

## Problemas y alternativas de aprendizaje de una actividad compleja en la formación del biólogo

*Learning problems and alternatives in the complex activity of biologist's training*

Jaime Matus-Parada

Tels. (+52) 55 5483 3704, (+52) 55 5483 7158  
correo electrónico (*e-mail*): montagno\_49@hotmail.com

Universidad Autónoma Metropolitana  
UAM Xochimilco, Departamento El Hombre y su Ambiente.  
Calzada del hueso núm. 1100, Colonia Villa Quietud, Delegación Coyoacán, México, D. F., C. P. 04960.  
MÉXICO.

Artículo recibido: 4 de junio de 2011; aceptado: 16 de mayo de 2012.

### RESUMEN

En dos cursos de la formación profesional del biólogo de 12 semanas, se exploraron las deficiencias del aprendizaje de una actividad compleja (diagnóstico ecológico) que presentaron alumnos de nivel universitario y, con los resultados de dicha exploración, se sustenta una propuesta de modelo didáctico. Se diseñaron criterios educativos para evidenciar el grado de aprendizaje a tres niveles: conceptual, procedimental y de ejecución. Los momentos de evaluación fueron tres: inicial, intermedio y final, utilizándose los mismos instrumentos y manteniéndose las mismas condiciones de aplicación. Los alumnos estudiados presentaron menor número de deficiencias de aprendizaje al final del curso tanto a nivel conceptual, procedimental y de ejecución, dichas deficiencias permitieron diferenciar momentos didácticos. El trabajo realiza un repaso de diferentes modelos didácticos encontrados en biología, además, se propuso otro modelo didáctico a partir de desarrollar configuraciones diferentes de sus momentos didácticos, así como de especificar los tipos y características de dichos momentos.

### ABSTRACT

During two courses of 12 weeks about the biologist's professional training, the learning deficiencies in the complex activity (ecological diagnosis) revealed by university level students were examined and, from the results of this examination, proposal of didactic model are uphold. Educational criteria were design to show the learning degree in three levels: conceptual, procedural, and of execution. There were three evaluation periods: start, intermediate, and final, the same instruments were used, and the same applying conditions were maintained throughout all three periods. The tested students exhibited a lower number of learning deficiencies at the end of the course at all three levels, said deficiencies allowed to differentiate didactic moments. This work reviews the different didactic models found in biology, furthermore, another didactic model was proposed in order to develop different of configuration of their didactic moments, as well as specify the kinds and characteristics of mentioned didactic moments.

**Palabras clave:** dificultades de aprendizaje, modelos didácticos, aprendizaje de actividades complejas, momentos didácticos, formación de profesionales.

**Key words:** learning difficulties, didactic models, learning of complex activities, didactic moments, professional training.

En la formación del biólogo, como en otras carreras profesionales, se ha acrecentado la necesidad de formar en la ejecución de actividades complejas que lo habiliten para enfrentar adecuadamente las demandas de su campo profesional emanadas de la actual crisis ambiental. Dicha crisis está modificando sustancialmente uno de los ámbitos laborales del biólogo, en el cual se hace imprescindible preparar a este profesional con la capacidad para realizar, con altos niveles de desempeño, actividades complejas.

La discusión sobre el significado de las actividades complejas ha sido presentada por diversos autores (Lippman, 1998; Solé y Goodwin, 2000; Carrizosa, 2001; Munné, 2005; Eschenhagen, 2007; Noguera, 2007). En general son actividades diseñadas para el logro de metas específicas y están conformadas por un sistema de numerosos componentes de distinto género, de tal forma que se detecta una heterogeneidad entre ellos. Sus principales componentes son las acciones las cuales están ligadas a objetivos concretos y constituidas por una serie de operaciones entre las cuales existen estrechas, heterogéneas y dinámicas interrelaciones que posibilitan que la actividad se pueda manifestar en diversos tipos. En el campo profesional del biólogo algunas de estas actividades son el análisis, el diagnóstico, la evaluación, el manejo, la planeación y la gestión de los recursos naturales. Su realización correcta es una cuestión vital en el cuidado del ambiente, pues a través de ellas se decide qué, cuándo y cómo intervenir para buscar su mejora.

Formar a los alumnos en las actividades complejas implica todo un reto para los tipos de modelos docentes existentes en las instituciones educativas y que, retomando una clasificación realizada por Gascón (2001), se pueden diferenciar en cinco tipos: a) el teorista que pone el acento en conocimientos acabados y cristalizados y en la que sólo se toma en consideración el fruto final de la actividad; b) el tecnista que enfatiza en el aprendizaje de la actividad como una técnica algorítmica; c) el modernista que promueve un aprendizaje funcional de la actividad en forma exploratoria, libre, creativa y aplicada a la solución de problemas no triviales; d) el procedimentalista que busca crear condiciones para que el alumno pueda construir una estrategia de resolución de problemas mediante el uso de sistemas estructurados de rutas heurísticas y e) el constructivista que interpreta a la actividad como un proceso a construirse por el alumno a través del desarrollo de una

estructura conceptual que se conforma en el marco de un contexto específico.

Los modelos docentes descritos no existen en estado puro y las prácticas docentes efectivamente existentes en las instituciones didácticas participan en mayor o menor medida de los modelos 'tipo' descritos, por lo que siempre tienen un carácter mixto y complejo. Así por ejemplo, el modelo teorista y tecnista se suelen mezclar en una fórmula clásica de teoría-práctica común en la formación del biólogo (Rodríguez, 1987). También es relativamente frecuente encontrar mezclas de modelos improvisados que combinan contingentemente distintas perspectivas (Tsai y Huang, 2002), o bien, aquellos modelos mezclados pero en los que predominan fundamentalmente uno de ellos, como sucede frecuente con el modelo teorista (Marchesi, Coll, y Palacios, 1999).

Lo importante a señalar para este trabajo es que todos los modelos aludidos presentan diferentes grados de limitaciones, si se establece como meta el aprendizaje de la actividad compleja a un nivel tal que el alumno pueda: 1) apropiarse de su lógica de realización; 2) comprender su conocimiento sustantivo de realización en forma completa, integral y coherente; 3) aplicarla a distintas situaciones en donde resulte necesaria, haciéndole los ajustes adecuados; 4) proponer reestructuraciones para corregirle deficiencias o superar limitaciones detectadas en su aplicación y 5) contar con los elementos necesarios para expandir su aprendizaje incorporándole los conocimientos (latentes y manifiestos) existentes sobre ella en grupos culturales o sociales. Sin embargo, este nivel de aprendizaje, definido por estos cinco factores de desempeño, es el que se exige para que el alumno, una vez convertido en profesional de la biología, puede aplicar las actividades complejas en forma competente de tal forma que pueda intervenir eficazmente en la toma de decisiones para resolver problemas ambientales (Jiliberto, 2001).

