

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.

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.

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.

ingenieros bioquímicos y tiene como objetivo estudiar la práctica espectrofotométrica: curva de calibración en la escuela y en un laboratorio de investigación desde un enfoque socioepistemológico. El análisis de las formas en que se ejerce la práctica espectrofotométrica se llevó a cabo considerando las dimensiones: procedimientos, intenciones, herramientas y argumentos de quienes la ejercen. Estas dimensiones se evidencian por las formas en que quien ejerce la práctica, articula el modelo con lo modelado, configurando un dipolo modélico. Vía la deconstrucción como acercamiento metodológico, se caracteriza la práctica para la elaboración de un diseño de aprendizaje. En la aplicación de este diseño se muestra el actuar de los estudiantes en la construcción de la curva de calibración, se muestran evidencias de cómo los estudiantes identifican primeramente la necesidad de ajustar linealmente los datos, articulando el modelo gráfico, logrando además diversas formas de predicción usando la regla de tres y el modelo algebraico. El estudiante descentró un dipolo constituido basado en procesos algorítmicos incorporando un nuevo dipolo basado en el análisis de los datos experimentales. Robusteció su forma de interpretar resultados en la práctica espectrofotométrica, reconstituyendo así su práctica.

Palabras clave: DECONSTRUCCIÓN, PRÁCTICA, MODELACIÓN, ANÁLISIS QUÍMICO.

Abstract

Our main concern is that the learning of mathematics could be experienced out of context. Because of this, we move from building the math foundations of our undergraduate students to their technical preparation; by this way, we establish a relevant math background in them. This work was developed inside the biochemical engineers' community and it studies the technical practice of the spectrophotometry with emphasis in the calibration curve topic. The analysis of the ways in which the practice of the spectrophotometry is done was made under the consideration of the next dimensions: procedures, intentions, tools and the arguments of the ones who used them. This dimensions are uncover by the way in which the one who apply the practice of the spectrophotometry ties together the mathematical model of the physical phenomenon with the model obtained in the practice; the consequence is the setting of a model dipole. It is through the use of deconstruction, as an approximation method, that the practice of spectrophotometry has been characterized with the objective to elaborate a learning design. By applying this learning design, the acting of the students in the construction of the calibration curve is shown as well as the evidences of how they identify the ne-

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 situada¹ 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

¹ 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.

ingenieros tienen intencionalidades propias; trasladarse al lugar donde toman vida las prácticas es aquello que otorga sentido a esta investigación. *Estudiar las prácticas en los diversos escenarios propios de su gestación, en el sitio de su producción*, distinguir las prácticas recurrentes, de las esenciales y secundarias. Tomar aquellos elementos que permitan incorporarse en el contexto escolar, distinguir la búsqueda de elementos como argumentos, herramientas, métodos e intencionalidades que están relacionadas con formas de actuar y pertenecer de comunidades específicas.

MARCO TEÓRICO: LA SOCIOEPISTEMOLOGÍA

La presente investigación se desarrolla en el marco de la socioepistemología. Cantoral y Farfán (2004, p. 139) caracterizan a la socioepistemología como:

Una aproximación teórica de naturaleza sistémica que permite tratar los fenómenos de producción y difusión del conocimiento desde una perspectiva múltiple, al incorporar el estudio de las interacciones entre la epistemología del conocimiento, su dimensión sociocultural, los procesos cognitivos asociados y los mecanismos de institucionalización vía la enseñanza tradicionalmente, las aproximaciones epistemológicas asumen que el conocimiento es el resultado de la adaptación de las explicaciones teóricas con las evidencias empíricas, ignorando, sobremanera, el papel que los escenarios históricos, culturales e institucionales desempeñan en la actividad humana. La socioepistemología plantea el examen del conocimiento en sus determinaciones sociales, históricas y culturales.

El estudio de prácticas para la socioepistemología privilegia su intervención en el contexto escolar.

Por otra parte, Arrieta (2003, p. 63) resalta explícitamente las características de práctica de la siguiente manera:

El concepto de “práctica” connota hacer algo, pero no simplemente hacer algo en sí mismo y por sí mismo; es algo que en un contexto histórico y social otorga una estructura y un significado a lo que hacemos. En ese sentido, la práctica es siempre una práctica social. Este concepto de práctica incluye tanto los aspectos explícitos como los implícitos. Incluye lo que se dice y lo que se calla. Lo que se presenta y lo que se da por supuesto. Incluye el lenguaje, los instrumentos, los documentos, las imágenes, los símbolos, los roles definidos, los criterios especificados, los procedimientos codificados, las regulaciones y los contratos que las diversas prácticas determinan para una variedad de propósitos.

