

## MODELACION DE UNA CINETICA QUIMICA PARA EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMATICAS

Adriana Galicia, Leonora Díaz, Jaime Arrieta, Ángeles Gama, Lorena Landa

Instituto Tecnológico de Acapulco

México

Universidad Autónoma de Guerrero.

Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

Chile

agsosa2001@yahoo.com.mx

**Resumen.** El presente trabajo centra la atención en aproximar las prácticas sociales de modelación de los entornos profesional e investigativo con el entorno escolar. El estudio que se reporta se inscribe en la línea de investigación que se orienta a describir el papel de las matemáticas en comunidades de profesionistas, su deconstrucción y posterior reconstrucción en la escuela. Como metodología se acuña una secuencia de actividades encaminadas hacia la investigación de prácticas, iniciando con la identificación de la comunidad en estudio y cerrando con la puesta en escena de diseños de aprendizaje..

**Palabras clave:** modelación matemática, cinética química

**Abstract.** This paper focuses in bring closer the social practices of modeled of professional environments and researched with school environment. The report study is enrolled in the line of research that characterizes the role of mathematics in professional communities, its deconstruction and subsequent reconstruction at school. Methodologically, materializes in a sequence of activities investigating these practices, the sequence begins with the identification of the studied community and ends with the staging of learning designs.

**Key words:** mathematical modeling, kinetic reaction

### La problemática

El estudio de la desvinculación entre la escuela y su entorno social, ha sido ampliamente abordado desde diversas perspectivas. En (Díaz ,1987) se reconoce que, a pesar de que a la matemática se le asignan roles formativo, informativo y práctico, en el campo laboral no se sabe por qué. En los trabajos de (Galicia, Díaz y Arrieta 2011), (Ulloa y Arrieta 2010) y (Landa, 2008), se da cuenta de la separación entre las prácticas sociales de modelación en comunidades de las ingenierías bioquímica y pesquera, con las comunidades escolares. El estudio que reportamos tiene que ver con aspectos de cómo vive la práctica del cálculo de una cinética química y las intencionalidades de la comunidad de ingenieros bioquímicos al ejercer dicha práctica.

### La Socioepistemología como perspectiva teórica

La perspectiva teórica que sostenemos es la Socioepistemología (Cantoral y Farfán, 2004), en tanto que es una perspectiva teórica que estudia la emergencia de los conocimientos matemáticos cuando son ejercidas las prácticas por diversas comunidades y cómo es que viven estas prácticas y conocimientos matemáticos en las comunidades escolares. Particularmente nuestra perspectiva asume a las prácticas sociales de modelación como fuente de procesos de

matematización en el aula: los estudiantes construyen argumentos, herramientas, nociones y procedimientos matemáticos en la intervención con los fenómenos de la naturaleza (Arrieta, 2003).

Estudiar la tensión entre las prácticas profesionales y las prácticas escolares es complejo, por ello cabe la flexibilidad en el orden de algunas de las actividades que se plantean en las fases de la investigación. Por otra parte la profundidad de las mismas está en función del alcance de los objetivos de la investigación y de las características de las evidencias levantadas.