Afrontar los retos que implica alcanzar un alto nivel de aprendizaje de una actividad compleja en los alumnos constituye el campo de exploración de este trabajo, por ello analiza los resultados de aprendizaje en dos grupos de alumnos de nivel licenciatura tanto a nivel conceptual, procedimental y de ejecución. Con base en dichos resultados, apunta una propuesta orientada a contestar la pregunta central del trabajo: ¿cuál podría ser el tipo de modelo docente menos limitativo para lograr un alto nivel de aprendizaje de una actividad

compleja? La propuesta se plantea siguiendo las ideas de Chevallard (1999) en el sentido de que alcanzar un nivel de aprendizaje como el buscado, sólo se hace factible si los modelos docentes son capaces de establecer coreografías metodológicas que atiendan a los diferentes momentos didácticos de la actividad, de un forma tal que atienda integralmente a los factores de desempeño de la actividad.

Centrar la atención en la mediación docente no significa desconocer la importancia de distintos factores críticos que inciden en el aprendizaje, tales como el interés y participación del alumno, su historia académica o sus particularidades cognitivas, o bien, la naturaleza del contenido académico o la actitud y destreza docente. No se desconoce la variedad de causas, condiciones y determinantes que inciden en el aprendizaje y se acepta de antemano que la perspectiva aquí seguida, como cualquier otra perspectiva particular que aborde un proceso de tal complejidad como la que posee el aprendizaje, será forzosamente sesgada y sólo permitirá describir y explicar únicamente determinados aspectos que inciden en él, en detrimento de otros.

No obstante el reconocimiento de la parcialidad de esta investigación, se confía en que sus resultados pueden contribuir a indicar una ruta para el desarrollo de modelos docentes que jueguen un papel más relevante en la generación de aprendizajes destinados a elevar la competencia profesional, entendiendo a ésta en su sentido más amplio y no meramente instrumentalista. Particularmente el estudio busca incidir en descubrir los alcances y limitaciones de los modelos docentes, empíricos e intuitivos, utilizados en una licenciatura en biología para promover el aprendizaje de una actividad compleja específica: el diagnóstico ecológico e identificar principios básicos para orientar el diseño de modelos docentes capaces de superar sus limitaciones mediante la atención integral de los distintos momentos didácticos de la actividad.

Es importante señalar que los resultados del trabajo, por su naturaleza exploratoria, no alcanzan para desarrollar un modelo docente acabado, esto es un objetivo ambicioso al que no se aspira todavía debido, entre otras razones, al carácter todavía excesivamente descriptivo de las teorías didácticas pertinentes a este campo cognitivo. La investigación, preliminar y humilde, inicia el estudio de la ingeniería didáctica relativa a la configuración de modelos docentes amplios y completos

que superen la formación teórico-práctica de contenidos procedimentales (tales como las actividades complejas) y los conviertan en una verdadera herramienta profesional para participar en la transformación de nuestras realidades. Necesidad particularmente importante en el área de los recursos naturales debido a la crítica situación ambiental actual.

## MÉTODOLÓGICA

La investigación es evaluativa y tiene un carácter exploratorio (Weiss, 2001), está dirigida a estimar los niveles de aprendizajes conceptuales, procedimentales y de ejecución de alumnos universitarios en tres momentos (inicial, intermedio y final) de dos programas educativos de 12 semanas de duración, titulados "Módulo de Biodiversidad y Recursos Naturales (ByRN)" y "Módulo de Análisis de Sistemas Ecológicos (ASE)", los cuales se imparten en el cuarto y onceavo lugar respectivamente, de una secuencia de doce programas que conforman el plan curricular de la Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM Xochimilco). El estudio se desarrolló en dos grupos de alumnos; el grupo ByRN se constituyó por 19 integrantes (11 mujeres y 8 hombres); con edades de 20 a 24 años y con promedio de calificaciones en la licenciatura de 8.1. El grupo ASE se constituyó de 17 integrantes (11 mujeres y 6 hombres); con edades de 21 a 25 años y con un promedio de calificaciones en la universidad de 8.0.

Al inicio de la investigación un grupo de expertos generó un esquema básico del sistema de acciones básicas que debería incluir un diagnóstico ecológico (véase tabla 1) sustentándose en la teoría de la actividad (Tallizina, 1993). Posteriormente, el esquema se fue ajustando, profundizando y haciendo operativo con la revisión de las propuestas metodológicas de diagnóstico de mayor reconocimiento surgidas en otros campos de conocimientos tales como el área médica y la educativa. Con base en el esquema del sistema de acciones elaborado, se adaptaron índices de aprendizaje a tres niveles: conceptual, procedimental y de ejecución (véase tabla 2).

Los instrumentos e índices utilizados para evaluar el nivel conceptual se desarrollaron a partir de los avances teóricos y metodológicos propuestos para analizar los mapas conceptuales (Novack, 1998; Mintzes, Wandersee y Novack, 2000; Hay, 2007). En la primera semana de

**Tabla 1.** Esquema experto desarrollado para guiar el aprendizaje del diagnóstico ecológico (los enunciados numerados representan las operaciones).

---

**ACTIVIDAD: DIAGNÓSTICO ECOLÓGICO**

**META DE LA ACTIVIDAD: DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN O ESTADO DE UN SISTEMA ECOLÓGICO**

**ACCIÓN A: Delimitar y estructurar los conocimientos básicos**

**OBJETIVO: Construcción de un modelo de referencia**

1. Definir el nivel de aproximación al estudio del objeto o los objetos implicados en el diagnóstico
2. Recopilar y seleccionar definiciones sobre el estado o condición a diagnosticar
3. Relacionar el o los objetos con los valores de la condición o estado
4. Estimar el valor de la certidumbre de la relación o relaciones formuladas

**ACCIÓN B: Definir la información relevante a obtener**

**OBJETIVO: Selección de las dimensiones de análisis**

5. Detectar el conjunto de criterios factibles de utilizarse en el diagnóstico
6. Valorar los criterios en función de su operatividad y viabilidad al contexto de decisión del diagnóstico
7. Seleccionar y jerarquizar los criterios
8. Especificar potenciales indicadores a usarse en cada criterio
9. Definir los indicadores cuyas características sean más adecuadas a los fines del diagnóstico

