Artículo de reflexión

¿Continuamos informando o asumimos el cambio?

May We Continue Informing or May We Assume the Change?

María Orfa Rojas*, Ruth Garzón**, Lilia del Riesgo[†]

Resumen

Los sistemas educativos tradicionales han convertido a los estudiantes en entidades pasivas que guardan información transitoriamente, sin mayores capacidades para procesarla y aplicarla a la solución de situaciones de la vida diaria. La discusión generalizada entre los investigadores de la educación plantea la necesidad de cambiar las estrategias pedagógicas que han favorecido esas situaciones, para permitir una formación integral del individuo como ser capaz de razonar, crear, innovar y desarrollarse autónomamente. Las exigencias gubernamentales, institucionales e incluso las políticas de la globalización y el desarrollo del ser humano basado en la economía del conocimiento reclaman ese cambio de estrategias en el sistema pedagógico de enseñanza-aprendizaje; pues aunque éste se encuentre amenazado por la resistencia natural que ofrece el enfrentamiento con una cultura establecida, debe darse desde el aula de una manera inmediata. Como respuesta a esa necesidad, la Unidad de Bioquímica del Instituto de Ciencias Básicas de la Facultad de Medicina (Universidad del Rosario) plantea una estrategia no tradicional en pos del cambio.

Palabras clave: aprendizaje activo, educación y ciencia, métodos de enseñanza, estrategias pedagógicas, enseñanza de ciencias básicas, el constructivismo en las ciencias básicas, cambio cultural enseñanza-aprendizaje.

Abstract

Traditional educative systems, had convert students in passive recipient, who are keeping

information without any possibility to process and apply it for the solution of daily problems. General discussion between educative researchers, had been establish the necessity to change the educative strategies that have been supporting those situations, looking for an integral education of the individual in terms of the capacity to argue, to create, to innovate, to develop by him self with independence.

Governments, institutions and the politics requirements, that handle the globalization and the human development based in the knowledge economy, demand changes in the pedagogical system strategies in spite of the barriers from the traditional educative system. Responding to these necessity, the Biochemistry Department belong to the Basic Sciences Institute from the Medicine Faculty in the University of Rosario, is applying a different pedagogical strategy.

Key words: active learning, Science education, teaching methods, basic science teaching, constructivism in science teaching, teach-learning cultural change.

Recibido: Marzo 3 de 2006.

Aceptado: Abril 17 de 2006.

* Ph.D, Profesora titular.

** Ph.D, Profesora principal.

[†] M.D., MSc, Profesora principal, Unidad de Bioquímica, Instituto de Ciencias Básicas, Facultad de Medicina, Colegio Mayor Universidad del Rosario.

Autor correspondiente: María Orfa Rojas, Unidad de Bioquímica, Facultad de Medicina de la Universidad del Rosario, mariaorfarojas@yahoo.com

Las exigencias de calidad implantadas por el Ministerio de Educación (1), como requisito para validar los procesos educativos, han generado variadas respuestas de autoevaluación y de evaluación externa para cada institución que han influenciado positivamente el entorno educativo en busca de cambios, para dar cumplimiento a esa difícil labor de “educar integralmente”. Este planteamiento viene desde la Constitución Nacional (2) y desde todos los documentos que contienen las misiones y los currículos institucionales; pero, ¿qué significa “educar integralmente”?, lo que es más importante ¿cómo se logra?, y si se está logrando, ¿cuál es el camino concreto para tener éxito y cómo se mide ese éxito? Estos y muchos otros interrogantes revolotean en las mentes de quienes quisiéramos ser verdaderos artífices del cambio exigido por la dinámica actual, que maneja esa doble acción de enseñar-aprender en la cual hay tantos actores y factores involucrados.

Particularmente, la Universidad del Rosario tiene como principio de la gestión curricular la misión de “impartir una sólida formación ética y humanística que, unida a la investigación y a una exigente enseñanza del conocimiento, permita a esta comunidad educativa **formar integralmente** personas insignes y actuar en beneficio de la sociedad con gran sentido de responsabilidad” (3). Además, concibe la formación integral como “aquella que atiende no sólo a la formación profesional sino además a la formación de la persona como ser físico, social, espiritual y demás dimensiones de la persona humana” (3).

