



ICME 11 Mexico 2008

11th International Congress on Mathematical Education

Saberes funcionales y prácticas sociales en la comunidad de toxicólogos

Isabel Tuyub Sánchez

CINVESTAV – IPN (México)

ituyub@cinvestav.mx

Ricardo Cantoral Uriza

CINVESTAV – IPN (México)

rcantor@cinvestav.mx

SABERES FUNCIONALES Y PRÁCTICAS SOCIALES EN LA COMUNIDAD DE TOXICÓLOGOS¹

Isabel Tuyub Sánchez, Ricardo Cantoral Uriza
ituyub@cinvestav.mx, rcantor@cinvestav.mx

Resumen. *Presentamos el análisis de una práctica toxicológica bajo el enfoque socioepistemológico, que toma en cuenta la construcción social del conocimiento matemático. Este enfoque teórico utiliza la noción de práctica social y con ello enfatizar la descentración de los conceptos como elemento importante para esa construcción que permite un aprendizaje significativo con respecto a procesos relacionados con el cálculo. Pretendemos tomar el problema teórico de evidenciar cómo se produce su normatividad en el proceso de institucionalización en un entorno científico toxicológico, donde las nociones matemáticas no son el objeto de estudio, mostrando un modelo de cómo la práctica social norma y es la base de conocimiento tomando de referencia un saber funcional².*

Palabras Clave: Prácticas sociales, modelo teórico general, saberes funcionales, funcionalidad, toxicología.

Introducción

Se ha reflexionado que el problema de la enseñanza de las matemáticas no es un problema matemático sino social ya que se ha desarrollado porque ha estado al servicio de otros dominios científicos y de otras prácticas de referencia (Cantoral y Farfán, 1998).

Se considerará la *descentración* de los conceptos en un trabajo experimental dentro de una práctica profesional científica, por medio de los procesos de institucionalización de las prácticas. Con ello innova la forma y tipo de investigación en matemática educativa, al no centrarse en estudios con escenarios de clases sino en contextos reales de acción profesional donde las nociones matemáticas no son el objeto de estudio, además no se centra en objetos de construcción sino en las prácticas que permiten la construcción.

Por lo que este documento pretende, antes que nada ver la relación entre el cálculo y su enseñanza reportado ampliamente en (Cantoral y Farfán, 1998) y en (Cantoral et al., 2000), para luego entrar de lleno al problema teórico y mostrar evidencia empírica, para finalizar con algunas consideraciones.

¹ Científicos que estudian los efectos adversos que producen las sustancias químicas en organismos vivos.

² “un conocimiento incorporado orgánicamente en el humano que lo transforma y que le transforma su realidad. Todo ello en oposición al conocimiento utilitario” (Cordero y Flores, 2007, p. 9) al seno de una comunidad.

Antecedentes

La enseñanza del cálculo o análisis matemático varía según la época, el contexto, los profesores, países, del paso un ciclo escolar a otro, pero a pesar de la diversidad, existen rasgos comunes y una visión dominante respecto de la *concepción* y estructura de las propuestas vigentes en su enseñanza: Asumido como un aparato simbólico que opera sobre variables, que se ocupa de su optimización, derivadas e integrales y resolución de problemas que involucren tasas de crecimiento, cálculos de longitud de curvas, áreas y volúmenes. En aulas universitarias es un aparato formal que actúa sobre funciones reales y que antecede a su formalización, centra su atención en los procesos infinitos y situaciones límites, entiende la función desde la perspectiva de Drichlet-Bourbaki, la deriva y la integral como formas particulares de límite, estudia teoremas de los medios e inicia el estudio de convergencia de series infinitas. Es como un terreno para la experimentación con la tecnología, trabaja sobre el reconocimiento de patrones, empleo de estimaciones y aproximaciones nutridas de la visualización, un ejemplo está en (Galindo, 1994).

Existen investigaciones que se han centrado en problemáticas que adjudican que la matemática interviene como disciplina principal de enseñanza, olvidando que la escolar está al servicio de otros dominios científicos y de otras prácticas de referencia, de donde a su vez adquiere sentido y significación, pues en un principio se consideraba la matemática como algo que es así para todos en todas las disciplinas y así se enseñaba, objetos que se tienen que transmitir, tal cual sus demostraciones y sus pasos, desligadas de otros dominios; por tanto se cree que normalmente o comúnmente cuando enseñamos cálculo:

“Se inicia con el estudio de los conjuntos de números, se sigue de una introducción a las funciones y sus límites, se analiza la continuidad como una propiedad puntual y global de las funciones y se termina con la derivada y la integral...En cursos posteriores, se profundiza sobre los mismos temas y se extiende hacia los números naturales o las varias variables reales (casi siempre tres), sus métodos llegan a las ecuaciones diferenciales y aparecen en forma explícita los problemas de convergencia de series infinitas y el estudio de series de potencias”.(Cantoral et al., 2000, p. 208).

