


**ABP: reestructurando los
laboratorios de química**
**PBL: rethinking chemistry
laboratories**
Cañas Cano, M.F.

maria.canas@udep.pe

Universidad de Piura (Perú)

Cañas Cano, M.F.

maria.canas@udep.pe

Universidad de Piura (Perú)

Resumen

La enseñanza de química asocia teoría y experimentación en el laboratorio, así se esperan aprendizajes significativos, sin embargo, seguimos sin conseguir ese objetivo. En nuestra universidad, la asignatura Química General, se basa en Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), y en el laboratorio, se busca enfoque verde. Además, el estudiante hace y analiza porque lo hace. Sin embargo, seguir proporcionando una guía, implica seguir “la receta” sin muchas oportunidades de indagar y tomar decisiones propias, más acorde con la metodología ABP.

Abstract

Abstract: A Chemistry learning involves theory and practice in the laboratory, we expect to achieve significant learning, however, we do not get this goal. In our university, General Chemistry is based on Problem Based Learning (PBL) and, the laboratory practice's has a green approach. The students do and analyse why they do. When we give them a guide, they follow “the recipe” and don't have opportunities to do research and make decisions, more according to PBL methodology. Since 2016 each group of students propose their own laboratory practice. They have permanent

Por ello, desde el año 2016, se propone que cada grupo plantee su propia investigación experimental. Cuentan con retroalimentación para reorientar su propuesta, de ser necesario. Los datos obtenidos, son básicamente cualitativos, y consisten en observación, análisis de la opinión estudiantil y del producto entregado, lo que ha permitido extraer conclusiones preliminares, respecto al trabajo autónomo, en equipo, la expresión oral y escrita.

Palabras clave: autoaprendizaje, trabajo práctico, competencias para la vida, estrategias de investigación, formación profesional.

feedback for reorienting their proposal. The data collected was qualitative. It involved observation, analysis of the student's perception and their product. It conducted to preliminary conclusions, respect for teamwork, self-learning, and oral writing communication.

Key words: self instruction, practical work, life skills, research strategies, professional training.

Introducción

La enseñanza de las ciencias y específicamente química, de manera tradicional, se enseña asociando teoría y trabajo práctico en laboratorio. Este último, se ha visto analizado históricamente, para verificar si cumple o no con los objetivos que plantea. Por tanto, desde hace algunos años, las investigaciones apuntan a si realmente se consiguen aprendizajes significativos a través de ellos. En general, se espera, que una actividad experimental, de esa naturaleza, ayude a contextualizar los problemas y cumpla con una serie de propósitos. Según Zambrano (2007), estos propósitos son: capacidad para internalizar conocimientos, generales y específicos (conocer), adquirir destrezas técnicas y procedimentales (saber hacer), desarrollar actitudes (saber ser) y competencias sociales (saber convivir). Sin embargo, anteriores investigaciones, señalan la falta de claridad en los objetivos y la poca utilidad para relacionar teoría y práctica (Hofstein y Lunetta, 1982; Lynch, 1987; Hodson, 1994; Barberá y Valdés, 1996) Algunas, más recientes, afirman que esas dificultades se presentan, porque los trabajos prácticos son cerrados y simplemente plantean una serie de pasos (Velandia, Morales y Duarte, 2011), lo que también, se aplica a la forma de presentar los laboratorios. Son especialmente relevantes los estudios que ponen en evidencia la importancia del contexto social y la metacognición, en ambientes de laboratorio (Llorens, De Jaime, Berzosa, 2012; Cooper, Sandi-Urena, Stevens, 2008), con trabajos experimentales, concebidos como resolución de problemas.

Más recientemente, la situación sigue siendo similar, a pesar de algunas propuestas alentadoras; en Universidad del Valle ven la utilidad del laboratorio como un espacio con enfoque de resolución de problemas (Quintero 2016), en Universidad de Alicante, (Maciá, Sabio, López, Murcia y Martínez 2015), lo hacen desde el enfoque de Química Verde; esto es la posibilidad de sustituir reactivos tóxicos o peligrosos. Así mismo, hay propuestas sobre diseñar, los laboratorios, teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje para lograr adquirir conceptos químicos (Rodríguez-Cepeda, 2016).

En otros casos se habla de cómo el empleo de medios tecnológicos aplicados a los laboratorios también tiene dificultades. Según Flores-Camacho, Gallegos-Cázares, García-Rivera y Báez-Islas (2018), la problemática del empleo de TIC, en laboratorios, radica en la necesidad de un cambio de enfoque, ya que son las tecnologías las que determinan la pauta, en vez de hacerlo los educadores. Requiere también un cambio de entorno, conviene incorporar procesos de medición, analizar datos en tiempo real y tratamiento de lo observado. Del mismo modo, otros estudios refuerzan que introducir TIC no cambiará los aprendizajes si no se modifica la práctica pedagógica y se centran más en la elaboración de videos hechos por los propios docentes (Vera, Lucero, Stoppello, Petris y Giménez, 2018).

En contraste, algunos afirman que los laboratorios virtuales son de gran ayuda para el aprendizaje, Pérez (2018). Sin embargo, aún en estos casos, se habla de la importancia del desarrollo experimental posterior (Torres, 2017). Por otro lado, también se justifica su empleo por la poca disponibilidad de materiales y espacios adecuados (Amangandi y Angel, 2017).