Es corriente encontrar que en la “escogencia de esa formación profesional que persigue tanto el estudiante como su familia” ha primado la gran necesidad de una futura inserción en un mundo laboral suficientemente productivo, y se

olvida, muchas veces, y se impone, en otras, la escogencia de carreras que no satisfacen esas otras dimensiones del individuo como persona humana. Lo anterior, se agrava cuando en la mayoría de los casos esa “formación encontrada” se centra enfáticamente en la transmisión pasiva del mayor número de “conocimientos” posible, apoyada en la falsa creencia de que así el individuo estará mejor preparado para satisfacer sus propias necesidades y quizás, en alguna tímida medida, las de la sociedad a la cual pertenece.

A pesar de que los países, las instituciones y el individuo mismo como parte de la sociedad cuentan con principios filosóficos importantes, con misiones definidas con claridad, con maestros de largas trayectorias, con estudiantes ávidos de ser doctores, con administraciones sometidas a procesos de reingeniería para estar a tono con los desarrollos programáticos y tecnológicos más actuales y hasta con grandes concepciones económicas y políticas en cuanto al desarrollo basado en la economía del conocimiento, continuamos sumergidos en una cultura educativa que ha castrado en el estudiante la imaginación, la creatividad, la independencia, la capacidad de observar, de preguntar, de actuar y de apropiarse de nuestros problemas, para buscarles verdaderas soluciones. Esta cultura ha permitido una preponderancia absoluta del maestro en cuanto al manejo del conocimiento, en ocasiones mal interpretado y desactualizado, que se sigue transmitiendo de generación en generación sin el más mínimo amago de cambio, y que ha llevado a las administraciones a un dominio no comprensible sobre la academia, con lo cual se ha afectado la eficacia de sus procesos y se ha tergiversado su verdadero papel de servidora.

Es evidente la necesidad de un cambio en el proceso enseñanza-aprendizaje, que debe ir más

allá de todas las definiciones y documentos antes mencionados, con el fin de potenciar desde el aula las capacidades, los valores y las actitudes de los estudiantes. ¿Cómo hacerlo? es la pregunta que se hace a diario la Unidad de Bioquímica y para la cual busca respuestas a través de un proyecto de investigación que le permita definir estrategias pedagógicas, mediante las cuales la enseñanza de las ciencias básicas evidencie en el estudiante el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y creativo, de autonomía para pensar por sí mismo, de formulación de preguntas, de proposición de soluciones de descubrimiento de opciones para acceder a fuentes de información diferentes al profesor mismo o a las que él le sugiera, y además el desarrollo de una serie de competencias para trabajar en equipo, intercambiar ideas, dialogar, buscar espacios para experimentar y aplicar lo aprendido y saber diferenciar entre lo básico y lo fundamental. En resumen, la unidad persigue que su proyecto educativo le permita al estudiante adquirir el más grande de los capitales posibles: ser dueño de una estructura de pensamiento mediante la cual actúe con autonomía en su proceso de desarrollo personal.

No obstante, quien quiera asumir el reto de introducir cambios en el sistema educativo actual, caracterizado por un manejo pedagógico protegido en una escala social tan amplia, que cubre a un Estado ausente por mucho tiempo en el desarrollo de estrategias de evaluación tempranas; a las instituciones, que no analizaron el impacto inicial de la educación sobre el individuo y sobre la sociedad más adelante, y al individuo mismo, quien no ha asumido la responsabilidad de su propio desarrollo, no debe sorprenderse de encontrar verdaderas barreras para erigir un sistema capaz de vencer la resistencia generada e imponerse y lograr esa for-

mación autónoma que debe ser objeto de nuestra labor como formadores.

Es imperativo cambiar procedimientos y procesos que han sido por tradición parte de los propios actores del sistema educativo: profesores, estudiantes y aun la misma administración. A continuación se analiza por qué.

