

LA MODELACIÓN DE LA TURBIEDAD DEL AGUA EN LA PROGRESION DEL APRENDIZAJE DE ATRIBUTOS DE EGRESO EN INGENIERÍA⁷⁴

226

THE MODELING OF WATER TURBIDITY IN THE LEARNING PROGRESSION OF GRADING ATTRIBUTES IN ENGINEERING

Adriana Galicia⁷⁵

Lorena Landa⁷⁶

Bertha Ivonne Sánchez⁷⁷

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.⁷⁸

⁷⁴ Derivado del proyecto de investigación: Formación de competencias de modelación matemática a partir de la deconstrucción de procesos de tratamiento de aguas, una propuesta transdisciplinaria para estudiantes de ingeniería bioquímica. Financiado por Tecnológico Nacional de México

⁷⁵ Doctorado en Matemática Educativa. Universidad Autónoma de Guerrero. Maestría en Matemática Educativa Universidad Autónoma de Guerrero. Ingeniera Bioquímica Instituto Tecnológico de Acapulco. Docente Investigadora-Tecnológico Nacional de México, campus Acapulco. Cuerpo Académico Desarrollo de Alimentos no Convencionales y su Aplicación en la Modelación Educativa México. Correo: adriana.gs@acapulco.tecnm.mx.

⁷⁶ Doctorado en Educación Basada en Competencias Centro Universitario Mar de Cortés. Maestría en Matemática Educativa Universidad Autónoma de Guerrero. Ingeniera Bioquímica Instituto Tecnológico de Acapulco. Docente Investigadora-Tecnológico Nacional de México, campus Acapulco. Cuerpo Académico Desarrollo de Alimentos no Convencionales y su Aplicación en la Modelación Educativa. México. Correo: lorena.lh@acapulco.tecnm.mx.

⁷⁷ Tecnológico Nacional de México campus Cd. Jiménez. Cd. Jiménez Chihuahua, México ivonnesanchez10@yahoo.com.

⁷⁸ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

11. LA MODELACIÓN DE LA TURBIEDAD DEL AGUA EN LA PROGRESIÓN DEL APRENDIZAJE DE ATRIBUTOS DE EGRESO EN INGENIERÍA⁷⁹

Adriana Galicia⁸⁰, Lorena Landa⁸¹ y Bertha Ivonne Sánchez⁸²

227

RESUMEN

En la formación de ingenieros existe desvinculación entre las prácticas del contexto profesional y el escolar, con énfasis en el aprendizaje de las ciencias básicas. En este trabajo se presentan resultados de la puesta en escena de una estrategia didáctica (ED) que vincula las prácticas de modelación del ingeniero bioquímico (IBQ) en una planta de tratamiento de aguas y las prácticas de modelación de estudiantes de IBQ en la clase de cálculo diferencial. El trabajo se ubica en el marco teórico de la socio epistemología que considera los principios de lo normativo de la práctica social, el de racionalidad contextualizada, el de relativismo epistemológico y el de resignificación (Cantoral, 2013). El objetivo de la ED es que el estudiante modele lo cuadrático a partir de la determinación de turbiedad de muestras de agua. Desarrollando así la modelación experimental, numérica, gráfica y algebraica. Este trabajo es de corte cualitativo y se siguen las fases metodológicas que citan Galicia, Landa y Cabrera (2017) de lo que llaman deconstrucción de prácticas usando como unidad de análisis el dipolo modélico (Arrieta y Díaz, 2014). Los estudiantes logran construir los modelos numérico y gráfico en la experimentación y el modelo algebraico con ayuda del programa Excel. Aportando con ello a la formación los atributos de egreso de pensamiento crítico y

⁷⁹ Derivado del proyecto de investigación: Formación de competencias de modelación matemática a partir de la deconstrucción de procesos de tratamiento de aguas, una propuesta transdisciplinaria para estudiantes de ingeniería bioquímica. Financiado por Tecnológico Nacional de México

⁸⁰ Doctorado en Matemática Educativa. Universidad Autónoma de Guerrero. Maestría en Matemática Educativa Universidad Autónoma de Guerrero. Ingeniera Bioquímica Instituto Tecnológico de Acapulco. Docente Investigadora-Tecnológico Nacional de México, campus Acapulco. Cuerpo Académico Desarrollo de Alimentos no Convencionales y su Aplicación en la Modelación Educativa México. Correo: adriana.gs@acapulco.tecnm.mx.

⁸¹ Doctorado en Educación Basada en Competencias Centro Universitario Mar de Cortés. Maestría en Matemática Educativa Universidad Autónoma de Guerrero. Ingeniera Bioquímica Instituto Tecnológico de Acapulco. Docente Investigadora-Tecnológico Nacional de México, campus Acapulco. Cuerpo Académico Desarrollo de Alimentos no Convencionales y su Aplicación en la Modelación Educativa. México. Correo: lorena.lh@acapulco.tecnm.mx.

⁸² Tecnológico Nacional de México campus Cd. Jiménez. Cd. Jiménez Chihuahua, México ivonnesanchez10@yahoo.com

solución de problemas de la asignatura de cálculo diferencial y su relación transversal del perfil progresivo reticular.