Sin embargo, otras investigaciones muestran como, aún a niveles superiores, la problemática de los laboratorios persiste (De Korver y Towns, 2016). Otros estudios hablan sobre la propia concepción de los docentes sobre su rol y como aún persiste la idea de autoridad y la anticipación de resultados. (Sánchez, Odetti y Lorenzo, 2017). Por otro lado, Prat, Ballesteros y Lescano (2018), proponen estrategias, tales, como hacer que el estudiante resuelva, antes de la experiencia, una situación problemática cotidiana, con el fin de integrar saberes. Afirman, que, de esta forma, el estudiante está más orientado y pregunta menos sobre qué hacer durante el desarrollo del laboratorio. Se cuenta también con investigaciones donde se comparan las ventajas y desventajas de las experiencias de laboratorio virtuales y reales. En relación a la construcción de conocimientos conceptuales y procedimentales, hay los que no encuentran diferencias significativas, aquellos que apoyan su uso (Machado, Álvarez y Suárez, 2018) y los que consideran que, aunque son útiles no pueden sustituir los reales (Robles, 2018).

Esta situación confirma, que, a pesar de los esfuerzos e investigaciones, se sigue teniendo dificultades.

Recordemos que, en todos los casos, se habla de conceptos y procedimientos, pero no podemos olvidar que el aprendizaje debe ser integral y que, entre otros, las actitudes y la comunicación entre compañeros, son aspectos importantes.

En general, la didáctica empleada en la enseñanza de la química experimental contradice su objetivo al continuar, a pesar de los esfuerzos aislados, con un abordaje tradicional y con métodos didácticos pasivos por parte de los estudiantes. Incluso, en ambientes virtuales, es básicamente “seguir una receta” donde el estudiante no tiene oportunidad de indagar, tomar decisiones o aplicar a su vida cotidiana. A esto se añade que, sucede que las “recetas” de los laboratorios, por lo general, se repiten frecuentemente, a veces semestre tras semestre. La razón para esto es que han sido probados, se sabe que dan buenos resultados y no ofrecen mayores dificultades, pero, tampoco ninguna incertidumbre al estudiante. Incluso las investigaciones muestran que aún después de que los docentes saben lo que no funciona, siguen aplicando el mismo sistema. (Solbes et al., 2013).

Recordemos que Química es una ciencia experimental, por tanto, el trabajo en laboratorio es imprescindible y aporta un enriquecimiento para los procedimientos y la investigación que no puede ser reemplazado por los laboratorios virtuales, tal como lo afirman Poletto, Martin, Speltini, Sánchez y Robles (2001) Afirmación con la que concuerdo y que, a pesar del paso del tiempo y las mejoras tecnológicas, se ve reflejada hasta nuestros días. Sí coincido con la idea más generalizada, del empleo de una mezcla de virtual-real, como lo propone Fernández (2014). En cuyo caso también, los estudiantes, opinan tanto a favor como en contra. Además, se piensa que apoyan y fortalecen el aprendizaje de los estudiantes, pero, según algunas investigaciones, este aspecto es más desde el punto de vista de los docentes (Rojas et al., 2018).

La intención de este artículo es mostrar que, incluir laboratorios de química auto gestionados por los propios estudiantes, genera una de las competencias fundamentales en nuestra cambiante sociedad tal como lo es el autoaprendizaje (aprender a aprender).

Sustentando la propuesta

El contexto de trabajo

Química General 2, se encuentra en el tercer semestre, segundo año de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas. La asignatura, se trabaja en base a metodología activa híbrida, basada principalmente en Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). El primer día de clases se forman los grupos de trabajo, con cuatro integrantes, si el número de estudiantes no lo permite, puede haber algún grupo con tres. Estos equipos de trabajo permanecen juntos, durante todo el semestre (las actividades de aula, los laboratorios y los problemas tipo ABP).

El curso se aborda desde tres frentes; los problemas tipo ABP (llamados Proyectos globales), las actividades, que se realizan en el aula y los laboratorios. Todos, son diseñados de manera de ir cubriendo los contenidos del curso, pero también, y ese objetivo es igual de relevante, para ayudar a los estudiantes a adquirir competencias. Se busca proporcionarles herramientas para que puedan interactuar y tomar decisiones en posibles situaciones reales en su vida profesional, siendo importante la comunicación asertiva, oral y escrita, el desarrollo de trabajo en equipo, la habilidad para aprender por cuenta propia, así como actitudes positivas hacia el trabajo, el estudio y la vida.

- Las actividades de aula son prediseñadas con objetivos de aprendizaje propios y parten de los conocimientos previos de los estudiantes, ya sea de sus vivencias cotidianas o de fenómenos que puedan observar. Estas actividades están diseñadas considerando trabajo individual, en parejas y finalmente en grupo. Buena parte de ellas son evaluadas.
- Los proyectos globales (problemas tipo ABP) se trabajan fuera del aula. Por lo general, el problema/proyecto abarca todo el semestre y se refiere a algún conflicto a solucionar en una planta industrial. Se trabaja por etapas, que coinciden con las cuatro unidades del curso: termodinámica, velocidad de reacción, equilibrio químico y electroquímica. Se cierra con la integración de todos los aspectos a través de alguna actividad final ya sea un debate, presentación pública, etc.