**ACCIÓN C: Diseñar una estructura de juicio para aplicar en la información a obtener**

**OBJETIVO: Configuración del procesamiento para poder decidir acerca de la información que se obtendrá**

10. Establecer las condiciones necesarias que deben cumplir las reglas de decisión
11. Formular las relaciones específicas a usar en el diagnóstico
12. Seleccionar la estructura de reglas más adecuada a las necesidades del diagnóstico

**ACCIÓN D: Diseñar y operar un muestreo**

**OBJETIVO: Elaboración de una estrategia para la toma de datos**

13. Definir los datos a obtener en términos cuantitativos y cualitativos
14. Seleccionar y/o diseñar los mecanismos de medición
15. Establecer la secuencia de pasos estratégico para realizar las mediciones

**ACCIÓN E: Aplicar la estructura de juicio**

**OBJETIVO: Instrumentación del procesamiento para poder decidir**

16. Aplicar el sistema de reglas generado, a los datos reales
17. Integrar, entre ellos mismos, los resultados obtenidos
18. Estimar el grado de congruencia de los resultados obtenidos
19. Resolver casos de incongruencia de reglas : utilizar la jerarquía de criterios para sustentar el juicio

**ACCIÓN F: Establecer la distancia entre el modelo referencial y el sistema real**

**OBJETIVO: Construcción de una decisión sustentada adecuadamente**

20. Detectar diferencias entre el modelo de referencia del diagnóstico y los resultados obtenidos
  21. Presentar las diferencias encontradas entre el referente base y los resultados obtenidos
  22. Valorar la confiabilidad de los juicios finales emitidos
- 

los cursos se realizó una reunión con los alumnos para explicarles los propósitos del estudio y el método de los mapas conceptuales. Cada alumno (de ambos grupos) construyó 3 mapas conceptuales: al inicio del programa (primera semana); en la parte intermedia (sexta semana); y al final (doceava semana). En cada ocasión se les solicitó la elaboración de un mapa conceptual sobre la

forma en que ellos conceptualizaban el qué, cómo y para qué hacer un diagnóstico ecológico.

La exploración del aprendizaje a nivel conceptual se realizó mediante el índice de desarrollo de la estructura conceptual y el índice de significatividad. El primero se adaptó de un índice originalmente propuesto por Casas (2002) para estimar el desarrollo de las estructuras

**Tabla 2.** Niveles e índices utilizados para explorar el aprendizaje de la actividad compleja.

NIVEL CONCEPTUAL	NIVEL PROCEDIMENTAL	NIVEL DE EJECUCIÓN
Desarrollo de la estructura conceptual	Diferenciación de acciones y operaciones	Desarrollo de la ejecución
Significatividad	Activación pertinente de acciones y operaciones	Precisión en el logro

conceptuales de los alumnos a lo largo de un curso. El índice se estimó mediante la fórmula:

$$IDEC_n = \frac{\left[ \frac{nI + nM + nFE}{3} \right] - nI}{nI + 1}$$

En dicha fórmula,  $IDEC_n$  representa el índice desarrollo de la estructura conceptual para la característica  $n$  del mapa conceptual;  $n$  representa a cada característica cuantitativa de los mapas conceptuales por separado: nodos válidos; relaciones válidas, nodos múltiples; niveles jerárquicos y relaciones cruzadas válidas;  $I$ ,  $M$  y  $F$  representan a los mapas conceptuales inicial, medio y final respectivamente.

El índice de significatividad se estimó a partir de contar los nodos (conceptos) o expresiones conceptuales válidas que habían sido explicitados en los mapas inicial e intermedio y que se mantenían en el mapa conceptual final, estos conceptos que los alumnos seguían usando de su primer mapa al segundo y de éste al tercero se denominaron "persistentes" e indican la incorporación, que los alumnos hacían de ellos, a una estructura conceptual que iban generando a lo largo del curso y que, por lo mismo, brindan una indicación parcial de su aprendizaje significativo. Su estimación en forma de índice se realizó mediante la fórmula:

$$IS = \frac{CP}{CT}$$

En la fórmula,  $IS$  representa al índice de significatividad;  $CP$  representa al número total de conceptos persistentes, es decir, a los nodos o expresiones conceptuales válidas explicitadas en el mapa conceptual de entrada (inicial o intermedio) y que eran persistentes en el mapa final (intermedio o final);  $CT$  representa a los nodos o expresiones conceptuales totales presentes en el mapa conceptual de salida.

La base para definir y diseñar los criterios e instrumentos utilizados en la exploración del nivel procedimental, fueron el resultado de una adaptación de los mecanismos aplicados para evaluar el conocimiento estratégico (Escoriza, 2003 y 2006). Esta base fue enriquecida al integrar en ella propuestas metodológicas surgidas desde la teoría de la actividad y dirigidas a evaluar el grado de asimilación de la actividad en los alumnos (Galperin, 1969; Galperin, 1992; Tallízina, 2002). Esta exploración se realizó mediante la aplicación de una prueba compuesta al término del programa y se llevó a cabo en cuatro sesiones diferentes, de aproximadamente dos horas cada una, y durante dos días consecutivos. La prueba compuesta consistió en asignar al alumno la realización de las siguientes seis tareas: 1) se le planteó un escenario imaginario en donde tendría que aplicar un diagnóstico ecológico; 2) de una lista de acciones, se le pidió considerar las necesarias para realizar un diagnóstico, la finalidad de esto fue detectar si el alumno podía diferenciar a las acciones formales (componentes primarios de la actividad de acuerdo al esquema experto) correctamente; 3) se le presentó únicamente las acciones formales para que las secuenciara y conocer así si el alumno las ordenaba correctamente; 4) se le solicitó enlistar, lo más detalladamente posible, las operaciones cognitivas (componentes de las acciones de acuerdo al esquema experto) que debería ejecutar para cada acción considerada para hacer el diagnóstico; 5) se le pidió identificar las operaciones cognitivas que él creía necesarias para hacer el diagnóstico y 6) se le pidió señalar las operaciones cognitivas necesarias para ejecutar el diagnóstico, indicando el orden en el que las operaciones deberían ejecutarse.

