

---

# DESARROLLO DE METAHABILIDADES PARA EL TRABAJO CIENTÍFICO EXPERIMENTAL: EVALUACIÓN DE UN MODELO DIDÁCTICO INTEGRAL

---

MANUEL VILLARRUEL FUENTES

## RESUMEN:

Actualmente se afirma que la enseñanza de la ciencia debe ser un imperativo estratégico de todos los países, por ello es necesaria la alfabetización científica de sus habitantes. Sin embargo, habrá que asumir que dicha postura precisa de un sustrato ideológico-cultural que faculte esta visión, el cual suele estar ausente en los modelos educativos actuales. En este sentido la solución pasa por revisar los contenidos de los programas de estudio, los que están cargados de apotegmas a los que llaman ciencia. Atendiendo esta necesidad, la presente investigación expone los resultados obtenidos en la aplicación de una propuesta didáctica vinculada con la alfabetización científica del estudiante de ciencias agrícolas. Registrada a lo largo de 12 años, se presentan los resultados encontrados al desplegar las estrategias y metodologías dirigidas al logro efectivo del aprendizaje significativo, a partir del desarrollo de metahabilidades de pensamiento reflexivo, crítico y creativo, componentes del pensamiento científico y de una educación para la vida.

**PALABRAS CLAVE:** Alfabetismo científico, sostenibilidad, competencias.

## LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los modelos educativos internacionales vigentes para el nivel superior destacan la necesaria formación científica del estudiante, sobre todo ahora que la humanidad se encuentra inmersa en la llamada *Década de la Educación Para el Desarrollo Sostenible*, cuyo objetivo es que la educación proporcione atención a la caótica situación que enfrenta el mundo y favorezca una percepción correcta de sus problemas así como que permita encontrar posibles soluciones y promueva conductas favorables para el logro de un verdadero futuro sostenible. De acuerdo con Vilches *et al.*, (2005) no se puede seguir atendiendo únicamente a los problemas locales, ya que existen profundas interacciones entre los

---

fenómenos; a este respecto son los propios autores quienes plantean una pregunta que resulta clave para entender el presente enfoque: ¿En qué medida la educación científica y tecnológica está contribuyendo a esta educación para un futuro sostenible?

Esta interrogante pone de manifiesto que la educación científica no se trata de una simple moda, sino de una política de cobertura internacional que centra sus cimientos en amplios consensos universales, tales como el alcanzado en la Conferencia Mundial Sobre la Ciencia Para el Siglo XXI, donde se destaca en lo importante de atender las necesidades de la población, dotándolos de los medios e instrumentos que les lleven a lograr una verdadera alfabetización científica, la cual por sí misma logre potenciar su desarrollo humano (Gil-Pérez y Vilches, 2006), asumiendo esto como un imperativo estratégico (Declaración de Budapest, 1999). La idea central gira en torno a la estructuración y el fomento de diseños curriculares y didácticos holistas para la formación educativa integral, conducidos a través de procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

Sin embargo, pese a todos los esfuerzos, estas iniciativas sólo han evidenciado el enorme rezago que se padece (Vázquez-Alonso *et al.*, 2005). Dicha crisis en la educación científica global involucra diversos componentes de carácter político, económico, social, e incluso cultural, que brindan matices al contexto de ejecución y concreción de los modelos curriculares y didácticos en operación.

Todo ello origina que los estudiantes no logren relacionar el aprendizaje de la ciencia con sus formas y modos de vida, llegando a pensar que nada tienen que ver con las asignaturas que cursan en su carrera. El resultado: indiferencia e incluso rechazo a recibir este tipo de educación, bajo el argumento de que se trata de teoría, sin “aplicación práctica”.

