



DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN Y LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO DEL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES DE LA UNAM

Proceso de Actualización del Plan y los Programas de Estudio

Mayo, 2012

Diagnóstico del Área de Ciencias Experimentales

ELABORADO POR:

Ana Sosa Reyes

Guillermo Romo Guadarrama

Jiro Suzuri Hernández

Colegio de Ciencias y Humanidades
Mayo de 2012

PRESENTACIÓN

El proceso de Actualización del Plan de Estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) requiere de un diagnóstico integral de sus componentes. El diagnóstico de las áreas curriculares —Ciencias Experimentales, Matemáticas, Histórico-Social y Talleres de Lenguaje y Comunicación— y sus asignaturas correspondientes, resulta ser un insumo crucial para dar sustento a los eventuales ajustes o modificaciones.

En esta perspectiva, se solicitó a grupos de profesores, con experiencia en la docencia en cada una de las cuatro áreas, la elaboración de un diagnóstico por cada área de conocimientos del Plan de Estudios. Para realizar dicho diagnóstico se propuso a los grupos una guía analítica con los siguientes conceptos:

- a) Aprendizajes esperados por área y asignaturas correspondientes.
- b) Contenidos de aprendizaje por área y asignaturas.
- c) Resultados de aprendizaje por área y asignaturas, según el desempeño de los alumnos.
- d) Criterios de evaluación del aprendizaje y para la asignación de calificaciones al desempeño de los alumnos.
- e) Estrategias de enseñanza/aprendizaje por asignatura del área.
- f) Tiempo destinado a la enseñanza por asignatura del área.
- g) Perfil del docente por asignatura del área.
- h) Tutorías destinadas a la asignatura por área.
- i) Asesorías destinadas a la asignatura por área.

El análisis diagnóstico se realizó bajo un esquema de identificación de las características distintivas positivas que dan certeza en el logro de los aprendizajes de los alumnos (fortalezas), prescritos por cada área del Plan de Estudios; así como los rezagos que no contribuyen al logro de dichos aprendizajes (debilidades), y los consecuentes cambios y/o innovaciones que se requieran para asegurar la calidad de los resultados de aprendizaje de los alumnos del CCH y, con ello, la adquisición de las habilidades, capacidades y conocimientos definidos por el perfil de egreso de la institución.

Los profesores que participaron en la elaboración de los diagnósticos de área dispusieron de la información institucional disponible: Diagnóstico Institucional del CCH, trayectorias escolares de los alumnos, reportes del Examen Diagnóstico Académico (EDA), estudios de Ingreso y Egreso de alumnos del Colegio, Indicadores de aprobación/reprobación de las asignaturas, Reportes sobre el Examen Diagnóstico de alumnos de primer ingreso a las licenciaturas de la UNAM, entre otros. Adicionalmente, los propios profesores recurrieron a las fuentes de datos e información que consideraron necesarios para la realización del diagnóstico respectivo.

El resultado final del trabajo realizado por los profesores son los cuatro diagnósticos de área que hoy se ponen a disposición de la comunidad del Colegio para su revisión. Su estructura es muy similar y destaca el carácter propositivo, pues contienen orientaciones claras sobre la solución de la problemática identificada, las cuales son un insumo imprescindible para las comisiones encargadas de la actualización de los programas de estudio de las asignaturas del plan vigente del Colegio.

ÍNDICE

Introducción	7
Primera parte	7
Diagnóstico de las asignaturas del Área de Ciencias Experimentales	7
Aprendizajes esperados en el Área y las asignaturas	8
Contenidos de aprendizaje del Área y las asignaturas.	8
Resultados de aprendizaje en el Área y las asignaturas, según el desempeño de los alumnos	9
Estrategias de enseñanza y aprendizaje en el Área y las asignaturas	10
Sobre los Programas.....	11
Sobre la práctica docente.....	13
Perfil del docente por asignatura del Área	14
Segunda parte.....	14
La alfabetización científica como eje en la enseñanza de las ciencias	14
Estrategias generales para la enseñanza de las ciencias	17
Antecedentes y problemática	17
Demostraciones	18
Explicaciones en el aula	19
Series de preguntas	20
Analogías y metáforas.....	20
Niveles de representación.....	22
Aprendizaje grupal y cooperativo	22
Razonamiento inductivo y deductivo.....	24
Bibliografía	25

INTRODUCCIÓN

La administración actual del CCH ha planteado como objetivo central y eje fundamental *mejorar la calidad de los aprendizajes de los estudiantes por medio de cambios e innovaciones en la docencia, los recursos y las estrategias de aprendizaje*. Es por eso que se ha iniciado el proceso de revisión y actualización del Plan y los Programas de Estudio. El propósito de esta primera etapa es ofrecer información que oriente adecuadamente los cambios curriculares. Para ello es necesario un diagnóstico del estado actual de las asignaturas del Área de Ciencias Experimentales, así como una investigación profunda sobre las tendencias que prevalecen internacionalmente en la enseñanza de las ciencias.

Este documento ofrece, en su primera parte, un diagnóstico de las fortalezas y las debilidades identificadas en el área mencionada así como algunas sugerencias al respecto, tanto en lo que se refiere a la estructura de los programas de estudio, como a la aplicación práctica que se lleva a cabo en las aulas del Colegio. En la segunda parte se presenta una exposición actualizada de los temas de enseñanza de las ciencias que se han considerado pertinentes para atender las problemáticas encontradas.

Primera parte

Diagnóstico de las asignaturas del Área de Ciencias Experimentales

El análisis del Área se realizó bajo el enfoque de la “alfabetización científica”. La revisión de los Programas de Estudio del Área en el CCH, su aplicación y los resultados alcanzados conducen a dos conclusiones generales: “los principios y postulados del Colegio y su carácter de bachillerato de cultura básica son vigentes y los principales problemas que requieren de una actualización e intervención urgente, están en la concreción efectiva del Modelo Educativo en el salón de clases a través de los programas de estudio”.

Los Programas de Estudio del Área de Ciencias Experimentales del CCH han sufrido cambios sustanciales durante los últimos dos procesos de revisión, en 1996 y 2004. Destacan el enfoque estructurado y la articulación entre las materias de cada área que se consiguieron con el Plan de Estudios Actualizado (1996), así como la priorización de los aprendizajes que se llevó a cabo en 2004. Aunque estas modificaciones significaron un avance hacia la concreción del Modelo Educativo, una revisión cuidadosa de dichos documentos muestra inconsistencias importantes que deben ser atendidas:

...los programas de las materias de Experimentales continúan centrados en los conocimientos teórico-conceptuales restando atención al desarrollo de las habilidades y las actitudes de carácter científico. Este esquema resulta inconsistente tanto con los propósitos generales del Modelo Educativo, como con los del Área. Además, las asignaturas no comparten los enfoques disciplinario y didáctico o lo hacen de forma poco clara y superficial.

Lo anterior significa que, a pesar de la contemporaneidad de la propuesta educativa del CCH, en la práctica prevalece el modelo de enseñanza tradicional así como una dispersión didáctica. Es importante señalar también que, aunque el PEA incluye sugerencias de evaluación, no se cuenta con una propuesta general de evaluación definida, capaz de ofrecer orientación en la toma de decisiones para mejorar la calidad de los aprendizajes, la pertinencia de los programas y en general el servicio que presta el Colegio.

Como parte de la revisión curricular resulta ineludible la tarea de elaborar *materiales para los profesores* que expliquen y contextualicen los cambios al currículo previo y el enfoque propuesto, así como el diseño de cursos de actualización que muestren con claridad el enfoque educativo que norma la revisión.

Aprendizajes esperados en el Área y las asignaturas

El eje conductor de los Programas de Estudio de Química, Física y Biología, en el ajuste a los programas realizado en 2004, fueron los aprendizajes, entendidos como: “las acciones que se llevan a cabo con los conocimientos, habilidades y actitudes propias de la disciplina”. Sin embargo, en cada uno de los programas desglosados se observa que en los aprendizajes que se enlistan *se priorizan los conocimientos disciplinares*, situación particularmente notable en los programas de Física y Biología y en menor grado en el de Química, que incluye entre los aprendizajes esperados *el desarrollo de habilidades de carácter científico tales como capacidades de observación, análisis, síntesis, para formular hipótesis y de comunicación oral y escrita, destrezas en el manejo de material y equipo de laboratorio en las actividades experimentales*. En este sentido, se recomienda definir una concepción sobre la ciencia y su enseñanza común a las materias del Área que se refleje en el tipo de aprendizajes esperados.

