

## La práctica espectrofotométrica, un acercamiento a la subjetividad de su ejercicio en la escuela

### The spectrophotometric practice, an approach to the subjectivity of its exercise in school

GALICIA, Adriana†\*, LANDA, Lorena, PEDROTE, Esteban y PELAEZ, Isaias

*Instituto Tecnológico de Acapulco*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Adriana, Galicia*

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Lorena, Landa*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Esteban, Pedrote*

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Isaias, Pelaez*

Recibido Octubre 05, 2017; Aceptado Diciembre 02, 2017

#### Resumen

Como grupo de investigación del Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Acapulco, una de las tareas pendientes en el desarrollo de la línea de investigación Docencia y Aprendizaje, ha sido el fortalecimiento del curso científico escolar hacia el aprendizaje funcional de las ciencias básicas para el desarrollo de las competencias profesionales del ingeniero bioquímico. Particularmente, en este trabajo se muestra una primera aproximación hacia el estudio de la práctica espectrofotométrica en la escuela, práctica básica y recurrente en la comunidad de ingenieros bioquímicos. En este estudio se identifica a la comunidad, se caracteriza la práctica y se muestra la necesidad de atender la subjetividad que prevalece en el ejercicio de la misma. El marco teórico en que se sustenta la investigación es la socioepistemología.

**Experimentación, Laboratorio, Espectrofotometría, Bioquímica**

#### Abstract

As research group of Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico de Acapulco, one of the pending tasks in the development of the line of research Teaching and Learning, has been the strengthening of the scientific school discipline towards the functional learning of the basic sciences for the development of the professional competences of the biochemical engineer. In particular, this work shows a first approximation to the study of the spectrophotometric practice in the school, basic and recurrent practice in the community of biochemical engineers. This study identifies the community, the practice is characterized and shows the need to attend to the subjectivity that prevails in the exercise of it. The theoretical framework on which the research is based is socioepistemology.

**Experimentation, Laboratory, Spectrophotometry, Biochemistry**

**Citación:** GALICIA, Adriana, LANDA, Lorena, PEDROTE, Esteban y PELAEZ, Isaias. La práctica espectrofotométrica, un acercamiento a la subjetividad de su ejercicio en la escuela. *Revista Sociología Contemporánea*. 2018, 5-17: 39-47.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: agsosa2001@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Al inicio de los ochenta Freudenthal afirma que “las matemáticas deberían ser enseñadas dentro de contextos y a mí me gustaría que las matemáticas más abstractas fueran enseñadas dentro de los contextos más concretos” (Freudenthal, 1981, p. 20). Este planteamiento responde a resolver los conflictos de la separación de la escuela de su entorno.

Desde alguna mirada, se considera que estos conflictos se atienden si los conocimientos se pueden colocar en contextos adecuados.

Al respecto, Alsina (2007), hace énfasis en la importancia de darle sentido a las actividades matemáticas de la escuela y advierte que gran parte del tiempo dedicado a la enseñanza de la matemática se utiliza para la resolución de ejercicios rutinarios alejados de la realidad y de la vida cotidiana del estudiante de la vida cotidiana. Esto lo ejemplifica con ejercicios de libros de texto.

En efecto, las propuestas han dado lugar a situaciones francamente artificiales. Al respecto Alsina (2007) reporta que algunas situaciones corresponden a una realidad inventada, esto es, a realidades ficticias, maquilladas como situaciones aparentemente posibles. A menudo incluyen datos o medidas equivocadas, conduciendo a creencias falsas e induciendo errores inadmisibles.

En este caso, según Alsina (2007, p.89) se trata hechos no observables directamente, sobre los que no hay ni intuición ni experiencia, que dan lugar a ejercicios formales o modelos cuyos resultados no pueden ser contrastados. Medios de transporte que no existen, balanza que no puede fabricarse, inventos futuristas.

Finalmente, Alsina propone una serie de problemas ejemplares que permiten mostrar a la matemática como útil para la interpretación y modelización de la realidad, capaz de sorprender y emocionar y necesaria para la toma de decisiones ciudadanas.