El aprendizaje a nivel procedimental se exploró mediante los índices de diferenciación de acciones y operaciones y de activación pertinente de acciones y operaciones. El primero de ellos indica si el alumno puede diferenciar, entre un grupo de acciones u operaciones propuestas por él mismo, y otras que pertenecen a la estructura de la actividad y si puede ubicarlas correc-



tamente dentro de dicha estructura. El índice se calculó a nivel de acciones y a nivel de operaciones mediante las siguientes fórmulas:

$$DA = \frac{AD}{ATE} \quad \text{y} \quad DO = \frac{OD}{OTE}$$

En dicha fórmula  $DA$  y  $DO$  representan el índice de diferenciación de acciones y de operaciones respectivamente;  $AD$  y  $OD$  representan el número total de acciones y operaciones diferenciadas correctamente;  $ATE$  y  $OTE$  representan el número total de acciones y operaciones enumeradas por el alumno.

El índice de activación pertinente de las acciones y operaciones indica la capacidad del alumno para activar (evocar durante su planeación) las acciones y operaciones pertinentes durante la proyección de la actividad. Su estimación se realizó tanto a nivel de las acciones y operaciones mediante el diseño de los siguientes índices:

$$IAP = \frac{[AA + (AP \cdot 0.5) - AN]}{AT}$$

$$IOP = \frac{[OA + (OP \cdot 0.5) - ON]}{OT}$$

Los símbolos  $IAP$  y  $IOP$  representan a los índices de activación pertinente de las acciones y de las operaciones respectivamente;  $AA$  y  $OA$  representan las acciones y operaciones evaluadas como de pertinencia alta o total;  $AP$  y  $OP$  representan a las acciones y operaciones evaluadas como de pertinencia parcial;  $AN$  y  $ON$  representan a las acciones y operaciones evaluadas como de pertinencia nula;  $AT$  y  $OT$  representan al número total de acciones y operaciones que el alumno activo durante la planeación de la actividad.

La exploración del aprendizaje a nivel de ejecución se realizó mediante un trabajo de integración de distintas teorías y modelos metodológicos a partir de las cuales se formularon los instrumentos e indicadores. Las principales corrientes teórico-metodológicas usadas fueron el análisis cognitivo de tareas (Vicente, 1999; Rasmussen, 1999) y el análisis de tareas (Duncan, 1972; Kirwan y Amsworth, 1992). Esta exploración se enfocó en la forma en cómo el alumno aplicó un esquema experto de diagnóstico ecológico a un caso específico. Su estimación se hizo al inicio y cuando concluyó el curso modular, fue realizada en un día, en un lapso promedio de 3

horas, en un campo temático acorde con los conocimientos estudiados a lo largo del curso y sobre un objeto (ecosistema) de aplicación conocido por el alumno. Se le especificó el objetivo del diagnóstico y se le solicitó enfáticamente que lo ejecutara de la manera más completa posible.

En este nivel de exploración se utilizaron los índices de desarrollo de la ejecución y el de precisión en el logro. El primero se calculó mediante el número y secuenciación de acciones correctas que los alumnos empleaban al ejecutar el diagnóstico y, con base en ello, se realizó una tabulación para asignar valores al índice (véase tabla 3).

Para estimar el índice de precisión en el logro, se le solicitó a los alumnos que diagnosticaran la salud de 6 ecosistemas empleando una base de datos proporcionada y que ordenaran su resultados en forma jerárquica (de menor a mayor salud). Los resultados de la jerarquización de los alumnos se comparó con la jerarquización que realizaron los expertos en diagnóstico para apreciar la similitud del patrón de secuencia jerárquica experto-alumno. Se detectó así el número de cambios necesarios que se tendrían que realizar para que las respuestas de los alumnos fueran iguales a las de los expertos. Con la identificación del número de cambios necesarios se estableció una tabla de tabulación para asignar valores a este índice (véase tabla 4).

Todos los índices obtenidos de la exploración del aprendizaje a nivel conceptual y los índices de diferenciación de

**Tabla 3.** Categorías establecidas y asignación de valores para estimar el índice de desarrollo de la ejecución.

CATEGORÍA	CRITERIOS DE AGRUPACIÓN	VALOR ASIGNADO
MUY BAJO	de 2 a 3 acciones aplicadas con errores de secuencia	0.17
BAJO	de 2 a 3 acciones aplicadas correctamente secuenciadas	0.34
MEDIO BAJO	de 4 a 5 acciones aplicadas con errores de secuencia	0.51
MEDIO ALTO	de 4 a 5 acciones aplicadas correctamente secuenciadas	0.68
ALTO	6 acciones con errores de secuencia	0.85
MUY ALTO	6 acciones aplicadas correctamente secuenciadas	1.00

**Tabla 4.** Categorías establecidas y asignación de valores para estimar el índice de precisión en el logro.

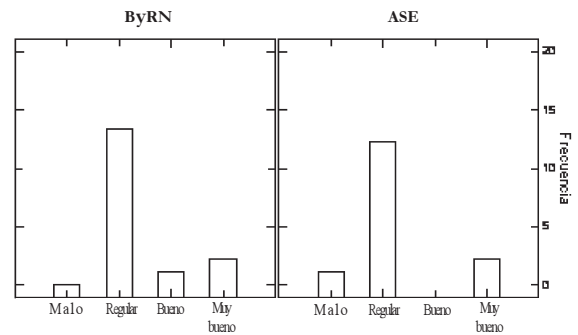
CATEGORÍA	CRITERIOS DE AGRUPACIÓN	VALOR ASIGNADO
BAJO	más de 6 cambios necesarios	0.17
MEDIO	de 3 a 5 cambios necesarios	0.51
ALTO	de 0 a 2 cambios necesarios	1.00

acciones y operaciones presentan un rango de variación de 0 a 1 y se agruparon en cuatro categorías: 1) *malo* con índices de 0 a 0.25; 2) *regular* con índices de 0.26 a 0.5; 3) *bueno* con índices de 0.51 a 0.75 y 4) *muy bueno* con índices de 0.76 a 1. Los índices de activación pertinente de las acciones y operaciones varían en un rango de -1 a 1 y se diferenciaron en 5 categorías: 1) *muy malo* con índices de -1 a -0.59; 2) *malo* con índices de -0.6 a -0.19; 3) *regular* con índices de -0.2 a 0.19; 4) *bueno* con índices de 0.2 a 0.59 y 5) *muy bueno* con índices de 0.6 a 1. Por su parte, para analizar el índice desempeño de la ejecución se formaron seis categorías (véase tabla 3) y para el análisis del índice de precisión en el logro se emplearon tres categorías (véase tabla 4). En todos los casos, se determinó la frecuencia de alumnos que obtuvieron los índices ubicados en cada una de las categorías descritas para, posteriormente, presentar los resultados en forma de gráficas y tablas.

