



Práctica social de modelación del ingeniero bioquímico: Análisis microbiológico

Adriana Galicia Sosa
Instituto Tecnológico de Acapulco
agsosa2001@yahoo.com.mx
México

Jaime Arrieta Vera
Universidad Autónoma de Guerrero
jaime_arrietav@hotmail.com
México

Leonora Díaz Moreno
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
leonoradm@gmail.com
Chile

Resumen

Este trabajo fue realizado por estudiantes y catedráticos de maestría en matemática educativa, con formación en licenciaturas de las ingenierías bioquímica, electrónica y electromecánica. En una línea de investigación orientada a describir el papel de las matemáticas en la experimentación del laboratorio escolar, y, cómo estas viven en escenarios profesionales. En el marco de acortar distancias entre las prácticas sociales de modelación de los entornos escolar y profesional. La metodología consideró una secuencia de actividades encaminadas hacia la investigación de prácticas, según fases que inician con la identificación y selección de una problemática social y cierran con la esquematización y el análisis de una de las prácticas desarrolladas. Como resultado los estudiantes construyeron modelos numéricos y gráficos, argumentaron y establecieron consensos, contribuyendo con ello a fortalecer su visión científica del mundo y su incorporación a comunidades de profesionistas. Se evidenciaron cruciales al diseño, investigar problemáticas de la comunidad y experimentar.

Palabras clave: Prácticas sociales de modelación, actividad matemática en contexto

La problemática

El estudio de la desvinculación entre la escuela y su entorno social, ha sido ampliamente abordado y desde diversas perspectivas. En Díaz (1987) se reconoce que, a pesar de que a la

matemática se le asignan roles formativos, informativos y prácticos, en el campo laboral no se sabe por qué. En ese estudio se plantea la necesidad de propiciar una formación teórica-práctica y con sentido de la realidad, que la persona llegue a la comprensión intelectual y científica de los procesos productivos, que conozca los métodos, los objetos de estudio y las leyes con que cada ciencia se apropia de aspectos del conocimiento y por ende da cuenta de partes de la realidad. En los trabajos de Galicia, Arrieta y Landa (2007) Landa (2008), Ulloa y Arrieta (2010) se da cuenta de la separación entre las prácticas sociales de modelación en comunidades de las ingenierías bioquímica y pesquera, con las comunidades escolares. Tal separación nos ha conducido a investigar alternativas de enseñanza de las matemáticas en la formación profesional a través de la siguiente pregunta orientadora: ¿Qué características debe poseer un diseño de enseñanza que supere la separación de la modelación matemática que se enseña y la que se requiere en las prácticas de los profesionales?

La Socioepistemología como perspectiva teórica

La perspectiva teórica que sostenemos es la socioepistemología (Cantoral, R. y Farfán R., 2004), en tanto que es una perspectiva teórica que estudia la emergencia de los conocimientos matemáticos cuando son ejercidas las prácticas por diversas comunidades y cómo es que viven estas prácticas y conocimientos matemáticos en las comunidades escolares. Particularmente nuestra perspectiva asume a las prácticas sociales de modelación como fuente de *procesos de matematización en el aula*: los estudiantes construyen argumentos, herramientas, nociones y procedimientos matemáticos en la intervención con los fenómenos de la naturaleza (Arrieta, J. 2003). Consideramos que la intencionalidad de la práctica reside precisamente en la apropiación de la relación práctica/herramienta por el actor, es decir en el conocimiento de la función de la herramienta matemática en el ejercicio de la práctica. Esta es precisamente una forma de aprendizaje basada en el ejercicio de prácticas.

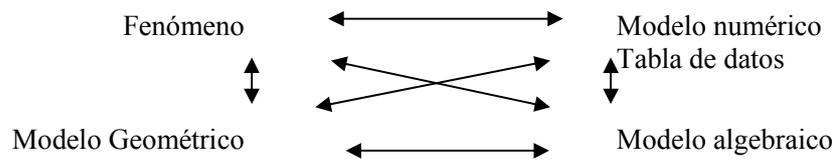
En esta perspectiva teórica, el estudio que aquí se reporta, describe prácticas sociales de modelación a propósito del análisis microbiológico, al atender una problemática de contaminación de un río, en el laboratorio escolar, y, confrontando cómo vive esa práctica en la comunidad de profesionistas.

Metodología. Fases del estudio

La metodología considera una secuencia de actividades encaminadas hacia la investigación de prácticas de modelación según un conjunto de fases, que iniciaron con la identificación y selección de una problemática social y cerraron con la esquematización y el análisis de una de las prácticas desarrolladas. En ella los estudiantes interactúan con el fenómeno, modelan con base en numerizaciones, trabajo algebraico y gráfico, avanzan en la dirección de establecer red de modelos y levantar analogías. Asimismo se intenciona la identificación de variables, su comportamiento tendencial y la predicción.