- Hasta antes del semestre 2016-II, durante los laboratorios se seguía el siguiente esquema: mantener los mismos grupos de aula (de tres o cuatro integrantes), tener mucho cuidado en que las experiencias, ofrecidas al estudiante, mantengan enfoque verde, se procuró no emplear sustancias tóxicas y dentro de lo posible, que aquellas empleadas, no se encontraran dentro de las fiscalizadas, así como evitar generar residuos. Los estudiantes realizaban una investigación previa, con preguntas orientadoras, sobre algunos de los conceptos y aplicaciones de lo que verían en el laboratorio, a modo de prepararlos. Una vez en el laboratorio se les entregaba una guía, que debían llenar, con los datos obtenidos durante la experiencia. En la guía, encontraban el procedimiento a seguir y en ella, se probó colocar o no el objetivo buscado en la práctica respectiva. Por lo general los estudiantes presentaban, unos días después, el informe con los resultados y análisis de la experiencia.

La importancia del trabajo experimental

El constructivismo inicia con Piaget y su teoría psicogenética, señala que el conocimiento se adquiere de manera activa ya que cualquier experiencia puede ser asimilada dentro de las estructuras cognitivas del sujeto (Arroyo, Zurita y Arequipa, 2017). Es Brunner quien propone que el conocimiento se adquiere a través del descubrimiento y mediante manipulación concreta. Según Capella (2000) el conocimiento, por descubrimiento, se adquiere por manipulación directa, donde el docente que lo emplee, debe conocer a fondo la disciplina, a sus estudiantes y saber cómo dirigir el proceso de indagación. Más recientemente hablar del principio de indagación se refiere a trabajos prácticos de investigación que implican formular preguntas e hipótesis, planificar experiencias y analizar datos (Ferrés, 2017). Efectivamente, al planear sesiones experimentales, se deben tomar en cuenta factores como la experiencia previa de los alumnos, sus intereses y los objetivos de aprendizaje, por tanto, me apoyo en una teoría del aprendizaje constructivista, con aportes de la teoría del aprendizaje por descubrimiento de Brunner, estructuras cognitivas de Ausubel y relación interpersonal del aprendizaje de Vigotsky (Lucci, 2011), donde el aprendizaje es un fenómeno social y adaptativo y resulta importante relacionarse con otros que co-ayudan a nuestro aprendizaje. Cabe mencionar que la carrera que siguen estos estudiantes es Ingeniería Industrial y de Sistemas y por tanto no se puede olvidar que, precisamente, se trata de conocimiento aplicado.

En este contexto, basada en la propia experiencia y en experiencias reportadas, se promueven, permanentemente, innovaciones metodológicas en el aula, proyectos y laboratorios. Así, los últimos cursos académicos se realizaron, durante las sesiones de clase teórica, pequeñas actividades experimentales, con buen resultado y como se ha comentado, se ha trabajado planteando situaciones problemáticas previas al laboratorio, etc. Por tanto, se trataba de proponer un tipo de laboratorio donde el estudiante pueda contrastar y elegir entre varios caminos, que integre técnicas, tratamiento de datos, solución de problemas, diseño de experiencias, que considere discusiones grupales y contraste de observaciones.

En un ambiente donde los estudiantes ya trabajaban en una metodología tipo ABP y se apuesta por el trabajo en equipo y el autoaprendizaje, surgió la pregunta:

¿Cómo lograr que, los estudiantes, desarrollen habilidades de trabajo en equipo y autoaprendizaje a través de actividades experimentales?

La propuesta consistió en que cada equipo de trabajo debió proponer su propia experiencia a llevar cabo en el laboratorio, donde debían plasmar su pregunta de investigación, dentro de ciertos límites que se explican a continuación.

Metodología seguida

Los integrantes del grupo se seleccionan desde el primer día de clase, ya sea en base a su promedio ponderado, es decir, se forman con un integrante de cada cuartil o en otras ocasiones al azar. En nuestra universidad, los que repiten la materia por segunda o tercera vez, no cursan nuevamente laboratorio, esto ocasiona que, en una parte de grupos, sean tres los integrantes para el trabajo de laboratorio.

Cada tema de laboratorio correspondió a la unidad que se venía trabajando en aula, de modo que la propuesta del grupo fue dentro del tema. Los estudiantes podían plantear su investigación experimental como un problema a resolver, algún fenómeno a estudiar, la utilidad de algún principio, etc.

Los siguientes aspectos son parte integral del proceso seguido:

- Las fechas, materiales, reactivos, equipos disponibles, fechas de presentación, oportunidades de retroalimentación, turnos y horarios fueron publicados en la intranet del curso, con la debida anticipación (al menos dos semanas antes). En cuanto a los temas y a la forma en que abordarían las sesiones experimentales, los estudiantes fueron informados desde el primer día de clases, cuando se les explicó que, ellos serían responsables y ejecutores de su propuesta experimental.
- Una vez en el laboratorio, al tratarse de varios grupos de estudiantes (máximo seis grupos por turno) que trabajaron experiencias y objetivos diferentes, se contó con dos docentes y el apoyo de estudiantes de los últimos ciclos. Una vez conocidas las propuestas de los estudiantes, se capacitó a los ayudantes, de modo de prepararlos para orientar las iniciativas expresadas por los alumnos. Esa fue la razón por la que fue tan importante conocer las propuestas con anticipación. En ese contexto:
 - Se mantuvieron los mismos grupos, tanto en aula teórica como en la parte experimental.
 - Los estudiantes, hicieron el requerimiento de equipos y materiales que estimaron necesitar, escogiendo dentro de una relación ofrecida, aunque también tenían la posibilidad de pedir algo especial que no se encontrase en la lista, de modo de tener el tiempo para poder adquirirlo o reemplazarlo, de ser posible.
 - Previo a realizar el laboratorio, plantearon su pregunta de investigación, los objetivos, los datos que requerirán para lograrlo y cómo planeaban tratar esos datos. Elaboraron su propio protocolo, con los pasos para su práctica y decidieron la forma en que lo llevarían a cabo. Recibieron retroalimentación

en cuanto a: pregunta formulada, claridad en los objetivos planteados en relación a su pregunta, modos y formas en que procederían y sobre los reactivos propuestos, principalmente por la posibilidad de poder seleccionar alguna reacción con productos tóxicos o el empleo de sustancias controladas (fiscalizadas por el gobierno), de modo de poder orientarlos adecuadamente.