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

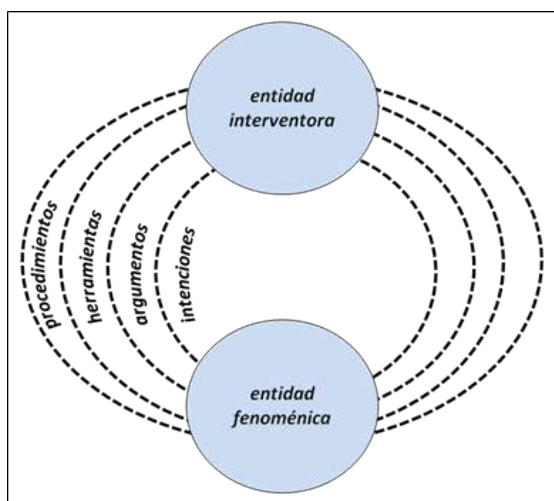
El estudio de las prácticas de modelación de comunidades es complejo. Se precisa de entidades que nos permitan analizar las formas de ejercer la práctica de modelar.

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.



Para ello se precisa deconstruir la práctica social de modelación del análisis espectrofotométrico, identificando la configuración de dipolos modélicos primeramente estudiantes de sexto semestre ejerciendo la práctica, ya que estos tienen conocimiento de la espectrofotometría, linealidad y estadística. Asimismo, también es necesario identificar la configuración dipolo modélica del investigador por su experiencia en un contexto no escolar. Finalmente, después de haber identificado la constitución de la práctica en estas comunidades, se requiere reconstituir la práctica social de modelación del análisis espectrofotométrico en la escuela poniendo en escena un diseño de aprendizaje con estudiantes de primer semestre, toda vez que los estudiantes de este nivel ya han aplicado algorítmicamente y con ejemplos hipotéticos la linealidad. Por otra parte, aunque algunos estudiantes ya han ejercido en nivel medio superior la práctica espectrofotométrica, no habían analizado el comportamiento de los datos.

Deconstrucción evoca al término creado por Jacques Derrida (2008), quien afirma que deconstruir no es regresar hacia un elemento simple, y tampoco es destruir. Insinúa que ello implica reconstruir cuando explica que deconstruir es desestructurar para entender. Derrida nos habla de la deconstrucción como una manera de señalar las premisas de construcción de algo. Insertarse en sus sistemas de construcción o para señalar los elementos dentro de un montaje y lo problemáticos que son.

Se considera a la deconstrucción como un concepto de naturaleza crítica, que define el todo de un sistema en función de la tensión establecida entre sus partes, imaginando dicho sistema como algo abierto, extenso, desdibujado, equívoco y siempre contradictorio consigo mismo (Krieger, 2004).

La extensión de la perspectiva deconstructivista hacia ámbitos disciplinarios, como la física, la química y las matemáticas en su aplicación, intenta poner en evidencia la tendencia, generalmente involuntaria, de fijar el análisis de interpretación o la lectura como un sistema lineal y cerrado que termina por aniquilar las posibilidades creativas.

Por ello, una lectura deconstructivista debe centrar su atención en ambigüedades, ironías, silencios, antinomias, alegorías y coincidencias de los discursos; es decir, la labor de análisis debe orientarse hacia un conjunto de aspectos, rasgos o elementos antes considerados subjetivos o azarosos. La deconstrucción es una invitación a invertir la jerarquía de nuestra percepción y valoración, mismas que han terminado por convertirse en costumbre intelectual. La deconstrucción como actividad comprensiva busca crear el caos mental necesario para la creatividad en el cual nuestra mente cambie y organice nuestra percepción de la realidad de otra manera.

En esta investigación se toman los elementos teóricos de la deconstrucción para adecuarlos a unas etapas de investigación. El propósito es estudiar las prácticas socialmente constituidas de diversas comunidades y la intención de incorporarlas ulteriormente a los sistemas escolares.

Desde nuestra aproximación, la deconstrucción de las prácticas que viven en escenarios particulares da la pauta que han de seguir intervenciones en el aula mediante diseños de aprendizaje basados en estas prácticas. Esta pauta es una trayectoria que

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.

Etapas 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 3. Identificación y clasificación de prácticas sociales recurrentes

Se identifican las problemáticas atendidas con la asesoría de profesionistas, investigadores, profesores y personas con experiencia de la comunidad en estudio. Se caracteriza la complejidad de ejercer la práctica y el conocimiento previo que requiere.

En esta fase se realiza un estudio *in situ* de las prácticas recurrentes. Se observa cómo los actores ejercen sus prácticas, incluyendo a los actores en formación. Se precisa de conocimiento teórico general previo de la actividad a observar. Se levantan videos y audiograbaciones, así como notas de campo en el estudio. Posteriormente se realiza el análisis de la información. Esta fase requiere contar con la asesoría de profesionistas de la comunidad que no formen parte del grupo de la investigación.

Se procede a esquematizar las prácticas identificadas y se selecciona aquella que se va a deconstruir. En este proceso de selección influyen diversos factores. Uno de estos tiene que ver con la calidad de evidencias levantadas, por lo que en esta fase es recomendable en una primera mirada hacer levantamientos en la observación y en una segunda o tercera mirada interactuar con quienes ejercen la práctica en una especie de validación de la información levantada. Otro factor determinante en la selección de la práctica a estudiar tiene que ver con que los elementos recabados aporten información para el diseño de una secuencia didáctica; es decir, seleccionar aquella práctica que permita su reconstitución en el aula de matemáticas.