1. Identificación de la comunidad motivo de estudio. Se precisa conocer la historia, el perfil, los objetivos, el currículo, los artículos científicos, es decir, investigar los antecedentes teóricos y prescripciones para conocer qué tipo de problemáticas atienden en orden a levantar investigación situada en escenarios, en contextos específicos.
2. Reconocimiento de los escenarios, de los espacios en que viven las prácticas de comunidades específicas. La infraestructura necesaria, el equipamiento así como las condiciones ambientales de estos espacios ya sean de carácter gubernamental o particular. En ellos están implícitos los escenarios de la institución en la que se forman los profesionistas en estudio.

3. Identificación y caracterización de prácticas sociales recurrentes. Se caracterizan las problemáticas atendidas por estas (fase 1) con la asesoría de profesionistas, investigadores y profesores de la comunidad en estudio. Su profundidad dependerá del alcance de la investigación. Se caracterizan la complejidad de ejercer la práctica y el conocimiento previo que requiere, y, la complejidad del modelo matemático que vive en esa práctica.
4. Estudio in situ de las prácticas recurrentes. Se observa cómo los actores ejercen sus prácticas, incluyendo a los profesionistas en formación. Se precisa conocimiento previo de la actividad a observar. En un acercamiento etnográfico se levantan videos y audio grabaciones y notas de campo para ulteriormente distinguir entidades tanto matemáticas como no matemáticas.
5. Análisis, esquematización y selección de las prácticas sociales a deconstruir. Esta fase requiere contar con la asesoría de un profesionista de la comunidad que no forma parte del grupo de estudio. Se esquematizan las prácticas y se selecciona la que se va a deconstruir, con base en las mejores evidencias con que se cuente, por la posibilidad de reconstruir su modelación en el aula, de acuerdo a la caracterización del desplazamiento de la práctica a través del tiempo y la experiencia de quien la ejerce, entre otras características.
6. Deconstrucción de la práctica seleccionada. Su propósito es desestructurar para entender, por lo que se realizan las siguientes etapas:
 - a. Revisión histórica de las entidades presentes en prácticas
 - b. Situar, las prácticas y sus herramientas matemáticas, en el currículo.
 - c. Interactuar con quienes ejercen la práctica e investigar por qué ejercen la práctica de la forma en que la realizan. Esto es fundamental en el acopio de elementos para el ulterior diseño de aprendizaje basado en prácticas.
7. Caracterización de las prácticas sociales por su desplazamiento en el tiempo. Luego de deconstruir las prácticas, es posible mirar la relación entre la experiencia y la intencionalidad que subyace, al ser ejercida por los actores. En este sentido, consideramos que: una práctica emergente es aquella que se presenta cuando surge en y para la práctica misma, como contingencia de un fenómeno o proceso. La práctica constituida es aquella que ya ha sido aceptada y normada por la comunidad que la ejerce. Y, la práctica es naturalizada cuando ella es ejercida cotidianamente, perdiendo la intencionalidad que la generó, cuando es realizada rutinariamente, sin que se cuestione su ejercicio.
8. Elaboración y puesta en escena del diseño de aprendizaje basado en prácticas sociales de modelación. Fases presentes en el diseño de aprendizaje:
 - a) La interacción con el fenómeno. Consiste en “la toma de datos”, que conduce a la construcción de una tabla de datos, reconociendo y al mismo tiempo relacionando las variables que intervienen en el fenómeno. La tabla creada es un modelo del fenómeno, es el modelo numérico del fenómeno.
 - b) El acto de modelar se presenta al identificar las características distintivas de la tabla y, a partir de ésta, efectuar predicciones sobre el fenómeno. El acto de modelar sucede al asociar estos dos entes, modelo tabular con lo modelado o el fenómeno. Se intencionan asimismo asociaciones del fenómeno con modelos algebraico y geométrico. Estos modelos tabular, algebraico y geométrico, fungirán como herramientas para predecir comportamientos del fenómeno.
 - c) La articulación de red de entidades. Se procede a relacionar los modelos entre ellos, y a su vez con el fenómeno estudiado, formando de esta manera lo que llamamos una red de modelos.



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

Durante el desarrollo de la experimentación es importante que se evidencien la identificación de variables que intervienen en el fenómeno, el comportamiento tendencial de estas variables y el proceso de predicción con base en uno o más de los modelos de la red.

Desarrollo de la investigación

Estudiar la contaminación del río: propuesta a estudiantes de Ingeniería Bioquímica

Conferencias de expertos en identificar causas de contaminación de cuerpos de agua, dirigidas a los estudiantes, aseguraron la concientización de la comunidad escolar. Luego se invitó a los estudiantes a participar en el proyecto, jóvenes entre 20 y 23 años, de nivel socioeconómico medio, la mayoría no había reprobado el curso de matemáticas. Todos cursaban el sexto semestre y habían recibido cursos de microbiología y de matemáticas. Aceptaron la invitación y solicitaron de inicio una visita al río para su inspección visual y tener una perspectiva más amplia de la problemática, organizándose en equipos de trabajo.