El autor refiere: Entenderemos por matematización el proceso de trabajar la realidad a través de ideas y conceptos matemáticos, debiéndose realizar dicho trabajo en dos direcciones opuestas:

A partir del contexto deben crearse esquemas, formular y visualizar los problemas, descubrir relaciones y regularidades, hallar semejanzas con otros problemas..., y trabajando entonces matemáticamente hallar soluciones y propuestas que necesariamente deben volverse a proyectar en la realidad para analizar su validez y significado.(Alsina, 2007, p.91)

También propone, en su clasificación de las realidades presentes en las situaciones que proponen los libros de texto para las clases de matemáticas, además de las inventadas, a las falseadas y manipuladas, a las inusuales, caducas, a las lejanas, ocultas y a las no adecuadas.

Si bien Freudenthal propone que las matemáticas más abstractas sean enseñadas en los contextos más concretos, también manifiesta su preocupación sobre cómo concebir dichos contextos “¿Cómo crear contextos adecuados para poder enseñar matematizando? [...] necesitamos problemas matemáticos que tengan un contexto significativo para los estudiantes” (Freudenthal, 1981, p. 20).

En el fondo, las aproximaciones que pretenden la contextualización de la matemática responden a un paradigma de que la matemática está dada y lo que hay que hacer es colocarla en contextos apropiados para su aprendizaje. Es preciso acotar la noción de contexto.

Coincidimos con Arrieta (2003) cuando refiere que: El aprendizaje es una actividad humana situada en contextos sociales, donde los actores sociales ejercen prácticas usando y construyendo herramientas, modificando con esta actividad, las mismas prácticas, su entorno, sus realidades, sus herramientas y sus identidades. (Arrieta, 2003, p. 17).

Mantenemos que hay que concebir el contexto en su complejidad en un lugar donde confluyen, temporal, espacial y mentalmente, diferentes factores organizados de manera sistémica. En ese sentido para nosotros, contexto social es una totalidad que da significado a las partes. Entonces estudiamos fenómenos de la construcción de conocimiento en contextos sociales donde las construcciones histórico-culturalmente constituidas, reconstruidas, adquieren particular significado. Arrieta (2003 p. 14).

Es decir, concebir el aprendizaje desde el contexto social, permite que las propias prácticas evolucionen en su constitución.

En la presente investigación se precisa estudiar la práctica espectrofotométrica primeramente en el contexto escolar en miras a vincularla con el contexto profesional y de investigación.

Estudiar las prácticas desde una perspectiva compleja nos remite a estudiar las *intenciones, procedimientos, herramientas, argumentos y sus procesos de emergencia y constitución*. Estos elementos se relacionan con el por qué se hace, cómo se hace, con qué se hace, cómo se justifica, y cómo es que la práctica llega a ser como es y qué horizontes plantea su devenir. Los cuatro primeros dan cuenta de la práctica situada, el último permite explicaciones que trascienden el presente, ubicando a la práctica en el tiempo. Son prácticas deviniendo en el tiempo, es decir, éstas, a medida que son ejercidas, están en continua transformación. Emergen, se constituyen, dejan de ser ejercidas y, en ocasiones vuelven a emerger. Nacen con intenciones, que cambian con su ejercicio. Los métodos y las herramientas originales cambian, quedando ocultos, en muchos casos, para quienes las ejercen después de su constitución.

Es prioritario estudiar las prácticas desde su contexto donde cobran vida y deconstruirlas para desarrollar diseños de aprendizaje.

*Deconstrucción* evoca al término creado por 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. Jacques 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.

Considerando 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, equivoco 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, coincidencias, entre otros aspectos, de los discursos, es decir la labor de análisis debe orientarse hacia un conjunto de aspectos rasgos o elementos antiguamente considerados subjetivos o azarosos. La deconstrucción es una invitación a invertir la jerarquía de nuestra percepción y valoración que han terminado en 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 auto-organice nuestra percepción de la realidad de otra manera.

Desde nuestra aproximación la deconstrucción de prácticas nos dará la pauta que han de seguir intervenciones en el aula, mediante diseños de aprendizaje basados en estas prácticas. La deconstrucción permite ver la diversidad de prácticas que aparentemente son la misma.

En ese sentido, se recurre a Maturana que, a partir de lo cognoscitivo, trata el tema de la objetividad desde dos aristas. Por un lado, afirma que la objetividad sin paréntesis se establece cuando se trata de una realidad independiente del observador.

*Al escuchar lo que otro dice, escucho buscando una referencia, a lo que yo considero lo real para aceptar lo que dice. Si no hallo tal referencia, considero que lo que dice el otro es un error. (Maturana, 2008, p. 246).*

Existe una verdad que excluye otras realidades. Ilusiones aparentes.

