

CONSTITUCIÓN DEL CONOCIMIENTO MATEMÁTICO EN UNA COMUNIDAD DE BIÓLOGOS MARINOS



Isabel Tuyub, Landy Sosa, Melby Cetina
isabel.tuyub@uady.mx, smoguel@uady.mx, melby_gcv@hotmail.com
Universidad Autónoma de Yucatán
Reporte de Investigación
Medio Superior

Resumen

En el presente escrito se desea evidenciar las formas de constitución del conocimiento matemático en una comunidad científica de Biología Marina, identificadas bajo una investigación socioepistemológica, desarrollada con la intención de obtener indicadores para el tratamiento didáctico de contenidos del Precálculo basado en prácticas de modelación de la variación y el cambio. Para ello, se identificaron los usos y las formas de conocimiento matemático que subyacen en la práctica de un científico que se examinaron en artículos de investigación y se corroboraron con una entrevista en la que se recabó información sobre: su práctica, el contenido escolar con relación a su quehacer científico y el impacto social de su disciplina. Los indicadores obtenidos reflejaron que la optimización es una práctica que rige la generación de conocimiento científico y que ésta pudiera ser una directriz en los diseños y tratamientos didácticos en la práctica escolar en Precálculo.

Palabras Clave: *Formas, constitución, conocimiento, usos, matemática*

1. Introducción

El uso que se le otorga en el contexto escolar al conocimiento matemático no solamente resulta poco eficiente fuera de la escuela, sino en la misma, en los ejercicios, problemas y pruebas que se suministran para la evaluación de aprendizajes o de logro académico escolar. Por ejemplo, en la prueba ENLACE 2010, aproximadamente el 80% de la población evaluada del bachillerato general tiene un nivel insuficiente o elemental de habilidad matemática, es decir, según los resultados de esta prueba, solo un mínimo porcentaje de esta población tiene un nivel bueno o excelente en matemáticas (ILCE, 2011).

La situación no difiere en gran medida del logro académico que tienen los jóvenes de bachillerato por cada área de las matemáticas. Por ejemplo, en una prueba de conocimientos y habilidades matemáticas aplicadas en dos escuelas preparatorias, en el área de Precálculo, solamente el 11% de los estudiantes alcanzaron un nivel aceptable. La mayoría no pudo resolver problemas típicamente escolares en los que se demandaba al estudiante aplicar una propiedad, fórmula o elemento del objeto matemático función, en ejercicios o problemas de dominio matemático ni problemas extramatemáticos en los que se requería establecer relaciones entre dos variables y usar estas relaciones funcionales como modelos matemáticos que les permitan entender y resolver dichos problemas; es decir, reactivos en los que se precisaba un uso funcional del conocimiento de Precálculo.

La tendencia que en los últimos años se ha seguido en los índices de logro académico en matemáticas, hacen notoria la necesidad de instaurar prácticas educativas en las que los estudiantes sean partícipes en la construcción y resignificación de la matemática en tareas más cercanas a las propias de la actividad matemática y científica que permitan integrarla de modo funcional en su vida.

Por otro lado, en investigaciones en Matemática Educativa con carácter Socioepistemológico se señala que la matemática se genera en el servicio de otros dominios científicos y de otras prácticas de referencia, en los que adquiere sentido y significado (Cantoral y Farfán, 2003), pues en éstos por ejemplo, el conocimiento matemático se usa como herramienta para la toma de decisiones ante problemáticas y necesidades de la comunidad, generar productos u otra actividad, es decir, la matemática adquiere una funcionalidad. Como muestra de este tipo de investigaciones, en Tuyub (2008) se analizó el quehacer de una comunidad científica de toxicólogos para estudiar el uso de la noción *función* matemática, dentro de ésta se observó que el uso que se le da es *optimizar* (en el sentido de economizar tiempo, esfuerzo, recursos sin perder la calidad y certeza de sus datos) con la intensión de *estandarizar*, lo cual es base para la toma de sus decisiones, en los que intervienen factores sociales como la experiencia y la socialización; lo cual se constituye en un nuevo protocolo para realizar experimentos de impacto en su comunidad que se vuelve un producto para uso de la comunidad.