Recepción de propuestas de análisis

Luego de su visita los estudiantes propusieron, por consenso, estudiar los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos tanto al agua como al pescado capturado en la laguna en la que desemboca el río. Los análisis fisicoquímicos propuestos para el agua fueron las determinaciones de: dureza, pH, sólidos disueltos totales, temperatura, cloro residual y turbiedad, así como la determinación de organismos mesófilos aerobios, coliformes fecales y estreptococos fecales, como parámetro microbiológicos. Para el pescado propusieron determinar únicamente organismos mesófilos aerobios, como parámetro microbiológico. Para los análisis de agua, programaron muestreos en tres puntos del río, por la mañana y por la tarde, durante tres semanas. El pescado se oferta únicamente por las mañanas, por ello sólo proponen analizar una muestra por día, durante tres semanas. Se organizaron 3 equipos de cuatro integrantes cada uno y solicitaron equipos de laboratorio, materiales y reactivos necesarios en la institución educativa.

Tratamiento del crecimiento. Modelo matemático vs Modelo de la práctica

Las bacterias crecen siguiendo una progresión geométrica. En esta progresión el número de microorganismos se duplica al cabo de un tiempo determinado, denominado tiempo de generación (δ). De esta forma, podemos calcular el número de bacterias (N) al cabo de un número de generaciones (n) usando la ecuación siguiente: $N = N_0 2^n$, siendo N_0 el número de células en el momento actual. El número de generaciones se puede calcular de la siguiente forma: $n = t / \delta$, donde t es el tiempo transcurrido. Por consiguiente, combinando ambas ecuaciones tenemos que $N = N_0 2^{t/\delta}$. Los tiempos de generación de bacterias creciendo en ambientes favorables pueden ser muy cortos (valores de δ de 20 min). Esto lleva a que una única célula ($N_0=1$) creciendo con un $\delta = 20$ min, llegue a poder producir 4.7×10^6 células en 24 horas.

Este cálculo de carácter exponencial subyace a la experiencia que reportamos, con $N = N_0 2^{t/\tau}$ como la entidad matemática primaria, que “vive” en las cajas de cultivo y que forma parte de las prácticas de comunidades de ingenieros bioquímicos. Esta entidad se estudia de modo específico en el seguimiento de una cinética microbiana. En la investigación que desarrollan los estudiantes, orientada a decidir grados de contaminación, ellos necesitan contar las unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (UFC/gr) lo observable físicamente, las bolitas que se van formando al paso del tiempo y que no son células sino grupos o colonias de muchas células. Interesa saber cuántas UFC'S existen en 24 o 48 horas, según refiera la norma.

Como parte de la deconstrucción interactuamos con los estudiantes que investigaron la contaminación del río, para contar con sus explicaciones respecto a la investigación realizada por ellos y hacerlas concurrir a los hallazgos que levantamos por nuestra parte, en el estudio.

La interacción

¿Cómo vive la práctica del análisis microbiológico en el laboratorio durante el desarrollo de un estudio de contaminación del río?

Diluciones seriadas. En esta interacción con los estudiantes, constatamos que la práctica de diluciones seriadas, como muchas en esta comunidad, es una práctica normada y que no puede modificarse. Los estudiantes consultaron las normas antes mencionadas, para el desarrollo de su trabajo de investigación. Llama la atención que los estudiantes las usan de manera algorítmica, es decir, obtienen un valor de microorganismos en una caja y para saber el valor total lo multiplican por el inverso de lo operado en la dilución. Aunque intentaron adecuar la norma para diluir, no lograron hacerlo, por este uso algorítmico carente de significado.

Preparación de Medios de Cultivo. En la preparación de los medios de cultivo los estudiantes nos mencionaron que preparaban las cantidades que requerían. Para ello se fijan en las indicaciones de preparación que están en la parte posterior de la etiqueta del frasco que contiene los insumos y hacen uso de la regla de tres. Podemos observar que emergen como herramientas matemáticas al preparar medios de cultivo, razones y proporciones, con recurso al algoritmo de la regla de tres.

Conteo de Microorganismos. Lo realizaron dividiendo la caja en medios, cuartos, octavos, si el número de colonias lo permite. Dado que las colonias se encuentran distribuidas homogéneamente en la caja, cuentan el número de colonias que existen. Por ejemplo en un cuarto de la caja, este valor lo multiplican por 4. Usan para este efecto un cuenta-colonias, equipo que contiene una cuadrícula, una lupa e iluminación, para que el analista ubique las colonias espacialmente en la cuadrícula y las cuente con mayor precisión (Figura 2).

