

FUNDAMENTACIÓN DIDÁCTICO-EPISTEMOLÓGICA DEL DICTADO DEL CURSO *TÓPICOS DE MATEMÁTICA PARA LA* INGENIERÍA EN AGROBIOTEGNOLOGÍA

GRAIEB, AUGUSTO^{1,2}; *BARAGATTI, ESTEBAN*^{1,3}; *ANDRINI, LEANDRO*^{1,4,5}

¹ Docentes de la materia *Tópicos de Matemática*, Ingeniería en Agrobiotecnología, IIB-INTECH, Universidad Nacional de San Martín.¹

²agraieb@gmail.com

³eebaragatti@gmail.com

⁴leandro.andrini@gmail.com

⁵eebaragatti@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo resumimos la experiencia realizada por un grupo interdisciplinario de docentes en la planificación y dictado por primera vez de la asignatura *Tópicos de Matemática*, correspondiente al primer semestre de la carrera Ingeniería en Agrobiotecnología de la UNSAM. Destacamos como muy positivo de esta experiencia la posibilidad de planificar los contenidos de la materia en función de la carrera en su totalidad, procurando conectar los temas propios de matemática con los contenidos de materias que se dictan en paralelo y en semestres posteriores. En nuestra experiencia fue determinante, para lograr este objetivo, contar con un plantel docente interdisciplinario.

Palabras clave: enseñanza de las matemáticas, agrobiotecnología, interdisciplina, sistemas complejos, evaluación continua.

¹ Los tres autores hemos contribuido con igual dedicación a la realización de la experiencia que aquí se relata.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo describimos algunas *nociones*, algunos *conceptos* y algunas *prácticas* articuladas en el dictado de la materia *Tópicos de Matemática*, realizado por primera vez durante el primer cuatrimestre de 2012 en la flamante carrera de *Ingeniería en Agrobiotecnología* de la Universidad Nacional de San Martín.

Entendemos a la enseñanza de las matemáticas como la enseñanza de una disciplina cuya autonomía es el producto de un proceso histórico-cultural pero que sin embargo mantiene imbricadas relaciones ontológicas y epistemológicas con otras disciplinas. Es así que centramos la propuesta desde esta perspectiva, que hace eje en el enfoque de sistemas y procesos complejos, en los que se construyen, constituyen, estructuran y re-estructuran, en el tiempo, dominios del conocimiento/saber por vía de todas las inter-relaciones posibles sin pérdida de cualidades que le son propias a las disciplinas inter-actantes (García, 2000, 2007; Morín, 2008). Desde esta concepción, el conocimiento disciplinar no se encuentra aislado, ni mucho menos estructurado por disciplinas fragmentadas vistas exclusivamente por los especialistas de tales disciplinas. Esta perspectiva no deteriora la condición de especialista, sino que la extiende hacia las formas interdisciplinarias, favoreciendo y fortaleciendo su impacto en el proceso, también complejo, de enseñanza-aprendizaje.

FUNDAMENTACIÓN DEL DESARROLLO DEL CURSO

Ingeniería en Agrobiotecnología

La *Ingeniería en Agrobiotecnología* es una carrera, cuya primera cohorte de once alumnos comenzó este año 2012 (CIN, 2012), depende de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM, 2012) y se dicta en el Instituto de Investigaciones Biotecnológicas e Instituto Tecnológico de Chascomús (IIB-INTECH, 2012).

Consta de diez cuatrimestres, con un régimen de materias cuatrimestrales (16 semanas por cuatrimestre), de modalidad presencial. Los aspirantes a ingresar a la carrera deberán tener aprobado el primer año de una carrera afín en cualquier institución universitaria del país.

La carrera tiene distribuida sus asignaturas en tres trayectos y cinco bloques curriculares, de forma que la materia *Tópicos de Matemática* se encuentra encuadrada dentro del trayecto de Conocimientos Básicos en el bloque de Ciencias Básicas.

