



## ¿CÓMO PRODUCIR UNA EXPERIENCIA PROFUNDA Y TRANSFORMADORA EN UN CURSO EXPERIMENTAL DE FISICOQUÍMICA?

### Resumen

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una aproximación didáctica de la construcción del conocimiento a partir del contexto, que puede producir la motivación intrínseca para el aprendizaje profundo, pero que requiere un compromiso metodológico de implementación y de recursos muy complejo. Se presenta una descripción metodológica, con ejemplos, para diseñar un curso experimental en donde lo más importante es producir en los estudiantes una experiencia profunda y transformadora del ejercicio del pensamiento fisicoquímico a través de un problema real y de su interés.

**Palabras clave:** Aprendizaje Basado en Problemas (ABP); contexto; aprendizaje profundo; trabajo experimental; diseño hacia atrás; rúbrica.

## HOW TO PRODUCE A DEEP TRANSFORMATIVE EXPERIENCE IN AN EXPERIMENTAL COURSE OF PHYSICAL CHEMISTRY?

### Abstract

Problem-Based Learning (PBL) is a didactic approach of knowledge construction from the context, which can produce the intrinsic motivation for deep learning, but requires a very complex methodological commitment of implementation and resources. A methodological description is presented, with examples, to design an experimental course where the most important thing is to produce in students a profound and transformative experience of the exercise of physicochemical thinking through a real problem of their interest.

**Keywords:** Problem-Based Learning (PBL); context; Deep learning; Experimental work; Backward design; rubric.

**Autor:** Aurora Ramos Mejía\*

\* Departamento de Físicoquímica, Facultad de Química, UNAM. Ciudad de México, México. Correo electrónico: [armej@unam.mx](mailto:armej@unam.mx). Fuente de financiación y agradecimientos: DGAPA a través de proyecto PAPIME 201816.



## ¿CÓMO PRODUCIR UNA EXPERIENCIA PROFUNDA Y TRANSFORMADORA EN UN CURSO EXPERIMENTAL DE FISIQUÍMICA?

**E**n la enseñanza universitaria actual, todavía hay muchos laboratorios que privilegian la transmisión del contenido en un esquema de clases expositivas, en donde lo experimental se restringe a demostrar conceptos. Cuestan mucho en recursos económicos, humanos y de infraestructura, para que el tipo de aprendizajes que se obtenga de ellos sea el mismo que el de las clases de teoría. Hodson (1994) ya los cuestionaba hace más de veinte años, y la situación no ha cambiado mucho (López Rúa y Tamayo Alzate, 2012). En estos ambientes, el estudiante adopta una actitud pasiva, falta de compromiso e interés, tiene un rápido olvido del material de la asignatura, y no es capaz de transferir el conocimiento a otros ámbitos de aplicación. Aquí, la entrada de los dispositivos móviles al salón es controversial ya que se considera una distracción. En este trabajo se expone una aproximación didáctica que resuelve en gran medida todas estas situaciones, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

En el Laboratorio Unificado de Físicoquímica (LUF), de la Facultad de Química de la UNAM, se utiliza el ABP desde el año 2008. En este esquema, el trabajo experimental pasa de ser una actividad supeditada jerárquicamente a la teoría, para transformarse en un reto atractivo, diferente y complejo. Esto es porque el ABP es una aproximación didáctica centrada en el aprendiz que se diseña a partir del contexto. Lo más importante es producir en los estudiantes una experiencia profunda y transformadora del ejercicio del pensamiento fisicoquímico a través de un problema real y de su interés.

Mucha de la reticencia a usar el ABP en el aula viene de la mala praxis y de la falta de una comprensión metodológica. Todavía muchos maestros piden a sus alumnos que hagan “proyectos”, sobre todo al final del curso, como una estrategia de aplicación del conocimiento, pero sin proporcionarles criterios de calidad o guías que les ayuden a conseguir su objetivo. En general, ha existido una falta de alineamiento entre los objetivos de aprendizaje, las actividades para lograrlo, y su evaluación. El alineamiento constructivo propuesto por Biggs (1996) empieza a tener influencia en la educación superior, sobre todo para diseñar experiencias de aprendizaje que perduren (Boud y Falchikov, 2006).

Se critica al ABP en el sentido de que el conocimiento que consiguen los alumnos es más o menos el mismo que el que consiguen mediante clases tradicionales, pero consumiendo mucho más tiempo y exponiéndose a un menor número de contenidos. Sin embargo, lo que falla en realidad es que para compararlos se utiliza el mismo tipo de instrumento: el examen. Se sabe que los exámenes de preguntas cerradas solo evalúan el aprendizaje superficial (Biggs, 2006), esto es, la memorización de hechos y conceptos (Entwistle, 2005) que no han sido necesariamente relacionados al conocimiento anterior, y que por lo tanto, no son significativos. Si lo que se pretende es conseguir en el alumno un comportamiento de bulimia de contenidos, un sentimiento de competencia ficticia, por supuesto que el ABP no es la mejor estrategia a considerar. Si por otro lado, lo que se quiere es que adquieran habilidades de alto nivel cognitivo tales como las que construyen el pensamiento científico, que no se contenta con saber de memoria sino con entender, aplicar, evaluar, argumentar y crear, entonces sería necesario alejarse de la clase tradicional de transmisión de conocimientos.