Desde la otra arista, el autor concibe la objetividad con paréntesis cuando existe una realidad independiente del observador.

*En el camino explicativo de la objetividad entre paréntesis no busco en mi escuchar una referencia a una realidad independiente de mi para validar mi explicar, sino que busco las coherencias operacionales que según el que explica dan validez a su explicar. (op cit, p. 246)*

La realidad posee diversas interpretaciones que son explicadas o interpretadas por las experiencias particulares de los sujetos. No existe entonces una verdad absoluta. No existe el autoritarismo, se acepta al otro generando la reflexión.

En esta investigación, la deconstrucción de las prácticas espectrofotométrica ejercida por los estudiantes, posibilita reconocer la diversidad de realidades de la práctica. Realidades dependientes de los sujetos que ejercen la misma práctica.

El marco teórico que sustenta esta investigación es la perspectiva teórica llamada socioepistemología. Cantoral y Farfán (2004) 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 (Cantoral y Farfán, 2004, p. 139).*

## Objetivo

El objetivo de este trabajo tiene que ver con estudiar, en una primera aproximación, cómo vive la práctica espectrofotométrica en la escuela, particularmente en la formación de ingenieros bioquímicos.

## Metodología a desarrollar

Para estudiar las prácticas vivenciadas en una comunidad en particular implica el desarrollo de una serie de actividades que difícilmente es posible atender por un único método particular. Por ello, en este trabajo se acuñan las etapas de investigación propuestas por Galicia (2014). Este acercamiento metodológico consta de tres etapas, en la primer etapa: La práctica legítima y su colindancia se proyecta a la comunidad y sus prácticas a estudiar así como aquellas prácticas colindantes a ésta promoviendo la distinción en las problemáticas que atienden y las formas que existen de filiación, otorgándoles estatus identitario. En esta etapa se plantean tres fases.

En la 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.

En la 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.

Por último, en la 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 audio-grabaciones 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 preferentemente no formen parte del grupo de la investigación o que se tenga la capacidad de mirar la actividad desde afuera. Se procede a esquematizar las prácticas identificadas y se selecciona aquella que se va a deconstruir.

En la selección de la práctica a estudiar influyen diversos factores. Uno de éstos 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, en una segunda o tercer mirada interactuar con quienes ejercen la práctica en una especie de validación de la información levantada.

Otro factor a considerar está relacionado con que los elementos recabados preferentemente aporten información para el diseño de una secuencia didáctica, es decir seleccionar aquella práctica que permita su reconstitución en el aula.

Resumidamente la segunda etapa, de la constitución a la deconstrucción de prácticas, consiste fundamentalmente en poner en evidencia la intencionalidad de la práctica, los procesos que se desarrollan y las herramientas que se utilizan para ejercerla, los argumentos que esgrimen quienes la ejercen.

Y finalmente la tercera etapa, la reconstitución de la práctica en la escuela, tiene que ver con la elaboración de diseños de aprendizaje y experimentación educativa.

Con base en la deconstrucción realizada de la práctica se elabora un diseño de aprendizaje y se instala en el aula como un estudio preliminar vía la experimentación educativa.

En este trabajo se reportan los resultados obtenidos en la primera etapa de investigación.

## **Resultados**

Identificación de la comunidad en estudio. Situamos esta investigación en comunidades de ingenieros bioquímicos, particularmente en la formación de ingenieros del Tecnológico Nacional de México.

De acuerdo al CENEVAL (2005), el Ingeniero Bioquímico es el profesional con una formación sólida en ciencias básicas e ingeniería aplicada capaz de desarrollar, administrar, implementar y evaluar procesos, tecnología y servicios mediante el uso de agentes con actividad biológica, con énfasis en el desarrollo sostenible, destinados a la producción de satisfactores, aplicando criterios éticos y de calidad que contribuyan al mejoramiento de la sociedad, que engloba las tendencias actuales de la Ingeniería Bioquímica relacionadas con las competencias profesionales, la cultura de la calidad y la sustentabilidad de las acciones.

Según Jiménez y Navarrete, (2002) en febrero de 1958 se inician las actividades del programa educativo de Ingeniero Bioquímico en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB-IPN). Este programa académico incorpora dos Ingenierías: la de Fermentaciones y la de Alimentos. En el caso de Ingeniería de Fermentaciones, que es lo que en Estados Unidos se conoce como Ingeniería Bioquímica, en su origen, estaba constituida por la Ingeniería Microbiana y la Ingeniería Enzimática. Con el transcurso de los años y con el desarrollo de cultivos de células vegetales y animales, la Ingeniería de Fermentaciones agrupa tres áreas que son: Ingeniería Microbiana, Ingeniería Celular e Ingeniería Enzimática.