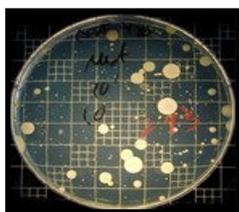
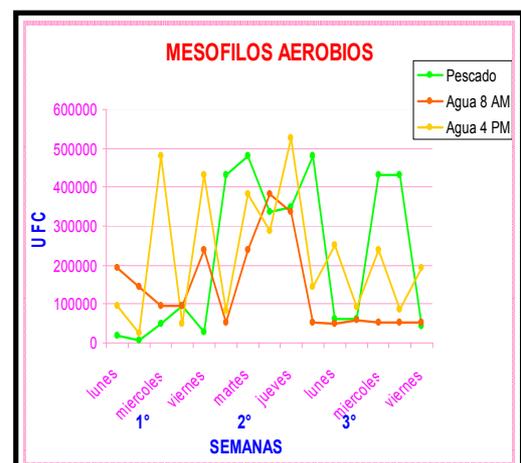


Figura 2. Colonias de microorganismos

Cuando la cantidad de colonias en la caja fueron muchas y no resultaba el método anterior, los estudiantes explicaron que contaron microorganismos en un cuadro de 1mm^2 y esa cantidad la multiplicaron por el total de cuadros de 1mm^2 que se



distribuyen en el área de la caja. Una caja petri cuenta con un área de 48 a 52 mm². Para esta actividad las cajas petri que utilizaron tenían un área de 48 mm².

Presentación de resultados. Los estudiantes presentaron, al finalizar tres semanas de trabajo, los resultados de los análisis de pescado por semana y por día apoyándose en tablas y gráficas, encontrando una relación entre los resultados del pescado y el agua analizada. En esta reunión asistieron también los miembros del equipo interdisciplinario que participó en el proyecto, para cuestionarles al respecto. Presentamos las características de los tres momentos en la presentación por los estudiantes de los resultados.

Gráfica 1. Presentación de resultados de Mesófilos aerobios en agua y en pescado

Primer momento: variables que afectan al crecimiento de microorganismos. En este apartado los estudiantes mencionan que existe una relación entre los resultados obtenidos en el análisis del agua y del pescado, argumentando el posible fenómeno de la contaminación del pescado referido al grado de contaminación del río, la explicación es meramente biológica.

Segundo momento: relación entre las variables que afectan al crecimiento de microorganismos.

Profesor: ¿Cómo se comportaron esos datos y como explicarías este fenómeno?

Laura: Comparando las gráficas del agua con la del pescado, si observamos los resultados llevan relación contaminación del pescado con la gráfica de la contaminación del agua de las 4 pm.

Profesor: ¿La tendencia de la gráfica del pescado con la del agua cómo es?

Esmeralda: Van parejos, cuando tiene un pico la grafica del agua, al día siguiente o a los dos días tiene un pico la gráfica del pescado.

En este momento la alumna señala la gráfica (Gráfica 1) e intenta explicar el fenómeno desde esta. Los estudiantes interactúan con el fenómeno, toman datos que numerizan en una tabla y a partir de estos, grafican, relacionan el modelo gráfico con la práctica realizada, señalando los puntos que consideraban críticos.

Tercer momento: Prediciendo el grado de contaminación del pescado

Profesor: ¿Podrían decir el número de microorganismos que habrá en el pescado la próxima semana?

Esmeralda: ¡Noooo!, Tendríamos que analizarlo, es variable

Profesor: ¿Y el grado de contaminación de próximo mes?

Alondra: Si las condiciones climáticas son las mismas quizá encontraríamos unos 48,000

Laura: Pero si esta lloviendo se dispararía a 480,000

Profesor: ¿Como sería en Mayo del próximo año o en Julio?

Esmeralda: Mayo entre 30,000 y 40,000 y Julio 400,000 o más, como le digo por las lluvias

Los estudiantes identifican características que son distintivas en la tabla o la gráfica intentando predecir el fenómeno, es decir asocian el modelo con lo modelado, la gráfica con la calidad sanitaria del pescado. Articulan la red de entidades, utilizándolas como herramientas para la predicción. Hubiese resultado interesante que los estudiantes, en la presentación de resultados, utilizaran la paquetería de excel. Haber asociado una gráfica de acuerdo a la tendencia de los datos obtenidos, ya que para el pescado corresponde a una función polinómica de grado seis con una r^2 de 0.77, y haber transitado a trabajar con el modelo algebraico.

Hacia el diseño de aprendizaje

Realizamos una actividad con estudiantes que participaron en el proyecto como una primera aproximación al diseño de aprendizaje. Los estudiantes reconocen a la norma como guía

del proceso de dilución en la primera etapa. En la segunda etapa los estudiantes ejecutan eficientemente la norma y reconocen la necesidad que tuvieron de alterarla, aunque sin éxito. En esta etapa se les propone un problema teórico trivial, con la finalidad de que el entrevistado ejerza la práctica conocida y de asegurarnos de que la realiza eficientemente. La práctica entonces se presenta como el seguimiento de una serie de algoritmos.