Tópicos de Matemática

Los contenidos mínimos de la asignatura, para 160 horas cuatrimestrales, son los expresados en general en todo índice de un texto de Análisis Matemático o Cálculo I, sin

mayores variantes, incluyendo la temática de ecuaciones diferenciales ordinarias, métodos elementales de integración, ecuaciones con variables separadas, sistemas de ecuaciones lineales de primer orden. Además de series funcionales y de potencias, convergencia puntual y uniforme, radio de convergencia, y series de Taylor (UNSAM, 2012).

Conformación del cuerpo docente

La interdisciplina supone la integración de diferentes enfoques disciplinarios, la formación de equipos cuyos miembros sean especialistas en cada una de las disciplinas constitutivas; concibiéndose cualquier problemática como un sistema cuyos elementos están *interdefinidos* y cuyo estudio requiere de la coordinación de enfoques disciplinares a ser integrados bajo un enfoque común, por lo que la interdisciplina implica el estudio de problemáticas pensadas como sistemas complejos (García, 2007). La interdisciplina como campo general, puede referirse tanto a prácticas científicas (problemáticas de investigación con su objeto *interdefinido*) como a prácticas didáctico-pedagógicas (problemáticas de enseñanza-aprendizaje con sujetos *interactuantes*). Así propusimos a los responsables de la carrera la posibilidad de integrar un grupo docente formado por un licenciado en Matemática, un doctor en Biología Molecular y un doctor en Física.

La cuestión de la interdisciplinariedad no es sólo didáctico-pedagógica, sino también epistemológica, en donde el camino implicado no pone a las situaciones-problema al servicio de un aprendizaje disciplinar, sino que atiende al aprendizaje de la resolución de problemas apelando a la diversidad de especialidades (Fourez, 2005). Así entendido, el enfoque interdisciplinar difiere de las prácticas mecanicistas y neopositivistas, interesadas en la constatación de “hechos” -supuestamente dados- y limitadas a recopilar resultados provenientes de relaciones aislables (García, 2007). Por ello sostenemos que la interdisciplina permite un trabajo superador respecto de los generados sobre la base de marcos reduccionistas, poniendo en consideración crítica estratificaciones y linealidades que pueden conducir a conclusiones muy parciales o falsas.

Conformación del cuerpo de contenidos

El recorte o arbitrariedad introducido para seleccionar unos contenidos sobre otros se da por un criterio de selección/importancia y/o pertinencia, bajo una discusión que excede al docente particular y su práctica áulica. La currícula será funcional a un proyecto más general, cuyo establecimiento -de forma explícita o implícita- involucra debates dentro y fuera de la comunidad universitaria en el contexto de algunas preguntas tales como qué educación se quiere para qué estilo de universidad dentro de qué marco social (Varsavsky, 1972; Fourez, 2005). Esto configura un sistema (complejo) de relaciones que a la vez que habilitan la práctica docente la condicionan. Este tipo de recortes impone diferencias de

estilos (didácticos, epistemológicos, filosóficos, etc.), de acuerdo a cómo se dé cuenta de tales circunstancias en la práctica docente cotidiana: al mismo tiempo que nos preguntamos qué contenidos tener en cuenta, nos preguntamos cómo trabajar esos contenidos en el aula.

El programa de la materia, y en general todos los de este tipo, contienen implícita la “paradoja de la relevancia” (Niss, 1995), donde en este caso la relevancia es la enseñanza de las matemáticas en sí y no por qué y para qué. En estas circunstancias los docentes nos enfrentamos a “*dar*” todos los contenidos o realizar nuestro propio recorte en función del contexto y la complejidad de este programa dentro de una carrera de agrobiotecnología.

Cuando las matemáticas adquieren “sentido”, las personas “atenúan” su rechazo hacia ellas. Peralta Coronado (2001) señala, entre las razones por las que no atraen las matemáticas que se enseñan, su desconexión con la *realidad*. La enseñanza de las matemáticas en la universidad sigue, en general, una trayectoria independiente y autónoma al resto de la currícula, configurando compartimentos estancos debido a la enseñanza de métodos y procedimientos en condiciones restrictivas y endógenas.