Etapa II. De prácticas constituidas a su deconstrucción

En esta etapa se estudia la práctica seleccionada y que ha sido aceptada y normada por la comunidad y es ejercida cotidianamente, perdiendo la intencionalidad que la generó, sin que se cuestione su ejercicio. Para ello se plantean dos fases.

Fase 1. Deconstrucción de la práctica seleccionada

El propósito de esta fase es desestructurar para comprender las formas de configuración del dipolo y el papel de la matemática como herramienta, por lo que se realiza una revisión histórica de las entidades en práctica. Posteriormente se sitúa la práctica y sus herramientas matemáticas en el currículo para ubicarla en la escuela.

Como parte de la deconstrucción se interactúa con quienes ejercen la práctica y se investiga por qué ejercen la práctica de la forma en que lo realizan. Esta interacción se realiza ya teniendo un conocimiento previo de la práctica en estudio.

Esta parte de la deconstrucción es entendida como el regreso al sitio para realizar una mirada fina del ejercicio de la práctica. Aquí también se conoce el qué hace, se busca el cómo lo hace. Nuevamente es importante contar con la asesoría de expertos en el área.

Esta etapa es fundamental en el acopio de elementos para el ulterior diseño del aprendizaje basado en prácticas. Por la profundidad con que se deconstruya la práctica es posible construir diseños de aprendizaje que incidan en las competencias específicas que se pretende formar en el estudiante.

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.

Etapas 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.

En esta fase se plantean situaciones que lleven al actor a articular las dos entidades en cuestión, la que se intenta intervenir con la entidad interventora.

La naturaleza de la experimentación al modelar radica en la potencia que imprime la articulación y la intencionalidad de intervenir. Esto implica la necesidad de interactuar con la entidad en la que se desea intervenir; es decir, la necesidad de la experimentación en sentido amplio. Sin embargo, la interacción con lo que se pretende modelar, la experimentación en sentido amplio, no es suficiente para caracterizar a las prácticas de modelación; esta suficiencia se establece con el acto de *articular dos entes* con la intención de intervenir en uno a partir del otro.

La intervención puede ser de diferente índole; algunas de ellas es la predicción, el diagnóstico, la planeación o la evaluación.

Fase 2. La configuración inicial del dipolo modélico del estudiante

En esta fase del diseño se pretende que los estudiantes articulen sus argumentos, intenciones, procedimientos y herramientas, develando el dipolo modélico que ya tiene configurado en su práctica constituida. Es preciso señalar que en el proceso de deconstrucción, que implica mirar las configuraciones modélicas de comunidades no escolares, también conlleva a estudiar estas configuraciones en estudiantes en el contexto escolar. Así que, previo al intento de desplazamiento, se prescinde que el estudiante exponga las formas como ha constituido la práctica; a esto le llamamos configuración inicial para efecto de la actividad didáctica. No es recomendable que estos estudiantes sean los mismos que se referencian en la deconstrucción, a fin de evitar la predisposición en el desarrollo de la actividad, ya que se requerirían dos sesiones.

Fase 3. La descentración del dipolo modélico en el estudiante

En el desplazamiento del dipolo modélico, las actividades son inducidas a que el estudiante busque nuevas formas de solución, de abordar el experimento o la problemática planteada.

En esta fase se pretende inducir la configuración de un nuevo dipolo modélico que permita al estudiante, por una parte, reconocer la herramienta matemática en uso, y por otra parte su manipulación. Las intenciones son las que se inducen en la puesta en escena; es decir, se espera que la intención del estudiante sea ejercer y comprender la práctica.

Las etapas desarrolladas en esta investigación no pretenden ser una secuencia de actividades para investigar prácticas. En principio, el desarrollo de las etapas se dan en función del alcance de cada investigación y del equipo de trabajo, entre otros aspectos.

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

una señal que se mide en función de la concentración de un analito. La calibración incluye la selección de un modelo para estimar los parámetros que permitan determinar la linealidad de esa curva y, en consecuencia, la capacidad de un método analítico para obtener resultados que sean directamente proporcionales a la concentración de un compuesto en una muestra, dentro de un determinado intervalo de trabajo.

En este procedimiento se compara una propiedad del analito con la de estándares de concentración conocida del mismo analito (o de algún otro con propiedades muy similares a este). Para realizar la curva de calibración frecuentemente se requiere el espectrofotómetro.

Para la calibración analítica se construye un modelo lineal ajustado a partir de una serie de n puntos experimentales, donde cada punto se encuentra definido por la concentración como variable x y una variable y como la absorbancia. La recta de calibrado se encuentra definida por una ordenada al origen (b) y una pendiente (m), mediante la ecuación $y = mx + b$.