En la tercera y última etapa de la actividad, se les propone a los estudiantes un segundo problema teórico, con características tales que rompa el obstáculo identificado en las etapas anteriores, para que identifiquen el funcionamiento de la entidad matemática involucrada, orientando a que descubra la intencionalidad de la práctica. No llegan con facilidad a modificar la norma, sin embargo Roberto mira a la dilución como una división de la muestra precedente, por lo que encuentra las diluciones correctas, adecuan la norma hacia la construcción de nuevas bases. Para las bases subsecuentes usan la analogía.

Maestra: Si yo agrego 5ml de muestra a un tubo que tenga 5ml de agua ¿qué dilución es?

Roberto: A ver... la relación es 1 a 1, la fracción es 1/1.

Maestra: ¿Por qué es 1 a 1?

Roberto: Porque estoy agregando 5 de muestra en 5 de agua. ¡No espéreme!... sería entre la muestra y el agua, pero la relación que estoy dando de 5/10. Es la relación muestra y la dilución total. Bueno, si me pide la relación de esta manera, sería la relación 5:10 o 1:2.

Jorge: No se puede saber que dilución es, tendría que tener una base 10 ¿no?

Maestra: ¿Y por qué no pensar en otra base?

Roberto: Bueno, si tomo la relación 1:2 ¿la base sería en este caso 2? Siempre usamos base 10

Jorge: ¿No es 2×10^{-1} ?

Roberto: No puede ser porque 2×10^{-1} da 0.2 y si decimos que es lo mismo 5×10^{-1} este da 0.5, entonces no da lo mismo. Es 2^{-1} ó 5×10^{-1}

Maestra: Ahora vuelvo a tomar 5 ml de muestra y lo paso a un segundo tubo ¿qué dilución es?

Jorge: Siguiendo el mismo esquema, si yo tengo que la primera dilución es 2^{-1} , por lógica la siguiente es 2^{-2} .

La comunidad de Ingenieros Bioquímicos, los escenarios y sus prácticas

Clasificamos las prácticas de comunidades de ingenieros bioquímicos, por la complejidad de su ejercicio y del conocimiento previo, como prácticas básicas, prácticas de operación, prácticas de control y prácticas de diseño en los que se utilizan de manera sostenible los recursos naturales. Y también clasificamos por la complejidad, a las entidades matemáticas presentes en los diversos fenómenos. Estas intervienen como entidades primarias, entidades compuestas y entidades ad hoc. Ubicamos en nuestra región al Instituto Tecnológico de Acapulco como la institución formadora de Ingenieros Bioquímicos con especialidad en alimentos e identificamos los laboratorios, la infraestructura y el equipo con que se cuenta, interactuamos con los profesores y definimos un problema que ha sido por años de relevancia e interés social para la comunidad del puerto de Acapulco y sus inmediaciones: la contaminación del río de la Sabana.

Estudio *in situ* del desarrollo de la investigación de los estudiantes

En el desarrollo de la investigación se pudieron observar diversas dificultades y cómo algunas de estas fueron, al paso del tiempo, superadas.

Se dejó a criterio de los estudiantes la selección de la metodología y las fuentes bibliográficas. Entre las dificultades a las que se fueron enfrentando los estudiantes al analizar microbiológicamente el pescado -la práctica seleccionada- se cuentan la falta de habilidad y experiencia. De inicio la ejecución de las técnicas de análisis se realiza con torpeza, ocasionando una dedicación prolongada de tiempo y desorganización. Respecto al recuento de

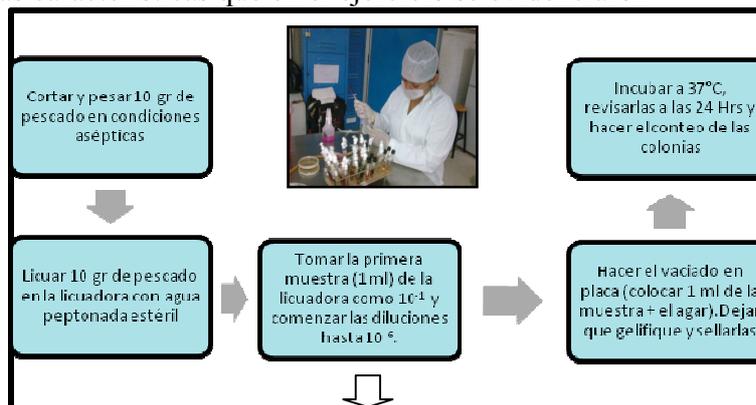
microorganismos en muestras de agua y pescado, es preciso diluir la muestra y elegir dos o tres diluciones para sembrar e incubar en cajas. En las primeras ocasiones los estudiantes sembraron e incubaron todas las diluciones y habiendo observado las cajas que contenían el rango de colonias de bacterias contables (de 25 a 250 UFC) pudieron observar qué diluciones eran las que habrían de elegir en lo sucesivo, ganando confianza en su actividad. A inicios de la segunda semana el criterio de elección de la dilución a sembrar, lo proporcionaban el aspecto físico de la muestra, el punto de muestreo y las condiciones ambientales, es decir hacían uso de la experiencia previa, logrando incluso predecir, con cierta exactitud, la cantidad de microorganismos a encontrar y por consiguiente la dilución a sembrar, ahorrando tiempo en la actividad.