Es decir, la tendencia dominante en la investigación analiza los conceptos entre los estudiantes si estudiar la relación que tienen con las prácticas socialmente compartidas y sin sentidos y significado extramatemáticos. Es decir, consideran objetos inmersos en el campo conceptual del análisis matemático y esto se complejiza pues la presentación de la noción de *función* se presenta

como un procedimiento que se aplica a unos ciertos objetos (números), este mismo deviene en objeto al ser operado bajo otro proceso como la diferenciación o la integración y así se sigue hasta nociones más avanzadas. De modo que al iniciar un curso de análisis, el estudiante debe concebir a la función como un objeto, y por ende deberá estar sujeta a las operaciones que otro procedimiento efectúe sobre ella.

Con investigaciones se ha visto que la enseñanza se apoya en el programa de Cauchy para la fundamentación del análisis matemático, por tanto sus acercamientos se vertebran sobre el concepto de límite y la noción de función. Entorno de ellos se entretajan el resto del cuerpo teórico. Esto se ha podido mirar gracias a la *Matemática Educativa* que tiene como fin la reflexión matemática al seno de lo didáctico y apoyar la explicación didáctica con base en la construcción social e individual del conocimiento. En particular la *Socioepistemología* (enfoque teórico interesado en la construcción social de conocimiento) considera como necesidad básica el dotar a la investigación una aproximación sistémica sociocultural que permita incorporar las cuatro componentes fundamentales en la construcción de conocimiento: su naturaleza epistemológica, su dimensión sociocultural, cognitivo y los modos de transmisión vía la enseñanza, por su composición este enfoque no puede solo ser sostenida al seno de lo educativo actual sino debe ayudar también a la matematización de la *predicción* de los fenómenos de cambio, utiliza estrategias de investigación de naturaleza epistemológica que no se reducen a la búsqueda de obstáculos epistemológicos³.

Desde la perspectiva de la construcción social del conocimiento, la naturaleza del concepto de *función* es compleja, su desarrollo se ha hecho casi a la par del humano, Cantoral y Farfán (1998) encontraron vestigios del uso de correspondencias en la antigüedad, y actualmente se debate sobre la vigencia del paradigma de la función como un objeto analítico. El concepto de función devino protagónico hasta que se le concibe como una fórmula, es decir hasta que logró la integración de dos dominios de representación: el álgebra y la geometría. La complejidad del concepto de función se refleja en las diversas concepciones y representaciones con las que tratan los estudiantes y profesores. Una extensa lista de obstáculos epistemológicos relativos al

³ Noción introducida por Bachelar (1938), extendida por Brousseau (referido en Cantoral y farfán, 1998) a la didáctica de las matemáticas en 1983, se entiende como una pieza de conocimiento del estudiante satisfactorio para resolver ciertos problemas en cierto momento, es este aspecto satisfactorio que anclado el conocimiento en la mente y por tanto se considera obstáculo y prueba ser inadecuado cuando se enfrenta a otros problemas.

concepto de función se encuentra en el artículo de Sierpinska publicado en (Dubinsky y Harel, 1992, referido en (Cantoral y Farfán)).

Este programa de Cauchy, que permitió un cambio del cálculo original al cálculo de funciones, ahora, la Socioepistemología abandonó ese esquema para ir a las prácticas, por ejemplo la predicción como primera práctica que se consideró antecede a otro tipo de construcciones como menciona Farfán (1997, referido en op. cit.) donde la hipótesis consiste en que: previo al estudio del cálculo se precisa de la adquisición de un lenguaje gráfico que posibilite la transferencia de campos conceptuales virtualmente ajenos a causa de las enseñanzas tradicionales, estableciendo un isomorfismo operativo entre el álgebra básica y el estudio de curvas, entre el lenguaje algebraico y el gráfico, esta hipótesis ha sido desarrollada tomando en cuenta dos directrices: operar gráficas y construir un universo de funciones a partir de tres funciones primitivas de referencias $(x, \text{sen}(x), ax)$, base para construir funciones elementales en el sentido de Cauchy. Respectivamente ellas sirven para construir gráficamente, operando a las gráficas, a las funciones algebraicas, logarítmicas, exponenciales y trigonométricas. En este acercamiento ha resultado importante plantear situaciones problema que involucren enunciados algebraicos que favorezcan el uso del lenguaje gráfico. Es decir los acercamiento socioepistemológicos inician con una serie de actividades que buscan la construcción entre los estudiantes del universo de formas gráficas, amplio y estructurado; y se continuó con el desarrollo de la noción de *predicción* de los fenómenos de flujo apoyados en el binomio de Newton, lo cual favorece al *desarrollo del pensamiento y lenguaje variacional*.

Otros ejemplos que salieron después tomando en cuenta este enfoque son los trabajos de Arrieta o el trabajo de Covián (2005), este último más referido a prácticas de tipo cultural. Actualmente la Socioepistemología está realizando un deslizamiento hacia las prácticas profesionales donde se encuentra realmente la matemática que sirve para la vida en su forma natural para cada necesidad de cada profesión. Es por ello el interés de esta investigación en eso, conocer lo que se hace para inferir por qué lo hace donde la matemática tiene un papel que es importante conocer.

