

# Reconstitución de prácticas sociales de modelación: lo lineal a partir de análisis químicos El caso de la curva de calibración

Reconstitution of social practices of modeling:  
The linear from chemical analysis  
The case of the calibration curve

---

GALICIA SOSA Adriana  
LANDA HABANA Lorena  
CABRERA GALICIA Alfonso Rafael

---

RECIBIDO: AGOSTO 20 DE 2017 | ACEPTADO PARA PUBLICACIÓN: OCTUBRE 12 DE 2017.

## Resumen

Una preocupación que compartimos es que el aprendizaje de las matemáticas se vive de manera descontextualizada. Desde construir matemáticas nos desplazamos a contribuir a formar profesionales, constituyendo una matemática relevante. Este trabajo se realiza en la comunidad de

Adriana Galicia Sosa. Docente de tiempo completo en el Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico de Acapulco. Ingeniera bioquímica, maestría y doctorado en Matemática Educativa. Experiencia como docente por 22 años en licenciatura y posgrado. Responsable y colaboradora de seis proyectos de investigación nacional e internacional. Dirección y asesoría de más de 18 tesis de licenciatura y posgrado. Perfil Promep 2012-2014 y miembro del padrón estatal de investigadores. Coautora de más de 14 publicaciones internacionales arbitradas. Tiene dos reconocimientos nacionales como asesora de proyectos. Líder de la línea de investigación: docencia y aprendizaje. Correo electrónico: [agsosa2001@yahoo.com.mx](mailto:agsosa2001@yahoo.com.mx).

Lorena Landa Habana. Docente en el Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico de Acapulco. Es Ingeniera bioquímica y cuenta con maestría en Matemática Educativa. Experiencia profesional en control de calidad de alimentos y como docente por 13 años en programas de licenciatura. Colaboradora de cuatro proyectos de investigación. Asesora de más de 15 tesis de licenciatura. Coautora en ocho publicaciones internacionales arbitradas. Reconocimiento nacional a la mejor tesis de licenciatura por la Sedesol 2004. Miembro de la línea de investigación: docencia y aprendizaje del Tecnológico Nacional de México. Correo electrónico: [lorena\\_landa\\_habana@yahoo.com.mx](mailto:lorena_landa_habana@yahoo.com.mx).

Alfonso Rafael Cabrera Galicia. Es docente en la Universidad Politécnica de Puebla, México. Cuenta con estudios como ingeniero en Electrónica con especialidad en Sistemas Digitales y tiene una maestría en Ciencias de la Electrónica en Diseño de Circuitos Integrados. Experiencia docente en licenciatura de un año. Coautor de un artículo en el Congreso Internacional IEEE 2017. Correo electrónico: [alfonso\\_cabrera@outlook.com](mailto:alfonso_cabrera@outlook.com).



cessity to adjust the data in a linear manner articulating a graphical model, obtaining different ways of prediction by using the three rules, the algebraic model or the graphical one. It is in this way that the student can achieve a strengthening of his interpretation of the practice of the spectrophotometry, reconstructing its practice.

Key words: DECONSTRUCTION, PRACTICE, MODELING, CHEMICAL ANALYSIS.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo se ubica alrededor de una formación integral del estudiante, particularmente de Ingeniería Bioquímica. En la universidad el estudiante requiere cursar inicialmente asignaturas del campo de las ciencias básicas los dos primeros años, con la promesa de que las matemáticas le serán “útiles” para el ejercicio de la ingeniería. Las prácticas han sido constituidas de tal forma que realizan procesos algorítmicamente; en caso de existir situaciones emergentes a nivel de procesos de laboratorio, el estudiante no siempre resuelve de la mejor manera, no hacen uso de las herramientas matemáticas. Tampoco reconocen usarlas en sus procesos.

En este sentido, nuestra investigación es situada<sup>1</sup> dentro de un contexto, en comunidades, pretendiendo obtener resultados considerando el tiempo y el espacio, con impactos inmediatos en su entorno.

En esta investigación consideramos relevante estudiar las prácticas de modelación del ingeniero bioquímico y las del aula de matemáticas, a fin de tender puentes entre las prácticas de la escuela y las de comunidades del ingeniero bioquímico; particularmente planteamos estudiar la práctica de determinar la concentración de una muestra problema usando el método espectrofotométrico.