Un ambiente de ABP formal debe ser muy riguroso, en el sentido de tener como objetivo el desarrollo de habilidades cognitivas superiores (St. Clair y Hackett, 2012), y debe ser relevante, en el sentido de aspirar a que los alumnos trabajen y piensen aplicando el conocimiento en situaciones del mundo real. Así, el ABP comienza con una pregunta abierta (Ramos y Palacios, 2007), una a la que los alumnos encuentran atractiva porque propone resolver un problema actual y de su interés, que los reta en un nivel apropiado sin intimidarlos. Ésta es una excelente forma de poner en contexto el conocimiento a desarrollar en la asignatura. Se plantean objetivos de aprendizaje acordes con el tipo de conocimientos, habilidades y actitudes que se desea conseguir en los alumnos. Se utiliza a la evaluación no solo como un sistema de certificación de conocimientos, sino como una herramienta que proporciona oportunidades de aprendizaje en todo momento a través de la evaluación formativa. El ABP es una didáctica con una metodología compleja precisamente porque lo que desea conseguir es que el alumno se aproxime al aprendizaje desde una perspectiva profunda y compleja.

Complejo y difícil no son sinónimos. Un conocimiento es *complejo* cuando incluye todo lo que se necesita desde la disciplina para poder ser entendido cabalmente. Por ejemplo, desde la perspectiva de la química (Talanquer, 2013), debe responder a una pregunta fundamental a través de una aproximación teórica o empírica, vincularse a una escala dimensional macroscópica o atómica, o a un modo de razonamiento descriptivo o explicativo, y que al adquirirse se entienda perfectamente la Naturaleza de la Ciencia como un sistema tentativo y empírico, que está influido por la teoría, que es producto de la imaginación, la creatividad y la inferencia humana, abierto a la discusión, embebido social, cultural e históricamente. Por otro lado, un conocimiento es *difícil* (Graham y Essex, 2001) cuando el planteamiento del curso no considera al alumno que aún no posee las estructuras cognitivas previas que posibiliten su incorporación, cuando se trabaja desde una perspectiva descontextualizada, sin emoción y sin andamiaje en las zonas de desarrollo próximo, haciendo ver a la actividad científica como un producto acabado y perfecto al que solo acceden los “más inteligentes”.

El ABP se inscribe dentro de las didácticas de indagación socio-constructivistas porque uno de sus ejes de ejecución es a través de la búsqueda y selección de información en equipos de trabajo colaborativo. Para entender la complejidad del conocimiento hay que negociarlo y adquirirlo desde la complejidad de la interacción con otros entes de interpretación, los compañeros de clase. Esta premisa también posibilita la discusión desde diferentes niveles de entendimiento. De esta manera, el trabajo en equipos estructurados, con reglas de comunicación claras, interdependencia positiva, y asumiendo roles explícitos con compromisos negociados, hace posible el avance en las zonas de desarrollo próximo hasta alcanzar un entendimiento mejor y más homogéneo. Así también, se dan más oportunidades de un aprendizaje significativo, porque al discutir los conocimientos los estudiantes van encontrando más eficazmente los esquemas cognitivos de anclaje en los que pueden acomodarlos. Además es una práctica excelente de la metacognición porque los compañeros comparten métodos y estrategias de aprendizaje, explicaciones de cómo hacer bien las cosas. De la misma forma que los científicos se sumergen simultáneamente en prácticas argumentativas y el avance del conocimiento, los estudiantes pueden entender la ciencia al involucrarse en estas prácticas argumentativas, utilizándolas como un método racional para la discusión crítica del trabajo práctico (Hofstein y Kind, 2012), y como herramientas básicas para aprender los conceptos. Esta es la base de la aproximación inmersiva del aprendizaje de la ciencia (Hand, Cavagnetto y Chen, 2016).