En la práctica profesional toxicológica, nos preguntamos ¿qué matemáticas usan los toxicólogos? En primera instancia aparecen las matemáticas como objeto explícito de enseñanza apreciado en los libros de toxicología como el Casarett & Doull's toxicology. The basic science of poisons (2001), en artículos de investigación, se observa su existencia basada en la ley de los grandes

números, fórmulas, estadística profunda y seria para la comprobación de sus datos, de igual forma se cree que la repetición de la experiencias lleva a un límite matemático. Aquí se puede observar que nuestro primer acercamiento fue la identificación de objetos matemáticos para decir que sí manejan matemáticas, cosa que después de saberlo consideramos ahora preguntarnos cómo lo usan, qué tan significativos son para ellos, en cierta forma permitirá explicar por qué hacen lo que hacen; queremos ver o inferir lo que ellos hacen. La manera en como pudimos mirar procesos fue a través de un problema teórico dentro de la Socioepistemología: cómo se produce la función normativa de la práctica social en el procesos de institucionalización de las prácticas, apoyado en los *saberes funcionales*, así nos enfocaríamos a la inferencia de la práctica de toxicólogos a través de la observación de sus actividades y de esta forma ver la naturaleza de las construcción de conocimiento para resolver determinado problema que le compete a la toxicología, donde interviene construcción social de conocimiento matemático; con esto ya no nos preocupó las formulas o estudiar a través de los objetos identificados en los textos escritos.

Cuando se tuvo el primer contacto con los toxicólogos que se consideraron pertinente estudiar, nos comentaron que ellos si veían matemáticas, no muchas pero que si había, incluso en los libros se podía apreciar, refiriéndose a las fórmulas, por lo que les reiteramos que lo que se deseaba era mirar lo que ellos hacen, en sus experimentos diarios, entonces comentaron pero ahí no va a ver mucha matemática. Esto permitió detectar que en primera instancia ellos consideran las matemáticas como fórmulas de forma consienta, sin saber que en realidad su campo está minado de estas nociones que se saben utilizan para la resolución de sus problemas ¿en qué medida? Eso es lo que también es de nuestro interés.

Por lo tanto, como se piensan “observar” prácticas, no se realizará un estudio sobre el cálculo tal cual se conoce, sino nos enfocaremos a narrar la dinámica de prácticas apoyadas en *saberes funcionales*, tomando en cuenta elementos teóricos del enfoque socioepistemológico, en particular los *asociados al concepto de función*, por la importancia que tiene en el cálculo, a la que denominaremos *functilidad*.

Problema de investigación

Esta investigación se abordará bajo un enfoque socioepistemológico, tratamos de evidenciar cómo una comunidad profesional, a través de un científico especializado, produce conocimiento

dentro de su contexto. El objetivo consiste en cómo se produce la función normativa de la práctica social en el proceso de institucionalización de las prácticas en un entorno científico.

Para ello requerimos de buscar una profesión que está constantemente realizando conocimiento nuevo y actual: la comunidad de toxicólogos., apoyado en un *modelo teórico general* (MTG) situado que diseñamos bajo enfoques teóricos sobre el aprendizaje, que toma de referencia *saberes funcionales* ligados a la práctica toxicológica. La pregunta que motivó es ¿cómo se produce una norma (un protocolo) en el proceso de institucionalización de las prácticas en un ambiente científico biológico, en particular la práctica toxicológica? Con la intención de que por medio de esta construcción de conocimiento se pueda observar la función normativa de la *práctica social*, en un sentido teórico del enfoque socioepistemológico.

A través de la realización de la práctica toxicológica de una comunidad, apoyado en el MTG. Se requirieron de tres objetivos específicos: Identificar prácticas que permitan ser estudiadas a través de sus actividades, cómo éstas se relacionan y afectan la práctica profesional a analizar; tomar de referencia un *saber funcional* y determinar en qué momento éste se hace presente y cómo afecta o contribuye a la práctica científica; cómo se presentan procesos de institucionalización dentro de ésta.

Marco teórico

Dentro de la *socioepistemología*, se sostiene que la actividad humana es la que confiere la función de la producción del objeto, tomando en cuenta que las prácticas sociales son creadas en el ejercicio de las *prácticas normadas* y está interesada por modelar el papel de éstas en la producción de conocimiento (Cantoral, Farfán, Lezama y Martínez, 2006), de ahí el interés y pertinencia del trabajo. En (Covián, 2005) se mostró que las prácticas sociales se caracterizan mediante su función normativa.

Permite el estudio de las interacciones de su naturaleza epistemológica, su dimensión sociocultural, los planos de lo cognitivo y los modos de transmisión vía la enseñanza de forma sistémica y situada (Cantoral y Farfán, 2003) y se ha caracterizado como la epistemología que modela las *prácticas sociales* que articulan y norman un conjunto de *prácticas* asociadas a un *saber* que dan cuenta de contenidos matemáticos específicos, a partir de ellas se puede explicar la

construcción social del conocimiento matemático respectivo (Cantoral y Farfán), nacen de una necesidad y son fuente del conocimiento matemático entre grupos humanos, determinan “lo que hacen hacer lo que se hace”. Cantoral et al. (2006) han considerado que con base en las *prácticas sociales*, se pretende explicar los procesos de construcción, adquisición y difusión del saber matemático.

Por lo mismo en que en este documento se desean estudiar prácticas fue necesario además de tomar en cuenta el problema teórico, crear un modelo que permitirá proponer una visión de cómo las personas construyen conocimiento y qué elementos posibles intervienen.