ABSTRACT

In the training of engineers, there is a disconnect between the practices of the professional and school contexts, with an emphasis on learning basic sciences. This work presents results of the staging of a didactic strategy (DE) that links the modeling practices of the biochemical engineer (IBQ) in a water treatment plant and the modeling practices of IBQ students in the class of differential calculus. The work is in the theoretical framework of Socioepistemology that considers the principles of the normative of social practice, that of contextualized rationality, that of epistemological relativism and that of resignification (Cantoral, 2013). The objective of the DE is for the student to model the quadratic from the turbidity determination of water samples. Thus, developing the experimental, numerical, graphic, and algebraic modeling. This work is qualitative and follows the methodological phases cited by Galicia, Landa and Cabrera (2017) of what they call deconstruction of practices using the model dipole as the unit of analysis (Arrieta and Díaz, 2014). Students manage to build the numerical and graphic models in experimentation and the algebraic model with the help of the Excel program. Contributing with this to the training the attributes of critical thinking and problem-solving graduation from the subject of differential calculus and its transversal relationship of the progressive reticular profile.

PALABRAS CLAVE: modelización, enseñanza de las ciencias, formación profesional

Keywords: modeling, science teaching, professional training

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla a partir de uno de los resultados del proyecto de investigación Formación de competencias de modelación matemática a partir de la deconstrucción de procesos de tratamiento de aguas, una propuesta transdisciplinaria para estudiantes de ingeniería bioquímica. Financiado por Tecnológico Nacional de México en la convocatoria 2019. Este proyecto de investigación nace de la necesidad de vincular las actividades que se desarrollan en la formación de competencias profesionales específicas del estudiante de la ingeniería bioquímica y las actividades que se desarrollan en la formación de competencias básicas de la clase de cálculo diferencial.

Históricamente, la funcionalidad de la matemática en la formación de competencias específicas del ingeniero bioquímico tiene el sentido utilitario, como herramienta para la comprensión de fenómenos de naturaleza química, física y biológica y la resolución de modelos matemáticos que expliquen dichos fenómenos.

Sin embargo, en general en el discurso matemático escolar el aprendizaje está en el aula se basa en la enseñanza de procedimientos matemáticos abstractos, soluciones algorítmicas sin aseguramiento del éxito del estudiante en el aprendizaje de las competencia cognitivas, actitudinales y procedimentales de su perfil de egreso

Coincidiendo con Cantoral et al (2015) la matemática escolar se rige por un sistema de razón, al cual denominan discurso Matemático Escolar, fuertemente centrado en el valor mismo de los conceptos puros: conceptos como el de función, razón, fracción, número, sucesión, espacio, etc., que, al ser introducidos al aula como objetos formales acompañados de procesos algorítmicos, se les reduce a meros tratamientos didácticos secuenciados y debidamente cronometrados.

Los autores usan el término pensamiento matemático para referirse a la diversidad de formas en que piensan las personas que se interesan por identificar, caracterizar o modelar conceptos y procesos propiamente matemáticos en ámbitos diversos, no sólo escolares. Dado que la actividad humana involucra procesos de razonamiento y factores de experiencia, al hablar de pensamiento matemático los autores ubican la actividad matemática como forma de actividad humana en escenarios diverso.

En ese sentido también se coincide con Cantoral et al (2015) respecto a que el Rediseño del discurso Matemático Escolar es el reto mayor del cambio educativo, ¿cómo organizar el conocimiento escolar con base en la realidad de quien aprende sin abandonar al contenido de las Matemáticas?, ¿cómo esta organización puede ser parte de la profesionalización docente?, y ¿qué papel juega la vida cotidiana en estos procesos?, preguntas que fueron configurando al programa socio epistemológico de investigación en Matemática Educativa que lideran. El grupo de investigación afirma que los conceptos y procesos matemáticos que se ponen en funcionamiento en un acto didáctico pueden no ser objetos matemáticos en el sentido clásico, formas de saber culto aceptados por la comunidad matemática o por la noosfera educativa, expresados en el currículo oficial, ya sea explícita o tácticamente.

Pueden ser nociones, preconceptos, ideas en su fase germinal, acciones, actividades y prácticas que participan de otros ámbitos de la actividad humana como la construcción de artefactos, las innovaciones tecnológicas, diseños de ingeniería, del ámbito de las ciencias, las técnicas, las artesanías, las actividades comerciales y así un largo etcétera. Esto es así porque las Matemáticas desde la mirada socio epistemológica son consideradas parte esencial de la cultura, un elemento “vivo” que se crea “fuera” del aula, pero se recrea “dentro” de ella: las Matemáticas no se inventaron para ser enseñadas y sin embargo se enseñan, se las usa en distintos escenarios, digamos que “viven” a través de las acciones más básicas de toda actividad humana y que están presentes también en la educación formal, en las aulas de ciencias, Física, Química, Biología, entre otras incluyendo la clase de Matemáticas. Finalmente, coincidimos con los autores cuando mencionan que están presentes en las prácticas cotidianas de todos los seres humanos cuando clasifican, predicen, narran, comparan, transforman, estiman, ajustan, distribuyen, representan, construyen, interpretan, justifican, localizan, diseñan, juegan, explican, cuentan o miden.

Así, el presente trabajo pretende aportar una estrategia didáctica (ED) basada en el ejercicio de prácticas de modelación para construir conocimiento a partir de problemas auténticos de su contexto profesional, vinculando una de las prácticas de modelación en el control de calidad del tratamiento de aguas y la práctica de modelación de lo cuadrático de la clase de cálculo.

Desvelando con este proceso de vinculación elementos que contribuyan a la formación de competencias globales en el estudiante hacia la construcción de sus atributos de egreso (AE) y en atención al empoderamiento del profesorado.