El referir a la educación científica como una necesidad que trasciende a las instituciones educativas, para situarse en el seno de la propia cultura, supone pensar su articulación curricular y didáctica en torno a la atención permanente de problemas socio-técnicos reales (Vázquez *et al.*, 2006) y al nivel de su

---

impacto en la educación; para lo cual se debe explicitar, en términos de su desarrollo histórico, su fundamento epistemológico y su perfeccionamiento metacognitivo, procedimental y actitudinal. En este último aspecto debe recaer el mayor peso didáctico, ya que en él se concreta la conducta del futuro investigador, evitando con ello el desinterés que los estudiantes suelen manifestar, motivándolos a que mantengan la curiosidad y mejoren su rendimiento con el fin de generar apego y vinculación hacia la educación científica, no sólo a lo largo del periodo escolar, sino también a lo largo de la vida (Fensham, 2004).

### Hipótesis

La inclusión del estudiante en tareas metacognitivas, procedimentales y axiológicas, vinculadas al trabajo experimental, permite el desarrollo de metahabilidades científicas, así como un alto grado de interacción social.

### Objetivo

Evaluar una propuesta didáctica constructivista, orientada a la alfabetización científica del estudiante, dentro de un proceso que brinde significado a la ciencia, la naturaleza, la sociedad y el conocimiento, lo que asegure una educación para la vida (sostenible).

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### Sustento teórico

1) Modelo instruccional de *experto-aprendiz*; 2) Modelo de *descubrimiento individual y colaborativo*. Centrado en las actividades que realiza el aprendiz a partir de las tareas y prácticas propuestas por el facilitador (individual o colectivamente), el cual es orientado hacia el aprendizaje por descubrimiento, así como a la solución de problemas abiertos (aprendizaje basado en problemas: habilidades de cuestionamiento y prueba sistemática de conjeturas); 3) *Comunidades de aprendizaje*, cuyo enfoque sociocultural-lingüístico lleva a que los

---

estudiantes expongan y negocien sus experiencias socioculturales y colectivas (relevantes y auténticas). Se acentúa en la desarticulación y reconstrucción del conocimiento. 4) *Cognición situada*, implica una reorganización de representaciones y procesos cognitivos y del pensamiento, centrados en procesos psicológicos individuales, los que se sitúan frente a procesos sociales y culturales específicos. Esto conlleva implicaciones dentro del diseño instruccional que engloban situaciones de enseñanza presencial, asistida por materiales y recursos didácticos (artefactos físicos e instrumentos semióticos).

### Metodología

La investigación se realizó en el Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, Veracruz, México, dependiente de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica. La evaluación comprendió de 1996 a 2008. La población se integró del total de alumnos que estudiaron el quinto semestre de la carrera de Ingeniería agronómica ( $\bar{X}$  = 30 por ciclo escolar), quienes cursaron la materia de Diseños experimentales. El estudio fue longitudinal. La investigación se catalogó como un estudio de caso, ya que se trató de una descripción y análisis detallado de una unidad social o entidad educativa, lo que supuso a su vez una comprensión profunda de la realidad singular, cuyo valor estriba en su capacidad para generar hipótesis y descubrimientos, así como su flexibilidad y aplicabilidad a situaciones naturales (Pérez-Serrano, 1994). Para recabar datos se recurrió a la observación participante y al análisis situacional centrado en los principios de la investigación-acción. Buscando reducir las fuentes de invalidez se consideró cada etapa del proceso como una medición y se llevaron bitácoras de trabajo y guías de observación.

Siguiendo el modelo de Hodson (1992), quien señala que la investigación en didáctica de las ciencias muestra que la comprensión significativa de los conceptos exige superar el reduccionismo conceptual y plantear su enseñanza como una actividad próxima a la investigación científica, que integre los aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos, a continuación se