- El tiempo programado para realizar la experiencia, podía ser entre una a tres horas y fueron ellos, quienes decidieron realizar una o más experiencias complementarias y si eran cualitativas o cuantitativas.
- En el mismo laboratorio, recibieron sus reactivos, materiales y permanente retroalimentación durante el tiempo que duró la experiencia.
- Una semana después presentaron un informe que se evaluó mediante una rúbrica. La calificación completa del laboratorio incluyó la tarea hecha previamente, el trabajo en el propio laboratorio y el informe después de la experiencia.

Anteriormente a esta propuesta, desde el año 2013 hasta el 2016-I, se venían realizando mini-experiencias en las sesiones de clase. Por otro lado, a modo de conocer la percepción del estudiante, desde el año 2007, se vienen realizando encuestas al final de cada semestre. En esa encuesta al final de la asignatura, se fueron haciendo algunas preguntas a fin de indagar sobre la contribución de las prácticas de laboratorio y las mini-experiencias.

Durante el año 2017, adicionalmente a la encuesta semestral, se realizó observación participante, análisis de los productos estudiantiles y entrevistas semiestructuradas con una duración aproximada de media hora. Fueron ocho entrevistas, donde dos de los estudiantes no aprobaron la asignatura.

El contenido, de la encuesta/instrumento de medición empleado a partir de 2016-II, fue validado por cuatro especialistas, dos de ellos pertenecientes a la facultad de Ingeniería, uno de la facultad de educación, de la propia universidad y un cuarto que pertenece a la facultad de psicología de una universidad externa a la aplicación del instrumento. Se evaluó la claridad de las preguntas, la coherencia o relación lógica con lo que se desea medir y la relevancia para la medición buscada. Como resultado de esa validación, dos preguntas se replantearon y una se eliminó, quedando un total de once preguntas cerradas y cuatro abiertas.

Los estudiantes opinaron, empleando una escala Likert, donde 1 corresponde a completamente en desacuerdo y 5 a completamente de acuerdo. La información recoge aspectos cuantitativos y cualitativos al incluir preguntas cerradas y abiertas.

El estudio corresponde a un marco interpretativo socio-constructivista y metodología mixta (Creswell, 2014). Se trató de estudiantes mayores de 18 años, ya que pertenecieron al segundo año de la carrera, la encuesta fue anónima y voluntaria. En el mismo formato, en papel, aparecía la aceptación o no para responder la encuesta/questionario. Todos los estudiantes que terminaron el curso, promovidos o no, respondieron la encuesta.

Los laboratorios auto-dirigidos se realizaron el semestre 2016-II y ambos semestres de 2017. El año 2018 no fue posible por las razones que expondremos más adelante, teniendo la intención de retomarlos en 2019.

¿Cómo vamos?

Mediante las encuestas, realizadas desde 2007 a la fecha, se conoce que la metodología es mayoritariamente aceptada y que un 88% llevaría otros cursos con la misma metodología. Esa percepción del estudiante se mantiene a la actualidad. En el año 2013 se iniciaron mini experiencias en aula y adicionalmente se realizaron mediciones en cuanto al desarrollo de habilidades metacognitivas/autorregulación del aprendizaje. Con ese objetivo, se aplicaron test específicos y se determinó la ganancia de habilidades metacognitivas durante el semestre de aplicación. La medición de estas habilidades, mostró que es posible desarrollar habilidades metacognitivas en tiempos relativamente cortos. También, se ha comparado la ganancia en el desarrollo de habilidades metacognitivas al emplear metodología basada en ABP versus metodología basada en solución de casos on line (Autor), poniendo en relieve la importancia del contexto del grupo involucrado en la experiencia.

La tabla 1 muestra el promedio de algunos de los factores, recogidos a través de la encuesta, antes de la implementación de laboratorios autodirigidos. Se muestran aquellos que los estudiantes consideran han mejorado y les resultan más relevantes. Se incluye las observaciones respecto al tiempo de medición. Estos aspectos se siguen cuestionando en la actual encuesta de opinión.

Tabla 1. Aspectos relevantes según la percepción estudiantil.

