

**Resumen**

*Este artículo, resultado de una extensa revisión bibliográfica sobre el paradigma de la complejidad, el paradigma clásico de las ciencias, y sobre la enseñanza y didáctica de ciencias, en especial sobre la formación de profesores y sus concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, realiza un contraste entre dichos paradigmas a la luz de los modelos pedagógicos tradicionales y, en cierta medida, también el constructivista y su influencia en la formación de concepciones sobre la naturaleza, origen y conocimiento de las ciencias de profesores y estudiantes. Enuncia la idea de cambiar la manera de enseñar las ciencias a partir de la formación de los futuros profesores bajo el paradigma de la complejidad, para evitar de esta manera la concepción reduccionista y determinista de la ciencia.*

*Por otra parte, se proponen aspectos relevantes para diseñar y desarrollar metodologías de enseñanza y aprendizaje de la ciencia en y para la complejidad; igualmente, abre un espacio para plantear la evaluación bajo este paradigma.*

**Palabras clave:** complejidad, enseñanza, aprendizaje, formación de profesores.

# Formación de profesores en el paradigma de la complejidad

Robinson Roa Acosta

Licenciado en Biología, Universidad Pedagógica Nacional. Magíster en Educación, con énfasis en Gestión y Evaluación Curricular, Universidad Externado de Colombia. Investigador Departamento de Biología, Universidad Pedagógica Nacional. [robinsonroa@hotmail.com](mailto:robinsonroa@hotmail.com)

**Abstract**

*As a result of a big bibliographic review about the complexity paradigm, the classic paradigm of sciences and the teaching and didactics of science specially in regards to teacher training and the concepts about the nature of science, this paper makes a contrast between these paradigms in the light of the traditional pedagogic models and, to a certain extent, of the constructivist one, and their influence on the formation of concepts about the nature, origin and knowledge of science in teachers and students. It enunciates the idea of changing the way of teaching sciences starting from the training of future teachers under the paradigm of complexity, thus avoiding the reductionist and deterministic conceptions.*

*On the other hand, relevant aspects are proposed in order to design and develop teaching and learning methodologies of science in and for complexity and at the same time a space is opened to approach evaluation under this paradigm.*

**Key words:** complexity, teaching, learning, teacher training.

## Introducción

“Las exigencias de la sociedad contemporánea obligan a repensar la formación del docente en el mundo de hoy”<sup>1</sup>. Pensar la formación de profesores de ciencias requiere orientar los esfuerzos hacia la satisfacción de las necesidades de conocimiento que la sociedad continuamente reclama para poder comprender el comportamiento que la ciencia, la tecnología, la economía, la cultura y la política continuamente están teniendo.

La formación del profesor de ciencias debe contemplar elementos pedagógicos, históricos, epistemológicos, sociales y filosóficos que le permitan interpretar y traducir los cambios que la humanidad hasta el momento ha generado. Para esto, es preciso desarrollar su capacidad, formar y fortalecer sus habilidades y destrezas para proponer estrategias, alternativas de innovación y que intervenga de forma crítica en la transformación y mejora de la enseñanza de la ciencia.

De tal manera, es necesario concebir metodologías que recojan el mayor número de elementos y relaciones pedagógicas, didácticas, disciplinares y de investigación, conducentes a formar un profesor íntegro e integral, con un alto nivel de aprendizaje y comprensión de qué y cómo enseñar en y para la formación de competencias; un profesional autónomo y reflexivo, crítico e investigador, que propenda por el desarrollo humano y social en el contexto de la globalidad y complejidad del mundo.

## Contexto de la complejidad

La sociedad de la información es una sociedad sin límites, que ha generado cambios en la dinámica de las sociedades en todo el mundo. Esto conduce a construir maneras alternativas de estructurar la educación, la enseñanza, el aprendizaje, la economía etc., con perspectivas de comportamiento globalizado (López, 1997).

