

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS ÁMICAS**

**VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**CARRERA DE FARMACIA**

**EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA Y FORMATIVA DE LAS  
METODOLOGÍAS DE APRENDIZAJE DE LAS PRÁCTICAS DE  
LABORATORIO DE LOS CURSOS DE QUÍMICA GENERAL I Y  
II DE LA CARRERA DE FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD  
INTERNACIONAL DE LAS ÁMICAS EN RELACIÓN CON  
REFERENTES NACIONALES E INTERNACIONALES, EN EL  
PERIODO DE SETIEMBRE 2020 - MAYO 2021**

**TESIS ACADÉMICA PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN FARMACIA**

**KATTIA QUINTERO ARIAS**

**TUTOR: LIC. ADAM AMEY WILLIAMS**

**SEDE ARANJUEZ**

**SETIEMBRE, 2020**

**ÍNDICE GENERAL**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Agradecimiento</b> .....               | <b>7</b>  |
| <b>Dedicatoria</b> .....                  | <b>8</b>  |
| <b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN</b> .....     | <b>10</b> |
| <b>Planteamiento del problema</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>Objetivos</b> .....                    | <b>12</b> |
| Objetivo general.....                     | 12        |
| Objetivos específicos .....               | 12        |
| <b>Justificación</b> .....                | <b>13</b> |
| <b>Proyecciones</b> .....                 | <b>15</b> |
| <b>Antecedentes</b> .....                 | <b>15</b> |
| Antecedentes históricos .....             | 15        |
| Antecedentes internacionales.....         | 16        |
| Antecedentes nacionales .....             | 19        |
| <b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>Química</b> .....                      | <b>20</b> |
| <b>Clasificación de la Química</b> .....  | <b>21</b> |
| Química inorgánica.....                   | 21        |
| Química orgánica.....                     | 22        |
| Química analítica .....                   | 23        |
| Fisicoquímica.....                        | 24        |
| Bioquímica.....                           | 25        |
| <b>Química General</b> .....              | <b>27</b> |
| Química General Aplicada a Farmacia ..... | 27        |
| <b>Laboratorios de Química</b> .....      | <b>28</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| Importancia del Laboratorio de Química.....                         | 29        |
| Laboratorios de Química en Farmacia.....                            | 30        |
| <b>Aprendizaje .....</b>  | <b>30</b> |
| Dominios del aprendizaje. Taxonomía de Bloom .....                  | 32        |
| Dominio cognitivo .....   | 32        |
| Dominio afectivo.....   | 33        |
| Dominio psicomotor .....  | 34        |
| Estilo de aprendizaje .....   | 34        |
| Estilo activo.....  | 35        |
| Estilo reflexivo .....  | 35        |
| Estilo teórico. ....  | 36        |
| Estilo pragmático .....   | 36        |
| Enfoques del Aprendizaje .....                                      | 37        |
| Metodologías de aprendizaje .....                                   | 39        |
| Criterios para seleccionar metodologías .....                       | 41        |
| Aprendizaje colaborativo .....                                      | 42        |
| Aprendizaje cooperativo .....                                       | 43        |
| El jigsaw.....  | 43        |
| Aprendizaje orientado a proyectos (Project based Learning) .....    | 45        |
| Contrato por aprendizaje .....                                      | 46        |
| Método de la conferencia/ lección magistral .....                   | 46        |
| Método de demostración .....  | 47        |
| Estudio de casos .....  | 47        |
| Simulación y juego.....   | 48        |
| Aprendizaje basado en Problemas (ABP, Problem- Based Learning)..... | 48        |

|   |            |
|---|------------|
| Aprendizaje a través del aula virtual.....                    | 50         |
| Laboratorios virtuales.....                                   | 50         |
| <i>Laboratorios virtuales en química</i> .....                | 50         |
| Aprendizaje de la Química.....                                | 55         |
| Aprendizaje por competencias .....                            | 56         |
| Desarrollo de competencias prácticas .....                    | 59         |
| <b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....</b>                  | <b>62</b>  |
| <b>Enfoque de la investigación .....</b>                      | <b>62</b>  |
| <b>Diseño de la investigación .....</b>                       | <b>63</b>  |
| <b>Fuentes de información.....</b>                            | <b>64</b>  |
| Fuente primaria .....   | 64         |
| Fuente secundaria .....                                       | 64         |
| <b>Instrumento.....</b>                                       | <b>65</b>  |
| <b>Unidades de análisis .....</b>                             | <b>66</b>  |
| <b>Procedimiento de recolección y análisis de datos .....</b> | <b>68</b>  |
| Fase 1 .....  | 68         |
| Fase II.....  | 68         |
| Fase III .....  | 68         |
| Fase IV .....   | 69         |
| Fase V .....  | 69         |
| <b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>               | <b>70</b>  |
| <b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....</b>                          | <b>127</b> |
| Recomendaciones .....   | 129        |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                       | <b>130</b> |
| <b>APÉNDICE .....</b>   | <b>143</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1. Características de los Enfoques de Enseñanza .....  | 38  |
| Tabla 2. Diferencias y Similitudes entre Aprendizaje Colaborativo y Cooperativo .....  | 44  |
| Tabla 3. Modelos del Profesor.....   | 58  |
| Tabla 4 Capacidades Asociadas a las Diferentes Competencias a Promover en Carreras Científico-tecnológicas.....  | 60  |
| Tabla 5. Expertos Entrevistados .....  | 64  |
| Tabla 6. Matriz de Codificación .....  | 66  |
| Tabla 7. Contenidos de las prácticas del Laboratorio Química General I Q-008 (UIA)....   | 71  |
| Tabla 8. Contenidos de las Prácticas del Laboratorio Química General II Q-010 (UIA) ..   | 75  |
| Tabla 9. Prácticas Laboratorio de Química General I QU-0101. UCR.....  | 80  |
| Tabla 10. Prácticas de Laboratorio de Química General II QU-0103 de la UCR.....  | 81  |
| Tabla 11. Prácticas Laboratorio de Química General e Introducción al Laboratorio Químico.....  | 84  |
| Tabla 12. Recomendaciones para la Metodología de Enseñanza-aprendizaje para los Laboratorios de Ciencias Experimentales I y II.....  | 91  |
| Tabla 13. Prácticas Laboratorio de Ciencias Experimentales I.....  | 92  |
| Tabla 14. Prácticas Laboratorio de Ciencias Experimentales II.....   | 95  |
| Tabla 15. Contenidos del Laboratorio de Química General I Universidad Internacional de las Américas y los Contenidos Similares en las Universidades Referentes .....       | 99  |
| Tabla 16. Experimento de conductividad.....  | 116 |
| Tabla 17. Contenidos del Laboratorio de Química General II en la Universidad Internacional de las Américas y los contenidos similares en las universidades referentes..... | 116 |
| Tabla 18. Competencias Adquiridas en los Laboratorios de Química General I y II .....  | 121 |
| Tabla 19. Habilidades Desarrolladas en los Laboratorios .....  | 123 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Taxonomía de Bloom. Dominio Cognitivo.....   | 33  |
| Figura 2. Estilos de Aprendizaje. ....   | 35  |
| Figura 3. Experimento Solubilidad de Sales en Simulador de Cocodrille Chemistry.....   | 53  |
| Figura 4. Ejemplo de Vista del Simulador Utilizado para la Práctica de Calorimetría.....                                     | 79  |
| Figura 5. Guía en Línea para el Curso de Química General e Introducción al Laboratorio de Química. UCM .....                 | 87  |
| Figura 6. Autoevaluación Guía de Prácticas de Química General e Introducción al Laboratorio de Química. UCM .....            | 87  |
| Figura 7. Ejemplo Autoevaluación, Guía de Prácticas de Química General e Introducción al Laboratorio de Química. UCM .....   | 88  |
| Figura 8. Fotos de los Experimentos Guía de Prácticas de Química General e Introducción al Laboratorio de Química. UCM ..... | 89  |
| Figura 9. Normas y Seguridad en el laboratorio.....  | 101 |
| Figura 10. Quemador de Bunsen .....  | 102 |
| Figura 11. Filtración de una muestra líquido- sólido con papel de filtro cónico.....   | 104 |
| Figura 12. Embudo de Büchner.....  | 106 |
| Figura 13. Destilación Simple .....  | 107 |
| Figura 14. Equipo para Recolectar CO <sub>2</sub> .....  | 109 |

## INDICE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 1. Características de los Cursos de Laboratorios de Químicas Generales según Universidades ..... | 98 |
|---|----|

## **Agradecimiento**

Le doy todo mi agradecimiento a Dios todopoderoso por el don de la vida y todo este camino recorrido y a María mi madre del cielo por acompañarme y cuidarme.

Agradezco a mis padres por darme la vida, por siempre haber creído en mí y amarme, a mami especialmente por todo el apoyo que siempre me ha dado.

A mis amadas hermanas Karla y Arelys, que siempre me han tendido la mano, gracias, gracias e infinitas gracias.

A mis cuñados Alex y Mike y mis sobrinos Juan Pablo, Agustín y bebé desde el cielo, gracias por su amor.

A mis amadas hijas Tamara y Thais que me han tenido paciencia, apoyado y regalado de su tiempo para que yo llegara hasta aquí.

A mi abuelita Mita y mi tía Eli por siempre tenerme en sus oraciones e impulsarme a seguir.

Agradezco a todas las personas que este proceso me dejó conocer y compartir, las que me ayudaron y respaldaron en cada etapa.

Agradezco a todos y cada uno de los profesores que he conocido en este proceso, que me transmitieron su conocimiento y muchos de ellos más que eso, por su entusiasmo, dedicación, profesionalismo y amor por la carrera.

Agradezco a mi tutor, profesor Adam Amey por toda la ayuda brindada para que esto fuese posible.

## Dedicatoria

Le dedico este logro, que es el resultado de mil y una travesías, a mi amada familia, gracias por siempre estar para mí y mis chicas. Mami, papi, neni, tota, Ale, panino, mi baby shark, tin tin y bebé, los amo.

Por supuesto, a mis chicas Tammy y Thais mi equipo, las que siempre me enseñan e impulsan a seguir. Las amo.

*Quando clame, oh Dios, respondiste,  
mi justiciero, en la angustia tú me abriste salida,  
me tuviste piedad, escuchaste mi oración.*

*Salmo 4,2*

## Resumen

La educación superior ha venido mostrando una serie de cambios producto de las nuevas necesidades a nivel mundial, donde el profesional no es únicamente un experto en un tema en específico, sino que ha ido tomando mayor interés una formación integral en la cual los profesionales adquieran habilidades y competencias desde inicio de su academia. Es acá donde cobra importancia el estudio de las metodologías de aprendizaje. En el presente trabajo esta temática se enfoca en la evaluación de las metodologías de aprendizaje en las prácticas de los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas (UIA) en relación con los referentes nacionales e internacionales, para esto se realizó una investigación de tipo cualitativa, basada en una revisión bibliográfica y en la información obtenida a través de entrevistas a los docentes expertos de las universidades referentes. Se detallan las metodologías actuales utilizadas en estas asignaturas en la UIA, que combinan los métodos tradicionales con un paulatino cambio de los roles del profesor y el estudiante, seguidamente se compilan las metodologías aplicadas, en los referentes a nivel nacional, Universidad de Costa Rica, cuyas metodologías están orientadas a la planificación y organización brindada por el docente, y las de los referentes internacionales, Universidad Complutense de Madrid, con un estilo de trabajo que favorece el autoaprendizaje y la autonomía y Universidad Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Cuatitlán, con un método constructivista orientado al protagonismo del estudiante en la construcción de los conocimientos. Seguidamente se examina la relación en los procesos de enseñanza que hay entre las mismas, además de comparar las competencias y habilidades presentes en estas asignaturas en cada una de las universidades involucradas en el estudio. Con este panorama se generó una propuesta metodológica orientada al desarrollo de competencias como: el trabajo colaborativo en equipos, la capacidad investigativa y el aprendizaje autónomo; que favorezca a los estudiantes en el primer año de la carrera de Farmacia que cursan estas asignaturas.

## CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

### Planteamiento del problema

La Química General es la ciencia que estudia las propiedades, estructura y procesos relativos a la materia y su composición, así como los cambios que ésta experimenta mediante reacciones químicas. Abarca desde el mundo submicroscópico de los átomos y las moléculas hasta el ámbito macroscópico de los materiales que se utilizan corrientemente (McKee & McKee, 2020).

La Química General es una ciencia activa, en continuo crecimiento y experimental, por ende, su enseñanza está profundamente relacionada con el desarrollo experimental realizado en el laboratorio. En este proceso de enseñanza se obtiene el conocimiento, habilidades como la observación, la curiosidad, la iniciativa, la creatividad y el perfeccionamiento del conocimiento, así como el acercamiento con la actividad científica (Hernández, Machado, Martínez, Andreu, & Flint, 2018).

Llorens (2007) señala que la investigación didáctica durante las últimas décadas muestra divergencias en cuanto a desarrollo metodológico e integración en el currículo, por una parte, hay evidencias de que los trabajos en el laboratorio contribuyen a un mayor éxito en el estudio de la química, por otra parte, señala que la influencia real de aprendizaje no es la deseada, esto se debe a las diversas prácticas metodológicas existentes.

Los laboratorios de Química General I y II se imparten en los primeros cuatrimestres de la carrera de Licenciatura de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas (UIA), debido a las diversas metodologías para impartir esta signatura es necesario detectar si se utiliza un método tradicional y muy reproductivo que no permita desarrollar la capacidad creadora del estudiante y la integración de los conocimientos o si lo contrario, reconocer el método empleado y si este permite alcanzar estos propósitos. Una de las alternativas de métodos actuales es el método problemático basado en la enseñanza mediante situaciones, el que se ha considerado en

los últimos años muy efectivo para estimular la actividad cognitiva en los estudiantes (Hernández et al, 2018).

Este reconocimiento de la metodología utilizada en la universidad no solo permite implementar mejoras sino realizar una comparación con pares nacionales e internacionales y así determinar las condiciones y competitividades en las cuales se encuentran los cursos de laboratorio de Química General I y II.

Como parte del proceso de acreditación de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas, es necesario y de gran valor la autoevaluación. Esta etapa del proceso permite identificar las fortalezas y debilidades propias de la carrera o de los programas, estas conclusiones son las que permitirán estructurar las propuestas para el mejoramiento continuo y de la calidad de la educación que se ofrece. Por ello es necesario contar con insumos para estas mejoras, así como las bases para eventualmente implementar nuevos manuales de los laboratorios de Química General I y II como parte del cambio curricular que se desea realizar en la carrera.

Debido a las necesidades de mejora que se enmarcan en un proceso de acreditación de una carrera surge la siguiente interrogante con respecto al cumplimiento con los estándares tanto nacionales como internacionales:

¿Las metodologías de aprendizaje empleadas en los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas se encuentran en la misma línea de las metodologías de aprendizaje que se emplean en otras universidades a nivel nacional e internacional para cumplir con las condiciones y competitividades que exigen los estándares de calidad actuales?

## Objetivos

### Objetivo general

Evaluar las metodologías de aprendizaje empleadas en las prácticas de los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas, en relación con los referentes nacionales e internacionales en el período de setiembre 2020- mayo 2021.

### Objetivos específicos

1. Determinar las metodologías de enseñanza de los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas para conocer lo implementado en la actualidad y a partir de ello generar una propuesta acorde e innovadora que favorezca al estudiantado en su desarrollo académico.
2. Compilar las metodologías de enseñanza de los laboratorios de Química General para la carrera de Farmacia de referentes a nivel nacional e internacional para examinar la relación en los procesos de enseñanza implementados con respecto a los empleados en la Universidad Internacional de las Américas.
3. Contrastar los modelos por competencias y habilidades empleados en los laboratorios de Química General de la Universidad Internacional de las Américas con los de los referentes nacionales e internacionales con la finalidad de contribuir en el mejoramiento de la calidad de dichos cursos en la carrera de Farmacia.

## Justificación

En la actualidad los centros de educación superior buscan asegurar que los estudiantes de farmacia cuenten con las competencias profesionales y científicas que van más allá del modelo tradicional centrado únicamente en el conocimiento; existe una necesidad común de que la educación superior adapte modalidades pedagógicas que mejoren la participación de los estudiantes, su autopercepción y satisfacción con los programas curriculares (Koster, Schalekamp, & Meijerman, 2017).

La instrucción de los laboratorios debe impulsar a los estudiantes no solo a completar una actividad donde llegará a un resultado ya determinado, sino debe inspirar la curiosidad y creatividad que lidera el proceso de investigación, es por ello por lo que es relevante el análisis de las metodologías empleadas en los laboratorios en los primeros años universitarios, pues estos procesos forman a los científicos de las nuevas generaciones (Pires& Cavado, 2019).

Con los avances tecnológicos, nuevas aplicaciones y sistemas de información basados en Internet, los farmacéuticos se enfrentan a nuevos desafíos, es así como la educación en este campo de la salud debe desarrollar profesionales competentes y que en su formación académica se promueva y se apoye el descubrimiento de nuevos conocimientos con énfasis en la práctica científica: desarrollar hipótesis, recopilar y analizar datos, así como la comunicación de los hallazgos.( Donaghy, Saxton, 2012) ( Rubush, Stone, 2020).

Por ello, las tendencias provocadas por la globalización hacen necesarias que las instituciones de educación superior no sean entes únicamente de transmisión de conocimientos sino tienen una responsabilidad trascendental en generar las transformaciones para formar profesionales de calidad a nivel nacional y en capacidad de ser competitivos en el marco internacional, los procesos de metodologías aplicadas permiten darse cuenta si se está llevando con cabalidad, capacidad y eficacia los procesos de aprendizaje que exige la sociedad actual. (Villa, 2020).

En este sentido, la evaluación de las metodologías en las prácticas de laboratorio de las químicas generales, está orientada en la búsqueda para el eventual mejoramiento de las medidas y estrategias para el perfeccionamiento de las actividades académicas, al poder comparar los resultados obtenidos con las expectativas o requerimientos de calidad deseados y lograr valorar los procedimientos, métodos, programas, cumplimiento de objetivos, entre otros aspectos (Villa, 2020).

El cumplimiento de estos estándares de calidad a nivel nacional está regido por el sistema nacional de acreditación de la educación superior, que a través de un proceso riguroso de evaluación tiene la potestad de dar fe pública de la calidad de una carrera, esto brinda diversas ventajas tanto a la institución, como lo son un mayor acceso a la cooperación internacional y participación en intercambios académicos con otras universidades a nivel mundial, como a los estudiantes que al tener una formación de calidad certificada cumple con estándares de calidad internacionales.(SINAES, 2019)

Con el interés por acreditar la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas, la auto evaluación y conocimiento del estado general de la carrera a nivel interno es de suma importancia, la recopilación de la información adquirida en esta investigación brinda herramientas esenciales para este proceso, con ella se puede realizar un análisis crítico de la información recolectada para futuras mejoras de las practicas existentes y cambios curriculares en los cursos de laboratorio de Química General I y II de la carrera de Farmacia (SINAES ,2011).

Con el propósito de contribuir con el fortalecimiento de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas específicamente del desarrollo de las prácticas para los laboratorios de Químicas Generales se ha seleccionado este tema como parte del proceso para promover la cultura de calidad y elevar el nivel de aprendizaje de los estudiantes considerando las nuevas tendencias en la educación superior.

## **Proyecciones**

- Se determinan los requerimientos para las mejoras en el desarrollo de los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas para la innovación científica.

- Se establecen los lineamientos para la elaboración de los manuales de prácticas de laboratorio de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas.

- Se pretende ofrecer insumos para el proceso de acreditación de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas.

## **Antecedentes**

### Antecedentes históricos

En la década de los 90 se da un notable impulso en la investigación didáctica sobre el trabajo efectuado en el laboratorio, como resultado de dos factores: el fundamento teórico de un modelo de aprendizaje investigativo abierto y colaborativo, al mismo tiempo que se da la incorporación de nuevas tecnologías de información y comunicación que han brindado instrumentos para el acceso a la información y la creación de espacios interactivos virtuales. (Llorens, 2007).

Sin embargo, las actividades enfocadas al laboratorio han tenido un papel distintivo a lo largo de la historia de la ciencia como un medio para entender el entorno. En el siglo XIX con el inicio del estudio sistemático de la ciencia, como la conocemos en la actualidad, se convirtió a los laboratorios en una herramienta primordialmente para ilustrar y confirmar la información que previamente se había obtenido de libros, pero ya para la época de 1960 en muchos países la

experiencia en los laboratorios se convirtió en una actividad para que los estudiantes se involucraran en la investigación, descubrimiento, indagación y resolución de problemas ( Hofstein,2017).

Fue así, como a principios del siglo XXI, se inició una nueva era en la enseñanza de las ciencias tanto del contenido como de la pedagogía de aprendizaje y enseñanza, en la cual se han analizado y originado nuevos estándares para la educación emergente, donde esta debe estar dirigida a todos los estudiantes y debe extenderse más allá de la orientación científica para una carrera académica hacia el desarrollo de altas habilidades de aprendizaje como la argumentación, indagación, identificación y planteamiento de preguntas científicamente orientadas a la formulación, hipótesis, diseño y realización de investigaciones científicas, para ello el trabajo de laboratorio es uno de los componentes más valiosos para esta reforma de la enseñanza (Hofstein, 2017).

En la actualidad, los laboratorios de química general se han convertido en un espacio educativo que pretende introducir a los estudiantes en la investigación científica al desarrollar habilidades, forjar actitudes y valores propios del quehacer, al propiciar la comprensión y la utilización de los conceptos, teorías y modelos teóricos necesarios para el desarrollo científico durante su vida académica y profesional. Los conocimientos adquiridos por los estudiantes de la carrera de Farmacia en los laboratorios de química general serán útiles y consolidados en años superiores y han de perdurar toda la vida como parte de su formación científica. (Reyes, Cafaggi, Llano, 2019).

#### Antecedentes internacionales

Como presentó Almenares et al (2005) en su artículo “Nuevas concepciones en la organización y desarrollo de las actividades prácticas en Química General para Farmacia” un sistema de laboratorios donde se vinculan los aspectos químicos con los de la práctica farmacéutica que integren los conocimientos de los temas y de la asignatura utilizando métodos activos de enseñanza, es un objetivo primordial para elevar el proceso docente educativo. En su

estudio de los métodos de enseñanza utilizados para impartir la asignatura, se detectó de manera general que la enseñanza tradicional y muy reproductiva imposibilita al estudiantado a la creación y comunicación, por lo que no se logra integrar el conocimiento. Con el sistema de clases prácticas, seminarios y laboratorios implementado se logró mayor motivación, interés investigativo, correcta interpretación de sistemas químicos, integración de contenidos y adquisición de habilidades básicas de laboratorio en los estudiantes.