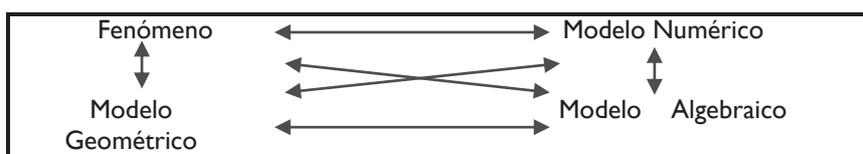
### Fases del estudio

1. *Identificación de la comunidad en estudio.* Se precisa conocer la historia, el perfil, los objetivos, el currículo, artículos científicos, es decir investigar los antecedentes teóricos para conocer qué tipo de problemáticas atienden.
2. *Reconocimiento de los escenarios,* de los espacios en que viven las prácticas de comunidades específicas. La infraestructura necesaria, el equipamiento así como las condiciones ambientales de estos espacios.
3. *Identificación y clasificación de prácticas sociales recurrentes.* Se identifican las problemáticas atendidas con la asesoría de profesionistas, investigadores y profesores de la comunidad en estudio. Se caracteriza la complejidad de ejercer la práctica y el conocimiento previo que requiere así como la complejidad del modelo matemático que vive en esa práctica.
4. *Estudio in situ de las prácticas recurrentes.* Se observa cómo los actores ejercen sus prácticas, incluyendo a los actores en formación. Se precisa conocimiento previo de la actividad a observar. Se levantan videos y audio grabaciones así como notas de campo para posteriormente distinguir entidades tanto matemáticas como no matemáticas que emergen en el ejercicio de la práctica.
5. *Análisis, esquematización y selección de las prácticas sociales a deconstruir.* Esta fase requiere contar con la asesoría de profesionistas de la comunidad que no formen parte del grupo de estudio. Se esquematizan las prácticas y se selecciona la que se va a deconstruir, con base en las mejores evidencias levantadas, por la posibilidad de reconstruir su modelación en el aula, de acuerdo a la caracterización del desplazamiento de la práctica a través del tiempo y la experiencia de quien la ejerce, entre otras características.
6. *Deconstrucción de la práctica seleccionada.* Su propósito es desestructurar para entender, por lo que se realizan las siguientes etapas:
  - a) Revisión histórica de las entidades en práctica.

- b) Situar la práctica y sus herramientas matemáticas en el currículo.
- c) Interactuar con los actores que ejercen la práctica e investigar por qué ejercen la práctica de la forma en que lo realizan. Esto es fundamental en el acopio de elementos para el ulterior diseño de aprendizaje basado en prácticas.

El término deconstrucción es acuñado por Derrida, en los años 60's esta filosofía francesa se perfiló como desafío en el discurso pedagógico, esta transferencia de un concepto filosófico a otras esferas de conocimiento comprueba su comunicabilidad y trascendencia (Landa, 2008).

7. *Caracterización de las prácticas sociales por su desplazamiento en el tiempo.* Después de deconstruir las prácticas es posible mirar la relación entre la experiencia y la intencionalidad que subyace al ser ejercida. En ese sentido una práctica emergente es aquella que se presenta cuando surge en y para la práctica misma, como contingencia de un fenómeno o proceso. La práctica constituida es aquella que ya ha sido aceptada y normada por la comunidad y la práctica naturalizada es cuando es ejercida cotidianamente perdiendo la intencionalidad que la generó, sin que se cuestione su ejercicio. Es posible también tomar en cuenta la complejidad de ejercicio de la práctica y del conocimiento previo que se requiere. Matemáticamente es posible caracterizar la práctica como modelo primario, compuesto ó modelo *ad hoc*.
8. *Elaboración y puesta en escena del diseño de aprendizaje basado en prácticas sociales de modelación.* Etapas presentes en el diseño de aprendizaje:
  - a) La interacción con el fenómeno. Consiste en “la toma de datos”, que conduce a la construcción de una tabla, reconociendo y relacionando las variables que intervienen en el fenómeno.
  - b) El acto de modelar se presenta al identificar las características distintivas de la tabla y, a partir de ésta, efectuar predicciones sobre el fenómeno.
  - c) La articulación de red de entidades. Se procede a relacionar los modelos entre ellos, y a su vez con el fenómeno estudiado, formando de esta manera una red de modelos.



- d) La analogía. Se realizan actividades mediante las cuales se puedan proponer fenómenos modelables de manera análoga.

Es importante evidenciar la identificación de variables que intervienen el comportamiento tendencial y el proceso de predicción.

### Desarrollo de la investigación

#### La comunidad de Ingenieros Bioquímicos

Situamos esta investigación en comunidades de ingenieros bioquímicos, quienes en su formación se espera que el egresado diseñe, controle, simule y optimice equipos, procesos y tecnologías sustentables que utilicen recursos bióticos y sus derivados, para la producción de bienes y servicios que contribuyan a elevar el nivel de vida de la sociedad, en un tiempo de nueve semestres.

#### Los escenarios

El Instituto Tecnológico de Acapulco es una institución formadora de Ingenieros Bioquímicos con especialidad en alimentos, cuenta con laboratorios de microbiología, química, instrumental, investigación y taller de alimentos, escenarios en los que se desarrollan la mayoría de las actividades, todos medianamente equipados. El ingeniero bioquímico ejerce en laboratorios de análisis, plantas de tratamiento de agua potable y residual, industrias productoras de cemento y concreto, agroindustrias, industrias de bebidas embotelladas, así como en el sector educativo.