Actualmente a la Ingeniería de Fermentaciones se le conoce como Bioingeniería. Posteriormente este programa académico se implanta en otras instituciones, En el Tecnológico Nacional de México, antes Dirección General de Institutos Tecnológicos se ofrece a partir de 1975 en 14 institutos federales y en 10 institutos tecnológicos descentralizados (ANUIES, 2013; DGEST, 2013).

Desde su fundación, el programa educativo ha transcurrido por cuatro revisiones Nacionales de Diseño e Innovación Curricular, la primera en 1975 (IBQA-1990-288) la segunda en 1993 (IBQA-1993-288) la tercera en 2005 (IBQA-2005-288) y la más reciente en 2010 (IBQA-2010-207) donde ha evolucionado el objetivo del programa hasta el aprendizaje basado en competencias actualmente institucionalizado.

Por otra parte, en cada Instituto Tecnológico se realizan estudios regionales que definen el módulo de especialidad como son Tecnología de Alimentos, Alimentos, Biotecnología, Productos Naturales, Ingeniería de Alimentos, Bioingeniería, entre otros. (Jiménez, Botello, Navarrete y Martínez, 2013).

Se coincide con lo concluido por Jiménez et al. (2013), cuando plantean un Resumen de las competencias específicas de la Ingeniería Bioquímica, (tabla 1) después de haber analizado los enfoques de competencias inherentes al ejercicio de la Ingeniería Bioquímica tanto como en el ámbito educativo como en el ejercicio de la profesión, a partir de la combinación e integración de los puntos de vista de profesores e investigadores, empleadores y del status actual de la profesión (Tabla 1).

VERBO	CONTENIDO	AMBITO	CRITERIO
1. Diseña	Bioprocesos	En el sector industrial y de servicios	Atendiendo necesidades con una responsabilidad sustentable
2. Desarrolla	Productos o biomateriales	En el sector industrial y de servicios	Mediante procedimientos de origen biológico
3. Evalúa	El análisis de factibilidad técnica y económica de productos y procesos	En el sector industrial y de servicios	De acuerdo a las necesidades específicas con visión social y sustentable.
4. Diseña	Biorreactores	Para producir metabolitos	Empleando microorganismos silvestres o recombinantes
5. Evalúa	La calidad de procesos y materiales biológicos	Considerando los aspectos de inocuidad y sustentabilidad.	Tomando con base la normatividad nacional e internacional.
6. Caracteriza	Materia prima, materiales en proceso y producto terminado	Considerando los aspectos fisicoquímicos y funcionales	Para obtener productos saludables y de alto valor agregado
7. Formula y evalúa	Proyectos de inversión	Para procesos en la bioindustria	Tomando en cuenta los aspectos económico, social y sustentable
8. Desarrolla	Tecnología	Para la obtención de productos de valor agregado	Empleando bioprocesos
9. Desarrolla	Tecnología del ADN recombinante	Para la obtención de productos útiles a la sociedad	Cuidando los aspectos económico, social y sustentable.
10. Asesora	En procesos y materiales de origen biológico	Al sector productivo, de servicios, social o gubernamental	Cuidando los aspectos económico, social y sustentable.
11. Emprende	Acciones para la creación de empresas	Para el desarrollo de productos o bioindustrias	Cuidando los aspectos económico, social y sustentable.
10.Efectúa	Estudios de posgrado	En instituciones de reconocido prestigio académico	Para especializarse en un área de la Ingeniería Bioquímica u otra afin.

**Tabla 1** Resumen de las competencias específicas de la Ingeniería Bioquímica

Fuente: Jiménez et al (2013)

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 créditos a otros cursos que incluyen asistencia a congresos y actividades deportivas y culturales (Tecnológico Nacional de México, 2017).

### Reconocimiento de los escenarios.

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, realizan análisis cualitativos y cuantitativos de corte biológico, químico y físico. En muchas de estas prácticas la espectrofotometría es una práctica recurrente fundamental para el control de procesos.