Durante el siglo pasado, como consecuencia de los múltiples desarrollos del conocimiento, desde distintos campos disciplinares, se empezó a concebir una nueva forma de pensar el mundo al ir poniendo en consideración el paradigma de la ciencia clásica –caracterizado en lo fundamental por el predominio de la fragmentación, simplificación, reduccionismo y determinismo–, para dar luz al paradigma de la complejidad. De tal manera, el comportamiento de la sociedad cambia, así como también la forma de elaborar conocimiento en las investigaciones, aulas de clase, comunidad y organizaciones. Al mismo tiempo, cumplen papeles muy importantes en el nuevo orden que va tomando el mundo: el ritmo acelerado de producción de conocimiento, las ideas de formación en valores, competitividad, globalización, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad y metadisciplinariedad.

Los ejes de planeación curricular, planes de estudio, metodologías para la formación del profesor de ciencias, así como las estrategias pedagógicas y didácticas, deben estar en función del panorama complejo, que no permite la formación de un pensamiento delimitado por un solo campo disciplinar, ni mucho menos un enfoque miope en la enseñanza de la ciencia y sus posibilidades de aprendizaje en los contextos cultural, político, tecnológico, social y económico.

Por ello, en los últimos años se empieza a reconocer la necesidad de tener una visión compleja, tanto en el campo de investigación de las ciencias como en su enseñanza y aprendizaje. Algunas investigaciones en la didáctica de las ciencias lo confirman; por ejemplo, Cañal y Porlán (1988) resaltan la conveniencia de pensar la enseñanza-aprendizaje escolar como un fenómeno peculiar que se produce en unidades (aula, clase, grupo), que pueden conceptualizarse válidamente como sistema de carácter complejo y singular. De igual forma, aclaran que se precisa la elaboración de modelos y teorías que permitan interpretar adecuadamente las complejas

<sup>1</sup> Ministerio de Educación Nacional. Al tablero, No. 35, junio-julio 2005, p. 1.

interacciones que caracterizan el fenómeno de la enseñanza-aprendizaje, de naturaleza específicamente didáctica.

Porlán (1998) no es ajeno a esto, por lo que afirma que el constructivismo no resuelve todos los problemas de la enseñanza por transmisión de contenidos elaborados. La confluencia en la escuela de epistemologías y culturas diferentes –la científica, la cotidiana, la escolar, la profesional, etc.– plantean un conjunto de dilemas que desbordan los límites estrictos del constructivismo. En este sentido, la teoría sistémica, la teoría de la complejidad, la teoría evolucionista y la teoría crítica son, entre otras, aportaciones relevantes.

### Fundamentos que concurren en la complejidad

Existe complejidad cuando no se pueden separar los componentes diferentes que constituyen un todo (como lo económico, lo político, lo sociológico, lo psicológico, lo afectivo, lo mitológico) y cuando existe tejido interdependiente. En términos de Morin (2001): “Una inteligencia incapaz de encarar el contexto y el complejo global se vuelve ciega” (p. 14).

Desde mediados del siglo pasado la teoría de los sistemas formulada por Bertalanffy puso en entredicho progresivamente la validez del conocimiento reduccionista –característico del paradigma clásico de las ciencias– al establecer que la mayoría de los objetos de la física, de la astronomía, de la biología, de la sociología –átomos, moléculas, células, organismos, sociedades, astros, galaxias– se encuentran formados y conformados por sistemas (Morin, 2001); es propio de la ciencia clásica<sup>2</sup> querer separar los fenómenos que se van a estudiar, en todos los componentes necesarios, con el convencimiento de que el estudio de cada uno por separado es la única vía posible para comprender el todo, que no es más que

la suma de las partes. Además, también le es propio tener presente algunos conceptos operativos que la refuerzan: evidencia, fragmentación, causalidad lineal, exhaustividad, inmutabilidad, irrefragabilidad, universalidad y reversibilidad, entre otros, que han tenido un éxito formidable y los ha fortalecido como forma de abordar el conocimiento, y los ha hecho suficientemente sólidos y resistentes al cambio (Gómez, 2002).

Como resultado de lo anterior, el paradigma de la complejidad empieza a sembrar sus semillas que más adelante justifican su ser –existencia– y hacer –comportamiento–, dado el avance del conocimiento, el desarrollo de la tecnología y las comunicaciones, que expresan la globalización de los mercados, la educación, la política y la economía.