---

presentan las estrategias desarrolladas en el modelo, las cuales se basan en la metodología indagatoria como herramienta coherente con la alfabetización científica (Buzzo-Garrao, 2007), sustentada en los criterios de exploración, conceptualización-generalización y aplicación, a partir de la experiencia concreta, que comienza con la observación y el análisis (¿Qué sucede actualmente? ¿Cuál es la relación entre el proceso y el resultado final?), se continúa con la conceptualización y luego la generalización (¿Por qué es relevante? ¿Qué se puede aprender de eso?), y concluye con el pensamiento acerca de cómo aplicar lo aprendido (¿Cómo y cuándo lo puedo utilizar?). Para lograr lo anterior se estableció en cada curso un módulo de investigación (experimento), el cual se constituyó en un “aula dinámica” donde se generaron las situaciones de aprendizaje y se efectuó la actividad constructiva de los estudiantes.

## **Estrategias**

### *Conceptuales*

- 1) Análisis y reflexión en torno a los principios de la experimentación agrícola. Preguntas eje: ¿Qué sabes? ¿Qué piensas? ¿Qué esperas?
- 2) Identificación de saberes previos.

Esta estrategia interrogativa supuso una intensa negociación de saberes e intercambio de códigos lingüísticos, redefiniendo sus conceptos base.

Las actividades guiadas por preguntas claves o articuladoras (secuencia de preguntas que guiaron la reflexión de los estudiantes), expuestas por el maestro-mediador, ayudaron a que éstos cuestionaran sus creencias y clarificaran concepciones equivocadas o difíciles de “entender”. El uso de analogías y metáforas resultó importante como estrategia de modelado metacognitivo.

---

*Procedimentales:*

- 1) Encuadre
- 2) Presentación de material didáctico
- 3) Retroalimentación
- 4) Evaluación de conocimientos, habilidades y actitudes previas
- 5) Los estudiantes al manipular objetos, exploraron ideas y fueron adquiriendo una experiencia común y concreta. Se les pidió que establecieran relaciones, observaran patrones, identificaran variables y clarificaran su comprensión de conceptos y destrezas importantes, necesarias para el abordaje metodológico de las prácticas pedagógicas.

*Axiológicas:*

- 1) Elaboración de un contrato social
- 2) Identificación de percepciones y vivencias previas en torno al objetivo de la asignatura.
- 3) Los estudiantes se integraron en una comunidad de aprendizaje, trabajando en grupos pequeños. En un primer momento se mantuvo la integración general del colectivo, buscando promover el sentido de pertenencia y el aula colaborativa, para después dividir el grupo en colectivos funcionales, sin perder de vista la meta, las tareas y la identificación del contexto. La tipificación de los saberes previos y la integración de los estudiantes permitió conjugar habilidades personales en torno al grupo y sus deberes académicos (aprendizaje cooperativo y colaborativo).

La secuencia ordenada de las prácticas pedagógicas y tareas didácticas de los estudiantes intentaron en todo momento responder, a través de la investigación establecida mediante un *módulo experimental* (escenario de aprendizaje), a una

---

dinámica de reflexión, la cual los llevó a contrastar sus preconcepciones acerca del fenómeno investigado y los datos empíricos recogidos en la investigación de campo y gabinete. Dicho módulo permitió recrear continuas situaciones de aprendizaje, modificando el concepto tradicional de aula. Las actividades buscaron asegurar el equilibrio entre la producción grupal y la indispensable responsabilidad individual en el trabajo colaborativo y cooperativo.

Como parte de la evaluación continua e integral (procesos-productos), se aplicaron tres exámenes escritos. Se recurrió además a la coevaluación y autoevaluación, a partir de estrategias grupales, así como a la entrega de un informe sobre las actividades desarrolladas a lo largo de cada curso. Este informe se ajustó en su estructura al método científico y estuvo basado en las evidencias de desempeño obtenidas de los estudiantes, lo que se complementó con la resolución de problemas estadísticos planeados y registrados por el maestro (portafolio de evidencias).

Como estrategias didácticas los estudiantes asistieron periódicamente a dos congresos de investigación científica, uno estatal y otro regional, donde conocieron de cerca la aplicación práctica de los diseños experimentales, lo que permitió el análisis y la discusión con los investigadores (experto-aprendiz).