Para hacer un buen ABP se requiere:

- Objetivos de aprendizaje explícitos, claros y concisos, que NO son el desarrollo de un tema.
- Un problema o una pregunta abierta y significativa, en el nivel de desafío apropiado, que es el punto de inicio.
- Diseño de las actividades de aprendizaje, con un entendimiento lúcido de lo que se desea conseguir.
- Un proceso largo y riguroso de indagación en el cual los estudiantes hacen preguntas, buscan recursos, seleccionan y aplican la información.
- Las tareas, las herramientas, y los estándares de calidad se sitúan en el contexto del mundo real, incorporando las preocupaciones e intereses personales de los aprendices.
- Los estudiantes toman decisiones y están facultados para ejecutarlas bajo la tutela del profesor-*facilitador del aprendizaje*. El error es considerado como una oportunidad de aprendizaje y no como fracaso.
- El espacio, el tiempo y los instrumentos adecuados para que haya reflexión sobre el aprendizaje, la eficacia de las actividades de investigación, la calidad del trabajo, los obstáculos y de cómo superarlos.
- Herramientas de evaluación, continua y multifacética, que están alineadas con los objetivos de aprendizaje, tales como rúbricas de desempeño y productos diversos, y que proveen retroalimentación efectiva y oportuna para mejorar los procesos y productos.
- Los estudiantes hacen público su trabajo, explicando, mostrando y/o presentándolo a la gente más allá del aula, de tal manera que tienen la oportunidad de reconocer el valor intrínseco del conocimiento.

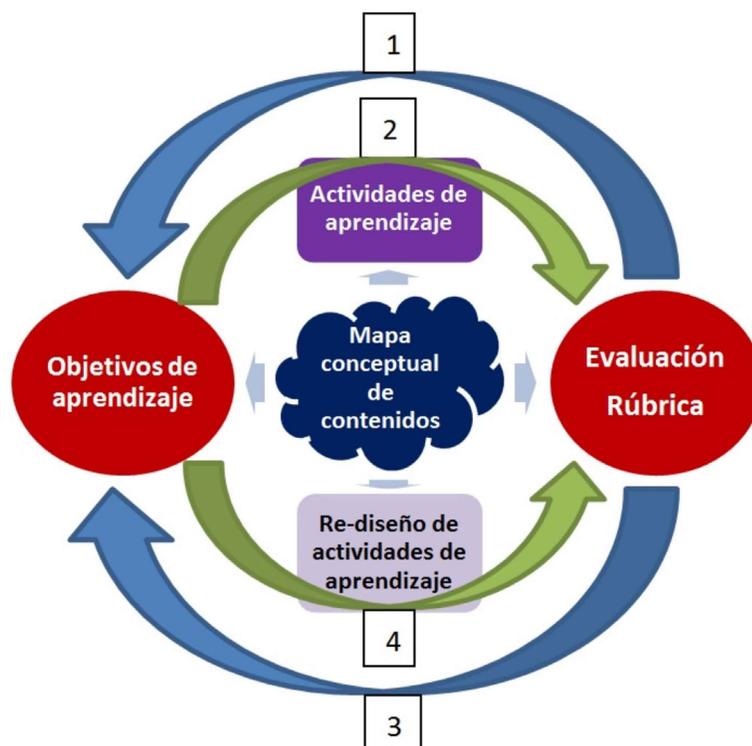
## Características del curso.

El LUF es una asignatura práctica, obligatoria, y con créditos curriculares propios, que da servicio a alumnos de las carreras de Ingeniería Química (IQ) en 6º semestre, y de Química (Q) en 7º semestre. Para la carrera de IQ no tiene seriación obligatoria con otra asignatura, solo indicativa, esto es, se le sugiere a los estudiantes que es mejor haber tomado clases de Fisicoquímica de Superficies (FS), Electroquímica (E) y de Cinética Química y Catálisis (CQC) antes de inscribir este laboratorio. Para los estudiantes de la carrera de Química la única seriación obligatoria es con CQC, las demás son indicativas. Sin embargo, la situación real es que muchos lo inscriben de acuerdo a como se les presenta el panorama. Esto no es un impedimento para que se desenvuelvan de manera adecuada y productiva en el curso, porque los objetivos del LUF no son la revisión de una extensa lista de contenidos vistos en otras materias. Se pide mejor que los alumnos manejen ciertos conocimientos base de fisicoquímica, adquiridos principalmente durante el proceso de indagación, pero que esencialmente consigan habilidades cognitivas de alto nivel que los posibiliten para resolver problemas haciendo uso del pensamiento científico. Que aprendan a investigar, a trabajar en equipo de forma colaborativa, que sean capaces de proponer un desarrollo experimental partiendo de una hipótesis experimental bien planteada, que puedan evaluar los resultados y argumenten su significado utilizando modelos científicos

de acuerdo a las estructuras sustantivas y sintácticas de la fisicoquímica. Que puedan construir afirmaciones científicas y justificar dichas afirmaciones, comunicando sus resultados en diferentes formatos de manera efectiva y profesional. En conclusión, que aprendan a pensar como fisicoquímicos y que tengan la oportunidad de desempeñarse como tales. El tamaño de los grupos es en promedio de 15 alumnos, con cuatro horas a la semana de clase para los IQ, y 8 horas para los Q, en un total de 16 semanas de clase, por semestre lectivo.