Con relación a esto, López (1997) precisa y resalta que el paradigma de la complejidad no rechaza de plano, como inservibles, los preceptos de la ciencia clásica, sino que destaca sus límites de validez, alerta ante el hecho de que su aplicación confiada se pueda convertir en auténticas trampas para el pensamiento, en verdaderos obstáculos para la comprensión de nuestra realidad natural y social. Aclara que frente al precepto de la evidencia, la complejidad asume la incertidumbre; frente al precepto de fragmentación, la complejidad acepta que el todo es más (o menos) que la suma de las partes aisladamente consideradas; frente a la causalidad lineal, postulada por el preconcepto de causalidad, el pensamiento complejo acepta la preeminencia de la causalidad circular; fuente de una complejidad que yugula el determinismo racional; frente al precepto de exhaustividad, la complejidad asume la esencial incompletud del conocimiento y el papel de nuestras representaciones como aproximación limitada y parcial a lo real.

Morin (1984) y Giordan, et al., 1988, por su parte, declaran que el estructuralismo, la teoría de la información y la cibernética, han realizado avances hacia una teoría de la organización, y esta comienza a permitirnos entrever, más allá, la teoría de la autoorga-

2 La ciencia clásica que aparece con la modernidad, desarrolla un paradigma de la simplicidad y la unicausalidad, que fue muy exitoso por pensadores como Copérnico, Galileo, Descartes y Newton.

nización, capaz de concebir la autonomía, algo imposible según la ciencia clásica.

La importancia actual del paradigma de la complejidad no aparece de manera súbita, sino que se fue insinuando lentamente a lo largo de varias décadas en el pensamiento occidental. La racionalidad y la científicidad comenzaron a ser redefinidas y complejizadas a partir de los trabajos de Bachelard, Popper, Kuhn, Holton, Lakatos, Feyerabend, quienes intentan, cada uno con posiciones diferentes pero con la misma intención, dar explicación a la manera como se ha venido dando estructura y orden a nuevas formas de pensar y a nuevos cuerpos de conocimiento.

Edgar Morin (1984) pone de manifiesto:

El conocimiento científico está en estado de renovación desde principio de siglo. Podemos preguntarnos, incluso, si las grandes transformaciones que han afectado a las ciencias físicas –de la microfísica a la astrofísica–, las ciencias biológicas –de la genética y la biología molecular a la etología–, la antropología –la pérdida del privilegio heliocéntrico por el que la racionalidad occidental se consideraba juez y medida de toda cultura y civilización–, no preparan una transformación en el modo mismo de pensar lo real. Podemos preguntarnos si, en suma, no se elabora desde todos los horizontes científicos, de forma todavía dispersa, confusa, incoherente, embrionaria, lo que Khun llama una revolución científica, que, cuando es ejemplar y fundamental, entraña un cambio de paradigma... y, por ello, un cambio en la propia visión del mundo (p. 44).

Desde este contexto epistemológico subyace la nueva racionalidad científica que “incorpora como propios conceptos de inestabilidad, apertura, información, fluctuación, desorden, evolución, creación, autoorganización, así como los de ambigüedad, paradoja y contradicción” (López, 1997, p. 109).

Coherentemente, cuando se piensa en complejidad, dos conceptos distintos, pero inseparables, vienen a colación y alumbran lo característico de la

misma: elementos y relaciones. En torno a esto, Luhmann (1998) sostiene:

Si tenemos un sistema con un número creciente de elementos, cada vez se hace más difícil interrelacionar cada elemento con todos los otros. El número de relaciones posibles deviene demasiado grande con respecto a la capacidad de los elementos para establecer relaciones. Podemos encontrar fórmulas matemáticas que calculen el número de relaciones posibles, pero toda operación del sistema que establece una relación tiene que elegir una entre muchas –la complejidad impone la selección... es difícil predecir qué relaciones seleccionarán... todas las relaciones lógicamente posibles tienen una oportunidad igual de realización. (p. 26).

En este orden de ideas, la formación, e incluso la actualización de los profesores de biología, debe acercarse paulatinamente a este escenario, transformando sus prácticas pedagógicas, la manera de concebir la ciencia y su enseñanza-aprendizaje, que per se denota, dado el número de variables y probabilidades que se pueden manifestar al enseñar y aprender conceptos científicos posibles de extrapolar a contextos escolares y cotidianos.