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Se confirmó la hipótesis de trabajo, al integrar a cada colectivo en torno a intereses y metas comunes, vinculadas a su formación científica. Basado en el modelo de Memoria dinámica de Schank (1982) es posible afirmar que el proceso de construir y corregir las estructuras de conocimiento mediante la continua formulación de preguntas que cada estudiante se planteó a lo largo del continuo pedagógico desarrollado dentro del módulo experimental, dio lugar a la integración y generalización de nuevos saberes, en la medida en que facultaron la identificación de posibles lagunas en la memoria. Las preguntas permitieron alertar las estructuras cognitivas de la memoria, de tal manera que al hacer contacto con la nueva información, ésta se acopló adecuadamente, lo

---

que admitió su retención en la llamada memoria de largo plazo. Habrá que asumir que una vez que se diseñó y exteriorizó una pregunta, la memoria estuvo lista para aprender, en virtud de que “supo” dónde colocar la respuesta que se postuló (andamiaje). El éxito de las estrategias radicó en no colocar a los estudiantes frente a preguntas que les fueran ajenas o, en su defecto, en evitar proporcionarle información para la cual no tuvieran preguntas.

Las estrategias promovieron los siguientes aprendizajes: a) definir conceptos, identificar “pistas” y delimitar problemas; b) identificar necesidades de aprendizaje individual y colectivo sobre lo que se iba a investigar; c) identificar las necesidades individuales como objetivos de aprendizaje, mismos que debían relacionarse con los objetivos del grupo y del programa de estudios; d) desarrollar habilidades de pensamiento crítico y creativo; e) aprender a tomar decisiones en situaciones inéditas; f) desarrollar el aprendizaje autodirigido y autónomo; g) investigar, identificar, discriminar y agrupar información necesaria para el abordaje del problema; h) desarrollar habilidades comunicativas; i) desplegar estrategias para trabajar de manera colaborativa y cooperativa; j) desarrollar la capacidad de empatía; k) aprender a autoevaluarse y coevaluarse.

Convertir el módulo experimental en un escenario de aprendizaje permitió el despliegue de actividades auténticas (Edelson, 1997), propias de escenarios no escolares, evitando la simple manipulación de símbolos abstractos y la ejecución de actividades aisladas, frecuentes en los aprendizajes dentro de la escuela (Gardner, 1993). Cabe destacar que se evitó en todo momento el atar la construcción del conocimiento y la negociación de saberes a la naturaleza situacional de los mismos (adquiridos en un escenario específico), dado que con ello se anula la denominada “transferencia”, al no poder ser aplicado en escenarios distintos.

La participación de los integrantes del grupo dentro del módulo fue en promedio de 95%, realizándose el 100 de las actividades programadas.



---

El informe final de actividades entregado por los estudiantes permitió verificar los avances alcanzados en cuanto a la cognición y metacognición lograda, a la postura reflexiva y al pensamiento crítico. El informe contuvo además el análisis, interpretación y conclusiones, extraídas de las prácticas efectuadas, dejando entrever el grado de negociación de saberes alcanzado por cada colectivo. Esto en la medida en que se permitió cierto nivel de libertad en el formato, manteniendo los principios de la escritura científica.

La visita a los eventos científicos permitió reforzar los conocimientos adquiridos, en la medida en que los estudiantes accedieron a un escenario de aprendizaje más amplio e incluyente, donde se apropiaron de nuevos constructos y conceptos vinculados con la ciencia y la tecnología, lo que convirtió a la experiencia académica en una vivencia que dio significado a los aprendizajes adquiridos. Se debe destacar la integración de nuevos códigos lingüísticos y semánticos, los cuales fueron reforzados a través del grado de socialización alcanzado dentro de estos eventos.

Se destaca que 75% de los estudiantes se relacionaron directamente con las actividades científicas después aprobar el curso, lo que otorga significado al presente modelo didáctico.