#### Seguimiento de una cinética química como práctica recurrente

En esta etapa se realizó una revisión del plan de estudio, la retícula. Es posible clasificar las prácticas del ingeniero bioquímico por la complejidad de la entidad matemática que está presente en los diversos fenómenos en los que intervienen como entidades primarias, entidades compuestas y entidades ad hoc. De la diversidad de prácticas de modelación nos centramos en la práctica de la realización, seguimiento y control de una cinética química, por su importancia en la comunidad y la posibilidad de que ésta sea reproducible. La cinética química tiene relación con la rapidez o velocidad, con la que ocurre una reacción química, es el cambio en la concentración de un reactivo o de un producto con respecto al tiempo. Para el cálculo de la cinética química se utiliza la forma diferencial es  $dx/dt = k(a_0 - x)$  ó la forma integrada  $\ln(a_0 - x) = -k_1 t + \ln a_0$ . Siendo  $x$  la concentración del compuesto y  $a_0$  la concentración inicial en el tiempo  $t$ .

### Estudio de la cinética química *in situ*

Se tomaron como referencia prácticas que son ejercidas en diferentes escenarios.

*La planta de tratamiento de aguas.* El proceso de depuración de las aguas residuales es por la actividad de los microorganismos. Las actividades que se realizannormalmente son análisis Físicoquímicos y Microbiológicos del agua en los diferentes puntos del proceso. Uno de los parámetros que le permite tomar decisiones al operador es la cantidad de sólidos presentes en los lodos (masa microbiana) que le indican la capacidad de degradación de la materia orgánica, los llamados en esta comunidad “lodos maduros” son los adecuados. Ocasionalmente opera el proceso, como es la purga de lodos ó regular el flujo del influente.

*Laboratorio de investigación.* Se asistió a un laboratorio de investigación en el cual se estudia el mejoramiento en la producción de mezclala nivel laboratorio. Se logro constatar que estudiantes de posgrado realizaban análisis bromatológicos y microbiológicos a las muestras de las diferentes etapas de la producción de mezcal y en esta actividad es importante llevar a cabo el control de la cinética del consorcio microbiano que fermenta el agave.



Figural Método integral

*La clase de Cinética Química y Biológica.* Se observó dificultades de los estudiantes en la preparación de soluciones. En el reporte no siempre identifican las variables involucradas. El tratamiento matemático de los datos o su interpretación es nula, ya que no logran establecer el comportamiento tendencial de la reacción matemáticamente. Para validar este modelo el estudiante precisa encontrar la pendiente que indica

la constante de velocidad de reacción por el método integral, el modelo de primer orden es  $(-r_A) = k C_A$  y la forma integrada:  $kt = \ln C_{A0}/C_A$  al graficar  $\ln C_{A0}/C_A$  respecto a  $t$ , se debe obtener una recta con pendiente  $k$  interceptando en el origen.

En la figura 2 se muestra un esquema general del ejercicio de una cinética.