Es por ello que la continua mejora es una parte esencial en los planes y programas de estudio de cualquier curso o carrera, las estrategias metodológicas deben ir enfocadas en la integración de los conocimientos y habilidades, como lo señalan Gómez, Pupo, Caballero, Ruiz & Almenares, (2006) en el artículo “Resultados del trabajo científico metodológico desarrollado en la disciplina de química general e inorgánica de la Carrera de Farmacia.”, donde muestran los resultados de las investigaciones realizadas en esta área, estos obtuvieron con el diseño del programa, un enfoque dinámico, flexible y coherente que les permitió una mayor organización de los temas, un mayor protagonismo del estudiantado durante las lecciones, mostrando un buen grado de satisfacción general.

Otras metodologías evaluadas para el desarrollo de las prácticas de laboratorio de química general que se han implementado en los últimos años se enfocan en el uso de softwares, como expresa Rodríguez., Molina, Martínez & Molina, (2014) en el artículo “El proceso enseñanza-aprendizaje de la química general con el empleo de laboratorios virtuales.”, quienes a través del estudio, la filmación y elaboración de un banco de representaciones e imágenes del equipo de laboratorio, elaboraron los sistemas para cada tema y en la aplicación de los mismos concluyeron que los softwares elaborados facilitaron que el estudiante adquiriera una mejor preparación antes de realizar prácticas de laboratorio real, siendo una metodología eficiente, rápida, que propició la autoevaluación y estudio independiente en los alumnos.

Indagar cómo se puede mejorar la experiencia en los laboratorios de Química General de los estudiantes de Farmacia y optimizar el aprendizaje es primordial para una formación

profesional como lo expresan Smith, Chung, Sadouq., & Kandiah, (2017) en el artículo “Learners' Perspectives on Pure Science Content in Vocational Degree Programs: Chemistry for Pharmacists” en su estudio realizado en la Universidad de Portsmouth, en el Reino Unido. Su análisis cualitativo-cuantitativo de los resultados obtenidos a través de una encuesta a los alumnos determinó que las sesiones de laboratorio son percibidas con agrado y consideradas importantes para el estudiantado, pero coinciden en que deben ser menos estresantes, la alternativa de los laboratorios virtuales también se consideró como una buena metodología de aprendizaje.

A través de los años se han ido implementando metodologías educativas innovadoras como un complemento o una alternativa al método tradicional como plantearon Chopra., O'Connor, Pancho, Chrzanowski & Sandi (2017) en el artículo “Reform in a general chemistry laboratory: how do students experience change in the instructional approach?”, que mediante un análisis utilizando un enfoque fenomenológico. Ellos estudiaron un grupo de estudiantes que estuvieron expuestos a dos ambientes de laboratorio de química general sustancialmente diferentes. Al pasar de un método tradicional a uno menos tradicional, gracias a la implementación de diez vectores de cambio para fin de este estudio. Concluyeron que el diseño del segundo ambiente promovió la potencialización de la educación experimental y los estudiantes ampliaron su comprensión en el laboratorio de química general.

Por su parte, Reyes, Cafaggi, & Llano. (2019) en el artículo “Evaluación y aprendizaje basado en habilidades de pensamiento en un curso de laboratorio de química general” mostró un instrumento de aprendizaje y evaluación para contextos educativos en el laboratorio de química, destacando la importancia de los laboratorios de química general como entorno para el desarrollo de las habilidades del pensamiento de orden superior, de orden inferior y químico para potenciar en los alumnos la capacidad de resolución de problemas y ser profesionales de calidad.

Santos (2020) sugirió en su tesis doctoral “La enseñanza de la química basada en contexto como elemento motivador en el Laboratorio de Química General I: un estudio de caso a nivel universitario”, la implementación de la Química Basada en Contexto (QBC) como modelo para contribuir en la motivación y desarrollo de interés en los estudiantes por el laboratorio, mediante

la recopilación de datos de la observación no participativa, grupo focal, entrevistas y el análisis de documentos, evidenció la efectividad de este modelo al promover la enseñanza de la química general con contenido social y tecnológico en contextos de la vida diaria.

#### Antecedentes nacionales

En Costa Rica se han realizado estudios enfocados al aprendizaje en Química General por parte de la Universidad de Costa Rica, según Loría (2013) en su artículo “La evaluación de los aprendizajes en la sección de química general de la Escuela de Química, de la Universidad de Costa Rica” el objetivo principal de la Sección de Química General es contribuir a que los estudiantes de Farmacia, como de otras carreras, cuenten con buenas actitudes, conocimientos, habilidades y destrezas en la Química Moderna para ello han utilizado el proceso didáctico tradicional, centrado en contenidos que el docente dirige, por lo que la mayoría de los estudiantes asumen un rol pasivo.

Así mismo Loría (2013) manifiesta que este responde a un esquema de enseñanza fundamentado en el autoritarismo y el paternalismo, presentando una clara estructura vertical de mando que no genera un adecuado proceso de aprendizaje y lleva al fracaso de los estudiantes, pues se debe establecer un proceso más dinámico para lograr que el estudiante madure los conocimientos y obtenga una apropiación debida de la materia. Por ello, recomienda como actividad esencial de los cursos de Química General que los laboratorios procuren la relación de la práctica con la teoría siempre de manera coordinada, como también diseñar los cursos con base en el constructivismo para promover la participación del estudiante al relacionar el aprendizaje con su entorno natural y sociocultural.

Por otra parte, en un estudio realizado recientemente por Valverde & Elizondo (2017) llamado: “Experiencia de aprendizaje en la transmisión de conocimientos teóricos y prácticos de una evaluación formativa en laboratorios de química” se concluye que las estrategias empleadas en diversos laboratorios de Química posee buena aceptación por parte de los estudiantes puesto que se refleja en las altas tasas de aprobación.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### Química

Desde el inicio de su existencia la especie humana ha ido transformando la materia para su beneficio, ha tomado provecho de los fenómenos químicos para subsistir y mejorar su condición de vida, inicialmente se utilizaban los recursos brindados por la tierra que se encontraba a su alcance, transformándolos en procesos cada vez más complejos con el desarrollo de las sociedades humanas, estos procesos aplicaban la química aún y no se le conociera con este nombre (Santos, 2010).

Se le puede atribuir el origen del término química a la palabra griega, *chemia*, palabra relacionada con la metalurgia y que significaba fusión o colada de un metal, este término fue empleado hasta el año 300 d.C. aproximadamente; sin embargo, fue hasta el siglo XVII en el que se introduce el razonamiento en la interpretación de los fenómenos químicos, con figuras como la de Boyle, quien fuese el principal personaje con el que se inicia esta transición llamada química precientífica y Lavoisier, protagonista en la revolución química. La revolución química se da como resultado de las investigaciones llevadas a cabo con gran cantidad de sustancias que pertenecían al grupo de los minerales, en el siglo XIX se integra al mundo orgánico como parte de la química. (Santos, 2010).

Aunque la química alcanzó carácter científico después de otras disciplinas como la física, la astronomía o la fisiología, y se presentó con un retraso de más de cien años con respecto a las otras ciencias, debido a la carencia de lenguaje químico común y sistematizado, a la carencia de una clasificación y a la complejidad en los procesos químicos, sus técnicas e instrumentos; en el siglo XIX se empezó a considerar una ciencia de moda en la sociedad pues proporcionaba muchas sustancias que facilitaban la vida de las personas (Santos, 2010).

Es así que la química se define como la ciencia que estudia la composición, estructura y propiedades de las sustancias materiales, de sus interacciones y de los efectos producidos sobre ellas al añadir o extraer energía en cualquiera de sus formas. También incluye la relación de la Química con el ambiente, los fenómenos naturales y con otras ciencias afines como la física y la biología. (Brown, T., LeMay, H., Bursten, B., & Burdge, J. 2012).

Es a veces conocida como “la ciencia central”, porque se basa en otras, como las matemáticas y, muy especialmente, la física, y es fundamental para nuevas áreas del saber, como la biotecnología, la toxicología, la ciencia de los alimentos, las ciencias medioambientales, la ciencia de los materiales, las ciencias agrícolas, la veterinaria, la medicina o áreas más específicas como la síntesis de nuevos medicamentos. En todas estas ciencias se usan conceptos y métodos de la química (basados en el empleo y manipulación de moléculas) para estudiar fenómenos y/o generar productos de consumo (Pinto, G. Rivero, C ,2014).

### **Clasificación de la Química**

La química comprende un amplio número de ramas, las principales que se detallarán a continuación son las siguientes: la química inorgánica, química orgánica, química analítica, bioquímica, fisicoquímica y la química general.

#### **Química inorgánica**

La química inorgánica se encarga del estudio integrado de la formación, composición, estructura y reacción química de los elementos y compuestos inorgánicos, es decir de aquellos en los cuales las moléculas no cuentan con una base de carbono (Alcalde, 2016).

Entre estos compuestos se encuentran:

- Todos los de la tabla periódica, incluido el carbono.

- Los compuestos que no contienen carbono, entre ellos el agua, el vidrio, los minerales, las piedras preciosas, entre otras.
- Algunos compuestos que contiene carbono como los ácidos carbónico y carbonoso, sus anhídridos (óxidos no metálicos), las sales de estos ácidos (carbonatos y carbonitos) y los cianuros.
- Las mezclas como el aire, la arena y las aleaciones.
- Los productos de uso común como focos, lámparas de halógeno y líquidos de limpieza, diversos medicamentos y alimentos que contienen en sus formulaciones compuestos de esta naturaleza (Gutiérrez & López, ,2012).

La química inorgánica ha sido una de las ramas más dinámicas de esa ciencia especialmente desde 1950, gracias a su impacto a nivel económico por la fabricación de productos químicos a gran escala (ácido sulfúrico, ácido fosfórico, fertilizantes, etc.), así como el aprovechamiento de materias primas como los silicatos para la obtención de vidrio y materiales cerámicos, además del enriquecimiento de metales por métodos hidrometalúrgicos, la síntesis de catalizadores homogéneos y heterogéneos. Preparación de flúor, fósforo y la utilización de nuevos métodos de síntesis de compuestos inorgánicos con propiedades especiales (Chang & Goldsby, 2017).

## Química orgánica

La química orgánica es la disciplina de la química de los compuestos de carbono, estudia la naturaleza y reactividad de todas aquellas sustancias que contienen este elemento representativo. Adicional al carbono, los compuestos orgánicos contienen otros elementos de los cuales se destacan el hidrógeno, el nitrógeno, el oxígeno y en menor abundancia el azufre, el fósforo, el boro y metales como magnesio, hierro, etc. (Paredes, Yates & Zuluaga, 2011).

También los halógenos son parte importante en la química de los compuestos orgánicos, y los podemos encontrar en moléculas pequeñas como en el cloroformo ( $\text{CHCl}_3$ ) o en el

tetracloruro de carbono ( $\text{CCl}_4$ ), considerados compuestos orgánicos debido a que provienen de la halogenación de alcanos, o bien, en fármacos y pesticidas. (Brito, 2008).

El término orgánico significa “derivado de los organismos vivos”, en un principio la ciencia de la química orgánica se encargaba del estudio de los compuestos extraídos de organismos vivos y de sus productos naturales, como el azúcar, la urea y el almidón. Sin embargo, a través del tiempo, se han podido sintetizar muchos compuestos orgánicos partiendo de compuestos inorgánicos; en 1828 el químico alemán Friedrich Wöhler transformó al cianato de amonio, formado a partir de amoníaco y ácido cianico en urea al calentarlo en ausencia de oxígeno, transformando el concepto que se tenía de química orgánica. Al día de hoy se han sintetizado más de diez millones de compuestos orgánicos (Wade, 2012).

Los seres humanos estamos formados de moléculas orgánicas, las proteínas de nuestra piel, los lípidos, las membranas celulares, el ADN son compuestos orgánicos, además nos nutrimos con compuestos orgánicos de los alimentos. La química orgánica es parte fundamental de la química, y juega un papel prioritario en áreas como la farmacéutica, agrícola-alimenticia, de polímeros y, más recientemente, la biomédica, ambiental y biotecnológica. Por ejemplo, en el área farmacéutica sólo algunas sales, como el antitumoral cisplatino, son de tipo no orgánico pues prácticamente la totalidad de fármacos son de naturaleza orgánica, obtenida a partir de fuentes naturales, por síntesis química, microorganismos o por combinación de éstos (Wade, 2012).

## Química analítica

La Química analítica es la rama de la Química que tiene como finalidad el estudio de la composición química de un material o muestra, mediante diferentes métodos; se ocupa de separar, identificar y determinar la composición relativa de cualquier muestra de materia. Se divide en Química analítica cuantitativa que establece la cantidad relativa de una o más de estas especies, o analitos en términos numéricos y en Química analítica cualitativa, la cual identifica químicamente las especies que hay en la muestra (Caballero, 2013).

Dentro de la Química Analítica también se incluye el análisis químico que es la parte práctica que aplica los métodos de análisis para resolver problemas relativos a la composición y naturaleza química de la materia. Para poder realizar el análisis cuantitativo es necesario contar primero con información cualitativa. Tanto el análisis cualitativo como el cuantitativo precisan de una fase de separación (López, 2010).

Para la realización de un análisis cuantitativo existen etapas básicas para la solución de un problema analítico, estas consisten en:

- La recolección de una muestra representativa.
- La medida de la muestra para el análisis.
- La preparación de la muestra para el análisis.
- Pretratamiento de la muestra.
- El análisis usando métodos apropiados.

Los resultados de un análisis cuantitativo típico se calculan a través de dos medidas, la primera es determinar el peso o volumen de la muestra a analizar y la segunda es la medida de una cantidad que es proporcional a la cantidad de analito que hay en la muestra.

La Química Analítica ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de la ciencia, su gran importancia ha propiciado que sea cultivada de forma constante desde los inicios de la historia de la Química. La relación de la Química Analítica no se reduce simplemente a otras ramas de la química, sino a otras muchas ciencias. Asimismo, la naturaleza interdisciplinaria del análisis químico le convierte en una herramienta vital en laboratorios médicos, industriales, académicos y gubernamentales (Campillo, 2011).

## Fisicoquímica

Como indica González, Toledo & Bustamante (2019) la fisicoquímica estudia la materia y sus diferentes manifestaciones, en este sentido, la materia tiene masa y energía, pues ambas son expresiones de la materia. El objetivo de la Fisicoquímica es la modelización de contenidos

específicos, pero también es el desarrollo de estrategias teóricas que mediante la creación de entes y procesos puedan justificar hechos macroscópicos y experimentales; y es también el proceso para encontrar argumentos matemáticos que los interpreten.

En términos generales los objetivos de la fisicoquímica pretenden estudiar los principios que gobiernan las propiedades y el comportamiento a nivel macroscópico y microscópico de los sistemas de interés en el campo de las ciencias químicas y biológicas; además de los procesos a nivel mesoscópico, esto es, aquellos sistemas que se encuentra en la interfase comprendida entre los niveles macroscópico y microscópico. Además de desarrollar e interpretar las modernas técnicas empleadas para determinar la estructura y propiedades de la materia; fundamentar y establecer las bases de los desarrollos analíticos y tecnológicos (Katz, 2017).

Los temas de Fisicoquímica interesan a quienes estudian medicina, biología, botánica, ingeniería, medioambiente, cosmética, desarrollo de nuevos medicamentos, de nuevos materiales, etc. La enseñanza de la fisicoquímica en un curso básico se sustenta en tres temas: el estado de equilibrio de los sistemas materiales y el análisis de las variables macroscópicas y los factores termodinámicos que lo afectan, el comportamiento de los sistemas cuando se le aparta del equilibrio y el conocimiento de la estructura de la materia para describir la forma en que átomos y moléculas, a través de sus propiedades moleculares, determinan el comportamiento del estado de equilibrio, los fenómenos de transporte y la cinética química.

Es así que la fisicoquímica se divide en cuatro áreas principales: termodinámica, química cuántica, termodinámica estadística y cinética. La construcción de la fisicoquímica requiere de una serie de herramientas propias de la física, matemática y sin lugar a dudas de la química, razón de ser de la disciplina. (Capparelli, 2013).

## Bioquímica

La Bioquímica constituye una disciplina que junto con la Química Orgánica permiten o facilitan sentar las bases para la comprensión de los fenómenos que ocurren en los

microorganismos y su papel en los procesos bioquímicos, el prefijo bio procede de *bios*, término griego que significa “vida”. Se puede definir la Bioquímica como la ciencia que estudia los procesos químicos que tienen lugar en los seres vivos (Muller, 2020).

Su objetivo principal es el conocimiento de la estructura y comportamiento de las moléculas biológicas, compuestos de carbono que forman las diversas partes de la célula y llevan a cabo las reacciones químicas que le permiten crecer, alimentarse, reproducirse, usar y almacenar energía, para lograr este objetivo, los bioquímicos han buscado aislar las numerosas moléculas que se encuentran en las células, determinar su estructura y analizar cómo funcionan para ello se han usado muchas técnicas para estos propósitos (Muller, 2020).

Se ha aprendido mucho sobre cómo manipulan la energía y la información diversos organismos. Sin embargo, uno de los resultados más destacados de la investigación bioquímica ha sido la comprobación de que, desde el punto de vista bioquímico, todos los organismos tienen mucho en común, a nivel molecular, los organismos son excepcionalmente uniformes.

Más detalladamente se puede decir que los objetivos de la Bioquímica consisten en estudiar: la composición química de los seres vivos (las biomoléculas), las relaciones que se establecen entre dichos componentes (interacciones), sus transformaciones en los seres vivos (metabolismo) y la regulación de dichos procesos (fisiología) (Berg, Tymoczko, y Stryer, 2014).

Según los aspectos tratados, la Bioquímica se puede dividir en tres grandes apartados:

a) Bioquímica estructural: estudia la composición, conformación, configuración y estructura de las moléculas de la materia viva, relacionándolas con su función biológica.

b) Bioquímica metabólica o metabolismo: estudia las transformaciones, funciones y reacciones químicas que sufren o llevan a cabo las moléculas de la materia viva, así como los mecanismos de regulación de esas transformaciones.

c) Biología molecular o genética molecular: estudia la química de los procesos y las estructuras de las moléculas implicadas en el almacenamiento, la transmisión y la expresión de información genética, así como los mecanismos que los regulan (Simes,2020).

## **Química General**

La revisión de la química general contiene un panorama general de la estructura atómica, las configuraciones de electrones atómicos, la tabla periódica, los enlaces químicos, la teoría del enlace de valencia, los tipos de reacción química, la cinética de reacción y las constantes de equilibrio (McKee & McKee, 2020).

La química general tiene como objeto el estudio de los conceptos, leyes y teorías relacionadas con la estructura y cambios que experimentan las sustancias del mundo material, siendo, por consiguiente, una disciplina que suministra conocimientos básicos sobre los compuestos con los que se relacionara el futuro profesional (Tortajada, 2014).

La sustancia química es el tema inicial que se trata y se aborda desde el punto de vista de su composición y de la relación de esta con algunas de sus propiedades físicas. El estudio de las mezclas incide especialmente en las disoluciones acuosas; se insiste en las formas de expresar su composición y se analizan los factores energéticos involucrados en el proceso de disolución, que influyen en la solubilidad. La reacción química se analiza desde el punto de vista estructural, termodinámico, cinético (Rodríguez, Molina, Martínez & Molina, 2014).

### **Química General Aplicada a Farmacia**

En el proceso formativo universitario, el currículo base de la carrera Licenciatura en Farmacia se incluye la asignatura Química General, la que aborda contenidos específicos que sirven de sustento y son imprescindibles para el desempeño profesional del estudiante, en tanto contempla elementos de carácter instructivo, educativo y desarrollador. Se diseña con el objetivo

de consolidar y profundizar en los contenidos básicos que le permitan un crecimiento en su futura labor profesional (Piñeiro, 2021).

El curso de Química General proporciona una base científica sólida que le permitirá al alumno desarrollarse y desenvolverse en la práctica clínica y científica. La química general está íntimamente relacionada con el campo Farmacéutico, en un espectro de actividades vinculadas con la investigación, la elaboración, el control y la dispensación de productos farmacéuticos como: medicamentos, cosméticos, productos biomédicos, alimentos dietéticos y otros productos, aplicados al cuidado de la salud como el alivio y la curación de enfermedades. Para los estudiantes de la escuela de farmacia, la Química es una herramienta indispensable para su formación profesional, ya que la mayoría de las asignaturas tienen que ver de algún modo con química.

### **Laboratorios de Química**

La implementación de las prácticas de laboratorio implica un proceso de enseñanza-aprendizaje facilitado y regulado por el docente, el cual debe organizar temporal y espacialmente ambientes de aprendizaje para ejecutar etapas estrechamente relacionadas que le permitan a los estudiantes, realizar acciones psicomotoras y sociales a través del trabajo colaborativo, establecer comunicación entre las diversas fuentes de información, interactuar con equipos e instrumentos y abordar la solución de los problemas desde un enfoque interdisciplinar-profesional (Espinosa, González & Hernández, 2016).

Estos laboratorios brindan a los estudiantes la posibilidad de entender cómo se construye el conocimiento dentro de una comunidad científica, cómo trabajan los científicos, cómo llegan a acuerdos y cómo reconocen desacuerdos, qué valores mueven la ciencia, cómo se relaciona la ciencia con la sociedad, con la cultura. En síntesis, el laboratorio aporta a la construcción en el estudiante de cierta visión sobre la ciencia, en la cual ellos pueden entender que acceder a la ciencia no es imposible y, además, que la ciencia no es infalible y que depende de otros factores o intereses (sociales, políticos, económicos y culturales) (Rua & Alzate, 2012).

Es por ello que el experimento químico con carácter docente debe brindar a los estudiantes la posibilidad de desarrollar una actividad cognoscitiva que los convierta en investigadores, en las que puedan descubrir fenómenos, aparejado a lo cual deben desarrollar habilidades tanto teóricas como eminentemente experimentales, asociadas a esa actividad (Mancebo, Moreno & Guzmán 2018).

### Importancia del Laboratorio de Química

Las prácticas de laboratorio son trascendentales para lograr la construcción del conocimiento científico; los laboratorios de química propician el ambiente adecuado para que el estudiante se postule como un pequeño investigador que se está iniciando en el largo camino que ofrece el mundo de las ciencias; al descubrir en ellas un nuevo portal que les permite llegar al conocimiento. Desde esta visión se fundamenta que en el pensar, comunicar, proponer, construir y aprender haciendo, se les permita la creatividad e imaginación a los estudiantes, para que se vayan preparando ante las necesidades de la sociedad, que los requiere cada vez más comprometidos y capaces de poder idear cualquier alternativa innovadora para dar solución a las problemáticas que surgen constantemente. (Espinosa, González & Hernández, 2016).

Aunado a ello, el experimento químico en docencia posee un papel decisivo en determinados aspectos del proceso de enseñanza de esta ciencia:

- Como fuente de conocimiento.
- Como medio necesario y en ocasiones único para demostrar la validez o no de las hipótesis.
- Como uno de los medios fundamentales para la formación de habilidades y hábitos en esta ciencia.
- Como medio para formar intereses en los alumnos hacia el estudio de las ciencias, desarrollando en ellos el carácter observador, la curiosidad, la iniciativa, la laboriosidad, la creatividad y las aspiraciones para perfeccionar los conocimientos teóricos (Hernández, Machado, Martínez, Gómez & Flint, 2018).