Por ejemplo en la industria refresquera, en plantas potabilizadoras y de tratamientos de agua, entre otras, el profesionista se ubica en el área de proceso o en el laboratorio de calidad ejerciendo diversas funciones, desde jefaturas hasta analistas. La calidad del equipamiento y los materiales que en el laboratorio se utilizan están en función de la capacidad económica de la empresa, el espectrofotómetro uv-visible es uno de los equipos esenciales en un laboratorio de calidad.

La espectrofotometría una práctica recurrente.

Es posible clasificar las prácticas del ingeniero bioquímico por su complejidad de los diversos fenómenos 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, se selecciona una práctica que, por su uso y posibilidad de ser reconstruida en el laboratorio escolar para el aprendizaje de las ciencias, nos centramos en la espectrofotometría.

La espectrofotometría es uno de los métodos de análisis óptico más usado en la comunidad de ingenieros bioquímicos.

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 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 éste). 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. Figura 1.

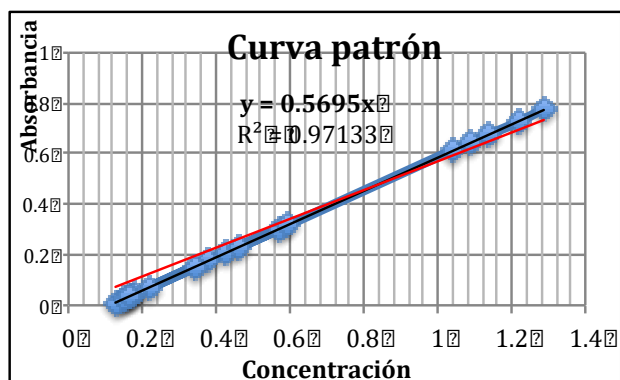


Figura 1 Curva patrón de glucosa

El tema de espectrofotometría como técnica de análisis se aborda en la asignatura de Química Analítica II en quinto semestre. Esta técnica es utilizada en posteriores asignaturas, por ejemplo en Microbiología de Alimentos e Ingeniería de Biorreactores es utilizada para conteo de levaduras, construyendo una curva de calibración de Mc Farland ó preparando soluciones de microorganismos de concentración conocida.

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 si azúcar, precisan de 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 publicaciones científicas se observa 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). Por ejemplo, García y Montero (2010) realizaron la determinación de fenilalanina, tirosina y triptofano, haciendo lecturas se en el espectrofotómetro uv-visible a diversas longitudes de onda, método propuesto por Block y Bolling.

El proceso general de la práctica espectrofotométrica consiste en: 1. Preparación y valoración de soluciones. 2. Determinación de absorbancia de soluciones de concentraciones conocidas del analito a determinar en el espectrofotómetro (al menos 5). 3. Construcción de la curva de calibración: absorbancia vs concentración y obtención del modelo lineal. 3. Determinación de absorbancias de muestras problemas. 4. A partir de la absorbancia se calcula la concentración del analito buscado utilizando el modelo lineal o la gráfica de la curva de calibración. 5. Reporte del resultado.

Con la finalidad de un primer acercamiento a la comunidad de estudiantes, se indagó respecto al nivel de conocimiento de la práctica espectrofotométrica, se les preguntó a 30 estudiantes al azar, esto es aproximadamente el 10% de la población estudiantil, las veces que han ejercido esta práctica, si el modelo que obtienen es lineal y si no lo es, qué acciones realizan.

La mayoría de los estudiantes declara haber realizado o apoyado en la realización de la práctica al menos una vez. Aunque todos coinciden en que no se obtiene un modelo lineal perfecto, sino que deben ajustarlo, la mayoría reconoce usar el método de mínimos cuadrados para ajustar la gráfica pero al explicar el procedimiento lo hacen algorítmicamente, sin una interpretación contextualizada del significado del coeficiente de correlación ni de la importancia del valor obtenido de éste.

Por otra parte, se analizaron reportes de residencias profesionales donde se utiliza la espectrofotometría uv-visible como método de análisis y al entrevistar al estudiante, explica de manera algorítmica el procedimiento realizado, no siempre le es posible comprender el error fotométrico y su relación con el coeficiente de correlación.

Cabe mencionar que, tanto en reportes de residencias profesionales como de prácticas de clases, el procedimiento, las herramientas matemáticas y estadísticas son las mismas, sin embargo, las argumentaciones entre residente y estudiante difieren.

En la entrevista a uno de los profesores, se coincide con la hipótesis de que el estudiante desarrolla algorítmicamente los procesos de ajuste de la curva de calibración, sin cuestionarse sobre el valor del coeficiente de correlación, por ejemplo reportan trabajos por debajo del 80% de la  $R^2$ .