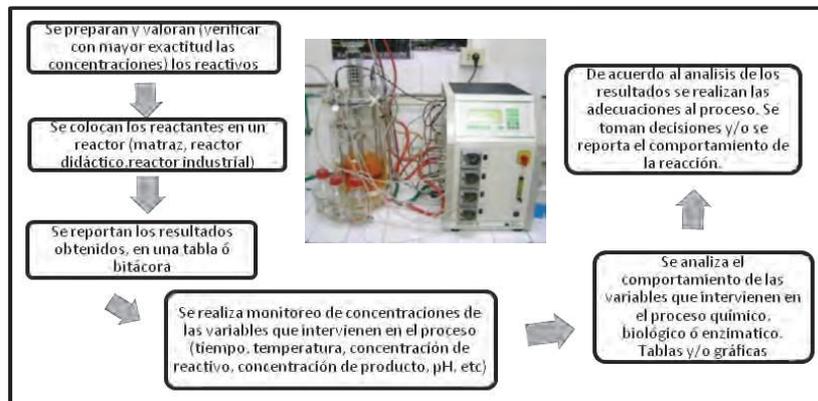


Figura 2. Esquematización de la práctica de cinética química

## Deconstrucción

La revisión histórica de la cinética química es muy amplia, en (Masel, 2001) se menciona que el estudio de la cinética química comenzó hace más de 200 años. Iniciando en 1771 con Wenzel cuando noto que la disolución de Cinc y cobre en ácido tomaba un tiempo finito, posteriormente varios científicos, mostraron que la rapidez de las reacciones químicas variaba con la concentración de los reactivos. El método diferencial emplea la ecuación de velocidad en su forma diferencial sin integrar. Los valores de  $dc/dt$  se obtienen de una gráfica de  $c$  contra  $t$  tomando las pendientes y estas se comparan directamente con la ecuación de velocidad.

La principal dificultad del método es que no siempre se pueden obtener con precisión las pendientes. A pesar de este inconveniente el método es el más confiable y a diferencia del método de integración no produce dificultades especiales cuando se presentan complejidades en el comportamiento cinético. En la clase y en los libros de consulta se privilegia el método integral.

## Cinética química en el currículo

La asignatura de Cinética Química y Biológica se imparte en cuatro horas de teoría y en dos de práctica a la semana, en sexto semestre. Para cursar esta asignatura se requieren bases de química y es prerrequisito para cursar las asignaturas de microbiología e ingeniería de biorreactores. Las herramientas matemáticas que se requieren son de cálculo diferencial e integral.

## La interacción con los actores

*En la planta de tratamiento de aguas residuales.* El ingeniero entrevistado argumenta no llevar el control de la cinética de reacción en los reactores, percatándonos de esta aseveración si se considera la forma en cómo se realiza en el aula, es decir, tomando datos y aplicando ecuaciones, sin embargo consideramos que la determinación de la demanda química y bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos y sedimentables y analizar los resultados le permiten la toma de decisiones respecto a la velocidad y efectividad de la biorreacción. Una práctica interesante que realiza para conocer las características del lodo son la coloración, la consistencia y el olor.

*En la comunidad de investigadores.* En esta comunidad los estudiantes de posgrado hacen notar que aun cuando no les gustan las matemáticas hacen uso de los modelos cinéticos de fermentación para lograr el control de la misma y sobre todo tener la capacidad de hacer las predicciones pertinentes y el escalamiento del proceso para un nivel planta piloto, en esta actividad buscan el apoyo del profesor de maestría de la asignatura de matemáticas aplicadas.

En esta comunidad se encontró la aplicación directa de modelos cinéticos e incluso la adaptación de estos modelos a la biorreacción.

*En la clase de cinética química y biológica.* Al cuestionar a los estudiantes sobre la explicación de una gráfica mencionan: “Concluimos que en la gráfica a mayor tiempo también la cantidad va aumentando porque hay un tiempo de reacción más lento”. Lo que realmente los estudiantes quisieron decir en este momento es que el comportamiento tendencial de los datos era logarítmico.

### La experiencia y las intencionalidades

En la Tabla I se intenta caracterizar la práctica, nos referimos a modelos primarios las tablas y gráficas logarítmicas y lineales en todos los niveles a excepción del profesionalista quien toma datos en bitácora, consideramos modelos compuestos aquellos cuya complejidad matemática es mayor y ad hoc a los que son generados como producto del ejercicio de la práctica.

Tabla I. Caracterización de la práctica de cinética química

Nivel	Intención	Experiencia	Referencias	Adecuación de la práctica	Caracterización de la práctica por		
					Desplazamiento en el tiempo	Ejercicio	Modelo Matemático
Alumnos de 6° semestre	Aprender, acreditar la asignatura	Mínima	Apuntes, clase, libros	Ninguna	Naturalizada	Operación y control	Primarios
Profesor	Enseñar las leyes que rigen una cinética	Experto	Libros, artículos, normas	Ninguna	Constituida	Operación y control	Primarios
Ingeniero Bioquímico	Atender una problemática social	Experto	Normas	No la identifica formalmente	Naturalizada y emergente informal	Operación y control	Primarios
Investigador	Reproducibilidad de trabajos. Generar ciencia	Experto	Artículos Prueba y error	Constantemente	Emergente formal	Operación control y diseño	Compuestos y ad hoc