Además de mostrar inconsistencia entre los propósitos generales de los programas y los aprendizajes esperados, también hay laxitud respecto a lo que se expresa en el documento *Elementos integradores de Ciencias Experimentales*, incluido en el de Orientación y sentido de las Áreas de las tres materias. Dicho documento tuvo como propósito integrar las concepciones metodológicas y académicas del Área de Experimentales con un enfoque que coincide de manera general, pero no explícita, con el de la alfabetización científica, tendencia prevaleciente en todo el mundo. Es así que este texto puede servir de base para una redefinición sobre las concepciones mencionadas.

Contenidos de aprendizaje del Área y las asignaturas

En relación con los contenidos de aprendizaje del Área de Experimentales, destaca la extensión de los tres programas de estudio y su relación con el tiempo disponible para cubrirlos, a todas luces insuficiente. Los profesores han señalado esta sobrecarga en numerosas ocasiones, tal como lo reconocen las comisiones del Examen Diagnóstico Académico correspondientes al Área.

La desproporción entre el volumen de los contenidos y el tiempo disponible para cubrirlos, tiene un efecto sobre la concreción de los principales objetivos del Modelo Educativo del Colegio en el salón de clases, pues promueve la prevalencia del modelo de enseñanza tradicional basado en estrategias de enseñanza expositivas y centradas en el profesor. Por tal motivo se sugiere lo siguiente: *una selección y*

actualización de contenidos encaminada a generar programas más ligeros que consideren tiempo para la adquisición de aprendizajes relevantes y acordes con las concepciones de la ciencia y su enseñanza, las cuales deberán definirse. En este sentido, es preciso destacar el grado de autonomía con el que cuenta el Colegio para instituir un currículo acorde con las necesidades específicas de su población, lo cual contrasta con la mayoría de los bachilleratos del país, que dependen de un aparato centralizado.

Para la revisión de la actualidad y la pertinencia de los contenidos, es indispensable tomar en cuenta que, tanto histórica como mundialmente, la función del bachillerato se ha tenido que revisar y ampliar. Ha dejado de servir únicamente a los futuros especialistas en el nivel superior y ha pasado a atender las necesidades de todos (función de cultura básica). En este aspecto, una fortaleza del Colegio que debe mencionarse es la distinción que se hace entre la función de las materias experimentales del tronco común y las de quinto y sexto semestres. Las primeras se orientan a la adquisición de una cultura básica y las segundas tienen la doble función de ser propedéuticas y de cultura básica.

Asimismo, habrá que considerar que, tanto los contextos en los que los estudiantes aprenden como aquellos en los que aplican los aprendizajes adquiridos una vez que terminan sus estudios, se han modificado de manera importante en las últimas décadas. De esta manera, debido a la sofisticación de la tecnología, los objetivos centrados en enseñar a los estudiantes cómo funcionan las cosas se han transformado, de tal suerte que ahora se busca dotarlos de las competencias necesarias para utilizar adecuadamente un manual o decidir sobre la vida útil de los objetos; mientras que entre lo más urgente que requieren saber los ciudadanos sobre la ciencia está el comprender cómo podemos cuidar el ambiente.

Entre los puntos que habría que analizar está, por ejemplo, la pertinencia de resaltar los conceptos de la química básica en los temas del tronco común, y si los aspectos de ciencia, tecnología y sociedad se abordan en las materias optativas (Química III y Química IV).

La cantidad y la velocidad con la que se produce el conocimiento científico hace imposible ofrecer una lista actualizada que permanezca vigente por mucho tiempo; por tal motivo se recomienda, en general, *dar prioridad a la adquisición de los aprendizajes metacognitivos que promueven la autonomía de los estudiantes.*

Resultados de aprendizaje en el Área y las asignaturas, según el desempeño de los alumnos

Criterios de evaluación del aprendizaje y para la asignación de calificaciones al desempeño de los alumnos

Las mediciones estandarizadas sobre el desempeño de los estudiantes del CCH con las que se cuenta son:

- El Diagnóstico Institucional para la revisión curricular
- Los resultados del Examen Diagnóstico Académico
- El diagnóstico de los laboratorios curriculares, elaborado por el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET)

El Diagnóstico institucional presenta el desempeño de los estudiantes a lo largo de los diferentes semestres con base en su calificación global y de cada materia. En estos resultados se observa que las materias obligatorias del Área de Experimentales (Química, Física y Biología) son las que presentan calificaciones más bajas y un menor porcentaje de acreditación, después de las correspondientes a Matemáticas. La interpretación de esta información resulta complicada debido a que, como lo menciona el documento, existe una diversidad de factores que afectan el desempeño, además de que en el Colegio no se cuenta con criterios de evaluación definidos.

Por otra parte, los resultados del EDA indican que las calificaciones promedio obtenidas en el Área se encuentran por debajo del mínimo aprobatorio, aún cuando históricamente los resultados muestran una tendencia positiva. Es importante señalar que en las demás áreas se observan comportamientos y tendencias similares.

En contraste, con los valores considerados en el Diagnóstico, la interpretación de los datos obtenidos con el EDA resulta más clara, por tratarse de un examen único que se aplica y califica en forma sistemática. Además, se trata de un examen elaborado por un grupo de profesores en activo que se considera representativo de quienes imparten cada materia. En este sentido cabe destacar que la totalidad de los reactivos del Área de Experimentales del EDA hacen referencia a los conocimientos disciplinares, sin tomarse en cuenta ni las habilidades de pensamiento científico ni las de carácter metacognitivo, que son fundamentales para *aprender a aprender*.

La situación antes descrita conduce a las siguientes preguntas: *Si aparentemente tanto los programas como el ejercicio docente se centran hoy en la adquisición de conocimientos, ¿cómo es que los estudiantes no alcanzan siquiera el mínimo nivel esperado por los propios profesores que imparten estas materias? y si naturalmente (o como producto de la actualización constante) los profesores dan en la actualidad mayor importancia al desarrollo de las habilidades, las actitudes y en general a los aprendizajes relevantes para la vida, ¿por qué no se incorporaron en el examen algunos reactivos de este tipo?*

En lo que se refiere a los criterios de evaluación es importante mencionar que, aunque el Plan y los Programas de Estudio del CCH plantean la necesidad de ofrecer a los jóvenes una educación integral que incluya conocimientos, habilidades, actitudes y valores que les permitan alcanzar una independencia en la adquisición de nuevos conocimientos, actualmente no se cuenta con herramientas de evaluación eficaces para medir el nivel de aprendizaje en estas diferentes facetas. En este contexto resulta indispensable que, *además de definir una concepción común sobre la ciencia y su enseñanza, también se especifique el tipo de evaluación que se considere congruente con los objetivos de aprendizaje del Área de Experimentales.*

Estrategias de enseñanza y aprendizaje en el Área y las asignaturas

Respecto a las estrategias de enseñanza que se aplican en las clases del Área de Experimentales, es necesario analizar dos aspectos: el tipo de sugerencias de estrategias de enseñanza que ofrecen los Programas de Estudio, y por otra parte, las estrategias que en la práctica llevan a cabo los profesores del Área.

Sobre los Programas

Los Programas de Estudio del Área de Ciencias Experimentales cuentan con una gran fortaleza, pues toman en consideración, si bien de manera imprecisa, una serie de sugerencias de estrategias de enseñanza para cada unidad didáctica. No obstante, la enumeración de estas sugerencias no indica las características de las mismas, así como tampoco las estrategias de evaluación. A este respecto puede objetarse que la función de un programa de la asignatura es ser un documento indicativo, y no operativo, y que requeriría una mayor extensión. Sin embargo, *el sugerir estrategias sin indicar cómo hacerlas tiene como resultado una aplicación ambigua o incompleta de la misma.*

Si se utilizan ejemplos concretos, se pueden señalar algunas de estas imprecisiones en los Programas (este ejemplo está contenido en el Programa de Psicología, pero puede hacerse extensivo a los demás Programas del Área):

Se recomienda realizar actividades en las que el alumno logre obtener aprendizajes significativos, algunas de éstas pueden ser: planteamiento y solución de problemas, organizadores conceptuales (mapas conceptuales, cuadros sinópticos, tablas, diagramas, líneas de tiempo, imaginería, metáforas, analogías, etc.), discusión y reflexión en grupos de trabajo, dinámicas grupales (sociodramas, dramatizaciones, etc.), exposiciones del profesor y/o los alumnos, identificación de los métodos y escenarios de aplicación utilizados en investigaciones reales.¹

Las estrategias sugeridas, tal como se plantean en el Programa, implican que el profesor conoce su funcionamiento, el tiempo que le consume cada una y cómo evaluarla. Además, resulta impreciso el tipo de aprendizaje que se quiere lograr con cada una de ellas. Cuando se refieren al planteamiento y resolución de problemas, no se indica la profundidad del problema, la estrategia de planteamiento y de solución, y no se hace hincapié en las dificultades de organización o desarrollo de la misma, lo cual es fundamental para la metacognición del docente respecto a la enseñanza. La ambigüedad puede deberse a lo general que resulta el Programa de esta asignatura, pero el caso no es exclusivo de esta materia. Se pueden encontrar ejemplos de estas ambigüedades dentro de un Programa mucho más específico en cuanto a sus aprendizajes y las estrategias didácticas sugeridas, como sería el Programa de Química:

Actividad experimental con algunos elementos para identificar propiedades físicas que les permita diferenciar los metales de los no metales; por ejemplo, conductividad eléctrica y térmica, maleabilidad, etcétera. (A19).