El método tradicional de enseñanza, basado en conferencias magistrales, está arraigado y, sin temor a dudas, puede decirse que está generalizado en el sistema educativo local y mundial (4). Quizás uno de los motivos más significativos para la prevalencia de dicho sistema está relacionado con consideraciones de tipo administrativo, debido a las relaciones que se generan entre el número de horas-crédito-por estudiante, que desde luego son convenientes en facultades que manejan muchos estudiantes y cuentan con infraestructuras físicas (auditorios grandes), que facilitan esta aplicación. Las consideraciones administrativas no pueden ni deben ser ajenas a quienes integran la comunidad académica, mucho menos en el mundo actual en el que la globalización ha marcado exigencias de autosostenimiento y competitividad, para las cuales la calidad de la enseñanza es un parámetro determinante.

El manejo tradicional de grupos grandes basado en sesiones magistrales ha convertido al profesor en un actor "que dice cosas", las presenta, en algunos casos las demuestra o dramatiza o de alguna otra manera disemina el contenido de un tema entre un grupo de estudiantes. Si bien el profesor generalmente incluye transparencias, grabaciones, diapositivas o presentaciones multimedia, la actividad representa la transmisión de información en una sola vía, desde él hacia los alumnos, a menudo en períodos de tiempo definidos. Aunque esporádicamente se puede dar la comunicación entre el profesor y el alumno,

lo frecuente es que estos escuchen, miren y traten de reproducir en sus notas lo que alcanzan a observar y escuchar, todo esto desde una actitud pasiva.

En este sistema, las intervenciones del maestro tienen formatos familiares y son aceptados convencionalmente por profesores y alumnos. El profesor tiene el control directo de la clase y una posición de autoridad visible, lo cual generalmente es asumido como una ventaja para el logro de los precarios objetivos perseguidos, que normalmente están enfocados exclusivamente a la transmisión de conocimientos. Adicionalmente, cualquier cambio que se requiera puede ser fácilmente introducido bien por remoción o adición de parte de los contenidos, justamente antes o aun durante la presentación.

A pesar de estas aparentes ventajas, el método tiene varias limitaciones, entre las cuales se encuentra la ausencia de oportunidades para intercambiar ideas entre los miembros del grupo (maestros con estudiantes y estudiantes entre sí) y, por ende, la confinación a la pasividad. Esta limitación, ha sido la causa de la 'modorra' intelectual en que se ha sumido al estudiante y de la 'estabilidad perpetua' del sistema utilizado por el maestro.

El método asume que todos los estudiantes entienden al mismo tiempo, con igual nivel de comprensión e ignora las diferencias individuales, lo cual conduce a que algunos estudiantes pasen por la clase con aprendizajes incorrectos, pues la posibilidad de interrumpir al maestro para lograr una retroalimentación individual es remota; máxime si se tiene en cuenta que una característica inherente al sistema es el mutismo, entendido como la pérdida de la capacidad de preguntar, curiosear, maravillarse, indagar, controvertir, etc. A lo anterior, se suma la dificultad de algunos individuos para aprender a través de presentaciones de este tipo.

Otra desventaja notoria de este método está relacionada con las variaciones entre presentación y presentación, lo cual puede generar inconsistencias en la información y temas cubiertos en grupos diferentes. Este problema llega a ser relevante cuando se quiere cubrir la enseñanza de procedimientos específicos, como ocurre en las asignaturas básicas científicas que incluyen experimentación.

Se han presentado evidencias de que las clases magistrales no son la herramienta más efectiva de enseñanza porque no estimulan el aprendizaje activo, promueven la memorización a corto plazo y el recuerdo de tan sólo un 20% de lo que se ha escuchado (5, 6). Tanto los investigadores como los educadores han sugerido que la carencia de éxito se debe a que los estudiantes no gastan mucha energía pensando en lo escuchado durante sus charlas magistrales.