En la formación de ingenieros es imprescindible la instrucción práctica; es decir, la participación del estudiante en procesos técnicos y de innovación del campo de su especialización. Esto difícilmente es posible hacerlo circunscrito en el contexto escolarizado. Si bien el estudio desde la escuela, los objetivos, contenidos y métodos de aprendizaje son importantes (Alonso, 2013; Sanhueza, Penalva y Friz, 2013), enseñar en y para la escuela nos aísla de la realidad de la comunidad. En trabajos de matemática educativa, como los de Camacho (2011), Briceño y Buendía (2016), Torres y Montiel (2017), se evidencia la necesidad de estudiar las prácticas de modelación de la ingeniería de comunidades de profesionistas.

Este trabajo considera que atender la formación de ingenieros es mirar más allá del aula, en un horizonte de escenarios donde las prácticas de los

<sup>1</sup> A este respecto coincidimos con Lave y Wegner (1993), Carraher y Schliemann (1993) y Noss, Hoyles y Pozzi (2002), quienes sustentan la idea de realizar investigación situada.



Es decir, realizar una actividad humana en que se fundamentan y explicitan las intenciones de su ejercicio, en un tiempo, en un espacio, en contextos socioculturalmente contruidos.

### EL DIPOLO MODÉLICO

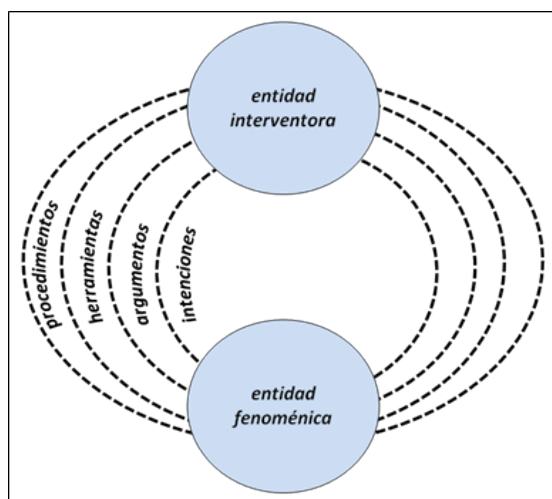
El estudio de las prácticas de modelación de comunidades es complejo. Se precisa de entidades que nos permitan analizar las formas de ejercer la práctica de modelar.

En términos de Arrieta y Díaz (2014), la modelación es una práctica de articulación de dos entes para actuar sobre uno de ellos, llamado lo modelado, a partir del otro, llamado el modelo. El ente se convierte en modelo cuando el actor lo usa para intervenir en el otro ente, por lo que deviene en herramienta.

La articulación de un ente inicial, un modelo con otro ente, lo modelado da lugar a una nueva entidad a la que se denomina dipolo modélico. En la configuración de este dipolo modélico intervienen los argumentos que se esgrimen, las herramientas que se utilizan, los procedimientos y las intenciones. Es decir, de la práctica de modelación emergen dipolos modélicos conformados por dos polos (esferas) y finas corrientes de atracción: los argumentos, las herramientas, las intenciones y los procedimientos. Estas fuerzas de atracción viven tensionando el modelo con lo modelado. En esta tensión distinguimos la atracción entre los polos sobre la separación (figura 1). Ahora bien, la articulación de estos polos se produce en el ejercicio de prácticas de modelación; es decir, la entidad fenoménica como el fenómeno químico, físico, biológico o social, entre otros y el modelo matemático en uso como la entidad interventora que entra en acción sobre el fenómeno (Galicia, 2014).

En este trabajo nos interesa mostrar cómo vive la práctica social de modelación al construir la curva de calibración que se utiliza para determinar la concentración de una muestra problema usando el método espectrofotométrico en la comunidad de investigadores y estudiantes de Ingeniería Bioquímica para el diseño de aprendizajes.

Fig. 1. Diagrama dipolo modélico.





marca la construcción de entidades, llamados dipolos modélicos, los que transitan desde dipolos simples hasta más complejos.

## METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

### DECONSTRUCCIÓN DE PRÁCTICAS. HACIA UNA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN DE PRÁCTICAS SOCIALES

Para investigar las prácticas se precisa estudiarlas en los diversos escenarios propios de su gestación. Estudiar las prácticas que son ejercidas y compartidas por una comunidad profesional implica el desarrollo de una serie de actividades que por sus características no es posible sean atendidas por un método en particular.

Como acercamiento metodológico se plantean tres etapas cuya flexibilidad entre las actividades de cada una de estas promueven la retroalimentación de las mismas, a fin de que las evidencias, análisis y construcciones, entre otras cosas, sean lo más nítidas posible.

Así, en la medida en que la investigación de la práctica vaya develando aquellos elementos constitutivos esenciales que den luz sobre la configuración del dipolo modélico (modelo/modelado), estas etapas irán robusteciendo la red que configura la práctica con base en la vivencia de quienes la ejercen en escenarios particulares.