**RESULTADOS**

Los valores del índice de desarrollo de la estructura conceptual al final del curso fueron variables. Para el grupo ByR el 68 % de los alumnos se ubicaron en la clase regular; 16 % en la clase muy bueno; 11 % en la clase bueno y sólo 5 % en la clase malo. En el grupo ASE, 70 % de los alumnos se ubicaron en la clase regular; 17 % en la clase muy bueno y 13 % en la clase malo (véase figura 1).

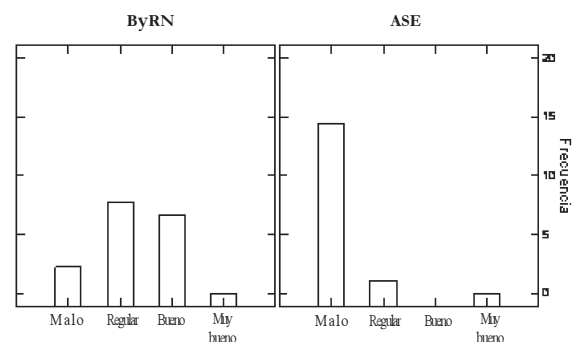
La distribución del índice de significatividad para el grupo ByRN fue la siguiente: 47 % de los alumnos se ubicaron en la clase regular; 32 % en la clase bueno; 16 % de los alumnos en la clase malo y solo 5 % en la



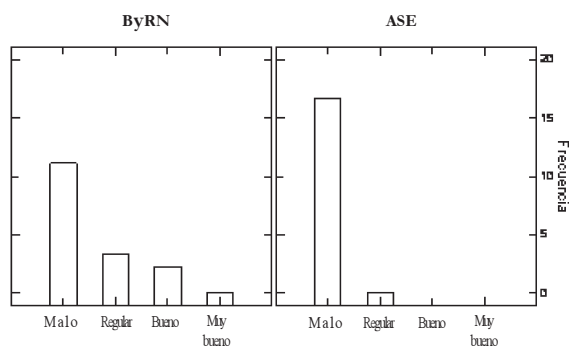
**Fig. 1.** Número de alumnos distribuidos en diferentes intervalos del índice de desarrollo de la estructura conceptual al final del curso para los grupos ByRN y ASE.

clase muy bueno. En el grupo de ASE, la distribución del índice de significatividad fue la siguiente: casi todos los alumnos de este grupo (88 %) se ubicaron en la categoría de malo; 7 % se ubicaron en la clase regular y 5 % en la clase muy bueno (véase figura 2).

En el índice de diferenciación de las acciones, en el grupo ByRN sólo el 5 % de los alumnos diferenció correctamente el mayor porcentaje de las acciones y se ubicaron en la categoría de muy bueno; 12 % de los alumnos en la clase bueno, 18 % en la clase malo y 70 % de ellos en la clase regular. En el grupo ASE el 94 % de los alumnos se ubicaron en la clase malo y un pequeño porcentaje (6 %) en la clase regular (véase figura 3).



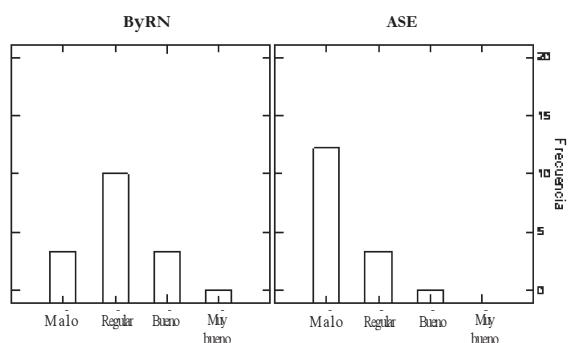
**Fig. 2.** Número de alumnos distribuidos en diferentes intervalos del índice de significatividad al final del curso para los grupos ByRN y ASE.



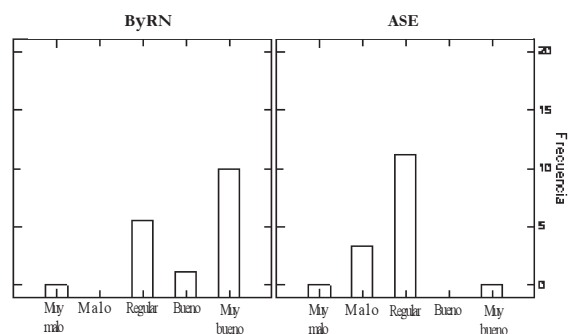
**Fig. 3.** Número de alumnos distribuidos en diferentes intervalos del índice de diferenciación de acciones al final del curso para los grupos ByRN y ASE.

En los valores del índice de diferenciación de las operaciones, se observó que en el grupo ByRN 53% de los alumnos se ubicó en la categoría de regular; 20% en la clase de malo y otro 20% en la clase de bueno y sólo 7% en la clase de muy bueno (véase figura 3). Para el grupo ASE, 76% de los alumnos se ubicaron en la categoría de malo; 18 % en la de regular y 7% en la de bueno, sin encontrarse ningún alumno en la clase de muy bueno (véase figura 4).

Los valores obtenidos por los alumnos en el índice de activación pertinente de las acciones del grupo ByRN, indican uno de los más altos niveles de aprendizaje registrados, ya que 58% de los alumnos se ubicaron en clase muy bueno; 26% en la clase regular; 11% en la clase bueno y sólo 5% en la clase muy malo. El nivel de aprendizaje alto ya no se presentó en el grupo ASE,



**Fig. 4.** Número de alumnos distribuidos en diferentes intervalos del índice de diferenciación de operaciones al final del curso para los grupos ByRN y ASE.

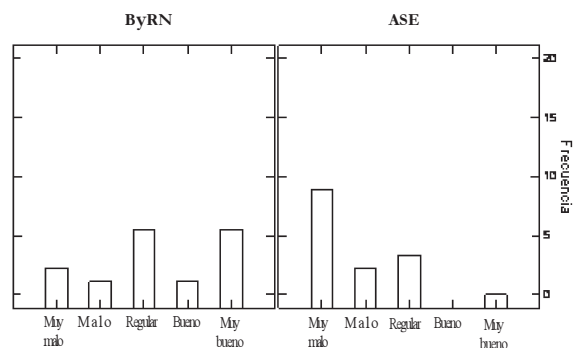


**Fig. 5.** Número de alumnos distribuidos en diferentes intervalos del índice de activación pertinente de acciones al final del curso para los grupos ByRN y ASE.

porque en este caso 65% de los alumnos se ubicaron en la clase regular; 23% en la clase malo; 5% en la clase muy malo y sólo 5% en la clase muy bueno (véase figura 5).