### Aproximación general a la enseñanza de las ciencias

Constantemente, en la educación en ciencias se reiteran problemas en el aprendizaje y enseñanza de conceptos científicos: desmotivación, desinterés, falta de contextualización del conocimiento y de actitudes positivas, son los aspectos que más se resaltan. Desde mediados del siglo XIX, en la medida que se consolidan los campos de conocimiento en psicología, pedagogía, sociología, biología, neurología, epistemología y antropología fundamentalmente, se interpretan y analizan numerosos aspectos influyentes en la educación: estos van desde los procesos de razonamiento de los alumnos y profesores, hasta la influencia del contexto e incluso la información genética en el aprendizaje.

Furió (1994) resalta que durante los últimos veinte años la investigación en didáctica de las ciencias se ha focalizado en el aprendizaje de los alumnos y en el estudio de sus concepciones en diversos ámbitos de la ciencia; afirma que se está pasando de investigar lo que piensa y hace el alumno en la clase hacia lo que piensa y hace el profesor, que podría influir en las concepciones de sus alumnos.

Los estudios señalan, según Martínez, et al., 2001, la inadecuación del conocimiento científico de los profesores, tanto en la formación inicial como en activo; Mellado (1996) manifiesta que los profesores de ciencias tienen concepciones sobre la ciencia y sobre la forma de aprenderla y enseñarla, fruto de sus años de escolaridad, que están profundamente arraigadas en el paradigma de las ciencias clásicas.

Buscando alternativas para mejorar la enseñanza de las ciencias, se ha intentado superar el modelo pedagógico transmisionista, desarrollado en la comunidad educativa por largo tiempo, por uno constructivista del aprendizaje, que acerque a la naturaleza de la ciencia mediante nuevas alternativas metodológicas. No obstante, a pesar de los variados esfuerzos, el transmisionismo sigue siendo el modelo más utilizado en la enseñanza, lo cual lleva a que tanto profesores como estudiantes tengan imágenes distorsionadas sobre la ciencia, su naturaleza y conocimiento, y la interpretación del paradigma clásico de las ciencias.

Las publicaciones sobre la didáctica de las ciencias ponen de relieve que la imagen reduccionista, determinismo y fragmentación del conocimiento es transmitida por profesores, textos escolares y medios de comunicación. De tal manera, se encuentra que tanto profesores como estudiantes, y público en general, tienen concepciones distorsionadas sobre el trabajo científico que pueden ser transmitidas explícita o implícitamente por diferentes medios. En términos de Gil (1993), es preciso transformar estas visiones reduccionistas y extremadamente simplistas del trabajo científico y aceptar su naturaleza de actividad abierta y compleja.

Porlán, et al., 1997, proponen, entre otras perspectivas de enseñanza –perspectiva constructivista y perspectiva sistémica y compleja–, la perspectiva crítica como una de las tendencias en la formación de profesores y alumnos; esta sustenta que las ideas y las conductas de las personas y los procesos de contrastes y comunicación de las mismas no son neutrales; de tal manera que la transición de lo simple a lo complejo no garantiza por sí sola la consecución de los fines formativos en profesores y alumnos. Una visión más compleja del medio natural, por ejemplo, no presupone necesariamente el respeto al equilibrio de los ecosistemas o un análisis sistémico y complejo de las formaciones sociales neocapitalistas.

Adoptar una perspectiva crítica implica reconocer la relación íntima que existe entre interés y conocimiento, de manera que las deformaciones y limitaciones que tenemos como consecuencia de nuestras concepciones sobre el mundo no son solo el resultado de una visión más o menos simplificadora de la realidad, sino que también son la consecuencia de nuestros particulares intereses como individuo, grupo de edad, sexo, raza, especie, grupo profesional y clase social. Dicha importancia radica también en que se sitúa en primer plano el problema *de los fines y valores, la toma de decisiones y la acción. No basta con construir y aumentar la complejidad del conocimiento: finalmente hay que decidir qué hacer, por qué hacerlo y para qué hacer* (Apple, 1979, citado por Porlán, et al., 1997).

