



TRANSVERSALIDAD

(en Química)

Dr. Adolfo Obaya Valdivia

Transversalidad

Introducción

Desde el ámbito educativo, es lo que permite conectar contenidos temáticos de diferentes asignaturas, en una actividad o en un proyecto de trabajo.

¿Cómo lograrla?

Realizando trabajo colegiado entre docentes para organizar un plan de trabajo académico.

Aplicando las herramientas digitales es posible conectar más de una asignatura, mediante una actividad o proyecto.

Fomentando el trabajo colaborativo, el respeto, la comunicación.

CUALIDADES

Al conectar diferentes contenidos temáticos con otras asignaturas, permite al alumno:

El aprendizaje holístico:

Proceso educativo que favorece obtener una visión amplia y dinámica.

El aprendizaje significativo:

Al contextualizar su quehacer académico con su entorno social, asumiendo un rol activo.

El aprendizaje constructivista:

Requiere investigar, descubrir, organizar la información y crear sus conceptos e ideas.

CUALIDADES

Al trabajar por proyectos implica que el alumno alcance un nivel de aprendizaje:

Conceptual

porque maneja, explica y argumenta en torno a un objeto de aprendizaje.

Procedimental

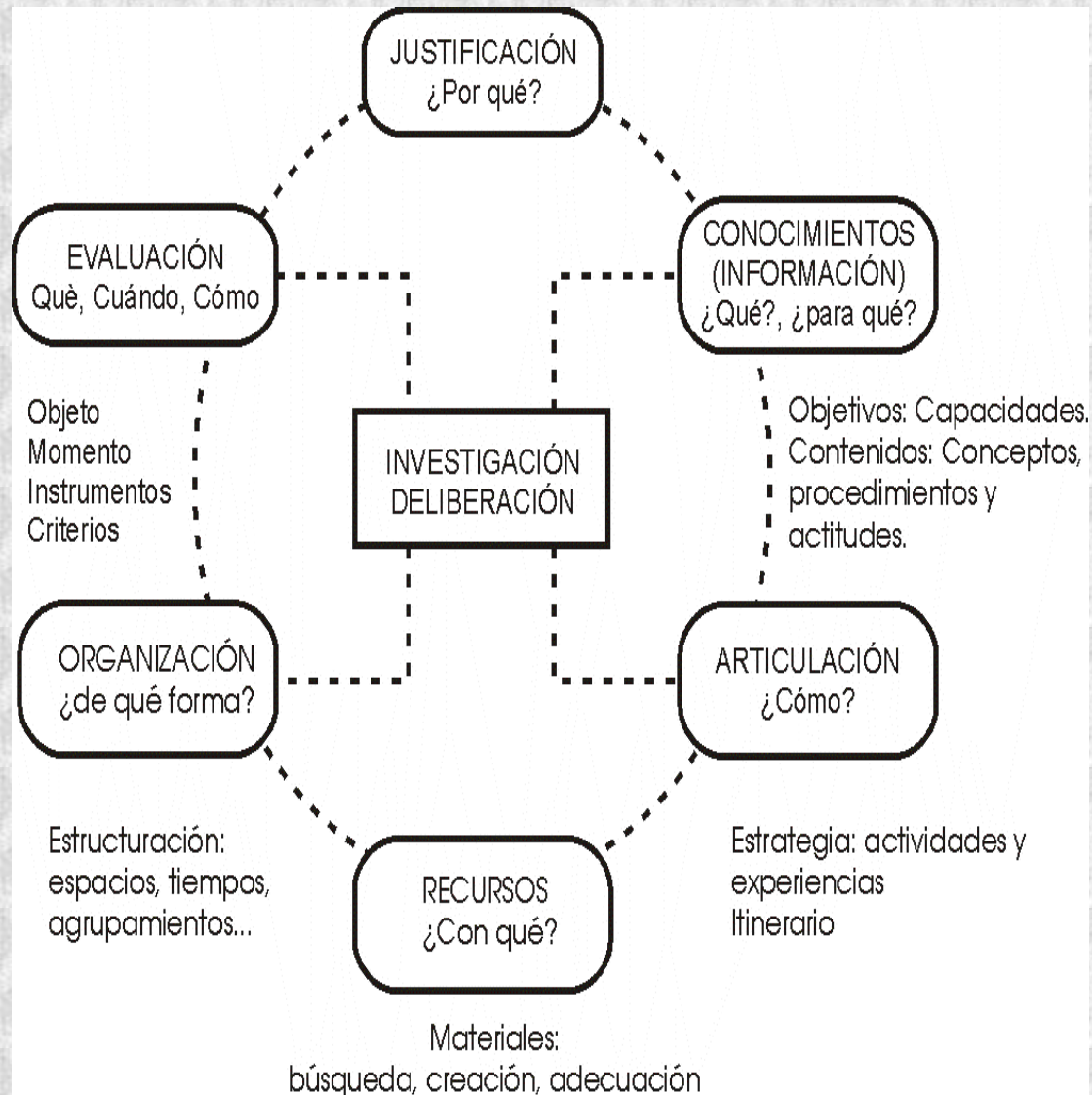
porque planea, diseña y crea cómo expandir o transmitir su objeto de aprendizaje.

Actitudinal

porque trabaja en equipo, de manera colaborativa, facilita el diálogo y comparte un aprendizaje con los demás, promueve valores para convivir.

Cuadro1. Valores en que se apoya la enseñanza experimental de las ciencias

| |
|---------------------------------------|
| 1. Anhelos de saber y entender |
| 2. Discusión de todas las cosas |
| 3. Búsqueda de datos y su significado |
| 4. Demanda de verificación |
| 5. Respeto a la lógica |
| 6. Consideración de las premisas |
| 7. Consideración de las consecuencias |



Ejemplo de UVE de Gowin para valor nutricional.

Propósitos: Identificar el valor nutricional de los alimentos, mediante el uso de reactivos específicos, para detectar presencia de proteínas, carbohidratos y lípidos.

Teoría: Investiga las características más importantes acerca del valor biológico de los alimentos en cuanto a proteínas, carbohidratos y lípidos.

Conceptos:

Valor biológico: Es un valor exclusivamente de la vida.

Valor nutrimental: Es el factor de índole alimenticia.

Hipótesis: Si los alimentos proveen de diferentes elementos en cuanto a proteínas, carbohidratos y lípidos, entonces al hacerlos reaccionar con algunos reactivos que los marquen, podremos saber cuál es su aporte en lo biológico.

Material:

4 alimentos (carne, fruta, cacahuete y alimento industrial).

1 pedazo de papel de estraza.

1 mortero con pistilo

4 tubos de ensayo

1 gradilla

Solución de Fehling A y B

Solución de Biuret en frasco gotero

1 mechero.

Preguntas centrales:
1- ¿Cuál de los alimentos tuvo más de un nutrimento?
2. ¿Cuál alimento aportó menos nutrimentos?

Identificación de alimentos

Procedimiento:

1. Macera finamente los alimentos con 5 ml de agua cada uno por separado.
2. Marca los tubos del 1 al 4 y las porciones de papel también.
3. Anota en el cuadro de registro el color del alimento previo a la reacción.
4. Coloca un poco de cada alimento en un tubo de ensayo y adiciona 10 gotas de reactivo de Biuret, agita y observa el cambio de coloración.
5. En otro tubo de ensayo coloca un poco de la muestra, agrega la solución de Fehling A y B, agita ligeramente y sométela a calentamiento, observa la variación de la coloración.