Modelo Teórico General (MTG)

El *MTG* (figura 1) surge de querer dar explicación a cómo se construye conocimiento, su antecedente se puede encontrar en el trabajo de Tuyub y Cantoral (2007), nace bajo una lectura exhaustiva de la psicología, teorías cognitivas, sociológicas y la Socioepistemología tomando de base la noción de *aprendizaje clásico*. Parte del principio socioepistemológico de la *existencia de prácticas sociales que son base de conocimiento*, con la intención de delimitar el estudio y que este no tenga una regresión infinita de términos, ya que se quiere trabajar con prácticas, de esta forma evidenciar su *función normativa* dentro de una *práctica profesional científica*, pues se quiere visualizar cómo *actividades*, la *práctica*, *aprendizaje*, *socialización*, *experiencia*, *conocimiento*, *creencias*, *expectativas*, *concepciones* y *representaciones sociales* (en el sentido de Moscovici, 2003); inmersos en un contexto histórico-institucional-sociocultural, están íntimamente relacionados con dicha *normatividad de las prácticas sociales*, con ello destacar la importancia de éstas, así como las relaciones dialécticas que puedan existir.

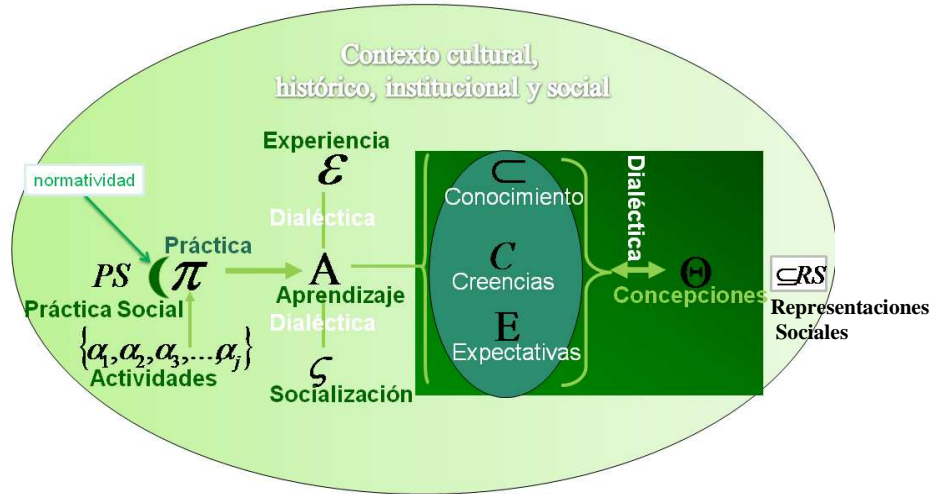


Figura 1. Esquema del MTG. Se aprecia el tipo de relación encontrada con los términos en juego.

El MTG se pondrá en ejercicio dentro de la práctica toxicológica y con esto tratar de verificar su presencia al momento de inferir cómo ellos realizan este ejercicio así obtener datos empíricos que permitan determinar su funcionamiento y en dado caso robustecerlo o corregirlo para su mejora.

Se parte del supuesto socioepistemológico. El MTG implica entonces observación de *actividades*, que en su articulación, organización con otras intencionalmente $\{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_j\}$, se asocian en una *práctica* (π), que organizadas con otras permiten inferir la *práctica de referencia*, regulada por *prácticas sociales* (PS), evidenciadas en los *procesos institucionales*, que a priori no se saben cuáles son. Las *prácticas* generan *experiencias* (\mathcal{E}), éstas *aprendizajes* (A); así mismo, al realizar *prácticas* se aprende y se aprende realizándolas; considerando que el individuo no está aislado, sino que requiere de interacción con sus iguales, de intercambio de ideas, una *socialización* (ζ), en la que adquiere *aprendizajes*, el querer externar ciertas *experiencias* permite generar *aprendizajes*. Aquí, se puede apreciar la existencia de relaciones dialécticas entre *aprendizaje*, *experiencia* y *socialización*. Lo anterior, genera *conocimientos* (\subset) cuya construcción se realiza de forma social, *creencias* (C) desde el punto de vista cognitivo-individual y *expectativas* (E) que se considera la parte afectiva dentro del MTG, estos tres aspectos están en una relación dialéctica con las *concepciones* (Θ) las cuales son un aspecto cognitivo-colectivo, ya que se caracterizan como un conjunto de creencias, conceptos, significados, proposiciones, reglas, imágenes mentales y preferencias concernientes a determinado objeto (Thompson, 1992), que tienen un campo de validez, evolucionan y puede cambiar. Las *representaciones sociales* (RS) intervienen

en el aprendizaje pues en cierta forma rigen el comportamiento en la práctica dada en la actividad humana, lo que con lleva a sugerir que su relación con la concepción es de *contención*, donde el que está contenido es Θ .

Cabe aclarar que los elementos teóricos en el MTG en una situación todos intervienen simultáneamente, además la práctica social no llega a la RS, sino que son elementos involucrados dentro de una práctica que permiten o afectan para la construcción de conocimiento.