A partir de la curva de calibración (conjunto de concentraciones que describen el intervalo en el cual se deberá cuantificar el compuesto por analizar), y a fin de asegurar que la recta encontrada con los puntos experimentales se ajuste correctamente al modelo matemático de la ecuación, se calculan los valores de la ordenada al origen, la pendiente y el coeficiente de determinación (R^2). Generalmente se utiliza el método de mínimos cuadrados.

En la práctica, para construir la curva de calibración se utilizan disoluciones que contienen concentraciones conocidas de analito, llamadas disoluciones patrón o estándar. Los estándares o disoluciones patrón para construir la recta de calibrado deben ser preparadas en forma independiente a partir de una o varias soluciones madre; o se utilizan estándares trazados en laboratorios de metrología.

Se requieren por los menos cinco datos (lecturas) para que la curva sea confiable, que la variabilidad sea mínima y el intervalo lineal sea suficiente; sin embargo, entre más datos se obtengan la confiabilidad será mayor.

Cabe mencionar que en la práctica es muy importante efectuar la lectura del “blanco”. Se llaman disoluciones blanco o simplemente blancos a las disoluciones que contienen todos los reactivos y disolventes usados en el análisis, pero sin el analito. Los blancos miden la respuesta del procedimiento analítico a las impurezas o especies interferentes que existan en los reactivos.

La espectrofotometría in situ: una práctica recurrente

El tema de espectrofotometría como técnica de análisis se aborda en la asignatura de Química Analítica II en quinto semestre. Los estudiantes tienen conocimiento que teóricamente es un fenómeno físico de comportamiento lineal, así como la importancia del coeficiente de correlación, métodos de ajuste de la curva y el error fotométrico.

Esta técnica es utilizada en posteriores asignaturas. Por ejemplo, en Microbiología de Alimentos e Ingeniería de Biorreactores es utilizada para el conteo de levaduras,

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.

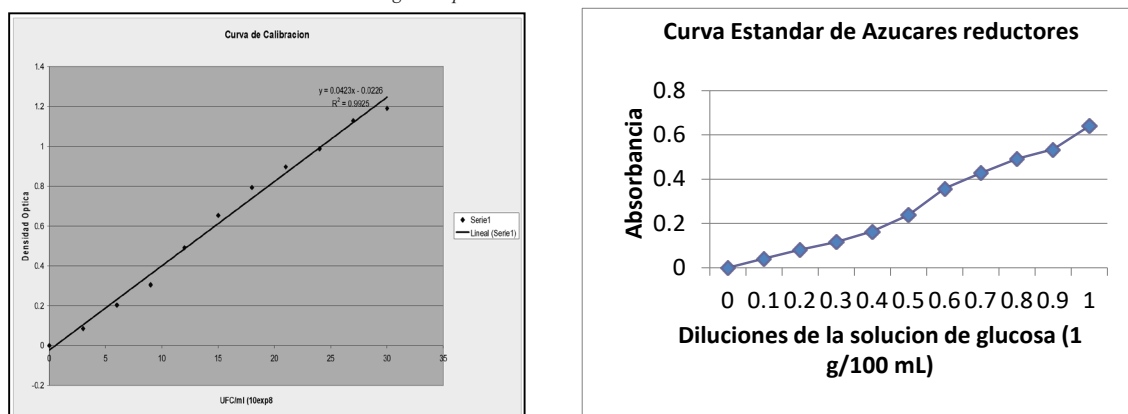
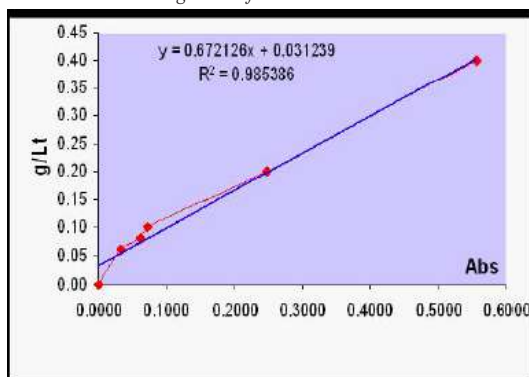


Fig. 3. Gráfico de azúcares.



Esquematzación de la práctica espectrofotométrica

Luego de observar dónde y cómo es usada la espectrofotometría, se esquematizó de manera general el proceso que se sigue en el ejercicio de esta práctica (figura 4).

ETAPA II. DE LA CONSTITUCIÓN A LA DECONSTRUCCIÓN DE PRÁCTICAS

Deconstrucción de la práctica

Hasta este momento de la investigación solo se ha observado dónde es utilizada la técnica de espectrofotometría, una técnica que a saber de algunos profesionistas y profesores es recurrente; por ello es preciso des-estructurarla para estar en condiciones de identificar los entes matemáticos que dan vida a esta práctica e investigar cómo es que se utiliza, investigar puntualmente. Presentamos en este reporte la deconstrucción parcial de esta práctica. En el trabajo de tesis de Sánchez (2010) se explican los fundamentos de la espectrofotometría que mostramos a continuación.