### La metodología en la complejidad

Con relación a la metodología, cabe resaltar que esta no es una camisa de fuerza, ni una receta que se debe seguir al pie de la letra, dadas las múltiples maneras de enseñanza y aprendizaje, capacidades, habilidades y destrezas que cada persona tiene, además de las diferencias que una unidad de estudio puede tener; con relación a otras, lo cual ya indica una forma distinta de enseñar y aprender. Querer plasmar una metodología que conciba en orden

estricto, paso a paso, lo que se debe hacer y cómo hacerlo, sería ir en contra de la misma diversidad humana, los contextos sociales y el conocimiento; más bien se pueden plantear algunos lineamientos generales para el diseño y desarrollo de metodologías que favorezcan la generación de razonamientos complejos. Tan importante es el qué enseñar como el cómo enseñar, pero ante la intención que se persigue es necesario darle una mayor importancia al cómo enseñar.

En este sentido, la metodología debe contemplar aspectos que permitan el desarrollo del pensamiento, observación y análisis de la realidad desde el paradigma de la complejidad, al igual que las habilidades, destrezas y competencias comunicativas, argumentativas, interpretativas y propositivas, así como también el fortalecimiento de valores.

Algunos aspectos que se deben tener presentes en la metodología para la formación de profesores pueden ser:

- Orientar las actividades hacia la concientización de su quehacer profesional e impacto en la sociedad; hacer que él sea el centro de su aprendizaje y no el profesor.
- Desarrollar una visión y misión compartida con los estudiantes, de tal manera que se puedan compartir intereses en torno a diferentes tópicos, ya sean científicos o pedagógicos.
- Propender por el desarrollo de las actividades académicas, estableciendo el mayor número de relaciones con otros campos de conocimiento y evitar, de esta manera, la fragmentación del conocimiento.
- Seleccionar, organizar y estructurar los planes de estudio, de manera que sean susceptibles de modificar con la intención de mejorar la comprensión de conceptos y la dinámica de la clase; se requiere de actividades que tengan una lógica interna, que eviten aprendizajes desconexos de otros aprendizajes y de la realidad, lo cual exige que las actividades que se

van a desarrollar estén cuidadosamente estudiadas; es igualmente importante organizar las actividades y sus conceptos en una secuencia no lineal, sino mediante el uso de tramas que muestren los conceptos, destrezas, etc., y sus relaciones básicas (Cañal, 1999).

- Desarrollar prácticas de laboratorio y pedagógicas a través de resolución de problemas, que permitan al unísono con la teoría, la apropiación de elementos conceptuales contextualizados con sentido real de lo que significan. Al respecto, Martínez, et al., (2001) subrayan que la integración entre la formación teórica y la formación práctica es un planteamiento formativo esencial en la cualificación pedagógica.
- Elaborar actividades académicas en las que el estudiante se encuentre con problemas reales del trabajo disciplinar e interdisciplinar, y su implicación didáctica y pedagógica, en busca de alternativas que favorezcan la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, para evitar visiones distorsionadas sobre su naturaleza y desarrollo.
- Propender por identificar la historia, filosofía y epistemología de las ciencias en todas las actividades, según el tema que corresponda.
- Buscar la participación de los estudiantes en la formulación, desarrollo y manejo de investigaciones y conocimiento desde y entre diferentes campos de conocimiento.
- Consultar, entre y con profesores y estudiantes, las alternativas de abordar las actividades de una clase; de esta manera, se estaría haciendo partícipe al estudiante de una actividad que va a ser central en su quehacer como profesor.
- Es necesario hacer los planes de estudio teniendo en cuenta: la disponibilidad bibliográfica posible de ser consultada y comprendida por los estudiantes; el material de laboratorio; el grado de dificultad para abordar el tema; el interés que podría despertar; las rela-

ciones ciencia-tecnología-sociedad; el tiempo de duración; los criterios de evaluación y el seguimiento.

- Las actividades deben contemplar un seguimiento al proceso conceptual, metodológico y actitudinal, a través de la observación directa, evaluaciones orales y escritas, aplicación de pruebas, encuestas, etc.
- Recoger, sistematizar y analizar los cambios, ventajas y dificultades de la praxis pedagógica, para posteriormente hacer una retroalimentación entre todos los que intervienen en la formación del profesor; esto es muy valioso para la evaluación de la metodología didáctico-pedagógica y su mejoramiento.