(...)

Construir modelos tridimensionales de sustancias con enlace iónico y enlace covalente, por ejemplo del cloruro de sodio, cloruro de cesio, carbonato de calcio, óxido de magnesio, dióxido de carbono y agua. (A37, A38).

(...)

Discusión grupal para revisar los ejercicios y modelos construidos. Reflexionar sobre la distribución de las cargas eléctricas en las moléculas y establecer la formación de dipolos. Destacar la presencia de fuerzas que mantienen unidas a las moléculas y la formación de puentes de hidrógeno en el agua. (A38, A39).²

¹ Programa de Estudio de Psicología I-II, CCH, 2004.

² Programa de Estudio de Química I-IV, CCH, 2004.

En el caso del primer párrafo, se habla de realizar una actividad experimental para diferenciar propiedades físicas de sustancias. No se indica con cuántas sustancias trabajar, cuáles son las variables en las que hay que poner atención, cuáles serían las restricciones para la actividad, por citar algunos ejemplos. Pero lo más importante es que *no se resalta la importancia de la investigación ni los procesos que se están desarrollando en los estudiantes al hacer la actividad práctica.*

Sobre el segundo caso, ciertamente es fundamental que el Colegio integre el uso de modelos para entender la química; no obstante, estas actividades aparecen en una secuencia mucho mayor, que toma 14 horas realizarla. No se indica cuánto tiempo de esta secuencia deben llevar estas actividades, cuáles son los puntos que deben concluirse en la discusión, y se manejan una serie de aprendizajes importantes concernientes a enlace que difícilmente podrían surgir solamente de un modelo tridimensional. Casos similares se encuentran en los Programas de Física y de Biología:

A partir de ejemplos de movimientos, los alumnos, elaborarán gráficas cualitativas de rapidez y desplazamiento en función del tiempo; discusión sobre las gráficas y los conceptos de inercia y sistemas de referencia: inerciales y no inerciales.

Experimentos sobre la conservación de la energía, discusión de ejemplos de transformación y transferencia de energía y su conservación y resolución de problemas de cinemática desde un punto de vista energético.³

En estos ejemplos es importante notar que, en muchos casos, los alumnos no están familiarizados con la construcción y menos con la interpretación gráfica. Es necesario que estas habilidades se incorporen de manera explícita en el Programa. Asimismo, se deben hacer explícitos qué experimentos se sugieren y a cuáles conclusiones se deben llegar al discutir las gráficas para tratar el tema con la profundidad adecuada para un alumno de bachillerato, lo cual fue el principal problema detectado por la comisión revisora del EDA en Física.

Los alumnos en equipo elaborarán informes de sus actividades y los presentarán en forma oral y escrita. Los alumnos construirán modelos y otras representaciones que faciliten la comprensión de las interacciones de los sistemas vivos con su ambiente. El profesor utilizará en clase materiales audiovisuales, ejercicios y juegos didácticos que permitan a los alumnos adquirir, ampliar y aplicar la información sobre los aspectos estudiados.⁴

Es claro que no se presentan lineamientos ni de ejecución, ni de evaluación de las actividades, por lo cual queda muy indefinida la duración y la profundidad del trabajo; aunado a ello, no hay una sugerencia real sobre cómo tratar un aprendizaje en particular.

Al señalar estas dificultades, no se busca que el Programa a realizar resulte tan extenso y minucioso que dificulte su operatividad; pero es evidente que se necesitan estrategias más específicas para cada aprendizaje y una capacitación en el diseño e implementación de las mismas. Por lo tanto, lo que se pretende es que el Programa haga referencia a los materiales generados en los cursos del Colegio o

3 Programa de Estudio de Física I-II, CCH, 2004.

4 Programa de Estudio de Biología I-IV, CCH, 2004.

en el Portal académico, puesto que en ese repositorio sí puede estar disponible toda la información que se requiere para la implementación de estrategias didácticas. Asimismo, es indispensable subrayar nuevamente la importancia de una formación de profesores, pues no basta saber cómo hacer bien una secuencia de actividades, sino saber el para qué y cómo corregir el rumbo si no se obtiene el resultado deseado. Es un trabajo extenso, pero de otra forma no se vincula el trabajo realizado para el portal académico u otras fuentes con las estrategias sugeridas en los Programas.

Sobre la práctica docente

Respecto a la práctica docente en las clases del Área de Ciencias Experimentales, en el documento de diagnóstico sobre los laboratorios curriculares, elaborado por el CCADET, se encuentran algunas conclusiones importantes:

...dadas las deficientes condiciones de equipamiento y funcionamiento de los laboratorios curriculares, en la práctica sigue predominando una enseñanza tradicional, sustentada mayoritariamente en demostraciones y trabajos prácticos rígidos, que poco aporta al desarrollo conceptual de los alumnos y que no apoya al enfoque educativo de los bachilleratos.

(...)

Entre las concepciones que tienen los docentes sobre la importancia del laboratorio, sigue predominando la idea de que la actividad práctica o experimental sirve para corroborar conocimientos preestablecidos y no para contribuir al desarrollo de las nociones científicas. Se encuentra también que hay un conjunto de actividades de laboratorio preestablecidas dejando poco espacio para la innovación y el ensayo de nuevas actividades, salvo en algunos casos.

El uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación es prácticamente inexistente en los laboratorios. Por ejemplo, no se usan sensores —incluso en los pocos casos en que la escuela dispone de ellos—, y aun cuando conocen aspectos básicos de cómputo y de nuevas formas de comunicación (por ejemplo, el correo electrónico), no se hace un uso de los mismos para el desarrollo de las clases de ciencias. Hay que destacar que las prácticas con presentaciones y uso de proyectores se ven limitadas por la falta de equipamiento y/o de facilidades para usar los que se encuentran en los bachilleratos.

La mayoría de los profesores usan profusamente los laboratorios del bachillerato, aunque también se detectaron casos en los que se llevan a cabo muy pocas actividades prácticas en el semestre o año escolar. En general la entrada a los laboratorios depende del personal administrativo a cargo de ellos, ya que éste controla el acceso a éstos, a los almacenes y por consiguiente al equipo, los materiales y las sustancias. En los laboratorios no se observan ni se hacen explícitas normas de seguridad, y el equipo destinado a ello (extintores, regaderas, campanas, etc.) con frecuencia no funciona o se encuentra inaccesible.⁵

⁵ Diagnóstico sobre los laboratorios curriculares de ciencias en el bachillerato, CCADET, 2010

De la misma manera, en relación con las estrategias de enseñanza que se emplean en las clases del Área de Experimentales, el Diagnóstico institucional refiere lo siguiente:

Desafortunadamente en el Colegio de Ciencias y Humanidades cada día se realizan menos experimentos, en diversos casos las clases son meramente expositivas y en la cátedra del profesor imperan temas que resultan de complejidad. Por ello la incorporación de nuevas estrategias en las formas de abordar dichos temas puede posibilitarles a los alumnos la comprensión de los fenómenos que antes sólo se estudiaban a través de experimentos.

Actualmente cada uno de los cinco planteles cuenta con nueve laboratorios de ciencias equipados de acuerdo con el proyecto propuesto por CCADET. Sin embargo, según el diagnóstico institucional aún no se tienen resultados que permitan hacer una evaluación de su impacto en la calidad de los aprendizajes.

