

*ENCUENTRO ACADÉMICO INTERDISCIPLINARIO DE LA ENP:  
“TRANSVERSALIDAD, UNA PROPUESTA PARA LA INNOVACIÓN CURRICULAR”*

**Proyectos de Investigación Experimental en Química Verde, una Propuesta para  
Desarrollar Habilidades de Investigación en el Curso de Química IVA2**

Q. María Eugenia Martínez Yépez, ENP 2 “Erasmus Castellanos Quinto”,  
genayeppez@gmail.com

M. en E. Raquel Estela Velázquez Ramírez, ENP 6 “Antonio Caso”,  
raquel.velazquez.ramirez@gmail.com

Tema: El Desarrollo de Habilidades para la Investigación

Aspecto: a) El Significado que Adquiere en la Formación de los Estudiantes  
Preparatorianos

## **RESUMEN**

La unidad básica del proceso investigativo es el proyecto de investigación, documento que recoge de manera pormenorizada la organización que se ha dado a esta actividad y la forma en que se ejecutará la misma, por lo que representa una guía para el equipo de trabajo durante el desarrollo de la investigación. Se pueden promover, mediante el desarrollo de proyectos de investigación, habilidades para trabajar en equipo, elaborar y presentar informes escritos, manipulación de equipos, sustancias y materiales de laboratorio, búsqueda y análisis de información.

La química verde surgió a partir de la necesidad de control sobre los residuos y desechos contaminantes y dañinos que se forman en el proceso de elaboración de un producto. Se pueden desarrollar proyectos escolares de investigación experimental en el curso de Química IV área II, relacionando contenidos de la asignatura con algunos de los principios de la química verde.

## **INTRODUCCIÓN**

QUÍMICA IV. La asignatura se ubica en el mapa curricular de la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM en el sexto año del bachillerato. Pertenece al núcleo propedéutico del área II (Ciencias Biológicas y de la Salud). Es de carácter teórico-práctico y es obligatoria para los alumnos de dicha área. Su finalidad es capacitar a los alumnos en la construcción de los saberes que les permitan cursar con buen éxito sus estudios posteriores. Introduce al alumno al estudio de la química orgánica, de la bioquímica, y de algunos conceptos químicos y fisicoquímicos necesarios para la comprensión global de los procesos biológicos (Programa de la asignatura, 1996). El programa está estructurado en tres unidades temáticas:

- Unidad 1 “Líquidos vitales”: se estudian los sistemas acuosos en que interactúan los organismos vivos.
- Unidad 2 “Química para comprender los procesos de la vida”: se estudia a los hidrocarburos, los grupos funcionales y las principales reacciones orgánicas, como herramientas indispensables en la comprensión de las biomoléculas.
- Unidad 3 “La energía y los seres vivos”: se tratan los cambios químicos que proporcionan las bases para la comprensión del intercambio de materia y energía en las células.

Este curso pretende reforzar el aprendizaje experimental, la adquisición de habilidades de pensamiento y destrezas que permiten al alumno autonomía en el aprendizaje y aplicación de los conocimientos adquiridos en la resolución de problemas, así como desarrollar en el alumno el rigor experimental y las competencias químicas como conocimientos, habilidades y actitudes que lo capaciten para cursar los estudios de licenciatura en las Escuelas o Facultades de la UNAM (Programa de la asignatura, 1996).

EDUCACIÓN AMBIENTAL. En su libro “Educación Ambiental y Desarrollo Humano” (Cap. 4, 2000), Caride y Meira establecen tres modos de contemplar y valorar la educación, el ambiente y sus respectivas interacciones:

1. Por aquellos que observan el medio ambiente como fuente o fundamento de una variada gama de contenidos y estímulos educativos. *Enseñar la naturaleza o educar conforme a los condicionantes medioambientales.*
2. Los que valoran el medio ambiente como recurso, contenido y/o vía metodológica. *La educación en la naturaleza o en “ecosistemas pedagógicos”.*
3. Los que insisten en juzgar el medio ambiente como un bien a preservar o mejorar, respecto del que la educación puede ayudar a promover valores, actitudes, comportamientos, etc. *La educación para la naturaleza o para una sociedad sustentable.*

En concordancia con estos modos de contemplación del ambiente, los autores establecen una secuencia histórica de tres grandes etapas crono-pedagógicas:

