Una Experiencia en Ingeniería de Aprendizaje Basado en Proyectos en la UAMA, México.

María del Carmen González Cortés, Margarita Portilla Pineda, Javier Ramírez Angulo

Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, México, D. F. C. P. 02200, México.

Correo electrónico: mcgc@correo.azc.uam.mx, margaportilla@gmail.com, ramirezangulojavier@gmail.com

Resumen

En esta experiencia se utilizó el aprendizaje basado en proyectos, este proyecto se definió a partir de las necesidades de una comunidad agrícola: obtener ganancias de desechos industriales, como el bagazo de la vaina de la vainilla. La propuesta de trabajo se elaboró en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Distrito Federal, México, por alumnas de ingeniería química, a quienes se les solicitó que desarrollaran un proyecto, mediante el cual se buscaba un aprendizaje permanente y sustentable, en donde aprendieran que las decisiones tomadas no deben de afectar la producción de una empresa. También se buscó favorecer ciertas competencias, como el análisis de problemas, la toma de decisiones, el trabajo en equipo y el aprendizaje colaborativo. El uso de esta metodología de aprendizaje les permitió a las alumnas constatar los efectos de sus decisiones, ya que una buena decisión genera un trabajo redituable.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos; desarrollo de competencias; apoyo comunitario.

Abstract

This experience was applied project-based learning, where the project was determined based on the needs of a community: to profit from industrial wastes such as bagasse vanilla pod. The proposed study was carried out at the Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzcapotzalco, Distrito Federal, Mexico, for chemical engineering students, who were asked to develop a project, through which it sought a permanent and sustainable learning, where they learn that decisions should not affect the production of a company. We also wanted to promote certain competencies, such as problem analysis, decision making, teamwork and collaborative learning. Using this learning methodology allowed the students observe the effects of their decisions, since a good decision allows profitable work.

Keywords: project-based learning; skills development; community support.

1 Introducción

Según Dewey, como lo indica Fermoso (2012), “la educación es la reconstrucción de la experiencia que se añade al significado de experiencia, y que aumenta la habilidad para dirigir el curso de la experiencia subsiguiente”, en este sentido, Las experiencias que tiene un persona, modifican las conductas y a este cambio se le denomina aprendizaje. Para que un aprendizaje se vuelva una experiencia con significancia para la persona, está debe de estar relacionada con el campo de interés, el campo de trabajo o ser una situación que modifique de forma positiva a la persona.

El Aprendizaje Basado en Proyectos, esencialmente, es una alternativa de formación que va más allá de los postulados de la pedagogía activa, al resolver problemas reales a partir de la comprensión del contexto, en función del desempeño profesional articulando conocimientos propios del área disciplinar y dando solución a un problema de la comunidad en donde se desarrolla el individuo.

Según las bases de este tipo de aprendizaje, se accede al acercamiento de la realidad a un ambiente académico, buscando y estimulando el desarrollo de habilidades que permitan resolver situaciones existentes, impulsando el aprendizaje activo y convirtiendo la experiencia de aprendizaje en una discusión académica del problema, así como la generación de varias hipótesis que admitan la solución del mismo y simultáneamente con ello, el desarrollo de diferentes habilidades, capacidades, actitudes y valores en los estudiantes.

Se plantea la experiencia del aprendizaje basado en proyectos desde sus dimensiones conceptuales, analizando sus fundamentos pedagógicos aplicados a la docencia universitaria, los retos que promueve la práctica de este enfoque al docente y las experiencias descubiertas por los estudiantes en la asignatura llamada “Proyecto Terminal de Ingeniería

Química" de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Esta asignatura es obligatoria ya que forma parte del plan de estudios de esta institución, sin embargo la aplicación de esta metodología es relativamente nueva y con poca aplicación entre los profesores que la imparten, especialmente porque implica un fuerte trabajo y dedicación previa para el diseño, la planeación y el desarrollo del proyecto, sin contar con las relaciones y negociaciones que se deben establecer con distintos grupos sociales con diferentes necesidades.

Otra limitante de este tipo de proyectos es la conjunción de alumnos con un objetivo o interés común y caracteres similares. En este caso se trabajó con un grupo pequeño, con la misma línea disciplinar, pero con áreas de desarrollo diferentes, lo que permite aplicar muy bien la metodología del aprendizaje basado en proyectos.