Por otra parte, es determinante en este trabajo de investigación repensar el discurso matemático escolar que privilegia el logro de resultados correctos con procedimientos algorítmicos que se centra en obtener y usar expresiones analíticas de funciones hacia el logro de respuestas, sin promover el análisis del cambio y la variación causal existentes en los ejercicios o experimentos teóricos expuestos, muchas veces descontextualizados. Es decir, se apuesta a desplazar el aprendizaje algorítmico por el aprendizaje significativo a partir de prácticas de modelación en contexto. Se apuesta por un aprendizaje basado en prácticas de modelación.

Actualmente el sistema más grande de formación de ingenieros en Latinoamérica, el Tecnológico Nacional de México (TecNM) se encuentra en la transición del modelo educativo: del Modelo Educativo para el Siglo XXI Formación y Desarrollo de competencias profesionales hacia el Modelo Educativo del Tecnológico Nacional de México Innovar para Innovar. Si bien en el primero (TecNM, 2012) se establecen claramente como estrategias de aprendizaje que el estudiante alcance las competencias específicas y genéricas vinculando el proceso de aprendizaje con el entorno; que establezca relaciones significativas entre los contenidos de las distintas asignaturas del plan de estudios para que adquiera una perspectiva sistémica e interdisciplinaria de su formación profesional así como atender diferentes situaciones reales o derivadas de los ambientes y espacios académicos e institucionales, entre otras; en la propuesta del modelo educativo innovar para innovar se están definiendo que las estrategias de aprendizaje vayan dirigidas a promover el descubrimiento del conocimiento; establecer actividades sistematizadas para la elaboración del conocimiento; programar y supervisar actividades de aplicación para reinventar y apropiarse del conocimiento y desarrollar los hábitos mentales para el pensamiento creativo y crítico y la autorregulación en un ambiente de colaboración.

Por otra parte, y en ese mismo tenor en el quehacer actual desde la academia de ingeniería bioquímica (IBQ) para el proceso de reacreditación ante el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, Asociación Civil (CACEI), se construyen los Atributos de

Egreso (AE) a fin de dar respuesta a los objetivos educacionales que demanda el sector productivo o el llamado grupo de interés.

MATERIAL Y MÉTODOS

El diseño de la estrategia didáctica a partir de la modelación de la turbiedad del agua se basa en investigación de tipo cualitativa (Cerrón, 2019), toda vez que se utiliza para un estudio de casos y de tipo experimental. Los instrumentos de recolección de datos de la investigación fueron la guía de observación participante, la guía del moderador-grupo focal, así como el uso de medios audiovisuales.

En este diseño se siguen las fases metodológicas de la tercera etapa que citan Galicia, Landa y Cabrera (2017). Esta etapa de lo que llaman deconstrucción de prácticas, está centrada en la elaboración de diseños de aprendizaje y experimentación educativa. Los autores proponen tres fases. Para la fase 0: Condiciones generales del diseño, los autores definen las responsabilidades de cada integrante del equipo de investigación. Se establecen las condiciones técnicas de la estrategia, es decir la preparación de materiales, en este caso de laboratorio y reactivos de ser necesarios.

Se relaciona y asegura se cuente con los equipos de grabación de audio y video como instrumentos de observación para la recolección de información y su posterior análisis. También se preparan y calibran los equipos de laboratorio. Para el caso de la presente investigación, se utiliza un turbidímetro para la medición de la turbiedad de diferentes muestras control de agua. En esta fase se establecen los objetivos del diseño privilegiando la identificación y el uso de la herramienta matemática en el contexto de la ingeniería, hacia la resignificación de usos del conocimiento matemático que Cordero, Del Valle y Morales (2019) definen como una categoría de conocimiento matemático que expresa el carácter funcional de las comunidades.

En la fase I: la interacción con el fenómeno, Galicia et al. (2017) sugieren la experimentación en ambientes presencial, virtual y la experimentación física directa con el fenómeno, para el caso del presente trabajo se desarrolla como experimentación física. Es de relevancia en este apartado el contexto discursivo que se produce durante la puesta en escena de la estrategia.

Las argumentaciones producidas se analizan posteriormente, coincidiendo con Moreno, Candela y Buñuelos (2019) al considerar que el análisis discursivo informada etnometodológicamente atiende su carácter observable-reportable y describe los campos públicos en los cuales trabajan los participantes en escenarios educativos

En esta fase I se plantean las situaciones que lleven al estudiante a articular las dos entidades que surgen de la experimentación, la que se intenta intervenir (lo modelado) con la entidad interventora (el modelo), es decir el dipolo modelo-modelado.

Para la Fase II. 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 desvelando el dipolo modélico que ya tiene configurado en su práctica constituida.

DESARROLLO

Esta investigación se desarrolla en el marco de la perspectiva teórica denominada Socio epistemología. Para Cantoral (2013), la Socio epistemología responde a la construcción de nuestros sistemas conceptuales desde tres planos. Donde el primer plano trata sobre la naturaleza misma del saber. Hablar del saber no se limita, en esta perspectiva, a definir la relación que éste guarda con los objetos matemáticos, sino a posicionar al ser humano, en sus distintas dimensiones, en el acto mismo de construcción de sus sistemas conceptuales, su problematización. El segundo plano se ocupa de la práctica social como normativa de la actividad humana y como base de la construcción de nuestros sistemas conceptuales. Sus mecanismos funcionales. En el tercer plano, el autor lo considera como el plano teórico, que se ocupa de caracterizar las articulaciones teóricas, con una fuerte evidencia empírica, de procesos y términos del modelo de construcción social del conocimiento.

Para la presente investigación, por sobre la enseñanza del ente matemático, se privilegia al aprendizaje de la matemática como herramienta en uso, en un contexto específico donde se impulsa una forma de actuar particular que al hacer uso de esta herramienta emergen procedimientos, intenciones y argumentos específicos.