Un aspecto importante a mencionar es que el estudiante, al tener ya la habilidad para ejecutar la técnica, se lanza a la búsqueda de optimizar los tiempos, ya que la preparación de reactivos y esterilización de material de vidrio es la actividad que consume la mayor cantidad de tiempo. En esta búsqueda el estudiante ya no se cuestiona si la técnica ó la fuente bibliográfica elegida fue la correcta, más bien se cuestiona sobre la técnica misma. Intenta modificarla abreviando pasos, aunque sin éxito, ya que no se atreve a “modificar” lo medular de una técnica establecida y normada. Las modificaciones se dirigen a obtener la dilución deseada obviando realizar tres ó cuatro diluciones anteriores a la requerida o al ahorro de reactivos.

La administración del tiempo mejoró durante la tercera semana de actividad. Como al inicio, el estudiante ejerció la práctica de dilución seriada algorítmica y hábilmente, teniendo espacios para el tratamiento de datos, para la elaboración del informe final así como para el entretenimiento. Al término de su investigación, los estudiantes expusieron por equipos los resultados obtenidos.

Esquematzación y la práctica seleccionada

Después de observar las actividades en el laboratorio, se seleccionó la práctica de análisis microbiológico del pescado y se procedió a esquematizarla (Figura 1). Como resultado de la observación se identifica a la práctica de las diluciones seriadas como un aspecto importante de estudio por las características que en el ejercicio se evidenciaron



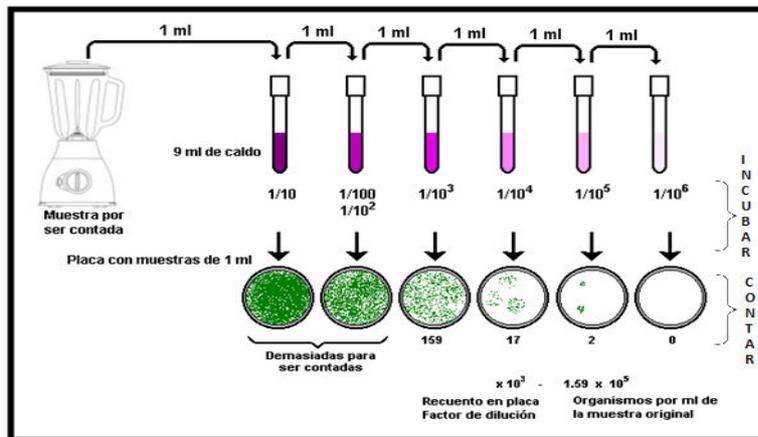


Figura 1. Esquematación del análisis microbiológico del pescado

Una aproximación

hacia la Deconstrucción como aproximación de prácticas

Identificamos y seleccionamos la práctica análisis microbiológico, por ser una práctica recurrente en la comunidad de ingenieros bioquímicos en alimentos y por las dificultades a las que se enfrentó el estudiante durante su investigación, así mismo identificamos algunas de las herramientas matemáticas que la hacen funcionar.

En la primera fase de la deconstrucción realizamos una revisión bibliográfica de la práctica seleccionada. El análisis microbiológico de alimentos está normado de acuerdo a la norma NOM-092-SSA1-1994 Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa; y, las diluciones seriadas con la NOM-110-SSA1-1994 Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. En nuestra búsqueda por saber cuáles fueron las problemáticas y en que comunidades se ejercieron las primeras diluciones, encontramos que estas tuvieron lugar en la medicina homeópata, tomando los principios citados en el siglo V y VI a.C. por Hipócrates. Para conocer los límites permisibles de bacterias aerobias se consulta la norma NOM-093-SSA1-1994 Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos en la que se indica que para alimentos cocidos tales como carnes de mamíferos, aves, pescados, mariscos, crustáceos, moluscos bivalvos, etc. La cuenta total de mesófilos aerobios 150 000 UFC/g, coliformes totales < 10 UFC/g. Al ser prácticas normadas su aplicación no está sujeta a modificaciones de acuerdo a la validación que le ha otorgado esta comunidad.

Caracterizamos a la práctica de análisis microbiológico, por la complejidad de su ejercicio, como práctica de operación, ya que se requiere del conocimiento teórico de los campos de la química, la biología y la bioquímica. Y, aunque es una práctica que es posible realizar de manera aislada, como una práctica básica, sin que se deba llevar precisamente un control de la evolución de la contaminación, en esta investigación los estudiantes intentaron realizarla como parte de un proceso, distinguiéndola así como una práctica de operación y de control.