Registro de resultados:

| Alimento | Papel | Antes del reactivo | Después del reactivo |
|---------------------|-------|--------------------|----------------------|
| Carne | | | |
| Fruta | | | |
| Cacahuete | | | |
| Alimento industrial | | | |

Transformación del conocimiento

| Alimento | Lípidos | Carbohidratos | proteínas |
|---------------------|---------|---------------|-----------|
| Carne | | | |
| Fruta | | | |
| Cacahuete | | | |
| Alimento industrial | | | |

Afirmación del conocimiento:

1. Contesta tus preguntas centrales
2. Analiza los resultados obtenidos

Conclusiones: Con base a tus resultados establece 3 conclusiones

Cuadro 2. Ejemplos de temáticas para investigación de situaciones problemáticas en la transversalidad

Tipo de energía que necesita el cerebro para funcionar

Conversión de energía luminosa en energía mecánica

Cómo funcionan los controles remoto de la TV, modular, DVD y videos

El aire que inhalamos y exhalamos

Lluvia ácida

Elaboración de un gel para cabello

Valor nutricional de alimentos

Cuadro 3. Características de la evaluación en la transversalidad

1. Productos observables

2. Focalización de la actividad cualitativa durante todo el proceso de enseñanza aprendizaje

3. Valoración del grado de significancia de los aprendizajes logrados por los estudiantes

4. Grado de control y responsabilidad

5. Evaluación de la utilidad o eficacia de las estrategias de enseñanza propuestas en clase

6. Aportaciones curriculares del contexto escolar (conceptual, procedimental y actitudinal)

7. Retroalimentación del proceso

8. Autoevaluación de los alumnos

TEMÁTICAS RELACIONADAS DIRECTAMENTE CON LA DISCIPLINA

| Disciplina | Núcleo de interés | Estudio de Casos |
|-------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Calor | Física de la cocina | Estudio de un calentador de gas |
| Electricidad | La electricidad en casa | Estudio de una cocina eléctrica |
| Ondas | Física de ondas | Estudio de las olas de una playa |

Condicionadas a la metodología de trabajo, mediante resolución de situaciones problemáticas enmarcadas en CTSA.

| | |
|---|---|
| Problema 1 | ¿Por qué muchas especies de animales acuáticos no pueden vivir en aguas estancadas? |
| Problema 2 | Si el petróleo flota y se mantiene en la superficie ¿por qué es tan dañina una mancha negra para los animales sumergidos? |
| Problema 3 Subproblema 3.1 Subproblema 3.2 | ¿Cómo funciona una planta depuradora de agua? ¿En que se diferencia una planta depuradora a una planta potabilizadora de agua? Si el agua que sale de una planta depuradora no es potable ¿para qué sirve? y ¿por qué se dice que aumenta la disponibilidad de agua para beber? |

| | |
|--|---|
| <p>Problema 4 Subproblema 4.1</p> | <p>¿Por qué se cambió la gasolina con plomo por gasolina sin plomo?</p> <p>¿Para qué sirve el catalizador del tubo de escape de los coches?</p> |
| <p>Problema 5 Subproblema 5.1 Subproblema 5.2</p> | <p>¿Qué sucede con las basuras de nuestros domicilios?</p> <p>¿Cómo se hace el reciclado del vidrio?</p> <p>¿Qué ventajas y problemas da el reciclado de papel?</p> |

Conclusiones y recomendaciones

La TRANSVERSALIDAD sirve como instrumento de investigación didáctica en la medida que informa como evoluciona la planificación inicial y la utilidad de las estrategias seguidas, lo que permite, desde la misma acción, comprobar y fundamentar la eficacia del proceso y de las técnicas utilizadas. Informa al alumno de las evoluciones y cambios alcanzados.

La transversalidad pretende fomentar la investigación en el alumno, como la herramienta más adecuada para la construcción de conceptos, procedimientos y actitudes. La investigación del alumno, ha de enmarcarse en un modelo general de intervención en el aula e integrar, en forma de saber escolar, las aportaciones del saber cotidiano y del saber científico, partiendo de la resolución de problemas prácticos. Propicia que el alumno vaya aproximando sus concepciones al conocimiento científico.

El tratamiento de problemas, en la transversalidad y entendida como la investigación que se desarrolla como proceso didáctico, propicia el aprendizaje significativo en la medida en que:

- Facilita que expliciten y pongan a prueba las concepciones del alumno implicadas en la situación-problema.
- Fuerza la interacción de esas concepciones con otras informaciones procedentes de su entorno físico y social.
- Posibilita el que en esa interacción, se reestructuren las concepciones del alumno.
- Favorece la reflexión sobre el propio aprendizaje y la evaluación de las estrategias utilizadas y de los resultados obtenidos

La transversalidad tiene aplicación en todos los niveles de enseñanza de las ciencias, permitiendo un enfoque interdisciplinario en los diversos proyectos del área químico biológicas que se realizan con base a esta herramienta.

Un plan diario de clase permite organizar y transmitir de manera significativa el proceso enseñanza aprendizaje.

En el caso de trabajo cooperativo se puede observar una mejor convivencia e integración de los equipos de trabajo; ya que entre ellos mismos se explican y analizan y proponen soluciones a las situaciones problemáticas presentadas.

El uso de la técnica V de Gowin en el laboratorio facilita la adquisición y el registro del proceso del conocimiento científico experimental utilizado en el laboratorio.

Con base en nuestra experiencia, la transversalidad motiva al estudiante para el trabajo en equipo de carácter interdisciplinario y mejora su rendimiento académico.

De los resultados obtenidos en la evaluación continua se puede comprobar que los alumnos que manejaron esta propuesta metodológica tienen como característica “pensar antes de actuar”.

•Bibliografía

- Alsop, S. “ Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study”. *International Journal of Science Education* vol. **23**, 3, 263-282 (2001)
- Bennett, N. “Cooperative learning in classrooms: processes and outcomes”. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* vol. **32**, 581-594 (1991)
- Bennett, J. and Kenedy, D. “Practical work at the upper high school level: the evaluation of a new model of assessment”. *International Journal of Science Education* vol. **23**, 1, 97-110 (2001)
- Eilks, I. “Promoting scientific and technological literacy: teaching Biodiesel”. *Science Education International* vol. **11**, 1, 16-21 (2000)
- Henderson, L. and Busing, C. “ A Peer-Reviewed Research Assignment for Large Classes”. *Journal of College Science Teaching* vol. **30**, 2, 109-113 (2000)
- Jones, R.M., and Steinbrink, J.E. “Using cooperative groups in science teaching”. *School Science and Mathematics*, (7), 541-51 (1988)
- Krockover, G. “Action-Based Research Teams: Collaborating to Improve Science Instruction”. *Journal of College Science Teaching* vol. **30**, 5, 313-317 (2001)
- Levine, E. “Reading Your Way to Scientific Literacy”. *Journal of College Science Teaching* vol. **31**, 2, 122-125 (2001)
- Liu, X. “Synthesizing research on student conceptions in science”. *International Journal of Science Education* vol. **23**, 1, 55-81 (2001)
- Obaya, A. ”Getting Cooperative Learning” *Science Education International*, vol 10, 2, 25-27. (1999)

“Elaboración de proyectos estudiantiles”

- CORREO DEL MAESTRO. Revista para profesores de educación básica No.172. Septiembre 2010. 10-25

Competencias básicas y habilidades

Las competencias son el eje de los nuevos modelos de educación y se centran en el desempeño (Rychen y Salganik, 2001).

Ser competente o mostrar competencia en algo implica una convergencia de los conocimientos, las habilidades, los valores y no la suma de éstos. La convergencia de estos elementos es lo que da sentido, límites y alcances a la competencia.