Sobre la dificultad que plantea esta desconexión nos propusimos establecer algunas ideas centrales que guiaran la selección y jerarquización de los contenidos. Nos basamos, por un lado, en los programas correspondientes a las demás asignaturas de la carrera, identificando posibles necesidades del uso de conceptos y *herramientas* matemáticas en las mismas, y, por otro lado, en la dinámica concepto-procedimental del propio grupo de alumnos. Esto nos llevó a una organización temática en dos grandes núcleos conceptuales: (a) derivación-integración-diferenciación; y (b) planteo de modelos matemáticos aplicados a las ciencias de la vida mediante ecuaciones en diferencia y ecuaciones diferenciales.

Partimos de la pregunta *por qué y para qué se enseña/estudia análisis matemático* (López-Gay, 2005) en una carrera de estas características. Esto implica varias dimensiones, pero sobre todo la conexión de las matemáticas con aspectos de modelado de situaciones específicas en las que se pretende estudiar la interdependencia de variables en situaciones que se apartan del comportamiento lineal o proporcional. Para “construir” un *modelo* de una situación concreta, se necesita tanto entender la situación como tener cierto dominio conceptual y procedimental. Por otro lado, al hablar de *modelo* en las ciencias fácticas debemos distinguir tres niveles bien diferenciados (Lombardi, 2000): (a) *el sistema real*: cuyas regularidades se pretenden describir mediante una teoría fáctica, (b) *el modelo fáctico*: sistema abstracto logrado, precisamente, mediante un proceso de modelización, y (c) *el modelo matemático*: estructura puramente sintáctica de la teoría fáctica en cuestión.

Bajo estas premisas, pudimos trabajar el concepto de *función* junto a contextos extramatemáticos en los cuales las funciones pueden ser “utilizadas”, tanto así como sus limitaciones y las implicancias de su uso (reducción, matematización, etc.). Al trabajar las funciones desde esta perspectiva se destacan dos aspectos positivos: 1. todas las operaciones

(refiriéndonos a operaciones intramatemáticas: paso al límite, derivación, etc.) sobre ellas pueden adquirir significados que trascienden el contexto matemático, y circunscribir el desarrollo de cada concepto tanto en términos de su aparición histórica como en los usos del mismo; 2. el sistema real aporta riqueza a los distintos registros semióticos necesarios para trabajar las operaciones cognitivas sobre los sistemas de representación (Duval, 1993).

Como cierre del primer bloque nos propusimos realizar una unificación conceptual de la materia utilizando los trabajos de Martínez Torregrosa *et al.* (2002), y López-Gay y Martínez Torregrosa (2005), que nos permitieron abordar el concepto de diferencial (en conexión con los tópicos de derivación e integración), y procedimientos que requieren el concepto de límite, desde una perspectiva histórica del desarrollo del cálculo (junto a sus dificultades instrumentales y conceptuales) y en relación a sus usos en otras disciplinas.

Mediante el relevamiento realizado sobre los programas de las materias de años superiores, vimos que muy pocos de los contenidos de los cursos “normales” de matemática se utilizan *a posteriori* en la parte de modelado-problematización de las disciplinas biológicas (Bürger, 2009; Edelstein-Keshet, 2005; Murray, 2002 y 2003). Esto nos condujo al planteo de la segunda parte del curso, incluyendo estos tópicos y ligándolos a los trabajados antes. Para ello seguimos, algunos de los temas abordados por Edelstein-Keshet (2005), tales como teoría de ecuaciones en diferencia lineales y no lineales aplicada la descripción de problemas biológicos, y ecuaciones diferenciales aplicadas al modelado de procesos biológicos continuos. Introdujimos aspectos no contemplados en el programa, pero utilizados explícitamente en materias que se dictan en paralelo o en semestres subsiguientes como química (uso de la diferencial en termodinámica, etc.); química biológica (modelado de cinética enzimática, ecuaciones diferenciales usadas en biotecnología, etc.); o ecología (dinámica de poblaciones interactuantes), con la pretensión de que la enseñanza de las matemáticas se encuentre en función de las necesidades inherentes de la carrera, más allá del estudio específico de la disciplina en sí (también abordado dentro de la cursada).