Leonard plantea que las clases y los grupos de aprendizaje interactivos o el aprendizaje basado en la experimentación le dan al estudiante una plena oportunidad de interpretar los procesos e 'internalizar' los conceptos allí contenidos, lo inducen a construir activamente el conocimiento (5) y dejar de lado la recepción pasiva del mismo. Bajo esta premisa, se considera que el aprendizaje es un proceso interpretativo del conocimiento 'nuevo' recibido por el estudiante, con referencia al que ya posee y, por lo tanto, cada uno construye y reconstruye su propio conocimiento individualmente más que a partir de cualquier fuente autoritaria como el maestro o el libro (7, 8).

Por su parte, Lord ha señalado que el manejo de grupos de estudiantes que trabajen en colaboración provee ambientes con oportunidades para que ellos clarifiquen sus conceptos (9). Sin embargo, como en todos los procesos donde se involucra al ser humano, existen complejidades propias de las diferencias intrínsecas a cada pro-

ceso. En este caso específico, no pueden ignorarse el sinnúmero de evidencias según las cuales los estudiantes aprenden en diferentes formas o estilos, y las preferencias por uno u otro están relacionadas con el tipo de personalidad (10, 11). Los mismos autores, además de la necesidad de realizar cambios en los sistemas tradicionales de enseñanza, contemplan el hecho de que la interactividad deja satisfacciones mayores, representadas en la evidencia de observar a los estudiantes descubriendo el objeto de estudio y construyendo su significado por sí mismos: el aprendizaje en acción.

El aprendizaje activo es parte de los currículos científicos (física, química, biología) que maneja la escuela contemporánea y es un fenómeno emergente en los currículos de matemáticas, artes y ciencias sociales, simplemente porque se ha demostrado que el aprendizaje se hace más interesante tanto para maestros como para estudiantes. Varios autores recomiendan la implementación de estos sistemas mediante estrategias que promuevan la respuesta a preguntas sobre temas previamente asignados (12, 21).

Es interesante tener en cuenta las consideraciones presentadas por la literatura sobre las dificultades generadas en el cuerpo docente para moverse desde un sistema basado en el protagonismo de las clases magistrales hacia otro centrado en el estudiante. Comúnmente, se describen varias razones para la renuencia del docente al cambio, entre las cuales se argumenta que sus conferencias son buenas, que ellos las disfrutaban y que sus estudiantes pasan los cursos (12). En nuestro medio, aparte de lo anterior, con frecuencia se adicionan demostraciones de gratitud por parte de los estudiantes por la "oportunidad conservadora de escuchar, copiar y confrontar" lo supuestamente aprendido, mediante preguntas que sólo exploran su capacidad memorística, pero que los mantiene con rela-

tiva comodidad dentro del sistema educativo. Estas situaciones halagan al maestro y lo reafirman en sus posiciones.

Adicionalmente, se argumenta que con la aplicación de estrategias de aprendizaje activo no es posible cubrir los contenidos listados en el *syllabus* de las asignaturas. Esto, ha sido desmentido por innumerables experiencias de clase y mediante investigación educativa rigurosa, en la cual se ha demostrado la superioridad de este sistema sobre el de las clases magistrales, en la promoción del desarrollo de pensamiento de los estudiantes y de sus destrezas para hablar y escribir, con la ventaja adicional de que una vez los estudiantes desarrollan esas destrezas asumen una mayor responsabilidad para aprender por sí mismos (13, 14).

Otro de los reclamos se centra en que los métodos de aprendizaje activo no son apropiados para grupos grandes; sin embargo, en la literatura universal sobre educación se plantean muchas formas para hacer efectivas las experiencias de aprendizaje en salones grandes de clase y se reportan experiencias exitosas de manejo aun de 400 estudiantes, todos reunidos en una sola sala inflando bombas para entender cómo ocurre la expansión del universo (12).