Para estudiar el ejercicio de una práctica se realiza a partir de la configuración dipolo modélica. Para 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 (figura 1).

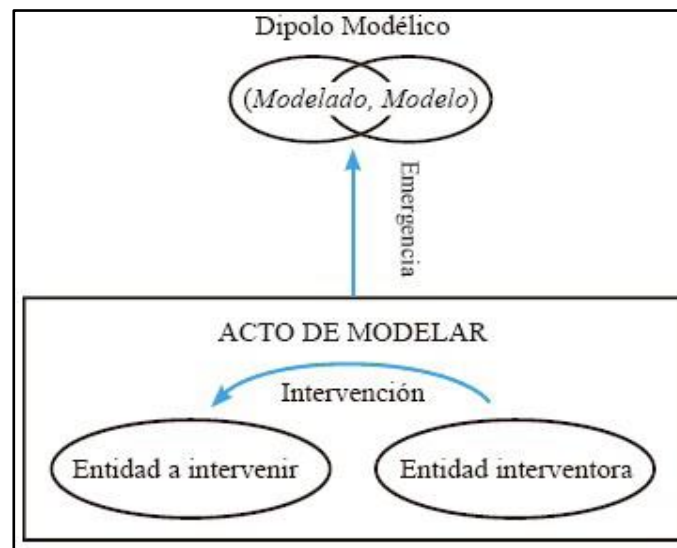


Figura 1. El acto de modelar. Fuente. Elaboración propoa.

Al respecto, Galicia et al. (2017) puntualizan que en la práctica de modelación emergen dipolos modélicos conformados por dos polos (esferas) y finas corrientes de atracción expresadas en la figura 2 como líneas punteadas indicando los argumentos, las herramientas, las intenciones y los procedimientos. Estas fuerzas de atracción, cual dipolo eléctrico, activan el acto de modelar sin que sea necesariamente objetiva su presencia, así, es posible que mientras un ingeniero bioquímico modela la práctica de diluir en una muestra siguiendo la norma oficial mexicana operando el factor 10^n , un técnico laboratorista químico podría ejercer en apariencia la misma práctica y sin embargo el técnico adiciona “ceros” a una cifra a la vez que en su práctica de diluir la ha constituido algorítmicamente y ambas prácticas de modelación ser correctas. Esta subjetividad es posible mirando esta práctica desde la configuración dipolo modélica (Galicia, 2014).

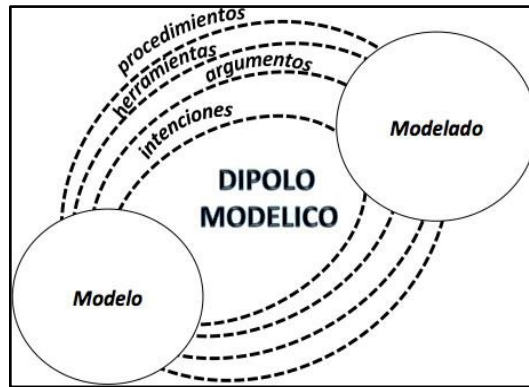


Figura 2. Dipolo modélico. Fuente. Elaboración propia.

Por otra parte, para la globalización de la enseñanza de la ingeniería se precisa garantizar la calidad y pertinencia de los programas educativos, buscando que éstos cumplan los estándares mínimos internacionales reconocidos para los programas de buena calidad en ingeniería y se promueva en las instituciones la cultura de la mejora continua de los programas educativos, incorporando las tendencias internacionales para la formación de ingenieros, es decir se precisa acreditar el programa de ingeniería, para el caso de México la institución responsable de acreditar es el CACEI y aunque dicho proceso es de carácter voluntario, ha sido referente para el acceso a fondos de financiamiento en equipamiento e infraestructura. Este organismo toma en cuenta los criterios y estándares internacionalmente del Washington Accord.

Para el caso particular del programa de Ingeniería Bioquímica del TecNM campus Acapulco, como parte del proceso de acreditación la academia diseñó siete atributos de egreso (AE): comunicación, pensamiento crítico, solución de problemas, interacción social, autoaprendizaje e iniciativa personal, formación ética y el uso de nuevas herramientas tecnológicas, identificándose al menos tres en cada asignatura del plan de estudios en los niveles respectivos de logro: introductorio, medio y avanzado.

Para la presente investigación, se organizó por ejes de aprendizaje el mapa curricular y se definieron AE previamente dictados por los grupos de interés o empleadores y sus respectivos criterios de desempeño, se procedió a identificar el aporte y el nivel que tiene cada asignatura a los AE declarados por el programa educativo.

Una forma de trazar el avance reticular de los AE es mediante las progresiones de aprendizaje. En ese sentido Talanquer (2013) menciona que las progresiones de aprendizaje son modelos educativos sobre cómo se espera que evolucionen las ideas y formas de pensar de los estudiantes sobre un concepto o tema determinado a medida que avanzan en sus estudios. Estos modelos pueden referirse a cambios en el conocimiento declarativo o procedimental de los estudiantes.

La progresión puede describir cambios en la comprensión de conceptos específicos, como densidad y flotación, o de ideas o habilidades más generales, como el modelo corpuscular de la materia o el uso de modelos para generar explicaciones. Una progresión de aprendizaje puede constreñirse a describir cambios esperados en la comprensión de los estudiantes en períodos cortos de tiempo, como un semestre académico, o a lo largo de varios grados escolares, tal es el caso de las progresiones de aprendizaje de los AE en el PE de IBQ desde el nivel introductorio hasta el logro de éste en el nivel avanzado.