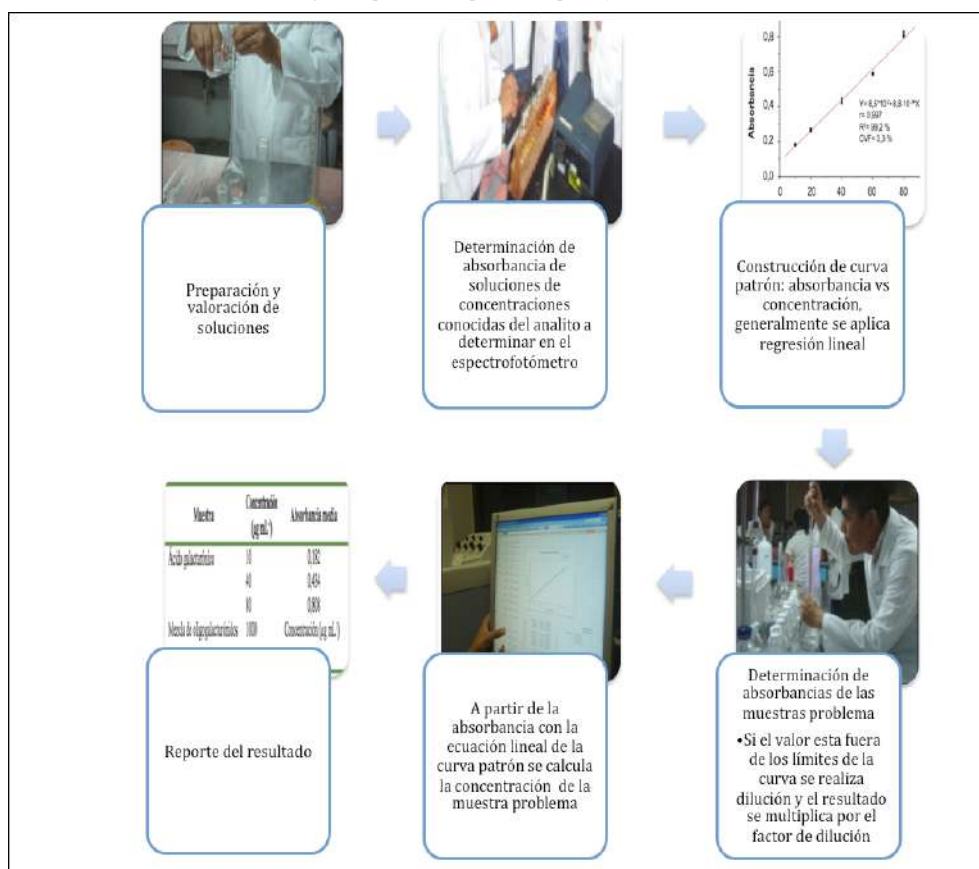
Leyes de la espectrofotometría

Cuando un haz de energía radiante monocromática incide sobre una capa homogénea de una sustancia transparente, parte de la energía es absorbida y el resto transmitida. Si la energía radiante incidente tiene longitudes de onda de la región visible del espectro, y el medio a través del cual tiene que pasar absorbe selectivamente ciertas longitudes de onda, el color observado corresponderá a las longitudes de onda de la energía transmitida.

Ley de Bouguer

Tiene dos partes. En la primera, la energía radiante monocromática transmitida en un medio homogéneo es proporcional a la energía radiante incidente; o bien, la relación entre la energía radiante transmitida, P , y la incidente, P_o , es una constante. En la segunda parte, la constante, T , es la transmitancia definida por P/P_o . La energía de

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:

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

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

La forma de estas ecuaciones indica que la representación gráfica de la absorbancia, A (de una sustancia dada a camino óptico constante), en función de la c es una línea recta de pendiente a , y la representación del $\log T$ contra C , es otra línea recta de pendiente $-a$, en la cual a es la absorptividad de la sustancia, con dimensiones de unidades de concentración y camino óptico.

En esta etapa se muestran las diferentes configuraciones de dipolos modélicos constituidos socialmente en comunidades de ingeniería bioquímica.

Dipolo modélico de estudiantes de sexto semestre

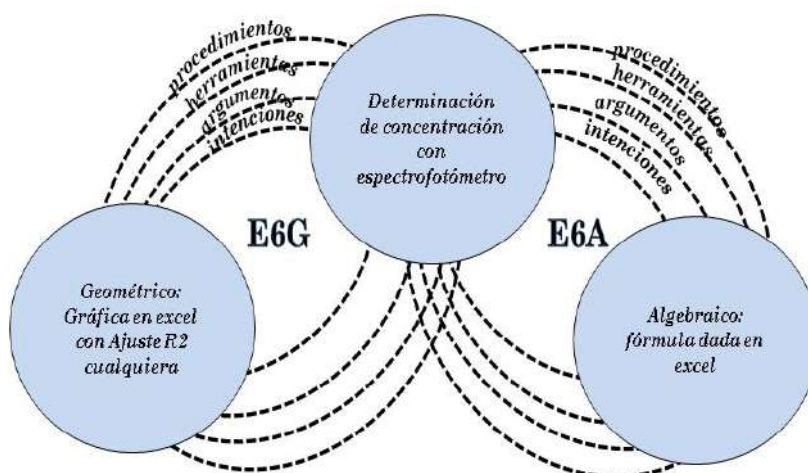
Para esta etapa se participó como observador en la clase de ingeniería de biorreactores, en el momento en que los estudiantes realizaban análisis de glucosa a muestras tomadas cada dos horas durante un proceso de fermentación.