Ítem	Aspectos considerados importantes	%	Observación
1	Desarrollar habilidad para trabajar en equipo	63	2007- actualidad
2	Desarrollar confianza en sí mismo	65	2007-actualidad
3	Desarrollar ética profesional	68	2007- actualidad
4	Enfrentar problemas reales	75	2007- actualidad
5	Desarrollar capacidad para planear y organizarse	70	2007- actualidad
6	Desarrollar habilidad para identificar y procesar información	64	2007- actualidad
7	Desarrollar habilidades para comunicación oral y escrita	60	2007- actualidad
8	Desarrollar habilidades de autorregulación	72	2013-actualidad

La implementación de las prácticas de laboratorio autodirigidas se inició en 2016-II. Ese semestre, se realizó en tres, de las cinco experiencias de laboratorio (uno por cada unidad de aprendizaje de la asignatura y uno integrador, de todas las unidades), donde cada grupo, propuso su propia experiencia durante las tres primeras sesiones. El problema tipo ABP, en ese momento, consistió en una planta de producción de papel que empleaba el proceso Kraft o de sulfato, donde debían analizar los aspectos termodinámicos, cinéticos, de equilibrio químico y electroquímicos, involucrados en los procesos de la planta, la cual, enfrentaba problemas por demandas por contaminación de parte de los pobladores cercanos. Los semestres 2017-I y 2017-II se implementaron, problemas tipo ABP, en una planta de producción de tableros aglomerados y una planta de producción de ácido sulfúrico respectivamente.

La experiencia, que debían plantear en cada laboratorio, debía enmarcarse, dentro de lo posible, en las situaciones presentadas en el problema ABP.

La percepción del estudiante respecto a la contribución, de este tipo de laboratorios, a su autoaprendizaje fue variando ligeramente en cada semestre.

En la figura 1 se puede apreciar cómo ha variado la opinión, respecto a la contribución al autoaprendizaje, de los laboratorios autodirigidos. Se compara el promedio, antes de la implementación versus el promedio de los tres semestres de aplicación.

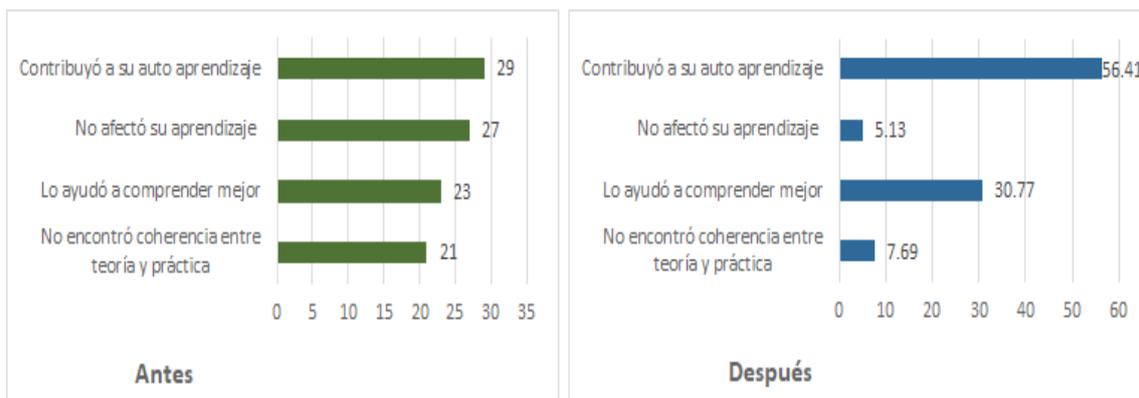


Figura 1. Percepción del estudiante antes y después de la implementación de laboratorios autodirigidos.

Podemos apreciar, en la figura 1, que previo a la experiencia, el 29% estuvieron totalmente de acuerdo en que contribuyó a su autoaprendizaje, mientras 27% lo estuvo en que no afectaron su aprendizaje, 23%, en que los ayudó a comprender mejor y 21% en que no hay coherencia entre teoría y práctica. Este resultado dejó un 52% de estudiantes, que juzgaron que los laboratorios favorecían sus aprendizajes (aspectos como comprensión y autoaprendizaje) contra un 48% que piensan que no ayudan en ese sentido.

Viendo esos resultados, aunque a los estudiantes les entusiasma ir al laboratorio, no se obtenían los logros buscados, principalmente “aprender a aprender”, esto es, formar estudiantes autónomos, solo el 29% los consideró en ese sentido, a pesar de las tareas previas.

Otro aspecto relevante es que las notas de los laboratorios, ayudan en el promedio final del curso, ya que difícilmente se desapruueba un laboratorio. Sin embargo, esas notas deberían reflejar que realmente el estudiante se involucra, comprende y maneja de manera eficiente los principios que rigen los fenómenos, lo que no siempre sucede. Precisamente, dentro de ese 48% probablemente la motivación más importante sea simplemente la nota. Esta afirmación corresponde a mi percepción ya que no se elaboraron preguntas en esa dirección.

Incentivar el autoaprendizaje del estudiante, fue la principal razón para la implementación, iniciada en 2016-II. Inicialmente, se llevó a cabo en tres de los cinco laboratorios, siendo, el integral y el de la cuarta unidad (electroquímica) propuesto por la docente. Durante el año 2017, se implementó en los cuatro primeros laboratorios.

Luego de la experiencia, se aprecia como la percepción del efecto del laboratorio en el autoaprendizaje ha mejorado. Vemos, en la figura 1, que los valores suben considerablemente, de 29% pasó a 56,41% de alumnos estuvieron de acuerdo con que las prácticas de laboratorio, contribuyeron a su autoaprendizaje, por tanto, ayudarlos a “aprender a aprender”. Si consideramos que 30,77% consideró que los ayudó a comprender mejor, tenemos que 87,18% opinaron que el laboratorio contribuyó con ayudar en la comprensión de fenómenos.