El nivel de aprendizaje relativamente alto ya no se presentó en el grupo ByRN en el índice de activación pertinente de las operaciones, en este caso 32% de los alumnos se ubicaron en la clase muy bueno; otro 32% en la clase regular; 14% en la clase muy malo; 11% en la clase bueno y otro 11% en la clase malo. El nivel de aprendizaje fue muy bajo para el grupo ASE, pues aquí el 53% de los alumnos se ubicaron en la clase muy malo; 24% en la clase regular; 18% en la clase malo y sólo un 5% en la clase muy bueno (véase figura 6).

En el índice de desarrollo de la ejecución, la mayoría de los alumnos estudiados se ubicaron en las categorías bajo (28%) y medio bajo (25%). Sólo 14% de ellos se



**Fig. 6.** Número de alumnos distribuidos en diferentes intervalos del índice de activación pertinente de operaciones al final del curso para los grupos ByRN y ASE.



ubicaron en las categorías alto y muy alto. En el grupo de ByRN, los alumnos presentaron en general un mejor desempeño, aunque la mayoría de ellos (47%) se encontraron en la categoría de medio bajo. En cambio, en el grupo de ASE, 13 alumnos se ubicaron en las categorías de muy bajo y bajo (véase tabla 5).

En cuanto al índice de precisión en el logro, el grueso de los alumnos se ubicaron en la categoría medio (47%) y bajo (44%). Esta distribución de porcentajes se repite con cierto apego en los dos grupos, aunque hay que hacer notar que en el grupo ByRN dos alumnos acertaron totalmente al resultado experto, pero no hubo ningún caso de estos en el grupo ASE (véase tabla 6).

**CONCLUSIONES**

El modelo docente teorista centran su atención en el momento didáctico de la actividad tecnológico-teórico; el tecnicismo lo centra en el momento de trabajo de la técnica; el modernismo en el momento exploratorio. Por su parte, existen modelos que combinan pares de momentos característicos como es el caso del procedimentalismo que considera el momento de trabajo de la técnica, incipiente en el tecnicismo, y lo relaciona con el momento exploratorio, o bien, como el modelo constructivista que conecta los momentos exploratorio y tecnológico-teórico (Gascón, 2001).

El momento didáctico tecnológico-teórico ignora los procesos que constituyen a la actividad y sólo atiende su aprendizaje concibiéndola como un cuerpo de conocimientos ya elaborado que forman una teoría, o parte de una teoría predeterminada y asumiendo que en dicha teoría ya están contenidos todos los conocimientos que el estudiante necesita. Con esta atención didáctica, el alumno aprende a conceptualizar la actividad (aunque de una manera poco dinámica) y por ello, los aspectos

**Tabla 5.** Frecuencia de los alumnos ubicados en cada una de las categorías del índice de desarrollo de la ejecución en los grupos ByRN y ASE.

GRUPOS ESTUDIADOS	MUY BAJO	BAJO	MEDIO BAJO	MEDIO ALTO	ALTO	MUY ALTO
ByRN	0	3	9	2	3	2
ASE	6	7	0	4	0	0
TOTAL	6	10	9	6	3	2

**Tabla 6.** Frecuencia de los alumnos ubicados en cada una de las categorías del índice de precisión en el logro en los grupos ByRN y ASE.

CATEGORÍA	ByRN	ASE
ALTO	2	0
MEDIO	10	8
BAJO	7	9

conceptuales estudiados aquí, brindan una idea del desarrollo de este momento didáctico.

Por su parte, el momento de trabajo de la técnica enfatiza en el proceso mismo de la actividad, pero mediante un método de algoritmización el cual se adquiere resolviendo problemas artificiales, concibiendo a estos últimos como simples instrumentos didácticos que posibilitan el conocimiento algorítmico de la actividad. Con los datos obtenidos, no es posible afirmar que los docentes a cargo de los grupos se alimentaran de esta atmosfera tecnicista, pero el aprendizaje del "método" para realizar la actividad a través de problemas artificiales sí se observó en las aulas estudiadas (pero no como un momento de atención exclusiva) y por eso se argumenta que los aprendizajes procedimentales explorados informan de alguna manera sobre este segundo momento didáctico.

Finalmente el momento didáctico exploratorio rescata la actividad de resolución de problemas en sí misma, siempre y cuando los problemas no sean artificiales sino auténticos, porque los problemas en este momento no cumplen el papel de ser instrumentos didácticos para aprender la actividad, más bien es la actividad la que cumple el papel de ser una valiosa herramienta para afrontar un problema en el que interesa verdaderamente su resolución. Así, en este momento no interesa solamente la realización de la actividad en forma abstracta, sino su aplicación con todas las implicaciones psicológicas que eso conlleva. La exploración de la ejecución de la actividad, entendida así como la aplicación de la actividad a una situación específica y relevante por sí misma, informa de la atención que se la brinda a este tercer momento didáctico.

Si se aceptan las relaciones establecidas, la investigación realizada puede entenderse como un tipo de exploración sobre la presencia y desarrollo de los

momentos didácticos aludidos. En este sentido, al inicio de la investigación, se esperaba encontrar que los modelos docentes empíricos empleados en la formación de los dos grupos estudiados, presentarían una mayor influencia teorista y tecnista, es decir, se esperaba encontrar datos que permitieran detectar una mayor mejora en los niveles de aprendizaje conceptuales y procedimentales que en los aspectos de ejecución de la actividad, pero esto no se observa en los resultados obtenidos. Más bien, los resultados dejan apreciar que los modelos empíricos parecen estar influidos en distinto grado por los distintos modelos "tipo", es decir, no se encontraron registros que indiquen atención exclusiva a un momento didáctico de la actividad o a una combinación aparejada, propia de los modelos docentes combinados. No obstante que no se ignoran momentos didácticos de la actividad (por lo menos los reconocidos teóricamente), los datos obtenidos indican que frecuentemente no se llegan a resultados deseables en los distintos momentos.