A continuación se describen las etapas que se desarrollaron para la investigación de prácticas.

#### **Etapa I. La práctica legítima y su colindancia**

En esta etapa se proyecta a la comunidad y sus prácticas a estudiar, así como aquellas prácticas colindantes a esta, promoviendo así la distinción en problemáticas que atienden y formas de filiación. Se plantean tres fases.

##### **Fase 1. Identificación de la comunidad en estudio**

Se precisa conocer la historia de la comunidad, el perfil profesional, laboral o artesanal. Para comunidades de profesionales se precisa además conocer los objetivos y el currículo de la profesión, así como analizar artículos científicos en acompañamiento con expertos en el tema. Es decir, en esta fase se investigan los antecedentes teóricos de la comunidad en estudio para conocer qué tipo de problemáticas atienden.

##### **Fase 2. Reconocimiento de los escenarios**

Es esencial identificar los espacios en que viven las prácticas de comunidades específicas. La infraestructura necesaria, el equipamiento así como las condiciones ambientales de estos espacios.





### **Fase 2. Caracterización de prácticas desde la configuración del dipolo modélico**

Caracterizar la práctica contribuye a la fase de deconstrucción mirando la relación entre la experiencia y la intencionalidad que subyace al ser ejercida. Se analiza la relación entre los elementos de constitución; es decir, entre las argumentaciones que se esgrimen, las herramientas que se utilizan, los procedimientos y las intenciones que moviliza quien ejerce la práctica en un acercamiento a caracterizar la práctica desde la configuración de dipolos modélicos.

### **Etapa III. Reconstitución de la práctica en la escuela**

Una vez deconstruida la práctica en estudio, se elabora un diseño de aprendizaje que rescate los elementos constitutivos de la práctica que contribuyan al proceso de aprendizaje del estudiante. Es decir, que propicien la descentración del dipolo modélico en el estudiante, que se cuestione y haga uso de nuevas herramientas y procedimientos, que enriquezca la argumentación de su ejercicio. Con el diseño de aprendizaje se pretende que el estudiante construya intencionalidades, el “saber por qué y cómo se hace”. A la descentración del dipolo modélico en el estudiante le hemos llamado reconstitución de la práctica escolar, desde el sentido en que el estudiante reconstituye un dipolo que ya tenía constituido, posibilita su remplazo o enriquecimiento en su caso, de la red que configura el propio estudiante de la práctica.

Cuando elaboramos diseños de aprendizaje basados en prácticas de modelación, estos los estructuramos considerando al menos cuatro fases.

#### **Fase 0. Condiciones generales del diseño**

En esta fase se establecen las condiciones generales para la elaboración del diseño. Estas condiciones tienen que ver con la propia conformación y el rol del grupo de personas participantes en la investigación, así como aspectos técnicos de preparación de materiales y medios de acopio de información.

Se establecen en esa fase los objetivos del diseño con énfasis en la matemática como herramienta para el ejercicio de la práctica y no como objeto. De acuerdo con la información obtenida en la segunda etapa se selecciona al grupo de estudio y se les aplica una encuesta que proporcione información general, académica y social.

En esta fase también se establece la configuración del dipolo que se espera reconstituya el estudiante, los elementos que se pretenden aparezcan en escena sin pretensión de lograr una reproducción fiel, sino más bien inducir el desplazamiento y levantar las evidencias para su posterior análisis.

#### **Fase 1. La interacción con el fenómeno, la experimentación**

La experimentación puede plantearse en tres ambientes. Los datos se obtienen, en el presencial, desde la experimentación directa con el fenómeno; en el virtual, recurriendo a simulaciones del fenómeno con aplicaciones informáticas; y en el discursivo donde la experimentación se establece desde el discurso utilizando datos iniciales.



## RESULTADOS

### ETAPA I. EL ANÁLISIS QUÍMICO POR ESPECTROFOTOMETRÍA

#### La comunidad de ingenieros bioquímicos

Situamos esta investigación en comunidades de ingenieros bioquímicos. En la formación de esta comunidad 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.

Se requiere cursar nueve semestres con un total de 260 créditos, de los cuales 210 corresponden al área genérica, 25 al módulo de especialidad, para las residencias profesionales y el servicio social corresponden 10 créditos a cada actividad y 5 a otros cursos que incluyen asistencia a congresos y actividades deportivas y culturales (Tecnológico Nacional de México, 2017).