Según Rojas (2005) mencionado por Maldonado Pérez (2008), este tipo de aprendizaje tiene cuatro elementos característicos, que son:

1. Generación de un razonamiento ligado a una problemática real y no ficticia.
2. Aprender para hacer y no solo para saber.
3. Relación directa entre el contexto y el aprendizaje.
4. La prioridad es el problema y no la disciplina.

Estos elementos al ser utilizados permiten organizar, tanto una estrategia de investigación, como un aprendizaje y solidariamente apoyar a una comunidad, generando que se vuelva un instrumento de promoción social y un gestor de cambios de vida.

Esta metodología de aprendizaje está orientada a una formación activa del estudiante, de tipo constructivista, que busca que el alumno aprenda a aprender, ubicándose en el contexto del lugar donde se encuentra la problemática; por otro lado, busca integrar la teoría y la práctica y poner al servicio de la comunidad ésta última. Potencialmente busca generar competencias en los estudiantes que les permitan un desarrollo óptimo de sus capacidades académicas y profesionales.

Consecuentemente, esta metodología, que tiene al estudiante como actor principal del proceso de aprendizaje, busca no solo la adquisición de conocimientos, sino también crear una actitud favorable para el desempeño de sus labores, como el trabajo en equipo, la toma de decisiones asertivas, la observación del entorno, el análisis de actitudes y los valores en sus compañeros y en la comunidad, sobre todo que profundice de una manera adecuada en la respuesta a la problemática presentada, utilizando no solo los conocimientos científicos adquiridos a lo largo de su trayectoria académica, sino también utilizando estructuras sociológicas e históricas –que en problemas de ingeniería asociados a la comunidad, muchas veces tienen mayor importancia que las condiciones científicas (Galeana, 2012; Martí, et al, 2009).

Uno de los factores importantes a considerar en la resolución de cualquier problema, es la afectación del ambiente a partir de las propuestas realizadas para solucionarlo. Al aplicar la metodología de aprendizaje basado en proyectos, el docente tiene que estar muy consciente de los riesgos que presentan cada solución propuesta y debe de ser capaz de transmitir a los alumnos la inquietud por el cuidado del ambiente, para que ellos a su vez se concienticen y se logre una solución sustentable, acorde a las necesidades de la comunidad y en beneficio de la sociedad en general.

El propósito de aplicar esta metodología fue para obtener beneficios conjuntos, tanto para los estudiantes, como para una comunidad rural, a partir del conocimiento de los estudiantes y con la guía y apoyo del docente, en la resolución de un problema real, teniendo en cuenta que uno de los objetivos generales de la Universidad Autónoma Metropolitana, es proporcionar apoyo a la comunidad para su desarrollo sostenible (UAM, 2011).

Para este proyecto se tiene conocimiento que en México, en los estados de Veracruz y Puebla se tiene una alta cosecha de vainas de vainilla, las cuales se emplean para obtener el extracto de vainilla, que es un concentrado que se utiliza como saborizante y aromatizante en diversos productos comerciales.

Normalmente la vaina de la vainilla sufre varios procesos antes de ser comercializada, cuando ya está seca. La venta de este material no deja una ganancia apreciable a quienes la cosechan, sino a los intermediarios que la preparan para su venta. A pesar de que son los agricultores quienes invierten un buen capital para cosechar la planta que es muy delicada.

2 Proyecto

En la actualidad, un grupo de agricultores se han unido y han desarrollado una pequeña empresa para obtener el extracto de la vainilla, mismo que venden con buenas ganancias, pero que se diluye al repartirlas entre todas las personas que intervienen en el proceso, por este motivo solicitaron ayuda para optimizar el proceso de extracción de la vainilla, así como proponer alternativas para aprovechar algún subproducto y obtener algún beneficio extra del mismo proceso.

Después de analizar la problemática, se decidió enfocarse hacia el residuo obtenido, generalmente conocido por los agricultores como grano agotado de la vaina de vainilla, este subproducto casi siempre es desechado y en el mejor de los casos se utiliza para hacer composta o forraje para animales de granja.

2.1 Propuesta

La propuesta del proyecto fue:

- Desarrollar un proceso industrial en donde se pudiera aprovechar el material de desecho –bagazo de la vaina de la vainilla- que se obtiene como subproducto de la remoción del extracto de la vainilla y que fuera redituable económicamente para las comunidades de agricultores que cosechan estas plantas en el Estado de Puebla, México.