## La metodología para instrumentar un ambiente de ABP.

El diseño de ambientes de ABP es un proceso iterativo (Figura 1) que empieza concibiendo la evaluación, a partir del mapa conceptual de contenidos previstos para el curso, reconociendo qué y en qué nivel de desarrollo es lo que se quiere que los alumnos consigan al final, con una visión que implica diseño hacia atrás (Wiggins y McTighe, 2005). Una rúbrica es un excelente instrumento para empezar a diseñar un curso. A partir de ella se identifican los rubros y criterios que se refieren a contenidos fundamentales acerca de conceptos, modelos, habilidades y actitudes, que son básicos para que los estudiantes construyan un conocimiento particular, y se describe con detalle cuáles son las características de buen desempeño. De esta manera la rúbrica se transforma en una plataforma para reconocer, delimitar y organizar jerárquicamente los objetivos de aprendizaje.



**Figura 1.** El diseño de ambientes de ABP es un proceso iterativo que empieza visualizando la evaluación a partir del mapa conceptual de contenidos previstos para el curso. La rúbrica se usa como plataforma para reconocer, delimitar y organizar jerárquicamente los objetivos de aprendizaje (1). Después se diseñan las actividades de aprendizaje, que una vez puesto en marcha el programa, se evalúan continuamente, de manera multifacética, para establecer lo que funciona y lo que no (2). Los resultados de esta primera aproximación se regresan para reconsiderar la pertinencia de los objetivos de aprendizaje (3), y de nuevo diseñar actividades mejor alineadas (4) para seguir siendo evaluadas.

Normalmente, el profesor está familiarizado con el método tradicional dónde lo que se identifica como objetivo de aprendizaje está más bien orientado a abarcar “temas”. Por ejemplo, que los estudiantes conozcan la tensión superficial, y que utilicen métodos



de determinación de tensión superficial para verificar el cambio producido por un tensoactivo en agua, no es un objetivo de aprendizaje que el ABP quiera explorar, justo porque así planteado está descontextualizado y más parece salir del capítulo de un libro de fisicoquímica general.

*El ABP requiere que el objetivo de aprendizaje hable del conocimiento que se quiere construir en un contexto específico de adquisición.* Así, el objetivo anterior se transforma por ejemplo a: **Que los equipos evalúen el uso de agua gris en el riego de hortalizas.** Se indica que el nivel de rigor al que se quiere llegar es el de *evaluación*, y se hace relevante el conocimiento al aplicarlo en un problema específico. Las respuestas, aunque ya se conocen desde la literatura, varían de acuerdo a las diferentes condiciones del agua contaminada: si es de lavadora o de la cocina; del método de cultivo: si es en maceta o hidropónico; y del cultivo en sí: si son lechugas o jitomates. De esta manera, se introducen implícitamente contenidos como el de la interacción tensoactivo-grasa-contaminantes-agua, formación de micelas, coloides, tensión superficial, turbidez, etcétera.

¿Cuántas veces un profesor, en un ambiente tradicional de enseñanza, no ha sentido que la calificación final que le asigna a un alumno no se ajusta con lo que dicho alumno mostró de su aprendizaje? A veces porque piensa que la calificación le queda grande, o al revés, que aunque le gustaría subírsela, no encuentra el pretexto con el cuál hacerlo. Esto sucede porque la herramienta de evaluación asequible es muy estrecha y de bajo potencial interpretativo, ya sea que se usen exámenes y/o reportes de práctica. Estos instrumentos se aplican en el contexto de la evaluación sumativa, es decir, al final del ciclo, o incluso del curso, solo para certificar el conocimiento; son poco rigurosos, porque evalúan principalmente lo que el alumno recuerda en un contexto cerrado al ejercicio que se efectuó. En ambientes de ABP interesa abordar el proceso de construcción del conocimiento, mediante una evaluación continua, multifacética y formativa, con instrumentos más rigurosos, complejos y de mayor poder interpretativo, como las rúbricas y productos específicos, que muestren mejor el progreso en el entendimiento del alumno. La meta es que los alumnos *avancen* en el desarrollo de sus habilidades cognitivas desde el nivel más bajo que es el de completamente dirigido por el profesor, hasta el de autodirección y autoevaluación, en donde se asegure un uso efectivo de la metacognición (Schraw, Crippen y Hartley, 2006).