En este trabajo centra el interés de dos de los AE con mayor recurrencia, por una parte, el AE de Solución de Problemas, que como se muestra en la figura 3 se identificó por progresiones de aprendizaje de este AE en 38 de las 51 asignaturas que integran el mapa curricular del PE

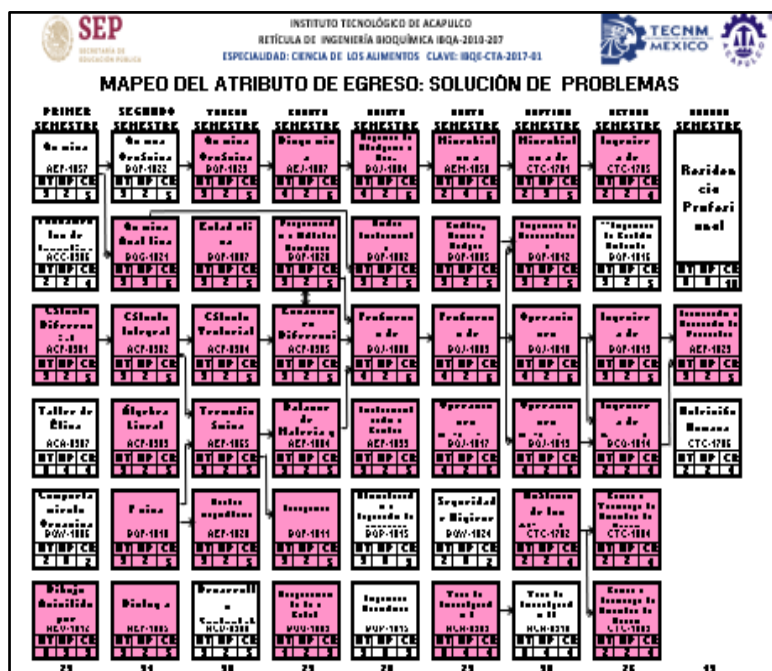


Figura 3. Progresión del aprendizaje del AE Solución de problemas. Nota. Tomado de TECNM México

Por otra parte, el AE de Pensamiento Crítico se identificó por progresiones del aprendizaje en 27 de las 51 asignaturas que integran el mapa curricular del PE como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Progresión del aprendizaje del AE Pensamiento crítico. Nota. Tomado de TECNM. México

En este trabajo se considera que una forma de acercar el logro de estos dos relevantes AE en la ingeniería es a través del ejercicio de prácticas de modelación a partir del primer semestre y se toma como referencia la práctica turbidimétrica por ser una práctica recurrente en el tratamiento de agua potable y de carácter relevante en la IBQ.

Ante esta premisa, se diseña la ED, cuyo objetivo versa en que el estudiante desarrolle la competencia de modelar matemáticamente el comportamiento cuadrático de la turbiedad de muestras de agua. El programa de la asignatura de cálculo diferencial con clave ACF –

0901 y créditos de Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos (SATCA) 3-2-5, es decir 3 horas de teoría y 2 horas de prácticas cubriendo un total de 5 horas semanales. Esta asignatura está ubicada en el primero de nueve semestres. En el programa se establece como parte de la intención didáctica que el estudiante debe desarrollar la habilidad para modelar situaciones cotidianas en su entorno. Es importante que el estudiante valore las actividades que realiza, que desarrolle hábitos de estudio y de trabajo para que adquiera características tales como: la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo, el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Los AE's definidos para la asignatura de cálculo diferencial son tres, Solución de Problemas que se refiere a identificar problemas y planificar estrategias para solucionarlos, el Pensamiento Crítico que tiene que ver con que el estudiante utilice el conocimiento, la experiencia y el razonamiento para emitir juicios fundados, el Autoaprendizaje e Iniciativa Personal que se refiere a buscar de forma permanente nuevos conocimientos y capacidad de aplicarlos y perfeccionar sus conocimientos y habilidades anteriores y el atributo de Uso de nuevas Herramientas Tecnológicas, que se relaciona con la capacidad para dominar el lenguaje técnico profesional y computacional necesario para el ejercicio de la profesión y/ disciplina, todos estos atributos definidos en un nivel de logro introductorio.

En la tabla 1 se muestra a través de la progresión del aprendizaje la transversalidad de los AE Pensamiento crítico y Solución de Problemas en cuatro de las asignaturas con respecto a las competencias específicas y el nivel de logro de estos AE que otorgan respuestas a los grupos de interés, así como la progresión del aprendizaje del uso de la turbidimetría en el proceso de tratamiento de aguas y su relación primaria con la modelación matemática.

Tabla 1
Progresión del aprendizaje de AE y Turbidimetría

Asignatura	Tema	Competencias específicas	Semestre	Nivel del AE Pensamiento crítico	Nivel del AE Solución de Problemas
Cálculo diferencial	Funciones	Analiza la definición de función real e identifica tipos de funciones y sus representaciones gráficas para plantear modelos. (competencia cognitiva)	1	Introductorio	Introductorio
Fisicoquímica	Sistemas Coloidales	Identifica los diferentes tipos de coloides y cita ejemplos de su	4	Medio	Medio

		aplicación en la industria biotecnológica. (Competencia cognitiva)			
Análisis Instrumental	Nefelometría y Turbidimetría	Identifica y relaciona los conceptos de la nefelometría y turbidimetría para su aplicación en la solución de problemas analíticos (competencia cognitiva y procedimental)	5	Medio	Medio
Ingeniería y Gestión Ambiental	Sistemas de tratamiento para agua y agua residual.	Define las características de las aguas residuales para determinar los sistemas de tratamiento a utilizar. (competencias cognitivas) Determina los tiempos óptimos de floculación en distintos gradientes de aguas residuales que permita obtener una mejor calidad fisicoquímica en el efluente minimizando su impacto en el medio ambiente. (competencias procedimentales) Identifica su responsabilidad social al ejercer prácticas de cuidado y preservación del medio ambiente en su profesión. (competencias actitudinales)	8	Avanzado	Avanzado

Fuente. Elaboración propia.