Para su realización se contó con cuatro alumnas de la licenciatura en Ingeniería Química, de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, del Distrito Federal en México, que estaban en la última etapa de su carrera. Cada una de ellas presentaba diferentes áreas de concentración: una de ellas estaba enfocada a los procesos, otra a la administración, otra a la gestión ambiental y la última al área de investigación.

El tiempo propuesto para la realización del proyecto fue de seis meses y el trabajo tenía que llevarse a cabo en un ambiente de colaboración y cooperación.

2.2 Desarrollo del proyecto

El trabajo se inició con la presentación del proyecto a cuatro alumnas del último trimestre de la licenciatura en Ingeniería Química. El objetivo que se les planteo fue encontrar un producto que los agricultores cosechadores de la vaina de la vainilla pudieran comercializar en la población donde ellos viven y proponer el desarrollo del proceso industrial correspondiente. También se les indicó que se iba a trabajar de manera colaborativa, de tal forma que el trabajo de una dependía del de las demás y de manera cooperativa, ya que se podían auxiliar entre ellas, siempre con apoyo del profesor.

El primer paso fue la búsqueda de la información específica por parte de cada una de ellas: costos de la vaina de la vainilla y de la producción del extracto, cuales son los usos del extracto de la vainilla y como se obtiene el bagazo de la vaina de la vainilla.

En una reunión se dio a conocer el material investigado y después se les pidió que hicieran algunas propuestas de solución al problema. En este paso, el objetivo didáctico era que las alumnas aprendieran que pueden hallarse varias soluciones para un solo problema y que estas dependen del conocimiento disciplinar que tengan, pero también que la opinión de otras personas es muy valiosa para tomar una decisión acertada.

Se les asignaron tres días para que estudiaran las propuestas planteadas, las analizaran y posteriormente llegar a un acuerdo con respecto a la problemática, el análisis debería considerar la factibilidad y la sustentabilidad; las propuestas fueron:

- Secar el bagazo, molerlo y así comercializarlo como aromatizante, ya que era perceptible el aroma a vainilla.
- Como todavía se percibía la vainilla, extraer el aceite que todavía contenía el bagazo y venderlo como extracto de vainilla de bajo contenido.
- Sustituir el bagazo por extracto en los compuestos en los que se utiliza como aromatizante
- Secarlo, molerlo, empaquetarlo y utilizarlo para darle sabor o como aromatizante para diferentes productos.

Después de haber escuchado a cada compañera, nuevamente se les dieron dos días para que analizaran las diferentes propuestas, utilizando todos los conocimientos técnicos investigados para que en la siguiente reunión proporcionaran su opinión, indicando las ventajas y desventajas de cada propuesta. Fue en ese momento del proyecto que las alumnas tuvieron que aplicar una de las características de este tipo de metodología del aprendizaje: “aprender para hacer y no solo para saber”.

El análisis de cada propuesta fue complejo debido a que las alumnas tenían los conocimientos técnicos, pero su aplicación a un problema ya no les resultó tan fácil como pensaban, en este espacio, el papel desempeñado por el profesor fue muy importante, se asignó una sesión de asesoría para cada alumna, con el propósito de hacer un análisis de la manera más asertiva posible, sin influir de ninguna alumna en su punto de vista. Emitir su opinión les llevó a reconocer que para el análisis no solo se deben tener los conocimientos técnicos, sino también estar al tanto de las situaciones de aplicabilidad y considerar el contexto en el que se va a desarrollar un proyecto, por simple que este sea.

Se llegó a la conclusión que la primera propuesta y la última eran similares, motivo por el cual ambas se tomaron como una sola. La segunda propuesta no fue aceptada por el grupo ya que, después de un debate, se dijo que:

- El coste inicial del proceso, no permitiría su producción.
- No era redituable, ya que hay una competencia comercial muy fuerte con el extracto artificial que es un producto muy económico.
- En general, el costo total del proyecto, era muy alto.

La tercera propuesta era muy extensa, por ello en una reunión se determinó el tipo de compuestos en los cuales se puede sustituir el extracto de la vainilla por el bagazo agotado de la vaina de la vainilla, teniendo dos opciones: como saborizante o como aromatizante. El profesor también solicitó a las alumnas que hicieran un estudio de mercado para conocer los productos comerciales que contenían al extracto de la vainilla, en las dos presentaciones.