### El diseño de aprendizaje

Los actores participantes fueron estudiantes de primer semestre sin conocimientos previos de cinética química. Se trabajó con 3 equipos de 3 integrantes cada uno. Se realizaron dos diferentes diseños usando la técnica de volumetría y el método conductimétrico sin resultados esperados. Posteriormente se diseñó la cinética del yodato de potasio. El método que se

utilizó fue el diferencial. En esta reacción el yodo elemental que se libera origina un color azul intenso en la solución en presencia de almidón, esto tiene lugar cuando se ha formado cierta cantidad de yodo. Se realizó el procedimiento indicado en la figura 3.

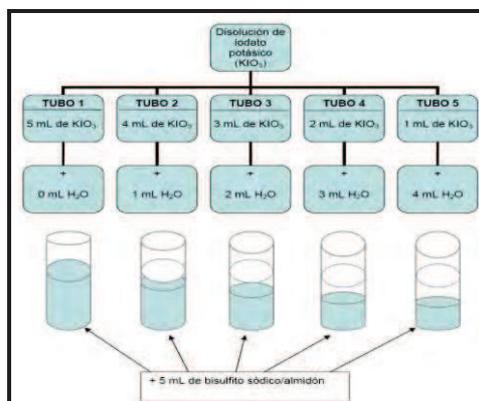


Figura 3. Diagrama de preparación de muestras

*Etapla I: La interacción con el fenómeno.* Los estudiantes identificaron rápidamente las variables tiempo y la concentración cuando las muestras cambiaban de color. Organizaron los datos numerizando el fenómeno en una tabla y esquemáticamente. A continuación se muestra una predicción errónea del comportamiento de la reacción:

*Omar:* El color aparece cada tres minutos en cada tubo.

Sin embargo a partir del tubo cuatro se dan cuenta que sus predicciones son erróneas

*Omar:* Nos equivocamos. Va tardar mucho más en reaccionar

En este momento inician un nuevo análisis predictivo, sumando los minutos del tubo cuatro al quinto potencialmente pero sin éxito, ya corría el minuto 30. Los estudiantes relacionaron el tiempo con la concentración en una gráfica. Sin embargo tuvieron dificultades sobre cómo plantear la dependencia entre las variables. En la figura 4 se muestra a la izquierda un boceto de la gráfica correcta, no así la derecha en la que se aprecia la fijación en lo lineal.

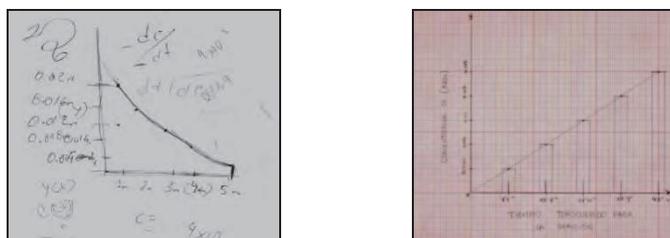


Figura 4. Gráficas de concentración de reactivo Vs tiempo

*Etapla II: El acto de modelar.* Observaron que el tubo con menor concentración tardó más en cambiar de color. Se les solicitó que calcularan los parámetros de la tabla 2, se les guió para

que graficaran las relaciones de la figura 5. Estableciéndose las relaciones lineales. Los estudiantes solicitan utilizar laptop.

Tabla 2. Datos del experimento cloruro de terbutilo

No.	C	C <sub>0</sub>	-Δ C	T min	-Δ C	Δ T	Δ C/Δ T	C <sub>0</sub> -C
1	0,02	0,02		7,52			-	
2	0,016	0,02	0,004	10	0,004	3,31	0,001208459	0,004
3	0,012	0,02	0,004	13,31	0,004	6,78	0,000589971	0,008
4	0,008	0,02	0,004	20,09	0,004	25,16	0,000158983	0,012
5	0,004	0,02	0,004	45,25	0,004		-	0,016