El ingeniero bioquímico se caracteriza por su actividad en el laboratorio y la experimentación. Así, en los diversos escenarios de su pertenencia, en el laboratorio preparan soluciones y realizan análisis cualitativos y cuantitativos de corte biológico, químico y físico. En muchas de estas prácticas, la espectrofotometría es una práctica recurrente fundamental para posteriores procesos.

#### La espectrofotometría

En esta etapa se hace una revisión del plan de estudio, la retícula y los contenidos de los programas de estudio. Asimismo, esta etapa se fortalece con el reconocimiento de los escenarios escolares y con entrevistas a profesores y personal administrativo. Es posible clasificar las prácticas del ingeniero bioquímico por la complejidad de la entidad matemática 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 que en la formación de ingenieros bioquímicos se contemplan, es en esta etapa donde se selecciona una práctica que, por su uso y posibilidad de ser reconstruida en el laboratorio escolar para el aprendizaje de las matemáticas, nos centramos en la espectrofotometría.

La espectrofotometría es uno de los métodos de análisis óptico más usado en la comunidad de ingenieros bioquímico. El espectrofotómetro es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia. Este fenómeno es de carácter lineal.

En el análisis químico cuantitativo, un procedimiento recurrente es la elaboración de la curva de calibración, o curva patrón. Esta curva es la representación gráfica de



construyendo una curva de calibración de McFarland o preparando soluciones de microorganismos de concentración conocida.

Existen reportes de prácticas en los que se utiliza la curva de calibración aplicando regresión lineal y en los que se hacen las lecturas interpolando directamente a partir de los resultados obtenidos (figura 2).

En una planta de tratamiento de agua potable se realizan determinaciones de sólidos suspendidos utilizando la espectrofotometría. Una de las actividades del ingeniero bioquímico en una planta embotelladora de bebidas carbonatadas, para el caso de bebidas sin azúcar, precisan determinar cada media hora la concentración de azúcar en el tanque de jarabe, y por ser una bebida que no debe contener trazas de este compuesto requieren cada tres horas como mínimo construir la curva de calibración. En esta industria se utilizan soluciones ya estandarizadas por la compañía transnacional, por lo que el coeficiente de determinación está por arriba del 0.98; los ingenieros bioquímicos hacen uso del programa Excel.

Respecto a una investigación que se realiza en el mejoramiento de producción de bebidas alcohólicas destiladas de agave, se determinan los azúcares reductores por espectrofotometría y realizan las curvas patrón aplicando regresión lineal por mínimos cuadrados; los investigadores también hacen uso de estándares trazados (figura 3).

Por otra parte, en diversos artículos presentados en las diversas versiones del Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica organizadas por el Colegio Mexicano de Ingenieros Bioquímicos, así como en reportes de residencias profesionales, es posible observar el uso de la espectrofotometría como técnica cuantitativa y al espectrofotómetro de luz ultravioleta-visible, absorción atómica e infrarrojo como el equipo utilizado. Por ejemplo, García y Montero (2010) realizaron la determinación de fenilalanina, tirosina y triptófano, haciendo lecturas en el espectrofotómetro UV-visible a diversas longitudes de onda, método propuesto por Block y Bolling. Cabe mencionar que no en todos los reportes se hace explícito el uso del espectrofotómetro, ya que generalmente se hace referencia a una metodología desarrollada por otros investigadores o a normas oficiales mexicanas (NOM) y de la Asociación de las Comunidades Analíticas (AOAC Internacional).

Fig. 2. Reporte de estudiantes.