Asimismo, en García-Torres (2008) se estudió la práctica de una comunidad científica en Ingeniería Biomédica: la obtención de la temperatura de Curie, momento en el que el material cambia su estructura para ser un material quirúrgico de cerámica, a través de analizar el comportamiento de la gráfica de una función obtenida experimentalmente. Se evidenció la puesta en escena de saberes matemáticos funcionales como la variación y los máximos y mínimos de una función. Las gráficas se usaron como instrumentos de comunicación de información, que en conjunto determinaron la toma de decisiones en cuanto al éxito o fracaso de los experimentos efectuados, estableciendo por ende, la generación de nuevas producciones de cerámicas.

Las investigaciones del estudio de prácticas referentes a la ciencia buscan explicar el uso y construcción de conocimiento funcional que subyace a partir de las características y aspectos de la comunidad estudiada; en cambio las investigaciones referentes a lo escolar indagan en explicar el uso y construcción de conocimiento funcional que subyace en los estudiantes a partir de la implementación de un diseño o situación basado de una práctica de referencia que viene dada de los estudios realizados de las prácticas de las ciencias. En nuestro caso intentaremos centrarnos en la relación de éstos dos ambientes de investigación, de las prácticas científicas al entorno escolar.

De lo anterior, la problemática a abordar en este escrito va encaminada, en el ámbito escolar, a la carencia de una enseñanza que vislumbre en los estudiantes un aprendizaje matemático funcional. De manera que se estudiará el uso y formas que se le da al conocimiento matemático, asociado a la variación y cambio, en prácticas de un contexto no escolar, en específico una comunidad científica en Biología Marina, para ver la funcionalidad que éste tiene a través de las *formas de constitución de conocimiento matemático*, entendiendo por éstas los procesos y mecanismos a partir de los cuales una comunidad de seres humanos genera consensos sobre la matemática en torno a cierta práctica, definiendo sus maneras y ocasiones de uso según su función social al seno de la comunidad. Con la intención de mirar qué elementos se pueden estudiar de un contexto científico para que apoye a la generación de aprendizajes en un contexto escolar. Se sabe que la matemática existente en ambos contextos es de naturaleza distinta (Méndez y Cordero, 2010), pero a pesar de ello indicadores de la constitución del conocimiento en un contexto científico pueden permitir generar conocimiento en el aula.

Con ello, se destacará que en el seno de las prácticas (Cantoral, 2009) se genera conocimiento matemático y una reorganización del currículum basada en prácticas puede apoyar a favorecer el

acercamiento entre lo que se enseña en el aula y lo que se aplica en la vida, adquiriendo significado en el aprendizaje de los estudiantes. Aparicio, Jarero, Ordaz y Sosa (2009) consideran que para que los estudiantes aprendan una matemática funcional en su entorno, se hace indispensable y demandante que el estudio de la matemática, y en particular del Precálculo, considere a la realidad en el contexto de los estudiantes y posibilite la transferencia de conocimientos entre disciplinas, así como incorporar estrategias didácticas que favorezcan la realización por parte de los estudiantes, de prácticas empíricas y actividades de modelación matemática, donde pongan en juego habilidades que integren la utilidad y funcionalidad de la matemática con lo social, científico y tecnológico.

Por las razones antes expuestas, en nuestra investigación intentamos entender la funcionalidad y forma de la matemática asociada al Precálculo en otros escenarios, en particular, en el quehacer de una comunidad científica específica. Así, se intenta atender la problemática desde el análisis del *contexto* en que se constituye o se usa la matemática, para determinar algunas condiciones socioculturales e indicadores para el tratamiento didáctico del contenido de Precálculo para un rediseño del discurso matemático escolar basado en prácticas de variación y cambio que favorezca aprendizajes funcionales.

El objetivo de este escrito es analizar y entender cómo se constituye la generación de conocimiento relativo a la modelación de lo variacional en una comunidad científica de Biología Marina, pues se considera a la modelación como una práctica humana y matemática asociada a la construcción de conocimiento en Precálculo. Así, se desea aportar evidencia empírica sobre qué formas y usos presenta la matemática en una comunidad científica con la intención de proporcionar indicadores que puedan favorecer una reorganización del Precálculo.