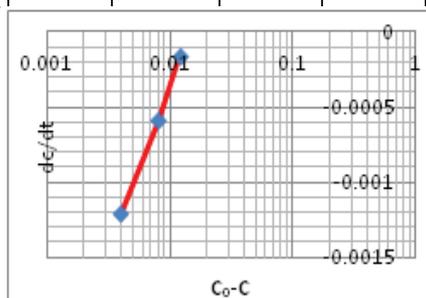


Figura 5. Gráfica velocidad de formación de producto

A la pregunta: ¿Cuál será el valor de la concentración de iodo si la velocidad de la reacción es 0.014? (dato intermedio) argumentaron los estudiantes:

*Carlos:* Ese dato no lo tenemos

*Daniel:* Se tienen las diferencias, Co-C y la concentración inicial es 0.02

*Javier:* Pues tomamos el dato de Co-C que corresponde, 0.02 menos 0.014, es decir 0.006, éste a la dc/dt más cercano que nos pide y le agregamos la mitad del valor de Co-C que le corresponde a la siguiente mitad de la dc/dt multiplicando por el valor próximo.

En otras palabras lo que el estudiante expresaba era la aproximación a la función por la serie de Taylor de primer orden, es decir la primera aproximación de la serie, luego entonces la serie sería:  $f(C_0-C + h) = f(C_0-C) + \Delta(C_0-C)/\Delta(\Delta C/\Delta T) h$ .

*Etapa III: La articulación de red de entidades.*

*Profesora:* ¿Saben de otra manera de encontrar estos valores?

*César:* ¿Puede ser gráficamente?

*Profesora:* ¿cómo?

*César:* Localizando aproximadamente el valor de dc/dt que nos pide en las Y's, tocando la recta y leyendo en las X's, de hecho más o menos como se fue armando la recta ¿no?

## Conclusiones

En la comunidad de ingenieros bioquímicos una de las prácticas relevantes es el seguimiento de cinéticas tanto químicas como biológicas y enzimáticas, una práctica que da lugar a la emergencia de su identidad profesional.

En este trabajo se muestran algunas evidencias de cómo la práctica social constituye el motor de la evolución profesional al aproximar la caracterización de la práctica, la tendencia a naturalizarse e incluso cómo el profesionalista concibe a la cinética química como una actividad escolar apartada de su actividad cotidiana, en la que la experiencia se impone a todo cálculo matemático contrastando con la actividad del investigador que precisa de estas herramientas connotándose la diferencia en la emergencia informal del primero y la emergencia formal del segundo. Existiendo la posible abstracción de entidades en la comunidad escolar.

La caracterización y deconstrucción de la práctica proporciona elementos importantes para experimentación en el aula, mostrando las concepciones de los participantes del funcionamiento de las entidades matemáticas, las relaciones logarítmicas, la linealidad de la velocidad de desaparición de reactivos respecto a las diferencias de estos, así como la interpolación lineal y la primera aproximación de la serie de Taylor contando con conocimientos básicos de química y matemáticas. Los actores al predecir el modelo con lo modelado, actividad distintiva de los investigadores.

Modelar experimentos para el aprendizaje de las matemáticas de estudiantes de ciencias químico-biológicas debe considerarse una actividad primordial.

## Referencias bibliográficas:

- Arrieta, J. (2003). *Las prácticas de modelación como proceso de matematización en el aula*. Tesis de Doctorado no publicada. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. México.
- Cantoral, R. y Farfán, R. (2004). La sensibilité a la contradiction: logarithmes de nombres négatives et origine de la variable complexe. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 24, 137-168.
- Díaz, L. (1987). *Un estudio de relación entre matemática y campo laboral*. Tesis de Magíster en Educación Matemática no publicada. Universidad de Santiago de Chile.
- Galicia A., Díaz L. y Arrieta J. (2011). Práctica social de modelación del ingeniero bioquímico: Análisis microbiológico. *En resúmenes de la XII Conferencia Interamericana de Educación Matemática*

Landa, L. (2008). *Diluciones seriadas y sus herramientas, una práctica de estudiantes de ingeniería bioquímica al investigar la contaminación del río de la Sabana*. Tesis de Maestría no publicada. Universidad Autónoma de Guerrero. México.

Masel, R. (2001). *Chemical kinetics and catalysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Ulloa, J. y Arrieta, J. (2010). La deconstrucción como estrategia de modelación. En P. Leston, (Ed), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 23, 909-917. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.