverá para sí, en lo que podríamos denominar un proceso personalizador, él identificará las partes problemáticas de ésta a partir de su experiencia y formación, para luego pasar a un proceso de despersonalización cuando mire a la situación como una actividad para otro (sus estudiantes) identificando los elementos problemáticos para ellos a partir del conocimiento que tiene de ellos. Este espacio de intervención del profesor sobre la situación didáctica permitirá por fin intervenir en el sistema didáctico que había señalado anteriormente como ajeno. El trabajo de reproducción consistirá en generar estrategias que reduzcan en lo más posible los elementos desestabilizadores, pero éstos aparecerán inevitablemente, queda a los operadores de la reproducción estar atentos al surgimiento de las situaciones inesperadas, pero atenderlas también está sujeto a acciones inesperadas del profesor cayendo así en un círculo que se podría calificar de vicioso, pero que es característico de la actividad humana.

Conclusiones

Partir de la experiencia de repetir una situación didáctica en condiciones de control, nos ha hecho identificar algunos fenómenos que emergen cuando se repite una situación didáctica en distintos escenarios. El fenómeno de la reproducibilidad, como fenómeno que nos permite analizar la repetición del efecto didáctico se presenta como frágil ya que la repetición del efecto didáctico está determinado por múltiples factores, siendo los más complejos e incontrolables los humanos. La reproducibilidad como hemos señalado consiste en una intervención en un sistema didáctico, en la tríada didáctica el polo del saber es el que permanece estable, siendo el de los estudiantes y profesores los más difíciles de controlar. La actividad de reproducir situaciones didácticas está asociada a la transposición didáctica, ya que el proceso de adaptar una situación didáctica a un grupo específico de estudiantes, está sujeto a un proceso de negociaciones entre el diseñador y los actores del nuevo sistema didáctico a fin de efectuar la reelaboración de la situación. La negociación y

la posterior intervención del diseño original para obtener el rediseño, son actividades características que se efectúan en lo que se denomina el sistema operativo de la transposición didáctica y que Chevallard (1991) denomina noosfera. Se podría afirmar que reproducir una situación didáctica es una transposición a un sistema didáctico específico. La reproducibilidad de una situación didáctica entendida como la cercanía de las historias de clases particulares con la historia de clase principal puede ser establecida de manera objetiva dadas las características estructurales de una situación didáctica ya que están determinadas objetivamente las acciones, formulaciones y validaciones a realizarse, así como la respectiva institucionalización del profesor. Los elementos estabilizadores y desestabilizadores pueden ser controlados en cierto modo a partir del trabajo realizado en el proceso de comunicación del escenario y adaptación. El profesor juega un papel determinante en el proceso de reproducción de situaciones didácticas, ya que es el polo del sistema didáctico que requiere ser más activo y flexible, ya que vive la situación didáctica, la discute, analiza y critica y posteriormente la rediseña. La visión sobre la situación debe ser amplia y profunda ya que deberá reformularla para sus estudiantes y posteriormente acompañarlos cuando éstos la trabajen. Tal actividad exige en el profesor habilidades que van más allá del dominio disciplinar. Además son tantos los aspectos que el profesor deberá cubrir que es muy fácil que en alguno de ellos falle. En estas múltiples actividades podemos observar cómo se ponen en acción las concepciones del profesor sobre su actividad como profesor, así como las concepciones que tiene de los alumnos, por las decisiones que toma para llevar a los estudiantes la situación didáctica.

Reviste primordial importancia el espacio de las interacciones entre profesores y alumnos, ya que especialmente en ellas surgen los elementos desestabilizadores que impedirán el cumplimiento del propósito didáctico establecido. Se pudo observar el fenómeno que hemos denominado de umbral de conocimiento, y que es resultado de la carencia de los antecedentes matemáticos indispensables para afrontar la situación. Las respuestas erróneas podrían ser calificadas de arbitrarias o resultado de un salir al paso ante preguntas a las que se desconocen sus respuestas. Los estudiantes formularon respuestas provisionales y que no estaban en posibilidad de validar o darse cuenta del error, creemos por razones de tiempo. Las respuestas dadas por los estudiantes eran auténticas formulaciones pero esto sólo lo permitió ver un largo análisis de lo hecho y dicho por los estudiantes. En condiciones normales de clase sus respuestas hubieran sido calificadas de arbitrarias y erróneas. El concepto de potencia entera positiva es estable en la mayoría de los estudiantes pero en todos los casos mostraron que elevar a potencias fraccionarias carece de significado para la casi totalidad de los estudiantes. La mayoría los estudiantes asocia la función exponencial con crecimiento, pero son incapaces de reconocer la modalidad de crecimiento pues la mayoría representó dicho crecimiento con líneas de pendiente positiva.

Bibliografía

- Aguilar, P.; Farfán R. M.; Lezama, J. Moreno, J. (1997). Un estudio didáctico de la función 2^x . *Actas de la Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa*. Morelia, México.
- Arsac, G. (1989) Le rôle del professeur- aspects pratiques et théoriques, reproductibilité. Cahiers du Séminaire de Didactique des mathématiques et de l'informatique. Grenoble:IMAG-LSD.
- Arsac, G., Balacheff, N. y Mante, M. (1992) Teacher's role and reproducibility of didactical situations. *Educational Studies in Mathematics*, 23: 5-29.
- Artigue, M. (1984). *Contributions à l'étude de la reproductibilité des situations didactiques – Divers travaux de mathématiques et de didactique des mathématiques*. Thèse de Doctorat d'état. Université Paris VII. Sin publicar.

- Artigue, M. (1986). Étude de la dynamique d'une situation de classe: une approche de la reproductibilité. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7(1), (pp.5-62).
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Colección: Psicología Cognitiva y Educación. Edit. Aique. Argentina.
- Grenier, D. (1989). Construction et étude d'un processus d'enseignement de la symétrie orthogonale: éléments d'analyse du fonctionnement de la théorie de situations. *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol.17, No. 1, pp. 5-60.
- Lezama, J. (1999). *Un estudio de reproducibilidad: El caso de la función exponencial*. Tesis de maestría, no publicada. DME, Cinvestav-IPN. México.
- Lezama, J. Farfán, R. M. (2000) El papel del profesor en la reproducibilidad de situaciones didácticas, En *Acta Latinoamericana de Matemática educativa Vol. 13*. pp. 493-500. México.
- Lezama, J.; Farfán, R. M. (2001) Introducción al estudio de la reproducibilidad. *Revista Latinoamericana de investigación en Matemática Educativa*. Vol.4, Núm. 2. pp 161-193. México.
- Lezama, J.; Farfán, R. M. (2001) Un estudio de reproducibilidad de situaciones didácticas. En *Acta Latinoamericana de Matemática educativa. Vol. 14*. pp. 546-551. México.
- Lezama, J.; Farfán, R. M. (2002). Reproducibilidad de situaciones didácticas. En *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* Vol. 15, tomo 2, pp. 1157-1162. México.
- Margolinas, C., Perrin-Glorian, M. J. (1997). Des recherches visant à modéliser le rôle de l'enseignant. (Editorial). *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol. 17, No. 3, pp. 7-16.