2. Marco Teórico

Para analizar las formas de constitución de conocimiento se hace necesario el estudio de epistemología de prácticas, es decir, considerar al ser humano haciendo uso de la matemática en la realización de una actividad o en la resolución de un problema en un contexto específico, pues se reconoce a la *actividad humana* como una organización social y una fuente donde se construye conocimiento con significados propios, contextos, historia e intención (Cordero, 2001). Por ejemplo, Buendía (2006) reporta que su revisión de investigaciones relativas a la periodicidad y un análisis histórico sobre esta propiedad, le permitió reconocer que lo periódico adquiere sentido cuando los seres humanos se enfrentan a la tarea de buscar la predicción de una posición lejana que se tendrá sobre la gráfica del movimiento. De ahí que propone una epistemología de prácticas y no de conceptos que articule los aspectos cognitivos, culturales, históricos e institucionales de la periodicidad, donde la predicción será una práctica que favorezca la articulación y la inclusión, funcional y articulada, de lo periódico en el sistema didáctico. Da evidencia que el estudio de la epistemología de prácticas es un modo de estudiar a la actividad humana como una organización social y una fuente en la que se construye conocimiento, permitiendo con dicha información dar respuesta a cómo se constituye el objeto de conocimiento; es decir, ayuda a tener cierto entendimiento sobre los conceptos y sus desarrollos entorno a la práctica de una actividad humana.

El estudio de la *epistemología de prácticas* se encuentra inmerso en una visión teórica que marca una manera de hacer investigación en Matemática Educativa en la que se reconoce la complejidad del conocimiento matemático y su naturaleza social, pero principalmente –y esto

marca un panorama distinto y amplio respecto a otras perspectivas teóricas– propone entender por qué y cómo los grupos humanos tuvieron o tienen que hacer ciertas cosas para construir ese sistema complejo de conceptos; así, la visión teórica descrita anteriormente es el *Enfoque Socioepistemológico* (Cordero, 2005 citado en Buendía, 2006). Por lo que parece posible que el aprendizaje escolar en Precálculo puede analizarse a partir de una epistemología de prácticas de aspectos de índole didáctico, cognitivo, epistemológico y sociocultural en contextos no escolares para buscar posibles formas de favorecer en la escuela la generación de aprendizajes funcionales.

En la Socioepistemología, existen investigaciones que dan cuenta del proceso de construcción social de conocimiento matemático desde distintos ámbitos en los que se puede enmarcar una actividad humana: científico, profesional, escolar, cotidiano, etc. cuyo interés se enfoca en las prácticas que desarrollan como comunidad para el logro de sus objetivos. Por ejemplo, Galicia y Arrieta (2005) hacen un análisis del papel discursivo y de la interacción de estudiantes de Ingeniería Bioquímica en su ambiente natural de trabajo (en el laboratorio de microbiología) para la construcción de lo exponencial a partir de la modelación de la evolución de levaduras. Se obtiene como conclusiones que los estudiantes deducen la relación lineal, a partir de la observación del fenómeno, estableciendo diferentes formas de predicción e implementando el uso de sus conocimientos matemáticos previos para la construcción de una herramienta: lo exponencial. Deja entre ver que el estudio de la epistemología de las prácticas de comunidades humanas generadoras de conocimiento presentan de manera conjunta tanto la construcción de conocimiento como su constitución, debido a que la primera se enfoca al qué y para qué se produce y la segunda al cómo.

En términos de lo anterior, se entenderá por constitución de conocimiento cuando se construyen consensos respecto a la validez y legitimidad de un saber. Por ejemplo, al momento en que se establecen acuerdos respecto a los usos y formas del conocimiento en la práctica de una comunidad profesional, que articulan su quehacer y permiten el desarrollo de la misma. Asumiendo por uso a la función del conocimiento matemático ante una necesidad que norma el hacer de una comunidad de seres humanos y que se manifiesta por las “tareas” que componen el “hacer” de la comunidad; las formas de uso son la clase de “tareas” que conforman dicho hacer en el uso (Cordero y Flores, 2007). De manera que las formas de constitución de conocimiento se estudiarán a través de los *usos y formas* de la matemática presente en el quehacer de una comunidad científica de Biología Marina.

3. Método

Para el desarrollo de esta investigación descriptiva se consideró analizar los usos y formas de la matemática que subyace en los trabajos de una comunidad de Biología Marina en el Estado de Yucatán que se centra en el estudio de la producción de algas marinas, en particular en aquellos en los que se modelan situaciones o fenómenos variacionales, a partir de las acciones siguientes:

- a. Identificación del uso de conocimiento matemático relativo a la variación y el cambio en ciertas actividades del quehacer científico de Biología Marina, por medio del análisis del uso de la matemática asociada a la variación y cambio en *artículos recientes de científicos de la comunidad*: Vázquez y Robledo (2010) y Robledo & Freile-Pelegrián (2010). Dichas investigaciones se especializan en el tratamiento de cierta alga marina y en el análisis de la factibilidad de su cultivo en la región.