Por otro lado, en relación al 27% inicial que consideraba que no afectaron su aprendizaje, después, solo el 5,13% piensa de esa forma. Sin embargo, a pesar de involucrarse personalmente en la selección y ejecución del laboratorio, aún el 7,69% sigue sin encontrar coherencia entre teoría y práctica.

La información recogida mediante observación y entrevistas, se ha categorizado, según se muestra en la tabla 2. En la misma tabla, se muestra la interpretación personal al conjunto de comentarios estudiantiles.

La tabla 2, muestra aquellos aspectos emergentes que, los estudiantes, consideraron más relevantes surgidos durante las entrevistas. Todas las entrevistas se realizaron al final del semestre 2017-II. Cuatro de ellas, fueron realizadas a estudiantes inmediatamente después de la experiencia y las otras cuatro correspondieron a aquellos que ya habían vivido la experiencia los semestres anteriores.

Tabla 2. Aspectos relevantes en las entrevistas.

Categoría	Comentario/respuesta	Interpretación personal
Comprensión del fenómeno	<ul style="list-style-type: none"> - “Ayudó a comprender qué hechos o ideas se ponen en evidencia” - “Se aprendió a clasificar el tipo de fenómeno estudiado” - “...fue posible comparar hechos y respuestas” ... - ...posibilitó identificar la idea principal en una experiencia” - “Nos dio claridad para organizar y demostrar lo que buscamos” - “Aprendimos a planificar según lo buscado” - “Nos costó encontrar alternativas a lo encontrado” 	Fueron capaces de identificar las variables que pretendían estudiar.
Capacidad de análisis y síntesis	<ul style="list-style-type: none"> - “Aunque costo, se pudo determinar las razones y motivos para hacerlo de una u otra forma” - “Fuimos capaces de proponer cambios para resolver algunas de las dificultades que se presentaron” - “Fue posible identificar la razón por la cuál ocurría el fenómeno” - “Fue más fácil establecer las conclusiones y recomendaciones para mejorar nuestra experiencia” - “Aprendimos a reconocer cuál era el problema, cuando no ocurría lo esperado” 	Aunque les costó separar en partes, relacionarlas entre sí y emplear criterios para alcanzar un propósito determinado, se sintieron satisfechos de su desempeño.
Autorregulación	<ul style="list-style-type: none"> - “Equivocarse ayudo a ver dónde fallamos.... así pudimos realizar los cambios” - “Cuando era difícil entender el tema, hizo que aprendiéramos a buscar alternativas y organizarnos, tal como ver otras fuentes o videos que nos lo explicaran” - “Tuvimos que tomar decisiones para seleccionar el experimento” 	Les facilitó darse cuenta de qué podían hacer para ir mejorando su desempeño.

Los comentarios, de los estudiantes, permiten apreciar que se trata de un proceso.

- Las primeras propuestas fueron laboratorios que, los estudiantes, encontraban en la red y trataban de adaptar. Les costó mucho identificar qué pregunta hacerse, qué aspectos, de lo reportado en web, podían ser relevantes para su tema específico y hacer cambios o proponer, en base a lo encontrado, cómo responder a su pregunta.
- Para la segunda experiencia y las siguientes, aunque continuaron usando información de la red, buscaron más asesoría para orientar sus propuestas.
- Enviaban su sugerencia de laboratorio vía aula virtual y recibían alguna sugerencia u orientación, ocasionalmente por el mismo medio, pero, por lo general la buscaban directamente. Este tipo de intercambio resultó más efectivo, ya que se discutían las razones de lo que deseaban cambiar y cuáles serían los objetivos perseguidos para poder plantear los problemas a resolver, las variables a analizar, etc.

Conclusiones, comentarios y recomendaciones

Dentro de los objetivos de la metodología ABP, uno importante, es la autonomía para el aprendizaje. Está, es la que se buscó principalmente al hacer del laboratorio una parte del problema ABP, visto durante el semestre. Algunas conclusiones:

- El cambio de enfoque en los laboratorios, permite empoderar al estudiante ya que se hace responsable de su propio aprendizaje, de modo que se contribuye a su autoaprendizaje.
- El trabajo en equipo involucra comunicación asertiva. Tanto la comunicación oral como escrita, fue mejorando puesto que aprendieron a argumentar y sustentar sus ideas. Eso, se debió principalmente a que, durante los tiempos de asesoría personalizada, se discutieron diversos puntos de vista para tomar decisiones. Además, en los últimos minutos del laboratorio, al azar, dos de los grupos debían sintetizar sus resultados públicamente. Lamentablemente solo fue posible hacerlo en dos oportunidades, por limitaciones de tiempo, debido a la imposibilidad de continuar después del horario establecido. En relación a la comunicación escrita, al presentar el informe final, aprendieron a hacer uso de esa discusión para plasmarlo en su reporte final. El proceso fue paulatino, el primer informe fue en general, de baja calidad en relación a los siguientes. Este es un aspecto, que muestra que, para el desarrollo de cualquier habilidad se requiere entrenamiento.
- Por tanto, se puso en evidencia que es el entrenamiento lo que va logrando mejores desempeños de los estudiantes. Para ese entrenamiento son necesarios espacios de retroalimentación en los tiempos adecuados y criterios claros de evaluación establecidos en las rúbricas. Esto implica una demanda adicional de tiempo para el docente, por lo que también se requiere planificación y entusiasmo.