El proceso consiste en realizar una curva patrón preparando soluciones de glucosa a diferentes concentraciones, se les determina la absorbancia con el espectrofotómetro y la relación entre el dato de concentración y el de absorbancia es lineal. Los estudiantes usan Excel y teniendo la recta la ajustan con regresión lineal, configurando el dipolo modélico que llamaremos, para fines de identificación, E6G: modelo geométrico-determinación de concentración con espectrofotómetro (modelo-modelado).

Durante el proceso de fermentación se toman muestras cada dos horas y se hace la lectura en el espectrofotómetro y el dato de absorbancia que se obtiene se traduce a concentración de glucosa al aplicar la ecuación de la recta que arroja la hoja de cálculo de Excel de la previa curva patrón, configurando el dipolo modélico E6A: modelo algebraico-determinación de concentración con espectrofotómetro (modelo-modelado) como se muestra en la figura 5.

Las características del dipolo E6G y E6A se muestran en la tabla 1, distinguiéndose el procedimiento de regresión lineal donde, independientemente del valor de

Fig. 5. Dipolo modélico de estudiantes de sexto semestre.



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

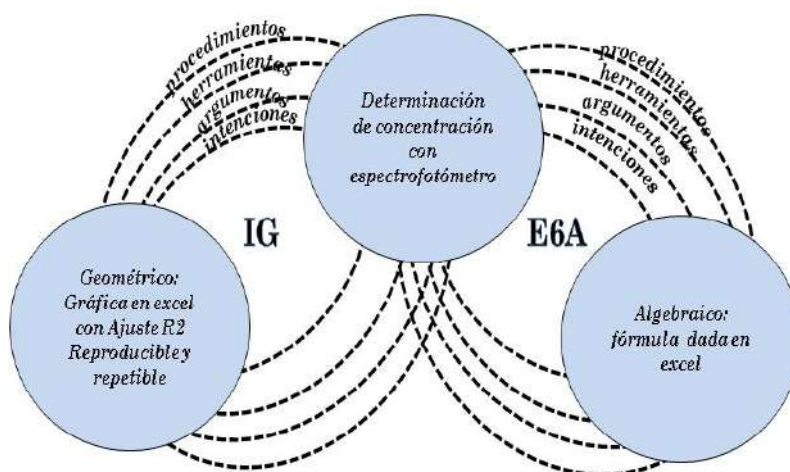
Condiciones generales de diseño de aprendizaje

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.

Fig. 6. Dipolo modélico del investigador.



estudiante construyera, en el ejercicio de esta práctica, lo lineal y el ajuste lineal, orientado a la intención de comprender los aspectos constitutivos del fenómeno físico de la absorción de luz y su relación con la práctica espectrofotométrica, así como las características de un modelo lineal como herramienta hacia la reconstitución de su práctica.

Los estudiantes que participaron cursan primer semestre de la carrera de Ingeniería Bioquímica. Las edades fluctúan entre los 18 y 20 años. Un aspecto a considerar para la invitación a participar fue el académico. A este respecto podemos comentar que la mayoría de los estudiantes no ha reprobado la asignatura de Matemáticas y la mitad de ellos confiesan que les gustan las matemáticas, afirmando que los motivos por los que reprueba un estudiante en su mayoría se debe a los profesores. Todos los participantes ya habían realizado análisis espectrofotométrico, algunos ya habían construido curvas de calibración y otros solo la habían usado. Todos manifestaron que en la clase de Matemáticas, para el aprendizaje de ecuaciones lineales, el profesor proporcionaba los datos que posteriormente ellos graficaban; otras veces les daban la ecuación y estos sustituían. Algunos recuerdan de la clase de Estadística, que cuando la recta no era exacta, aplicaban unas fórmulas “complicadas” vía calculadora para hacerla recta; solo dos estudiantes de diez manifestaron haber usado el programa Excel para el ajuste de datos, si bien solo les interesaba que el programa proporcionara la fórmula para a partir de esta despejar, otorgándole poca o nula importancia al coeficiente de determinación; es decir, “había que hacerla recta”. Todas estas experiencias las obtuvieron en nivel medio superior. En ese sentido, algunos estudiantes tenían constituido el dipolo modélico E6G y E6A, realizando sus actividades algorítmicamente.

En este diseño interesa poner de manifiesto los recursos utilizados en la construcción de las versiones de los estudiantes a través comprobaciones o conjeturas que hagan uso de diferentes herramientas matemáticas, que desarrollen diferentes formas de solución.

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 audigrabadora 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.

El modelo lineal no ajustado

Identificando el modelo numérico y gráfico.