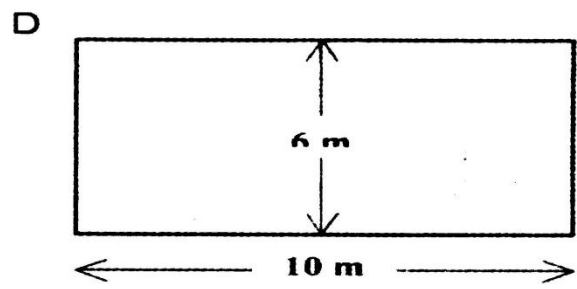
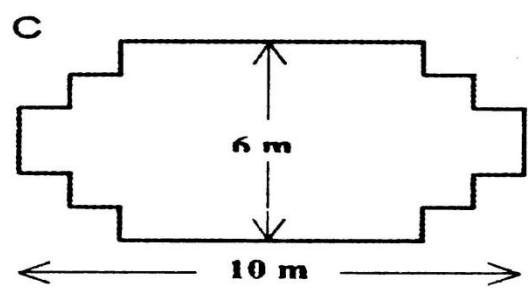
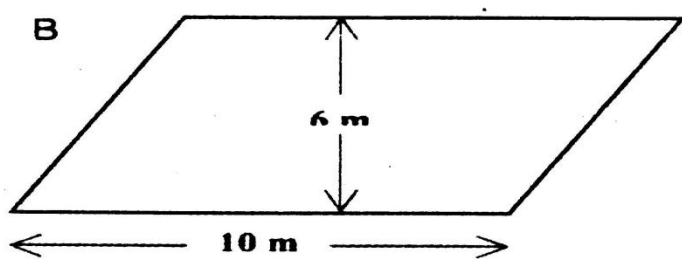
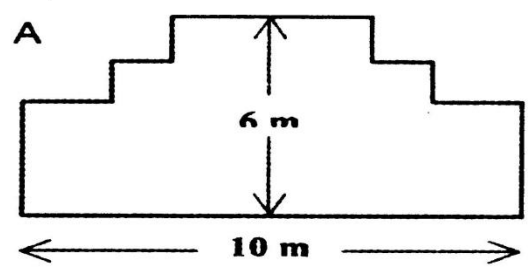
En términos pedagógicos centrar los resultados en el desempeño implica modificar no sólo el tipo de diseño curricular, sino también las prácticas de enseñanza y la evaluación que tradicionalmente se habían centrado en la información que el estudiante almacenaba.

En definitiva, se trata de primar el producto del proceso y no solo el proceso mismo, pues interesa además de la dinamización de las ideas referidas a la temática del problema el llegar a una determinada solución (Bennett, 1991; Rugarcía, 2000; Bennett y Kennedy, 2001).

PREGUNTA: EL CARPINTERO

Un carpintero tiene la madera necesaria para hacer una cerca de 32 metros de largo y quiere colocarla alrededor de un jardín. Está considerando los siguientes diseños para ese jardín.

Encierra en un círculo "Sí" o "No" para cada diseño, dependiendo si se puede realizar con la cerca de 32 metros.



| Diseño del jardín | Usando este diseño, ¿se puede realizar con 32 metros de cerca? |
|-------------------|--|
| Diseño A | Sí / No |
| Diseño B | Sí / No |
| Diseño C | Sí / No |
| Diseño D | Sí / No |

Objetivos y resultados

Para expresar los propósitos educativos (UNESCO, 1998) es preferible utilizar, en vez del vocablo tradicional “objetivos”, el término más actual “resultados”, porque define con mayor claridad las metas del aprendizaje y las prácticas básicas y avanzadas de la disciplina. El término “objetivo” implica intención y el término competencia implica “resultado”.

“Resultados” son los frutos que se obtienen, al final del producto, el foco de todas las actividades relacionadas; requieren que se hayan construido competencias y desarrollado las habilidades que les conciernen, además de que el estudiante se haya comprometido y hecho competente en las habilidades que utilizará en su práctica profesional.

Conocimientos

Se pueden dividir en generales, específicos y de la disciplina

El problema no es sólo la integración de la información, sino la transferencia de la misma en el contexto laboral.

Una de las principales estrategias empleadas en la EBC es el aprendizaje basado en problemas (ABP) misma que favorece la transferencia de los conocimientos, de los procedimientos y permite la aplicación de las actitudes en la solución de problemas “reales”. La realidad no se divide como en los cotos disciplinarios de las instituciones a nivel superior.

El egresado, que únicamente ha sido expuesto a los conocimientos específicos de una determinada área, vive una evidente desventaja cuando se enfrenta a los complejos problemas reales y laborales porque no ha aprendido a aplicar sus conocimientos fuera del aula.

Los conocimientos, unidos a las habilidades y a los valores, permiten que se construyan competencias. Para ello es necesario que el conocimiento se aplique de manera práctica en la construcción o desempeño de algo.

Habilidades

Habilidad es la destreza para hacer algo, pero la palabra también se relaciona, por ejemplo, con el desarrollo mismo de una habilidad, y habilidad suele utilizarse como sinónimo de competencia, que de esta manera remite a expertos, a maestría en el desempeño y excelencia (Astin, 1991).

No se desarrollan aisladamente, se asocian a los conocimientos y a los valores y unos a los otros se refuerzan. Se desarrollan en secuencia, las básicas deben incrementarse antes que las habilidades avanzadas.

Richard Boyatzis (1982) expresa que: “una competencia es la destreza para demostrar la secuencia de un sistema del comportamiento que funcionalmente está relacionado con el desempeño o con el resultado propuesto para alcanzar una meta, y debe demostrarse en algo observable, algo que una persona dentro del entorno social pueda observar y juzgar.

Valores

Las universidades refuerzan los valores de los estudiantes en varios aspectos positivos (Astin, 1993). “Un valor es un principio abstracto y generalizado del comportamiento que provee normas para juzgar algunas acciones y metas específicas, hacia las cuales los miembros de un grupo sienten un fuerte compromiso emocional” (Astin, 1993).

Los valores son el contexto en el que las habilidades y la aplicación de los conocimientos se basan.

Uno de los principales valores que se forman en un ambiente universitario y que muchos Colegios y Asociaciones Profesionales destacan es la ética profesional.

Existe un código de ética para Químicos e Ingeniero que debe enseñarse en los nuevos planes de estudios. Es muy importante que desarrollen su pensamiento crítico, como un puntal para el crecimiento en valores justamente este pensamiento crítico no puede ni debe estar alejada de un comportamiento ético del profesional.

Otro aspecto que en muchos casos más que valor es considerado como una actitud se refiere a la toma de decisiones

De acuerdo con algunos psicólogos que se encuentran en el área de reclutamiento y selección de personal, esta es una de las actitudes más valoradas, pues un profesional indeciso al momento de tomar una decisión es alguien que no tiene firmes sus conocimientos.

La toma de decisiones es una parte importante en la formación de las competencias profesionales.

Conclusiones y recomendaciones

El desarrollo vertiginoso de la ciencia y la tecnología, impone hoy a las universidades la responsabilidad de egresar profesionales y personas integralmente desarrollados, capaces de dar respuesta a los disímiles problemas que enfrenta la sociedad y que cada cual, como entidad única e irrepetible, debe encarar a través del proceso de su propia existencia individual.

Para ello es preciso que los egresados se apropien de un repertorio de saberes, que reflejen las exigencias de las actuales condiciones sociales y que les permitan participar de manera responsable, comprometida y creadora en la vida social, y propiciar su crecimiento permanente como personas involucradas con su propia realización y la de sus semejantes.

La competencia apunta a la capacidad para poner en práctica de manera integrada habilidades, conocimientos y actitudes para enfrentar y resolver problemas y situaciones.