Respecto de la práctica turbidimétrica, la NMX-AA-038-SCFI-2001 en la Secretaría de Economía (2001), especifica que la turbiedad en agua se debe a la presencia de partículas suspendidas y disueltas. Materia en suspensión como arcilla, cieno o materia orgánica e inorgánica finamente dividida, así como compuestos solubles coloridos, plancton y diversos microorganismos.

La transparencia del agua es muy importante cuando está destinada al consumo del ser humano, a la elaboración de productos destinados al mismo y a otros procesos de manufactura que requieren el empleo de agua con características específicas, razón por la cual, la determinación de la turbiedad es muy útil como indicador de la calidad del agua, y juega un papel muy importante en el desempeño de las plantas de tratamiento de agua, formando como parte del control de los procesos para conocer cómo y cuándo el agua debe ser tratada. Esta norma indica que el método se basa en la comparación entre la intensidad de la luz dispersada por la muestra bajo condiciones definidas y la intensidad de luz dispersada por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones; a mayor dispersión de luz corresponde una mayor turbiedad. Las lecturas son realizadas empleando un turbidímetro calibrado.

En las aguas naturales, la turbidez suele evolucionar en el mismo sentido al del aporte de aguas de escorrentías al medio hídrico, a su vez provocada por la existencia de precipitaciones, especialmente si estas son de carácter torrencial o se producen en terrenos susceptibles de una fácil erosión. Si el medio acuático es suficientemente profundo, los fenómenos de sedimentación natural provocarán el descenso del valor de turbidez como un efecto dilatado respecto al término de los períodos de lluvias (Marín, 2014).

Asimismo, para la solución de problemas prácticos relacionados con la determinación de tamaño de partículas y de velocidades de sedimentación y, con base en estos datos de suspensión, con el diseño de sistemas de tratamiento de agua, se han desarrollado técnicas experimentales que utilizan columnas de sedimentación para simular prototipos de clarificadores. En general, las columnas se llenan con la suspensión acuosa, se obtienen muestras a una profundidad específica y determinada a diferentes tiempos para determinar la remoción de sólidos suspendidos totales (Grady, 2000). En un procedimiento de laboratorio de sedimentación, la determinación de la velocidad promedio de sedimentación está basada en la obtención de 20 ml de muestra de una columna de agua de 500 ml a diferentes tiempos, la medición de la turbiedad, y su graficado en función del tiempo.

El modelo matemático que emerge en el ejercicio de la práctica de determinación de turbiedad en agua para efectos de la ED presentada es el de función cuadrática

Así, en Posada (2012), se define una ecuación cuadrática está representada por

$ax^2 + bx + c = 0$, con a, b y c constantes y $a \neq 0$.

La ecuación cuadrática puede resolverse por factorización o por la fórmula cuadrática

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

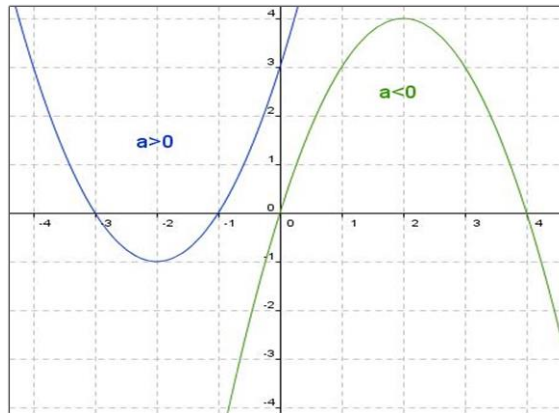


Figura 5. Representación gráfica de la función cuadrática. Fuente.

La representación gráfica de la función cuadrática es una parábola (figura 5) que puede tener una concavidad hacia arriba o hacia abajo. Si $a > 0$, la parábola "abre hacia arriba", y si $a < 0$, la parábola "abre hacia abajo". Además, la parábola es simétrica respecto a un "eje de simetría" que pasa por su "vértice" que es el punto más bajo ($a > 0$) o más alto de la parábola ($a < 0$), según el signo de a .

El docente de Cálculo Diferencial debe mostrar y objetivar su conocimiento y experiencia en el área para construir escenarios de aprendizaje significativo en los estudiantes que inician su formación profesional (TecNM, 2018).

El grupo de investigación se integró por un docente de la asignatura de cálculo diferencial del área de ciencias básicas y cuatro docentes del área de ingeniería bioquímica que apoyaron en las pruebas previas e instalación de la experimentación y en el análisis de resultados. Este equipo de trabajo, a través de una Lista de Verificación y Requerimientos consideraron el personal de apoyo, la infraestructura, las capacidades de instalación, equipos, reactivos y el material requerido para la puesta en escena de la ED.

Las muestras de agua se prepararon con antelación a razón de 6 diluciones de fécula de maíz en agua en matraces de 100 mL con concentraciones de: 1, 4/5, 3/4, 1/2, 1/4 y 1/8, (la concentración 1 se realiza diluyendo 0.04 g de fécula de maíz en 100 ml de agua destilada en un matraz aforado) de las cuales se tomó dos muestras de cada una, para formar una curva de 7 puntos.