La evaluación se hace a través del trabajo cotidiano mediante una lista de cotejo de productos (ver Tabla 1), revisando todas las actividades involucradas en la resolución del problema. Conocer qué conocimiento se requiere que los alumnos construyan no es suficiente, también hay que saber cómo se va a lograr, identificando todas y cada una de las actividades necesarias para alcanzar el éxito. Cada punto en la lista de cotejo tiene implícita una rúbrica o matriz de valoración. Por ejemplo, los reportes en forma de artículo de investigación son uno de los productos finales considerados que sirven tanto para propósitos de evaluación formativa como sumativa. El profesor está en constante comunicación con los estudiantes, para así retroalimentarlos en cada una de las partes, conforme ellos las generan. Al final del proceso, la mejor versión presentada participa en la acreditación. La descripción de los criterios y niveles de desempeño específicos que se consiguen, orienta (mediante la autoevaluación) el trabajo de los estudiantes desde el primer día de clases. En la Tabla 2 se ejemplifica uno de los criterios de la rúbrica de evaluación del artículo de investigación: las conclusiones.



Semana	Contenidos a desarrollar	Producto
1	Equipos colaborativos	Acta de fundación de equipo
1	Delimitación del problema	Problema de interés particular que el equipo acordó abordar
2	Identificación de las ideas y conceptos pertinentes para resolver el problema que replantearon	Lista de preguntas
2	Respuestas a todas las preguntas planteadas en el nivel de profundidad adecuado, de fuentes científicamente confiables, anotadas en formato APA.	Información bibliográfica
2	Diseño de objetivos generales y particulares que el equipo acuerda.	Objetivos del problema
3	Identificación de propiedades experimentales de control y de respuesta de su problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planteamiento de una hipótesis experimental.</li> <li>• Identificación de los modelos fisicoquímicos apropiados de explicación.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propuesta de técnicas, equipo, métodos de calibración o ajuste, y blanco experimental adecuado para ejecutar la experimentación</li> <li>• Entendimiento de los principios de operación instrumental de equipos y métodos experimentales.</li> <li>• Diseño de tablas de recogida de datos experimentales</li> </ul>	Diseño experimental conveniente para probar su hipótesis
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adquisición de competencia en el manejo adecuado de equipos.</li> <li>• Buenas prácticas experimentales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de manuales de operación rápida de equipos.</li> <li>• Producción de protocolos de procedimientos experimentales.</li> </ul>
6-8	Familiarización experimental: puesta en marcha en el laboratorio	Identificación de problemas experimentales, y teórico-conceptuales.
9	Habilidades de comunicación: construcción y justificación de afirmaciones científicas en un seminario oral, con apoyo visual de paquetería tipo PowerPoint.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación de seminario de avance.</li> <li>• Co-evaluación.</li> <li>• Autoevaluación de la forma en que se va resolviendo el problema del equipo.</li> </ul>
10-12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconstrucción del problema.</li> <li>• Reconstrucción del diseño experimental.</li> <li>• Familiarización experimental.</li> </ul>	Protocolos de experimentación mejor entendidos.
13-15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimentación</li> <li>• Discusión e interpretación de resultados</li> <li>• Uso adecuado de los modelos científicos</li> <li>• Propuesta de nuevas tareas pertinentes para resolver mejor el problema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de figuras de representación y gráficas en formato adecuado</li> <li>• Producción de argumentaciones.</li> <li>• Producción de conclusiones.</li> </ul>
16	Habilidades de comunicación: construcción y justificación de afirmaciones científicas en un seminario oral, con apoyo visual de paquetería tipo PowerPoint. Comunicación a una comunidad más allá del aula.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte final en forma de:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Seminario final.</li> <li>b) Artículo de Investigación.</li> <li>c) Cartel de divulgación.</li> </ol> </li> <li>• Co-evaluación.</li> </ul>

**Tabla 1.** Diseño programático del LUF para un curso completo, se exponen los contenidos a desarrollar y el producto específico que se espera que cada equipo de trabajo colaborativo consiga. Aunque no se incluye en la tabla para no quitar la atención del producto directo relacionado a los contenidos trabajados, a partir de la segunda semana también se incluye la co-evaluación del trabajo colaborativo en cada sesión.



Niveles Criterios	EXPERTO	CAPAZ	INICIADO	NOVATO
<b>Conclusiones</b>	Se confrontan los resultados del trabajo con respecto a la hipótesis experimental, y se establece una respuesta al problema planteado	Se plantea una postura que a partir de los resultados obtenidos respalda al objetivo, pero que deja de lado a la hipótesis.	Se replantea una discusión teórica con más fundamentos teóricos tratando de justificar los resultados, pero sin confrontar el objetivo o la hipótesis inicial	Se emplean citas textuales de otros trabajos vinculados en la teoría, pero sin argumentar con los resultados propios ni con las preguntas de investigación.