Este trabajo de planificación, en función de una integración horizontal y vertical, se construye a partir del trabajo de un grupo interdisciplinar, pero es algo que aún en facultades con una larga trayectoria no suele hacerse, a pesar de ser la falta de integración un problema diagnosticado. La conformación de un grupo interdisciplinar obliga a sus integrantes a contrastar y explicitar su forma de ver cada uno de los aspectos que implica la tarea de planificación y de acción desde un plano de igualdad o de pares, y en este proceso, a la vez que se supera este obstáculo, se genera una línea de coherencia a la materia.

También, la selección de contenidos la realizamos con el objetivo de desestructurar el paradigma del “entrenamiento” puro, basado únicamente en la resolución de ejercicios. Pensamos que esa metodología atenta contra la conceptualización y los procedimientos que trascienden el “hacer bien las cuentas”. Plantear y/o interpretar un modelo, a través de las

variables que lo describen mediante funciones y/o variaciones de funciones requiere -a la vez de habilidades propias del manejo matemático- un dominio de campos conceptuales que superan lo meramente mecánico de los enfoques tradicionales de resolución de problemas.

Metodología propuesta para el trabajo general en el aula entre estudiantes y docentes

El esquema general de una clase típica de la materia puede describirse como una secuencia en la que se suceden: un diagnóstico inicial (en general fue individual); el planteo de una o más situaciones-problema a resolver en grupos por los estudiantes; una puesta en común de las problemáticas planteadas; y una posterior complejización/generalización de los conceptos desarrollados de manera de promover la aplicación de los mismos en situaciones diferentes de la original. Frecuentemente se promovió, hacia el final de este proceso, una reflexión que podríamos llamar compatible con el desarrollo de la metacognición (Campanario, 2000) sobre los temas trabajados.

El propósito fundamental de la *actividad diagnóstica* es indagar sobre las concepciones del estudiante acerca de la temática de estudio (Guerrero *et al.*, 2006), permitiendo a los docentes conocer el estado de situación de los estudiantes frente a los despliegues puestos en juego en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en tanto que a los estudiantes les posibilita construir una internalización del contrato pedagógico y corroborar su estado cognitivo frente a las propuestas de los docentes para la construcción de significados matemáticos.

Vergnaud (1990) sostiene que un concepto no puede ser reducido a su definición, sino que es a través de las situaciones y de los problemas que se pretenden resolver como adquiere su “*sentido*”. Esto impone diseños de trabajo en los que se puedan correlacionar conceptos y procedimientos. A estos diseños los realizamos tomando como referencia la teoría de las *situaciones didácticas* (Brousseau, 1986), considerando los procesos por los cuales los conceptos matemáticos se forman y se desarrollan y se interrelacionan con otras actividades extramatemáticas (Artigue, 1990).

En el enfoque planteado por Brousseau intervienen tres *sujetos* fundamentales: estudiantes, docentes y medios didácticos (Chavarría, 2006). Y dentro de las *situaciones didácticas*, contemplamos las *situaciones a-didácticas*, proceso en el que los docentes planteamos a los estudiantes problemas concretos que podrán abordar a través de conocimientos previos, y que les permitirá generar hipótesis y conjeturas para su resolución. El estudiante se verá en una “micro-comunidad científica” (trabajo en grupo) resolviendo situaciones sin la intervención directa del docente, con el propósito posterior de institucionalizar el saber adquirido (Brousseau, 1986; Chavarría, 2006). Haciendo uso de la teoría de los campos conceptuales, se “constatan” y/o “registran” las circunstancias bajo las cuales frente a estas situaciones los estudiantes: (a) disponen de competencias necesarias para el tratamiento relativamente inmediato de la situación, (b) no disponen de todas las competencias

necesarias, lo que los obliga a un tiempo de reflexión, exploración, dudas, tentativas abortadas, y los conduce a la resolución -parcial o total- o la no resolución de lo planteado (Vergnaud, 1990). El proceso se completa cuando los docentes proporcionamos el medio didáctico en el cual los estudiantes construyen y/o validan sus conocimientos. En resumen, la interacción entre los sujetos de la *Situación Didáctica* acontece en el medio didáctico que los docentes elaboramos para que se lleve a cabo la construcción del conocimiento -*situación didáctica*- y pueda el estudiante afrontar aquellos problemas inscritos en esta dinámica sin la participación del docente -*situación a-didáctica*- (Chavarría, 2006).