El grupo al que se dirigió la ED fueron 24 estudiantes que cursaban el primer semestre con un promedio de 19 años del programa de Ingeniería Bioquímica, para la actividad éstos se agruparon en equipos de 4 integrantes por afinidad, esta actividad se institucionalizó como parte de las prácticas de laboratorio programadas en la instrumentación didáctica del profesor de cálculo diferencial.

Para el levantamiento de evidencias se utilizaron una videocámara móvil y otra videocámara fija, así como 2 cámaras fotográficas y se levantaron notas de colaboradores observadores. Las fases de la Ed se desarrollaron de la siguiente manera:

Planteamiento del problema en contexto. Se presentó a los estudiantes la siguiente situación: En el laboratorio de una planta de tratamiento de agua potable se estudia el efecto de un coagulante, por lo que se agrega al agua y se tomaron 7 muestras en diferentes tiempos de sedimentación. Para conocer la efectividad de sedimentación del coagulante se requiere determinar a cada muestra la turbiedad con un turbidímetro.

Un diagrama representativo es el que se muestra en la figura 6.

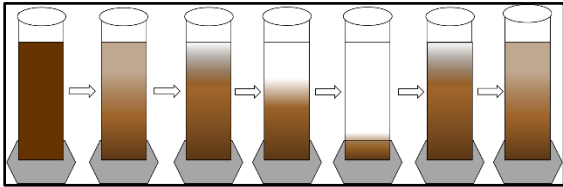


Figura 6. Representación de muestras de agua. Fuente

Interacción con el fenómeno. En esta fase el estudiante recibió las indicaciones para la medición de turbiedad de cada muestra de agua. Agitar la muestra, tomar 20 ml y colocarla en la celda del turbidímetro para proceder a tomar lectura de turbiedad en UNT. Sin que se les indicara los estudiantes tomaron nota de los datos obtenidos, lo hicieron a manera de tabla de datos y de forma lineal.

Proceso de modelación. En esta fase se establecieron cuestionamientos del tipo: Describa lo que observa. ¿Qué sucede? ¿Qué variables intervienen en el fenómeno? ¿Cómo puede organizar estas variables? Se indujo a los estudiantes a que describiera las características de la tabla construida en términos de la relación tiempo vs turbiedad. Así como a que identificara otra forma de representar los datos a lo que procedieron a graficar. En la figura 7 se muestra a los estudiantes analizando las muestras de agua y en la figura 8 los modelos gráfico y numérico desarrollado en Excel.



Figura 7. Estudiantes analizando las muestras de agua. Fuente.

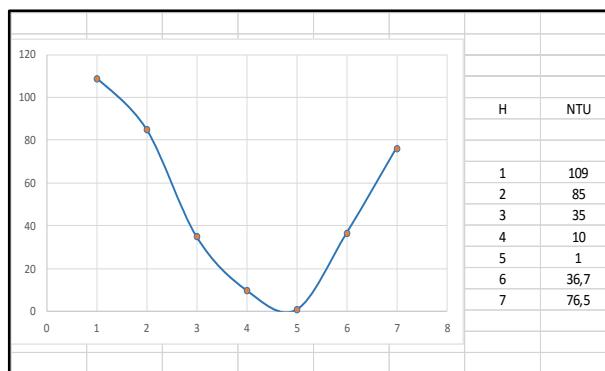


Figura 8. Modelo gráfico y numérico de la práctica turbidimétrica. Fuente.

En la tabla 2 se muestra la caracterización de los dipolos modélicos que se identificaron durante el ejercicio de la práctica turbidimetría por los estudiantes, mostrando los procedimientos, herramientas matemáticas, los argumentos que sostuvieron y las intenciones que los llevaban a realizar dicha actividad.

Tabla 2
Caracterización dipolo modélica de la práctica turbidimétrica

Dipolo modélico	Procedimiento	Herramientas	Argumentos	Intención
T-t Turbiedad-tabla	Toma datos y los organiza	Tabla numérica	Los valores de los datos inicialmente van bajando y después crecen un poco	Conocer la efectividad del coagulante a partir de la medición de turbiedad
T-g Turbiedad-gráfica	Organiza los datos en una tabla usando Excel	Gráfica	Se forma una curva tipo joroba invertida. Identificando la variable a > 0 de una parábola que abre hacia arriba y	Analizar el comportamiento tendencial de los datos respecto de la efectividad del coagulante gráficamente

el significado del vértice como el punto más bajo de la gráfica, siendo éste el punto de mayor eficiencia del coagulante

Fuente. Elaboración propia.

Análisis y toma de decisiones. En esta fase, luego de identificar las características del dipolo modélico, los estudiantes concluyen que es a las 5 horas cuando se obtiene la turbiedad más baja y por lo tanto es el tiempo que se requiere de coagulación siendo este valor el vértice de la parábola. Sin embargo, los estudiantes se cuestionaron acerca del porqué la turbiedad no era proporcional respecto del tiempo, es decir que luego de llegar a su punto más bajo incrementa nuevamente. En este momento el profesor explica que una variable que no se controló fue la acción del pH y concentración del coagulante. Posteriormente el profesor induce al comportamiento de la curva si el valor de la turbiedad sube o baja en diferentes puntos hacia el logro de la comprensión matemática y realización de ejercicios teóricos utilizando el programa GeoGebra.