**Tabla 2.** Ejemplo del criterio: Conclusiones, para la rúbrica de evaluación del Artículo de Investigación

El conocimiento conceptual, el entendimiento de teorías y modelos, y las habilidades de alto nivel cognitivo son demasiadas y muy demandantes para ser implementadas por un profesor no familiarizado con ambientes de aprendizaje por indagación (Hofstein y Kind, 2012). Entonces es indispensable asegurarse que tengan las herramientas adecuadas para fungir como *facilitadores del aprendizaje*, tal como se prevé en ABP. Esto se puede lograr con el apoyo de la rúbrica (Timmerman y col, 2013), ya que también funciona como una guía explícita de las habilidades y niveles de desempeño específicos que se desea conseguir de los estudiantes. Así, el profesor puede diseñar las actividades de aprendizaje más apropiadas. Cada sesión debe poseer características tales que permitan cruzar la brecha del nivel de entendimiento en el que se encuentran los estudiantes al entrar a clase, y al que se desea que consigan al salir de la misma. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de diseño de clase usando una suite de herramientas disponible de forma gratuita en la red, desarrollada por *London Knowledge Lab - Institute of Education (2013-2016)*, el Learning Designer, en donde se describen las primeras actividades del curso: A) formación de quipos colaborativos; y B) la delimitación del problema de interés particular para el equipo.

Para delimitar el problema, se requiere que los alumnos efectúen una búsqueda de información relevante y profunda, como por ejemplo partir de las normas ambientales mexicanas, los libros especializados de tratamiento de aguas y de fisicoquímica, las tesis y los artículos. Pero también toda la demás información que está asequible en la red y a la que los estudiantes se dirigen de manera natural porque es lo que hacen cuando aprenden en ambientes informales: videos de YouTube y wikis. Entonces, es fundamental diseñar las actividades de tal manera que haya rigor científico en la investigación. En este punto es de mucha ayuda que se introduzcan los dispositivos móviles al salón, y que se les reconozca como un instrumento de trabajo. Es la oportunidad de transformar la visión que se tiene del aparato en sí como distractor, para verlo mejor como una fuente útil de información si se le guía a los alumnos para buscar datos confiables con una metodología rigurosa de verificación. Esta será, sin duda, una de las habilidades más importantes que deberán poseer los profesionales de cualquier disciplina en la Era del Conocimiento.



Learning Designer Home

Home / Browser / Shared designs / ¿Cómo se puede lograr que las aguas de desecho de lavadoras o cocinas se puedan utilizar para riego de hortalizas?

¿Cómo se puede lograr que las aguas de desecho de lavadoras o cocinas se puedan utilizar para riego de hortalizas?

<b>Name</b>	¿Cómo se puede lograr que las aguas de desecho de lavadoras o cocinas se puedan utilizar para riego de hortalizas?	<b>Aims</b>	Producto 1. Formación de equipos colaborativos eficaces. Producto 2.- Una nueva pregunta científica de conducción propia, a partir de la cual podrán resolver un problema científico específico.
<b>Topic</b>	Formación de equipos y planteamiento del problema por equipo	<b>Outcomes</b>	Knowledge, Comprehension, Application, Knowledge, Knowledge, Comprehension, Application, Analysis, Synthesis, Evaluation, Evaluation
<b>Learning time</b>	300 minutes	<b>Editor</b>	Aurus
<b>Designed time</b>	300 minutes		
<b>Number of students</b>	16		
<b>Description</b>	Puesto que se trata de una clase ambiciosa de laboratorio qu...		

Turn editing on

**Formación de equipos**

**Collaborate** 10 16 0

El grupo entero intercambia sus hallazgos y presenta una lista de roles que deben tomarse al trabajar en colaboración en un equipo científico. Lo anotan en el pizarrón.

**Produce** 20 4 0

En grupos de 4, eligen uno de los roles y lo describen. Tendrán que mostrar las características del papel de una manera atractiva a través de un infográfico.

**Produce** 5 1 0

Cada estudiante tiene que elegir un papel que ellos piensan que es más adecuado para ellos, y

Notes: Actividades iniciales, en el salón de clase. Debe producir el "Acta de fundación de equipo".

Resources attached: 0

**Delimitación del problema por equipo**

**Investigate** 30 4 0

El equipo busca de diferentes fuentes, como libros disciplinarios y trabajos de investigación en la biblioteca, o videos y diferentes sitios en Internet, diversos tratamientos químicos físicos de aguas residuales, y sobre propiedades fisicoquímicas como temperatura, concentración, pH, turbidez y tensión superficial. Son las variables a medir o controlar. Tendrán que empezar a buscar información sobre lo que saben y reconocer lo que necesitan aprender

**Read** 20 4 0

Cada miembro del equipo lee u observa lo que ha encontrado, y resume las ideas principales.

Notes: Actividades en el salón de clase. Debe producir el

Resources attached: 0

**Reflexiones**

**Discuss** 25 4 0

Los estudiantes discuten las tarjetas de salida que recolectaron. También comparan su enfoque del problema con la rúbrica del problema que su profesor les dio. Tienen que ponerse de acuerdo sobre una versión nueva y mejorada de su problema. Si concluyen que tienen que investigar más para obtener un mejor problema, distribuyen sus tareas para que puedan seguir trabajando.