La intervención de los docentes durante la puesta en común intentó promover que cada uno de los grupos expusiera lo discutido, contrastara sus resultados con los obtenidos por sus compañeros de otros grupos, y fuera capaz de argumentar en defensa de sus ideas a la vez que cambiarlas cuando aparecieran elementos que no hubieran sido tenidos en cuenta. En muchas oportunidades durante estos cierres de determinado tema, los docentes resaltamos la importancia de algunos conceptos en tanto estructurantes de la materia o bien como necesarios para entender en detalle algunos temas que pertenecen a materias de cuatrimestres posteriores. Estas reflexiones frecuentemente ahondaban en forma explícita en estos conceptos, girando la discusión en torno a los modelos atómicos o de gases reales, la cinética química o enzimática, por ejemplo. En nuestra experiencia fue la rica discusión mencionada más arriba, que nos llevó a cuestionarnos el para qué de cada uno de los contenidos, lo que permitió hacer explícitas estas prioridades con los estudiantes. Entendemos que estas reflexiones en las cuales quedaba claro, por ejemplo, cuándo un procedimiento era estrictamente técnico (como podría ser encontrar las soluciones de un sistema de ecuaciones diferenciales) y/o cuándo encerraba cuestiones epistemológicas profundas (como puede ser la selección de variables a incluir en un modelo matemático de una situación compleja) tendieron a favorecer en los estudiantes la actividad metacognitiva.

Los materiales: aspectos históricos, redacción, la bibliografía. Implementación del uso de los programas Mathematica y Excel

Dadas las características del curso planteado, se elaboró un material escrito de tipo autoconsistente, incluyendo todos los contenidos trabajados. Fue poniéndose a disposición de los estudiantes clase por clase, *a posteriori* del trabajo en el aula. En la redacción procuramos incluir aspectos históricos del desarrollo de los conceptos de función y diferencial, mostrando cómo a lo largo del tiempo la comunidad científica fue entendiendo estas ideas, y procurando aprovechar los matices entre las distintas concepciones para aclarar su significado. Por otro lado, siguiendo las propuestas de Edelstein-Keshet (2005), en virtud de los contenidos mínimos necesarios para otras materias de la carrera, se elaboró un material para abordar los temas de modelado mediante el uso de ecuaciones en

diferencia y ecuaciones diferenciales. Mediante diferentes situaciones, y guías/actividades apropiadas, se trabajó con los programas *Mathematica* y *Excel*. Al primero se lo utilizó debido a que constituye una poderosa herramienta para el aprendizaje y aplicación de las matemáticas. Se trabajaron gráficos de funciones, aproximaciones polinomiales, resolución de: integrales, ecuaciones, y sistemas de ecuaciones diferenciales. Excel constituye una poderosa herramienta para generar lista de datos a partir de definiciones recursivas, por lo que fue ampliamente utilizado en las actividades relacionadas con ecuaciones en diferencia y sistemas de ecuaciones en diferencia.