Es fundamental que las instituciones decididas a trabajar con competencias, elaboren evaluaciones que permitan al egresado tomar conciencia de sus logros en los aspectos mencionados y además se documenten en el mundo laboral sobre las competencias que el alumno debe construir y que éstas se acrediten en el trabajo, con objeto de que el egresado pueda incorporarse sin tropiezos y en el nivel que le corresponde en el mundo laboral, que apenas se le abre.

Es necesario que los alumnos se formen en habilidades genéricas ya que éstas proveen una plataforma para aprender a aprender, pensar y crear, asimismo es importante que las instituciones a nivel superior elijan las habilidades que correspondan tanto a la educación como al mundo laboral.

Los profesores no están preparados para enfrentar este reto educativo y de esta manera este trabajo deriva en la propuesta hacia una reflexión del trabajo docente.

Los profesores deben desarrollar los contenidos programáticos, y también deben procurar que sus alumnos desarrollen las habilidades superiores de razonamiento y análisis. Análisis de algunas preguntas y respuestas, pueden sugerir el tipo de trabajo que los maestros podrían realizar con sus estudiantes.

El núcleo básico del aprendizaje escolar, se sitúa en el intercambio de información y resolución de un problema entre los individuos que conviven en el aula y en la construcción colectiva de los significados de manera que en la relación del alumno con el profesor o con sus compañeros es donde se genera el aprendizaje la exploración de nuestro entorno.

Los conocimientos, habilidades y los valores relacionados con una disciplina son aspectos importantes que el graduado universitario lleva consigo al trabajo. Sin embargo, por lo general, el nuevo profesional no está preparado o, por lo menos, no está consciente de los valores y habilidades genéricas que ha desarrollado y tampoco sabe cómo aplicarlos en el desempeño cotidiano de su trabajo.

Es por ello muy importante que las instituciones a nivel superior basen su educación en competencias, ya que de esta manera al alumno se le prepara para ser capaz, en forma eficaz y eficiente, de aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad de manera práctica en la construcción o el desempeño de algo que se relaciona o es parte del mundo del trabajo.

La trascendencia de la educación basada en competencias, en mucho se basa en que los conocimientos que los estudiantes aprenden ahora serán obsoletos mañana. Las habilidades genéricas, por otro lado, no envejecen, se desarrollan y aumentan, especialmente si se aprenden en un clima liberal de aprendizaje.

Bibliografía

- ASTIN, A. W. (1991) *Assessment for Excellence: The Philosophy and Practice of Assessment and Evaluation in Higher Education*, American Council on Education and Macmillan, Nueva York.
- Astin, A. W. (1993) *What matters in College? Four Critical Years Revisited*, Jossey-Bass, San Francisco 1993.
- Bennett, N. (1991) "Cooperative learning in classrooms: processes and outcomes". *Journal of Child Psychology and Psychiatry* vol. 32, 581-594.
- Bennett, J. and Kenedy, D. (2001) "Practical work at the upper high school level: the evaluation of a new model of assessment". *International Journal of Science Education* vol. 23, 1, 97-110.
- Bigelow; J.D. (1995) "Teaching Material Skills", *Journal of Management Education*, 145-167
- Boyatis, R.F. (1982) *Competence Manager. A Model*, Wiley, Nueva York.
- Gardner, J.N. (1998) *The Senior Years Experience*, Jossey-Bass, San Francisco.
- Gonczi, A. y Athanasou, J. (1996). *Instrumentación de la educación basada en competencias. Perspectiva de la teoría y la práctica en Australia*. Ed. Limusa.
- Gordillo, M. y Osorio, C. (2003) "Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica". *Revista Iberoamericana de Educación*, Nº 32, OEI, Madrid, 165-210.
- OCDE. *La Definición y Selección de Competencias Clave. Resumen ejecutivo* (2005) París: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, <http://www.OECD.org/edu/statistics/deseeco> y <http://www.deseeco.admin.ch>.
- Rychen, D. y Salganik, L. (Eds.) (2001) *Defining and selecting key competencies*, París: Organization for Economic Co-operation and Development, Rugarcía, A. (2000) "Los retos en la formación de ingenieros químicos". *Educación Química*. Vol. 11, 319-330.
- Spitzberg, B.H. (1983) Communication competence as knowledge skill and impression. *Communication Education*, 32, July, 13-18
- Talanquer, V., Morgan, D., Maeyer, J, y Young, K. (2007) Linking General Education and Science Teacher Preparation. *Journal of College Science Teaching*, 37, (2) 75-89
- UNESCO (1998) *Concepts and Methods of the Competency Outcomes and Performance Assessment*, Paris-Nueva York.

5. Aprendizaje Cooperativo

Mitos Alrededor del Aprendizaje Cooperativo

- Las escuelas deben fomentar la competición, porque en el mundo en el que vivimos “el pez grande se come al chico”.
- Los estudiantes adelantados resultan afectados al trabajar en los grupos heterogéneos de aprendizaje cooperativo.
- Cada miembro de un grupo de aprendizaje cooperativo debe trabajar lo mismo y alcanzar el mismo nivel de rendimiento.
- En el aprendizaje cooperativo es conveniente dar una sola calificación grupal, sin considerar resultados individuales.
- El aprendizaje cooperativo debería convertirse en la única estructura de aprendizaje a emplear, puesto que se ha demostrado su efectividad independientemente del tipo de materia y actividad escolar.
- El éxito en el empleo de técnicas de aprendizaje cooperativo estriba en la administración de incentivos o recompensas.
- El aprendizaje cooperativo es simple y de fácil interpretación.

Trabajo en grupos cooperativo y tradicional

Grupos de aprendizaje cooperativo

- Interdependencia positiva
- Valoración individual
- Miembros heterogéneos
- Liderazgo compartido
- Responsabilidad por los demás
- Enfatiza la tarea y su mantenimiento
- Se enseñan directamente habilidades sociales
- EL profesor observa e interviene
- Ocurre el procesamiento en grupo

Grupos tradicionales

- No hay interdependencia
- No hay valoración individual
- Miembros homogéneos
- Sólo hay un líder
- Responsabilidad por si sólo
- Sólo enfatiza su tarea

- Se enseñan directamente habilidades sociales
- El maestro ignora a los grupos
- No hay procesamiento en grupo

Principios para conformar un grupo de aprendizaje cooperativo

- Conforme se incrementa el tamaño del grupo, el rango de habilidades, destrezas, experiencia, etc., aumenta el número de mentes disponibles para pensar y aprender.
- Mientras más grande sea el grupo, los miembros más habilidosos deben dar oportunidad a cada participante para hablar, coordinar las acciones del grupo, alcanzar el consenso, mantener buenas relaciones de trabajo, etc.
- Los materiales disponibles o la naturaleza misma de la tarea pueden llegar a dictar el tamaño del grupo.
- Mientras sea menor el tiempo disponible, es el más apropiado que el tamaño del grupo sea más pequeño.

Beneficios de la conformación de grupos cooperativos heterogéneos

- Más pensamiento elaborativo.
- Aumento en la frecuencia para dar y recibir explicaciones.
- Aumento en la adopción de perspectivas diversas.
- Incremento en la profundidad de comprensión.
- Más calidad en el razonamiento.
- Precisión en la retención a largo plazo.

Trabajo en grupos cooperativo y tradicional

Errores

- Desconoce si los alumnos se están ayudando unos a otros.
- Sólo el reconocimiento del profesor es importante.
- Reconoce sólo a las pocas “superestrellas” de la clase
- Trivializa las recompensas al premiar a los alumnos por cualquier cosa.
- Enfatiza la evaluación formal

Prácticas efectivas

- Monitorea constantemente a los equipos para hacer la ayuda visible.
- Existe reconocimiento y respeto de los compañeros.
- Reconoce a casi todo el mundo.