Como aromatizante se encontraron varias opciones de uso, como: el talco, el rubor, las cremas corporales y faciales, el jabón de tocador, el champú y los perfumes. Casi de inmediato se eliminó el perfume, debido a que el bagazo o los sólidos suspendidos afectarían la buena presentación de este producto. En el caso del saborizante, se encontró que se usaba en la elaboración de pasteles, galletas, gelatinas y helados.

Además se agruparon estos compuestos por su presentación, en polvos, semisólidos rígidos y semisólidos no rígidos. Y el resultado fue la siguiente clasificación: en el polvo como aromatizante -primera propuesta-, en el talco, el rubor y las harinas; el jabón de tocador se considera como un semisólido rígido y en el último grupo se tiene a las cremas, el champú, la gelatina y el helado.

A partir de este punto, el proyecto se dividió en cuatro fases, asignándole a cada alumna, una de ellas, para efectuar los experimentos pertinentes y su respectiva valoración, considerando las posibilidades de comercialización de los diferentes productos (ver tabla 1).

Tabla 1. Trabajos experimentales asignados a cada alumna

Alumna	Trabajo experimental
1	Elaboración del aromatizante y el jabón
2	Elaboración de talco y rubor
3	Elaboración de crema facial y champú
4	Elaboración de helado y pastel

Aunque el trabajo experimental era individual, las alumnas podían intercambiar experiencias, con el propósito de reducir los tiempos de trabajo, esto es, hacer un trabajo cooperativo.

2.3 Trabajo de laboratorio

La metodología para obtener cada producto fue la propuesta por Hiscox-Hopkins (1996) y el procedimiento para incorporar el bagazo de la vaina de la vainilla dependió del grupo al que se asoció cada producto:

a) Polvos.

El procedimiento propuesto fue:

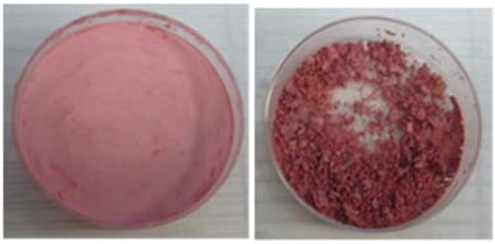
- Secar el bagazo de la vaina de la vainilla, molerlo finamente, y utilizarlo según convenía.
- Compactarlo y envolverlo en papel celofán para su comercialización.
- Mezclarlo con un polvo comercial y utilizarlo.

El secado se propuso que fuera en microondas, sin embargo mediante esta técnica el bagazo de la vaina de la vainilla perdía todo su aroma, por lo que se desechó esta técnica. Después se propuso un secado al sol, pero disminuía el aroma, aunque no totalmente, sin embargo no fue posible utilizarlo como aromatizante.

Después de secarlo al sol, se molió, y se mezcló para hacer el talco con el silicato de magnesio en polvo –principal compuesto del talco-, oscureciendo el producto, hasta adquirir tonalidad grisácea, comparado con el talco comercial (figura 1a), su apariencia fue poco aceptable (figura 1b); para producir el rubor o colorete, se mezcló con talco y carminato amónico, sin embargo comparado con el producto comercial (figura 2a) la tonalidad fue más oscura (figura 2b) el aroma era casi imperceptible, y para terminar con los polvos, en la harina para pasteles y galletas, al mezclar el residuo molido, se obscurecía el harina, al hornear perdía el sabor a vainilla y además el producto, el pan, tenía una consistencia seca y arenosa cuando se degustaba.

(a) (b)

Figura1: (a) Talco comercial. (b) Mezcla de talco con bagazo de vaina de vainilla molida



(c) (d)

Figura 2: (a) Rubor comercial. (b) Mezcla de rubor con bagazo de vaina de vainilla molida

En cada caso se hicieron varios experimentos variando la cantidad de bagazo en polvo que se agregaba, sin embargo no se obtuvo un producto suficientemente aceptable para su comercialización.

b) Semisólidos rígidos

- En este caso, se elaboró un jabón de tocador utilizando como base el jabón neutro para este experimento:
- Se deshizo el jabón calentando el jabón a baño María,
- Posteriormente se mezcló con el bagazo de la vaina de la vainilla recién obtenido de la extracción de los aceites.
- El producto tenía un aspecto desagradable a la vista, al tacto y al olfato, predominaba el olor a alcohol, que es el principal reactivo utilizado en la obtención del extracto de la vainilla (figura 3).