Las diluciones seriadas, por la sencillez de su ejecución, las caracterizamos como una práctica básica, ya que su finalidad es preparar la muestra, diluyéndola, para que al sembrarla sea posible contar los microorganismos. Por otra parte ubicamos a la práctica de análisis microbiológico de alimentos y a la dilución seriada como prácticas recurrentes en el aprendizaje de los contenidos de las asignaturas de microbiología y microbiología de alimentos.

Esta revisión nos dio un panorama de cómo investigar las concepciones que tenían los estudiantes investigadores, los estudiantes que cursaban las asignaturas de microbiología y microbiología de alimentos, del residente profesional y del profesor que imparte la asignatura de microbiología así como de profesionistas e investigadores.

Respecto a las entidades matemáticas que se manipulan en el análisis microbiológico de alimentos es posible identificar operaciones básicas de conteo, la utilización de la regla de tres para la preparación de medios. De la misma manera identificamos a las bases 2 y 10 y a los exponentes, como entidades matemáticas emergentes en la práctica de diluciones seriadas.

Caracterización de la práctica de dilución por su desplazamiento en el tiempo intencionalidad-experiencia. En este trabajo sólo estudiamos a la dilución por la riqueza de los hallazgos ya que respecto al conteo de microorganismos no encontramos diferencias en la manera de realizar esta actividad en la comunidad escolar y profesional. Una fase importante fue la interacción con los actores.

¿Cómo vive la práctica de dilución en el laboratorio escolar?

En la escuela, alumnos de la clase de microbiología

Carlos: Utilizamos proporcionalidades, si en la 1ª dilución la relación es 10 a 100. Ahora nosotros utilizamos 5 a 50 o de la relación 1 a 10 de la 2ª dilución, se colocan 0.5 mL de muestra en 5 mL de agua peptonada, y no afectó las relaciones originales,

Maestra: ¿Su maestro de Microbiología sabe de este artificio?

Perla: ¡No...nos reprueba!

En la escuela, alumnos de la clase de Microbiología de alimentos

Maestra: ¿Saben que significa las notaciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , en su procedimiento de diluciones?

Iván: Nos indica las veces que estamos diluyendo la muestra.

Adyeni: Yo sólo sigo el procedimiento, de todos modos siempre es lo mismo para realizar diluciones en cualquier siembra de microbiología.

Alumno residente

Maestra: Esto que me explicas ¿cómo lo sabes?

Nallely: Me sé la norma, la NOM-110-SSA1-1994

¿Cómo vive la práctica del análisis microbiológico en la comunidad de ingenieros bioquímicos?

Laboratorio particular, profesionista con 5 años de experiencia

Entrevistador: ¿Has modificado la norma?

Entrevistado: Cuando teníamos demasiadas muestras, intenté tomar de la muestra original 0.01 ml. con una micropipeta y empecé de la dilución 10^{-2} , en 10 ml. (completando 9.99 ml. de agua de dilución), pero fue aproximado. La carga bacteriana era la que se estaba detectando.

Laboratorio particular, profesionista con 3 años de experiencia

Entrevistador: ¿Has realizado diluciones modificando la norma?

Entrevistado: Sí, cuando no teníamos suficientes nutrientes para las bacterias, en lugar de sembrar 1 ml. de muestra de agua por tubo, utilizamos 0.5 mL. en la mitad de solución.

Investigador

Entrevistador: ¿Siempre que realiza diluciones lo hace con respecto a la norma?

Entrevistado: Utilizamos un factor de dilución que es igual al volumen total entre volumen de muestra utilizada, no es que sepamos en que dilución voy a poder leer la muestra, eso es a prueba y error, nosotros proponemos y tomamos la mejor dilución, por eso tenemos que hacer varias, con base al conocimiento de la muestra es así como se va trabajando, ya posteriormente con la experiencia previa tenemos una idea de la dilución que debemos realizar. Pero se debe demostrar que hay una relación en ambos métodos, que tiene robustez, reproducibilidad, repetibilidad, etc

Tabla 1

Caracterización de la práctica de dilución

Nivel escolar	Intencionalidad	Experiencia	Referentes	Adecuación de la práctica de dilución	Caracterización de la práctica por su desplazamiento	Caracterización por la complejidad de ejercerla	Caracterización por la entidad matemática
6° semestre	Aprender, acreditar la asignatura	Mínima (8 veces por semestre)	Apuntes clase, libros	Proporciones al 50%	Emergente informal	Básica	Primaria
7° semestre	Aprender, acreditar la asignatura	Mediana (25 veces por año)	Apuntes clase, libros	Ninguna	Constituida	Básica	Primaria
Investigador contaminación del río (6° semestre)	Resolver un problema social	Suficiente (90 veces por tres semanas)	Apuntes, libros, Internet, La norma	Ninguna	Naturalizada	operación y control	Primaria
Residente	Resolver un problema social, acreditar obtener el grado académico	Suficiente (85 veces por semestre)	La norma	Ninguna	Naturalizada	operación y control	Primaria
Ingeniero Bioquímico	Ejercer la profesión lucrativamente atendiendo una problemática social	Experto (10 veces al día)	La norma	Proporciones al 50% y 25%	Naturalizada y emergente informal	operación y control	Primaria
Investigador	Reproducibilidad de trabajos de investigación	Experto	Artículos Método prueba y error	Ad hoc	Emergente formal	operación y control	Primaria