- Sólo recompensa acciones valiosas que han sido completadas.

- Enfatiza el reconocimiento interpersonal.

Diez fórmulas para evaluar el aprendizaje cooperativo

1. Media de las puntuaciones individuales de los miembros del grupo.
2. Totalizar las puntuaciones individuales de los miembros del grupo.
3. La puntuación grupal como único producto.
4. Seleccionar al azar el trabajo o documento de uno de los miembros del grupo y puntuarlo.
5. Seleccionar al azar el examen de uno de los miembros del grupo y puntuarlo.
6. Puntuación individual más un bono grupal.
7. Bonos basados en la puntuación más baja.
8. Puntuación individual más media grupal.
9. Todos los integrantes reciben la puntuación del miembro que puntuó más bajo.
10. Media de las puntuaciones académicas más una puntuación en desempeño de habilidades de colaboración.

6. Estrategias para ayudar a la comprensión de los contenidos de aprendizaje en el aula

1. Ayudar a los estudiantes a separar lo esencial de la información y a concentrarse en lo más importante.

Ejemplos:

- Presentar los objetivos del curso o bloque conceptual a los alumnos para que tengan indicadores acerca de lo que se espera que aprendan.
- Ofrecer a los alumnos indicadores de dónde pueden encontrar la información que requieren.
- Relacionar el material que se está estudiando con los objetivos de aprendizaje.
- Durante las explicaciones, repetir los puntos importantes, pedir a algún alumno que repita lo que entendió del tema que se está tratando, anotar en el pizarrón palabras clave o ideas importantes.

2. Ayudar a los estudiantes a relacionar la nueva información con lo que ya saben.

Ejemplos:

- Repasar los contenidos anteriores para ayudar a los estudiantes a recordar la información que necesitan para entender la nueva información.
- Presentar un resumen o diafragma que muestre cómo la nueva información entra en el marco que se ha desarrollado.
- Dejar alguna tarea que exija específicamente usar la nueva información junto con la que se estudió antes.

3. Repetir y revisar la información que se está manejando en clase.

Ejemplos:

- Empezar la clase con un breve resumen o repaso de lo visto la clase anterior.
- Hacer con frecuencia recapitulaciones, trabajos de síntesis grupal, evaluaciones.
- Organizar trabajos en equipos en los que se tengan que manejar las informaciones obtenidas en la clase.

4. Concentrarse en el significado, no en la memorización.

Ejemplos.

- Al tratar conceptos nuevos, ayudar a los alumnos a asociarlos con conceptos que ya manejen o comprendan.
- Aplicar en la práctica los conocimientos que se van adquiriendo.

5. Hacer exposiciones claras y organizadas.

Ejemplos:

- Hacer muy claro el propósito de cada clase.
- Formular a los estudiantes un breve bosquejo de lo que se va a hacer.
- Poner en el pizarrón encabezados de los temas a tratar.
- Hacer síntesis o resúmenes de los contenidos antes de cambiar de tema o por lo menos al terminar la clase.

7. Estrategias para desarrollar el pensamiento crítico y creativo por medio de la acción pedagógica

1. Entender el aprendizaje como una actividad que debe tender al desarrollo de las potencialidades del individuo y no como un proceso de transmisión por coacción.
2. Entender la acción del docente como mediador entre el sujeto de aprendizaje y el objeto de conocimiento y no como transmisor de conocimientos.
3. Impulsar el aprendizaje participativo propiciando que el alumno aprenda haciendo y reflexionando sobre lo que hace.
4. Proporcionar en clase una dinámica vital que se base en los logros progresivos que ayuden a regenerar la energía y la confianza.
5. Buscar que el alumno descubra la estructura de las cosas y de los fenómenos y reconstruya las relaciones.
6. Propiciar la reflexión (análisis y síntesis sobre la experiencia) en las experiencias de aprendizaje.
7. Desarrollar interacciones didácticas problematizantes, críticas y creativas tendientes a enseñar a pensar.
8. Ayudar a los alumnos a razonar articulando percepción, deseo, intención y significado.
9. Favorecer la inventiva, la sensibilidad a los problemas, la apertura, la flexibilidad, la tolerancia, la independencia.
10. Favorecer la creación más que la memorización.
11. Favorecer la conciencia ética y política.
12. Apertura por parte del maestro a la crítica y a la autocrítica.

8. Estrategias que facilitan la comprensión de los contenidos de aprendizaje

Estas estrategias aunque aquí se encuentren adaptadas a manera de sugerencia para los maestros, son también sugerencias para que los alumnos puedan planear y mejorar se manera de aprender.

1. Asegurarse de que los alumnos poseen los conocimientos previos necesarios (hechos, conceptos, ideas) para comprender la nueva información.

-Cuidar que los conceptos que se están manejando sean entendidos claramente por los estudiantes.

-Revisar hechos y conceptos antes de introducir un nuevo material.

2. Asegurarse de familiarizar a los alumnos con la organización del material que se va a estudiar

-Hacer junto con el grupo una revisión de los materiales de estudio, de los encabezados de los textos, el orden en el que se estudiarán y como se relacionan.

-Utilizar organizadores previos que contengan un panorama general del tema que se va a tratar.

3. Conocer las habilidades cognitivas del grupo y utilizarlas adecuadamente.

-Usar analogías y ejemplos para relacionar el nuevo material de estudio con aspectos de interés general del grupo, con su experiencia propia, con temas que conozcan y comprendan adecuadamente.

-Si una técnica de enseñanza parece no funcionar, intentar otras formas que puedan dar mejor resultado.

4. Estudiar la información correcta, en la forma correcta.

-Ayudar a los alumnos a procesar la información importante con mayor profundidad, dedicando un mayor tiempo a los contenidos más relevantes, más difíciles o con los cuales estén menos relacionados.

-Invitar a los alumnos a utilizar mnemónicos (recursos memorísticos),n a formar imágenes, crear ejemplos, contestar preguntas, explicar con sus propias palabras.

5. Hacer un seguimiento de la comprensión del material estudiado.

-Plantear preguntas para verificar la información

-Realizar trabajos de equipo o exámenes a fin de revisar la comprensión de lo estudiado antes de seguir con otros temas o de pasar a contenidos más complejos.

9. Descubrimiento y Solución de Problemas

La importancia del descubrimiento en el proceso de aprendizaje supone crear un ambiente especial en el laboratorio que le sea favorable. Entre los factores que hay que considerar están la actitud del estudiante, la compatibilidad, la motivación, la práctica de las habilidades y el uso de la información en la resolución de problemas y la capacidad para manejar y utilizar el flujo de información en la resolución de problemas.

Además de una programación cuidadosa de los temas en estudio, el profesor debe pedir constantemente a los estudiantes que relacionen los temas nuevos con los ya aprendidos, que den ejemplos de las conexiones que tienen con situaciones previas de aprendizaje o de su vida cotidiana o que reformulen con sus propias palabras las explicaciones recibidas.

El aprendizaje por descubrimiento exige una total integración de la teoría con la práctica. Por ello, el educador debe crear situaciones concretas de tipo experimental en que los alumnos puedan hacer una aplicación adecuada de los conceptos teóricos adquiridos.

Al tratar y enfrentarse con problemas reales en el laboratorio, mediante proyectos de investigación como principio didáctico, los estudiantes trabajan en equipos proponiendo de forma continua la búsqueda de nuevas aportaciones de solución a un problema, con un debate de las hipótesis propuestas en un diseño experimental propuesto por ellos mismos.