- La asesoría y orientación personalizada sirvió para monitorear el trabajo en equipo, ya que mayoritariamente, se acercaban en su busca el grupo completo. Era posible identificar quienes eran aquellos que se involucraban más y los que solo se “colgaban” de sus compañeros.
- Algunos aspectos, recogidos en la encuesta, después de la implementación de laboratorios autodirigidos y no mostrados en la tabla 1 fueron: que contribuyó a su habilidad de buscar y procesar información, a su interés por la investigación y a su nivel de comprensión de la ciencia. Ninguno de estos aspectos resultó con porcentajes significativos. Al parecer, los estudiantes, opinan que tienen suficientes habilidades en ese sentido.

Aunque los resultados se ven favorables, aún hay algunas dificultades y muchos aspectos por mejorar, lo que lleva a los siguientes comentarios y recomendaciones:

- Algunos grupos mostraron como la cooperación y comunicación eficaz logra resultados tanto, en notas como en satisfacción personal. Mientras, en otros grupos, fue evidente la falta de responsabilidad individual, cargando el trabajo a uno o dos de sus miembros, de modo que causó principalmente frustración. Tal como se hace evidente en algunos de los comentarios: “A veces causaba estrés por el tiempo limitado y el grupo incompetente”, “Los trabajos en grupo no ayudan mucho, porque algunos alumnos no hacen mucho”. Estos comentarios muestran la importancia de lograr una integración real en el equipo de trabajo.
- A pesar de la mejora, los resultados en la tabla 1, muestran que aún 5,13% sigue pensando que no se afectó su aprendizaje y 7,69% no relacionan la teoría con la práctica. En mi opinión personal, ese porcentaje de 5,13% corresponde al grupo que es capaz de aprender en cualquier circunstancia. Resulta más alarmante que todavía 7,69% de los estudiantes siga sin encontrar relación entre la teoría y la práctica, esto podría tener dos razones, la primera que al ser un trabajo en equipo su participación individual fuera escasa, mientras la segunda se puede relacionar al desinterés del estudiante. Cualquiera sea la razón, sería posible indagar al respecto, mediante entrevistas individuales, dirigidas en ese sentido.
- La experiencia se realizó el segundo semestre de 2016 y el año 2017 y como cualquier metodología activa, depende mucho del grupo al cual se aplica. Por ejemplo, se hizo evidente la diferencia, en la respuesta de los estudiantes, entre los semestres 2017-I y 2017-II. Aunque se mantuvo el horario y el promedio en género (aproximadamente 30% femenino y 70% masculino). En 2017-I, el grupo tenía aproximadamente 30% de becados del gobierno, mientras el segundo semestre fue 5% lo cual se hizo evidente en la calidad de los trabajos y en la actitud del estudiante. Aunque, la principal motivación del grupo becado es la nota, sin embargo, eso no fue impedimento para que también se motivaran intrínsecamente, especialmente aquellos grupos donde todos los integrantes fueron becados.
- Para la implementación descrita se requiere apoyo externo. Durante los semestres de aplicación se trató de un promedio de entre diez y doce grupos de estudiantes, por tanto, se requería preparar la misma cantidad de juegos diferentes de equipos y materiales. Se contó con la entusiasta participación

de la persona responsable del laboratorio, quien se encargó de la tarea de preparar los materiales para cada equipo. Sin embargo, el año 2018 se requirió el laboratorio para mayor número de horarios en otras carreras lo que incremento mucho la carga de trabajo del responsable, razón por la cual ese año no fue posible realizarlo.

- La intención fue repetir la experiencia el 2019 haciendo algunos ajustes como: que sean solo dos las experiencias auto-dirigidas, que los propios estudiantes supervisen, con anticipación, los materiales que requieran, asignar a uno de los asistentes especialmente la tarea de surtir los requerimientos de cada grupo, etc. Sin embargo, se mantienen las dificultades de horarios y contar con el personal de apoyo idóneo. En definitiva, se están tomando las precauciones para la implementación preparando a personal de apoyo de manera continua. Se prevé realizarlo una vez durante el semestre e ir cambiando la unidad de aplicación.

A pesar de las dificultades, los resultados globales, con nuestros estudiantes, son alentadores. Tanto las encuestas como las opiniones vertidas en las entrevistas (realizadas tanto a estudiantes que han aprobado el curso como aquellos que no lo han aprobado) y las conversaciones personales con exalumnos que pasaron por la experiencia, corroboran que a pesar de que, en su momento, protestan por el esfuerzo requerido también valoran el aprendizaje que resulta de ese esfuerzo. Preparar a nuestros estudiantes para aprender a autorregular sus aprendizajes es un desafío que debemos asumir.

Referencias bibliográficas

- Amangandi, C., Angel, M. (2017). *El laboratorio virtual para el desarrollo de los trabajos experimentales de Química General con los estudiantes de segundo semestre de la carrera de Biología, Química y Laboratorio, enero 2017–agosto 2017* (Bachelor's thesis, Rbba, Unach 2017). Recuperado de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4092>
- Arroyo, P. A. A., Zurita, M. M. M. y Arequipa, C. R. P. (2017). Análisis de la Teoría de Psicogenética de Jean Piaget: Un aporte a la discusión. *Dominio de las Ciencias*, 3(3), 833-845.
- Barberà O., Valdés P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 14(3), 365-379.
- Capella, R. J. (2000). Aprendizaje y constructivismo. Lima. Ediciones. Massey and Vanier, 1.
- Cooper M. M., Sandi-Urena, S. y Stevens, R. (2008). Reliable multi method assessment of metacognition use in chemistry problem solving, *Chemistry Education Research and Practice*, 9(1), 18-24. <https://doi.org/10.1039/B801287N>
- Creswell, J. W. (2014). *A concise introduction to mixed methods research*. Sage Publications.