Fuente: Elaboración propia

En un intento por caracterizar la práctica de diluciones seriadas en los diferentes niveles, levantamos la Tabla 1. En la comunidad de investigadores y laboratorios de ensayo, usan la dilución que les conviene para su proceso. Pero finalmente es validada siguiendo los requisitos de la norma NMX-EC-17025-IMNC-2006 ISO/IEC 17025:2005 para demostrar que poseen un sistema de gestión, que son técnicamente competentes y que son capaces de generar resultados técnicamente válidos.

A manera de conclusión

Emprender un proyecto con características de una investigación *in situ*, en el que se presentaron diversas situaciones operativas, permitió compartir una experiencia investigativa

XIII CIAEM-IACME, Recife, Brasil, 2011.

Fuente: Elaboración propia

compleja. Para dar respuesta a las características de un diseño que supera la desvinculación entre la matemática que se enseña y la que se requiere en las prácticas de los profesionales, este trabajo muestra evidencias de las argumentaciones de los actores al ejercer una práctica recurrente así como de sus concepciones acerca del funcionamiento de la entidad matemática involucrada, mismas que sirvieron de base para configurar diseños.

Determinar y aplicar bases y exponentes, para el caso de las diluciones seriadas, y contar las colonias de microorganismos, fue un trabajo que les requirió manipular datos numéricos, realizar operaciones algebraicas, usar gráficas y fórmulas, así como interpolar. El modelo que utilizaron para el conteo, de manera implícita, es el siguiente: $CM \times 10^n$, siendo C la cantidad de cuadros de 1mm^2 que tiene la caja de petri, M el número de colonias contadas en uno de los cuadros de la caja y n el número de diluciones. Este modelo lo utilizaron como una operación aritmética, recurriendo a la calculadora sin ningún problema. En suma, la actividad de investigación de los estudiantes, les permitió construir modelos numéricos y gráficos, argumentar y establecer consensos, contribuyendo a su preparación para incorporarse a las comunidades de profesionistas. Realizaron modelación, en tanto que levantaron modelos, mismos que usaron para predecir, asociando el modelo con lo modelado.

Observamos como el contexto de la actividad modifica la naturaleza de las prácticas. Mientras que ejercer la práctica de dilución en la comunidad escolar y profesional es una práctica constituida, que en su evolución tiende a naturalizarse y pierde su intencionalidad, sin embargo es posible que la misma práctica al ser ejercida con intencionalidades diferentes llegue a ser emergente informal, es decir sin una validación de la misma. En el caso de estudiantes noveles y profesionistas, tiene el carácter de emergente formal. El caso del investigador, el cual valida la emergencia, flexibiliza procedimientos normativos. En tanto que estudiantes en cursos avanzados, la siguen rigurosamente. En esta investigación no sólo damos evidencia de la necesidad de aproximar las prácticas de matemáticas con las prácticas de microbiología, sino que mostramos elementos que consideramos significativos para un diseño de aprendizaje basado en prácticas sociales, como son la investigación de *problemáticas de la comunidad y la experimentación*.

Referencias Bibliográficas

- Arrieta, J. (2003). *Las prácticas de modelación como proceso de matematización en el aula*. Tesis de Doctorado no publicada. Departamento de Matemática Educativa, CINVESTAV-IPN, México.
- Cantoral, R. y Farfán, R. (2004). La sensibilité a la contradiction: logarithmes de nombres négatives et origine de la variable complexe. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 24, 137-168.
- Díaz, L. (1987). *Un estudio de la relación entre matemática y campo laboral*. Tesis de Magister en Educación Matemática no publicada. Universidad de Santiago de Chile.
- Galicia, A., Arrieta, J., Landa, L. (2007). La medición de la absorción de luz de soluciones químicas, una práctica social de ingenieros bioquímicos. En C. Crespo Crespo (Ed). *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 20, 490-495. México. CLAME.
- Landa, L. (2008) *Diluciones seriadas y sus herramientas, una práctica de estudiantes de ingeniería bioquímica al investigar la contaminación del río de la Sabana*. Tesis de maestría no publicada. Universidad Autónoma de Guerrero
- Ulloa, J., Arrieta, J. (2010). La deconstrucción como estrategia de modelación. En Leston, P. (Ed) *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 23, 909-917. México, D.F; Colegio Mexicano de Matemática Educativa A.C. y CLAME A.C.