Perfil del docente por asignatura del Área

En el Modelo Educativo del Colegio, los profesores se consideran como facilitadores de la información y como guías para los alumnos, más allá de la figura expositiva y unidireccional representada por la enseñanza tradicional. Es por ello que la preparación del profesor va más allá de que sólo conozca su asignatura, pues requiere una sólida preparación pedagógica y un trabajo colegiado que, a juicio de los integrantes de la Comisión para la Revisión del Examen Diagnóstico Académico, aún no están presentes en la medida necesaria en el Colegio.

De acuerdo con el *Diagnóstico institucional para la revisión curricular*, la mayor carga horaria frente a grupo la tienen los profesores de asignatura, de los que el 45% son interinos. Este dato adquiere relevancia por la incertidumbre tanto de la formación didáctica del personal como del trabajo colegiado que se pueda efectuar.

Segunda parte

La alfabetización científica como eje en la enseñanza de las ciencias

En los últimos años, una prioridad educativa internacional es que los alumnos aprendan ciencia, tal como se puede ver, por ejemplo, en la “Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico” de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 1999): “...que la investigación científica y sus aplicaciones pueden ser de gran beneficio para el crecimiento económico y el desarrollo humano sostenible, comprendida la mitigación de la pobreza, y que el futuro de la humanidad dependerá más que nunca de la producción, la difusión y la utilización equitativas del saber...”

La importancia concedida a una educación científica para todos ha llevado a establecer una analogía entre la alfabetización básica iniciada el siglo pasado y el actual movimiento de alfabetización científica y tecnológica. Dicho concepto, con sus múltiples significados dependientes del énfasis puesto en sus diversas dimensiones y componentes, se considera en la actualidad como una prioridad de la educación ciudadana en todo el mundo. Este enfoque está presente en la mayoría de las investigaciones educativas, los programas de evaluación, las políticas educativas, así como en el diseño y la reestructuración curriculares.

Con base en los beneficios que representa el aprender bien ciencias, Gil y Vilches (2006) defienden la importancia de la alfabetización científica de los estudiantes esgrimiendo dos argumentos. El primero sostiene que los futuros ciudadanos se desenvolverán mejor si adquieren una base de conocimientos científicos, en virtud de que las sociedades se ven cada vez más influidas por las ideas y los productos de las tecnociencias. El segundo, apoyado por Driver y su grupo de trabajo (1996), consiste en que se debe alfabetizar científicamente a los alumnos para que puedan participar, como ciudadanos, en las decisiones tecnocientíficas de interés social. Ello los convierte en partícipes y en seres conscientes de los cambios que ocurren en su sociedad y en su ambiente. El aprendizaje de las ciencias permite a los ciudadanos una correcta toma de decisiones respecto de los problemas a los que se enfrenta la humanidad, así como una correcta percepción sobre cuál es la situación del planeta en el que viven y con qué acciones pueden participar para mejorarla.

Un tercer argumento sería el económico, el cual se refiere a que se necesitan científicos calificados para mantener y desarrollar procesos industriales de los cuales depende el futuro económico del país. Por su parte, el argumento cultural indica que la ciencia es un patrimonio cultural, como lo es el arte, y todos debemos estar capacitados para apreciarlo. Por otro lado, el aspecto moral sostiene que la práctica científica incorpora a la vida, normas y compromisos que son de gran valor, así como la formación de un espíritu crítico y el placer personal de adquirir conocimiento.

En el mismo sentido, Driver, junto con Newton y Osborne (2000), mencionan que saber ciencia no sólo es saber “qué” es un fenómeno, sino “cómo” se relaciona con otros sucesos, “por qué” es importante y “cómo” es que surge esta visión del mundo. Por lo tanto, si pretendemos que nuestros alumnos entiendan las bases de los conocimientos que reciben, deben ser capaces de presentar argumentos coherentes y de evaluar los de los demás, especialmente aquellos que provienen de los medios de comunicación. Además, en la sociedad democrática actual, es crucial que los alumnos tengan las herramientas para construir y analizar los argumentos relacionados con los asuntos donde la ciencia está implicada y aplicada.

Gracias a la enseñanza de la ciencia, los estudiantes conocen un nuevo lenguaje para representar y describir el mundo que los rodea, y, por consiguiente, pueden verlo desde otras perspectivas. Este proceso es semejante a la enseñanza de un idioma extranjero en el sentido de que, para adquirirlo, los alumnos no sólo requieren escucharlo sino practicarlo, para poder familiarizarse con esta nueva forma de pensar y hablar.

Actualmente, las investigaciones educativas proponen modificar la educación científica en secundaria y bachillerato, orientándola hacia una alfabetización científica y tecnológica de los alumnos, en contraposición con la función exclusivamente propedéutica de la enseñanza de las ciencias que se pretende impartir en algunos bachilleratos. El concepto de alfabetización científica, muy aceptado hoy, cuenta ya con una tradición que se remonta por lo menos a finales de la década de 1950, pero es sin duda durante los últimos años cuando esa expresión ha adquirido un amplio consenso y repetidamente la utilizan investigadores, diseñadores de currículos y profesores de ciencias. Es por ello que se debe tener una clara idea de lo que se entiende por tal concepto.

Una de las primeras definiciones de alfabetización científica (Shen, 1975) diferencia tres tipos:

- Práctica: poseer un tipo de conocimiento científico y tecnológico que pueda utilizarse inmediatamente para ayudar a resolver las necesidades básicas de salud y supervivencia;
- Cívica: incrementar la concienciación al relacionar la ciencia con los problemas sociales, y
- Cultural: considerar a la ciencia como un producto cultural humano.

El Consejo Nacional de Investigación o NRC (*National Research Council*, por sus siglas en inglés 1996) definió a una persona alfabetizada científicamente como aquella capaz de comprender que la sociedad controla la ciencia y la tecnología mediante la provisión de recursos, que usa conceptos científicos, destrezas procedimentales y valores en la toma de decisiones diaria, que reconoce las limitaciones así como las utilidades de la ciencia y la tecnología en la mejora del bienestar humano, que conoce los principales conceptos, hipótesis y teorías de la ciencia y es capaz de usarlos, que diferencia entre evidencia científica y opinión personal, que tiene una rica visión del mundo como consecuencia de la educación científica, que conoce las fuentes fiables de información científica y tecnológica, y usa fuentes en el proceso de toma de decisiones.

Derek Hodson (1993) considera tres elementos principales en la alfabetización científica:

- Aprender ciencia, adquiriendo y desarrollando conocimiento teórico y conceptual.
- Aprender acerca de la ciencia, desarrollando una comprensión de la naturaleza y los métodos de la ciencia, y una conciencia de las complejas relaciones entre ciencia y sociedad.
- Hacer ciencia, desarrollando una experiencia en la investigación científica y la resolución de problemas, y tomando parte en ella.

Para Kemp (2002) el concepto de alfabetización científica comprende tres dimensiones:

- Conceptual (comprensión y conocimientos necesarios).
- Procedimental (procedimientos, procesos, habilidades y capacidades). Entre estos últimos están la obtención y el uso de la información científica, la aplicación de la ciencia en la vida cotidiana y la divulgación del conocimiento científico de manera comprensible.
- Afectiva (emociones, actitudes, valores y disposición ante la alfabetización científica); es decir, generar aprecio e interés por la ciencia.

Quizás la definición del concepto que más se aproxima al Modelo del Colegio es aquella que señala que alfabetizar científicamente consiste en que la gran mayoría de la población disponga de los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria, ayudar a resolver los problemas y las necesidades de salud y supervivencia básicos, tomar conciencia de las complejas relaciones entre ciencia y sociedad, y considerar a la ciencia, en definitiva, como parte de la cultura de nuestro tiempo (Furió y Vilches, 1997).

La alfabetización científica debe concebirse como un proceso de “investigación orientada” que, superando el reduccionismo conceptual, permita a los alumnos participar en la aventura científica de enfrentarse

a problemas relevantes y (re)construir los conocimientos científicos que la enseñanza transmite habitualmente ya elaborados, lo que favorece un aprendizaje más eficiente y significativo. La idea de alfabetización científica es perfectamente congruente con la ya plasmada en el Modelo Educativo del Colegio, puesto que la cultura básica y el *aprender a aprender* consideran la participación del alumno en la resolución de problemas de su entorno, empleando para ello metodologías de trabajo adquiridas gracias a investigaciones semejantes.