## Laboratorios de Química en Farmacia

Los cursos de química para la carrera de Farmacia forman parte esencial del proceso de formación, pues ofrecen la ventaja al estudiante de adquirir una visión general de todos los procesos por los que un medicamento transcurre desde su origen como posible molécula con efecto terapéutico hasta la consolidación como una forma farmacéutica específica.

Los laboratorios de química permiten a los estudiantes familiarizarse con los ambientes en los cuales van a desempeñarse como profesionales como lo son: la gestión y supervisión para que las materias primas adquiridas en un laboratorio farmacéutico para que cumplan con las especificaciones de calidad establecidas en las farmacopeas, la elaboración de metodologías, técnicas y procedimientos de productos a desarrollar así como de diversas funciones requeridas en el área de Farmacia Industrial, Control de Calidad y en alguna medida en el área clínica.

Estos laboratorios pretenden desarrollar destrezas en el manejo de equipo de laboratorio, mejorar la comprensión de los temas estudiados en los cursos de química general mediante la realización de experiencias prácticas, además de fomentar una serie de competencias, habilidades y conocimientos esenciales para el éxito en los cursos superiores de la carrera (Pires & Cavaco,2019).

### **Aprendizaje**

Este concepto es parte de la estructura de la educación, por tanto, la educación comprende el sistema de aprendizaje. Es la acción de instruirse en un tiempo generalmente prolongado. También, es el proceso por el cual una persona es entrenada para dar una solución a situaciones; tal mecanismo va desde la adquisición de datos hasta la forma más compleja de recopilar y organizar la información. El aprendizaje tiene una importancia fundamental para el hombre, ya que, cuando nace, se halla desprovisto de medios de adaptación intelectuales y motores (Belandó, 2017).

En consecuencia, durante los primeros años de vida, el aprendizaje es un proceso automático con poca participación de la voluntad, después el componente voluntario adquiere

mayor importancia (aprender a leer, aprender conceptos, etc.), dándose un reflejo condicionado, es decir, una relación asociativa entre respuesta y estímulo (Belando, 2017).

Se puede definir como un cambio de comportamiento relativamente permanente que se produce como resultado de una experiencia o práctica. Para asegurar un aprendizaje efectivo se deben considerar varios aspectos como:

- Las necesidades del alumno.
- La preparación para aprender.
- La situación, esta determina la calidad y la velocidad del aprendizaje.
- Interacción del estudiante con sus necesidades y metas.

Tal como lo expresa Saez (2018) el aprendizaje varía en función de su eficacia, por ello es de gran importancia tomar en cuenta las condiciones para el mismo, como lo son:

**Motivación:** el aprendizaje no solo debe ir en función de las necesidades del alumno, sino es necesaria una fuerte motivación que aumente el interés y la continuidad en el proceso.

**Seguridad psicológica:** para un aprendizaje efectivo se debe asegurar la participación del estudiante, para ello debe sentirse seguro y en un ambiente que estimule las posibilidades de aprender.

**Experimentación:** el estudiante debe exponerse a la situación de aprendizaje que le permita explorar, interactuar, hacer.

**Retroalimentación:** al aportar información sobre su progreso el estudiante aprende más rápido y se siente comprometido.

**Práctica:** el docente debe planificar situaciones de aprendizaje que lo lleven a la práctica, de este modo este será más efectivo y significativo.

**Pertenencia:** reestructuración de la experiencia para que el alumno logre integrar y organizarlas.

**Integración:** que viene del perfeccionamiento del aprendizaje que tiene lugar en la mente y lo lleva a soluciones efectivas.

## Dominios del aprendizaje. Taxonomía de Bloom

La taxonomía de Bloom es una teoría diseñada por el doctor en Educación de la Universidad de Chicago Benjamín Bloom, en 1956, esta sirve para evaluar el nivel de conocimiento adquirido en un área o materia. Esto quiere decir que después de realizar un proceso de aprendizaje, el estudiante debe haber adquirido nuevas habilidades y conocimientos. Se identificaron tres Dominios de Actividades Educativas: el Cognitivo, el Afectivo el Psicomotor. El comité trabajó en los dos primeros, el Cognitivo y el Afectivo, pero no en el Psicomotor. Posteriormente otros autores desarrollaron este último dominio (Olivera, 2011).

### **Dominio cognitivo**

Este dominio incluye el conocimiento de contenido y el desarrollo de habilidades intelectuales. Este incluye el recuerdo o reconocimiento de hechos o conceptos específicos.

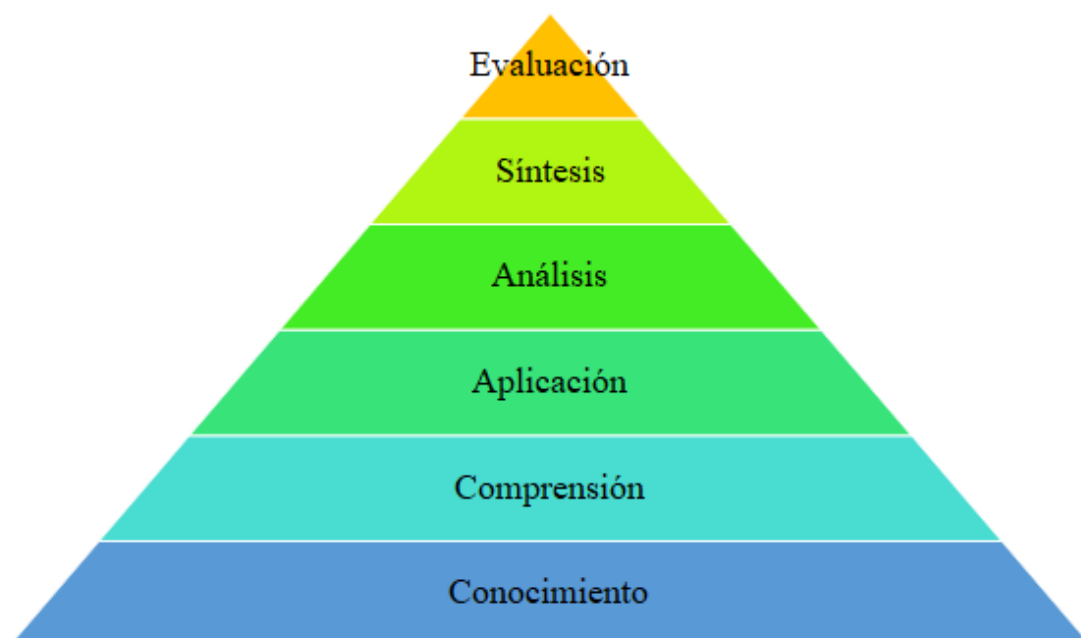
Las habilidades del conocimiento cognitivo son:

1. Reconocimiento: del conocimiento de material previamente aprendido, terminología, algún hecho específico, formas y medios de abordar especificidades y secuencias. Recordar la información apropiada previamente aprendida.
2. Comprensión: consiste en captar el sentido directo de una comunicación o de un fenómeno, como la comprensión de una orden escrita u oral, o la percepción de lo que ocurrió en cualquier hecho particular.
3. Aplicación: uso de la información previamente aprendida en situaciones nuevas y concretas para resolver problemas.
4. Análisis: implica la división de un todo en sus partes y la percepción del significado de las mismas en relación con el conjunto. El análisis comprende el análisis de elementos, de relaciones, etc.

5. Síntesis: habilidad para juntar elementos y partes para construir un todo nuevo, con sentido creador, a fin de que lleguen a construir un patrón o estructura que no se especifica.

6. Evaluación: juzgar el valor del material basado en valores/opiniones personales, resultando en un producto final, un propósito determinado, sin respuestas correctas o incorrectas (Oliviera, 2011)

**Figura 1. Taxonomía de Bloom. Dominio Cognitivo**



Fuente: Saez (2018).

### **Dominio afectivo**

El criterio que sirve de base para la discriminación de las categorías de los objetivos en el campo afectivo es el grado de interiorización que una actitud, valor o apreciación revela en la conducta de un mismo individuo. Los objetivos del campo afectivo se manifiestan a través de la

recepción, la respuesta, la valorización, la organización y la caracterización con un valor o un complejo de valores.

### **Dominio psicomotor**

Dentro de este dominio se clasifican fundamentalmente las destrezas. Estas son conductas que se realizan con precisión, exactitud, facilidad, economía de tiempo y esfuerzo. Las conductas del dominio psicomotriz pueden variar en frecuencia, energía y duración. La frecuencia indica el promedio o cantidad de veces que una persona ejecuta una conducta. La energía se refiere a la fuerza o potencia que una persona necesita para ejecutar la destreza, y la duración en el lapso durante el cual se realiza la conducta.

### **Estilo de aprendizaje**

Los estilos de aprendizaje son rasgos individuales caracterizados por habilidades auditivas, visuales y cinestésicas, su nivel de desarrollo depende de características hereditarias, experiencias pasadas y la influencia del medio ambiente. A partir de estos rasgos individuales, las personas despliegan estrategias para facilitar el aprendizaje y asimilar nuevos saberes. Estas estrategias se conocen como estilos de aprendizaje y optimizan los procesos mentales; además, aumentan la retención y la absorción de informaciones mediante patrones de procesamiento mental en cada estilo de aprendizaje (Fuentealba & Haltenhoff, 2019).

Uno de los principales objetivos de los estilos de aprendizaje es la configuración de una educación integral e incluyente que pueda abarcar las diferentes modalidades de estudio y preferencias de aprendizaje de los estudiantes. El conocimiento, estudio y divulgación de los estilos puede contribuir al mejoramiento del proceso de aprendizaje y del rendimiento académico (Puello, Hernández, Jaraba & Santana, 2019)

Según lo propuesto por Alonso, Gallego, & Honey (1995) a los estilos de aprendizaje se les puede clasificar en cuatro: activo, reflexivo, teórico y pragmático.

**Figura 2. Estilos de Aprendizaje.**

Fuente: Quintero, 2021.

#### Estilo activo

Es un estudiante que se orienta a la realización de nuevas tareas, lo motiva lo innovador, este se involucra plenamente y sin prejuicios en nuevas experiencias, es divergente. Es de mente abierta, crece ante los desafíos que suponen las nuevas experiencias, se aburre con largos plazos, le agrada el trabajo en grupo e involucrarse en los demás asuntos a su alrededor, así como en actividades. Se caracteriza por ser animador, improvisador, arriesgado y espontáneo.

El estilo activo denota a aquellos estudiantes o aprendices entusiastas que desean captar la mayor cantidad de conocimientos y aceptan los desafíos para obtener el aprendizaje (García, 2018).

#### Estilo reflexivo

Es un estudiante que busca realizar análisis con detenimiento y tomar decisiones evaluando los pros y contras. Hace una búsqueda constante de información que orienten sus

aprendizajes, reúne datos, los analiza con detenimiento antes de llegar a una conclusión. Son personas que les gusta considerar todas las alternativas posibles y les agrada observar, escuchar a los demás. Se caracteriza por ser: ponderado, concienzudo, receptivo, analítico y exhaustivo (Valencia, 2014).

#### Estilo teórico.

Es un estudiante que se caracteriza por un pensamiento literal, con afán de perfección, con búsqueda constante de comprensiones globales y totales de los contenidos. En estos estudiantes prevalece la racionalidad, la objetividad y analizan los problemas de forma escalonada y vertical por etapas lógicas. Estos son profundos en su sistema de pensamiento, a la hora de establecer principios, teorías y modelos. Este estudiante se caracteriza por ser metódico, lógico, objetivo, crítico y estructurado (García, 2018).

#### Estilo pragmático

Es un estudiante que busca con cada contenido hallar una aplicación práctica, siempre busca la utilidad de los aprendizajes. Este actúa rápidamente ante proyectos que le llamen la atención. Se caracteriza por ser experimentador, práctico, directo y eficaz (Valencia, 2014).

Es así que los estilos de aprendizaje se han asociado con el modo en que los estudiantes aprenden, los docentes enseñan y cómo estudiantes y docentes se relacionan en el proceso de enseñanza aprendizaje. El estudio de los estilos de aprendizaje ha de servir para que los profesores puedan diseñar conscientemente la docencia según las preferencias de estilos de aprendizaje. El docente que conoce los estilos de aprendizaje, evidencia eficiencia y eficacia en su desempeño, puesto que puede determinar mejor el uso de medios, recursos, técnicas y metodologías para promover aprendizajes de acuerdo con la individualidad, la personalidad y conforme al estilo de aprendizaje de sus estudiantes (Valencia, 2014).

## Enfoques del Aprendizaje

Los resultados de investigaciones han conceptualizado el enfoque de enseñanza desde dos perspectivas: uno, el enfoque de la enseñanza centrado en el profesor y dos, el enfoque de la enseñanza centrada en el estudiante; al mismo tiempo se ha identificado dos formas de entender la enseñanza: un énfasis en la transmisión o reproducción de información y otra buscando promover un cambio en el estilo de aprendizaje en el alumno. De igual forma, acerca de los enfoques de aprendizaje que desarrollan los estudiantes se han identificado dos formas para aprender: aquellos que buscan un aprendizaje superficial y memorístico y otros que buscan alcanzar un aprendizaje profundo y complejo; diferencias que surgen el propósito del estudio y la estrategia utilizada por el alumno (Clavería, 2018).

Por ende, para el proceso de aprendizaje es de vital importancia los motivos e intenciones de los alumnos, así como de lo que ya saben y de cómo utilizan sus conocimientos previos. En coherencia con lo anterior, y con el momento en que un estudiante afronta una tarea de aprendizaje, resulta necesario plantearse dos preguntas: ¿para qué realiza la tarea?, y ¿cómo la realiza?, en relación con la primer interrogante, surgen las motivaciones que impulsan al estudiante a realizarla de una u otra forma; en cuanto a la segunda interrogante, surgen las estrategias o rutas elegidas para llevarla a cabo; así motivación y estrategia son las dos variables que caracterizan el enfoque de aprendizaje adoptado por quien aprende (Soler, Cárdenas, & Hernández, 2018).

El enfoque superficial anteriormente mencionado va dirigido solo al cumplimiento mínimo de una tarea, no posibilita resultados de alta calidad; solo pone en marcha un aprendizaje simple, mecánico y memorístico. Por su parte, el enfoque profundo caracterizado por un alto interés y grado de implicación en lo que se está aprendiendo, está orientado a descubrir el significado de lo que se va a aprender, estableciendo relaciones con experiencias y conocimientos previos (Pérez, Valenzuela, Díaz, González & Núñez, 2011).

Además de los enfoques superficial y profundo, en la literatura especializada se admite un tercer enfoque, denominado enfoque estratégico o enfoque de logro. En este tercer enfoque, el alumno posee la intención de obtener el máximo rendimiento académico (calificación) y emplea como recursos la autodisciplina, la sistematización del esfuerzo, la planificación y organización adecuada de las actividades, así como la distribución eficaz del tiempo disponible. Dada su naturaleza, el enfoque estratégico o de logro puede vincularse a cualquiera de los dos enfoques clásicos (superficial o profundo) de acuerdo con el contexto particular de aprendizaje y el tipo de evaluación que se promueva en él (Herrera & Barriga, 2011).

**Tabla 1. Características de los Enfoques de Enseñanza**

| Enfoque superficial   | Enfoque profundo   | Enfoque logro   |
|---|--|---|
| Motivos, intenciones  |  |   |
| Motivación extrínseca.<br>Reproducir la información adquirida.<br>Evitar el fracaso pero sin trabajar demasiado.<br>Tiende a obtener las mínimas calificaciones posibles para aprobar.                                      | Motivación intrínseca.<br>Comprender, satisfacer la curiosidad y transformar la información en conocimiento.<br>El interés está en la propia materia que se estudia o en otros temas relacionados.             | Motivación intrínseca-extrínseca.<br>Competencia por los mejores resultados académicos y sobresalir.  |
| Estrategias   |  |   |
| Memorizar hechos y procedimientos rutinariamente.<br>Se asocian hechos y conceptos irreflexivamente.<br>Reproducción con precisión sin reflexión. Aprendizaje memorístico   | Relaciona ideas, argumenta y usa los datos para extraer conclusiones.<br>Conecta las ideas nuevas con los conocimientos y experiencias previas.<br>Se comprende lo que se aprende.                             | Gestión del tiempo, autodisciplina, sistematización y planificación y reflexividad.<br>Se centran en lo importante.<br>Optimizar la organización del tiempo y del esfuerzo.   |
| Resultados  |  |   |
| Conocimiento de hechos no relacionados y dificultad en encontrar el sentido a las nuevas ideas.<br>Sentimiento de tarea por imposición y aburrimiento en el aprendizaje.<br>Asociado con una enseñanza altamente directiva. | Conocimientos coherentes e integrados.<br>Satisfacción emocional ante el atractivo y reto que le ofrecen las tareas.<br>Requiere menor grado de estructura instruccional y menor apoyo de la enseñanza formal. | Elevadas calificaciones, buen aprendizaje.<br>Su exceso de celo les puede llevar a problemas físicos, emocionales y sociales.<br>Está menos relacionado con los factores personales y más con los situacionales.<br>Se relaciona con estructuras de apoyo instruccional, que enfatizan la competitividad. |

Fuente: López y López (2013).

Este paradigma de los enfoques del aprendizaje proporciona una estructura coherente para comprender y mejorar la calidad del aprendizaje del estudiante, y para estudiar el problema de la calidad de la educación superior. Generar conocimiento con base científica que permita visualizar cuáles son las disposiciones de estudiantes y docentes respecto al significado de participar de un proyecto educativo universitario al servicio de la calidad de las titulaciones que compromete.

### **Metodologías de aprendizaje**

El cambio del actual sistema universitario exige una revisión del trabajo experimental de laboratorio y de las metodologías para su desarrollo evitando que sean sólo una aplicación rutinaria de procedimientos a modo de receta, sino que favorezcan e impulsen la autonomía del alumno a la hora de aprender. Las diferencias entre los distintos modelos de enseñanza radican, en parte, en el tipo de procesos que los docentes seleccionan y en el grado de guía del profesor (Amo, Jareño, Lagos & Tobarra, 2014).

Las investigaciones sobre metodologías didácticas no han podido probar que una metodología sea mejor que el resto en los diferentes escenarios de enseñanza-aprendizaje; sin embargo, se deben considerar una combinación de factores para la eficacia de una metodología (Fortea, 2019)

Entre los diversos factores se puede mencionar:

- Resultados del aprendizaje u objetivos previstos (objetivos sencillos frente a complejos, conocimientos frente a destrezas y/o actitudes, etc.)
- Características del estudiante (conocimientos previos, capacidades, motivación, estilo de aprendizaje, etc.)
- Características del profesor (estilo docente, personalidad, capacidades docentes, motivación, creencias, etc.)
- Características de la materia a enseñar (área disciplinar, nivel de complejidad, carácter, etc.)
- Condiciones físicas y materiales (números de estudiantes, disposición del aula, disponibilidad de recursos, tiempo disponible, etc.)

Ante esta realidad no se puede indicar una metodología ideal, pues muchos de los factores indicados anteriormente son poco controlables e incluso inmodificables. No obstante, se puede señalar en general tres conclusiones:

- Todas las metodologías son equivalentes cuando se trata de hacer alcanzar objetivos como la adquisición de conocimiento.
- Las metodologías más centradas en el estudiante son más adecuadas para alcanzar la memorización a largo plazo, el desarrollo de pensamiento, motivación y transferencia del aprendizaje.
- La cantidad y calidad del trabajo intelectual del estudiante es mayormente atribuible al aprendizaje que la aplicación de ciertas metodologías.

Para clasificar las diversas metodologías Atkins & Brown (2002) proponen las diferentes metodologías de enseñanza en un continuo en el cual se encuentra de un lado la lección magistral mientras que en el lado opuesto se sitúa el estudio individual o autónomo, dicha orientación presenta los distintos grados de participación del profesor y el estudiante. Cabe señalar que incluso en cada uno de los extremos del continuo hay algo de control y participación por el profesor y por los alumnos; por ejemplo, en la lección magistral los estudiantes pueden elegir qué apuntes tomar o si hacen preguntas. El estudio autónomo de un alumno es influenciado por las sugerencias del profesor, los materiales y las tareas que se le han encomendado y los textos que se le han recomendado.

Con base en esta participación se puede clasificar las metodologías en dos: tradicionales (las que están centradas en el profesor, como en las clases magistrales) y modernas (las que se encuentran centradas en el alumno). Además, dicha clasificación se puede ampliar en tres categorías:

- Métodos basados en las distintas formas de exposiciones magistrales.
- Métodos orientados a la discusión y/o al trabajo en equipo (seminarios, estudio de caso, proyectos, enseñanza cooperativa).

- Métodos fundamentados en el aprendizaje individual o trabajo autónomo (contrato de aprendizaje, enseñanza a distancia, enseñanza programada, etc.).

### Criterios para seleccionar metodologías

Para la selección de cada metodología, Fernández (2006) indica cinco variables que debe tomar en cuenta el docente.

1. Los niveles de los objetivos cognitivos previstos, haciendo referencia a los propuestos en la taxonomía de Bloom según una complejidad creciente, siendo los tres niveles inferiores el conocimiento, la comprensión y la aplicación y los niveles superiores el análisis, la síntesis y la evaluación.

2. La capacidad de un método para propiciar un aprendizaje autónomo y continuo, se trata de la capacidad de un método para incitar a los estudiantes a adquirir y desarrollar determinadas habilidades de trabajo como lo son: la planificación de una tarea de aprendizaje y la verificación de su cumplimiento, clasificación de la información e identificación de los puntos importantes, organización del tiempo y distribución del esfuerzo, control de la calidad del trabajo personal, etc.

3. El grado de control ejercido por los estudiantes sobre su aprendizaje, este influye significativamente sobre la calidad del mismo, el control puede ejercerse sobre la naturaleza de los objetivos, el grado de profundización, el modo de asimilar los contenidos e incluso sobre la evaluación de los logros de los objetivos.

4. El número de alumnos a los que el método puede abarcar. Cuando mayor es el número de los estudiantes, existe menos posibilidad de interacción, de control, de supervisión individual o retroalimentación entre el profesor y los alumnos e inclusive entre estos últimos.

5. El número de horas de la preparación, de encuentros con los estudiantes y de correcciones que exige un método.

## **Descripción de las principales metodologías**

### **Aprendizaje colaborativo**

Rodríguez (2015) define el aprendizaje colaborativo como aquellas metodologías de aprendizaje que incentivan la colaboración entre individuos para conocer, compartir y ampliar la información que cada uno tiene sobre un tema.

Son elementos básicos:

La interdependencia positiva.

La interacción.

La contribución individual.

Las habilidades personales y de grupo.