Independientemente de que por cuestiones de tiempo y económicas, es poco factible volver a realizar la curva a fin de obtener un coeficiente de correlación cercano al 90%. Si el profesor no cuestiona al estudiante a manera de retroalimentación la importancia del modelo lineal, el estudiante no considera esa variable relevante.

## Conclusión

Además de la revisión de las competencias profesionales de estudiantes de ingeniería bioquímica, se ha considerado importante estudiar aquellas prácticas recurrentes que en esta comunidad prevalecen a fin de tender puentes entre la comunidad de estudiantes y profesionistas y de estudiantes e investigadores, caso particular el de la práctica espectrofotométrica.

Se reporta un acercamiento a las condiciones de desarrollo de esta práctica en la escuela. Por una parte en los programas de estudios es posible observar suficientes contenidos de matemáticas, estadística y química para el desarrollo y comprensión de la ley de Lambert-Beer, que modela la práctica espectrofotométrica. Sin embargo, el aprendizaje no se evidencia de manera sistémica y contextualizada.

Además que teóricamente la ley es modelada por una función lineal y en el laboratorio siempre se precisa aplicar la regresión lineal, en una primera visión, se identifica que los estudiantes utilizan la regresión lineal sin considerar el valor obtenido del coeficiente de correlación, es decir, lo que aparentemente les interesa es “hacerla recta” aplicando el método por mínimos cuadrados en Excel.

Es posible, en un primer acercamiento, observar que esta práctica es ejercida de la misma manera, con los mismos procedimientos y herramientas matemáticas, sin embargo las intencionalidades entre los actores que ejercen la práctica es diferente, mientras al residente le interesa en el modelo lineal la exactitud y reproducibilidad en los datos, al estudiante le interesa solo obtener el modelo lineal. Identificando así con estos resultados preliminares la subjetividad en el ejercicio de esta práctica.

Estos resultados, muestran elementos hacia la deconstrucción de la práctica espectrofotométrica y para la investigación con mayor profundidad en la comunidad de profesionistas y de investigadores a fin de que sea posible la elaboración e implementación de diseños de aprendizaje basado en prácticas en una aspiración a la construcción de conocimiento funcional.

## Referencias

Alsina, A. (2007). El aprendizaje reflexivo en la formación permanente del profesorado: un análisis desde la didáctica de la matemática. *Educación Matemática*. 19(1), 99- 126.

Arrieta, J. (2003). *Las prácticas de modelación como proceso de matematización en el aula*. (Tesis inédita de doctorado). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, D. F, México.



Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. ANUIES (2013). Portal Web. [www.anui.es.mx](http://www.anui.es.mx)

Cantoral, R., 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.

Centro Nacional para la Evaluación de la Educación Superior. (CENEVAL). Documentos de trabajo del Consejo Técnico de Ingeniería Bioquímica y de Alimentos. 2005-2006.

Derrida, J. (2008). *De la gramatología*. (9ª ed). (Del Barco, O., Ceretti, C., Trad.). México: siglo veintiuno editores.

Freudenthal, H. (1981). Major problems of mathematics education. 12, ( 2), 133-150.

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*. *Memorias del XVII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. VII Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. VIII Jornadas Científicas del Posgrado en Biomedicina y Biotecnología Molecular*. obra independiente: 978-607-9025-00-7. Editorial Colegio Mexicano de Ingenieros Bioquímicos, A.C.

Jiménez, H. y Navarrete, J. L. (2002). Estado del Arte de la Ingeniería Bioquímica en México. *BioTecnología*, 7(1), 40-57.

Jiménez, Botello, Navarrete y Martínez, (2013). Las competencias profesionales en la ingeniería bioquímica. *Pistas Educativas*, No. 101. Instituto Tecnológico de Celaya: México.

Krieger, P. (2004). La deconstrucción de Jacques Derrida (1930-2004). *Anales del Instituto de Investigaciones estéticas*, (84). 179-188.

Maturana, H. (2008). *El sentido de lo humano*. (8va ed) DOLMEN Ediciones: Santiago de Chile.

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Acapulco (2017). *Plan de estudios de Ingeniería Bioquímica. Retícula: IBQA -2010-207 (Competencias profesionales)*. Recuperado de: <http://it-acapulco.edu.mx/ingenieria-bioquimica/>