Con el fin de tener una visión sintética e integral de los resultados, se agruparon en tres grandes categorías de bajo, medio y alto (sumando, en los casos necesarios, los pares de clases muy bajo y bajo; medio alto y medio bajo y alto y muy alto). Este agrupamiento permite tener una visión global de la atención brindada a los distintos momentos de la actividad (véase tabla 7). Así por ejemplo, el índice de desarrollo de la estructura conceptual y el índice de significatividad, indicadores del momento tecnológico-teórico, dejan apreciar deficiencias de aprendizaje conceptual ya que ni siquiera un cuarto de los alumnos (23%) llegan a niveles altos de aprendizaje. En lo que respecta al momento didáctico de trabajo de la técnica se observa que casi la mitad de ellos (48%) presentan dificultades, tanto para ubicar

como para secuenciar las acciones y, en forma más crítica, las operaciones. Probablemente el momento didáctico exploratorio sea el que demanda un mayor número de habilidades cognitivas en los alumnos, pues atañe directamente a la capacidad de generalizar la actividad, de planearla y aplicarla seleccionando, infiriendo, evaluando e instrumentando las acciones y operaciones más pertinentes. Seguramente esta alta demanda cognitiva sea una de las razones principales que explican el porque tan pocos alumnos acceden a niveles altos de aprendizaje en este rubro (12%).

Bueno, pero llegado a este punto ¿qué hacer frente a estos resultados? Antes que nada habría que reconocer lo lejos que aún se está de disponer de una opción didáctica que ofrezca la posibilidad de una formación integral y completa de una actividad compleja, claro, si se toma como modelo de referencia, las exigencias del mundo real acerca de las condiciones necesarias y suficientes para que estas actividades sean aplicadas en forma competente. Se necesitarán más investigaciones para ir definiendo lo que debe de hacerse, sin embargo, los conocimientos actuales ya permiten ir apuntalando el camino a seguir.

Por años, se ha pensado que la calidad educativa dependía en mayor medida de esa conjunción que se produce entre las habilidades docentes para enseñar y las aptitudes y capacidades de los alumnos para aprender (Pozo, Scheuer, Pérez, Mateos, Martín, y De la Cruz, 2006). Poca atención se le brindaba a las acciones del alumno para generar su propio aprendizaje o a las situaciones de aprendizaje, entendiendo por éstas a la coreografía contextual que se monta para que el aprendizaje se produzca, al marco fundamental desde el que el alumno accede a los distintos conocimientos o a la realidad misma (Díaz Barriga, 2003). Pero ahora esa situación está adquiriendo su peso real y empieza a reconocerse la importancia de la coreografía didáctica, a tal grado que ya es justificado arriesgar la hipótesis de que el aprendizaje obtenido por el alumno es más consecuencia de la coreografía creada por el docente para que el alumno, por sus acciones mismas acceda al aprendizaje, que la pericia y dedicación docente para enseñar o el talento del aprendiz por aprender. Si esta afirmación se va confirmando, entonces un primer paso a dar en la conformación de un nuevo modelo didáctico, sería el canalizar en mayor medida el trabajo docente a brindar la posibilidad de que los alumnos transiten por

**Tabla 7.** Distribución porcentual de los alumnos estudiados en relación a los niveles de aprendizaje y a los momentos didácticos de la actividad.

MOMENTOS DIDÁCTICO DE LOS NIVELES DE APRENDIZAJE			
ACTIVIDAD	BAJO	MEDIO	ALTO
Tecnológico-teórico	28%	49%	23%
Trabajo de la técnica	48%	31%	21%
Exploratorio	44%	44%	12%

determinados momentos de aprendizaje durante su formación profesional.

Pero asegurar la presencia de los momentos didácticos necesarios y suficientes, no parece alcanzar para llegar a que los alumnos accedan a aprendizajes de nivel alto, otro paso a dar debe consistir en mejorar el desarrollo de los momentos didácticos actualmente reconocidos. Lo que se observa con la exploración efectuada en este trabajo es que la mayor parte de alumnos sólo evidencian mejoras modestas (véase tabla 7). El momento didáctico tecnológico-teórico debe ampliar su horizonte didáctico y no centrarse en la actividad como un producto acabado. Este momento debe cumplir el papel de permitir al alumno reflexionar sobre la razón de ser de la actividad, sobre el papel de ésta en un proceso mayor como el de aprender de la realidad o el de intervenirla para transformarla. También sería conveniente que el momento didáctico trabajo de la técnica incorporara la interpretación sustantiva de la actividad en su sentido más amplio, es decir, no limitado al aprendizaje algorítmico sino a la comprensión de la estructura interna de la actividad compleja. Por otro lado, la labor a realizar en el momento didáctico exploratorio es la de profundizar en los procesos psicológicos que implica la aplicación de la actividad, especie de ciencia y arte, y que implica comprender el objeto al que se dirige la actividad para que, partiendo de dicha comprensión, reconstruya la actividad con el objeto de generar las respuestas buscadas.

Los momentos didácticos no deben de actuar en forma aislada, su integración es crucial para el logro de un nivel alto de aprendizaje, por ello, el tercer paso a dar es el de reconfigurar los momentos existentes en el sentido de acentuar sus interacciones. El nuevo modelo docente debe contemplar la relación funcional de los momentos didácticos generando una configuración didáctica que ligue los aspectos sustantivos de la actividad (cómo se hace) con los condicionales (razón de ser de la actividad) y con sus rasgos funcionales (la aplicación para solucionar problemas).

El trabajo didáctico clásico, por lo menos en el campo de la formación del biólogo, se ha limitado a considerar sólo algunos momentos de aprendizaje, pero si se toma como referente la aplicación competente de la actividad en un contexto laboral, surge automáticamente la necesidad de valorar la inclusión y desarrollo de otros momentos didácticos aparte de los tres que

ya se han señalado. De esta forma, otro paso a dar en la conformación de un nuevo modelo docente es el de seguir alimentado los avances logrados. Por ejemplo, otro momento didáctico que, sólo con fines de identificación se denominará "preconstructivo", puede brindar al futuro profesional la posibilidad de consolidar su aprendizaje, que en este caso se manifestaría arraigando su aprendizaje de la actividad, programando momentos en donde se instrumenten los postulados de Ausubel (1980) y permitir que lo aprendido adquiera solidez.