Como ya se señalado, para que exista aprendizaje colaborativo todo el grupo en forma simultánea debe aportar ideas para llegar a la solución de un problema, y es la interacción de los integrantes del equipo la que conduce a la solución del problema propuesto. (Rodríguez, 2015).

El trabajo colaborativo empleado en las aulas universitaria resulta relevante y oportuno, por cuanto no sólo se logra que los estudiantes aprendan y generen conocimiento sobre aspectos de la disciplina que estudian, sino que también se da un gran aprendizaje humano. La actividad en grupos colaborativos, desarrolla el pensamiento reflexivo (también denominado multicausal) estimula la formulación de juicios, la identificación de valores, el desarrollo del respeto y la tolerancia por la opinión de los otros. (Pérez, 2017)

El aprendizaje, cuando se emplea el trabajo colaborativo, no surge espontáneamente; es decir, no se dan mecanismos cognitivos distintos, a los que se dan en la persona cuando el aprendizaje se produce individualmente; solamente asignando a los estudiantes tareas para realizar en grupo. Por lo tanto, no debe pensarse que la colaboración es el mecanismo que causa el aprendizaje; porque el aprendizaje, que se espera obtenga los miembros del grupo, sólo se dará

cuando se logre que la interacción sea de calidad, que propicie el intercambio de ideas y el encuentro con los otros (Pérez, 2017)

### **Aprendizaje cooperativo**

Se puede considerar como un método a utilizar o como una filosofía de trabajo, en ella los estudiantes trabajan divididos en pequeños grupos en actividades de aprendizaje y son evaluados de acuerdo a la productividad del grupo (Cañas, 2017).

Dentro de las ventajas se puede señalar que permite el desarrollo de competencias académicas y profesionales, habilidades interpersonales y de comunicación además de cambiar ciertas actitudes. Se recomienda para un trabajo adecuado que la formación de equipos, el diseño y las tareas o actividades a realizar sean claras, también es importante motivar a los estudiantes a la cooperación. Para el aprendizaje cooperativo es necesario aplicar la interdependencia, la exigibilidad individual y la reflexión en grupo (Fernández, 2006).

El aprendizaje cooperativo mejora la cantidad y calidad del trabajo, el dominio de procedimientos y conceptos con un desarrollo crítico y de orden superior, para el mismo se debe estar atento a que todos los estudiantes participen y evitar sobre liderazgos o que el estudiante eluda sus tareas.

### **El jigsaw**

Es una técnica de aprendizaje cooperativo en la que los estudiantes trabajan en pequeños grupos y se divide en secciones el material a estudiar de la siguiente manera:

1. Formación de grupos de trabajo donde se asigna un líder y los roles, se dividen los contenidos y se distribuye los materiales en cada grupo para investigar un tema en particular.
2. Preparación en pares donde se les pide a los estudiantes que se reúnan con otro experto de su grupo para aprender y convertirse en expertos en su parte del contenido.

3. Reunión de expertos, acá cada experto en un tema de cada grupo cooperativo se reúne en un grupo de expertos del mismo tema o por parejas.

4. Retorno al grupo original, los estudiantes regresan a su grupo para presentar la información recopilada en los grupos de expertos.

5. Tutorización del profesor, este participa como observador y colaborar.

6. Resultados y valoración, se debe de realizar una sesión de evaluación para determinar el grado de aprendizaje adquirido.

Con esta técnica los alumnos escuchan para aprender y son capaces de enseñar a otros, lograr tomar el conocimiento y presentarlo a nuevos oyentes (Saéñz, 2018)

En la siguiente tabla se puede establecer una serie de diferencias y similitudes con lo que concierne al aprendizaje colaborativo y cooperativo.

**Tabla 2. Diferencias y Similitudes entre Aprendizaje Colaborativo y Cooperativo**

| Diferencias   | Similitudes  |
|---|--|
| <p>El proceso está determinado por la participación del docente en las actividades. Si bien en ambos casos se recomienda que lo haga de forma activa, en el aprendizaje colaborativo se pide que sea en menor medida, por el tipo de estudiantes al que está orientada su aplicación.</p>   | <p>Ambos son realizados de manera colectiva (pero en grupos reducidos) con la coordinación y, a su vez, participación del docente.</p> |
| <p>BRUFFE (1995 apud BARKLEY y col., 2009, p. 19), hace referencia a que el aprendizaje cooperativo se refiere al trabajo conjunto en armonía para encontrar una solución común a las necesidades de los participantes. En contraparte, el aprendizaje colaborativo, está vinculado con el desarrollo de personas reflexivas, autónomas y críticas que puedan encontrar las alternativas para las situaciones que se les presenten.</p> | <p>Ambos se identifican dentro del modelo constructivista.</p>   |

|   |  |
|---|--|
| En relación a los planteamientos anteriores, el propio BRUFFEE considera el aprendizaje colaborativo más apropiado para los estudiantes universitarios y el cooperativo para los niños. |  |
| El aprendizaje cooperativo contribuye a la mejora de los aprendizajes individuales y, en consecuencia, los de los demás participantes.  | Para BRUFFEE (1995 apud BARKLEY y col., 2009, p. 19), el profesor no debe de identificarse como un evaluador que se encuentra al margen de la situación, sino que debe de verse como un miembro más que habrá de participar en el proceso de acercamiento al conocimiento que los alumnos están enfrentando. |

Fuente: Gómez (2014)

### **Aprendizaje orientado a proyectos (Project based Learning)**

En esta estrategia el producto del aprendizaje es un proyecto en torno al cual se articulan las actividades formativas, se recomienda su aplicación en cursos cuyo contenido lo integran diferentes áreas de conocimiento. Es importante definir claramente las habilidades, actitudes y valores que se pretenden estimular en el proyecto, se debe establecer un sistema para dar asesoría y seguimiento a lo largo del mismo (Fernández, 2006).

Dentro de las ventajas se puede indicar que desarrolla el autoaprendizaje de los estudiantes además de desarrollar el pensamiento creativo y el aprendizaje a través de la experiencia. Existen algunas variantes de esta metodología como lo son (Fortea, 2019):

**Work Based Learning (WBL) o “aprendizaje basado en entornos laborales”:** esta metodología consiste en la realización de un proyecto que dé respuesta o solución a un problema real propuesto desde una organización laboral (empresa, administración pública, etc.).

**Aprendizaje Servicio (APS):** el APS es una metodología pedagógica basada en una experiencia solidaria, a través de la cual, estudiantes, profesorado y miembros de una institución que presta un servicio social trabajan juntos para satisfacer una necesidad de una comunidad, a la vez que se aplican conocimientos y aprendizajes académicos (de forma que se desarrolla la responsabilidad social de los alumnos y del propio centro educativo).

**Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI) (Inquiry Based Learning -IBL- o Enquiry Based Learning -EBL-):** esta metodología consiste en que los estudiantes deben actuar como investigadores, a través de la puesta en práctica de actividades basadas en la búsqueda y el descubrimiento.

### **Contrato por aprendizaje**

Este método se establece como un acuerdo, donde se realiza una propuesta de trabajo autónomo entre el estudiante y el profesor, es recomendable el empleo de este método para cursos superiores donde se pretende dar el inicio de habilidades para la investigación, también para cursos donde los perfiles de los estudiantes sean muy diferentes.

Es recomendable establecer un protocolo en específico, los objetivos del aprendizaje, los recursos a utilizar y los criterios de evaluación, se debe negociar el protocolo y firmar un compromiso mutuo, donde se detalle el procedimiento de revisión del mismo durante y al final del proceso de aprendizaje. Esta clase de estrategia didáctica promueve el trabajo autónomo y responsable, favorece la madurez del estudiante y a la aplicación de habilidades comunicativas, interpersonales y organizativas.

### **Método de la conferencia/ lección magistral**

Se describe como una manera organizada de presentar la información con la cual se pretende activar la motivación y los procesos cognitivos, estimular la participación con el uso de preguntas y actividades. Se presenta como una estructura clara y que promueva una comunicación eficaz. Este método tiene un beneficio en cuanto a la exposición de temas difíciles, pues al presentar la información de forma organizada promueve el aprendizaje (Sáenz, 2018)

Este método explicativo está centrado en la exposición verbal generalmente realizado por el profesor de los contenidos sobre la materia de estudio, a través de este se puede transmitir una gran cantidad de información en un menor tiempo.

La conferencia se describe como un método centrado en el profesor que involucra la comunicación unidireccional y la transmisión de una buena cantidad de conocimiento a un gran número de personas a menudo se da el uso de ayudas audiovisuales. Para este tipo de método se debe considerar el estilo, los gestos, el contacto visual y la claridad de la expresión, así como el conocimiento profundo del tema a tratar para así captar la atención de estudiante (Saéz, 2018).

### **Método de demostración**

En este método de enseñanza el discurso es complementado con la demostración usando una variedad de ayudas que apoyan los sentidos auditivos y visuales. Los estudiantes observan cómo se hace para transferir información a una aplicación práctica (Lores & Matos, 2017).

La demostración de la lección es un modo de explicar varios pasos involucrados en el proceso, es bastante funcional para un número grande de estudiantes, este tipo de metodología deja un impacto en los estudiantes pues les permite ir descubriendo lo que va sucediendo, les ayuda a promover la autoconfianza y la concentración en detalles específicos de la teoría, el objetivo de este aprendizaje se centra en las habilidades.

Para una buena ejecución de este método se debe presentar un esquema claro de los pasos a seguir, que no tome mucho tiempo, que sea simple y eficaz. Es importante cerciorarse que todos los estudiantes puedan ver y escuchar, además de participar (Lores & Matos, 2017).

### **Estudio de casos**

En este método los alumnos analizan situaciones profesionales presentadas por el profesor, con el fin de llegar a una conceptualización experiencial y realizar la búsqueda de soluciones que sean eficaces, se logra promover el desarrollo de habilidades de análisis y síntesis, el contenido se vuelve más significativo para los estudiantes (Cañas, 2017)

Es útil para iniciar un proceso de discusión de un tema, para promover la investigación en determinados contenidos o para verificar los aprendizajes logrados, lo indicado al implementar esta metodología es presentar un caso bien elaborado y expuesto, que los estudiantes les quede claro la tarea.

### **Simulación y juego**

Mediante esta metodología se le proporciona al estudiante un marco donde se aprende de manera interactiva por medio de una experiencia viva, afronta una situación que tal vez en la vida real no esté preparado para superar, puede expresar sus sentimientos respecto al aprendizaje y experimentar con nuevas y procedimientos.

### **Aprendizaje basado en Problemas (ABP, Problem- Based Learning)**

Este tiene sus orígenes en la Escuela de Medicina en la Universidad Case Western Reserve en los Estados Unidos y en la Universidad McMaster en Canadá, en la década de los sesenta. En estos centros nació y se desarrolló este método con el objetivo de mejorar la calidad de la educación médica, cambiando de un programa basado en una colección de temas y lecciones magistrales del profesor, a otro integrado por problemas de la vida real, en los que confluyen diferentes áreas de conocimiento para dar solución al problema (Amo et al 2014).

El ABP es un método de enseñanza-aprendizaje acorde con los principios del constructivismo, entre los cuales se destaca:

- 1.La aproximación a una situación real surge de las relaciones con el medio.
- 2.El conflicto cognitivo al enfrentarse con cada situación nueva fomenta el aprendizaje.
- 3.El desarrollo del aprendizaje se produce mediante la identificación y aceptación de los procesos sociales y del análisis de las diferentes interpretaciones individuales.

Por lo tanto, el método ABP se basa en el planteamiento de un problema, preparado o seleccionado por el profesor y cuya resolución supondrá el desarrollo y adquisición de ciertas competencias previamente definidas. El ABP busca que el alumno comprenda y profundice

adecuadamente en la respuesta a los problemas que se le proponen y para aprender tendrá que abordar los diferentes aspectos que sean pertinentes en cada caso. No obstante, el objetivo de esta estrategia didáctica no se centra en resolver el problema sino en que éste sea utilizado como base para identificar los temas de aprendizaje para su estudio de manera independiente o grupal (Amo et al 2014).

Esta metodología de aprendizaje ha sido aplicada en laboratorios de Química General como en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas en Cuba, según lo indica Llanes, Molina, & Aguado (2020), donde a los estudiantes les resultó más sencillo escribir, balancear y reconocer la naturaleza de los procesos de oxidación-reducción, que describirlos y fundamentarlos, lográndose la integración en temas de compuestos inorgánicos, reacciones redox, seguridad en el trabajo de laboratorio, material de laboratorio, uso de balanzas y preparación de soluciones. Ellos consideraron que la innovación propuesta podría constituir un aporte válido para favorecer que los estudiantes aprendan a aprender.

La primera característica destacada de este método es que supone la inversión del proceso tradicional, es decir, en el ABP primero se presenta un problema que el alumno debe analizar, normalmente trabajando en grupos, y después se identifican los objetivos de aprendizaje y se selecciona la información necesaria antes de abordar su resolución. El planteamiento grupal del método ABP requiere que los estudiantes realicen una actividad autodirigida y que el trabajo se estructure dentro de un pequeño grupo para inducir a la colaboración de sus miembros en la resolución de un problema significativo y de cierta dificultad (Fortea, 2019).

La cooperación requerirá que el alumno exponga y argumente sus puntos de vista o soluciones y las debata con otros. Se trata, por tanto, de un método que implica una posición activa por parte del estudiante y que presenta evidentes ventajas en cuanto a la motivación del mismo, mientras que el profesor adoptará el rol de facilitador del conocimiento y no de transmisor directo del mismo. El rol que toma el alumno en la estrategia ABP es diferente al de la enseñanza tradicional, ya que interactúa directamente con los contenidos, trabaja en equipo con otros compañeros, es más activo a la hora de preguntar y obtener ayuda por parte del profesor y, lo más significativo, que tiene la responsabilidad de su propio aprendizaje donde se puede regular en nivel de profundización con base a los interés y capacidades de cada alumno (Fortea, 2019).

## **Aprendizaje a través del aula virtual**

Esta metodología de aprendizaje es la que se establece a través de un ordenador con conexión a la red la cual permite la comunicación entre el estudiante y el docente. Existen múltiples entornos ya diseñados no solo para colgar información sino para facilitar el aprendizaje constructivo.

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC), contribuyen al acceso universal de la educación, a la igualdad en la instrucción, al ejercicio de enseñanza-aprendizaje de calidad y al desarrollo profesional de los docentes, así como la gestión, dirección y administración más eficientes del sistema educativo (UNESCO, 2017).

El uso de las TIC como herramientas del proceso educativo, implica toda una cultura académica, en el campo de la didáctica, enmarcada dentro del conjunto sistemático de principios, normas, recursos y procedimientos específicos que todo profesor debe conocer y saber aplicar para orientar con seguridad a sus alumnos en el aprendizaje teniendo en cuenta los objetivos que se pretenden alcanzar, que implicarían, saber elegir, las herramientas adecuadas, las estrategias las adaptaciones de los materiales y recursos de acuerdo con los temas, la aplicabilidad de las mismas y todo aquello que conlleve a sacar el máximo provecho al entorno educativo donde se mueven los actores involucrados y del contexto donde se realiza el proceso ( Jaramillo, 2012).

## **Laboratorios virtuales**

Los laboratorios virtuales son sistemas informáticos que pretenden simular el ambiente de un laboratorio real y que mediante simulaciones interactivas permite desarrollar las prácticas de laboratorio. Estos sistemas informáticos ayudan al estudiante a desarrollar trabajos experimentales a distancia, es decir imitaciones digitales de prácticas de laboratorio facilitando la comprensión activa de conceptos básicos y la vinculación significativa de la teoría con la práctica.

### *Laboratorios virtuales en química*

Los programas informáticos pueden complementar los laboratorios reales para mejorar la enseñanza de la Química. Pueden tener diversos usos en los procesos de enseñanza y de aprendizaje y son una alternativa válida que brinda ventajas tales como:

- Posibilidad de trabajar en un ambiente de enseñanza e investigación protegido y seguro.
- Realizar un trabajo tanto individual como grupal y colaborativo con los estudiantes.
- Ofrecer a los estudiantes prácticas a menor costo.
- Poder reproducir los experimentos un número elevado de veces.
- Extender el concepto de laboratorio al aula e inclusive al domicilio de cada estudiante, a través del uso de una computadora.
- Ofrecen al estudiante una serie de elementos adicionales, como bloc de notas, calculadoras científicas y otros para resolver sus tareas.
- Permite grabar los procesos seguidos durante la realización de la práctica y obtener sus registros a fin de observarlos cuantas veces se requiera.
- Requiere una menor inversión de tiempo para la preparación de las experiencias y la recogida de los materiales (Cataldi, Dominighini, Chiarenza, & Lage, 2012).

De acuerdo con Arias (2012) existe una gran cantidad de alternativas de laboratorios virtuales para química, incluso algunos de acceso gratuito, a continuación, se menciona algunos ejemplos:

### *QuimiLab,*

El software de simulación QuimiLab constituye lo más avanzado en tecnología para acompañar a estudiantes y profesores en los cursos de Química de nivel secundario y universitario. Permite simular el ambiente de un laboratorio: mezclar, medir y experimentar tantas veces y en tantas formas como se desee. Los estudiantes pueden hacer el trabajo de laboratorio a su propio ritmo, experimentar, cometer errores y corregirlos, o simplemente comenzar nuevamente. De esta forma pueden actuar como científicos experimentando, aprendiendo y examinando nuevamente para probar sus hipótesis (Study labs room, 2021)

El estante de laboratorio viene completamente equipado con:

Vidriería: vasos de precipitados, matraces, tubos de ensayo, buretas, agua de grifo y hasta un calorímetro.

Instrumentación: equipo de medición: balanza, plato caliente, medidores de temperatura, presión, de pH y un espectrofotómetro.

Productos químicos: está disponible una amplia base de datos de compuestos químicos. Cada compuesto presenta sus propiedades para todas las fases incluyendo densidades, puntos de ebullición y de fusión, capacidades de calor, etc.

Reacciones: la base de datos de reacciones químicas contiene proporciones estequiométricas junto con condiciones requeridas, datos cinéticos y constantes de equilibrio.

Ofrece las siguientes herramientas para el profesor:

Herramienta para el diseño de actividades de laboratorio.

Biblioteca privada de experimentos.

Facilidades de exportación de un laboratorio creado de un computador a otro.

Botón que permite “publicar-quitara publicación” de ciertos laboratorios.

Seguimiento y evaluación de la actividad del estudiante.

Tutoriales de profesor.

Ayuda en línea en las versiones en red y en Internet.

También para el estudiante brinda herramientas como:

Posibilidad de ejecutar la simulación de laboratorio un número ilimitado de veces para recolectar datos repasar conceptos.

Cuaderno de apuntes.

Carpeta de trabajos del estudiante con simulaciones de laboratorio.

"Asistente" para la creación de informes de laboratorio.

Tutoriales amplios para estudiantes.

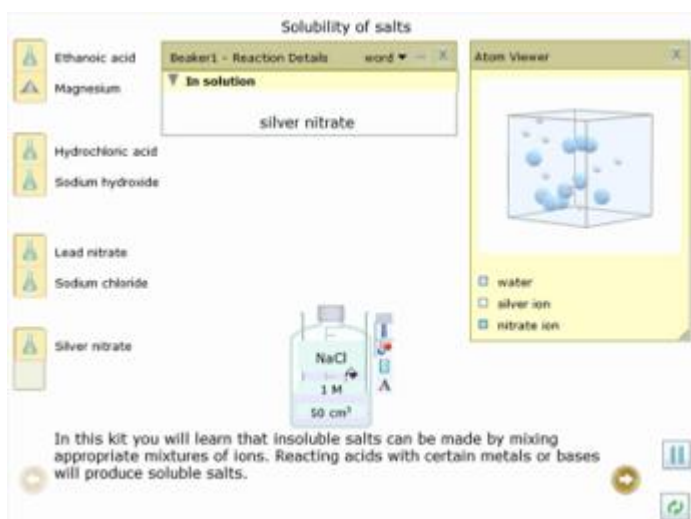
### *Crocodile Chemistry.*

Es un laboratorio virtual bastante completo con respecto a la cantidad de experimentos cargados, materiales y reactivos, presenta una gráfica avanzada y dinámica, los experimentos son emulados con realismo en el proceso. Contiene los siguientes elementos:

Electroquímica: experimentos con la electrólisis con un amplio abanico de electrodos y soluciones.

Química inorgánica: simulaciones con más de 100 productos químicos de forma sencilla y segura.

### **Figura 3. Experimento Solubilidad de Sales en Simulador de Cocodrille Chemistry**



Fuente: Yenka (2017)

### *VLab yQGenerator.*

Es un simulador que utiliza equipos y procedimientos estándares para simular los procesos que intervienen en un experimento o práctica.

Proporcionarán a los estudiantes el resultado de un experimento mediante los siguientes métodos:

Modelar el fenómeno físico mediante un conjunto de ecuaciones y realizar simulaciones para obtener el resultado del experimento en particular. Esto puede, en el mejor de los casos, proporcionar una versión aproximada del experimento del "mundo real".

Proporcionar datos medidos para experimentos de laboratorio virtuales correspondientes a los datos obtenidos previamente mediante mediciones en un sistema real.

Activar de forma remota un experimento en un laboratorio real y proporcionar al estudiante el resultado del experimento a través de la interfaz de la computadora. Esto implicaría realizar el experimento de laboratorio real de forma remota (Virtual labs, 2021).

#### *Virtual Chemistry Lab.*

Se trata de un laboratorio virtual, donde tiene diferentes ácidos y bases de concentraciones diferentes y el material de vidrio necesario para realizar experiencias con los mismos. Dispone de una serie de visualizadores que nos permiten ver las propiedades de la disolución, la temperatura y el pH en cada momento. Se puede usar "online", o también puede descargarse

Cuenta con una base de datos de reacciones, el programa ofrece varias herramientas como visualizador molecular, tabla periódica, tabla de solubilidad, tabla de actividad oxidante y relativa e incluso un glosario (Gobierno de Canarias, 2021)

## **Aprendizaje de la Química**

Diversas carreras universitarias cuentan con una asignatura de Química General en el primer año con el fin de proporcionar los fundamentos básicos que los alumnos requieren tanto durante sus estudios universitarios como a lo largo de su ejercicio profesional. Para el aprendizaje de estos conceptos y habilidades lo más conveniente es que el alumno haya adquirido conocimientos previos durante su formación en secundaria, sin embargo, en muchas ocasiones se accede al sistema universitario con las carencias para el desarrollo de estos conceptos y habilidades (Marín, 2012).

Los fundamentos didácticos que sustentan el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química, como parte de las ciencias naturales, se convierten en tendencias tales como: el desarrollo de la inteligencia más que la memoria; la relación de lo teórico con lo práctico experimental; el enriquecimiento de los recursos didácticos; la inclusión de estudios científicos; la formación y el desarrollo de posiciones correctas ante la vida, el medioambiente y la salud; la integración y la inclusión de contenidos conceptuales, procedimentales y valorativos como elementos enriquecedores del currículo de las ciencias, los que, en el caso específico de la química, se ajustan a las líneas directrices generales y específicas ( Avilés, 2017).