244

CONCLUSIÓN

El aproximar las prácticas de la comunidad estudiantil con las prácticas de la comunidad de profesionistas considerando los AE que definen los grupos de interés, ha sido uno de los retos de la educación superior por competencias de PE acreditados.

Trazar el avance reticular de los AE mediante las progresiones de aprendizaje, permitió ubicar la presente investigación en atención a los requerimientos de los grupos de interés desde las problemáticas del contexto del IBQ y no a partir de ejercicios y resolución de problemas triviales, un ejercicio verdaderamente de reflexión en academia acerca de la formación de ingenieros.

La ED presentada en esta investigación a la luz de la progresión de aprendizaje de modelación y del nivel de desempeño de los AE permitió la construcción del conocimiento funcional vinculado a problemáticas del contexto como es el tratamiento de aguas, siendo además una experiencia innovadora para los estudiantes en la clase de cálculo, mostrando participación y entusiasta. identificando evidencias del logro de los AE Pensamiento crítico

y Solución de Problemas en un nivel introductorio en la asignatura de cálculo diferencial hacia el logro de estos AE's en nivel medio en las asignaturas de Físicoquímica y Análisis instrumental y en nivel de logro avanzado en la asignatura de Ingeniería y Gestión Ambiental. De manera simultánea se mostraron evidencias en la progresión del aprendizaje de la práctica turbidimétrica en estas asignaturas.

Durante el proceso de modelación, los estudiantes configuraron los dipolos modélicos numérico (T-t), gráfico (T-g) desde donde se mostraron los procedimientos, herramientas, argumentos e intenciones en el ejercicio de la práctica turbidimétrica. Configuración relacionada con las características de la función cuadrática. La enseñanza de las funciones y comportamiento tendencial a partir de la experimentación privilegia la práctica social sobre el objeto matemático. Fortaleciendo a partir esta experiencia la clase teórica. Los estudiantes relacionaron la sedimentación de sólidos con el comportamiento de los datos de turbiedad en la curva identificando a su vez, las características de un modelo cuadrático.

En perspectiva, el grupo de investigación evalúa la pertinencia de llevar esta práctica turbidimetría hacia la modelación de la derivada a partir de la variación y el cambio de la turbiedad del agua, a razón de determinar la efectividad del coagulante, con qué velocidad se clarifica el agua, es decir el cálculo de la derivada como razón de cambio en contexto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrieta, J. y Díaz, L. (2014) Una perspectiva de la modelación desde la socio epistemología. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. 18 (1), 19-148.
- Cantoral, R. (2013). *Teoría socioepistemológica de la matemática Educativa*. Estudios sobre construcción social del conocimiento. España: Gedisa.
- Cantoral; R., Montiel, G., Reyes, D. (2015). El programa socioepistemológico de investigación en matemática Educativa: el caso de Latinoamérica en *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* (2015) 18 (1): 5-17. DOI: 10.12802/relime.13.1810
- Cerrón, W. (2019). *La investigación cualitativa en educación*. Horizonte de la ciencia. Universidad Nacional del Perú.17 (9).
- Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería A.C., CACEI (2017). Marco de Referencia 2018 del CACEI en el contexto internacional. (ingenierías) Versión 2. Revisión 0. Recuperado de: <http://cacei.org.mx/nvfs/nvfs02/nvfs0210.php>
- Cordero, F., del Valle, T. y Morales, A. (2019). Usos de la optimización de ingenieros en formación: el rol de la ingeniería mecatrónica y de la obra de Lagrange. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 22 (2), 185-212. Recuperada de <https://doi.org/10.12802/relime.19.2223>
- 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
- Galicia, A., Landa, L. y Cabrera, A.R. (2017). Reconstitución de prácticas sociales de modelación: lo lineal a partir de análisis químicos El caso de la curva de calibración. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*. 15 (8), 29-55.
- Grady, L. Jr., 2000, Notes prepared to accompany Unit Process in Environmental Engineering: Boston, MA., PWS Publishing Co., Clemson University, 2nd Edition, 26 p. Grady, L. Jr., 2000, Notes prepared to accompany Unit Process in Environmental Engineering, 2nd Edition, Clemson University, PWS Publishing Co., Boston, MA.

- Marín, R. (2014). *Dinámica fisicoquímica de aguas*. Madrid, Spain: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/itacapulco/62908?page=13>.
- Moreno, J.A, Candela, A. y Buñuelos, P. (2019). Evaluaciones formativas en el aula: Análisis discursivo de la actividad de retroalimentación en la práctica supervisada de psicólogos educativos en formación. *RIEE. Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa* 12.1: 121-137. DOI: 10.15366/riee2019.12.1.007
- Posada, G. J. (2012). *Ecuaciones: lineal y cuadrática*. Universidad Católica Luis Amigó. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/itacapulco/127438?page=22>.
- Secretaría de Economía (2001). NMX-AA-038-SCFI-2001. Análisis de agua determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba
- Talanquer, V. (2013). Progresiones de aprendizaje: promesa y potencial. *Educación química*, 24(4), 362-364. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2013000400001&lng=es&tlng=es.
- TecNM. Tecnológico Nacional de México (2012). *Modelo Educativo para el Siglo XXI Formación y Desarrollo de competencias profesionales*. Recuperado de <https://www.tecnm.mx/director-general/modelo-educativo-para-el-siglo-xxi-formacion-y-desarrollo-de-competencias-profesionales>.
- TecNM. Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Acapulco (2018). *Plan de estudios de Ingeniería Bioquímica. Retícula: IBQA -2010-207 (Competencias profesionales)*. Recuperado de: <http://it-acapulco.edu.mx/ingenieria-bioquimica/>