- b. Caracterización de la práctica científica en Biología Marina, al reconocer el impacto que guardan las producciones de la comunidad en la sociedad de la región, a partir de la *entrevista semiestructurada a un científico*. Asimismo, se cuestionó sobre determinadas formas de uso de conocimiento matemático previamente identificadas, con el propósito de conocer con mayor detalle algunas acciones o tareas de su práctica.
- c. Establecimiento de un modelo de constitución de conocimiento en Biología Marina a través del análisis e inferencia de los pasos a y b.
- d. Inferencia de posibles indicadores para el tratamiento didáctico de contenido matemático asociado al Precálculo bajo un enfoque centrado en prácticas, considerando el uso que se le da en esa comunidad a la matemática y que se manifieste en el modelo.

4. Resultados

El conocimiento que se produce en ciertas actividades del quehacer de la comunidad se constituye a partir de un proceso que es regido por la práctica de optimización, tanto al interior como al exterior de su disciplina. Al interior de su disciplina la optimización se reconoce en el establecimiento de condiciones ambientales para obtener un mayor crecimiento de las algas en menor tiempo, por ejemplo, para determinar cuál cultivación de especies de algas en las zonas costeras de Yucatán tiene mayor producción de cultivo en un menor tiempo o a qué temperatura la producción de oxígeno de cierta alga es mayor, lo que da paso a establecer la temperatura óptima de fotosíntesis. Al exterior de su disciplina se optimiza en la búsqueda de las condiciones que permitirían minimizar los costos de producción de materias primas y de importación de productos derivados de algas.

En la Imagen 1 se muestra el modelo obtenido de manera experimental en el que se indican los usos de conocimiento matemático en los que se establece una interacción dinámica entre las prácticas identificadas, siendo la optimización el motor de transferencia entre una y otra.

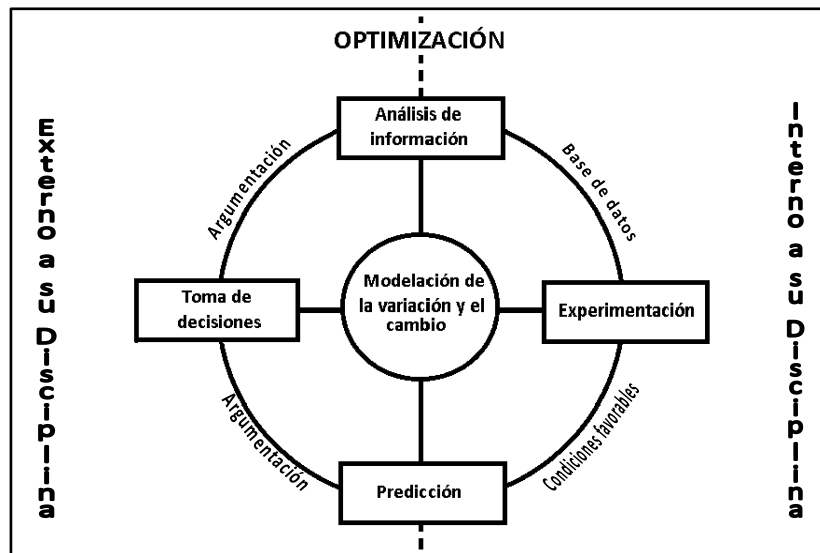


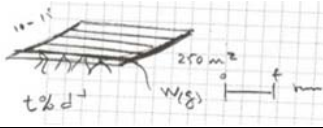
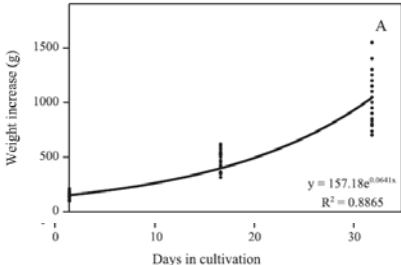
Imagen 1. Esquema del modelo de constitución de conocimiento matemático en Biología Marina

La optimización hace que los científicos movilicen el uso de recursos y conocimientos matemáticos como una herramienta en su actividad científica, en la cual se identificaron los siguientes usos: **análisis de información** sobre los valores de importación y exportación de

productos derivados de cierta especie de alga marina; **experimentación** para determinar las características morfológicas y factores fisiológicos que posibilitan un crecimiento viable de las algas; **predicción** de la productividad del cultivo suministrado por un sistema de cultivo de algas en las costas de México; y **toma de decisiones** respecto a la factibilidad de cultivo de cierto tipo de alga productora de carragenina (sustancia que sirve en la industria alimentaria como espesante, gelificante, agente de suspensión y estabilizante, tanto en sistemas acuosos como en sistemas lácticos) para determinar la especie de alga marina tropical que resultará ser de importancia económica en la península de Yucatán.