Profesora: —Describan lo que observaron.

Ángel: —Que la absorbancia va de menor a mayor... en orden cronológico.

Moisés: —O sea que los datos van parejos —señala la tabla.

Ángel: —Bueno... más o menos.

Moisés: —Mira la gráfica: está quebrada.

Johana: —A nosotros nos da más o menos recta.

En este primer episodio los estudiantes numerizan el fenómeno e intentan caracterizar lo lineal con los modelos numérico y gráfico que logran construir. Sin embargo, algunos detectan la necesidad de linealizar los datos conforme a la ley de Lambert-Beer (figura 7).

El ajuste.

Profesora: —Entonces, si la recta no es totalmente lineal, ¿qué se puede hacer?

Martín: —Habrà que meter los puntos que estàn fuera.

Juan: —Sí, pero, ¿cómo?

Profesora: —¿Qué tal si trazan una recta que pase por la mayoría de los puntos?

Cada uno en su gráfica.

...

Profesora: —¿Qué gráfica es la que mejor se ajusta?

Martín: —Parece que la mía.

Juan: —¿Cómo saberlo, si no tengo computadora ni calculadora? Ya no recuerdo la fórmula de regresión.

Profesora: —Midan la distancia que existe entre cada punto y la nueva recta y súmenla.

...

Profesora: —¿Cuál es la mejor recta, la que cuya suma sea menor o la que sea mayor?

Martín: —A simple vista la mía, y es la que sus distancias y la suma de estas es menor.

Johana: —¿Eso hace la fórmula de mínimos cuadrados?

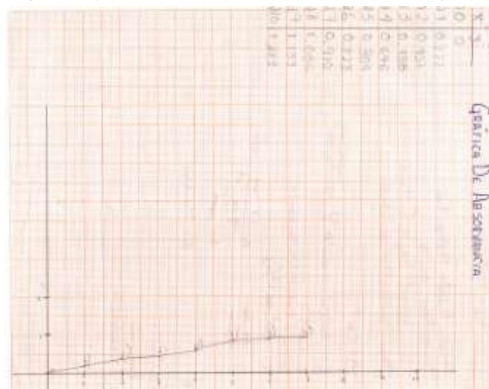
Martín: —¡Qué sorpresa!

Juan: —Y sin tener que memorizar fórmulas ni usar calculadora

Profesora: —Bueno, en realidad es más complejo. Efectivamente, la recta que mejor se ajusta es la de Martín.

En este episodio, los estudiantes hacen bocetos sobre los puntos dispersos y realizan un ajuste utilizando la regla en un acercamiento al ajuste por mínimos cuadrados.

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.

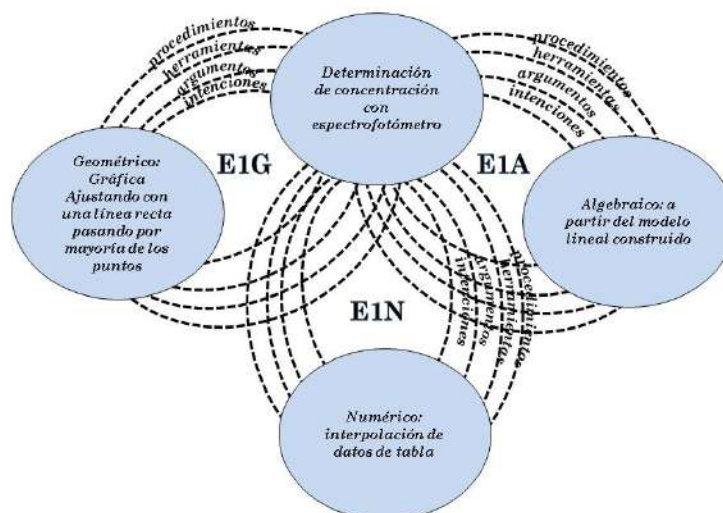
Como se puede apreciar en la tabla 3, y a diferencia de los estudiantes de sexto semestre, los participantes en la puesta en escena del diseño de aprendizaje interpolan de la tabla de datos el valor solicitado, hacen uso de la regla de tres a fin de generalizar el procedimiento y gráficamente realizan 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.

Fig. 9. Dipolo modelico de estudiantes participantes en el diseño de aprendizaje.



En la comunidad escolar hemos observado que algunos estudiantes hacen un mal uso de la regresión lineal cuando utilizan el programa Excel, en ocasiones porque no les es posible realizar nuevamente el experimento; en muchas otras por desconocimiento, ya que su prioridad es obtener la ecuación en la cual habrá que despejar la incógnita buscada, o sea la concentración de la sustancia buscada, reportando coeficientes de correlación muy por debajo de 0.98.