El nivel de reprobación fue en promedio de 5%.

De acuerdo con Marzano (1992), fue importante involucrar a los estudiantes en actividades complejas, aprobadas por ellos, a fin de que pusieran en uso lo que habían aprendido. Es el propio Marzano quien propone el desarrollo de proyectos con base en metas, tales como resolver un problema o diseñar un experimento, situación que se cumplió con el modelo evaluado.

Es importante señalar que fue un solo maestro el que condujo el desarrollo del modelo, quien en calidad de “mediador” rompió con el esquema conductista que suele orientar la formación científica del estudiante; sin abandonar la responsabilidad de conducir las dinámicas de aprendizaje, respetando el esquema de experto aprendiz y el modelo basado en proyectos y metas. Hay

que reconocer que estos tipos de aprendizaje no deben ser tomados como la solución única. El éxito depende principalmente de las habilidades del mediador, quien deberá “guiarlos” a través del proceso (Gardner, 1993).

Un aspecto destacable es la definición de un modelo de sostenibilidad en torno a la alfabetización científica del estudiante (educación en la vida, para la vida y de por vida), bajo la cual se identifican con claridad los criterios, indicadores y unidades de medida (competencias) que definen a la educación integral (holista) (figura 1).



Figura 1. Indicadores de sostenibilidad dirigidos a la alfabetización científica.

## BIBLIOGRAFÍA

Buzzo-Garrao, R. (2007). *Proyecto Meciba. La metodología indagatoria como herramienta coherente con la alfabetización científica*. Instituto de Física-Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. Disponible en: [http://www.efis.ucr.ac.cr/varios/ponencias/4proyecto %20meciba.pdf](http://www.efis.ucr.ac.cr/varios/ponencias/4proyecto%20meciba.pdf). Consultado: 5 de octubre de 2008.

- 
- Declaración de Budapest (1999). *Declaración sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico*. Disponible en: [http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion\\_s.htm](http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm). Consultado: 10 de noviembre de 2008.
- Edelson, D. (1997). "Realizing Authentic Science Learning through the Adaptation of Scientific Practice", en Tobin y Fraser (eds.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer, Dordrecht, N. L.
- Fensham, P. J. (2004): "Beyond Knowledge: other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education", en R. M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk. (eds.): *Science and echnology Education for a Diverse World - Dilemmas, Needs and Partnerships*, International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XITH Symposium Proceedings (pp. 23-259 Lublin, Polland: Maria Curie-Sklodowska University Press.
- Gil-Pérez D. y A. Vilches (2006). "Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades". *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 42, pp. 31-53.
- Gardner, H. (1993). *Multiple Intelligences: The theory in practice*, Nueva York: Basic Books.
- Hodson, D. (1992). "In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education". *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.
- Marzano R., A. (1992) *Different Kind of Classroom*, Virginia., EUA: ASCD.
- Pérez-Serrano, G. (1994). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. Métodos, Madrid. pp. 10-45.
- Schank, R. (1992). *Dynamic Memory: A Theory of Reminding and Learning Computers and People*, Nueva York: Cambridge University Press.
- Vilches, A.; A. Segarra, L., Redondo., I. Mira., A. López., J. M. H. González., D. Gil-Pérez., C. Ferreira-Gauchía., M. Calero. (2005). "Contribución a un futuro sostenible. Una dimensión necesaria y posible en toda acción e investigación educativa", *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. VII Congreso. Universidad de Valencia.
- Vázquez-Alonso, A., J. A. Acevedo-Díaz y M. A. Manassero Mas ((2005). "Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4 núm. 2.
- Vázquez, A.; Manassero, M. A. y Acevedo, J. A. (2006). "An Analysis of Complex Multiple-Choice Science-Technology-Society Items: Methodological Development and Preliminary Results". *Science Education*, 90(4), 681-706.