En particular, en la siguiente tabla se muestran las formas del conocimiento matemático relativas a la actividad de predicción.

Tabla 1. Formas de conocimiento matemático en la predicción de la productividad del cultivo de algas K suministrado por un sistema de cultivo en la costa de México

Tareas	Ejemplo de formas del conocimiento matemático en la actividad científica	Matemática
<p>Comparar puntualmente los distintos estados de las variables: crecimiento y día.</p> <p>Cuantificar el cambio entre las variables.</p> <p>Identificar la transformación de estados de crecimiento.</p> <p>Generar un modelo que describa el comportamiento global de los datos, es decir, que describa el crecimiento en la productividad de cierta alga al paso de un determinado tiempo, por ejemplo, la variación exponencial.</p> <p>Predicción de un estado ulterior de crecimiento del alga.</p>	<p>Dibujo elaborado por el científico para explicar el experimento para el crecimiento del cultivo de algas K, realizado en una parcela de 250 m², se realizaron de 10 o 15 líneas de cultivo donde se cuelgan las algas, cada línea tenía un peso en gramos. En cada semana, se pesó el peso inicial y el peso final del alga y de allí se estimó una tasa de crecimiento, por ejemplo, para la cepa color café se obtuvo un $7.1 \pm 1.8\%$ por día.</p>  <p>Gráfica exponencial obtenida de los datos de la tasa de crecimiento por día ajustados a un modelo que representa su crecimiento al paso de 30 días de cultivo para cierta cepa, para estimar la productividad que podría tener este sistema en una hectárea, a partir de un promedio de los datos.</p> 	<p>Análisis de las variables y su relación</p> <p>Comportamiento tendencial de información numérica y gráfica</p> <p>Variación proporcional y no proporcional</p> <p>Función lineal y exponencial</p>

<p>Comunicar e informar de forma discursivas sobre los resultados obtenidos, en este caso sobre cómo se obtuvo la predicción.</p>	<p>Comunicación de sus resultados en artículos científicos. Por ejemplo, "... se registró un aumento de diez veces la cantidad inicial en el peso del cultivo, pasado 30 días en todas las cepas de <i>K. Alvarezii</i> (Imagen 2) en la península de Yucatán. Esto podría representar entre 600 y 1,200 T de peso seco por hectárea al año dependiendo de la estación de crecimiento; con esta productividad se obtendría un rendimiento de carragenano entre 33% y el 40.7%, similar a los obtenidos en el cultivo comercial. Lo que hace considerarla una especie prometedora".</p> <p>"...la agricultura piloto de <i>Chondrus Crispus Stackhouse</i> ...arrojó tasas de crecimiento con un promedio anual de 1.3% por día, el sistema podría proporcionar un rendimiento de 157 g. de peso húmedo por metro de red cada 21 días. ... se infirió que una finca de 1 hectárea aportaría 7.07 T de peso en húmedo de algas marinas cada 3 semanas, con un costo de producción de 1,500 a 2,400 dólares por tonelada".</p>	<p>Variación lineal / no lineal</p>
---	---	-------------------------------------

Dicha matemática adquiere sentido en función de las actividades y experiencias en las que se usa por los individuos de la comunidad, como puede observarse en las formas antes referidas.

Un indicador para el tratamiento didáctico de contenidos en Precálculo es considerar la optimización como eje en el diseño de unidades didácticas, que incorporen actividades de análisis de información, experimentación, predicción y toma de decisiones en situaciones o fenómenos de naturaleza variacional de carácter continuo y discreto.

Se establece también como un indicador, el tipo de tareas o acciones que en lo escolar podrían detonar el uso y construcción de conocimiento matemático asociado a la variación y el cambio en dichas actividades, tales como: comparar estados; interpretar la variación; analizar relaciones entre variables, reconocer el comportamiento tendencial de los valores de las variables en forma cuantitativa y cualitativa, local y globalmente a partir de información numérica y gráfica; cuantificar cambios, formular modelos matemáticos, comunicar y argumentar los procesos y soluciones de cada actividad. Las acciones o tareas que se propondrían a los estudiantes, no necesariamente tendrían que ser idénticas a las halladas en la comunidad de biólogos marinos, por lo que se abre la puerta para indagar de qué tipo y su impacto en situación escolar.