En definitiva, se trata de no primar el producto del proceso sino el proceso mismo, pues interesa más la dinamización de las ideas referidas a la temática del problema que el llegar a una determinada solución (Bennett, 1991; Rugarcía, 2000; Bennett y Kennedy, 2001).

El trabajo con problemas es un proceso complejo que comprende distintos momentos:

- la exploración de nuestro entorno
- el reconocimiento de una situación como problema
- la formulación mas precisa del mismo mediante objetivos
- la puesta en marcha de un conjunto de actividades para su resolución
- la frecuente reestructuración de las concepciones implicadas y
- la posible consecución de una o varias respuestas al problema.

Consideramos que el término “investigar” es el más apropiado para designar al conjunto de estos procesos.

La investigación como estrategia en la formulación y tratamiento de problemas genera una adquisición de conocimiento y la actuación con la realidad facilita un cambio en el comportamiento del individuo.

El núcleo básico del aprendizaje escolar, se sitúa en el intercambio de información y resolución de un problema entre los individuos que conviven en el aula y en la construcción colectiva de los significados de manera que en la relación del alumno con el profesor o con sus compañeros es donde se genera el aprendizaje.

La investigación en el aula se refiere no sólo a esas estrategias concretas de enseñanza sino también a un proceso orientador en la toma de decisiones en el aula.

10. La Investigación como Principio Didáctico

Considerar la investigación como un principio didáctico con los alumnos en el laboratorio es un trabajo práctico donde ellos deben aplicar sus conocimientos ya adquiridos en semestres anteriores en diversas asignaturas, al proponer una experiencia práctica a investigar con los siguientes puntos:

- Consulta de bibliografía actualizada
- Proponer el diseño experimental; adecuado al equipo y material con que cuenta el laboratorio
- Plantear una o varias hipótesis y resultados posibles
- Diseñar un esquema de carácter ecológico que muestre en forma esquemática el desarrollo de cada experimento, incorporando la composición química esperada en cada etapa, el producto, subproductos y residuos
- Realizar el trabajo experimental planteado
- Revisar que productos y residuos pueden ser nocivos o peligrosos para las personas y el medio ambiente, por lo que se requiere conocer sus propiedades físicas y toxicológicas dando una explicación muy resumida del tratamiento recomendado para los residuos
- Concluir, hacer observaciones y recomendaciones integrando en su totalidad el experimento investigado

La enseñanza experimental de la Química reúne las características para integrar, desde una perspectiva interdisciplinaria y ecológica, los conceptos fundamentales del manejo de desechos; la optimización de los procesos; el desarrollo de procesos o tecnologías limpias; cálculo de costo beneficio de procesos tradicionales contra los procesos limpios, ya que en ocasiones los procesos amigables con el ambiente pueden ser costosos.

Para facilitar la identificación y naturaleza de los residuos generados durante la experimentación, se propone el diseño de diagramas ecológicos, los cuales deben mostrar en forma esquemática el desarrollo de cada experimento. Se debe incorporar la composición química esperada en cada etapa, el producto, subproductos y residuos, así como una explicación muy resumida del tratamiento recomendado para los últimos.

En la medida de lo posible, el producto de un experimento debe ser materia prima del siguiente lo cual: disminuye la cantidad de residuos generados, el estudiante cuida más la pureza de su producto y sus resultados.

El propósito es proporcionar a los estudiantes una formación integral, ya que se incluye un panorama interdisciplinario y ecológico del trabajo experimental actual de la química.

Se sugiere que al finalizar el trabajo experimental del proyecto de investigación, el equipo debe presentar un informe escrito cubriendo los siguientes rubros:

- Portada
- Índice general
- Índice de tablas y figuras
- Introducción y justificación del proyecto
- Objetivo general
- Objetivos específicos
- Antecedentes del proyecto
- Materiales y métodos del proyecto
- Esquema de carácter ecológico
- Resultados y discusión
- Implicación económica de la demanda y consumo, tanto del producto como de reactivos
- Manejo de residuos y su impacto ambiental
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Bibliografía

Ejemplo de algunos proyectos resultado de la aplicación de la investigación como principio didáctico

| Ejemplo de proyectos |
|---|
| Catalizadores heterogéneos en función de la alúmina de cobre |
| Recuperación de cadmio de una mezcla industrial de zinc y cadmio |
| Recuperación de plata de radiografías de Rayos X |
| Análisis cuantitativo de plata, mercurio y plomo en desechos de aguas industriales |
| Separación de arsénico del sulfuro de arsénico(III) |
| Preparación de diferentes complejos de cobre en el estudio de espectro de ligandos |
| Análisis de un producto farmacéutico comercial con propiedades sedativas y ansiolíticas |
| Obtención de una lejía comercial con cloro activo para un fin comercial |
| Preparación de una mezcla de fertilizantes en forma de polvo |
| Síntesis de Sólidos Termocrómicos |
| Preparación de carbón activado de diferentes fuentes y comprobación de su efectividad |
| Determinación de características fisicoquímicas de algunos compuestos que contienen plata, mercurio y cobre |
| Fabricación de papel reciclado |
| Recuperación y cuantificación de berilio en una muestra de mineral |
| Separación cromatográfica de níquel de residuos de laboratorio |

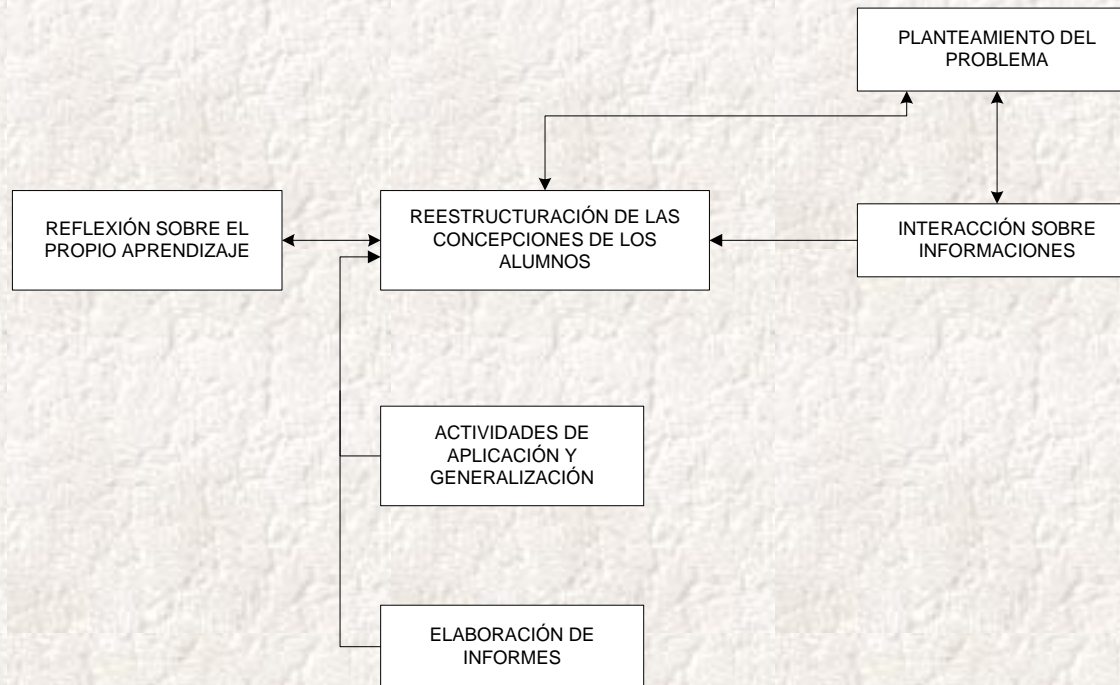
Cuadro 2. Algunos ejemplos de experiencias prácticas orientadas a diversos tipos de industrias en el laboratorio

| Tema de la experiencia | Experiencia Práctica | Objetivo |
|-------------------------------|---------------------------------|---|
| Industria Farmacéutica | Tabletas Farmacéuticas | Determinar cuantitativamente hierro y calcio en tabletas recomendadas en el tratamiento de anemias |
| Industria Minera | Hierro en una Mena | Determinar la cantidad de hierro presente en muestras de minerales como la pirita, limonita o magnetita |
| Industria del Cemento | Cemento de París | Determinar las características físicas que le confieren los óxidos y los cloruros al cemento |
| Pinturas | Pintura luminosa y termométrica | Preparar dos tipos de pintura para uso industrial a partir de compuestos inorgánicos |
| Reciclaje de metales | Reciclaje de aluminio y plata | Recuperar aluminio y plata de diversos materiales de deshecho tanto comerciales como de laboratorio |