Estrategias generales para la enseñanza de las ciencias

El espectro de las estrategias, cuyo fin es la enseñanza del conocimiento generado por las diversas ciencias, oscila entre aquellas donde el control de la implementación reside mayoritariamente en el profesor y aquellas en las que recae sobre todo en los alumnos (Treagust, 2007). Entre estos extremos, el grado de control disponible para cada actor varía de estrategia a estrategia, lo cual hace a unas más o menos adecuadas dependiendo de las circunstancias y los objetivos perseguidos.

Por lo general, seis son las principales estrategias empleadas —solas o en combinación— en las aulas y laboratorios de ciencias: 1) *demostraciones*, 2) *explicaciones en el aula*, 3) *series de preguntas*, 4) *formas de representación*, 5) *aprendizaje grupal y cooperativo*, y 6) *enfoques deductivo-inductivos*. Es en este orden que se expondrán en los párrafos siguientes, iniciando con aquellas donde el profesor lleva la batuta y terminando con aquellas en las que los alumnos gozan de una considerable autonomía.

Después de echar un vistazo a los antecedentes y a la problemática relativa a las estrategias de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, se hará una exposición de cada una de las estrategias mencionadas anteriormente, subrayando en cada caso los principales aspectos teóricos y empíricos que las sustentan, así como ejemplos ilustrativos de su aplicación y efectividad. Cabe mencionar que, *aunque ninguna estrategia es por sí sola una panacea educativa, todas deben formar parte del repertorio del Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) de cada profesor de ciencias*. Una combinación juiciosa de estrategias ofrece la posibilidad de cumplir con la variedad de objetivos planteados para la educación en ciencias de manera más eficaz y satisfactoria.

Antecedentes y problemática

Aunque varios de estos métodos se han usado con fines pedagógicos desde el siglo XIX —por ejemplo, las demostraciones y las explicaciones en el aula—, ha sido hasta hace unos veinte años que tales métodos se han venido aplicando de manera sistemática al amparo de cuatro supuestos básicos de cuyo cumplimiento depende la efectividad de la enseñanza/aprendizaje.

El primero de estos supuestos es la teoría constructivista, es decir, la creencia en que el aprendizaje real y significativo pasa por la construcción —por cada alumno— del propio conocimiento, y no se da por la simple aprehensión de la cátedra dictada por el profesor. Es por medio de esta construcción intencional del conocimiento, que parte del conocimiento previo con que cada aprendiz cuenta, que se construye una representación útil y coherente del mundo (Sinatra y Pintrich, 2003). Una exposición más detallada del supuesto constructivista y su papel en la enseñanza de las ciencias puede encontrarse en los textos de Anderson y Helms (2001) y de Duit y Treagust (1998).

El segundo supuesto consiste en el reconocimiento de que la enseñanza/aprendizaje del contenido científico es, en sí misma, problemática, debido a que: 1) no es función únicamente de lo que ocurre en el aula y del desempeño docente, sino que está supeditada a las ideas previas —o ideas alternativas— en la mente de los alumnos; 2) obedece a diferentes propósitos e intereses, dependiendo del currículo que se tome en consideración (por ejemplo, dar bases científicas sólidas, ayudar al alumno a que se explique a sí mismo los fenómenos, familiarizarlo con las explicaciones científicas correctas, capacitarlo para tomar buenas decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología, y facilitarle lidiar con la ciencia en su vida cotidiana); 3) los alumnos responden, afectivamente, de diferente manera ante diferentes contenidos; 4) los contenidos están, en buena medida, divorciados de las habilidades científicas, y 5) muchos docentes no poseen un dominio mínimo del contenido que supuestamente enseñan (Fensham, 2001).

El tercer supuesto es la importancia de fomentar la metacognición en los alumnos, sin importar qué estrategia se elija, puesto que un mejoramiento en la capacidad metacognitiva puede traducirse en un avance en el aprendizaje del contenido disciplinar (Gunstone, 1994, Hennessey et al., 1995). En este sentido, Baird y White (1996, p. 194) han definido la metacognición como una serie de estrategias empleadas con el fin de llevar a cabo una investigación, y comprende “la reflexión (para determinar los propósitos de la investigación) y la acción (para generar información)”.

El cuarto y último supuesto que ha guiado el uso de las estrategias para la enseñanza/aprendizaje de las ciencias es la posibilidad (llevada a la práctica ya por algunos profesores) de usar las estrategias con fines tanto pedagógicos como de investigación —en forma de proyectos de investigación-acción—, permitiendo con ello la evaluación de la efectividad de las estrategias mismas (Hodson y Bencze, 1998).

Incorporar estos supuestos a la enseñanza de la ciencia representa uno de los mayores retos para docentes, académicos y funcionarios, a la vez que constituye una de las posibilidades más prometedoras para incrementar la eficacia del aprendizaje de los alumnos.

Demostraciones

En términos generales, las demostraciones se conciben como una alternativa más económica y segura que la experimentación en el laboratorio; han sido una estrategia muy socorrida desde hace más de un siglo, pues el docente dispone del control sobre su implementación, en detrimento de los alumnos. Se han identificado dos objetivos principales que las demostraciones pueden cumplir con éxito: *motivar al alumno y aumentar su grado de participación cognitiva en la clase*.

Las demostraciones cumplen el objetivo motivacional gracias a su naturaleza: suelen ser atractivas, sorprendentes o dramáticas. Sin embargo, a pesar de este efecto, no necesariamente contribuyen a que los alumnos comprendan el fenómeno observado o el concepto ilustrado. El porqué de esta deficiencia lo explican las ideas previas o preconcepciones de los alumnos, ya que éstas evitan que vean o noten lo que el profesor supone que deberían ver o notar. Por ejemplo, en la demostración de cómo se transfiere el calor entre líquidos con diferentes temperaturas, alumnos y profesor no comparten el mismo marco teórico (Roth et al., 1997). En vista de esto, el papel del docente en las demostraciones debe ser el de una especie de intérprete del fenómeno científico y los conceptos o teorías que lo explican (Watson, 2000).

Una estrategia muy fértil para que los alumnos comprendan el propósito de la demostración consiste en combinar la demostración con la explicación en el aula, de manera tal que la explicación se ciña a un fenómeno concreto y fluya naturalmente de él (Ogborn *et al.*, 1996).

Una máquina que ha rejuvenecido las demostraciones es la computadora, la cual permite la visualización, la simulación y el modelaje de fenómenos, tres aspectos íntimamente relacionados con las demostraciones (Linn, 2003). Asimismo, los programas de computadora pueden disminuir aún más la dificultad, el costo, el tiempo y el riesgo asociados con las demostraciones en el aula. Los hallazgos reportados acerca del *uso combinado de las demostraciones, la estrategia Predecir-Observar-Explicar (POE) y las TIC apuntan a que la interactividad propia de las computadoras —muchas veces ausente en las demostraciones tradicionales— ofrezca oportunidades inéditas de enseñanza/aprendizaje* que despierten el interés y la atención de los alumnos, lo que implica la posibilidad de que desarrollen una mejor comprensión del contenido curricular de las ciencias (Bereiter y Scardamalia, 1989).

Explicaciones en el aula

De acuerdo con Horwood (1988), las explicaciones son un factor crítico para que los alumnos entiendan lo que ocurre en el mundo natural y se apropien del conocimiento científico. La peculiaridad de una explicación es que conecta unidades de información discretas, y en apariencia dispares, para producir un entramado conceptual coherente. En esencia, elegir las explicaciones como estrategia pedagógica implica explicar de manera oral hechos, conceptos, leyes y teorías a los alumnos, así como enseñar a éstos a expresar oralmente lo que han entendido. *En este punto el incipiente dominio del contenido disciplinar resta efectividad a esta estrategia: “no se puede explicar lo que no se entiende”* (Johnson-Laird, 1983).

Los elementos usados con frecuencia por los docentes en el curso de una explicación en el aula son los siguientes: 1) argumentos deductivos e inductivos presentados interactivamente; 2) lenguaje oral o escrito enriquecido con gesticulaciones; 3) estrategias como modelos físicos o demostraciones (Gilbert *et al.*, 2000), y 4) narraciones o cuentos. El lenguaje es esencial para estos elementos, y las funciones que desempeña —como agente formador de significados— son (Ogborn *et al.*, 1996): 1) llamar la atención sobre diferencias relevantes entre el profesor y los alumnos en cuanto a conocimiento, interés, poder o familiaridad con el contenido; 2) construir conceptos, como pueden ser la energía, el calor o el gen; 3) manipular o transformar el conocimiento por medio de analogías y metáforas (por ejemplo, los átomos son como bolas de billar), y 4) persuadir a los alumnos de que las cosas son como dice la ciencia que son, a veces imponiendo significados sobre los objetos o procesos (diciéndoles, por ejemplo, que la materia está hecha de átomos).