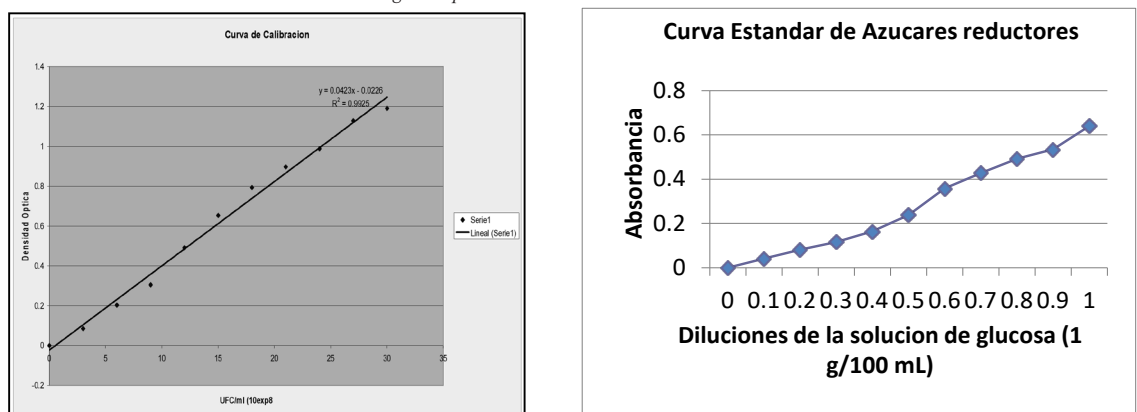
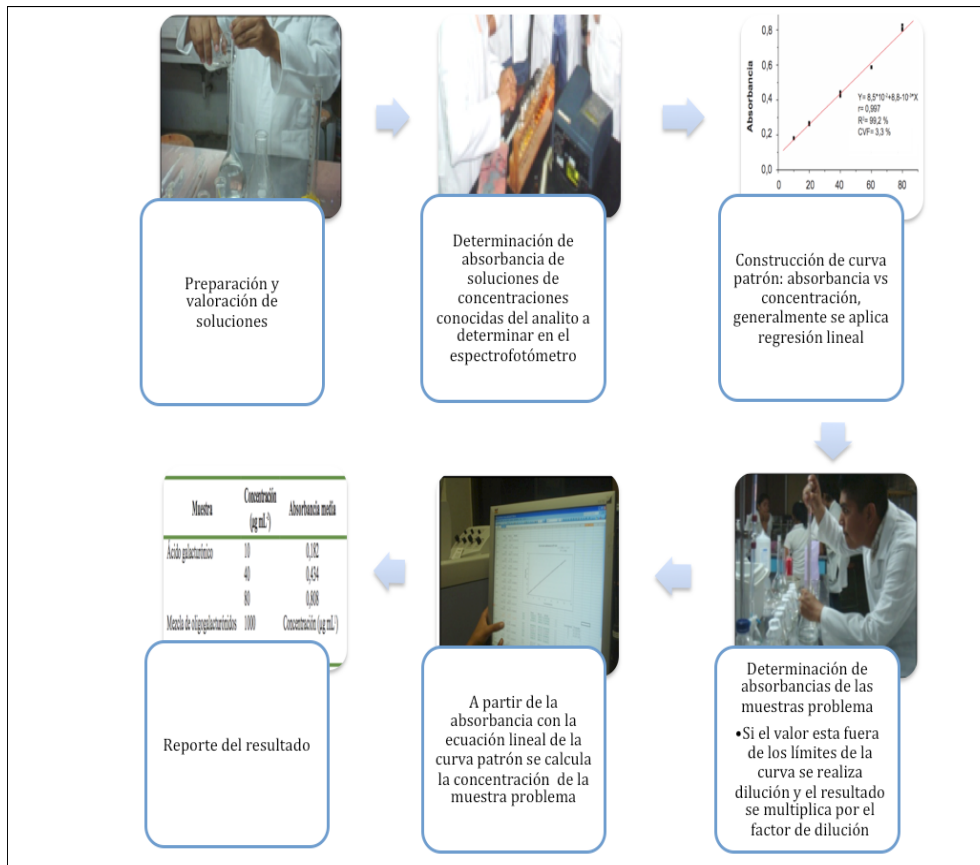




Fig. 4. Esquema de la práctica espectrofotométrica.



radiación en las capas de igual espesor absorben fracciones iguales de energía de una radiación incidente sobre ellas.

### Ley de Beer

Expresa la misma relación entre transmitancia y concentración de material absorbente que la ley de Bouguer entre transmitancia y camino óptico; es decir, que para un camino óptico dado, la transmitancia disminuye en progresión geométrica cuando la concentración aumenta en progresión aritmética, por tanto:

$$-\log T = a \times C$$

donde  $C$  = concentración,  $a$  = absortividad, y también absorbancia por unidad de concentración y unidad de camino óptico.

Por tanto, las leyes fundamentales de la espectrofotometría se obtienen por combinación de la ley de Bouguer con la de Beer, resultando las siguientes relaciones:

$$A = abC = -\log T = -\log(P/P_0) = \log(P_0/P) = \log(1/T)$$

$$P = P_0 \times 10^{-abC} \text{ o } P_0 = P \times 10^{abc}$$





$r^2$ , el estudiante ajusta la recta. En el estudio de casos, dos de cinco estudiantes comprendieron que estadísticamente no se obtiene un resultado representativo.