Los docentes tildan de riesgoso dejar sus conferencias que consideran buenas pues la aproximación a nuevas técnicas los hace sentir menos seguros; la tensión es generada por la lucha entre lo emocional, al sentirse en una zona familiar confortable y bajo control, y lo racional, pues reconoce la aplastante evidencia que valida los nuevos métodos (15, 16, 17). Existe otra consideración de tipo personal relacionada con la primera y es que muchos de los docentes no conocen cómo enseñar en otra forma, pues no poseen la educación formal para afrontarlo.

El grupo de Caprio y Micikas plantea que inicialmente ellos han aprendido de quienes han pasado por su institución y han aplicado estas metodologías; como agravante han reconocido la promoción del tradicionalismo, con la consecuente negación a admitir fácilmente nuevos desarrollos. Sugieren que quienes tomen la decisión de enfrentarse al cambio no necesariamente deben comenzar con un vuelco total, sino posiblemente puedan iniciar combinando los dos sistemas con un proceso de entrenamiento con especialistas (12). Aunque lo anterior es válido, lo correcto sería que ningún maestro se escapara a la necesidad de asumir el cambio, pues todos deberían enfrentar la responsabilidad de guiar el proceso enseñanza-aprendizaje de una manera acorde con las concepciones contemporáneas de la educación.

La repercusión en los estudiantes de la práctica reiterada del simple almacenamiento de información ha sido demostrada a través de diversos estudios, en los cuales se señala que un alto porcentaje de ellos ingresa a la universidad y, peor aún, sale de ella, con deficiencias para razonar en un nivel de operaciones formales y para pensar en forma crítica y creativa (18, 21). El problema es más grave si se tiene en cuenta que la pasividad y el conformismo del estudiante no les permiten percatarse de que aunque la organización y almacenamiento de la información es importante, lo es más el transformarla en la generación de nuevos productos.

Sin conciencia de esta situación, los estudiantes presentan resistencia a los trabajos interactivos de grupo, manifiestan desconfianza y tienen dificultad para entender y asumir un papel diferente al tradicional (22); ellos reclaman y esperan la exposición de un tutor o la repetición de la clase por parte de un compañero, que haya leído, y, en nuestro caso específico, espe-

ran la aparición de un "tutor par" la víspera de la evaluación, para que los entrene mediante prácticas magistrales en temas puntuales. Lo anterior, con la convicción de que así podrán responder adecuadamente las preguntas, de las cuales se espera que estén formuladas dentro de unos cánones estrictamente establecidos; pues cuando esos interrogantes se salen de los formatos acostumbrados y exigen análisis de situaciones y aplicación de conceptos producen como resultado un aumento de la mortalidad académica, descontento y frustración en el estudiante.

No obstante este panorama, cuando el estudiante se enfrenta a nuevas oportunidades que le permiten analizar su propia situación y concientizarse del beneplácito personal y profesional que pueden alcanzar cuando sale del anonimato donde había permanecido, se convierte en actor principal del proceso de aprendizaje y muestra una faceta de actividad individual y de grupo verdaderamente halagüeña.

Aunque el sistema educativo debe proveer los medios necesarios para lograr los propósitos que conducen a una formación integral, el estudiante debe tomar conciencia de que es él, el responsable de su propio desarrollo y de que su etapa de estudios formales no es sino un estrecho camino hacia un mundo con posibilidades infinitas para maravillarse y buscar la verdad de todo a su alrededor.

En consecuencia, es imperativo que adquiriera conciencia del trabajo personal que debe asumir para sobreponerse a las limitaciones impuestas por los profesores con su metodología obsoleta y su protagonismo "actoral", y que entienda que instrumentos como el currículo, el plan de estudios y aun el mismo maestro son sólo accidentes en ese sendero que comienza a recorrer y que debe aprovechar para curiosear,

indagar, preguntar, asombrarse y maravillarse, con el ánimo de perseguir y desarrollar su propio talento con la autonomía permitida por su libre albedrío. Para ello, debe liberarse de la pasividad en que lo ha sumido el sistema educativo, aprovechar más las posibilidades ofrecidas durante su etapa formativa, decidirse a explorarlas para favorecer su propio crecimiento y adquirir la destreza de convertirse en un verdadero autodidacta y autor de su propio desarrollo como ser humano (23).