**Produce** 5 4 0

Ellos eligieron una forma de comunicarse fuera del aula, además de reuniones personales, como un grupo de WhatsApp, un grupo de Facebook,

Notes: Actividades fuera del salón de clase, posterior a la formación de equipos y delimitación del problema

Resources attached: 0

© London Knowledge Lab - Institute of Education 2013-2016 Version 0.98.160130

**Figura 2.** Diseño de actividades usando la herramienta 'Diseñador' del Learning Designer para la primera clase en el LUF: A) formación de equipos, y B) delimitación de problema por equipo (se puede consultar completo en <https://v.gd/YRyRjf>).

## Los ejemplos.

Si lo que se busca es enganchar a los alumnos a través de un problema real, se puede pensar que porque la cuestión ambiental es crítica y fundamental, solo proponer el tratamiento de aguas residuales a los alumnos es suficiente para interesarlos. Sin embargo, planteado así, es un tema muy amplio, descontextualizado y difícil de conceptualizar para un novato, que en realidad no le comunica un objetivo concreto ni un atractivo particular. Lo más importante al comenzar un curso es proponer una pregunta que motive intrínsecamente a los estudiantes y los interese a investigar a profundidad. Regresando a la idea del objetivo de aprendizaje ya bosquejado: que los equipos evalúen el uso de agua gris en el riego de hortalizas, la pregunta sería: ¿Cómo se consigue que el agua de desecho de la lavadora pueda usarse para riego de hortalizas?

Los estudiantes empiezan articulando cosas como ¿por qué no se puede desear directamente en la hortaliza? ¿Cuáles son los criterios de calidad del agua para riego de lechugas o de jitomates? ¿Qué diferencias tiene esa agua de riego con respecto al agua de desecho de la lavadora? Y así, poco a poco, van delimitando su área de interés hasta abordar los tratamientos fisicoquímicos de aguas grises. La intervención oportuna



del profesor en su función de *facilitador del aprendizaje* es fundamental para que los estudiantes lleguen con éxito a delimitar un problema que involucre la construcción de dicho conocimiento, para que planteen sus propias preguntas, guiando las discusiones que se establecen en el equipo hacia escenarios de ejecución productiva.

Algunas *preguntas generadoras* que se han utilizado con éxito en el LUF, para un curso de IQ, en el contexto de tratamiento de aguas residuales son:

1. ¿Cómo aprovechar el agua de desecho de lavadoras o cocinas para el riego de cultivos orgánicos o hidropónicos?
2. ¿Cómo resolver problemas de agua contaminada en áreas mineras de extracción de cobre o plata?
3. ¿Cómo deshacerse de contaminantes persistentes usando la luz solar?

El tipo de reconstrucciones que los alumnos hacen del problema se presenta en la Tabla 3. Como se puede apreciar para el ejemplo que muestra la delimitación del problema a partir de la pregunta 1, a este equipo le interesó investigar una cuestión fundamental en relación con el agua de desecho de lavadoras, el de entender cómo funciona un detergente de alta eficiencia (HE). Para la pregunta 2, los alumnos resolvieron producir una muestra de agua contaminada simulada disolviendo óxidos metálicos en ácido sulfúrico. Se vieron en la dificultad de monitorear las sales correspondientes, y finalmente se decantaron por tener un mejor entendimiento con un método de seguimiento de la conductividad iónica. La pregunta 3 provocó tal interés que los estudiantes lo siguen trabajando ya terminado el curso, y están fundamentando un estudio mucho más serio y profundo que quieren dirigir para tratar los residuos de las clases de los laboratorios de química orgánica de la Facultad.

Pregunta generadora	Título del problema delimitado	Resumen del trabajo desarrollado por el equipo.
1	<i>Comparación entre un detergente HE y un detergente estándar.</i>	En este trabajo se realizó la comparación a partir de métodos turbidimétricos y el método de balanza para determinar la tensión superficial de tres muestras de sistemas coloidales contaminados variando la cantidad de grasa agregada y tensoactivo específico (Lauril Éter Sulfato de Sodio y Dodecil Bencen Sulfonato de Sodio), empleando un detergente de alta eficiencia (HE) y un detergente estándar. De esta manera, se determinará si uno limpia mejor que el otro.
2	<i>Estimación de la concentración de mezclas de óxidos metálicos en medio ácido usando conductimetría</i>	Se desarrolló un método de fácil interpretación para estimar la concentración de cationes metálicos en medio ácido usando un conductímetro de mano, con el fin de monitorear la cantidad de estos en cualquier parte del proceso. Esto para aumentar la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales en minas de cobre y que estos estén por debajo del permitido por la NOM-003-SEMARNAT-1997.
3	<i>Oxidación de compuestos orgánicos con catalizador de bismuto</i>	Los contaminantes presentes en cuerpos acuíferos representan un gran problema, por esto se han desarrollado diversos métodos para el tratamiento de los contaminantes orgánicos recalcitrantes entre los cuales se hallan los procesos de oxidación avanzada (POA). Los de mayor perspectiva son los de la fotooxidación en sus dos variantes: fotólisis y fotocatalisis. En el presente trabajo se analiza la realización de un fotocatalizador de óxido de Bismuto por medio de la técnica de DPU (depositación/precipitación por urea) así como su eficiencia al descomponer una disolución del colorante azul de metileno.