Para el aprendizaje de química se echa mano de los laboratorios, que son espacios diseñados para que los estudiantes interactúen y hagan interactuar entre sí a las sustancias, así como para que observen los fenómenos que ocurren, lo que promueve que tomen un rol activo en el proceso de aprendizaje. El trabajo experimental puede ser potencializado al crear más oportunidades para que los estudiantes argumenten sobre el propósito de la actividad, el significado de los datos que van recabando y las explicaciones que van construyendo (Reyes, Cafaggi & Llano, 2019).

Las prácticas de laboratorio deben promover la implementación de informes en los que se motive al estudiante a especificar el problema que plantea, las hipótesis realizadas, las variables que tuvo en cuenta, el diseño experimental que consideró, los resultados que obtuvo en el proceso

y las conclusiones, para que posteriormente haga una evaluación de todo el proceso y pueda llegar a la resolución del problema haciendo uso de criterios referidos al trabajo científico, que le permitan evidenciar la apropiación de los conocimientos y el desarrollo de las competencias necesarias para que pueda enfrentarse a un proceso de investigación. El informe de laboratorio es un ejercicio apropiado para articular la teoría y la práctica, así el estudiante reconoce la importancia del trabajo teórico en el aula (Rua & Alzate, 2012).

### **Aprendizaje por competencias**

El concepto competencia tiene sus primeras referencias en la Lingüística Generativa de Chomsky, desde donde se comprende la competencia como la posibilidad de comunicación (Tovar & Cárdenas, 2012). Según la Red Iberoamericana para el aseguramiento de la calidad en la Educación Superior una competencia es un conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas, que debe reunir un titulado para satisfacer plenamente las exigencias sociales. Cada competencia se construye a través de la combinación de estas habilidades cognitivas y prácticas, del conocimiento (incluyendo el conocimiento tácito), motivación, valores, actitudes, emociones y otros componentes sociales y conductuales (Forteza, 2019).

En el ámbito de la educación superior se ha diferenciado entre dos tipos de competencias:

- Competencias específicas, que son aquellas que se relacionan con áreas temáticas. Estas competencias son cruciales para cualquier título y/o profesión porque están específicamente relacionadas con el conocimiento concreto de un área temática y son las que caracterizan como “experto” o “capacitado” para un ejercicio profesional determinado. Algunas de estas competencias pueden compartirse entre profesiones y/o títulos, pero siempre será en un número reducido. (Forteza, 2019).

- Competencias genéricas, que son aquellas de carácter transversal que deben incluirse en cualquier título de un determinado nivel educativo. Obviamente este tipo de competencias son las más propias de niveles educativos de carácter general. (Fortea ,2019).

Desde diferentes espacios se ha identificado que la formación en competencias parece un desafío para la Educación Superior, en este modelo de enseñanza no solo es importante la comprensión del contenido de las diversas disciplinas, sino que también necesario para la adquisición de destrezas para desenvolverse en el área profesional.

Ante tal perspectiva, la educación superior cobra otro sentido, puesto que los procesos curriculares para la formación de profesionales deben sufrir grandes reformas, dentro de las cuales, es inminente transformar los tradicionales roles de los actores del proceso educativo pues ya los docentes universitarios no deben limitarse a la "transmisión" de información, sino orientar los procesos al desarrollo de habilidades, al cambio de actitudes, al aprendizaje de formas de aprender, a la contextualización de los conocimientos y a la transferencia de estas mismas alternativas a otros escenarios (Montero 2010 citado por Viera y Ramírez 2017).

Para ello es necesario que el modelo de formación por competencias cuente con un profesor que facilite el aprendizaje de los estudiantes y posea los conocimientos disciplinarios y las competencias pedagógicas para planificar y ejecutar una serie flexible de actividades didácticas diversas, adaptadas y centradas en sus estudiantes, con los cuales logre mantener interacciones motivadoras, abiertas y cercanas, conducentes al desarrollo de capacidades de autoaprendizaje y habilidades específicas y generales, las que son evaluadas formativamente y le permitan certificar el dominio de competencias que obtienen los educandos (Asún,, Zúñiga & Ayala, 2013).

Asún et al (2013) proponen un modelo de profesor indicado para el modelo de formación de competencias el cual se detalla a continuación:

**Tabla 3. Modelos del Profesor**

| Ámbito pedagógico                                | Profesor ideal para la pedagogía tradicional   | Profesor ideal para la formación por competencias                |
|--|--|--|
| <i>Planificación</i>                             | Rígida y orientada por contenidos y objetivos  | Flexible y orientada hacia las condiciones de los alumnos        |
| <i>Dominio disciplinario</i>                     | Sabio, con conocimientos exhaustivos           | Consultor experto capaz de seleccionar y significar              |
| <i>Didáctica</i>                                 | Centrada en clases magistrales informativas    | Centrada en múltiples técnicas adaptadas a los estudiantes       |
| <i>Actitud</i>                                   | Seriedad y fuerte implicación con el tema      | Pasión proyectada por el tema y la docencia                      |
| <i>Interacción con estudiantes</i>               | Basada en el respeto, pero distante            | Basada en el respeto, pero cercana, capaz de dialogar            |
| <i>Evaluación</i>                                | Centrada en la precisión de mediciones finales | Centrada en el proceso y de carácter formativo                   |
| <i>Resultados esperados</i>                      | Manejo de contenidos disciplinarios            | Desarrollo de competencias generales y específicas               |
| <i>Foco del proceso</i>                          | Capacidad del docente de enseñar               | Capacidad del estudiante de aprender, cada vez más autónomamente |
| <i>Complejidad de las exigencias pedagógicas</i> | Exigencias pedagógicas simples                 | Exigencias pedagógicas complejas                                 |

Fuente: Avilés, (2017).

El aprendizaje por competencias habla de conocimiento aplicado, por ende, el aprendizaje conductivista se queda corto, en su lugar el aprendizaje constructivista va más acorde con la naturaleza de este, de esta forma las exigencias del aprendizaje eficaz propuestas por este enfoque se caracterizan por ser un proceso constructivo, activo, contextualizado, social y reflexivo, es un aprender con sentido, aprendizaje significativo,

a partir de lo que se conoce y con tareas reales, que serán las garantías de un aprendizaje duradero ( Avilés, 2017).

En este nuevo enfoque, el protagonista del aprendizaje es el propio aprendiz. El papel del profesor es acompañar, guiar, evaluar, apoyar al aprendiz mientras sea necesario. El profesor va cediendo terreno a favor del alumno que va logrando autonomía e independencia en su aprendizaje. La tarea fundamental del profesor es enseñar al estudiante a aprender a aprender, ayudar al alumno en la creación de unas estructuras cognitivas o esquemas mentales que le permiten manejar la información disponible, filtrarla, codificarla, categorizarla, evaluarla, comprenderla y utilizarla pertinentemente. En definitiva, preguntarse cómo formar en competencias es preguntarse cómo organizar y gestionar los procesos de aprendizaje (Piñeiro, 2021).

### Desarrollo de competencias prácticas

La actual formación de profesionales exige perfiles con características como la posibilidad de organizar, planificar, prever y ejecutar procesos, a partir de conocimientos teóricos y operativos especializados, sobre contextos específicos. Sin duda alguna el trabajo práctico puede jugar un papel esencial en el aprendizaje comprensivo de las ciencias y de la naturaleza del conocimiento científico y en la promoción de competencias valoradas en egresados de carreras científico-tecnológicas (Piñeiro, 2021).

Existen distintas formas de clasificar los objetivos de los trabajos prácticos de laboratorio, se pueden agrupar en 5 categorías generales: para motivar, para enseñar las técnicas de laboratorio para intensificar el aprendizaje de los conocimientos científicos, para proporcionar una idea sobre el método científico y desarrollar la habilidad en su utilización y para promover «actitudes científicas», tales como la consideración de las ideas y sugerencias de otras personas, la objetividad y la buena disposición para no emitir juicios apresurados (Torregrosa, Blanco, Menargues & Guadarrama, 2012).

Sin embargo, estudios realizados analizando las guías de laboratorio de los cursos universitarios de química muestran que uno de los objetivos de mayor potencialidad de las prácticas de laboratorio, en el marco de la educación por competencias (aprender «qué habría que hacer para. . .»), no suele recibir la atención necesaria para que los estudiantes puedan alcanzar esta autonomía. De este modo, los trabajos prácticos siguen siendo un problema, desde el punto de vista didáctico (Viera, Ramírez & Fleisner, 2017).

La educación basada en competencias es un importante avance respecto de las tradicionales clasificaciones de contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) que son enseñados como comportamientos aislados. En la tabla 1 se consignan las distintas capacidades asociadas a diferentes competencias a promover en carreras científico-tecnológicas.

**Tabla 4 Capacidades Asociadas a las Diferentes Competencias a Promover en Carreras Científico-tecnológicas**

| Competencias                      | Capacidades Subyacentes   |
|-----------------------------------|---|
| Organización y toma de decisiones | Establecer prioridades frente a una actividad, programar el tiempo en el desarrollo de actividades, disponer adecuadamente de los recursos, identificar alternativas para la toma de decisiones (Tuning Educational Structures in Europe, 2003; Beltrán, 1987). |
| Destrezas manuales                | Conocer y manejar adecuadamente material e instrumental de laboratorio, utilizar técnicas elementales y aplicar normas de seguridad (Klopfer, 1975; De Pro Bueno, 1998).  |

|  |   |
|--|---|
| <p>Procedimientos y actitudes investigativas</p> | <p>Observar, identificar o reconocer un problema, identificar variables significativas y practicar el modelado, formular hipótesis, seleccionar y diseñar pruebas adecuadas para contrastación de hipótesis, utilizar estrategias básicas para la resolución de problemas, analizar datos cuali y cuantitativamente, establecer asociaciones entre la información disponible, mostrar una actitud crítica, razonar deductiva e inductivamente, evaluar y generar ideas, hipótesis y resultados, mostrar una actitud inquisitiva (Beltrán, 1987; Salinas, 1994; De Pro Bueno, 1998).</p> |
| <p>Comprensión conceptual.</p>                   | <p>Diferenciar e integrar conceptos y leyes, transferir los mismos a la resolución de situaciones problemáticas, comprender el significado que encierran las expresiones matemáticas, comprender el rol de los modelos y del modelado (Wainmaier, 2003; Salcedo Torres, 2004).</p>  |
| <p>Actitudes sociales</p>                        | <p>Trabajar en equipo, evitar conflictos interpersonales, ejercer el liderazgo, motivar a otros, adaptarse a los cambios, asumir responsabilidades sociales (Beltrán, 1987; Bioul, 2001; Salcedo Torres, 2004).</p>   |
| <p>Gestión de la información.</p>                | <p>Emplear el lenguaje específico de las disciplinas, buscar, seleccionar, organizar e interpretar información, así como comunicar la información en forma oral y escrita (Salinas, 1994; Salcedo Torres, 2004; Bioul, 2001; De Pro Bueno, 1998; Pozo y Gómez Crespo, 1998).</p>  |

Fuente: Ramírez, Viera y Wainmaier (2010)

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### Enfoque de la investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación cualitativa es un proceso que requiere de la recolección de datos sin medición numérica, mientras que para Pérez Serrano (2004), es un proceso sistemático, activo y riguroso de indagación dirigida. Por lo tanto, al tomar como referencia lo anteriormente citado, el presente trabajo de investigación tiene un enfoque cualitativo, según lo indica Hernández y Mendoza (2018) mediante el mismo se pretende comprender los fenómenos explorándolos desde la perspectiva de los participantes en su ambiente natural y en relación con el contexto, como se realizará al evaluar las metodologías puestas en práctica para el aprendizaje en los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia tanto de la Universidad Internacional de las Américas, así como de los referentes a nivel nacional e internacional que se tomarán en cuenta para establecer la relación entre metodologías. Un análisis cualitativo es el proceso de darle sentido, interpretación y teorización a datos interpretativos.

Pievi y Bravin (2009) expresan que los métodos cualitativos suelen resultar más apropiados para el campo educativo en general, basado en la práctica misma de la investigación, en tanto se proponen “superar la dicotomía o tensión teoría-práctica”, sirviendo esencialmente a objetivos transformadores de la realidad, a fin de modificar aspectos sustanciales como el proceso de producción y apropiación del conocimiento.

Para la investigación cualitativa es necesario una exhaustiva revisión de la literatura pues esta brinda las pautas necesarias para la construcción del marco de referencia, así como el apoyo para cada una de las fases de la investigación, pues facilita la información, los conceptos clave, así como los elementos que puedan facilitar la recolección de datos y el análisis de los mismos para entender mejor los resultados y profundizar en las interpretaciones.

Además, como parte de este enfoque es necesario una inmersión en el campo de estudio en el cual, al principio, se observa de forma más general el entorno; pero conforme transcurre la investigación, se centrará en ciertos aspectos de interés, cada vez más vinculados con el planteamiento del problema, este tipo de investigación al ser muy flexible se puede ir modificando.

### **Diseño de la investigación**

En lo que concierne al diseño de esta investigación, es documental o bibliográfico, pues es un proceso de investigación científica mediante el cual se recopila los conceptos con el propósito de obtener un conocimiento sistematizado. El objetivo es procesar los escritos principales sobre las metodologías de aprendizaje que se aplican en los laboratorios de las químicas generales I y II de la carrera de Farmacia tanto de la Universidad Internacional de las Américas, así como de los referentes a nivel nacional, Universidad de Costa Rica, como a nivel internacional. Esto teniendo en cuenta que el paradigma cualitativo busca comprender e interpretar la realidad más que analizarla y explicarla, en este contexto la investigación documental es la que mejor responde a esta expectativa (Gómez, 2010).

También se da la aplicación de ciertas técnicas cualitativas como la entrevista, que al capturarla y guardarla se convierte en un “documento” que contiene una gran cantidad de información, pues los datos recolectados en el campo nutren el desarrollo de la teoría del estudio (Méndez & Astudillo, 2008).

Como en todo proceso de investigación, la búsqueda de fuentes bibliográficas y documentales está estrechamente asociada a los objetivos de la investigación. El criterio fundamental para este trabajo de investigación bibliográfica y documental está dado por los objetivos específicos, en tanto delimitan cada una de las operaciones y procedimientos que se realicen para alcanzar el objetivo general del mismo (Méndez & Astudillo, 2008).

## Fuentes de información

Las fuentes de información son todo aquello que nos proporciona datos para reconstruir hechos y las bases del conocimiento, son un instrumento para el conocimiento, la búsqueda y el acceso de a la información. Existen diferentes fuentes de información, dependiendo del nivel de búsqueda están las primarias, secundarias o terciarias.

### Fuente primaria

Esta información es obtenida a través de las entrevistas realizadas a los expertos, es decir, a los profesores encargados de la sección de Química General de la carrera de Farmacia de las universidades que se toman como referencias a nivel nacional e internacional (tabla I), así como de la documentación relacionada a dichos cursos, como los programas, cronogramas, prácticas de laboratorio que forman parte de los cursos de Química General I y II de la Universidad Internacional de las Américas.

**Tabla 5. Expertos Entrevistados**

| Entrevistados   | Universidad   | Cargo   | Experiencia en docencia |
|---|---|---|-------------------------|
| M.sc. Hermes Alvarado Montero.<br>Profesor e Investigador   | Universidad de Costa Rica.  | Coordinador laboratorio de Química General I                      | 10 años                 |
| M.sc. Marina Morales Galicia<br>Profesora asociada "B"      | Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuatitlán. | Jefa del Departamento de Ciencias Químicas                        | 37 años                 |
| Dr. Antonio Doadrio Villarejo.<br>Catedrático Universitario | Universidad Complutense Madrid.   | Coordinador Química General e introducción al laboratorio Químico | 46 años                 |

Fuente : Quintero, 2021.

### Fuente secundaria

Las fuentes secundarias utilizadas son los libros relacionados con el tema de estudio, internet, artículos académicos, normativos, tesis, entre otros, los cuales serán consultados durante el periodo de setiembre del 2020- abril 2021, dentro de los criterios de inclusión se toman en cuenta los documentos en español e inglés, además se seleccionan artículos que presenten información relacionada con las palabras claves: laboratorio de Química General, metodología de aprendizaje en laboratorios, estudiantes carrera de Farmacia, los cuales deben tener una antigüedad máxima de 10 años, es decir son tomados en cuenta aquellos que se encuentren entre el año 2010 hasta el 2020. Como criterio de exclusión no se toman en cuenta documentos que sean más antiguos al periodo anteriormente mencionado y que sean de otros idiomas a los indicados.

### **Instrumento**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), “el instrumento es un recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos” (p.199), inicialmente mediante la observación de los cursos de laboratorio de Química General I y II de la carrera de farmacia de la UIA en el tercer cuatrimestre del 2020, se registra la información sin interferencia del investigador, se registran las acciones perceptibles en el contexto natural y las experiencias de los estudiantes como ocurren en su medio natural. Por otra parte, se contactará a profesionales docentes a cargo de la sección de los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de las universidades referentes y a través de entrevistas semiestructuradas donde se recopilará la información necesaria para cumplir con los objetivos de la investigación.

## Unidades de análisis

**Tabla 6. Matriz de Codificación**

| Objetivo  | Categoría                       | Definición conceptual  | Instrumento  |
|---|---------------------------------|--|--|
| Determinar las metodologías de enseñanza de los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas para conocer lo implementado en la actualidad y a partir de ello generar una propuesta acorde e innovadora que favorezca al estudiantado en su desarrollo académico. | Laboratorio de Química General. | El laboratorio de Química General es una actividad experimental que ayuda a contextualizar los problemas y cumple con los propósitos de internalizar conocimientos generales y específicos, adquirir destrezas técnicas y procedimentales además de desarrollar actitudes y competencias sociales. Es el tipo de clase que tiene como objetivos que los estudiantes adquieran las habilidades propias de la investigación científica; amplíen, profundicen, consoliden, generalicen y comprueben los fundamentos teóricos de la disciplina mediante la experimentación, empleando para ello los medios necesarios (Cañas, 2019). | 1.Observación participante en los laboratorios de Química General I y II para la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas.<br><br>2. Análisis de contenido de los documentos pertinentes a estos cursos, programas, cronogramas, prácticas. |

|  |                                      |  |   |
|--|--------------------------------------|--|---|
| <p>Compilar las metodologías de enseñanza de los laboratorios de Química General para la carrera de Farmacia de referentes a nivel nacional e internacional para examinar la relación en los procesos de enseñanza implementados con respecto a los empleados en la Universidad Internacional de las Américas.</p>               | <p>Metodologías de Enseñanza.</p>    | <p>Un método de enseñanza es el conjunto de técnicas y actividades que un profesor utiliza con el fin de lograr uno o varios objetivos educativos, que tiene sentido como un todo y que responde a una denominación conocida y compartida por la comunidad científica (González, 2012).</p>  | <p>1.Preguntas realizadas en la entrevista.<br/>2.Referencias bibliográficas.</p> |
| <p>Contrastar los modelos por competencias y habilidades empleados en los laboratorios de Química General de la Universidad Internacional de las Américas con los de los referentes nacionales e internacionales con la finalidad de contribuir en el mejoramiento de la calidad de dichos cursos en la carrera de Farmacia.</p> | <p>Aprendizaje por competencias.</p> | <p>Aprendizaje por competencias es la interacción entre el docente y el estudiante que construye el aprendizaje a partir de la ejecución de las actividades y condiciones educativas que obligan a movilizar los recursos del aprendiz para enfrentar una situación dada.<br/>Estas competencias son saberes combinados que integran el ser, el saber hacer y el saber estar. El dominio de estos saberes conceptuales, procedimentales y actitudinales están en relación con ser capaz de actuar con efectividad frente a contextos escolares y laborales (Muñoz, Araya, 2017).</p> | <p>1.Referencias bibliográficas.</p>  |

## **Procedimiento de recolección y análisis de datos**

### **Fase I**

**Metodologías de enseñanza de los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas.**

Inicialmente mediante la observación participativa de los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas y de la recopilación de documentos relacionados, como los programas, cronogramas, prácticas de laboratorio que forman parte de los cursos en la Universidad, se realiza recolección de información.

### **Fase II**

**Metodologías de enseñanza de los laboratorios de Química General para la carrera de Farmacia de referentes a nivel nacional e internacional.**

Para esta fase la recopilación de datos se realiza a través de entrevistas semiestructuradas a los expertos de las universidades referentes a nivel nacional e internacional.

### **Fase III**

**Modelos por competencias y habilidades empleados en los laboratorios de Química General de la Universidad Internacional de las Américas con los de los referentes nacionales e internacionales.**

Finalmente, en esta etapa se recolecta información a través de las entrevistas realizadas a los expertos de las universidades referentes a nivel nacional e internacional, así como el proceso

de investigación bibliográfica donde se recolecta material informativo de libros, revistas de divulgación o de investigación científica, tesis, entre otros, tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión estipulados.

#### **Fase IV**

##### **Categorización**

Se realiza una reducción y categorización de la información, según Monge (2013) “los datos recogidos necesitan ser traducidos en categorías con el fin de poder realizar comparaciones y posibles contrastes, de manera que se puede organizar conceptualmente los datos y presentar la información siguiendo un patrón o regularidad emergente, lo cual facilita la clasificación de los datos registrados y por consiguiente propicia una importante simplificación” (p195).

#### **Fase V**

##### **Análisis**

Se analiza la información obtenida del paso anterior, se presenta mediante recursos como tablas que permitan integrar, relacionar y establecer conexiones entre las diferentes categorías, así como comparaciones. De esta manera se da respuesta a los objetivos establecidos para la investigación.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la información recopilada en la revisión bibliográfica, en la investigación de campo realizada mediante la observación del desarrollo de los laboratorios de Química General I y II impartidos en la Universidad Internacional de las Américas para la carrera de Farmacia así como de las respuestas obtenidas por los docentes entrevistados a nivel nacional e internacional para el análisis y la interpretación de las metodologías utilizadas en las prácticas de laboratorio, esto siguiendo los objetivos específicos planteados en el capítulo I.

### **Metodologías de enseñanza de los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas (UIA)**

La Universidad Internacional de las Américas es la primera universidad privada en formar profesionales en la Carrera de Licenciatura en Farmacia, es la primera institución de educación superior universitaria aprobada por el Consejo Nacional de Enseñanza Universitaria Privada, cuya apertura se dio en el año de 1986 (UIA, 2021).

En la carrera de Licenciatura en Farmacia de la UIA los laboratorios de las Químicas Generales están contemplados dentro de las asignaturas de Química General I y II; aunque se integran en una sola asignatura su evaluación es independiente, al final se obtiene una nota globalizada.

Estos cursos se encuentran en los dos primeros cuatrimestres de la carrera. Cada curso posee una carga académica de 5 créditos. Se desarrollan en 9 horas semanales de las cuales 3 horas corresponden a los laboratorios que se realizan durante las 15 semanas del cuatrimestre, cada laboratorio está conformado por alrededor de 25 alumnos.