La enseñanza de la bioquímica ha constituido un verdadero reto para los docentes, debido a que esta materia hace parte de los currículos de diferentes carreras universitarias. Sin embargo, como en la mayoría de los casos, es una disciplina que no se ha escapado de ser enseñada con metodologías tradicionales, lo cual ha contribuido a perpetuar una situación de simple transmisión de conocimientos, sin estimular la participación activa de los estudiantes en la construcción del mismo. La situación es crítica si se tiene en cuenta que la Bioquímica es fundamental en la formación y funcionalidad de la célula, y que ésta es la base estructural y orgánica del ser humano, y constituye el objeto principal de la medicina.

En la Unidad de Bioquímica, las asignaturas sobre esta disciplina se han enseñado utilizando las metodologías tradicionales basadas en la presencialidad; dicha práctica, por las razones discutidas, sólo está permitiendo, en el mejor de los casos, una acumulación corta de información sobre el tema, pero no un verdadero aprendizaje de conceptos y mucho menos la formación de pensamiento que persigue el ciclo básico.

Teniendo en cuenta las directrices del Ministerio de Educación, en cuanto a la calidad de la educación superior (1); las políticas de la Universidad sobre el desarrollo curricular (3); el

papel de las ciencias básicas en la formación del médico, y todo lo mencionado anteriormente, se ha considerado necesario implementar una metodología interactiva, que le permita al estudiante un crecimiento integral durante su proceso educativo. **En otras palabras, ¡hemos asumido el cambio!** Estamos desarrollando una estrategia pedagógica no tradicional, que incluye una serie de actividades mediante las cuales creemos que se le ofrece al estudiante la posibilidad de recuperar su capacidad de raciocinio, de disenso, de creatividad, de análisis, de preguntar, entre otros.

Queremos ser guías-formadores de personas que sepan preguntarse sobre todo su entorno, pues sólo así descubrirán problemas, buscarán soluciones y serán verdaderos motores del desarrollo del país a través de la generación de nuevos conocimientos. Dejarán de ser autómatas y buenos sólo cuando tienen la posibilidad de repetir situaciones ampliamente conocidas; también, serán buenos ante situaciones nuevas porque llevarán consigo una capacidad propia de pensar, debatir y decidir.

En ese intento por asumir el cambio, hemos introducido en la relación académica con los estudiantes cuatro momentos diferentes para compartir sobre los temas específicos definidos en el programa de cada asignatura, y a esos momentos se les han dado denominaciones particulares y distintas a las que ha manejado hasta ahora la jerga académica popular. Así, por ejemplo, no hablamos de la clase, sino del "encuentro presencial activo", dentro del cual se manejan los conceptos; no nos referimos al laboratorio, sino a la "complementación", para indicar que cuando las situaciones lo exijan se abordará la experimentación como medio para interpretar y afianzar los conceptos debatidos; no nos referimos al seminario como la tarea para ganar un

puntaje adicional, sino como una “profundización”, estrechamente ligada a los temas desarrollados en el encuentro presencial activo y que se constituye en el espacio específico para darle a los conocimientos en bioquímica un claro enfoque hacia el interés médico (sin que esto implique manejo clínico, pues no es el momento de abordarlo debido a que son estudiantes de los tres primeros semestres del programa de medicina), y finalmente, maestros y estudiantes nos reunimos con expertos en los temas objeto del curso en una sesión denominada “actualización”, con el objetivo de que el estudiante entre en contacto con el mundo externo, con los últimos avances de la ciencia y la tecnología. Este último escenario busca que el estudiante comprenda que los fundamentos científicos conocidos mediante el trabajo desarrollado en el marco del programa de la asignatura son la base para la

generación de nuevos conocimientos y de tecnologías de frontera y, por lo tanto, que el aprendizaje de estos contenidos es importante para el desarrollo de los mismos. Si llegan a comprenderlo, jamás volveremos a escuchar exclamaciones tan lamentables como “nunca supe para qué me servían esas estructuras, esas fórmulas”, y muchas otras expresiones que a menudo se escapan de quienes hace muchos años pasaron por nuestras aulas.