Figura 1. En el momento de la interacción, una vez explicitadas las concepciones de los alumnos, comienza un intercambio de puntos de vista y una búsqueda de informaciones que posibilitan la reestructuración de esas concepciones.



Figura 2. Aspectos relacionados con la reestructuración de las concepciones de los alumnos.



11. Conclusiones

El problema de la enseñanza experimental no es un problema estrictamente económico, ni estructural, sino de la idea de educación que hay detrás de las prácticas y procesos de enseñanza que lo determinan.

Para mejorar los laboratorios hay que empezar por considerar sus objetivos de aprendizaje y no solamente modernizar equipos.

Los estudiantes reconocen como de mayor importancia el trabajo individual a diferencia de los profesores que reconocen el trabajo en equipo.

Los estudiantes no reconocen la importancia de la organización y planeación en el trabajo experimental.

Tanto estudiantes como profesores no reconocen la importancia de la seguridad en los laboratorios.

En algunos casos los profesores consideran la enseñanza experimental como un requisito más que como una etapa de desarrollo psicomotriz, afectivo, creativo y de comunicación.

Los profesores no propician la capacidad de liderazgo en las sesiones de laboratorio mientras que para los estudiantes es importante.

Las principales actitudes y características que de acuerdo a los alumnos encuestados tienen los profesores de laboratorio “motivantes”, es decir los que promueven el aprendizaje de sus alumnos son: muestra interés por la investigación y trabajos, llega siempre temprano, fomenta la responsabilidad, transmite sinceridad, seguridad en lo que se está haciendo y muestra interés por el alumno.

Las actitudes y características de los profesores más “desmotivantes” para los alumnos en el laboratorio son: su forma de trato a la gente, mala presentación del profesor, falta de interés en la investigación, seguir la receta, impuntualidad e irresponsabilidad.

El trabajo experimental pretende que el aprendizaje del alumno lo conduzca a formarse como profesional. Esto es, ampliar su horizonte de conocimientos, desarrollar sus habilidades para manejar los conocimientos y reforzar ciertas actitudes. Persigue los objetivos de: desarrollar la creatividad, desarrollar la capacidad para interpretar y comunicar resultados, enfrentarse con problemas reales y desarrollar el pensamiento crítico.

El profesor debe promover que su alumno realice una serie de operaciones, sobre todo mentales, que le lleven a aprender ciertos conceptos, a desarrollar habilidades para manejar lo aprendido y, al mismo tiempo, reforzar ciertas actitudes que le lleven a ser un profesional de la química para bien.

La construcción del conocimiento escolar es en realidad un proceso de elaboración, en el sentido que el alumno selecciona, organiza y transforma la información que recibe de muy diversas fuentes, estableciendo relaciones entre dicha información y sus ideas o conocimientos previos.

Aprender un contenido quiere decir que el alumno le atribuye un significado, construye una representación mental a través de imágenes o proposiciones verbales, o bien elabora una especie de teoría o modelo mental marco explicativo de dicho conocimiento.

Construir significados nuevos implica un cambio en los esquemas de conocimiento que se poseen previamente, introduciendo nuevos elementos o estableciendo nuevas relaciones entre dichos elementos. así, el alumno podrá ampliar o ajustar dichos esquemas o bien reestructurarlos a profundidad como resultado de su participación en un proceso instruccional.

La concentración de la planeación y de las reformas curriculares sobre los saberes (contenidos), ha dejado “un cono de sombra” a la percepción y a la praxis, amén de los valores, que se dejan a un desarrollo espontáneo. Es decir, el sistema educativo al enfocar en forma casi exclusiva los saberes, ha omitido buscar deliberadamente el desarrollo de las competencias, asumiendo que los conocimientos se desarrollan automáticamente, lo cual es una suposición equivocada.

Siendo la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo de tipo teórico experimental se deben propiciar experiencias de aprendizaje por medio de las cuales el estudiante descubra los hechos de la Naturaleza; lo guíe en la búsqueda de explicaciones válidas a los hechos que descubre; proponga y comunique los conocimientos básicos sobre conceptos, principios, generalizaciones; proponga y proporcione, sobre todo, la metodología y su utilización para que los estudiantes sigan descubriendo y explicándose los hechos de la Naturaleza por sí mismos; propicie y guíe al alumno a formarse una conciencia crítica que le ayude a conocer, manejar, aprovechar y respetar la Naturaleza. Una situación que permita al alumno convertirse en sujeto de su propio desarrollo y formación.

En la enseñanza experimental en la formación del Químico Farmacéutico Biólogo es esencial la claridad al exponer un concepto o noción nuevos. El profesor debe por tanto, hacer una selección de los contenidos que va a ofrecer a sus educandos ya que un principio elemental de una instrucción clara es evitar brindar demasiadas ideas, lo que solo puede causar confusión en los educandos.

La enseñanza experimental debe procurar el descubrimiento y la solución de problemas. Para ello debe basarse en la investigación.

La investigación en el laboratorio define tanto una metodología de trabajo como un marco teórico (modelo didáctico) que integra las aportaciones del constructivismo, trabajo en equipo y aprendizaje cooperativo.

La investigación como principio didáctico, en la enseñanza experimental, se adecua a los planteamientos del aprendizaje como construcción de conocimientos, reconoce y potencia el valor de la creatividad, autonomía y la comunicación en el desarrollo de la persona, propiciando la organización de los contenidos en torno al tratamiento de problemas y favoreciendo la profesionalización de los programas de estudio.

El tratamiento de problemas, en la enseñanza experimental, propicia el aprendizaje significativo en la medida en que:

- Facilita que expliciten y pongan a prueba las concepciones del alumno implicadas en la situación-problema.
- Fuerza la interacción de esas concepciones con otras informaciones procedentes de su entorno físico y social.
- Posibilita el que en esa interacción, se reestructuren las concepciones del alumno.
- Favorece la reflexión sobre el propio aprendizaje y la evaluación de las estrategias utilizadas y de los resultados obtenidos.
- En el laboratorio permite una integración de profesores y alumnos en la solución de problemas prácticos de carácter interdisciplinario mediante el trabajo en equipo y el aprendizaje cooperativo.