### Dipolo modélico del investigador

En un laboratorio de investigación se observa el ejercicio de la misma práctica de modelación del estudiante de sexto semestre, y en la primera parte (figura 6), al configurar el dipolo IG: modelo geométrico-determinación de concentración con espectrofotómetro (modelo-modelado), este considera primordial que en el ajuste de la curva patrón se obtenga una  $r^2$  muy cercana a 1. Para ello, a diferencia de los estudiantes, los investigadores precisan de soluciones de concentración comerciales trazadas, equipos de marcas reconocidas y en buen estado, así como experiencia en el manejo de la técnica, ya que se requiere obtener datos confiables. Ya con la curva patrón diseñada, en la obtención de la concentración de la muestra a tratar el investigador configura el dipolo E6A de la misma manera que el estudiante de sexto semestre.

En la tabla 2 se detallan los procedimientos, herramientas, argumentos e intenciones que llevan al investigador a configurar los dipolos IG y E6A.

La caracterización de la práctica espectrofotométrica con estudiantes de semestres avanzados e investigadores reflejadas en las tabla 1 y 2, dio la pauta para el acercamiento a un diseño de aprendizaje en estudiantes de primer semestre. Esto a fin de analizar las configuraciones modélicas en un intento de reconstituir la práctica que *a priori* se consideró no se ejercía diferente a los estudiantes de semestres avanzados.

### ETAPA III. LA RECONSTITUCIÓN DE LA PRÁCTICA

#### Condiciones generales de diseño de aprendizaje

Derivado del análisis de los resultados obtenidos en la etapa anterior, donde se mira la constitución de una práctica, se elaboró un diseño de aprendizaje en el que el

**Tabla 1. Características de los dipolos de estudiantes de sexto semestre E6**

Dipolo modélico	Procedimiento	Herramientas	Argumentos	Intención
E6G	Coloca datos en Excel. Modelo lineal ajustando $R^2$ sin importar el valor de esta.	Geométrico	Lo usa para verificar que es lineal.	Obtener la ecuación lineal.
E6A	Coloca en la fórmula el dato de absorción y despeja de la ecuación lineal de Excel la concentración buscada.	Algebraico	Obtener la ecuación lineal ajustada.	Obtener la concentración de cualquier valor.



Tabla 2. Características de los dipolos del investigador

Dipolo modélico	Procedimiento	Herramientas	Argumentos	Intención
IG	Coloca datos en Excel. Modelo lineal ajustando $R^2$ con valores cercanos a 1.	Geométrico	Lo usa para verificar que es lineal.	Obtener la ecuación lineal.
E6A	Coloca en la fórmula el dato de absorción y despeja de la ecuación lineal de Excel la concentración buscada.	Algebraico	Obtener la ecuación lineal ajustada reproducible y repetible.	Obtener la concentración de cualquier valor con exactitud.

Se organizaron dos equipos de cinco integrantes cada uno. El primer equipo tomó los datos en el espectrofotómetro con las soluciones ya preparadas por los auxiliares de laboratorio y se trabajó durante cuatro horas. En cada mesa de trabajo se instaló una audiógrabadora para captar las discusiones generadas durante la actividad; también se contó con videgrabación, permitiéndonos mayor visión de la actividad. Se requirió de papelería y se levantaron notas de las observaciones.

Lo que se espera. Estamos interesados en las formas en que el estudiante aprende y las herramientas que utiliza, individual y colectivamente, induciendo a la retórica a fin de que consensen sus argumentaciones.

Un aspecto central es intentar que el estudiante construya un nuevo dipolo modélico hacia la comprensión de las construcciones lineales. La finalidad es que conozca de manera general cómo funciona la herramienta matemática en la práctica espectrofotométrica.

Deberá entonces descubrir las características propias de los modelos presentes, su generación y la articulación entre estos.

Se espera el desplazamiento del dipolo del estudiante que utiliza los dipolos E6G y E6A hacia la configuración de un nuevo dipolo modélico que permita al estudiante comprender primeramente lo lineal y la importancia del ajuste lineal, en una aproximación al dipolo IG del investigador, toda vez que se realiza la actividad sin el uso de las TICs.

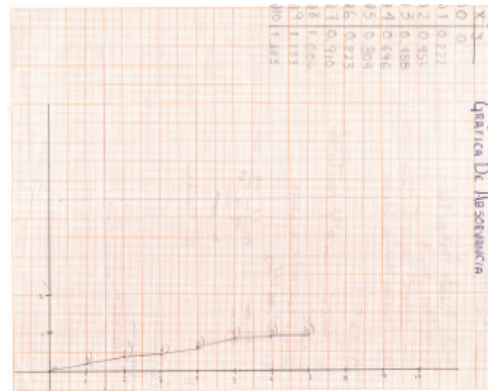
Con la finalidad de que el aspecto de la habilidad en la preparación de soluciones químicas y el tiempo que se requiere para ello, en esta actividad se les proporcionaron las soluciones ya preparadas para que únicamente realizaran las lecturas en el espectrofotómetro e iniciaran con el proceso de modelación numérica al tomar datos.