1. La primera etapa, en la que prevalecen las imágenes literarias que aportan escritores y científicos que contemplan la naturaleza desde una despierta sensibilidad afectiva. *La Etapa Romántica.*
2. La segunda etapa, donde se registran reflexiones y experiencias pedagógicas que proponen una educación activa, en la que el medio ambiente comparte la condición de contenido, recurso y método. *La Etapa Reformista.*
3. La tercera y última etapa –en la que nos encontramos- se caracteriza por el descubrimiento de la crisis ambiental y la progresiva toma de conciencia respecto de las problemáticas ecológicas y humanas que la determinan. *La Etapa de la Conciencia Ambiental.*

De esta tercera etapa son evidentes dos situaciones: la crisis ambiental, y la necesidad de promover estrategias educativas orientadas a la conservación del medio ambiente. Caride y Meira proponen tres estadios cronológicos muy claros: *Educar para conservar, Educar para concienciar y Educar para cambiar.*

QUÍMICA VERDE. Consiste en el esfuerzo para reducir al mínimo o si es posible, eliminar completamente la contaminación desde su inicio. Se guía por 12 principios publicados por Paul Anastas y John Warner en su libro *Green Chemistry: Theory and Practice*. Estos principios tratan conceptos como el diseño de procesos que maximicen

los rendimientos de la materia prima hacia los productos deseados; el uso de sustancias ambientales seguras, incluyendo solventes, cuando ello sea posible; el diseño procesos energéticamente eficientes; la mejor forma de disposición de desechos, entre otros (McMurry, 2012:409-410).

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN. La investigación es un proceso sistemático, organizado y objetivo destinado a responder a una pregunta problema de investigación. La unidad básica del proceso investigativo es el proyecto de investigación, documento que recoge de manera pormenorizada la organización que se ha dado a esta actividad y la forma en que se ejecutará la misma, por lo que representa una guía para el equipo de trabajo durante el desarrollo de la investigación (Lam, 2005:1).

La enseñanza y el aprendizaje por medio de la investigación permite al docente proponer e implementar estrategias que conlleven a que el estudiante se aproxime al contexto en el que se desenvuelven los científicos, llevándolo a enfrentar situaciones que típicamente afrontan los científicos en su quehacer; por tanto, la estrategia de enseñanza y aprendizaje por medio de la investigación favorece el desarrollo de un tipo de competencias específicas, denominadas competencias científicas. Cuando metodológicamente se planea esta estrategia es posible establecer objetivos y metas mucho más claras y viables que facilitarán el desarrollo de estas competencias. Éstas se potencian cuando docentes y estudiantes abordan el conocimiento desde la perspectiva de un proyecto de investigación en donde interactúan con situaciones inherentes al ambiente científico (toma de decisiones, innovación, comunicación de resultados, entre otras) (García, 2008:7).

El modelo de enseñanza y aprendizaje por investigación necesita tres momentos: iniciación, desarrollo y finalización. Las actividades de iniciación están dirigidas a conseguir de los estudiantes su máxima participación, motivándolos y generándoles una perspectiva global por el trabajo. Las actividades de desarrollo tienen que ver con el proceso de explicitación y resolución de la situación problemática planteada. Las actividades de finalización están encaminadas a que los estudiantes tengan la

oportunidad de elaborar informes, socializar sus resultados y de aplicar a situaciones nuevas los conocimientos construidos en el proceso investigativo (García, 2008:10).

En términos generales, pueden promoverse dos tipos de competencias científicas mediante el desarrollo de proyectos de investigación: 1) competencias básicas, que se refieren a trabajar en equipo, elaborar y presentar informes escritos, así como emplear lenguaje científico para comunicar las ideas relacionadas con su proyecto; 2) competencias procedimentales, que se refieren al desarrollo de procesos experimentales, manipulación de equipo de laboratorio (incluidos los instrumentos de medida), aplicación de las normas de higiene y seguridad en un laboratorio, así como analizar lógicamente los resultados obtenidos (García, 2008:12).

## **DESARROLLO**

Durante los últimos ciclos escolares, como parte de las actividades del programa institucional “Jóvenes hacia la Investigación en Ciencias Experimentales”, cada ciclo lectivo se han llevado a cabo uno o dos proyectos de investigación experimental en las instalaciones de los Laboratorios LACE y de Creatividad Química del plantel 2 de la ENP, con alumnos de sexto año de bachillerato, inscritos o no en el citado programa institucional. Estos proyectos han buscado incentivar la relación entre los contenidos académicos de la asignatura Química IV área II (particularmente de las unidades 2 y 3 del programa) con algunos aspectos de la química verde, con la intención de desarrollar pequeñas síntesis de compuestos orgánicos, donde se apliquen alguno o algunos de los 12 principios de esta área de la química.