Recomendaciones

- Propiciar el juicio crítico enfrentando al alumno con la solución de problemas reales en el laboratorio, aplicando el método científico.
- Establecer principios de reflexión de la educación que orienten al profesor sobre lo que debe hacer para diseñar y llevar a cabo su curso, ayudando al alumno a controlar y planificar su propio aprendizaje y así dirigir el proceso de aprender a aprender.
- Buscar estrategias que promuevan el trabajo creativo y crítico de los estudiantes como el aprendizaje constructivista que busca un significado personal, basado en la integración y la relación conceptual jerárquica y que tiene una orientación interna.
- Mejorar o aumentar los medios, no necesariamente conduce a mejorar el objetivo de aprendizaje que se persigue al usarlos, es conveniente establecer ciertos principios que orienten al profesor sobre lo que debe hacer para diseñar y llevar a cabo su curso.
- Promover el trabajo creativo y crítico de los estudiantes.
- Debe ampliarse en el estudiante su horizonte de conocimientos, desarrollar sus habilidades para mejorar los conocimientos y reforzar actitudes de autoestima, liderazgo, comunicación oral y escrita, así como el desarrollo de una ética profesional.

Bibliografía

Ajzen, I. Attitudes, personality and behavior. Stony Stratford: Open University Press. 1988.

Alsop, S. "Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study". International Journal of Science Education vol. 23, 3, 263-282 (2001)

Bennett, N. "Cooperative learning in classrooms: processes and outcomes". Journal of Child Psychology and Psychiatry vol. 32, 581-594 (1991)

Bennett, J. and Kenedy, D. "Practical work at the upper high school level: the evaluation of a new model of assessment". International Journal of Science Education vol. 23, 1, 97-110 (2001)

Brandford, J.D. ; Stein, B.S. 1987. The ideal problem solver. A guide for improving thinking, learning and creativity. H. Freeman and Co. New York, N.Y.

Bruner, J. La Importancia de la Educación. Madrid: Ediciones Paidós (1987)

Carreras , LL.; Eijo, P.; Estany, A.; Gómez, M.T.; Guish; R.; Mir, V.; Ojeda, F.; Planas, T. Y Serrats, M.G. 1999. Cómo educar en valores. Narca, S.A. Ediciones. Madrid.

Eilks, I. "Promoting scientific and technological literacy: teaching Biodiesel". Science Education International vol. 11, 1, 16-21 (2000)

Escámez, J. y Ortega, P. La enseñanza de actitudes y valores. Nau-Llibres. Valencia. 1988.

Gallet, C. "Problem solving teaching in the Chemistry Laboratory: Leaving the Cooks..."

Journal of Chemical Education, vol. 75, 1, 72-77 (1998)

- Glagovich, N. y Swierczynski, A. "Teaching Failure in the Laboratory". *Journal of College Science Teaching* vol. 33, 6, 45-47 (2004)
- Gómez-Moliné, M.R. y Sanmartí, N. "Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje". *Educación Química*, vol. 11, 2, 266-273 (2000)
- Henderson, L. and Buising, C. "A Peer-Reviewed Research Assignment for Large Classes". *Journal of College Science Teaching* vol. 30, 2, 109-113 (2000)
- Jones, R.M., and Steinbrink, J.E. "Using cooperative groups in science teaching". *School Science and Mathematics*, (7), 541-51 (1988)
- Kisnerman, N. 1996. *Servicio Social de Grupo*. Ed. Humanitas. Buenos Aires, Argentina.
- Krockover, G. "Action-Based Research Teams: Collaborating to Improve Science Instruction". *Journal of College Science Teaching* vol. 30, 5, 313-317 (2001)
- Levine, E. "Reading Your Way to Scientific Literacy". *Journal of College Science Teaching* vol. 31, 2, 122-125 (2001)
- Liu, X. "Synthesizing research on student conceptions in science". *International Journal of Science Education* vol. 23, 1, 55-81 (2001)
- Newell, A.; Simon, H.A. 1972. *Human problem solving*. Englewood Cliffs. Prentice Hall. New Jersey.
- Obaya, A. and Palacios, J. "Cooperative Group Strategy Applied to Activities in a Polymer Chemistry Course". *Science Education International* vol.8, 2, 15- 21 (1997)
- Obaya, A. y Valdes, S. "El perfil del profesional del Area de la Química". *Revista de la Sociedad Química de México*. Vol. 42, No. 3, 141-144, 1998.

- Obaya, A., Noé, M. y Delgadillo, G. Estudio exploratorio de actitudes en la enseñanza experimental. Educación Química, vol.12, No. 1, 38-41 (2001)
- Obaya, A. y Delgadillo, G. La investigación como principio didáctico en el laboratorio de Química Industrial. Educación Química, vol. 14, No. 1, 10-16 (2003)
- Obaya, A. La Enseñanza de la Química Experimental. Descubrimiento y Solución de Problemas. Educación Química, vol. 16 , No. 1, 44-51 (2005)
- Olshavsky, J.E. 1976. Reading as problem solving: an investigation of strategies. Reading Research Quarterly, No. 4, 15-27.
- Pozo, M. J. 1989. Adquisiciones de estrategias de aprendizaje. Cuadernos de pedagogía. No. 175, Noviembre, 8-11.
- Ritchie, S.M. "Actions and discourses for transformative understanding in a middle school science class". International Journal of Science Education vol. 23, 3, 283-299 (2001)
- Rogers, C. 1981. El proceso de convertirse en persona. Paidós. España.
- Rogers, L. "Integrated Learning Systems – an open approach". International Journal of Science Education vol. 23, 4, 405-422 (2001)
- Rugarcía, A. "Los retos en la formación de ingenieros químicos". Educación Química vol. 11, 3, 319-330 (2000)
- Serafini, M.T. 1997. Cómo se estudia. La organización del trabajo intelectual. Paidós. México.
- Summers, G. F. Medición de actitudes. Trillas. México. 1986.

Tomkins, S. and Dale, S. "Looking for ideas: observation, interpretation and hypothesis-making by 12-year-old pupils undertaking science investigations". International Journal of Science Education vol. 23, 8, 791-813 (2001)

Van den Berg, E. and Grosheide, W. "A Module for Teaching About Energy". Science Education International vol. 12, 2, 10-15 (2001)

Zimbardo, P.G. y Leippe, M.R. The psychology of attitude change and social influence. Mc. Graw Hill. New York. 1991.

Bibliografía complementaria

Henderson, L. and Buising, C. "A Peer-Reviewed Research Assignment for Large Classes". Journal of College Science Teaching vol. 30, 2, 109-113 (2000)

Krockover, G. "Action-Based Research Teams: Collaborating to Improve Science Instruction". Journal of College Science Teaching vol. 30, 5, 313-317 (2001)

Liu, X. "Synthesizing research on student conceptions in science", International Journal of Science Education vol. 23, 1, 55-81 (2001)

Ritchie, S.M. "Actions and discourses for transformative understanding in a middle school science class". International Journal of Science Education vol. 23, 3, 283-299 (2001)

Anaya, A. y Landgrave, J. "Desarrollo de habilidades en el proceso de enseñanza aprendizaje de la ingeniería química". Educación Química vol. 9, 5, 303-309 (1998)

Anaya, A. y Landgrave, J. "Reflexiones sobre el mecanismo de evaluación del aprendizaje en la enseñanza de la ingeniería química". Educación Química vol. 10, 1, 49-53 (1999)

Rugarcía, A. y Anaya, A. "Aprendizaje en equipo en la formación de ingenieros". Revista del IMIQ. Julio, 27-36, 1994

Rugarcía, A., Felder, R., Woods, D. y Stice, J. El futuro de la educación en ingeniería. UIA Golfo Centro, México (2001)

Abraham, M. R. "The Nature and State of General Chemistry Laboratory Courses Offered by Colleges and Universities in the United States". J. Chemical Education, Vol. 74, No. 5, 591-594, 1997.

Pickering, M. "The Teaching Laboratory through History". J. Chemical Education, Vol. 70, No. 9, 699-700. 1993.