Series de preguntas

Las investigaciones sobre el tema han demostrado que hay, cuando menos, tres aspectos esenciales para asegurar la eficacia de las series de preguntas como estrategia didáctica: 1) el tiempo de espera (Rowe, 1974); 2) los patrones de diálogo (Lemke, 1990), y 3) la verificación de la comprensión de los alumnos planteando preguntas de alto nivel cognitivo (Mortimer y Scott, 2000).

En cuanto al primer aspecto, se sabe que un tiempo de espera muy corto después de planteada una pregunta —periodo en el que los alumnos reflexionan en busca de una respuesta apropiada— vuelve ineficiente e improductiva la enseñanza vía la estrategia de serie de preguntas. Este efecto pernicioso es particularmente marcado si el profesor busca que, con las preguntas, los alumnos desarrollen un pensamiento o conocimiento de altos niveles cognitivos. *Un prolongado tiempo de espera ofrece a los estudiantes tiempo suficiente para el procesamiento cognitivo de la pregunta, y tiende a mejorar los intercambios entre el profesor y sus estudiantes* (Tobin et al., 1994).

En lo referente al segundo aspecto, *el mejor patrón de diálogo entre alumnos y profesor tiene que ir más allá del tradicional esquema triádico (pregunta-respuesta-reacción)* identificado por Lemke (1990). Alternativas a este esquema son: 1) el diálogo inquisitivo motivado por los alumnos, donde son ellos mismos quienes comienzan la serie de preguntas y es el profesor quien responde; 2) el diálogo profesor-alumno, un prolongado intercambio entre el profesor y un único alumno, alternando entre esquemas como el triádico y el diálogo inquisitivo motivado por el alumno; 3) el debate entre alumnos y profesor, donde los estudiantes retan al profesor o discrepan de lo que dice acerca del contenido disciplinar; 4) el diálogo verdadero, un patrón de conversación en el que tanto el profesor como los alumnos plantean y responden preguntas, y reaccionan ante lo que su interlocutor responde como ocurre en una conversación genuina; 5) la discusión cruzada, donde los estudiantes discuten entre sí mientras el profesor actúa como moderador de la discusión o como un participante más en la discusión, sin privilegios especiales (Lemke, 1990).

Para finalizar, en lo que respecta al tercer aspecto —plantear preguntas de alto nivel cognitivo—, la investigación indica que este tipo de preguntas mejoran la calidad del discurso en el aula. Puesto que el diálogo puede ayudar a asignar significados y desarrollar un entendimiento del contenido científico, el profesor puede coadyuvar en estos procesos si rutinariamente corrobora el grado de comprensión de los alumnos de alguna de estas tres maneras: 1) pedir que estos últimos clarifiquen sus ideas oralmente; 2) constatar la comprensión de cada alumno, y 3) explorar el consenso en el aula acerca de ideas complejas o controvertidas (Mortimer y Scott, 2000). En última instancia, *es la calidad de las preguntas la que determina la calidad del aprendizaje logrado* (Koufetta-Menicou y Scaife, 2000).

Analogías y metáforas

Las analogías y las metáforas son representaciones de objetos basadas en la identificación de similitudes entre diferentes entidades, reales o abstractas. Ejemplos clásicos son el ojo como una cámara fotográfica, los electrones en el átomo como los planetas del sistema solar, la molécula de benceno como un Uroboros, el enlace químico como una liga que se estira, y las ondas lumínicas como ondas en un estanque. En vista de la importancia tanto histórica como práctica de las analogías para la ciencia —es una de las principales formas como los científicos ejercitan su creatividad cuando se enfrascan en la tarea de idear modelos o teorías—, tanto metáforas como analogías se han usado reiteradamente como herramientas explicativas en libros de texto. No menos importante es que *el proceso de enseñanza/aprendizaje de la ciencia busca que los alumnos reconstruyan los modelos y las teorías aceptadas por la ciencia actual, en cuya construcción inicial las analogías y las metáforas desempeñaron un papel central* (Justi y Gilbert, 2002).

Además de su función explicativa, las analogías y las metáforas —al igual que las demostraciones— también cuentan con un importante componente motivacional, en la medida en que buscan despertar el interés de los alumnos haciéndoles menos árida la abstracción científica (Harrison y Treagust, 1994, Martins y Ogborn, 1997, Venville y Treagust, 1996), y toman la forma de exposiciones orales o escritas, gráficas o imágenes, demostraciones, modelos matemáticos y simulaciones semiabstractas (Van Someren *et al.*, 1998).

Algunas evidencias arrojadas por la investigación sobre el tema apoyan la idea de que *el uso juicioso de analogías y metáforas tiene efectos positivos sobre el aprendizaje del contenido científico y puede incluso llegar a fomentar un cambio conceptual*. Así, por ejemplo, se usa un carrito con ruedas oblicuas que se desplazan sobre diferentes superficies para representar la refracción de la luz (Treagust *et al.*, 1996); los docentes y alumnos construyen metáforas y analogías a partir de su conocimiento cotidiano para mostrar el papel del ADN en la genética (Martins y Ogborn, 1997), y cuando se aplican analogías antropomórficas para representar el enlace químico (Coll y Treagust, 2002).

A pesar de sus beneficios, las analogías y las metáforas también *pueden causar confusiones y malas interpretaciones* (Glynn, 1991), *particularmente si no se explica, de manera lo más explícita posible, cuáles son los límites de la analogía o la metáfora —es decir, cuáles aspectos entre el objeto de la analogía y la entidad análoga no son comparables y cuáles sí—, o en qué casos es válida la analogía*. Este problema se agrava cuando los profesores recurren irreflexivamente a analogías o metáforas tópicas —consignadas en la mayoría de los libros de texto más tradicionales— sin atinar a explicar a los alumnos sus alcances, significados e implicaciones. El modelo de enseñanza *Focus, Action, and Reflection* (“Enfocar, Acción y Reflexión”, FAR por sus siglas en inglés) fue diseñado con el propósito de mitigar este problema (Treagust *et al.*, 1998). El modelo instruye a los docentes para que hagan explícitas las semejanzas y diferencias entre la analogía o la metáfora y el concepto meta.

Otra solución al problema descrito es el uso de múltiples analogías para un mismo concepto meta (Glynn, 1991), de manera tal que el alumno pueda aprenderlo desde varias perspectivas diferentes y formarse una “imagen” más completa y matizada: cada analogía o metáfora resalta características que otras pasan por alto. Harrison y Treagust (2000) reportaron evidencias en favor de esta tentativa de solución, pues descubrieron que aquellos alumnos que “negociaron socialmente los atributos compartidos y no compartidos de modelos analógicos comunes de átomos, moléculas y enlaces químicos usaron estos modelos de manera más consistente en sus explicaciones” y quienes fueron conminados a usar múltiples modelos de las partículas “mostraron una mayor comprensión científica de las partículas y más interacciones en comparación con aquellos alumnos que se concentraron en un solo modelo” (Treagust, 2007, p. 381).

La introducción de la computadora en el aula —y de las TIC en general— ha servido para entender mejor los papeles que las analogías y las metáforas pueden desempeñar en la enseñanza/aprendizaje de la ciencia. De acuerdo con estudios sobre ambientes informáticos de aprendizaje con múltiples representaciones [*computer-based multirepresentational learning environments*], las representaciones múltiples externas (o MER por sus siglas en inglés) —el nombre dado a las analogías y las metáforas en este campo de estudio— cumplen tres papeles principales: 1) *complementar*, es decir, proporcionar información adicional o complementar los procesos cognitivos de los alumnos con herramientas como diagramas; 2) *constreñir*, es decir, limitar el número de posibles interpretaciones de una misma analogía, a fin de enfocar

la atención de los alumnos y propiciar la comprensión de la visión científica, y 3) *construir*, es decir, ayudar a los alumnos a que construyan un conocimiento más profundo del fenómeno en cuestión, identificando las relaciones existentes entre la analogía y el concepto meta (Ainsworth, 1999).