Si se pone atención a los requerimientos concretos detectados en el campo profesional actual (Wilson, 2000), parece necesario también considerar momentos didácticos "reconstructivos" y "coconstructivos". El primero de ellos para reconocer la importancia de lo que se ha identificado como capacidades metacognitivas (Flavell, 1979) y para brindar un lugar curricular de reflexión, autoevaluación y control de la actuación que cumpla la función de lograr una concordancia entre la dirección de la actividad del alumno, orientada en el momento tecnológico-teórico, y su aplicación a una situación concreta, definida en el momento exploratorio.

Si se incluyera un momento didáctico coconstructivo tendría que cumplir el papel funcional de preparar al alumno para que éste pueda realizar y aplicar, reformular y expandir colaborativamente su aprendizaje de la actividad. La inclusión de este momento didáctico, se justifica por el rápido ritmo de los cambios que ocurren actualmente en los lugares de trabajo y que provoca que las funciones y tareas profesionales dejen de ser fijas y predecibles. Los profesionales se ven obligados a adaptarse a nuevas capacidades y procesos y a actualizar sus conocimientos de manera periódica (Laat y Simons, 2002). Este momento didáctico tendría que orientarse a brindarle al futuro profesional, los elementos que le permitan convertirse en un ente autoformativo, capaz de aprender en la interactividad con otros, aprovechando las oportunidades que le brinden grupos sociales y culturales.

Finalmente, otro paso imperativo a dar en la conformación de un nuevo modelo docente está relacionado con los problemas instrumentales que implican la inclusión de los momentos didácticos en la formación profesional. Hay que trabajar, por un lado, en el juego adaptación-transformación de las restricciones operativas de las instituciones educativas que definen gran parte de la didáctica posible. Por el otro, en repensar la labor

didáctica en forma más dinámica, abandonado la idea clásica de que un buen trabajo didáctico es el que se apega fielmente a lo planeado. Hay que reconocer el valor de la improvisación didáctica (siempre y cuando esté enmarcada en principios pedagógicos nucleares) que aprovecha las oportunidades surgidas en la práctica misma.

## REFERENCIAS

- Ausubel, D.P. (1980). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Carrizosa U., J. (2001). *¿Qué es ambientalismo? La visión ambiental compleja*. Bogotá, Colombia: PNUMA, IDEA, CEREC.
- Casas, L. M. (2002). El estudio de la estructura cognitiva de alumnos a través de redes asociativas PathFinder. aplicaciones y posibilidades en geometría. Tesis de doctorado, Badajoz, España: Universidad de Extremadura.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19(2), 221-266.
- Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5(2). Recuperado de <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html>
- Duncan, K. D. (1972). Strategies for the analysis task. En J. Harley (Ed). *Strategies for programmed instruction*. London: Butterworths.
- Escoriza, N. J. (2003). *Evaluación del conocimiento de las estrategias de comprensión lectora*. España: Ediciones de la Universidad de Barcelona.
- Escoriza, N. J. (2006) *Estrategias de comprensión del discurso escrito expositivo*. España: Universidad de Barcelona.
- Eschenhagen, P. (2007). Diversas consideraciones y aproximaciones a la noción de complejidad ambiental: propuestas éticas emergentes del pensamiento ambiental latinoamericano. *Gestión y Ambiente*, 10(4), 83-94.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Galperin, P.Y. (1969). Stages in the Development of Mental Acts. En Cole, M. y Galperin, P.Y. (1992). *The Problem of Activity in Soviet Psychology*. *Journal of Russian and East European Psychology*, 30(4), 37-59.
- Gascón, P. J. (2001). Incidencia del modelo epistémico-molológico de las matemáticas sobre las prácticas docentes. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 4(2), 129-160.
- Hay, D. B. (2007). Using concepts maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. *Studies in Higher Education*, 32(1), 39-57.
- Jiliberto, R. (2001). Modelos contingentes de conocimiento para la toma de decisión en medio ambiente. Desarrollos en economía ecológica/ecosistémica. *Revista Tendencias*, II(2), 1-44.
- Kirwan, B., y Amsworth, L. K. (1992). *A guide to task analysis*. London: Taylor & Francis.
- Laat, M. F., y Simons, P. R. J. (2002). El aprendizaje colectivo: perspectivas teóricas y modelos que apoyan la formación coordinada. *Revista Europea de Formación Profesional*, 27(III), 14-27.
- Lippman, M. (1998). *Pensamiento complejo y educación*. Barcelona, España: Editorial de la Torre.
- Marchesi, A., Coll, C., y Palacios, J. (1999). *Desarrollo psicológico y educación. Tomo III*. Madrid: Alianza.
- Mintzes, J., Wandersee, J., y Novack, J. (2000). *Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View*. San Diego: Academic Press.
- Munné, F. (2005) ¿Qué es la complejidad? Encuentros de Psicología Social. *Número monográfico sobre La complejidad en la psicología social y de las organizaciones*, 3(2), 6-17.
- Noguera, P. (2007). Complejidad ambiental: propuestas éticas emergentes del pensamiento ambiental latinoamericano. *Gestión y Ambiente*, 10(4), 5-30.
- Novack, J. (1998). *Learning, Creating and Using Knowledge: The Use of Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Pozo, J. I., N. Scheuer, M. Del P. Pérez, M. Mateos, E. Martín, y M. De la Cruz. (2006). *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje: las concepciones de profesores y alumnos*. Barcelona, España: GRAÓ.
- Rasmussen, J. (1999). *Foreword to Cognitive Work Analysis: toward safe, productive, and healthy computer-based work*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Rodríguez, J.M. (1987). *La Educación Superior de la Biología*. México: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Solé, R., y Goodwin, B. (2000). *Signs of life, how complexity prevades biology*. EU: Basic Books.
- Tallizina, N.F. (1993). *Los fundamentos de la enseñanza en la educación superior: conferencias*. México: Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco y Ángeles Editores.
- Tallizina, N. (2002). La teoría de la formación de las acciones mentales de P. Y. Galperin. Conferencia dictada en el Seminario Internacional de Psicología, Actualidad, aplicaciones y perspectivas de la teoría histórico-cultural; Puebla, México.
- Vicente, K.J. (1999). *Cognitive work analysis*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Weiss, C.H. (2001). *Investigación evaluativa: métodos para determinar la eficiencia de los programas en acción*. México: Trillas.
- Wilson, T. (2000). Curriculum and catastrophe: Change in professional education. Alise Conference. Consultado el día 19 de noviembre de 2005 en: [www.alise.org/conferences/conf00Wilson-curriculum.htm](http://www.alise.org/conferences/conf00Wilson-curriculum.htm)