Es importante señalar que dadas las características que encierra el trabajo bajo el paradigma de la complejidad, en el cual el pensamiento sistémico es el centro de todo quehacer, los sistemas, cualesquiera que estos sean, máxime si se encuentran haciendo parte de otros sistemas que se relacionan entre sí recíprocamente, constituyen variables difíciles de controlar, el mismo sistema educativo y sus procesos no es ajeno a esto, lo que lo hace tener como naturaleza la complejidad. Las variables son interdependientes y afectan los resultados en todo momento; por lo tanto, deben ser consideradas al hacer las descripciones de las actividades realizadas, la sistematización y procesamiento de información. Lesourne (1993) enfatiza que “ocuparse del sistema educativo es ocuparse de la complejidad”.

### Evaluación en la complejidad

Dada la complejidad de la complejidad, no es de extrañar que evaluarla no lo sea, máxime cuando ya era difícil evaluar sin apenas pensar en la complejidad.

Al respecto, Cárdenas (1998) manifiesta que “es posible decir que el dominio de los procesos de razonamiento complejo implica el desarrollo de competencias para resolver problemas, tomar decisiones, hacer uso crítico de las teorías, conceptos y princi-

pios científicos, así como también pensar en forma creativa acerca de ellos”.

En cuanto a la evaluación de los razonamientos complejos de los estudiantes, Baron (1987) propone técnicas tales como la discusión interactiva, el análisis de los escritos de los alumnos, la realización de diferentes actividades para observar el desempeño y las tradicionales pruebas de lápiz y papel. Cárdenas (1998) resalta que un sistema de evaluación basado en instrumentos que buscan prioritariamente establecer conocimiento declarativo es poco congruente con el razonamiento complejo que trata fundamentalmente con procesos divergentes de pensamiento; reconoce algunos aspectos actitudinales que podrían ser tenidos en cuenta: un carácter reflexivo, una mentalidad abierta, la curiosidad, la perseverancia, la precisión y una gran capacidad de aceptar los distintos puntos de vista presentados por otras personas.

### Consideraciones generales

Ante todo lo anteriormente planteado, querer predecir, controlar y planear la formación de profesores de ciencias para que comprendan las nuevas dinámicas que transforman los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia requiere tener como referente múltiples variables y relaciones de interdependencia, que conduzcan a la generación del pensamiento complejo.

La formación de profesores en el paradigma de la complejidad puede conducir a la formación de concepciones más cercanas a la manera como se ha desarrollado el conocimiento y trabajo científico, y a tomar posturas críticas y creativas ante la realidad.

Formar profesores de ciencias en el paradigma de la complejidad requiere de grandes esfuerzos organizacionales, en los que todos los que participan de ella compartan ideas, intereses y proyectos de vida. La planeación, ejecución y evaluación son aspectos relevantes para elaborar estrategias de mejoramiento continuo, para saber en dónde se encuentra la calidad de la educación que reciben los profesores y hacia dónde dirigirla.

No le resulta fácil a un profesor en ejercicio ver la realidad de la complejidad, cuando el paradigma en el cual ha sido formado corresponde al de las ciencias clásicas; mucho menos le debe ser fácil enseñarla. Es el momento de empezar a romper con las concepciones reduccionistas y deterministas de la ciencia y del mundo.

En el ejercicio de implementar estrategias enfocadas en y para la complejidad es prioritario tener en mente los objetivos que orientarán la formación del profesor de ciencias. Dentro de dichos objetivos se encuentran:

- Ofrecer una educación de calidad, de acuerdo con las exigencias, necesidades, eventualidades y desarrollo del conocimiento, tanto científico-tecnológico como pedagógico-didáctico, político y social, en un mundo en constante cambio.
- Favorecer el desarrollo íntegro e integral, y de habilidades y destrezas en la formación del profesor de ciencias, con la intención de conjugar elementos de desarrollo afectivo, físico, emocional e intelectual que le permitan identificar la profesión docente como medio para su realización como ser humano, ser social, ser biológico, ser profesor, ser cultural y ser persona.
- Propender por formar profesores de ciencias con la competencia para tomar decisiones y elaborar propuestas que vayan en favor de mejorar la calidad de vida de las personas.
- Crear espacios para la reflexión de temas científicos, pedagógicos y didácticos, y sus posibles puntos de convergencia, que redunden en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