Proyectos llevados adelante por los estudiantes

En el último tramo de la materia, a la par que se iban desarrollando los contenidos necesarios para su concreción, planteamos a los estudiantes temáticas relativamente abiertas para ser trabajadas como proyectos en grupo. El objetivo de cada uno de estos trabajos era aplicar las nociones trabajadas en clase al modelado matemático de un sistema complejo (por ejemplo, uno de los temas trabajado fue “*La dinámica de una población de peces en la laguna de Chascomús, afectada por el vertido de desechos*”). Cada grupo trabajó con la tutela de un miembro del equipo docente; hizo una pequeña investigación sobre la problemática extramatemática y su importancia; explicitó el recorte a efectuar sobre el sistema, y propuso algún tipo de modelo matemático que representara la situación. Según las características del problema, cada grupo aplicó a su sistema procedimientos analíticos (identificación de puntos estacionarios y análisis de su estabilidad, por ejemplo) y/o trabajó con resoluciones numéricas mediante programas computacionales, o describió procedimientos de aproximación analítico-numérica para dar cuenta de las soluciones de ecuaciones diferenciales involucradas. Como cierre, expusieron sus trabajos -a modo de seminario- ante los docentes de la materia y ante la comunidad del IIB-INTECH.

EVALUACIÓN

La metodología de evaluación elegida, y explicitada a los estudiantes, para aprobar la cursada fue el seguimiento continuo, a partir de los diagnósticos y contra-diagnósticos, de la actividad desarrollada en clase, de la participación en grupo, de la entrega en tiempo y forma de los trabajos prácticos diagramados, del desempeño en la construcción de la actividad proyecto, y del desenvolvimiento en las exposiciones y discusiones llevadas a cabo tanto en las sucesivas clases como en la actividad de exposición-seminario.

Los estudiantes terminan acreditando la aprobación de la materia mediante un final oral, defendiendo una guía práctico-conceptual diagramada para cada uno de ellos y que cubre los principales tópicos abordados, además de otras preguntas relacionadas con la materia.

La nota final surge a partir de un promedio general y contempla la defensa oral del examen y el desarrollo acreditado en el aula, considerándose el “manejo” conceptual, las “habilidades” técnicas, y la actitud de trabajo (grupal e individual).

A MODO DE CONCLUSIÓN

Caben algunas reflexiones, a modo de balance, sobre la implementación de este curso.

En cuanto a las debilidades, en principio, los estudiantes se “sintieron” desorientados, debido a la metodología como un todo y a las dificultades de comunicar este tipo de innovaciones (aprehendidas en la *praxis*) que rompen las tradiciones establecidas en el ámbito educativo. Esto, empero, no dificultó los avances, particularmente por la predisposición de los estudiantes, por la incorporación de redefiniciones adecuadas a las necesidades demandadas y por el afianzamiento logrado a través de las clases.

A su vez, el curso se fue “construyendo” a lo largo de la cursada, debido al tiempo administrativo que llevó la cobertura de los cargos docentes y a la urgencia del dictado. Si bien, como grupo compartíamos inquietudes previas respecto de introducir cambios y/o modificaciones en la enseñanza, no habíamos trabajado en la diagramación completa de una materia de estas características. Este trabajo “sobre la marcha”, no resulta óptimo y atenta contra lo buscado. De hecho el recorte realizado/elegido en lo referente a “modelos matemáticos” dista de contemplar los múltiples aspectos que se pueden encontrar en las materias de la carrera, y se trata de un tema a seguir trabajando, incluso profundizándolo mediante el diálogo con quienes están a cargo de esas asignaturas. El trabajo con los programas *Mathematica* y Excel no fue potenciado todo lo que planificamos, y faltaron actividades que dieran mayor trascendencia a sus potencialidades y usos.

Como puntos positivos destacables encontramos, que los estudiantes hayan podido apropiarse de un modo de *pensar y hacer* matemáticas, trabajando problemas abiertos en la conformación de “comunidad” que puede investigar, plantear hipótesis, crear y usar conceptos, disponer de un manejo adecuado de las herramientas, formular metodologías de abordaje y aplicar este conjunto de “acciones” a una totalidad compleja trascendente a la matemática para buscar respuestas mediante modelos matemáticos y contrastar los resultados obtenidos frente datos empíricos (en caso de disponerse). Esta apropiación la consideramos muy relevante en particular para quienes no se dedicarán disciplinariamente a las matemáticas pero que en algunas oportunidades, potencialmente, su trabajo les demandará entender aspectos matemáticos del objeto de trabajo. Fue muy enriquecedora la experiencia de las presentaciones grupales frente a la comunidad de la institución.