5. Conclusiones

La forma en que se usa la matemática en una comunidad científica puede ser el motor de transferencia del conocimiento científico a la escuela, poniéndose de manifiesto como un medio para *argumentar o evidenciar información relevante* para su quehacer. Si bien la práctica científica es especializada, las formas matemáticas que se usan en el quehacer científico en Biología Marina no son muy elaboradas y es posible que sean desarrolladas en la escuela, pues los jóvenes son capaces de ejecutar tareas como analizar, comparar y estimar. Lo que otorga sentido y funcionalidad al conocimiento matemático en la práctica científica son las experiencias de los individuos de la comunidad en una situación específica.

La práctica de optimización en escenarios de variación y cambio no sólo se reconoce como un medio de transferencia del conocimiento científico al escolar para el estudio de funciones sino como una actividad humana que en un contexto específico favorece la constitución y

funcionalidad del conocimiento matemático. Se concluye también que la “curiosidad” o el pensamiento crítico y reflexivo, la experiencia, la interacción entre individuos, las situaciones y el impacto social de la práctica científica son factores socioculturales que influyen en la realización de la práctica e inciden en la forma de constitución de conocimiento matemático.

6. Referencias

- Aparicio, E., Jarero, M., Ordaz, M. y Sosa, L. (2009). Discurso y práctica docente en matemáticas: Un estudio exploratorio en bachillerato. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática* 18, 58-71.
- Arrieta, J. y Canul, A. (2004). Las prácticas sociales de modelación en la construcción de la construcción de lo exponencial. En Leonora, D. (Ed). *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 17, 209-214. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Buendía, G. (2006). Una socioepistemología del aspecto periódico de las funciones. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 9(2), 227-251.
- Cantoral, R. (2009). Tendencias de la investigación en matemática educativa: del estudio centrado en el objeto a las prácticas. Conferencia plenaria en la Vigésimo Tercera Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa, Julio, Santo Domingo, República Dominicana.
- Cantoral, R. y Farfán, R. (2003). Matemática Educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 3(3), 293-320.
- Cordero, F. (2001). La distinción entre construcciones del Cálculo. Una epistemología a través de la actividad humana. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 4(1), 103-128.
- 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 Investigación en Matemática Educativa* 10(1), 7-38.
- Galicia, A. y Arrieta, J. (2005). Modelación de la Evolución de la Levadura: Un Estudio de las Prácticas Sociales del Ingeniero Bioquímico. En J. Lezama, M. Sánchez y J. Molina (Eds.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 18, 503-509. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- García-Torres, E. (2008). *Un estudio sobre los procesos de institucionalización de las prácticas en ingeniería biomédica. Una visión socioepistemológica.* (Tesis inédita de Maestría). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. México.
- García, E. y Cantoral, R. (2007). Un estudio sobre los procesos de institucionalización de las prácticas en ingeniería biomédica. En G. Montiel (Ed.), *En Memorias de la XI Escuela de Invierno en Matemática Educativa.* (pp. 483- 494). México: Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa.
- Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE, 2011). Recuperado el 20 de Febrero de 2011 de <http://enlace.sep.gob.mx/ms/?p=estadisticas2010>.
- Méndez, M. y Cordero, F. (2010). La función de la modelación en la resignificación del conocimiento matemático. Ubicado en <http://www.red-cimates.org.mx/Documentos/eime/Seminarios/principiantes/Resumen%20Mendez.pdf>
- Muñoz, J., Freile-Pelegrín, Y., Robledo D. (2004). Mariculture of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) color strains in tropical waters of Yucatán, México. *Aquaculture* 239, 161–177.

- Robledo, D. & Freile-Peigrín, Y. (2010). Prospects for the cultivation of economically important carrageenophytes in southeast Mexico. *Journal of Applied Phycology* DOI 10.1007/s10811-010-9585-8.
- Tuyub, I. (2008). *Un estudio socioepistemológico de la práctica toxicológica: un modelo de la construcción social del conocimiento*. (Tesis inédita de Maestría). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. México.
- Vázquez, R. y Robledo, D. (2010). Estudio de diferentes factores que afectan la producción de biomasa en *Chlamydomonas Reinhardtii*. *Revista de la Facultad de Ingeniería Química* 50, 3-8.