Los avances logrados en la recuperación de la pregunta, el aumento de responsabilidad, la capacidad de discusión y, en general, el cambio de actitud del estudiante frente al proceso educativo son motivo de discusión de un artículo científico sobre el tema que se está escribiendo para su publicación internacional y que, en su momento, estará disponible para toda la comunidad académica nacional e internacional.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ministerio de Educación Nacional. Ley 30 sobre la Educación Superior. Artículo 3.
2. Constitución política de Colombia 1991. Artículo 189.
3. Lineamientos institucionales para la gestión curricular. Vicerrectoría, Departamento de Planeación y Desarrollo Académico. Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Bogotá;2004.
4. Cooney Timothy M. Innovative techniques for large group instruction. An: NSTA Press Journal Collection;2002: 9.
5. Leonard William H. How do college students best learn science: an assessment of popular teaching styles and their effectiveness. Journal of College Science Teaching;2002.
6. Angelo T.A. Learning in the classroom (Phase 1). A report from the Lawrence Hall of Science. Berkeley CA: University of California;1990.
7. Von Glasserfeld, E. Learning as a constructive activity. In problems of representation in the teaching and learning of mathematics. NJ: Lawrence Erlbaum associates.
8. Roth, W.M. Experimenting in a constructivism high school physics laboratory. Journal of research in Science teaching;1994 31(2): 189-223.
9. Lord, T. Using constructivism to enhance student learning in college biology. Journal of college science teaching;1994 23: 346-348.
10. Jung, C. Analytical Psychology. Its theory and practice. New York: Vintage Books (original work published in 1936);1970.

11. Meyers, I and M. McCaulley. Manual: a guide to the development and use of the Myers Briggs type indicator. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press;1958.
12. Caprio M.W. and Micikas Linda B. Getting there from here: making the transition from traditional teaching practices to those that are student centered. An NSTA Press Journals Collection.. Arlington, VA: National Sciences teachers association;2002.
13. Caprio, M.W. Easing into constructivism. Journal for college science teaching;1994 23 (1).
14. Bonwell, C.,C., and J.A. Eison. Active learning: creating excitement in the classroom. ASHE-ERIC Higher education report N.º 1. Washington, D.C.: The George Washington University, School of Education and Human Development;1991.
15. Angelo, T. A. A "reacher`s dozen": fourteen general research-based principles for improving higher learning in our classrooms. AAHE;1993 bulletin 45 (8): 3-7.
16. Weiss, C. A. But how do we get then to think? Teaching excellence;1992 4(5): 1-2.
17. Whitman, N.A. Peer teaching: to reach is to learn twice. ASHE-ERIC higher education reports No. 4. Wahington, D.C; 1988.
18. Arons, A. D. Some thought in reasoning capacities simplicity expected of college students. In cognitive process instruction research on teaching thinking skills. Edt. Jack Lochhead and Jhon Clement. Philadelphia: Frankin Institute Press;1998.
19. Whimbey, A.; Lochhead, J. Problem solving and comprehension. Hillsdale, N.J.: Edit. Lawrence Erlbaum Associates;1998.
20. Montealegre, R. Desarrollo de la acción intelectual y formación de la actividad en estudiantes universitarios. Revista Latinoamericana de Psicología; 1998 24(3): 343-355.
21. Taths, L. E. y Colbs. Cómo enseñar a pensar. Teoría y aplicación. México: Paidós;1997.
22. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Las estrategias y técnicas didácticas en el rediseño. El aprendizaje basado en problemas como técnica didáctica. México: Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo, Vicerrectoría Académica; 2004.
23. Garzón, Ruth, Del Riesgo, Lilia y Rojas, María Orfa. La pregunta como base de la investigación científica. Guía para el aprendizaje de la Bioquímica I. Colección Publicación Acción. Bogotá: Universidad del Rosario;2006.