En apariencia, el ejercicio de la práctica de determinación de la concentración de una sustancia en una muestra dada por espectrofotometría se realiza en la comuni-

Tabla 3. Características de los dipolos de estudiantes con el diseño de aprendizaje aplicado

Dipolo modélico	Procedimiento	Herramientas	Argumentos	Intención
E1N	Interpolación numérica. Saca mitades en ambas variables.	Tabla numérica	Encontrar dato de en medio no dado	Obtener el valor medio
	Interpolación gráfica. Ajusta colocando una recta que pasa por la mayoría de los puntos en la gráfica. Ubica el dato en y, toca la recta y baja a x.	Geométrico	La gráfica es recta: proporcional; mismo resultado.	Usar la gráfica como modelo. Obtener la concentración para cada valor de absorbancia.
E1G	Regla de tres.	Algebraico	Relaciona dos datos dados con el solicitado.	Obtener la concentración de cualquier valor.
E1A	Modelo lineal construido.	Algebraico		Encontrar una fórmula general y comprender el fenómeno lineal.

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.

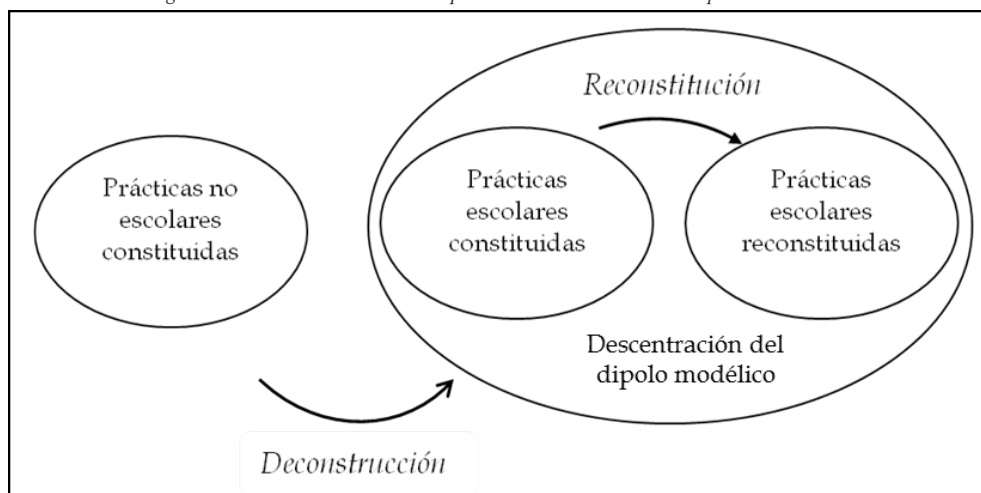
Al poner en escena un diseño de aprendizaje basado en la deconstrucción de prácticas, se mostró la descentración del dipolo modélico del estudiante, modificando sus argumentos, las herramientas de las que hace uso, el procedimiento al construir la curva de calibración y las intenciones. En ese sentido, 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. Descendiendo 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.

Fig. 10. Deconstrucción como acción precursora de reconstitución de prácticas en aula.



LITERATURA CITADA

- ALONSO, E. (2013). Razones, proporciones y proporcionalidad en una situación de reparto: una mirada desde la teoría antropológica de lo didáctico. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 16(1), 65-97.
- 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 Instituto Politécnico Nacional, México.
- ARRIETA, J. y DÍAZ, L. (2014). Una perspectiva de la modelación desde la socioepistemología. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 18(1), 19-148.
- BRICEÑO, O. y BUENDÍA, G. (2016). Una secuencia para la introducción de la función cuadrática a través de la resignificación de aspectos variacionales. *Scielo*. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n39/n39a07.pdf>
- CAMACHO, A. (2011). Socioepistemología y prácticas sociales. Hacia una enseñanza dinámica del cálculo diferencial. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 3(2). Recuperado de <https://ries.universia.net/article/view/49/socioepistemologia-practicas-sociales-ensenanza-dinamica-calculo-diferencial>
- CANTORAL, R. (2013). *Teoría socioepistemológica de la matemática educativa. Estudios sobre construcción social del conocimiento*. España: Gedisa.
- CANTORAL, R. y FARFÁN, R. (2004). La sensibilité à la contradiction: logarithmes de nombres négatifs et origine de la variable complexe. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 24(23), 137-168.
- DERRIDA, J. (2008). *De la gramatología* (9a. ed., trad. O. del Barco y C. Ceretti). México: Siglo XXI Editores.
- GALICIA, A. (2014). *Desplazamiento de la práctica de diluciones entre la comunidad de ingenieros bioquímicos y la escuela*. Tesis de doctorado no publicada, Universidad Autónoma de Guerrero, México.
- GARCÍA, J.A. y MONTERO, L.A. (2010). Contenido de fenilalanina, tirosina y triptófano en *Phaseolus vulgaris* infestado con *Zabrotes subfasciatus*. En *Memorias del XVII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. VII Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. VIII Jornadas Científicas del Posgrado en Biomedicina y Biotecnología Molecular*. Colegio Mexicano de Ingenieros Bioquímicos AC.
- KRIEGER, P. (2004). La deconstrucción de Jacques Derrida (1930-2004). *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, (84), 179-188.
- Lave, J. y Wenger, E. (1993). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Nueva York: Cambridge University Press.

- 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/dililian/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.