Niveles de representación

Además de las dificultades descritas en el apartado anterior, los diferentes niveles de representación que las analogías y metáforas pueden tener, constituyen un obstáculo más para los alumnos, ya que algunos niveles no son observables a simple vista. (Este problema es particularmente apremiante en el caso de la química, cuyos modelos alternan entre lo macroscópico/visible y lo microscópico/invisible.)

Los tres niveles de representación más comunes son: 1) el *simbólico*, que comprende una variedad de representaciones pictóricas, algebraicas e informáticas; 2) el *submicroscópico*, que comprende partículas como electrones, moléculas, partículas o átomos, y 3) el *macroscópico*, que comprende los fenómenos que ocurren en un mundo accesible a los sentidos. *El problema con estos niveles surge cuando los docentes mezclan los tres niveles sin aclarar a qué nivel se refieren cuando explican alguna idea y sin preocuparse por la exigencia cognitiva que impone a los alumnos el cambio abrupto y sin aviso entre niveles* (Johnstone, 1991).

Como en el caso de las analogías y las metáforas, una tentativa de solución al problema de la confusión de los niveles es hacer explícitos los alcances y limitaciones de cada uno, así como los saltos entre uno y otro durante las demostraciones o explicaciones en el aula. Otra es no tratar los tres niveles de manera simultánea en una misma clase (Johnstone, 1991), sino por el contrario organizar la secuencia didáctica de manera tal que el nivel macroscópico sea el primero que se manipule, seguido por el submicroscópico, y al final presentar el simbólico. Conforme el alumno se familiarice con cada uno de estos niveles y avance en los grados académicos, podrá ir articulándolos hasta formar un marco teórico coherente que incluya a los tres.

Aprendizaje grupal y cooperativo

Entre las estrategias incluidas en el presente documento, el aprendizaje grupal y cooperativo es de las más recientes, recibiendo un impulso considerable a partir de la aceptación de la teoría del constructivismo social de Vygotsky. Hasta el momento, se han empleado cinco diferentes estrategias cooperativas (TABLA 1.1) con éxito relativo en diferentes materias y niveles educativos, y un mejoramiento en las dimensiones cognitiva (es decir, en el desempeño académico), afectiva (en otras palabras, en una actitud positiva, aumento en la autoestima, interés en las tareas, más motivación, disfrute) y social (esto es, un ánimo cooperativo, apoyo a los pares) (Lazarowitz y Hertz-Lazarowitz, 1998).

**TABLA 1.1. ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE GRUPAL Y COOPERATIVO
(TOMADOS DE TREAGUST, 2007)**

<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Aprendizaje conjunto e individual.</i> Grupos heterogéneos de cuatro o cinco alumnos trabajan en equipo para lograr un objetivo compartido de manera que, en el proceso, desarrollen habilidades tanto personales como grupales (Johnson y Johnson, 1975).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>El aula rompecabezas.</i> El grupo se divide en grupos —el grupo rompecabezas— integrados por cinco alumnos. A cada integrante se le asigna una parte de una tarea a realizar en equipo. Se forman después nuevos grupos con los alumnos responsables de la misma tarea —el grupo experto— quienes, una vez que han dominado la tarea que les tocó desempeñar, regresan al grupo rompecabezas para compartir, en el papel de tutor, la experiencia adquirida como miembro del grupo experto (Aronson et al., 1978).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Equipos de alumnos y la división de logros y torneos de juegos en equipos.</i> Constan de cinco componentes: una presentación del profesor ante la clase, discusión, trabajo en equipo a partir de hojas de trabajo preparadas por el profesor, exámenes o juegos/torneos (Slavin, 1978, De Vries y Slavin, 1978).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Investigación grupal.</i> Consta de cuatro etapas: investigación, interacción, interpretación y motivación intrínseca. Los equipos se dedican a investigar temas diferentes pero relacionados: generan preguntas, recopilan información y construyen su propio conocimiento (Lazarowitz y Hertz-Lazarowitz, 1998).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Tutorías por pares en pequeños grupos de investigación.</i> Tiene cuatro características: investigación, interacción, interpretación y motivación intrínseca —igual que la estrategia de investigación grupal—, pero organizadas en seis etapas y con la característica adicional de que los propios alumnos actúan como tutores de sus compañeros (Lazarowitz y Karsenty, 1990).

La aplicación de estrategias de aprendizaje grupal y cooperativo requiere lo siguiente de los profesores: cuidar que las estrategias desarrollen las dimensiones cognitiva, afectiva y social (y no sólo la afectiva, como suele ocurrir); estar pendientes —para poner en práctica acciones compensatorias— de las diferencias socioculturales en lo referente a habilidad, género y diferencias culturales (un punto especialmente importante para sociedades multiculturales), y favorecer la interacción entre los pares integrantes de un equipo, evitando que cada uno de ellos —aunque nominalmente parte de un equipo— termine trabajando de manera individual.

Razonamiento inductivo y deductivo

Esta estrategia se basa en el ciclo de aprendizaje inicialmente propuesto por Karplus y Thier (1967) —a partir de las ideas de Piaget sobre el desarrollo epistemológico del aprendizaje— como una secuencia didáctica más fiel al trabajo que desempeñan los científicos cotidianamente. El ciclo comprende tres fases: *exploración, invención y descubrimiento*, actualizadas hoy como *informarse, verificar y poner en práctica* (Abraham, 1998).

En el ciclo tradicional, la etapa exploratoria permite a los estudiantes manipular el material y equipo a utilizar, familiarizarse con el fenómeno a estudiar o tratar incipientemente el concepto a desarrollar. La naturaleza de esta etapa es deductiva, pues implica que el alumno deduzca —a partir del concepto aún inmaduro y en exploración— predicciones que se verificarán o no experimentalmente. En la siguiente etapa, el alumno, discutiendo con el profesor y sus pares, debe inventar una explicación o concepto que dé cuenta de lo ocurrido en el experimento, se haya cumplido o no la hipótesis (rara vez se cumple en el primer intento). La naturaleza de esta etapa es inductiva, ya que conlleva la elaboración de una generalización a partir de los datos discretos arrojados por el experimento. Por último, en la etapa de descubrimiento, el alumno busca aplicar en un contexto nuevo el concepto o explicación que se desarrolló para poner a prueba su utilidad y veracidad. Idealmente, pasar por estas tres etapas capacita al alumno para adquirir el conocimiento conceptual deseado y para construir el conocimiento.

Las ventajas educativas del ciclo de aprendizaje se manifiestan en las dimensiones conceptual, procedimental, *actitudinal* y motivacional. Sin embargo, una de las principales desventajas radica en que se enfoca demasiado en el aprendizaje individual y se deja de lado el aspecto social de la construcción del conocimiento, a pesar de la discusión presente en la segunda etapa. Es por esto que conviene combinar esta estrategia con alguna otra, preferentemente el aprendizaje grupal y colaborativo.