Se hicieron otros experimentos en donde se modificó el tamaño de partícula del bagazo de la vaina, y agregando además una suspensión, leche de vacuno, para evitar que se exfoliara el jabón. Obteniéndose finalmente un producto con un aspecto poco aceptable a la vista, por el color negruzco que presentaba, sin embargo tanto al tacto como el aroma eran considerados agradables (figura 4).

Figura 3: Jabón obtenido en una relación 1:1 de jabón neutro con bagazo de vainilla

Figura 4: Relación 2:1 de jabón neutro y bagazo de vaina, agregando leche para disolver la pasta

c) Semisólidos no rígidos

- El champú se elaboró, utilizando jabón neutro, glicerina y agua (figura 5a).
- Al producto se le agregó el bagazo de la vaina de la vainilla todavía húmedo y molido.
- El resultado se puede observar en la figura 5b.

Por otro lado, se preparó una crema facial

- A partir de cera de abeja, manteca de cacao, lanolina y aceite de almendras, obteniéndose una crema tersa (figura 6a).
- Posteriormente se agregó el bagazo, obteniendo un producto similar al anterior (figura 6b).

Nuevamente el resultado carecía de buena presentación, por su coloración obscura.

(a) (b)

Figura 5: (a) Champú sin vainilla, (b) champú con bagazo de vainilla molido

(c) (d)

Figura 6: (a) Crema facial sin bagazo de vainilla, (b) crema facial con bagazo de vainilla molido

Para este grupo se trabajó con un solo producto alimenticio, fue el helado.

- Este se elaboró de manera artesanal, mezclando el residuo de la vaina de la vainilla, huevos, azúcar pulverizada y leche evaporada, obteniendo un helado de buen sabor, pero de apariencia poco agradable (figura 7).
- Posteriormente se hizo nuevamente el helado, agregándole colorante y el residuo utilizado estaba molido, entonces se obtuvo un helado con un buen aspecto y muy buen sabor (figura 8).

Figura 7: Helado artesanal utilizando bagazo de vainilla como saborizante

Figura 8: Helado artesanal con bagazo de vainilla y colorante

2.4 Valoración de los productos

Las alumnas decidieron que era necesario saber que aceptación tenían los productos que elaboraron, entonces hicieron pruebas con distintos compañeros de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco y como resultado obtuvieron lo siguiente:

- Los productos más aceptados fueron: el jabón de tocador y el helado. Entre ambos, el helado fue el preferido.
- El talco y el rubor no fueron aceptados, la causa fue la coloración que presentaban.
- El pastel, tampoco fue aceptado, tanto por el color del pan como por la sensación arenosa al degustarlo.
- Tanto el champú como la crema fueron desechados por las mismas alumnas, debido a que perdieron todas sus propiedades organolépticas.

Como resultado del proyecto decidieron implementar la producción de helado utilizando como saborizante el bagazo obtenido de la producción del extracto de la vainilla. Para el diseño de la planta industrial, visitaron el lugar de origen de los agricultores y platicaron con ellos, para conocer el lugar donde posiblemente se instalaría la planta, saber con qué recursos económicos y materiales se contaban. En consecuencia se acordó que la mejor forma para su producción era de manera artesanal.

Adicionalmente las alumnas presentaron otra propuesta para ayudar a los agricultores, negociar con una empresa la fabricación del helado, para lo cual los agricultores podrían vender el bagazo de la vainilla e incluso aquellas vainas que no pueden ser comercializadas para obtener el extracto, por no tener la calidad (tamaño y color) necesaria según los requerimientos de los intermediarios.

2.5 Resultados

Los resultados de este proyecto fueron satisfactorios, ya que además de proporcionar un producto comercial a los agricultores de la vainilla, las alumnas que contribuyeron en este proyecto tuvieron un aprendizaje integral.

Una característica muy importante de este tipo de prácticas es el aprendizaje adquirido para resolver problemas de manera cooperativa, así como a establecer relaciones con personas de otras disciplinas y actividades laborales, como los agricultores, algunos ingenieros con mucha experiencia y administradores.

Por otro lado, también aprendieron que se pueden obtener diversos beneficios de un proceso industrial, como en este caso, la producción del extracto de la vainilla, que a pesar de que ya tiene mucho tiempo de haberse implementado, se indagó la forma de aprovechar un subproducto, obteniendo un ingreso económico adicional, al mismo tiempo que se eliminó un material que a largo plazo puede ser desfavorable para el medio ambiente, alterando el ecosistema de esta planta.