**Tabla 3.** Delimitaciones que los estudiantes hacen del problema a partir de las preguntas generadoras 1, 2 y 3.



## Señalamientos finales

El ABP es una aproximación didáctica de construcción del conocimiento desde el contexto, que puede producir la motivación intrínseca para el aprendizaje profundo, pero que requiere para el caso un compromiso metodológico de implementación y de recursos muy complejo. Sin embargo, si lo que se quiere es lograr una experiencia profunda y transformadora que faculte en los estudiantes el ejercicio del pensamiento fisicoquímico, bien vale la pena el esfuerzo.

## Agradecimientos.

La autora externa su gratitud a la DGAPA por el apoyo financiero otorgado para el desarrollo de este trabajo a través del proyecto PAPIME 201816.

## Bibliografía.

- Biggs, J. (1996). Enhancing Teaching through Constructive Alignment. *Higher Education*, 32 (3), 347-364.
- Biggs, J. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario*, Madrid, España: Editorial Narcea.
- Boud, D. & Falchikov N. (2006). Aligning assessment with long-term learning. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 31(4), 399-413.
- Entwistle N. (2005). Contrasting Perspectives on Learning. In: Marton, F., Hounsell, D. and Entwistle, N., (eds.) *The Experience of Learning: Implications for teaching and studying in higher education*. 3rd (Internet) edition. (3-22). Edinburgh: University of Edinburgh. Consultada en junio 24 del 2017 en la URL [http://www.docs.hss.ed.ac.uk/iad/Learning\\_teaching/Academic\\_teaching/Resources/Experience\\_of\\_learning/EoLChapter1.pdf](http://www.docs.hss.ed.ac.uk/iad/Learning_teaching/Academic_teaching/Resources/Experience_of_learning/EoLChapter1.pdf)
- Graham, C., & Essex, C. (2001). Defining and ensuring academic rigor in online and on-campus courses: Instructor perspectives. *Annual Proceedings of Selected Research and Development [and] Practice Papers* Presented at the National Convention of the Association for Educational Communications and Technology. Consultada en junio 24 del 2017, en la URL <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED470163.pdf>
- Hand, B., Cavagnetto, A., Chen, Y. C., & Park, S. (2016). Moving Past Curricula and Strategies: Language and the Development of Adaptive Pedagogy for Immersive Learning Environments. *Research in Science Education*, 1-19.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hofstein, A. & Kind, P.M. (2012). Chapter 15: Learning in and from science laboratories. In Fraser B.J., Tobin K.G., and McRobbie C. J. (eds.). *Second International Handbook of Research on Science Education*. 24, 189-207. Springer DOI 10.1007/978-1-4020-9041-7.
- London Knowledge Lab - Institute of Education. (2013-2016). *Learning Designer*, consultada en junio 24, 2017, en la URL <http://learningdesigner.org/index.php>
- López Rúa, A. M. y Tamayo Alzate, O. E. (2012). "Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales". *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166.



- Ramos Mejía A. y Palacios Alquisira J. (2007). Elementos del aprendizaje experimental basado en un problema para la enseñanza superior en Fisicoquímica. *Educación Química*, 18(3), 214-221.
- Schraw G., Crippen K. J. & Hartley K. (2006). Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning. *Research in Science Education*, 36: 111–139
- St. Clair, K. L. & Hackett, P. M. W. (2012). Academic challenge: Its meaning for college students and faculty. *Journal on Centers for Teaching and Learning*, 4, 101-117.
- Talanquer, V. (2013). Chemistry Education: Ten Facets To Shape Us. J. *Journal of Chemical Education*. 90, 832–838
- Timmerman, B. E., Strickland, D., Johnson, R. & Payne, J.R. (2011): Development of a 'universal' rubric for assessing undergraduates' scientific reasoning skills using scientific writing, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 36 (5), 509-547
- Wiggins G. P. & McTighe J. (2005). *Understanding by Design*. 2<sup>nd</sup> Ed. Alexandria, Virginia, USA: ASCD.

Recepción: 02 de marzo de 2018. Aprobación: 18 de abril de 2018