- Promover ambientes académicos en los que todos los futuros profesores de ciencias y profesores en ejercicio compartan conocimiento y aprendan unos de otros. Y en los que la comprensión, negociación y concertación sean elementos conjugados.
- Fomentar el interés por elaborar y gestionar conocimiento científico-pedagógico, y elevar el espíritu hacia la investigación.
- Incentivar para compartir y trabajar en equipo las experiencias de investigación, enseñanza, publicaciones, aprendizajes y salidas pedagógicas.
- Sensibilizar para que el profesor de ciencias sienta como propios los aconteceres sociales, políticos y culturales, y que de tal forma los articule con su quehacer profesional proponiendo argumentadamente innovaciones y estrategias pedagógico-didácticas.
- Desarrollar la capacidad del profesor para ser sujeto de la historia, comprometido en la construcción de un mundo más humano, consciente de su actuación autónoma y de la diversidad de pensamientos.

Ante este panorama se torna evidente la necesidad de abordar estrategias de enseñanza de las ciencias para profesores en formación y en ejercicio, y estudiantes de educación básica y media, así como hacer esfuerzos para la culturización científica en el paradigma de la complejidad, pensando en la globalidad e intentando darle sentido y significado al conocimiento.

## Bibliografía

- Ministerio de Educación Nacional. Al tablero, No. 35, junio-julio 2005.
- Baron, J. (1987). "Evaluating thinking skills in the classroom". In: Baron, J., and Sternberg, R. (Eds). *Teaching thinking skills: Theory and practice*, New York, W. H. Freeman and Company. Citado por: Cárdenas, F. (1998). "Desarrollo y evaluación de los procesos de razonamiento complejo en las ciencias", *Ciencia y Tecnología*, (3): 53-68.
- Bertalanffy, L. (1976). Teoría general de los sistemas. *Fundamentos, desarrollos y aplicaciones*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Cañal, P. (1999). "Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación", *Investigación en la Escuela*, (38): 15-36.
- Cañal, P. &, Porlán, R. (1988). "Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico e investigativo", *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1): 54-60.
- Cárdenas, F. (1998). "Desarrollo y evaluación de los procesos de razonamiento complejo en las ciencias", *Ciencia y Tecnología*, (3): 53-68.
- Furió, C. (1994). "Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias", *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2): 188-199.
- Gil, D. (1993). "Contribución de la enseñanza de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación", *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2): 197-212.
- Giordan, A; Raichvarg, D; Drouin, J; Ga\_liardi, R.; Canay, A. (1988). *Conceptos de biología 1. La respiración. Los microbios. El ecosistema. La neurona*, España, Labor.
- Gómez, L. (2002). "Complejidad y ecología", *Revista del postgrado en gestión ambiental*, Universidad Nacional, 5 (2): 5-11.
- Lesourme, J. (1993). "Educación y sociedad. Los desafíos del año 2000", Barcelona, Gedisa. Citado por: López, F. (1997). "Complejidad y educación", *Revista Española de Pedagogía*, enero-abril, LV (206): 106-112.
- López, F. (1997). "Complejidad y educación", *Revista Española de Pedagogía*, enero-abril, LV, (206): 106-112.
- Luhmann, N. (1998). *Complejidad y modernidad de la unidad a la diferencia*, Madrid, Trotta.
- Martínez, M; Martín Del Pozo, R; Rodrigo, M; Varela, M; Fernández, M.; Guerrero, A. (2001). "¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de secundaria?", *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1): 67-87.
- Mellado, V. (1996). "Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria", *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3): 289-302.
- Morin, E. (2001). *La cabeza bien puesta. Bases para una reforma educativa*, Buenos Aires, Argentina, Nueva Visión.
- Morin, E. (1984). *Ciencia con consciencia*, Barcelona, Anthropos.
- Porlán, R. (1998). "Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias" *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1): 175-185.
- Porlán, R; Rivero, A; Martín Del Pozo, R. (1997). "Conocimiento profesional y epistemología del profesor I: teoría, métodos e instrumentos", *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2): 155-171.