Saberes funcionales (funcionalidad)

Se considerará como los conocimientos institucionalizados que permiten que el individuo se transforme y transforma su realidad, se convierten en parte de su realidad, se vuelven necesarios.

Este estudio se enfocará en un análisis de las prácticas que anteceden a determinados conceptos toxicológicos, para con ello determinar qué es lo que las regulan, centrándose en las que están asociados a la *funcionalidad*, elementos inmersos asociados al *uso del concepto de función*, por ejemplo graficación, tabulación, obtención de datos, toma de decisiones, entre otros, esto se inspiró por un estudio reciente interesado en la descentración de los conceptos sobre el concepto función de García, García-Torres y Tuyub (2007), en un recorrido histórico enfocado en el uso.

La intención es determinar que dentro de contextos no escolarizados del campo profesional como la toxicología, donde lo que importa no es estudiar el concepto de función sino otro objeto como lo es la modelación del DNA⁴. Consideramos trascendente identificar la presencia de éstos, en experimentos aparentemente alejados de objetos matemáticos, pues se considera que en el carácter implícito se pueden apreciar con mayor nitidez su *uso*, por ello elegimos una población de corte biológico.

⁴ ADN, manejado por la comunidad de estudio por DNA (siglas en ingles) posiblemente por la gran influencia que se tiene con los artículos que se leen y se publican. El ácido desoxirribonucleico es un ácido nucleico que contiene las instrucciones genéticas usadas en el desarrollo y el funcionamiento de todos los organismos vivos conocidos (wikipedia, 2008).

La práctica de los toxicólogos

Dentro de la Socioepistemología, es importante no solo la respuesta sino el por qué de ella, de esa forma se está consciente de que se estudian personas y no máquinas. Por tanto, es conveniente saber la caracterización de la población de estudio para poder contextualizarla.

La *toxicología* es el estudio de los venenos, identificación y cuantificación de los efectos adversos asociados a la exposición a agentes físicos, sustancias químicas y otras situaciones (Silbergeld, 2001). Por tanto los *toxicólogos* son científicos que estudian dichos efectos adversos cuando entran en interacción con los seres vivos, permiten evaluar la magnitud de la exposición a la contaminación y el deterioro del ambiente producido por las sustancias químicas generadas por la actividad productiva agrícola e industrial, así como la caracterización del impacto que ésta tiene sobre la salud, el equilibrio ecológico y el desarrollo económico social, han realizado parte de las metodologías para obtener datos acerca de la toxicidad de materiales, la responsabilidad para usar esta información para hacer razonables predicciones, considerando los peligros de los materiales para las personas y el ambiente.

Se interesó esta comunidad ya que construyen conocimiento innovador en tiempos cortos por tanto sus experimentos son reiterados y no son a plazos muy prolongados; se realizan en *laboratorios* como uno de sus ambientes naturales en los que se manifiestan todas las actividades y se encuentran los elementos necesarios para su elaboración; esto permite controlar variables de tiempo y espacio, sin afectar la naturaleza de su trabajo profesional científico. Las actividades del toxicólogo son por naturaleza operacionales, ya que se puede observar y registrar, reflejado en sus experimentos con los que conllevan su investigación.

Con base en literatura y discusión, parece pertinente centrarnos dentro del campo de ciencias biológicas y de la salud en la *práctica del toxicólogo*, porque a pesar de no tener una formación matemática estricta hace uso de elementos matemáticos como herramienta para resolver ciertos problemas propios, pero posiblemente no están conscientes de ello.

Caracterización de la población de estudio

Dentro del campo toxicológico hay muchas ramas como componentes expuestos existen. De todos ellos se eligió a una comunidad que se caracteriza por dedicarse a la *toxicología*

reproductiva en la que se estudia el daño causado por plaguicidas a la reproducción humana; donde trabajan con muestras de sangre de personas expuestas en su trabajo a este tipo de tóxicos o con los aparatos reproductivos de ratones (testículos y epidídimos, por ser genéticamente semejantes a los del ser humano) para estudiar los grados de toxicidad y sus efectos a nivel genético a través de su DNA.

En Moscovici (2003), se menciona que el trabajo inicial de Piaget era una explicación de la cultura y la sociedad a través del conocimiento de un solo niño, tomando en cuenta esta declaración, consideramos pertinente la elección de un científico altamente especializado, capaz de tomar decisiones, que se desenvuelva como un profesional dentro de dicho campo al que denominaremos M, por efectos de confidencialidad; M está realizando su segundo postdoctorado en la Sección externa de toxicología del Cinvestav-IPN, posee un Doctorado en Ciencias en Genética y Biología Molecular, ha trabajado en empresas privadas, realizado investigaciones y publicado artículos, es una persona independiente, le gusta obtener buenos resultados, rigurosa en lo que hace, le gusta asesorar a sus colegas, su autovaloración es alta. Tiene particular interés en identificación de genes que permiten tener defensas sobre ciertos cánceres, también está aprendiendo a “montar” técnicas para complementarlo con sus conocimientos y de esta manera aportar avances significativos dentro de la toxicología, obteniendo un reporte completo de lo que ocurre a nivel celular y genético.