El laboratorio de Química General I (Q-008), es fundamental para los estudiantes pues en muchos casos es su primer contacto con una experiencia práctica en este entorno, según el programa del curso, el objetivo general del mismo versa así:

“Introducir y capacitar al estudiante el conocimiento de la composición de la materia y su aplicación e importancia en los procesos biológicos.” (p.1)

Más específicamente con este curso se pretende capacitar al estudiante para otras materias que requieran los conocimientos fundamentales de la composición de la materia partiendo del concepto atómico, su composición, estructura e interrelación con otros temas para la formación de compuestos, las leyes que los limitan y su relación con el comportamiento de esos compuestos en el organismo de los seres vivos (UIA, 2020).

Durante la primera semana del curso la sesión se realiza como una lección magistral en la cual el profesor desarrolla aspectos referentes a los objetivos del curso y del cronograma de trabajo esto con la intención de motivar al alumno y que comience las prácticas con un conocimiento general de lo que va a realizar, además se da la selección de los grupos para el desarrollo del proyecto de investigación.

En esta primera sesión se consideran puntos fundamentales para el trabajo en el laboratorio como las normas de seguridad que los alumnos deben de seguir durante su estancia en el laboratorio, la manipulación y eliminación correcta de los residuos, los hábitos de trabajo que deben adquirir, y las actuaciones en caso de accidente.

Las sesiones de experimentación se llevan a cabo en las siguientes 11 semanas distribuidas como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7. Contenidos de las prácticas del Laboratorio Química General I Q-008 (UIA)**

| <b>Práctica Número</b> | <b>Temas</b>                                  |
|------------------------|---|
| 1                      | Quemador Bunsen y cristalería de laboratorio. |
| 2                      | Operaciones fundamentales del laboratorio.    |
| 3                      | Estudio de la densidad.                       |
| 4                      | Ley de las proporciones definidas.            |
| 5                      | Ley de las proporciones definidas.            |
| 6                      | Fórmula de un hidrato.                        |
| 7                      | Reacciones químicas.                          |
| 8                      | Disoluciones.                                 |
| 9                      | Serie de actividad de los metales.            |

|    |             |
|----|-------------|
| 10 | Volumetría. |
| 11 | Gases.      |

Fuente: elaboración propia basado en el programa del curso Q-008

Generalmente el desarrollo de las prácticas de laboratorio va alineado con los temas que se están abordando en la teoría, cada sesión se puede dividir en cuatro momentos que se explican a continuación.

El primer momento es previo al desarrollo del procedimiento experimental en el laboratorio, en este el alumno debe copiar en una libreta el procedimiento; de esta forma se asegura que el estudiante al menos leyó el experimento a realizar, pueda ser más eficiente, evitar accidentes, tenga claridad con lo que debe realizar y gane tiempo en el desarrollo de la práctica. Adicional a ello, el estudiante debe leer el material que el docente suministra sobre el fundamento teórico del experimento.

El segundo momento consta de aproximadamente 20 minutos, acá el docente se encarga de brindar una explicación teórica del experimento a realizar, además debe utilizar un vocabulario sencillo, de fácil comprensión, pero sin dejar de lado las palabras científico-técnicas, explica el experimento detalladamente, para ello utiliza la pizarra donde realiza dibujos que contribuyen a la comprensión del paso a paso.

Como parte de este segundo momento el profesor realiza pausas que estimulan a los estudiantes a que aclaren sus dudas, alineando esta parte magistral a un proceso más activo donde el experto no es el único que desarrolla el tema, sino que se propicia una comunicación bidireccional que evita el aburrimiento y la distracción que muchas veces se presenta en los alumnos cuando se aplica esta metodología (Sáez, 2018).

Durante esta introducción, el profesor comprueba la preparación previa, realiza un intercambio con los estudiantes mediante preguntas, precisando el objetivo de la práctica, la importancia profesional, su vínculo con la vida, los contenidos con los cuales se relaciona, las dificultades presentadas con la preparación, el diseño experimental, las condiciones de trabajo en el laboratorio (medidas de seguridad e higiene) y realiza aclaraciones con respecto a la organización de la actividad (Hernández,2018).

Seguidamente en algunas prácticas el docente aplica la metodología de demostración para mostrar los procesos, por ejemplo: el manejo de reactivos, para evitar accidentes y sus desechos químicos para evitar la contaminación, fomentando una conciencia ecológica; en esta se incluyen el manejo de los equipos como el quemador de Bunsen, la campana de extracción, la balanza gravimétrica (tarado), etc.

En el tercer momento los estudiantes ejecutan el experimento, generalmente trabajan en grupos con 2 o 3 integrantes, existe autonomía en la distribución de roles dentro del grupo de trabajo, el profesor se encuentra atento a dar orientaciones y observar el desempeño de los alumnos.

Finalmente, en el cuarto momento, el docente revisa los resultados obtenidos por los estudiantes y formula algunas preguntas para comprobar que los estudiantes comprendieron los conceptos, posterior a ello se hace entrega de un informe grupal.

Los resultados del aprendizaje en cada práctica se detallan según el programa de la asignatura (UIA, 2020) de la siguiente forma:

*Quemador Bunsen y cristalería de laboratorio:* reconocimiento de cada uno de los instrumentos del laboratorio, clasificarlos como volumétricos y no volumétricos, incertidumbre de medición, demostración del encendido de una Mechero y sus partes.

*Operaciones fundamentales del laboratorio:* familiarizar al estudiante con el equipo mínimo de laboratorio y las operaciones simples y fundamentales: medir masa, medir volúmenes, disolver, decantar, filtrar, evaporar, etc.

*Estudio de la densidad:* aprender la técnica para determinar la densidad de un líquido y la técnica para determinar la densidad de un sólido y comparar resultados con valores teóricos.

Ley de las proporciones definidas: demostrar la ley.

*Fórmula de un hidrato:* determinación de la relación molar agua/sal.

*Reacciones químicas:* demostrar la diferencia del tipo física y del tipo químico (reacción química). Explicar la diferencia entre los distintos tipos de reacciones según su naturaleza.

*Disoluciones:* reconocer la diferencia entre disolución y dilución.

*Serie de actividad de los metales:* determinar la posición relativa de algunos metales en la serie de actividad de los metales.

*Volumetría:* aplicar las diferentes formas de expresar cuantitativamente las unidades de concentraciones. Familiarizarse con los principales fundamentos del análisis volumétrico. Alcalimetría y acidimetría. Obtención del punto final de una valoración.

*Gases:* determinar cómo el cambio de una variable entre presión (P), volumen (V) y temperatura (T) influye en otras propiedades del gas.

A partir de la sesión 13 se presentan las exposiciones grupales de los temas desarrollados a lo largo del cuatrimestre sobre el manejo de reactivos:

- Reactivos oxidantes
- Reactivos corrosivos
- Reactivos inflamables
- Reactivos para el ambiente
- Entre otros.

La técnica de evaluación de los laboratorios se distribuye en tres puntos (UIA, 2020):

- Informes de laboratorio: equivalen a un tercio de la nota del laboratorio, se realizan de forma grupal, se entrega un informe por cada práctica efectuada.
- Quices: cuyo porcentaje corresponde a un tercio de la nota, se realizan quincenalmente y de forma individual.
- Proyecto final: corresponde a la mitad de la nota.

En cuanto al laboratorio de Química General II (Q-010) de la UIA, la realización de las prácticas tiene como uno de sus objetivos generales que el estudiante compruebe experimentalmente los principios, leyes y postulados teóricos que fueron recibidos en las clases teóricas, por lo que es importante que, además de desarrollar correctamente las operaciones

experimentales sean capaces de interpretar estos resultados y relacionarlos con los contenidos teóricos que sustentan el tema.

En la primera sesión de laboratorio se da la presentación del programa, cronograma, así como de las normas de trabajo en el laboratorio, como cursos introductorios de la carrera se debe profundizar en detalles de seguridad, vestimenta y normas en general de trabajo.

En las siguientes diez sesiones se desarrollan las prácticas indicadas en la tabla 8.

**Tabla 8. Contenidos de las Prácticas del Laboratorio Química General II Q-010 (UIA)**

| <b>Prácticas</b> | <b>Temas</b>  |
|------------------|---|
| 1                | Práctica 1. Amoniac y difusión de gases.                  |
| 2                | Práctica 2. Peso de 22,4 litros de aire.                  |
| 3                | Práctica 3. Termoquímica y termodinámica.                 |
| 4                | Práctica 4. Tipos de dispersión en agua.                  |
| 5                | Práctica 5. Propiedades coligativas.                      |
| 6                | Práctica 6. Estudio de equilibrio químico.                |
| 7                | Práctica 6. Estudio de equilibrio químico (continuación). |
| .8               | Práctica 6. Estudio de equilibrio químico (continuación). |
| 9                | Práctica 7. Determinación de la Kps de una sal.           |
| 10               | Práctica 8. Cinética química, fundamentos.                |

Fuente: elaboración propia basado en el programa del curso Q-010.

En las últimas sesiones se realizan las exposiciones del proyecto especial, este tipo de metodología vincula los contenidos de las prácticas de laboratorio y clases prácticas con la futura profesión. Se utiliza para ello sustancias de uso farmacéutico y se demuestra la importancia que tienen para su trabajo, además de su aplicación en varias asignaturas de la carrera, tanto químicas como farmacéuticas, lo cual contribuye a su formación básica y la motivación para su estudio.

El trabajo de laboratorio presenta los cuatro momentos mencionados anteriormente para el laboratorio Q-008. Previo al ingreso del laboratorio el docente verifica la elaboración de la

libreta, que evidencia el estudio previo realizado individualmente por cada estudiante, así como el cumplimiento de protocolo de vestimenta y seguridad apropiado para el trabajo en esta área.

Una vez realizada esta revisión, se lleva a cabo la explicación detallada tanto de la teoría que fundamenta la práctica, como del procedimiento a realizar, se dan las debidas pausas e intervenciones para cerciorarse de la comprensión de los estudiantes y abarcar las dudas que se presentan, también se utiliza la pizarra como recurso para la transmisión del conocimiento.

Los experimentos se desarrollan en grupos de 2 o 3 personas, dentro de los hallazgos encontrados durante la observación de campo, en la aplicación de esta metodología colaborativa se presentan dos escenarios adecuados:

Cuando las tareas se dividen y cada participante hace lo que le toca.

Cuando el propio grupo va distribuyendo las tareas y se establece una dinámica de responsabilidades compartidas.

En ambas situaciones se fomentan condiciones como la interdependencia positiva, las interacciones cara a cara, la responsabilidad individual, el desarrollo de habilidades sociales y la autorreflexión del grupo, que propician el aprendizaje (Guerrero & del Campo, 2019).

Por otra parte, se presentan grupos en los cuales se dan desequilibrios internos, hay desorientación al iniciar los trabajos prácticos y necesidad de tiempos más extensos para desarrollar actividades y apropiarse de los contenidos. En ocasiones los estudiantes producen subgrupos o se da el “efecto líder” que empobrece el desempeño global de la práctica, lo antes mencionado va en línea con lo expresado por Llanes et al (2019) quienes señalan que un gran número de los estudiantes que logran ingresar a la universidad a carreras científicas, presentan dificultades para realizar investigación autónoma e incluso guiada, además manifiestan serias dificultades de comprensión lectora, lo cual les impide avanzar al ritmo que exigen los cursos de nivel universitario.

La sesión concluye con la entrega de un reporte grupal con los resultados obtenidos, este puede elaborarse en el laboratorio y finalizarse en casa. Mediante el trabajo de campo realizado se observa que para la elaboración de este a los estudiantes se les dificulta dar un enfoque investigativo y científico a los datos obtenidos, además, de ciertos vacíos en el conocimiento de

la parte teórica que les permitan dar interpretación a la experimentación y propiciar pensamientos de orden superior, pues ellos mismos lo expresan en el proceso construcción de este.

En cuanto a la evaluación del laboratorio se toman en cuenta las siguientes rúbricas:

- Exámenes cortos con un valor porcentual de 35%.
- Informes de laboratorio cuyo valor es de 15 %
- Bitácora de laboratorio 10 %
- Trabajo en el laboratorio: 20 %
- Examen final :10 %
- Proyecto especial: 10 %

Con respecto al trabajo de laboratorio en el programa del curso Q-010 se indica:

El trabajo será evaluado según la actitud que muestre el estudiante en el laboratorio, interés, desempeño, destreza y manejo del equipo, además de tomar en cuenta las precauciones con reactivos y acatamiento de las disposiciones generales del laboratorio. El estudiante debe conocer los conceptos básicos y el procedimiento a realizar (p10).

Finalmente, en los últimos cuatrimestres, producto del acontecimiento mundial provocado por el SAR-COV-2, se dio una movilización a la virtualidad, implementando el uso de simuladores como parte de las metodologías en ambos cursos, se detalla a continuación los simuladores empleados:

PhET interactive simulation (<https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/chemistry>)

El proyecto PhET Interactive Simulations de la Universidad de Colorado Boulder, fue fundado en 2002 por el premio Nobel Carl Wieman, el cual crea simulaciones interactivas

gratuitas de matemáticas y ciencias. Los simuladores PhET se basan en una extensa investigación educativa e involucran a los estudiantes a través de un entorno intuitivo similar a un juego donde los estudiantes aprenden a través de la exploración y el descubrimiento, cuenta con prácticas como la de las leyes de los gases parte de las desarrolladas en el laboratorio de Q-010. (PhET, 2021).

ChemDemos de la Universidad de Oregón (<https://chemdemos.uoregon.edu/demos/Cal#>)

Este sitio ha sido desarrollado principalmente como un recurso para los instructores de química de la Universidad de Oregón, pero los instructores de química y ciencias físicas de la escuela secundaria y la universidad también pueden encontrar mucha información, pues se permite acceso de manera gratuita al contenido como, por ejemplo, a la práctica de serie de actividades de metales en solución acuosa, parte de las prácticas que se realizan en el laboratorio de Q-008 (ChemDemos, 2021).

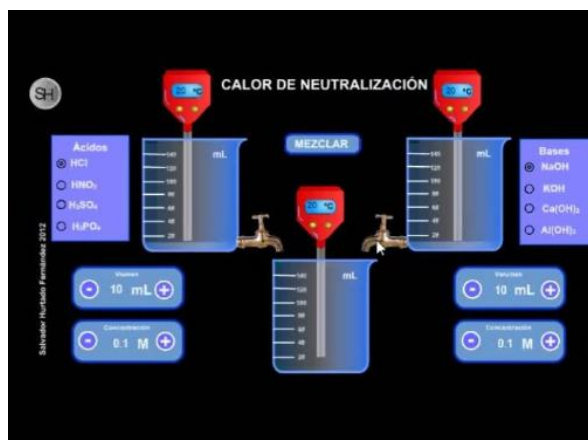
El simulador de la Universidad de Missouri Rolla (<http://web.mst.edu/~gbert/links.html>)

El simulador de la Royal Society of Chemistry

(<http://www.rsc.org/learn-chemistry/resources/screen-experiment/titration/experiment/2>)

Durante la utilización de estos simuladores los estudiantes logran integrar los conocimientos con el apoyo oportuno del docente.

**Figura 4. Ejemplo de Vista del Simulador Utilizado para la Práctica de Calorimetría**



Fuente: imagen obtenida durante la realización del experimento en el curso Q-010.

Para continuar este análisis se exponen las metodologías de enseñanza de los referentes, inicialmente a nivel nacional, específicamente de la Universidad de Costa Rica y a nivel internacional en la Universidad Complutense de Madrid y de la Universidad Autónoma de México.

### **Universidad de Costa Rica (UCR)**

La facultad de Farmacia de la Universidad de Costa Rica es la escuela más antigua en la formación de profesionales farmacéuticos, fue fundada en el año 1898. En el plan de estudios de la carrera de Licenciatura de Farmacia se contempla en el primer año de formación, concretamente en el primer semestre el curso de Laboratorio de Química General I (QU-0101) el cual es correquisito del curso teórico de Química General I, en cuanto al Laboratorio de Química General II (QU-0103) se encuentra en el segundo semestre del mismo año, el cual es correquisito del curso teórico de Química General II, ambos cuentan con una carga académica de 1 crédito, por lo que semanalmente se otorga un tiempo de 3 horas, de las cuales una hora es orientada a la parte teórica previa al laboratorio, en esta se realiza una lección explicativa de tipo magistral por parte del profesor del laboratorio y las dos restantes propiamente al trabajo experimental (UCR,2020)

Estos cursos son llamados de servicio y son impartidos por la escuela de Química de la universidad, es por ello por lo que no son exclusivos para los estudiantes de Farmacia, sino que se imparte a alumnos de otras carreras como Tecnología de Alimentos, Nutrición, Ciencias Básicas, Ingenierías, entre otros.

Para estos cursos de laboratorio se proponen en la carta al estudiante QU-0101 y QU-0103 como objetivos generales:

1. Mejorar la comprensión de los temas estudiados en el curso Química General I (QU-0100) mediante la realización de experiencias prácticas que integren los conceptos vistos con la experimentación.

2. Fomentar el sentido común y la capacidad de análisis en los estudiantes a través del ejercicio mental que acompaña el desarrollo de los experimentos y el trabajo en equipo.

3. Fortalecer destrezas motoras en el manejo de equipo de laboratorio (p1).

Esta propuesta se amplía con los objetivos del trabajo de laboratorio de cada experimento.

Las prácticas contempladas en el laboratorio de Química General I se describen en la tabla 9.

**Tabla 9. Prácticas Laboratorio de Química General I QU-0101. UCR**

| Práctica | Temas  |
|----------|--|
| 1        | Introducción al trabajo en el laboratorio de Química.  |
| 2        | Operaciones fundamentales.   |
| 3        | Mediciones.  |
| 4        | Estudio de las propiedades de la materia. Densidad.  |
| 5        | Ley de proporciones definidas.<br>Preparación de disoluciones.<br>Disoluciones que conducen la electricidad. |
| 6        | Cambios químicos. Termoquímica.  |
| 7        | Color en la química.<br>Serie de actividad de los metales.   |
| 8        | Reacciones del cobre.<br>Geometría molecular/ Polaridad.   |

Fuente: elaboración propia basado en información suministrada por M.sc. Hermes Alvarado Montero, profesor de la cátedra de Química UCR.

Las prácticas realizadas en el laboratorio de Química General II se describen en la tabla 10.

**Tabla 10. Prácticas de Laboratorio de Química General II QU-0103 de la UCR**

| Práctica | Tema                         |
|----------|------------------------------|
| 1        | Comportamiento de los gases. |
| 2        | Estados de la materia.       |
| 3        | Propiedad de los líquidos.   |
| 4        | Solubilidad.                 |
| 5        | Disoluciones y dispersiones. |
| 6        | Equilibrio químico.          |
| 7        | Ácidos, bases y sales.       |
| 8        | Disoluciones amortiguadoras. |
| 9        | Equilibrio de solubilidad.   |
| 10       | Cinética química.            |
| 11       | Espontaneidad termodinámica. |
| 12       | Electroquímica.              |

Fuente: elaboración propia basado en información suministrada por M sc. Hermes Alvarado Montero, profesor de la cátedra de Química UCR.

Para la ejecución de estas el profesor M.sc Hermes Alvarado docente de los cursos de QU-0101 Y QU-0103 indica:

“Se tienen prácticas de laboratorio, asociadas con un tema específico del curso y/o una técnica de trabajo.

Se les provee un procedimiento, ambos cursos poseen un manual, elaborado y revisado por los distintos coordinadores, a lo largo de los últimos años; los alumnos deben estudiar y esquematizar en una libreta de trabajo (en la cual, también anotan sus resultados); su desempeño es supervisado por un asistente y el profesor, el cual hace observaciones, sugerencias y/o penalizaciones, dependiendo de lo que ellos hagan.

Previo y posterior al laboratorio, se evalúa el conocimiento de dichas prácticas por medio de exámenes cortos (los posteriores están más enfocados en análisis de resultados). Igualmente, posterior al laboratorio deben efectuar un informe sobre la práctica, donde analizan resultados y responden preguntas generales sobre lo que deben haber aprendido, así como generar conclusiones. Este es el esquema de trabajo de prácticamente todo laboratorio en casi toda la escuela de química.”

Según el docente la estructura de los laboratorios favorece los métodos de aprendizaje; sin embargo, lo ideal sería que contaran con menos personas por grupo, pues cada grupo de laboratorio está conformado por 25 estudiantes, aun así, se cuenta con la cantidad de instrumentos necesarios para el desarrollo de los experimentos, estos se encuentran un poco viejos, pero funcionan adecuadamente. Para la ejecución de los experimentos según la práctica se trabaja individualmente o en grupos de hasta tres participantes.

Los cursos regularmente se están actualizando, al menos una vez al semestre se realiza una revisión para mejorar las prácticas, actualmente mantienen una revisión más intensiva, con tal de adaptar mejor el curso a la situación de pandemia, dichas revisiones se encuentran a cargo del grupo de coordinadores de los cursos y de la coordinación general de todos los laboratorios.

Dada la situación pandémica también han implementado el uso de simuladores, indica el docente que existe mucha variedad de programas.

La evaluación de los cursos se realiza de la siguiente manera:

- Exámenes cortos (30%): estos los realizan en los primeros 10-15 minutos de la clase teórica de laboratorio cada semana. En estos se evalúan aspectos de seguridad del laboratorio, así como los experimentos a realizar en ese día y de la sesión anterior.
- Pre reportes (5%): la presentación de este se considera como un requisito para ingresar al laboratorio, pues consideran que un estudiante que no se encuentre preparado es un riesgo a la seguridad de sus demás compañeros.
- Trabajo en clase (20%).
- Reportes (45%): estos se entregan de manera individual independientemente si el experimento se ha trabajado en grupo.

## **Universidad Complutense de Madrid (UCM)**

La Complutense es una universidad pública que apuesta por una formación integral y crítica del más alto nivel. El grado en Farmacia se imparte en la Universidad Complutense de Madrid (antiguamente Universidad Central) desde 1804 y es un centro de referencia para Latinoamérica. (UCM, 2021)

En el plan de estudios de la Licenciatura en Farmacia, se contempla en el primer año el curso de Química General e Introducción al Laboratorio Químico, en el primer semestre, es una asignatura introductoria cuyo objetivo es que el alumno entre en contacto con los conceptos básicos de la química, se aporta las herramientas adecuadas para afrontar los contenidos del Módulo de Química.

En esta asignatura se introducen los conceptos teóricos básicos que le permiten al alumno comprender la naturaleza de la materia, con una concepción microscópica, pasando de los átomos a las moléculas y de estas a los estados de agregación (sólidos, gases y líquidos), introducen las fuerzas intermoleculares. Se aportan los fundamentos de cinética química y termodinámica necesarios para poder comprender las reacciones y equilibrios químicos. Además, introducen los conceptos básicos de electroquímica, de química nuclear y de las reacciones en disolución (UCM,2021).