Las lecciones sobre las relaciones humanas que recibieron las alumnas fueron muy valiosas, la ayuda mutua entre compañeras así como el aumento de su autoestima, formaron parte de esta experiencia en la cual desarrollaron empatía con los agricultores, reconociendo su experiencia y los conocimientos tradicionales, adquiridos de forma empírica y compartidos por varias generaciones, en ocasiones reconociendo sus errores y aprendiendo de ellos, también a enfrentar y superar los retos que se les presentaban; adquiriendo confianza y madurez en la toma de decisiones, en otras palabras desempeñaron como futuras ingenieras.

La principal prerrogativa de este tipo de metodología en esta asignatura, es que permite que el alumno integre los conocimientos adquiridos durante su trayectoria académica, para enfocarlos a la resolución de un problema; sin embargo existen algunos conflictos al aplicarla, debido a que, en ocasiones es difícil lograr que se formen equipos idóneos entre los estudiantes, en cuyo caso se ve afectado el desarrollo del trabajo. Favorablemente para este proyecto, el grupo formado por las cuatro alumnas, y considerando que cada una tiene su personalidad, ellas lograron establecer vínculos con objetivos comunes, que les permitió avanzar rápidamente en el trabajo.

El trabajo por proyectos permite a los alumnos acercarse a las condiciones reales del trabajo y demostrarse a sí mismos así como a sus compañeros, sus aptitudes, actitudes y habilidades, su capacidad para solucionar problemas, que es indudablemente, una de las actividades fundamentales de un ingeniero.

3 Conclusión

La aplicación de esta metodología ofrece muchas ventajas y oportunidades para los estudiantes, sin embargo la labor del profesor es trascendental, ya que él tiene que diseñar y planificar toda la actividad, además de saber conducir a los alumnos para alcanzar los objetivos del proyecto.

Encontrar proyectos es una labor ardua para el docente, ya que tiene que tener varias características: idóneo a la carrera cursada por los alumnos, viable, crear conciencia ambiental y ética y apoyar a una comunidad. En ocasiones el docente o los estudiantes se acercan a la comunidad en busca de este tipo de actividades; en este proyecto los productores de la vainilla fueron los que solicitaron la ayuda para obtener un beneficio extra, al cosechar la planta de la vainilla y después obtener el extracto correspondiente.

En este proceso, fue muy importante permitir que las alumnas elaboraran todos los productos, no obstante que era evidente que la coloración de la vainilla iba a alterar el color de los mismos, y por lo tanto su aspecto no sería muy agradable. Posteriormente ellas reconocieron su falla, pero hicieron otras propuestas para mejorar los productos viables, como el helado. El resultado de dar libertad de acción a las alumnas para experimentar, fue la motivación generada para efectuar un buen trabajo, ya que aunque tuvieron errores, aprendieron de ellos y compartieron la experiencia con sus compañeras, quienes estaban elaborando otros productos.

Resumiendo, la aplicación de esta metodología les permitió a las alumnas constatar los efectos de sus decisiones, ya que una buena decisión genera un trabajo redituable.

Referencias

Fermoso, P. (2012) *Proceso educativo e instrucción*. Biblioteca Virtual de Ciencias Sociales. Revisado en diciembre 10, del 2012, en: http://www.cholonautas.edu.pe/modulo/upload/Fermoso%20cap%208.pdf

Galeana, L. (2012) Aprendizaje basado en proyectos. Universidad de Colima. Revisado en diciembre 10, del 2012, en: http://ceupromed.ucol.mx/revista/PdfArt/1/27.pdf

Hiscox-Hopkins (1996). *Gran enciclopedia práctica de recetas industriales y fórmulas doméstica.*, Editorial gg / México, 1996, tomo 5, pp. 1062, 1064, 1067, 1069,1070-1073.

Maldonado Pérez, M. (2008) Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. Laurus (en línea), 14 (septiembre-noviembre). ISSN: 1315-883X. Consultado en enero 15, del 2013, en: http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=76111716009

Martí, J.A.; Heydrich, M.; Rojas M.; Hernández, A. (2009) Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente. Revista Universidad EAFIT. Vol. 46, No. 158, pp. 11-21.

UAM (2011). *Ciencias Básicas e Ingeniería – Ingeniería Química*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Revisado en enero 15, del 2012, en: http://cbi.azc.uam.mx/archivos/UEAS/ueas_11O/quimica/113280.pdf