Otro aspecto positivo es la posibilidad de “debatir” acerca de la *creación* y los “usos” de las matemáticas, tanto como planificar el dictado de la materia desde esta perspectiva

(sistémica y compleja), traduciendo y/o replicando en parte estos debates en el aula. Esto, entendemos, no puede llevarse a cabo sin la existencia de miradas múltiples, tal como sostenemos en la introducción de este trabajo: el conocimiento disciplinar no se encuentra aislado, ni mucho menos estructurado por disciplinas fragmentadas vistas exclusivamente por los especialistas de tales disciplinas. Esta perspectiva no deteriora la condición de especialista, sino que la extiende hacia las formas interdisciplinares, favoreciendo y fortaleciendo su impacto en el proceso, también complejo, de enseñanza-aprendizaje.

Por último, esta propuesta ha sido posible en virtud de la libertad con que contamos para hacerlo, debido a las posibilidades que nos brindaron desde la comunidad del IIB-INTECH, en particular queremos agradecer al coordinador de la carrera profesor Dr. Guillermo Santa María por su predisposición y confianza en este emprendimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Artigue, M. (1990). Epistémologie et didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (2, 3): 241-286.

Bürguer, R. (2009). Introducción al Modelamiento en Biomatemática. Curso 525380, www.ing-mat.udec.cl/~rburger/papers/biomatematicamanu2012.pdf (18/07/2012).

Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des Mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 7 (2): 33-115.

Campanario, J. M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (3): 369-380.

Chavarría, J. (2006). Teoría de las Situaciones Didácticas. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, Año 1 (2).

CIN (2012). http://www.cin.edu.ar/boletin43/boletin43_4.html (18/07/2012).

Duval, R. (1993). Registres de représentations sémiotiques et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 5, 37-65.

Edelstein-Keshet, L. (2005). *Mathematical Models in Biology*. Philadelphia: SIAM.

Fourez, G. (2005). *Alfabetización científica y tecnológica*. Buenos Aires: Eds. COLIHUE.

García, R. (2000). *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos*. Barcelona: GEDISA.

García, R. (2007). *Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: GEDISA.

Guerrero, Sánchez, N., y Lurduy, O (2006). La práctica docente a partir del modelo DECA y la teoría de las Situaciones Didácticas. *Matemática como lenguaje para interpretar nuestro entorno*, V Festival Internacional de Matemática, 29 al 31 de marzo.

IIB-INTECH (2012). <http://www.iib.unsam.edu.ar/web/docencia.php?doc=14> (18/07/2012).

Lombardi, O. (2000). La noción de modelo en Ciencias. *Educ. en Ciencias*, II (4-5): 1-13.

López-Gay, R. y Martínez Torregrosa, J. (2005). ¿Qué hacen y qué entienden los estudiantes y profesores de Física cuando usan expresiones diferenciales? *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (3): 321-334.

Martínez Torregrosa, J., López-Gay, R. y Gras Martí, A. (2002). La diferencial no es un incremento infinitesimal. Evolución del concepto de *Diferencial* y su clarificación en la enseñanza de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2): 271-283.

Morín, E. (2008). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona: GEDISA.

Murray, J.D. (2002). *Mathematical Biology. I: An Introduction*. N.Y.: Springer-Verlag.

Murray, J.D. (2003). *Mathematical Biology. II: Spatial Models and Biomedical Applications*. New York: Springer-Verlag.

Niss, M. (1995). Las Matemáticas en la Sociedad. *Uno: Revista de Didáctica de las Matemáticas*, II (6): 45-57.

Peralta Coronado, J (2001). Acerca de una defectuosa educación matemática. *Tendencias pedagógicas*, 6: 163-174.

UNSAM (2012). http://www.unsam.edu.ar/oferta/carreras/ficha_carrera.asp?id=254 (18/07/2012).

Varsavsky, O. (1972). *Hacia una política científica nacional*. Buenos Aires: Eds. Periferia.

Vergnaud, G. (1990). Teoría de los Campos Conceptuales. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (2): 133-170.