Como se ha mencionado, esta práctica, si no se realiza con estándares trazados, se espera una dispersión de datos no lineales, por lo que se analiza la actividad en dos escenas.

Un aspecto importante en la investigación es la argumentación discursiva. A continuación se muestran algunos episodios de la puesta en escena del diseño de aprendizaje.



Fig. 7. Gráfica de absorbancia vs. concentración sin ajustar.



El modelo lineal ajustado.

Profesora: —¿Ya podemos usar la curva patrón?

Johana: —A ver, si la recta que sacamos con los datos del espectro no es recta, entonces hay que calcular datos de la nueva recta.

Juan: —Cierto, pero, ¿cómo?

Profesora: —¿Qué cambio observan entre la gráfica nueva y la anterior?

Iván: —Que la nueva sí está recta.

Martín: —Cambia un poco la inclinación, ¿no?

Profesora: —Entonces, ¿cambia la pendiente?

Martin: —¡Sí! Habría que calcular una pendiente nueva para  $y = mx + b$ .

Juan: —¿Despejamos y obtenemos cada punto nuevo?

Profesora: —Correcto. Tomen dos puntos para la nueva pendiente para que obtengan la nueva recta.

Martín: —Con  $y_2 - y_1 / x_2 - x_1$

El método de mitades en el uso de la curva patrón construida.

Profesora: —Si tengo una muestra problema, y necesito saber la concentración de glucosa cuya absorbancia es 0.592, ¿qué concentración de glucosa tiene la muestra?

Guadalupe: —No se puede saber con exactitud, porque no obtuvimos el dato; este valor no está en la gráfica... Bueno, está, pero escondido.

Iván: —Este dato es el más cercano, ¿están de acuerdo? —señala la tabla.

Todos: —¡Sí!

Iván: —Qué les parece si hacemos algo más lógico: sacamos la mitad que hay entre estos dos, la tres y la cuatro, y el promedio va a dar más aproximado a eso; igual con la concentración de la glucosa sumamos 30 y 40 y lo dividimos entre dos y nos da el valor: 35.

Guadalupe: —No creo que esté bien.

Nancy: —¡Pero la mayoría gana!

Aquí podemos observar cómo los estudiantes aproximan el valor de la concentración a partir de un valor que se ubica en medio de los valores de absorbancia determinada



Finalmente observamos que a los estudiantes se les facilita el aprendizaje de las matemáticas experimentando, actividad que los identifica en su espacio, el laboratorio de química. Esto fue posible constatarlo, además del análisis de los episodios, por los comentarios al finalizar la actividad.

### **Dipolo modélico del estudiante de primer semestre en el diseño de aprendizaje**

En la figura 9 se muestran los dipolos modélicos que configuran los estudiantes. Al iniciar con el modelo numérico a través de una tabla de datos configurando el dipolo modélico E1N: modelo numérico-determinación de concentración con espectrofotómetro (modelo-modelado), comprendiendo que los datos son de carácter lineal, les es posible usarlo como herramienta para obtener y comprender el fenómeno. Para el ajuste de la curva patrón usan empíricamente una aproximación gráfica al configurar el dipolo E1G: modelo geométrico-determinación de concentración con espectrofotómetro (modelo-modelado), luego de comprender que los datos son de carácter proporcional. En esa misma lógica, y relacionando los modelos numérico y gráfico con la inducción del profesor, constituyen el modelo algebraico contextualizado configurando el dipolo E1A: modelo algebraico-determinación de concentración con espectrofotómetro (modelo-modelado).

En la tabla 3 se muestran las características de las configuraciones dipolares de los estudiantes que participaron en la puesta en escena del diseño de aprendizaje.

Como se puede apreciar en la tabla 3, y a diferencia de los estudiantes de sexto semestre, los participantes en la puesta en escena del diseño de aprendizaje interpolan de la tabla de datos el valor solicitado, hacen uso de la regla de tres a fin de generalizar el procedimiento y gráficamente realizan un ajuste lineal de datos utilizando regla y papel milimétrico, que les permite finalmente comprender la fórmula general.