- DeKorver, B. K., Towns, M. H. (2016). Upper-level undergraduate chemistry students' goals for their laboratory coursework. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(8), 1198-1215. <https://doi.org/10.1002/tea.21326>
- Fernández Cézár, R. (2014). Incorporación de simulaciones en el laboratorio de química general: influencia en el dominio afectivo del aprendizaje. *Revista Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 28, 197-219. <https://doi.org/10.7203/dces.28.2630>
- Ferrés-Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 410-426. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.09
- Flores-Camacho, F., Gallegos-Cázares, L., García-Rivera, B. E. y Báez-Islas, A (2018). Efectos de los laboratorios deficiencias con TIC en la comprensión y representación de los conocimientos científicos en estudiantes del bachillerato en un contexto escolar cotidiano. *Revista Iberoamericana De Educación Superior*, 10(29), 124-142. <https://doi.org/10.22201/iissue.20072872e.2019.29.527>
- Hodson, D., (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 12 (3), 299-313.
- Hofstein, A., Lunetta, V.N., (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217. <https://doi.org/10.3102/00346543052002201>
- Llorens Molina, J. A., Llorens De Jaime, J. M.L. y Sanz Berzosa, I. (2012). La caracterización del ambiente de aprendizaje en un laboratorio de química general mediante métodos de investigación social. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 30(1), 5-22. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n1.422>
- Lucci, M. A. (2011). La propuesta de Vygotsky: la psicología socio-histórica.
- Lynch, P. P. (1987). Laboratory work in schools and universities: Structures and strategies still largely unexplored. *Australian Science Teachers Journal*, 32, 31-39. <https://doi.org/10.1080/03124078608549822>
- Machado, G. E., Álvarez Dávila, M., Suárez, S. D. (2018). Impacto educativo del Laboratorio Virtual Propiedades Coligativas a través del tiempo. In *XIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (Posadas, 2018)*.
- Maciá, R. T., Sabio, M. M., López, A. B., Murcia, A. B., Martínez, M. (2015). *Diseño de Experimentación en Química Inorgánica sostenible*. Universidad de Alicante.
- Pérez, J. J. S. (2018). Aprender física y química "jugando" con laboratorios virtuales. *Revista de la Real Sociedad Española de Química*, 114(1), 40-41.
- Prat, M. R., Ballesteros, C., Lescano, G. M. (2018). "La previa": una estrategia de aprendizaje en las prácticas de química. *Educación química*, 29(4), 18-27. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.4.65213>
- Poletto, A., Martin, A. M., Speltini, C., Sánchez, L. P., Roble, M. B. (2001). ¿Qué opinan los estudiantes de los trabajos prácticos de laboratorio? *Educación Química*, 12(1), 34-37. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2001.1.66363>

- Quintero, M. “*La utilidad del laboratorio de ciencias como un ambiente de aprendizaje en un contexto de resolución de problemas*” *Un estudio particular sobre la concentración y temperatura que afectan la velocidad de una reacción química en la educación básica* (Doctoral dissertation).
- Rodríguez-Cepeda, R. (2016). Aprendizaje de conceptos químicos: una visión desde los trabajos prácticos y los estilos de aprendizaje. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7(1), 63-76. <https://doi.org/10.19053/20278306.v7.n1.2016.4403>
- Robles Bauzá, J. (2018). *El laboratorio virtual como una herramienta para el aprendizaje de la Química*. Trabajo Fin de Master. Disponible en <http://hdl.handle.net/11201/146921>
- Rojas Quitian, M. J., Zapata Castañeda, P. N., Castellanos, S., Virginia, M., Montañó Arias, D. A. (2018). *Nuevas TIC: herramientas para propuestas didácticas en el área de Química*.
- Sánchez-Lazo Pérez, S., Gallegos-Cázares, L., Flores-Camacho, F. (2015). El aprendizaje de la química en los nuevos “Laboratorios de ciencia para el bachillerato UNAM”. *Revista iberoamericana de educación superior*, 6(17), 38-57. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2015.17.161>
- Sánchez, G. H., Odetti, H. S., & Lorenzo, M. G. (2017). La práctica docente en el laboratorio universitario y el conocimiento didáctico del contenido de química inorgánica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 183-190.
- Solbes Matarredona, J., Domínguez Sales, M. C., Fernández Sánchez, J., Furió Más, C., Guisasaola Aranzabal, J., Cantó Doménech, J. R. (2013). ¿El profesorado de física y química incorpora los resultados de la investigación en didáctica? <https://doi.org/10.7203/dces.27.2617>
- Torres Nieves, F. (2017). Laboratorios virtuales como estrategia para la enseñanza de la química. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12579/4972>
- Velandia, M. A. A., Morales, F. H. F., Duarte, J. E. (2011). Utilización de material didáctico para la enseñanza de los conceptos de ciencia y tecnología en niños. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 2(1), 35-43.
- Vera, M. I., Lucero, I., Stoppello, M. G., Petris, R. H., Giménez, L. I. (2018). Recursos TIC para el aprendizaje de la química y la física en el ciclo básico universitario. In *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste)*.
- Zambrano, H. R. (2007). El paradigma de las competencias hacia la educación superior. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y reflexión*, 15(1), 145-165.