Estas síntesis químicas han constituido proyectos escolares de investigación experimental, que se han desarrollado en equipos constituidos máximo por 4 estudiantes, y que han estado conformados por los tres momentos citados previamente:

- 1) **Iniciación:** al inicio de cada ciclo escolar se ha invitado a los alumnos de sexto año de área II del grupo 655, a participar en el desarrollo de proyectos experimentales, en la línea de química verde, donde se prefiere emplear como

- materia prima algún residuo sólido, y transformarlo en otro compuesto químico. En esta fase comienzan a desarrollar la búsqueda y organización de información.
- 2) Desarrollo: a partir del mes de noviembre comienza la fase experimental del proyecto, una vez que los alumnos interesados han elaborado una pequeña investigación documental relativa a la problemática a estudiar en el proyecto, y han socializado con sus compañeros su particular proyecto de investigación. Durante una sesión semanal de 2 a 3 horas, los alumnos comienzan a trabajar en el laboratorio, con materiales y equipos propios de la disciplina, que no necesariamente forman parte de los materiales que se usan en las prácticas curriculares. En esta fase han enfrentado pequeñas problemáticas, como que alguna reacción química no se haya llevado a cabo, que algún producto no se haya aislado, que no hayan podido purificar el producto de su mezcla de reacción, en fin. Situaciones que solicitan de ellos un análisis de las causas, una propuesta de soluciones (que puede incluir inclusive cambiar de proyecto experimental), buscar otras propuestas. Esta fase incentiva habilidades de trabajo en equipo, manejo de materiales, de sustancias y de equipo de laboratorio; así como la reflexión, el registro y el análisis de resultados.
- 3) Finalización: a partir del mes de febrero los alumnos comienzan la redacción de su proyecto de investigación, citando: objetivos, introducción, marco teórico, desarrollo experimental, análisis de resultados, conclusiones y referencias consultadas. Este documento escrito se presenta a selección en los eventos diseñados para los alumnos: el Congreso Preparatoriano de las Ciencias, el Concurso Interpreparatoriano “Dr. Mario Molina” (si los rubros del mismo lo permiten) y el Concurso Universitario Feria de las Ciencias. En estos eventos los alumnos pueden socializar sus resultados a la comunidad académica, estudiantil y de público en general que asista a los mismos. Esta fase incentiva habilidades de búsqueda y registro de información, de elaboración de documentos escritos (expresión escrita); así como de expresión oral, de tolerancia, de respeto a otros puntos de vista, y en el caso de los eventos que son concursos, de aceptar la victoria o la derrota. En donde se requiere, los alumnos elaboran presentaciones

power point o carteles científicos, lo que les permite desarrollar habilidades en el manejo de las TIC.

Algunos de los proyectos de investigación que se han desarrollado son los siguientes:

- a) *Conversión de papel en combustible para automóviles*: se obtuvo bioetanol a partir de la hidrólisis ácida de la celulosa del papel, vía la fermentación anaerobia de la glucosa. En este proyecto se relacionó el tema de carbohidratos, de reacciones orgánicas, con la idea de reutilizar el papel en obtener un combustible, y aplicar algunos principios de la química verde. A continuación se muestran algunas fotos del desarrollo experimental.

Hidrólisis de papel revolución



Extracción de la glucosa



Prueba positiva de glucosa



- b) *Reciclaje químico completo de polietilén tereftalato (PET)*: se obtuvo dibenzil tereftalato a partir de la transesterificación de PET con alcohol bencílico. En este proyecto se relacionó el tema de polímeros, de reacciones orgánicas, con la idea de reutilizar botellas de plástico, que son un contribuyente mayúsculo de los residuos urbanos de la ciudad. A continuación se muestran algunas fotos del desarrollo experimental.

Transformación del PET



Dibenzil tereftalato crudo



Dibenzil tereftalato puro



c) *Obtención de bioetanol a partir de maíz*: se obtuvo bioetanol a partir de la hidrólisis ácida de granos de maíz cacahuazintle y maíz dulce, vía la fermentación anaerobia de la glucosa. En este proyecto se relacionó el tema de carbohidratos, de reacciones orgánicas, con la idea de emplear el maíz en obtener un combustible, y aplicar algunos principios de la química verde. A continuación se muestran algunas fotos del desarrollo experimental.