Como objetivos específicos plantean:

- Conocer los fundamentos de la mecánica cuántica y su aplicación para interpretar la estructura de los átomos.
- Entender la construcción de la tabla periódica, así como las propiedades periódicas de los elementos.
- Conocer los factores que afectan a la estabilidad de los núcleos atómicos.
- Conocer los distintos tipos de enlace químico: covalente, iónico y metálico, y las teorías más simples empleadas para describirlos.

- Establecer relaciones entre las propiedades de las sustancias, la naturaleza del enlace y las fuerzas intermoleculares que presentan.
- Conocer la estructura y propiedades más relevantes de los gases, líquidos y sólidos.
- Comprender los conceptos básicos de la cinética química, su metodología y la aplicación al estudio de reacciones simples.
- Comprender los principios básicos de la termodinámica.
- Comprender el concepto de equilibrio químico y los factores que afectan al estado de equilibrio.
- Aplicar los conceptos de equilibrio químico a sistemas ácido-base, redox, de formación de complejos y de precipitación.

Como resultados del aprendizaje en la ficha docente del curso se detalla:

- Formación sobre las bases químicas necesarias para entender otras materias dentro del área de química.
- Capacidad de estimar los riesgos asociados a la utilización de sustancias químicas y procesos de laboratorio.
- Habilidad para la correcta manipulación del material de laboratorio.
- Capacidad para aplicar los conocimientos teóricos a la resolución de casos prácticos relacionados con el ámbito farmacéutico.
- Capacidad de interpretar los datos procedentes de observaciones y medidas en el laboratorio en base a los conocimientos adquiridos.
- Trabajo en equipo: capacidad crítica y autocrítica.
- Aprendizaje autónomo: capacidad de organización, análisis y gestión de la información.

Para ello se proponen las prácticas señaladas en la tabla 11.

**Tabla 11. Prácticas Laboratorio de Química General e Introducción al Laboratorio Químico**

| Práctica | Tema                         |
|----------|------------------------------|
| 1        | Seguridad en el laboratorio. |

|   |   |
|---|---|
| 2 | Material de laboratorio.  |
| 3 | Preparación de disoluciones.  |
| 4 | Reacciones químicas en disolución acuosa:<br>Reacciones ácido-base<br>Reacciones de oxidación-reducción<br>Reacciones de precipitación<br>Reacciones de formación de complejos<br>Aplicación cualitativa de las reacciones químicas: separación e identificación de iones<br>Aplicación cuantitativa de las reacciones químicas: Análisis volumétrico<br>Valoraciones ácido-base<br>Valoraciones óxido-reducción. |
| 5 | Agua oxigenada de 10 volúmenes: Preparación y valoración.   |
| 6 | Enlace químico: estados de agregación y comportamiento químico de las sustancias.   |
| 7 | Técnicas de separación.<br>Purificación y cristalización de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .<br>Extracción de un soluto (yodo) de una disolución acuosa mediante otro disolvente.<br>Destilación.  |

Fuente: UCM (2021)

Este curso posee una carga académica total de 6 créditos; sin embargo, solo 2 créditos corresponden a la parte práctica, el desarrollo de la parte del laboratorio se realiza en dos semanas, en las cuales el alumno asistirá de lunes a viernes por un lapso de dos horas cada día, en total son 20 horas.

En esta facultad se cuenta con un gran volumen de estudiantes, reciben alrededor de 350 alumnos en esta materia, es por ello que los recursos económicos suministrados no son los suficientes y como menciona el docente entrevistado, utilizan recursos de sus proyectos de investigación para complementar un poco las prácticas.

La distribución por laboratorio es de 16 a 18 personas como máximo, como curso introductorio se trabaja con mucha cristalería más que con instrumentación esta parte se le asigna a otro curso (Química Orgánica).

En los laboratorios como indica el Dr. Doadrio: “fundamentalmente se dan las bases analíticas de los reactivos, se emplean tubos de ensayo y se identifican metales como hierro, cromo, cobre, níquel, mezclas, etc. Se hacen valoraciones volumétricas, para ello se emplean erlenmeyers, buretas, etc.

Se realizan síntesis por ejemplo de sulfato de cobre, sobre todo valoraciones y preparaciones de soluciones, con ello se abarcan también los temas de la normalidad, la molaridad, distinguir lo que es la normalidad, de la molaridad y la molalidad, tanto por ciento volúmenes, se aprende a pesar, aprender a hacer disoluciones y valoración de las disoluciones.

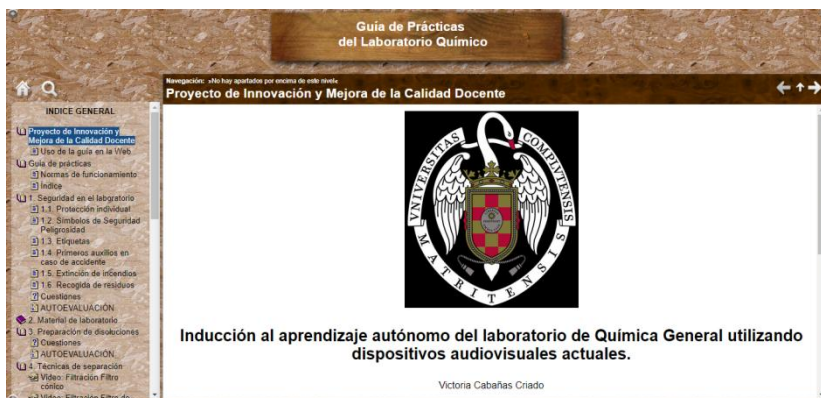
Se realizan destilaciones y separaciones, por ejemplo, realizan un experimento de destilación de vino, del alcohol del vino, hacen separaciones de mezclas con apoyo de decantación, se aprende un poco a hacer recuperaciones pequeñas, por ejemplo, de hidrógeno a partir del zinc, del cobre al reaccionar con el ácido nítrico concentrado y diluido, la reacción del agua oxigenada con el yodo, estas reacciones químicas sencillas.”

Como los laboratorios se realizan únicamente en dos semanas, no todos los estudiantes han abarcado los conceptos en teoría, por lo que funcionan independientemente, es por ello que al ingresar al laboratorio el docente realiza una exposición teórica de alrededor de 15 minutos en la que explica cómo se va a realizar la práctica y en la marcha se va relacionando con la teoría.

En cuanto a la infraestructura de los laboratorios no posee un amplio espacio, al encontrarse en la planta baja del edificio cuentan con ciertas limitaciones, como no poder utilizar gas por seguridad, cuentan con los equipos necesarios, pero en ocasiones las cantidades no son suficientes para el volumen de estudiantes, esto hace que se hagan filas enlenteciendo la dinámica de trabajo de los alumnos máxime que el trabajo de laboratorio es individual, solo algunos experimentos más delicados y en la que la cantidad de equipos es muy limitada se trabajan en grupos de dos o tres integrantes, como cuando se realiza una destilación.

Se cuenta con una guía de prácticas, en ella se recopilan todos los experimentos a realizar, contiene la parte teórica que lo sustenta, una sección donde los estudiantes anotan los resultados que obtienen al ejecutar el experimento y, por último, una sección llamada cuestiones en la cual se realizan preguntas o ejercicios correspondientes al tema, esta última sección los estudiantes la realizan en casa, cada estudiante debe descargarlo y al finalizar las dos semanas correspondiente al laboratorio entregarlo al docente a cargo. Además, se les suministra material complementario (autoevaluación, fotografías, videos) que se encuentra en línea como se ilustra en la figura 2.

**Figura 5. Guía en Línea para el Curso de Química General e Introducción al Laboratorio de Química. UCM**



Fuente: Guía de prácticas laboratorio químico (2021).

En esta guía en línea se presenta todas las secciones correspondientes a los experimentos, cada sección posee una autoevaluación donde el estudiante puede ingresar, se le da un tiempo limitado y debe contestar preguntas de selección única, si se equivoca le permite volver a contestar y al final le indica la calificación obtenida.

**Figura 6. Autoevaluación Guía de Prácticas de Química General e Introducción al Laboratorio de Química. UCM**



Fuente: Guía de prácticas laboratorio químico (2021).

**Figura 7. Ejemplo Autoevaluación, Guía de Prácticas de Química General e Introducción al Laboratorio de Química. UCM**

Finalizar la Autoevaluación

**SEGURIDAD**

Autoevaluación basada en preguntas de tipo Test

9:43

Cada pregunta estará acompañada de contestaciones en las que una y solo una será la respuesta correcta. Trate de contestar cada cuestión en el menor tiempo posible, pero pensando bien el resultado elegido. Su tiempo total es limitado.

Mostrar todas las preguntas

1 / 10 Siguiendo pregunta

¿Cuál de las siguientes normas de comportamiento en el laboratorio de química es incorrecta?

A.  Dejar siempre en la mesa todo el material de vidrio para que esté seco y a mano

B.  Utilizar siempre las gafas de protección

C.  Trabajar dentro de las campanas cuando se manejan ácidos fuertes

Finalizar la Autoevaluación

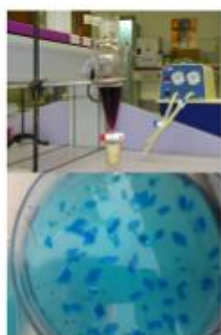
Fuente: Guía de prácticas laboratorio químico (2021)

También contiene fotos de los experimentos como se muestra a continuación en la figura 8.

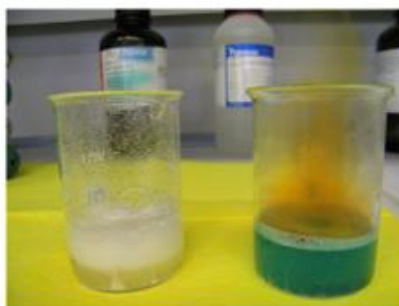
**Figura 8. Fotos de los Experimentos Guía de Prácticas de Química General e Introducción al Laboratorio de Química. UCM**



**APLICACIÓN CUALITATIVA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS: SEPARACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE IONES**



**TÉCNICAS DE SEPARACIÓN**



**REACCIONES QUÍMICAS EN DISOLUCIÓN ACUOSA**

Fuente: Guía de prácticas laboratorio químico (2021).

La revisión y actualización de esta guía y del manual se realiza todos los años, el coordinador del curso es el encargado de realizarla y reunirse con la decanatura para las aprobaciones y modificaciones.

Este laboratorio tiene un valor porcentual de 20% dentro de la nota correspondiente al curso. Para la evaluación del alumno se hace un examen práctico de identificación cualitativa de un metal se da una mezcla normalmente de tres metales y tienen que explicar los tres metales, a veces se les da solo uno, también se aplica un examen más teórico de ejercicios prácticos, estos pueden ser de lo siguiente:

Valoraciones volumétricas en las que se debe hallar la molaridad de una disolución de hidróxido de sodio en agua o al revés de un ácido con una base, se les proporciona los datos y deben realizar los cálculos para determinar las concentraciones.

Preparaciones en las cuales el estudiante debe describir los procedimientos que se realizan en el laboratorio para obtener una disolución de determinada concentración, por ejemplo, la preparación de HCl 3M a partir de un ácido clorhídrico concentrado del laboratorio.

Como complemento al trabajo personal realizado por el alumno, y para potenciar el desarrollo del trabajo en grupo, se propone como actividad dirigida a la elaboración y presentación de trabajos sobre los contenidos de la asignatura. Todo ello permitirá que el alumno ponga en práctica sus habilidades en la obtención de información y le permitirá desarrollar habilidades relacionadas con las tecnologías de la información.

En cuanto a las metodologías utilizando simuladores de laboratorios no se tomaron como opción, según el Dr. Droadio a través de este no se logra transmitir el aprendizaje necesario para un curso introductorio como este, eventualmente estas metodologías sí son efectivas para cursos más específicos de la carrera.

### **Universidad Autónoma de México**

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán es una entidad multidisciplinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, reconocida por la excelencia de sus programas tanto académicos como de investigación y extensión de la cultura. La carrera de Licenciatura en Farmacia cuenta con un plan de 8 semestres, en el primer semestre se recibe el curso de laboratorio de ciencias experimentales I y en el segundo semestre el laboratorio de ciencias experimentales II, propiamente no existen laboratorios de Química General, pues estas asignaturas son únicamente teóricas.

Estas asignaturas cuentan con una carga académica de 6 créditos cada uno, a la semana se imparten 6 horas distribuidas en tres días. El objetivo general de estos cursos es aprender a resolver problemas en el campo de las ciencias experimentales, aplicado a Farmacia, empleando la metodología científico experimental.

Para la realización del trabajo de laboratorio se cuentan con suficientes materiales y cada año se pueden solicitar más, se cuenta con un manual de laboratorio, en general no se cambian los experimentos, pues se consideran los adecuados para el desarrollo de las habilidades y destrezas manuales, así como del conocimiento del método científico complementario a otras materias que

no poseen laboratorio. Los docentes tienen libertad en la elección de los métodos de enseñanza-aprendizaje por ello en la ficha docente se presentan una serie de recomendaciones que pueden utilizar según sus preferencias. (Tabla 12). Con respecto a la virtualidad los simuladores se han implementado como complemento, pero no es la base de las prácticas.

**Tabla 12. Recomendaciones para la Metodología de Enseñanza-aprendizaje para los Laboratorios de Ciencias Experimentales I y II**

| RECOMENDACIONES PARA LA METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE |                             |                    |   |   |                                    |   |                        |
|--|-----------------------------|--------------------|---|---|------------------------------------|---|------------------------|
| TÉCNICAS DIDÁCTICAS  |                             | RECURSOS DIDÁCTICO | INSTRUMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE |   | TIPOS DE EVALUACIÓN                |   |                        |
| X  | Exposición                  |                    | Grabaciones (cintas, discos)                    | X | Cuestionarios: abiertos o cerrados | X | Evaluación diagnóstica |
|  | Interrogatorio              |                    | Radio   |   | Entrevistas: abiertas o cerradas   |   | Evaluación formativa   |
| X  | Demostración                | X                  | Transparencias                                  | X | Auto evaluación                    | x | Evaluación sumaria     |
| X  | Investigación bibliográfica | X                  | Fotos fijas                                     | X | Pruebas orales                     |   | Evaluación en clase    |
|  | Investigación de campo      |                    | Materiales opacos                               | X | Pruebas escritas                   |   |                        |
|  | Investigación experimental  |                    | Películas con movimiento                        |   | Respuesta corta                    |   |                        |
| X  | Discusión dirigida          | X                  | Videoprojector                                  | X | Respuesta complementaria           |   |                        |
|  | Estudio dirigido            | X                  | Pizarrón  | X | Opción múltiple                    |   |                        |
| X  | Las clases                  |                    | Imágenes planas                                 | X | Falso o verdadero                  |   |                        |
|  | Problemas dirigidos         |                    | Gráficas  |   | Respuesta alterna                  |   |                        |
|  | Proyecto                    |                    | Mapas conceptuales                              | X | Correspondencia (columnas)         |   |                        |
|  | Tareas dirigidas            | X                  | Carteles  |   | Jerarquización                     |   |                        |
|  | Simposio                    |                    | Caricaturas                                     |   | Pruebas de ensayo                  |   |                        |
|  | Panel                       | X                  | Rotafolio                                       |   | Pruebas por temas                  |   |                        |
|  | Phillips 66                 |                    | Franelógrafo                                    |   | Pruebas estandarizadas             |   |                        |
|  | Entrevista                  |                    | Tablero de boletines                            |   | Solución escrita a un problema     |   |                        |
| X  | Lluvia de ideas             |                    | Objetos   |   | Demostración Práctica              |   |                        |
|  | Conferencia                 |                    | Modelos   | X | Proyectos                          |   |                        |
|  | Mesa redonda                |                    | Maquetas  |   | Monografías                        |   |                        |
|  | Foro                        |                    | Sonoramas                                       | X | Crítica a un tema                  |   |                        |
| X  | Seminario                   |                    | Televisión                                      | X | Reportes escritos                  |   |                        |
|  | Estudio Libre               |                    | Representaciones                                | X | Participación individual           |   |                        |
|  |                             |                    | Marionetas                                      | X | Participación por equipo           |   |                        |
|  |                             | X                  | Acetatos  | X | Exposición individual              |   |                        |
|  |                             |                    |   | x | Exposición por equipo              |   |                        |
|  |                             |                    |   |   | Demostraciones de equipo           |   |                        |
|  |                             |                    |   |   | Demostraciones prácticas           |   |                        |

Fuente: UNAM (2021).

Antes del inicio de estos laboratorios, cuando los alumnos se matriculan en la carrera de Farmacia, se da un curso introductorio, en este se les muestra a los estudiantes el laboratorio, el material y su uso, se les enseña a medir en la balanza, tanto en granataria como analítica, utilizar el pipeteador, cómo se mide en una pipeta, cómo se trasvasa, cómo se afora, cómo es el volumen de aforo. Este se lleva a cabo en dos o tres días, se realiza con el fin de homologar los conocimientos pues hay estudiantes que por su formación en secundaria no han tenido contacto con el ambiente de laboratorio.

Propiamente el Laboratorio de Ciencias Experimentales I posee los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los elementos básicos del método científico, dentro del marco de las ciencias experimentales.
- Aplicar algunos elementos y procedimientos metodológicos para la realización de la investigación científica en proyectos académicos.
- Conocer, manejar y respetar las normas de seguridad necesarias de comportamiento personal y durante el desarrollo del trabajo en el laboratorio.

Las prácticas en la asignatura de Ciencias Experimentales I difieren con respecto a la de la UIA y demás referentes, como se muestra en la tabla 13.

**Tabla 13. Prácticas Laboratorio de Ciencias Experimentales I**

| Práctica | Tema  |
|----------|---|
| 1        | Introducción a la asignatura.   |
| 2        | Introducción a la metodología de la ciencia.  |
| 3        | Metodología de la Investigación.  |
| 4        | Introducción al conocimiento y manejo de un laboratorio: Clasificación del material de laboratorio, los reactivos en el laboratorio, datos analíticos de los reactivos, manejo de residuos, equipo de laboratorio., higiene y seguridad en el laboratorio, instalaciones. |

Fuente: UNAM (2021).

El laboratorio de Ciencias Experimentales I es una iniciación al método científico experimental, se recrean elementos muy caseros en los cuales el estudiante va integrando la parte científica. En la primera experiencia los alumnos formulan burbujas de jabón haciendo mezclas, para ello se les brinda agua, jabón lavaplatos, azúcar, talco y glicerina, de esta forma van descubriendo cuál componente es el que permite que las burbujas de jabón no se rompan cuando intentar meter objetos comunes como monedas o billetes dentro de las pompas de jabón sin que estas se revienten, no hay ninguna medición de por medio, pero logran entender que la tensión superficial es más resistente a causa de la glicerina.

Otro experimento que se realiza en esta sesión es la elaboración de chilaquiles, para ello deben consultar a sus familiares, elaborar una receta, es decir, el procedimiento experimental, plantear objetivos, formular una hipótesis y elegir las variables, pues existe una gama de presentaciones de chilaquiles, algunos estudiantes ejecutan su experimento y lo prueban los familiares. Según la Dra. Morales esta metodología a través del juego hace que los estudiantes se diviertan mientras se involucran en los pasos del método científico experimental, pues no es únicamente brindarles un experimento y que lo realizan como dice la guía o el profesor.

Siguiendo con el programa para esta asignatura se realizan 5 experimentos:

Primer experimento: es de carácter físico, es longitud de elongación contra masa, es decir, a un cuerpo elástico se le va incorporando masa para saber cuánta masa puede soportar, para ello se utiliza ligas, monedas y una balanza. Todos los resultados al final se grafican para que el estudiante, aunque no haya tenido buenos resultados pueda reconocer todos los posibles errores cometidos en la experimentación.

Segundo experimento: se estudia la densidad, el principio de Arquímedes para cuerpos sólidos irregulares, se utilizan objetos de una misma especie y mismo tamaño (clavos tuercas, monedas, canicas), se hace con agua para observar las diferencias de volumen. El estudiante observa cómo a medida que aumenta la masa aumenta el volumen, se grafican los resultados para observar una proporcionalidad directa, se hace un análisis tabular, estadístico y fenomenológico.

Los estudiantes poco a poco van entendiendo que cuando lo grafican, la pendiente en este caso en particular es la densidad de la sustancia a usar, si se utilizó canicas la densidad de vidrio, si utilizó monedas dependiendo de la moneda, si utilizaron clavos la densidad del acero. Se va comparando con los datos que se reportan en las tablas y se observan los errores que se pudieron haber cometido. Se les enseña a hacer a realizar mínimos cuadrados por Excel.

Tercer experimento: se estudia la solubilidad, para ello colocan diferentes volúmenes de agua y se van añadiendo solutos, por ejemplo, azúcar o bicarbonato. Los estudiantes van entendiendo que a medida que aumenta el volumen, aumenta la masa del soluto que se puede disolver. Al final otra vez grafican y se dan cuenta de la pendiente es la solubilidad de esa sustancia.

Cuarto experimento: mediante dos propiedades extensivas se obtiene una propiedad intensiva; para ello el estudiante utiliza el picnómetro y prepara diluciones sucesivas a partir de una disolución madre de determinada concentración, se les enseña a realizar los cálculos experimentales, los volúmenes necesarios para preparar las disoluciones.

Quinto experimento: es sobre comportamiento químico, los estudiantes aprenden a preparar disoluciones a partir de reactivo analítico sólido y líquido, también se les enseña el volumen de aforo, se les enseña las reacciones, de doble sustitución que son la mayoría.

Se les enseña las reacciones que son más conocidas para un farmacéutico, por ejemplo, la reacción que forma el cloruro de plata, el yoduro de plomo, tiocianato de potasio, aquellas que son muy evidentes y que van a utilizar en asignaturas posteriores y que también son maneras de identificar ciertos iones. Como, por ejemplo, para identificar plata saber que se le puede colocar un poco de ion cloruro, utilizando ácido clorhídrico muy diluido, cloruro de sodio o cloruro de amonio, forma el precipitado y se observe.

Con respecto al Laboratorio de Ciencias Experimentales II los objetivos específicos son los siguientes:

- Identificar los diversos tipos de muestras, para describir las técnicas de manejo, obtención, procesado, transporte y almacenamiento de dichas muestras, enfocado a su área de conocimiento.
- Identificar y aplicar técnicas básicas de análisis.
- Enlistar los diferentes tipos de agua y su aplicación específica enfocada al área de conocimiento del alumno.
- Conocer y emplear las diversas fuentes de información digitalizada para complementar el trabajo experimental.
- Analizar el concepto de equilibrio químico de diversos sistemas, con base en las propiedades que los caracterizan, así como algunas de sus aplicaciones.

- Analizar el equilibrio ácido base en sistemas acuosos y algunas de sus aplicaciones.
- Analizar algunos conceptos básicos relacionados con la velocidad de reacciones para sistemas homogéneos.