Elementos Metodológicos

Se utilizó una metodología cualitativa de corte etnográfico: *microetnográfica* (en el sentido de Ogbu et. Al, 1988; citado en Moreira, 2002). Se realizaron inferencias sobre las prácticas cruciales a lo largo del proyecto de M, transcripciones y fotos secuenciadas de sus experimentos; estas prácticas al ser reiteradas, permiten rectificar y evidenciar la permanencia y cambio de ciertos elementos sobre ellas, utilizamos entrevistas de corte informativo sobre ciertos elementos de nuestro interés, así como mirar la historia de la toxicología para encontrar *prácticas de referencias* que nos permitan contextualizar lo que hace M.

Para el análisis, requerimos mirar repetidas veces y analizar detalladamente registros audiovisuales de interacción en escenas claves, en situaciones-clave, acompañadas de observación participativa, realizando una descripción de su quehacer y transcribiendo lo que dio

evidencia a nuestro objetivo con base a tres ejes de análisis: *Análisis de las prácticas que anteceden a determinados conceptos toxicológicos*, para con ello determinar qué es lo que regula dichas prácticas. *Identificación de saberes funcionales* dentro de la práctica toxicológica, en particular las *prácticas* asociadas a la *funcionalidad*. *Determinación del sentido normativo de las prácticas sociales* dentro de este campo, por medio de *procesos de institucionalización* como lo especifica Covián (2005).

Resultados y discusión

Pudimos distinguir elementos matemáticos inmersos en la práctica toxicológica, por ejemplo cuando ellos hablan de dosis están hablando de una medida específica, cuando dicen, coloqué la mínima cantidad de veneno para que los ratones no sufrieran daño, cuando muestran graficas de forma estadística de sus resultados para explicar si fue significativo el experimento o no, cuando modifican los parámetros.

La *funcionalidad* se puede apreciar desde un tipo de relación de dependencia como por ejemplo la afectación que produce al guardar el DNA en un congelador a determinada temperatura, la cantidad de veces que se descongela afecta en la degradación del DNA, la forma en que mezcla la muestra al momento de pipetear está en relación con el éxito o fracaso de la obtención, además cuando hablan de dosis de venenos aplicados a ratones, el medir esta afectación con respecto al tiempo, entre otras más.

Si bien, en un experimento pareciese que todo se efectuó de forma lineal, consideramos que es en la *toma de decisiones* donde se producen *bifurcaciones* que también dan cuenta de este saber funcional, señalando funciones de varias variables $f(x_1, x_2, \dots, x_j) = y$; manejando algunas de ellas como constantes y otras se deciden variar para obtener un resultado. Estas bifurcaciones se aprecian con mayor nitidez en un cambio en las actividades que se realizan. Para efectos de ejemplificar, se tomará la obtención del DNA como una práctica asociada, cuyo esquema que se aprecia en la figura 2 y se explica en el siguiente párrafo.

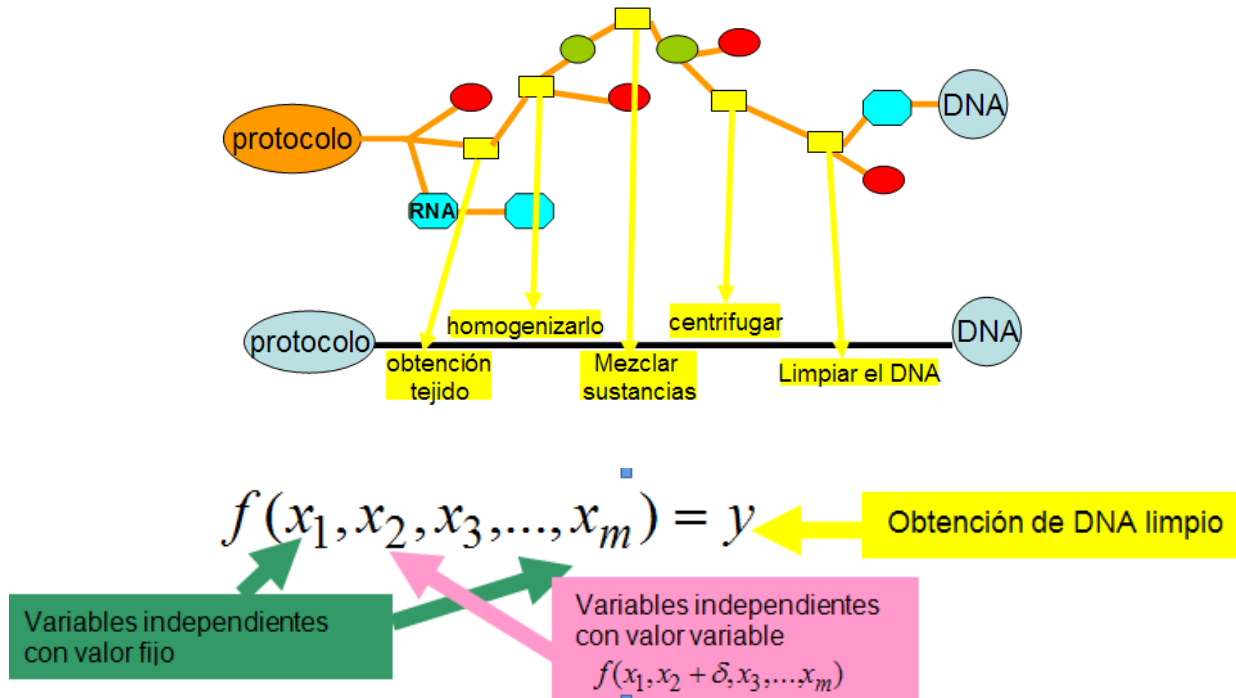


Figura 2. Bifurcaciones en la toma de decisiones. Se muestra que la organización de sus actividades, inferida a través de sus reiteraciones cuando controla unas variables y otras no y cómo esto se interpreta en una función matemática.