Bibliografia

- ABRAHAM, M. R. (1998) "The Learning Cycle Approach as a Strategy for Instruction in Science", en Fraser, B. J. & Tobin, K. G. (Eds.) **International Handbook of Science Education**. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer.
- AINSWORTH, S. E. (1999) "The Functions of Multiple Representations". **Computers and Education**, 33, 131-152.
- ANDERSON, R. D. & Helms, J. V. (2001). "The Ideal of Standards and the Reality of Schools; Needed Research". **Journal of Research in Science Teaching**, 38, 3-16.
- ARONSON, E., Stephan, C., Blaney, N. & Snapp, M. (1978) **The Jigsaw Classroom**, Beverly Hills, CA, Sage.
- BAIRD, J. R. & White, R. T. (1996). "Metacognitive Strategies in the Classroom", en Treagust, D. F., Duit, R. & Fraser, B. J. (Eds.) **Teaching and Learning of Science and Mathematics**. New York, Teachers College Press.
- BEREITER, C. & Scardamalia, M. (1989) "International Learning as a Goal of Instruction". En Resnick, L. B. (Ed.) **Knowing, Learning, and Instruction: Essays in Honor of Robert Glaser**. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- COLL R. K. & Treagust, D. F. (2002). "Learners' Use of Analogy and Alternative Conceptions for Chemical Bonding: A Cross-Age Study". **Australian Science Teachers' Journal**, 48, 24-32.
- DE VRIES, D. L. & Slavin, R. E. (1978). "Teams-Games-Tournament (TGT): Review of Ten Classroom Experiments". **Journal of Research and Development in Education**, 12, 28-38.
- DUIT, R. & Treagust, D. F. (1998). "Learning in Science - From Behaviourism towards Social Constructivism and Beyond". in Fraser, B. & Tobin, K. G. (Eds.) **International Handbook of Science Education**, Part 1. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer.
- FENSHAM, P. J. (2001). "Science Content as Problematic Issues for Research", en Behrendt, H., Dahncke, H., Duit, R., Komorek, W. M., Kross, A. & Reiska, P. (Eds.) **Research in Science Education - Past, Present and Future**. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer.
- GILBERT, J., Boulter, C. J. & Elmer, R. (2000). "Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education". In Gilbert, J. & Boulter, C. J. (Eds.) **Developing Models in Science Education**. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer.
- GLYNN, S. M. (1991). "Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model". En Shawn, M., Glynn, S. M., Yeany, R. H. & Britton, B. K. (Eds.) **The Psychology of Learning Science**. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- GUNSTONE, R. F. (1994). "The Importance of Specific Science Content in the Enhancement of Metacognition". In Fensham, P. J., Gunstone, R. F. & White, R. T. (Eds.) **The Content of Science: A Constructivist Approach to Its Teaching and Learning**. London: Falmer Press.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1994). "Science Analogies", en **Science Teacher**, 61, 40-43.
- HARRISON, A. G. & Treagust, D. F. (2000). "Learning about Atoms, Molecules, and Chemical Bonds: A Case Study of Multiple-Model Use in Grade 11 Chemistry", en **Science Education**, 84, 352-381.
- HENNESSEY, S., Twigger, D., Driver, R., O'Shea, T. & Byard, M. (1995). "Design of a Computer-Augmented Curriculum for Mechanics", en **International Journal of Science Education**, 17, 75-92.
- HODSON, D. & Bencze, L. (1998). "Becoming Critical about Practical Work: Changing Views and Changing Practice through Action Research". **International Journal of Science Education**, 20, 683-694.
- HORWOOD, R. H. (1988) Explaining and Description in Science Teaching". in *Science Education*, 72, 41-49.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983) **Mental Models Cambridge**, Cambridge University Press.
- JOHNSON, D. W. & Johnson, R. T. (1975) **Learning Together and Alone, Englewood Cliffs**, New Jersey, Prentice-Hall.
- JOHNSTONE, A. H. (1991). "Why Is Science Difficult to Learn? Things Are Seldom What They Seem". **Journal of Computer Assisted Learning**, 7, 75-83.
- JUSTI, R. & Gilbert, J. K. (2002). "Models and Modelling in Chemical Education". En Gilbert, J. G., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F. & Van Driel, J. H. (Eds.) **Chemical Education: Towards Research Based Practice**. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer.

- KARPLUS, R. & Thier, H. D. (1967) **A New Look at Elementary School Science**, Chicago, Rand McNally.
- KOUFETTA-MENICOU, C. & Scaife, J. (2000). "Teachers' Questions - Types and Significance in Science Education", en **School Science Review**, 81, 79-84.
- LAZAROWITZ, R. & Hertz-Lazarowitz, R. (1998). "Cooperative Learning in the Science Curriculum". En Tobin, K. G. (Ed.), en **International Handbook of Science Education**. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer.
- LAZAROWITZ, R. & Karsenty, G. (1990). "Cooperation Learning and Students' Self-Esteem in tenth Grade Biology Classroom". En Sharan, S. (Ed.) **Cooperative Learning, Theory, and Research**. New York, Praeger.
- LEMKE, J. L. (1990) **Talking Science: Language, Learning, and Values**, Norwood, NJ, Ablex.
- LIEW, C. W. & Treagust, D. F. (1995). "A Predict-Observe-Explain Teaching Sequence for Learning about Students' Understanding of Heat and Expansion Liquids", en **Australian Science Teachers' Journal**, 41, 68-71.
- LINN, M. C. (2003). "Technology and Science Education: Staring Points, Research Programs and Trends. **International Journal of Science Education**, 25, 727-758.
- MARTINS, I. & Ogborn, J. (1997) "Metaphorical Reasoning about Genetics", en **International Journal of Educational Research**, 19, 48-63.
- MORTIMER, E. & Scott, P. (2000). "Analysing Discourse in the Science Classroom". En Millar, R., Leach, J. & Osborne, J. (Eds.) **Improving Science Education: The Contribution of Research**. Buckingham, UK / Philadelphia, Open University Press.
- OGBORN, J., Kress, G., Martin, I. & McGillicuddy, K. (1996) **Explaining Science in the Classroom**, Buckingham, UK, Open University Press.
- PALMER (1995). "The POE in the Primary School: An Evaluation", en **Research in Science Education**, 25, 323-333.
- ROTH, W. M., McRobbie, C. J., Lucas, K. B. & Boutonne, S. (1997). "The Local Production of Order in Traditional Science Laboratories: A Phenomenological Analysis", en **Learning and Instruction**, 7, 107-136.
- ROWE, M. B. (1974). "Wait-Time and Rewards as Instructional Variables, Their Influence on Language, Logic, and Fate Control: Part One - Wait Time", en **Journal of Research in Science Teaching**, 11, 81-94.
- SINATRA, G. M. & Pintrich, P. R. (2003) **International Conceptual Change**, Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.
- SLAVIN, R. E. (1978). "Student Teams and Achievement Divisions", en **Journal of Research and Development in Education**, 12, 39-49.
- TOBIN, K. G., Tippinss, D. J. & Gallard, A. J. (1994). "Research on Instructional Strategies for Teaching Science". En Gabel, D. L. (Ed.) **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**. New York, MacMillan.
- TREAGUST, D. F. (2007). "General Instructional Methods and Strategies". En Abell, S. K. & Lederman, N. G. (Eds.) **Handbook of Research on Science Education**. Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.
- TREAGUST, D. F., Harrison, A. G. & Venville, G. J. (1998) "Teaching Science Effectively with Analogies: An Approach for Pre-Service and In-Service Teacher Education". **Journal of Science Teacher Education**, 9, 85-101.
- TREAGUST, D. F., Harrison, A. G., Venville, G. J. & Dagher, Z. (1996). "Using an Analogical Teaching Approach to Engender Conceptual Change", en **International Journal of Science Education**, 18, 213-229.
- VAN SOMEREN, M. W., Boshuizen, H. P. A., De Jong, T. & Reimann, P. (1998). "Introduction". En De Jong, T. (Ed.) **Learning with Multiple Representations**. London, Elsevier Science.
- VENVILLE, G. J. & Treagust, D. F. (1996). "The Role of Analogies in Promoting Conceptual Change in Biology", en **Instructional Science**, 24, 295-320.
- WATSON, R. (2000). "The Role of Practical Work". En Monk, M. & Osborne, J. (Eds.) **Good Practice in Science Teaching**. Buckingham, UK / Philadelphia, Open University Press.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Dr. José Narro Robles
Rector

Dr. Eduardo Bárzana García
Secretario General

Lic. Enrique del Val Blanco
Secretario Administrativo

Dr. Francisco José Trigo Tavera
Secretario de Desarrollo Institucional

MC. Miguel Robles Barcena
Secretario de Servicios a la Comunidad

Lic. Luis Raúl González Pérez
Abogado General

Enrique Balp Díaz
Director General de Comunicación Social



COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

Lic. Lucía Laura Muñoz Corona
Directora General

Ing. Genaro Javier Gómez Rico
Secretario General

Lic. Graciela Díaz Peralta
Secretaria Académica

Lic. Juan A. Mosqueda Gutiérrez
Secretario Administrativo

Lic. Araceli Fernández Martínez
Secretaria de Servicios de Apoyo al Aprendizaje

Lic. Arturo Souto Mantecón
Secretario de Planeación

Lic. Guadalupe Márquez Cárdenas
Secretaria Estudiantil

Mtro. Trinidad García Camacho
Secretario de Programas Institucionales

Lic. Laura S. Román Palacios
Secretaria de Comunicación Institucional

Ing. Juventino Ávila Ramos
Secretario de Informática

Directores de los planteles

Lic. Sandra Aguilar Fonseca
Azcapotzalco

Mtra. Beatriz Cuenca Aguilar
Naucalpan

Dr. Roberto Ávila Antuna
Vallejo

Lic. Arturo Delgado González
Oriente

Lic. Jaime Flores Suaste
Sur



COLEGIO DE
CIENCIAS Y
HUMANIDADES | 1971
2011