### **CONCLUSIONES**

La mayoría de los estudiantes, cuando abandonan la escuela, lo hacen sin el conocimiento no solo de para qué le servían las matemáticas, sino también con el desconocimiento de la relación que existe con temas de asignaturas del área químico-biológicas, como la espectrofotometría, con asignaturas de semestres avanzados, incluso con el módulo de especialidad. Por ello fue nuestro interés priorizar la vinculación entre asignaturas y estas a su vez con la comunidad de investigadores, donde lo que identifica al ingeniero bioquímico es la experimentación como actividad y el laboratorio como escenario.

Hoy en día, el uso de espectrofotómetro UV-visible en la determinación cuantitativa de un analito es básico; esto conlleva, a quien hace uso de esta práctica, la toma de datos, la numerización, la construcción de una gráfica; y como parte de esa construcción, generalmente tendrá la necesidad de ajustar linealmente los datos obtenidos experimentalmente.





dad escolar y en la de investigación de ingenieros bioquímicos de la misma manera, utilizando la misma técnica, el mismo procedimiento; sin embargo, las intencionalidades y las argumentaciones difieren entre sí. Es decir, estudiantes de sexto y primer semestre, así como el investigador, siguen las indicaciones de la técnica analítica de laboratorio, se construye la gráfica y se obtiene la fórmula; pero mientras la intención del estudiante de sexto semestre es la de obtener el resultado sin importar el valor obtenido del coeficiente de correlación, para el investigador es primordial obtener este dato de 0.98 a 1.0 con fines de precisión en los resultados. Por otra parte, para los estudiantes de primer semestre, al participar en el diseño de aprendizaje, sus intenciones son la de comprender el fenómeno físico de carácter lineal y descubrir la importancia del coeficiente de correlación al realizar el ajuste con regla y papel milimétrico en una aproximación al método por mínimos cuadrados.

Consideramos que proponer a los estudiantes de los primeros semestres de ingeniería bioquímica una actividad práctica en donde realicen una experimentación en la que identifiquen las variables que intervienen en el fenómeno, el comportamiento tendencial de estas y la posibilidad de predecir al manipular un fenómeno con ruido en los datos, permitirá la formación de las competencias específicas del uso y comprensión de la técnica espectrofotométrica, así como de lo lineal y una mirada hacia las bases de la regresión lineal.

Al poner en escena un diseño de aprendizaje basado en la deconstrucción de prácticas, se mostró la descentración del dipolo modélico del estudiante, modificando sus argumentos, las herramientas de las que hace uso, el procedimiento al construir la curva de calibración y las intenciones. En ese sentido, esta descentración da lugar a la reconstitución de su práctica. Es decir, el estudiante reconstituye la práctica que ya tenía constituida. Práctica constituida con base a un dipolo que se descentra e incorpora un nuevo dipolo, robusteciendo su práctica espectrofotométrica. Descen- trando un dipolo constituido basado en procesos algorítmicos al incorporar un nuevo dipolo basado en el análisis de los datos experimentales obtenidos.

La deconstrucción coadyuva a tender puentes entre las prácticas no escolares y las escolares, por ejemplo de investigadores. Deconstruir prácticas aporta elementos para ejercer prácticas funcionales en la escuela.

Con la reconstitución de la práctica concebimos un primer acercamiento de las prácticas que viven en el escenario no escolar hacia las prácticas que viven en escenarios escolares. Se aproxima la distancia entre la práctica del estudiante y la del investigador. Consideramos a la deconstrucción como actividad precursora de la reconstitución de prácticas en la escuela (figura 10).

En definitiva, los estudiantes de primer semestre que participaron en la actividad consideraron que aprender matemáticas construyendo la curva de calibración, analizando los datos y las relaciones entre la linealidad y la confiabilidad de los resultados analíticos, es una actividad que habría que ejercerse en la clase de Matemáticas, propuesta en prospectiva.



- NOSS, R., HOYLES, C. y POZZI, S. (2002) Abstraction in expertise: A study of nurses conceptions of concentration. *Journal for Researches in Mathematics Education*, 3(33), 204-229.
- SÁNCHEZ, D. (2010). *Validación de métodos para la determinación en aguas superficiales de metales alcalinos (sodio y potasio) por absorción atómica a la llama y alcalinotérreos (calcio y magnesio) por volumetría con EDTA*. Recuperado de <http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/estudiantes/dlilian/contenido.htm>
- TECNM: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ACAPULCO. (2017). *Plan de estudios de Ingeniería Bioquímica. Reticula: IBQA -2010-207 (competencias profesionales)*. Recuperado de <http://it-acapulco.edu.mx/ingenieria-bioquimica/>
- TORRES, D. y MONTIEL, G. (2017). Modelación y uso de conocimiento trigonométrico en ingeniería. Un primer acercamiento a su estudio. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 30(1). Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.