M partió de un protocolo (conjunto de pasos a seguir) para obtención de DNA en tejidos de animales, la primera vez lo siguió paso a paso, debido a que no estaba familiarizada con este tipo de técnicas in vivo, luego, realizando nuevamente esta técnica dejó de utilizar el homogenizador sugerido en el protocolo, manejando ahora sólo una sustancia llamada trizol para cumplir esta función, el cambio se debió por interacción con sus colegas y la experiencia, con el fin de optimizar tiempo, esfuerzo y calidad. Para limpiar la pastilla donde se encuentra el DNA (liberado de tejidos, proteínas y RNA), el protocolo no permitió buenas amplificaciones pues el DNA seguía “sucio”, se cree que fue debido a que, a pesar de que los testículos de ratón se consideran tejidos, éstos contienen espermatozoides cuyo DNA es muy viscoso y por tanto difícil de manejar con las pipetas, por lo que se aumentaron el número de “lavadas” consiguiendo así la amplificación; sin embargo, el tiempo de centrifugado no se cambió. Este tipo de decisiones se pudieron observar gracias a las reiteraciones del experimento.

También en la práctica de M identificamos realización y análisis de *gráficas* a través de una matematización de cualidades, para la determinación de la presencia o ausencia de los genes

deseados (T1 y M1) que desea amplificar en cada DNA evidenciados en fotos de geles; consideramos de tres dimensiones, por ejemplo en la figura 3, una dimensión es cada una de las columnas de la C-J donde tienen un DNA distinto en el que se deben apreciar segmentos horizontales a distinta altura (M1 (312), Albúmina (350), T1 (480)) con respecto a la columna A (segunda dimensión) llamado marcador de peso molecular que va de de 100 en 100 pares de base (pb) y la tercera dimensión que maneja M es la intensidad de color de las bandas ya que todas deben salir iguales, y si no M cambia cierta concentración de los reactivos para que suceda, es decir mueve ciertas variables que su experiencia, socialización, conocimiento le permiten decidir. También maneja variables control que todo gel debe tener ya que con eso se considera que los resultados son auténticos sin alteraciones, estos son el *control negativo* presentado en la *columna B* en el que no se debe amplificar algo porque si sí, es contaminación del experimento y el *control positivo* manifestado en un gen llamado *albúmina* (fila con peso de 350 pb) que siempre debe aparecer como se aprecia en la figura 3, aunque T1 y M1 no necesariamente aparezcan, esto indica que el DNA está en buenas condiciones.

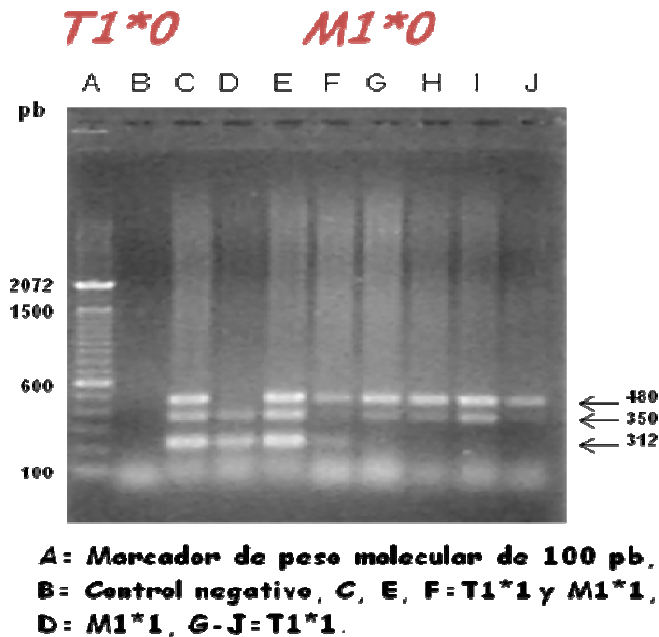


Figura 3. Ejemplo de una gráfica de un gen amplificado por DNA.

Una vez que M identifica en qué DNAs están presentes T1, M1 o ambos, otros compañeros toman estos datos para monitorearlos de forma estadística para arrojar datos cuantitativos. En esta práctica existen muchas variables que afectan a la práctica de M, ya que por ejemplo a pesar de

que M1 o T1 estén presentes en el gel, si el control positivo no, se tiene que repetir esa amplificación, aquí se aprecia cómo los saberes funcionales inmersos son un elemento importante para su toma de decisiones y en general para caracterizar su práctica; por tanto el MTG debe contemplarlas como un factor de afectación. Pudimos inferir la necesidad de la *modelación* y *predicción* como elementos potenciales que permiten regular el tipo de prácticas citadas anteriormente.