Hidrólisis del maíz



Extracción de glucosa



Equipo para la fermentación



d) *Síntesis de aspirina. Aplicación de la química verde*: se sintetizó aspirina a partir de la reacción del anhídrido acético y el ácido salicílico, en medio ácido, mediante la irradiación de energía de microondas de un horno convencional. Se compararon las síntesis de aspirina en tres métodos. En este proyecto se relacionó el tema de reacciones orgánicas, con la idea de emplear variantes de energía calorífica, y aplicar algunos principios de la química verde. A continuación se muestran algunas fotos del desarrollo experimental.

Método tradicional



Método verde



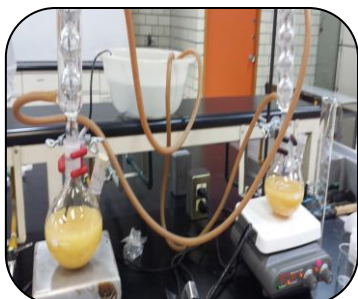
Método de microondas





e) *Obtención de biodiesel a partir de aceite de cocina usado*: se obtuvo biodiesel mediante la transesterificación de los triglicéridos del aceite de cocina con metanol, y la glicerina obtenida como subproducto se transformó en jabón. En este proyecto se relacionó el tema de reacciones orgánicas con la idea de reciclar aceite vegetal de cocina y generar productos como combustibles y jabones. A continuación se muestran algunas fotos del desarrollo experimental.

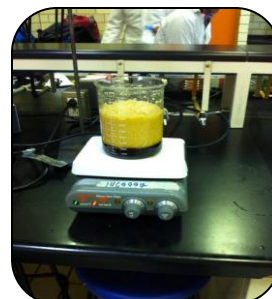
Obtención de biodiesel



Separación de biodiesel



Obtención de jabón



## CONCLUSIONES

- A partir de la puesta en marcha de proyectos escolares experimentales en los cursos de química, es posible incentivar el desarrollo de diversas habilidades: del pensamiento, de manipulación de materiales, sustancias y equipos propios de la disciplina, de trabajo en equipo, de expresión oral y escrita, de respeto y tolerancia.
- Estas habilidades o competencias científicas impactan favorablemente en la formación integral de los estudiantes, particularmente en aquellos interesados en cursar licenciaturas del área de la salud.
- Los proyectos escolares le permiten a los alumnos acercarse al trabajo científico, a la publicación de resultados, a la socialización de los mismos. En un futuro no muy lejano esto formará parte de sus actividades profesionales.
- Es posible incorporar algunos contenidos ambientales en las asignaturas propedéuticas, particularmente en el curso de Química IV área II, en concordancia con algunos contenidos del mismo. En la actualidad no se cuenta

con contenidos ambientales en el citado programa, lo que podría ser enriquecedor, el alumno podría percatarse de la aplicación de la química (particularmente la química verde) en el contexto actual, y eso le permitirá ampliar su panorámica de interés y desarrollo personal y profesional.

## REFERENCIAS

- ✚ Caride, José Antonio y Pablo Ángel Meira (2000). *La Educación Ambiental como Estrategia y Prácticas: Señas de Identidad y Perfiles Históricos*. España: Ariel Educación, 260 p.
- ✚ García, G, y Ladino, Y. (2008). Desarrollo de competencias científicas a través de una estrategia de enseñanza y aprendizaje por investigación. *Studiositas*. [online]. Diciembre 2008, vol 3 n. 3, [Citado 2014-05-05], pp. 7-16.
- ✚ Lam, R. (2005). Metodología para la confección de un proyecto de investigación. *Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter* [online]. 2005, vol. 21, n. 2 [Citado 2014-05-02], pp. 0-0. Disponible en: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-02892005000200007&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892005000200007&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1561-2996.
- ✚ McMurry, J. (2012) *Química Orgánica*. México: Cengage Learning. P. 409. Documento web consultado en:  
[http://books.google.com.mx/books?id=okQZdnD\\_MvQC&pg=PA409&dq=principios+de+la+quimica+verde&hl=es-419&sa=X&ei=YegCU8XmAqWEyAH2m4C4Bw&ved=0CEEQ6AEwBA#v=onepage&q=principios%20de%20la%20quimica%20verde&f=false](http://books.google.com.mx/books?id=okQZdnD_MvQC&pg=PA409&dq=principios+de+la+quimica+verde&hl=es-419&sa=X&ei=YegCU8XmAqWEyAH2m4C4Bw&ved=0CEEQ6AEwBA#v=onepage&q=principios%20de%20la%20quimica%20verde&f=false). Consultado 15/abril/14.
- ✚ Programa de Estudios de la asignatura Química IV (1996). Escuela Nacional Preparatoria, UNAM. México.