Consideraciones finales

Esta investigación abre una brecha para poner foco de atención en la *descentración de los conceptos*, aporta a la socioepistemología al brindar elementos metodológicos para el estudio de prácticas de forma continua y no puntual, así, amplía el panorama que el problema de la matemática no son los conceptos o saberes matemáticos, pues estos ya están institucionalizados y externos al individuo, sino más bien mirar esos procesos y entenderlos.

Estudiar cómo M produce un protocolo para la identificación de ciertos genes, ha permitido mirar componentes sociales y cognitivos en su construcción, así como la importancia de saberes funcionales al percatarnos de la *funcionalidad* dentro de sus actividades y poner en juego sus variables permitió reunir mas evidencia para dar una explicación de por qué hace lo que hace.

El MTG fue robustecido de forma experimental para permitir y reflexionar que no basta el aprendizaje cognitivo para apropiarse elementos, se debe hacer que la gente “viva” la experiencia a través de las prácticas de esa construcción ante determinado problema, es ahí en donde intervienen demás elementos que permitirán una evolución en sus prácticas y por tanto un “aprendizaje” significativo, además de hacer que la persona modifique su entorno y construya una comunidad científica.

Los tres ejes son como un sistema de ejes de coordenados de tres variables centrados en la práctica toxicológica de M, donde nos desplazamos por cada uno de ellos y encontramos ciertos elementos de interés contemplado en el MTG y otros no, identificados en las *reiteraciones*, de ahí que el MTG es *dinámico*, en constante evolución, donde todos los elementos involucrados están interactuando siempre y que a la vez permiten caracterizar su práctica. En la figura 4. se aprecia el MTG robustecido. Estos tres ejes no están deslindados.

además, no basta mirar puntualmente al sujeto, al objeto de estudio y al saber mismo, sino analizar las relaciones entre ellos y más allá, el contexto en el que están inmersos, aquel en el que interactúan.

Bibliografía

Cantoral, R.; Farfán, R.; Cordero, F.; Alanís, J.; Rodríguez, R.; Garza, A. (2000). *Desarrollo del pensamiento matemático*. México: Trillas.

Cantoral, R. y Farfán, R. (2003). Matemática Educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 6(1), 27-40.

Cantoral, R., Farfán, R., Lezama, J. y Martínez, G. (2006). Socioepistemología y representación: algunos ejemplos. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, número especial, 83 - 102.

Cordero, F. (2005). La Socioepistemología en la Graficación del Discurso Matemático Escolar. En *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 18. J. Lezama (Ed.). Universidad Autónoma de Chiapas: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 477-482.

Cordero, F. y Flores, R. (2007). El uso de las gráficas en el discurso matemático escolar. Un estudio socioepistemológico en el nivel básico a través de los libros de texto. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, 10(1), 7-38.

Covián, O. (2005). *El papel del conocimiento matemático en la construcción de la vivienda tradicional: El caso de la Cultura Maya*. Tesis de maestría no publicada, Cinvestav-IPN. México, D.F., México.

Galindo, E. (1994). Visualization in the calculus class: Relationship between cognitive style, gender, and use of technology. Tesis de doctorado no publicada, The Ohio State University. Ohio, E.U.A.

García, E., García-Torres, E. y Tuyub, I. (2007). Un estudio socioepistemológico del concepto de función. *Documento interno*. Manuscrito no publicado, Cinvestav-IPN, México, D.F., México.

Gallo, M. (2001). History and scope of toxicology. Klaassen, Curtis (Ed.). *Casarett & Doull's toxicology. The basic science of poisons* (pp.1-12). Colombia, Bogotá: Editorial Norma

Moreira, M. (2002), texto de apoyo no. 14 Universidad de burgos. Departamento de didácticas específicas. Programa internacional de doctorado. Burgos España investigación en educación en ciencias: métodos cualitativos. 6 de septiembre de 2007 en <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/metodoscualitativos.pdf>

Moscovici, S. (2003). *La conciencia social y su historia*. En J. Castorina (Ed.), *Representaciones sociales. Problemas teóricos y conocimientos infantiles* (pp. 91-110). Barcelona, España: Editorial Gedisa.

Silbergeld, E. (2001). Toxicología. Herramientas y enfoques. *Enciclopedia de Salud y seguridad en el trabajo*, 1(33). Recuperado de <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/pdf/tomo1/33.pdf>.

Thompson, A. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: a synthesis of the research. En D. Grows (Ed.), *International Handbook of research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 127-146). New York, USA: Macmillan Pub. Com.

Tuyub, I. y Cantoral, R. (2007). Las prácticas sociales como base del conocimiento en toxicólogos. Un modelo. En *Memorias de la XI Escuela de Invierno en Matemática Educativa*. G. Montiel (Ed.). Red Cimates: Mérida, Yucatán, México, 141 – 153 pp.

Wikipedia, (2008). Ácido desoxirribonucleico. Recuperado el 7 de mayo de 2008 de <http://es.wikipedia.org/wiki/ADN>