Las prácticas propuestas para esta asignatura son las siguientes:

**Tabla 14. Prácticas Laboratorio de Ciencias Experimentales II**

| Práctica | Tema  |
|----------|---|
| 1        | Introducción a la asignatura.   |
| 2        | Manejo de muestras: tipos, obtención, procesamiento, transporte y almacenamiento.   |
| 3        | Técnicas básicas de análisis: muestras, técnicas de separación, métodos de purificación, técnicas de identificación y compuestos.   |
| 4        | Tipos de agua y usos: clasificación de acuerdo al contenido microbiológico, contenido químico, características del agua empleada en disoluciones, características del agua utilizada en farmacia. |
| 5        | Investigación infográfica.  |
| 6        | Equilibrio químico: concepto, ley de acción de masas, principio de Le Chatelier, aplicaciones en diversos sistemas.   |
| 7        | Equilibrio ácido base: ácido base, indicadores y curvas de valoración.  |
| 8        | Reacciones de velocidad.  |

Fuente: UNAM (2021).

Como se muestra en la tabla 14, este curso es netamente químico, en él se profundizan algunos otros aspectos como las disoluciones a partir de reactivos que se estudiaron en la asignatura anterior, así como la utilización adecuada de la campana de extracción, el ajuste de la balanza analítica y su uso adecuado.

En lo que corresponde al equilibrio químico además de la parte experimental, se resuelven problemas relacionados de tal forma que los conceptos queden claros a los estudiantes, sobre la ley de acción de masas, principio de LeChatelier, que sucede si se altera una concentración, porque es endotérmica o exotérmica.

Antes de realizar las valoraciones ácido -base, se realiza un experimento llamado escala de pH experimental, en el cual a partir de disoluciones madre de pH 0 – pH 14, los estudiantes preparan la escala con diluciones sucesivas, y se les da un indicador y se les indica cómo va a colorear. Los indicadores se rotulan con letras del alfabeto para evitar que únicamente recuerden un indicador para determinado experimento, pues hay una gama de indicadores que pueden ayudar a realizar las valoraciones. Se realizan las curvas de valoración teóricas y se encuentra el pH en el punto de equivalencia.

Cuando los alumnos cuentan con las tres valoraciones y realizan las curvas, en Excel o a mano, según decida cada grupo, definen con la intervención del docente el intervalo de vire para un tipo de valoraciones. También realizan todo lo requerido para un patrón primario, estandarizan, saben lo que es una estandarización y con ese patrón secundario pueden valorar disoluciones de concentración conocida o de un producto comercial que sería el proyecto que da final a este curso.

Tanto para el Laboratorio de Experimental I como II, los grupos son de 25-30 personas, los equipos de trabajo son de 4 estudiantes, se fomenta el trabajo en equipo, se les da las actividades y cada uno asume un rol, uno es el jefe de equipo, otro es el secretario que se encarga de las anotaciones, otros dos se encargan de solicitar el material y lavarlo además de ir ejecutando el experimento. El jefe del equipo siempre debe estar atento que todo se lleve a cabo correctamente de acuerdo a un diseño experimental que ellos escriben, los docentes no les dan las prácticas, sino que los alumnos como van a diseñar los experimentos, por lo que se da una gama diferente de opciones como se desarrolla el experimento. Los roles se van rotando por experimento, pues todos deben aprender a dirigir un grupo, a reportar resultados correctamente y sobre todo las destrezas manuales.

En cuanto a las evaluaciones se toma en cuenta:

- El diseño experimental: el procedimiento que elaboran para el experimento.

- La actividad experimental: cómo hacen el experimento, no hay una rúbrica específica para este.
- Informe final: en grupo se realiza el análisis de resultados.
- Examen: tanto de la parte experimental, como de problemas relacionados con el tema que se desarrolla.

Como anteriormente se mencionó estos son cursos prácticos, pero se recibe una parte teórica, esta se realiza al inicio o al final de la experimentación, dependiendo del profesor. El método utilizado por la Dra. Morales promueve una parte de investigación previa al trabajo del día, donde los estudiantes deben comprender los conceptos teóricos, luego la experimentación y, por último, con los antecedentes que los mismos estudiantes buscaron y sus resultados se desarrolla la parte teórica donde los mismos estudiantes logran construir el conocimiento con la ayuda de la docente.

El análisis de resultado se va dirigiendo de forma escalonado, el primero está dirigido por el profesor, después el segundo es mediado entre el docente y los estudiantes, para el tercero y cuarto son los estudiantes que lo realizan solos, para el quinto se da nuevamente la intervención del docente pues los conceptos químicos aplicados necesitan acompañamiento.

Ahora bien, con este panorama general sobre los laboratorios de las asignaturas en estudio en las diferentes universidades, se pueden establecer diversas similitudes y diferencias con respecto a la Universidad Internacional de las Américas.

En el cuadro 1 se incluyen las características generales de dichos cursos.

**Cuadro 1. Características de los Cursos de Laboratorios de Químicas Generales según Universidades**

|  | <b>UIA</b>  | <b>UCR</b> | <b>UCM</b> | <b>UNAM</b> |
|--|-------------|------------|------------|-------------|
| <b>Créditos</b>                                      | No definido | 1          | 2          | 6           |
| <b>Cantidad de semanas</b>                           | 15          | 16         | 2          | 16          |
| <b>Horas a la semana</b>                             | 3           | 3          | 10         | 6           |
| <b>Cantidad de estudiante por grupo</b>              | 20-25       | 25         | 16-18      | 25-30       |
| <b>Trabajo Individual durante experimentos</b>       |             | ✓          | ✓          |             |
| <b>Trabajo Grupal durante experimentos</b>           | ✓           | ✓          |            | ✓           |
| <b>Cantidad de integrantes por equipo de trabajo</b> | 2 - 3       | 2 - 3      | 1          | 4           |

Fuente: Quintero, 2021.

Como se observa en el cuadro anterior la UIA no establece una cantidad de créditos para esta asignatura, ya que forma parte de la teoría, sino que establece un valor del 20% dentro del curso teórico al igual que la UCM que, aunque estiman 2 créditos para el curso, representa un 20% de la nota total de la asignatura. Caso contrario se da en la UCR y la UNAM que, al ser cursos independientes de la teoría, tienen los créditos definidos.

La cantidad total de horas de los laboratorios durante el periodo es similar en la UIA y la UCR con un total de horas de 45 y 48 respectivamente, en la UCM solo son 20 y la UNAM es la que imparte más horas prácticas con un total de 96. En cuanto a la cantidad de estudiantes por grupo se encuentra similitud entre la UIA, UCR y UNAM, únicamente la UCM cuenta con pocos estudiantes en cada grupo. Adicionalmente los equipos de trabajo están conformados por 2 o más integrantes, como máximo 4 a excepción de la UCM donde todo el trabajo se realiza de forma individual.

Tal como expresa Fortea (2019) todas estas características inciden en las metodologías que se aplican, es así como en la UCM donde el grupo es pequeño y el número de horas totales de trabajo en laboratorio es limitado se utiliza una metodología de trabajo individual, con este

número de alumnos, existe la posibilidad de interacción, de control, de supervisión individual o de realimentación entre el profesor y los alumnos, idónea para verificar que se adquieran los conocimientos planteados en los objetivos del curso en ese lapso de tiempo. A diferencia de la UIA y demás referentes, que utilizan metodologías que incluyen el trabajo en equipo.

En cuanto a los contenidos al realizar una comparativa para el curso de laboratorio de Química General I, se establecen diversas semejanzas y diferencias.

**Tabla 15. Contenidos del Laboratorio de Química General I Universidad Internacional de las Américas y los Contenidos Similares en las Universidades Referentes**

| Práctica<br>Número | Temas  |   |  |   |
|--------------------|--|---|--|---|
|                    | UIA  | UCR   | UCM  | *UNAM   |
| 1                  | Instrucciones generales, lectura de programa, normas obligatorias de estadía en el laboratorio, explicación de aspectos generales del curso, alcance de la Química experimental. | Introducción al trabajo en el laboratorio de Química. | Seguridad en el laboratorio, Manual de laboratorio.  | Introducción a la asignatura. Introducción al conocimiento y manejo de un laboratorio: Clasificación del material de laboratorio, los reactivos en el laboratorio, datos analíticos de los reactivos, manejo de residuos, equipo de laboratorio., higiene y seguridad en el laboratorio, instalaciones. |
| 2                  | Quemador Bunsen y cristalería de laboratorio.  | Quemador de Bunsen.                                   |  |   |
| 3                  | Operaciones fundamentales del laboratorio.   | Operaciones fundamentales.                            | Técnicas de separación. Purificación y cristalización de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Extracción de un soluto (yodo) de una disolución acuosa mediante otro disolvente. | **Técnicas básicas de análisis. Muestras, técnicas de purificación y separación   |

|    |                                    |   |   |                        |
|----|------------------------------------|---|---|------------------------|
|    |                                    |   | Destilación   |                        |
| 4  | Estudio de la densidad.            | Densidad.   |   | Estudio de la densidad |
| 5  | Ley de las proporciones definidas. | Ley de proporciones definidas.                              |   |                        |
| 6  | Ley de las proporciones definidas. | Ley de proporciones definidas.                              |   |                        |
| 7  | Fórmula de un hidrato.             |   |   |                        |
| 8  | Reacciones químicas.               | Cambios químicos.<br>Termoquímica.<br>Reacciones del cobre. | Reacciones ácido-base<br>Reacciones de oxidación-reducción.<br>Reacciones de precipitación.<br>Reacciones de formación de complejos   |                        |
| 9  | Disoluciones.                      | Preparación de disoluciones.                                | Preparación de disoluciones   |                        |
| 10 | Serie de actividad de los metales. | Color en la química. Serie de actividad de los metales.     |   |                        |
| 11 | Volumetría.                        |   | Aplicación cuantitativa de las reacciones químicas:<br>Análisis volumétrico.<br>Valoraciones ácido-base.<br>Valoraciones óxido-reducción<br>Agua oxigenada de 10 volúmenes:<br>Preparación y valoración |                        |
| 12 | Gases.                             |   |   |                        |

Nota \* De la UNAM no se contó con los experimentos, ya que no hubo acceso al manual lamentablemente.

\*\*Este experimento se imparte en el laboratorio de Ciencias Experimentales II

Fuente: Quintero, 2021.

En la tabla anterior se indica en la columna UIA todas las prácticas impartidas durante el cuatrimestre en el laboratorio del curso de Química General I, Q-008, en las columnas posteriores se indican los nombres de las prácticas en las universidades referentes que presentan similitudes con la UIA en esta misma asignatura.

La primera práctica es introductoria, según lo indicado por los docentes entrevistados y la observación realizada, el tema en común que se desarrolla es el de seguridad y normas en el laboratorio, este se realiza antes de ingresar a este.

En la UIA, UCR, UCM y UNAM coinciden en que el profesor mediante una lección magistral proporciona los conocimientos a los estudiantes, en la UCR adicional a ello el manual en línea proporciona los enlaces a videos referentes que ilustran los temas, además, presentan experiencias de profesores y alumnos cuando no se siguen las normas o suceden accidentes.

### Figura 9. Normas y Seguridad en el laboratorio



Fuente: Manual Laboratorio de Química General UCR

La práctica dos corresponde al experimento llamado Quemador de Bunsen tanto en la UIA como en la UCR los estudiantes deben aprender sobre el uso correcto del quemador como fuente de calor en el laboratorio, para ello practican la técnica para encender el quemador y luego cómo se usa.

El procedimiento para encender el quemador según la observación de campo realizada en la UIA y el manual de la asignatura en la UCR, es básicamente el mismo, a continuación se describe el utilizado en la UCR, tomado de la guía de experimentos, manual Laboratorio de Química General:

“Para encender el quemador debe seguir los siguientes pasos:

1. Compruebe que la llave principal del gas ubicada en la mesa de trabajo esté abierta.

2. Asegúrese que las entradas de aire y de gas del quemador estén totalmente cerradas.
3. Abra la llave de paso del gas que está conectada a su quemador.
4. Encienda un fósforo o encendedor y acérquelo al cañón del quemador.
5. Abra lentamente la válvula reguladora de gas del quemador, hasta que encienda la llama color amarillo.
6. Si se desea obtener una llama de color azul, abra la entrada de aire hasta lograrlo.”(Sección A, p10)

Para el uso del quemador en la misma guía en la sección B indica:

- “1. Encienda el quemador siguiendo los pasos anteriormente descritos, hasta obtener una llama amarilla luminosa.
2. Con la ayuda de una pinza para crisol, sostenga una cápsula de porcelana fría sobre la salida del cañón, por unos segundos. Examine el depósito negro que se forma en la cápsula. Anote las observaciones en su cuaderno.
3. Abra poco a poco la entrada de aire del quemador, observe el cambio de color de la llama y las zonas características de esta. Anote las observaciones en su cuaderno.
4. Coloque un palillo de fósforo acostado sobre la boca del tubo de quemador y observe el modo en que se quema. Anote las observaciones en su cuaderno.
5. Sostenga una esquina de cedazo (no cubierta por el asbesto) sobre la llama y baje el cedazo hasta tocarla. Observe lo que ocurre y anote las observaciones en su cuaderno” (sección B, p 10)

**Figura 10. Quemador de Bunsen**



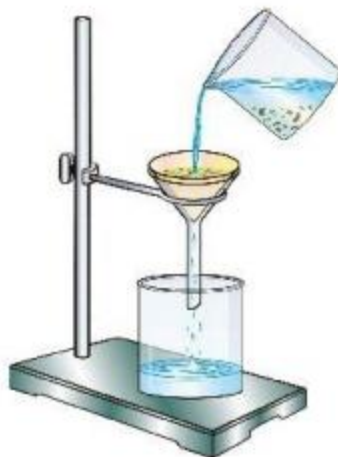
Fuente: Manual Laboratorio Química General I.UCR

La práctica tres del laboratorio de Q-008 de la UIA se denominada Operaciones Fundamentales del laboratorio, en esta los estudiantes aprenden a reconocer los tipos de mezclas y las técnicas que se realizan en el laboratorio (filtración, decantación y evaporación).

La parte experimental se basa en la separación de una mezcla de sal y arena, descrita por el profesor Alpizar, profesor a cargo del curso, de la siguiente manera:

1. Inicialmente se tara la masa de un beaker.
2. Se pesa la masa inicial de la mezcla.
3. Se mide 15.0 mL de agua
4. Se añade el agua a la mezcla y se calienta.
5. Se arma el equipo de filtración.
6. Se prepara el papel filtro, doblándolo a la mitad y de nuevo a la mitad.
7. Apenas se encuentre en ebullición se procede a decantar y filtrar.
8. Para decantar se coloca la varilla de vidrio sobre la boca del beaker y se añade lentamente el líquido, se añade un pequeño volumen de agua al residuo en el beaker, se realiza un lavado.
9. Luego de que se filtro todo el líquido, la muestra está lista para el secado.
10. Se calienta la muestra en la plantilla de calentamiento hasta que quede totalmente seco.
11. La muestra seca se deja enfriar para después pesarla en una balanza granataria.
12. Se determina la masa de sal obtenida para ello: se pesa la masa de capsula de porcelana + vidrio reloj, se pesa la masa de capsula de porcelana+ vidrio reloj + sal.
13. Se determina el % de sal y de arena en la muestra inicial.

**Figura 11. Filtración de una muestra líquido- sólido con papel de filtro cónico**



Fuente: Guía Operaciones Fundamentales, Q-008.

Este experimento con la mezcla de sal y arena también se realiza en la UCR en la práctica de Operaciones Fundamentales, prácticamente de la misma manera según la guía de experimentos, manual Laboratorio de Química General como se muestra a continuación:

“Pese aproximadamente 10 gramos de una mezcla 50:50 de arena y cloruro de sodio, colóquela en un beaker de 100 mL, agréguele 20 mL de agua medidos con una probeta y agite la mezcla con un agitador de vidrio durante un par de minutos. Prepare el papel de filtro, doblándolo a la mitad y luego de nuevo a la mitad, hasta que quede como se muestra en las figuras 2.15 y 2.16. Coloque el papel de filtro recién doblado en un embudo, sosténgalo en un anillo o en su defecto con el triángulo de arcilla sobre el anillo (figura 2.16.). Filtre la mezcla y reciba el filtrado en una cápsula de porcelana limpia, seca y previamente pesada. Coloque la cápsula con el filtrado (líquido transparente) sobre un cuadro de cedazo con asbesto y caliente con el quemador para lograr la evaporación del líquido hasta sequedad. Realice un calentamiento moderado moviendo el quemador constantemente para evitar salpicaduras. Observe el residuo en la cápsula, si se ve libre de humedad, déjela enfriar a temperatura ambiente y pésela con su contenido. Determine el peso de la sal recuperada” (p24-25).

El objetivo de esta práctica en la UCR es que el estudiante se familiarice con operaciones tales como: medir masa, medir volúmenes, disolver y con las técnicas de filtración, decantación, destilación y evaporación. Es por ello que adicionalmente los estudiantes deben realizar otros

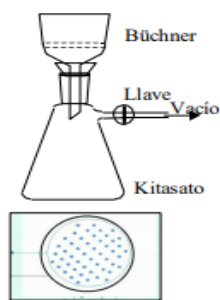
procedimiento como: medida de la masa de una sustancia (medición por diferencia y directa), medida de líquidos (lectura del menisco, medición del volumen con bureta, probeta, beaker) antes de realizar la separación de mezclas.

Además, utilizan la metodología demostrativa para abordar la técnica de destilación, donde el profesor realiza una destilación de una disolución de sulfato de cobre (II),  $\text{CuSO}_4$  y los estudiantes realizan observaciones e investigan fuera del laboratorio algunos aspectos relevantes de esta técnica.

Por su parte, la UCM posee la práctica denominada Técnicas de Separación que posee ciertas similitudes y diferencias con respecto a la práctica de operaciones fundamentales básicas de laboratorio que se realiza en la UIA, esta práctica se divide en 4 experimentos:

1. Este se denomina “Purificación y cristalización de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ” según la guía de experimentos de Química e Introducción al laboratorio de la UCM se efectúa de la siguiente manera: “Pesar 10 g de sulfato de cobre (II) pentahidrato impuro,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ / arena, y disolverlos en la mínima cantidad de agua caliente. Filtrar en caliente por filtro de pliegues y recoger el filtrado en un cristizador. Dejar enfriar y evaporar lentamente el disolvente hasta el día siguiente. Recoger los cristales por filtración a vacío, lavarlos con una mínima cantidad de agua y dejarlos secar sobre un vidrio de reloj” (p 45).

Como se puede observar se aprenden las técnicas de separación: filtración, evaporación y decantación a partir de una mezcla heterogénea ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y arena) como en la UIA. Sin embargo profundizan en algunas destrezas y técnicas empleadas, como la filtración al vacío utilizando un embudo cerámico (Büchner).

**Figura 12. Embudo de Büchner**

Fuente: Manual Laboratorio Química UCM

Un aspecto importante de destacar como se mencionó anteriormente, es que para esta práctica se requiere de dos días, esto ejemplifica los criterios de selección de metodologías al determinar los experimentos que se pueden ejecutar, pues los estudiantes al asistir diariamente al laboratorio tiene posibilidad de ejecutar experimentos de este tipo, caso contrario en la UIA que el estudiante asiste solo una vez a la semana al laboratorio.

2. Destilación de un vino comercial; se realiza de la siguiente manera según el Manual de UCM:

“Montar el equipo de destilación. Introducir 100 mL de vino comercial en el matraz de destilación y unos trozos de porcelana porosa/perlas de vidrio para regular la ebullición. Calentar hasta que comience a obtenerse un destilado. La temperatura debe estabilizarse a unos 95°C. Continuar la operación hasta obtener unos pocos mililitros de destilado.” (p 49)

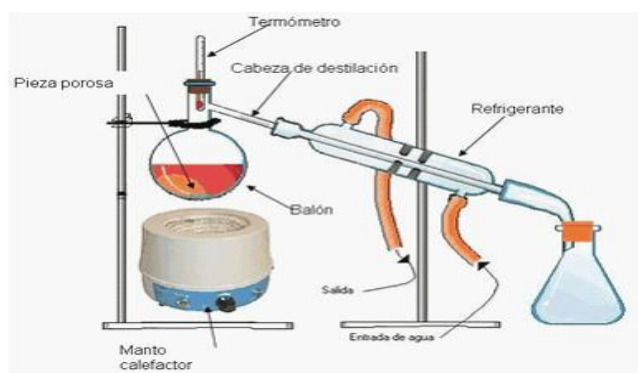
3. Destilación de agua de una salmuera cuyo procedimiento es el siguiente:

“En la salmuera el único componente volátil es el agua que vamos a recoger como agua destilada. Preparación de la salmuera: 50 mL de agua del grifo y adicionad NaCl hasta que obtener una disolución saturada. Se introducen en el matraz 50 mL de la salmuera preparada, se añaden unos trocitos de porcelana porosa/perlas de vidrio. Una vez montado el equipo de destilación, se calienta el matraz hasta que empiece a destilar. Continuar con la operación hasta que se haya eliminado en torno al 90 % del agua del matraz. Análisis de cloruros: Para observar el resultado

de la destilación ponemos en dos tubos de ensayo 1 mL de la salmuera inicial y 1mL del agua destilada. Añadir a ambos tubos una o dos gotas de una disolución de  $\text{AgNO}_3$ . Formular las reacciones correspondientes.(p 49)

Estos dos experimentos de destilación son de los pocos que se realizan en pareja, ya que no cuentan con suficiente equipo, el objetivo de estos experimentos no solo es que se aplique la técnica de destilación, sino que los estudiantes adquieran destrezas manuales para realizar el montaje del equipo y de análisis experimental de los resultados.

**Figura 13. Destilación Simple**



Fuente: Manual Laboratorio Química UCM.

- Extracción de un soluto (yodo) de una disolución acuosa mediante otro disolvente para el estudio de la técnica de decantación como método de separación y purificación, este método se utiliza con frecuencia en química orgánica por lo que no es objetivo de los laboratorios de Química General I de la UIA.

En lo que respecta a la práctica estudio de la densidad según el material suministrado por el docente de Q-008 (UIA) la práctica se realiza de la siguiente manera:

Determinación de la densidad de un sólidos (tuerca, tornillo hierro y canica de vidrio)

- Asegurar que la balanza este en cero (0,00 g)
- Determinación de la densidad de la tuerca de cobre: determinar la masa del beaker vacío, determinar la masa del beaker de 250 mL con la tuerca de cobre, añadir 50m L de agua a la probeta de 100 mL, añadir la tuerca dentro de la probeta con los 50 ml de agua. Anotar el volumen final.

3. Determinación de la densidad de canica de vidrio: determinar la masa del beaker vacío, determinar la masa del beaker de 250 mL con la canica, añadir 20 mL de agua a la probeta de 50 mL, añadir la tuerca dentro de la probeta con los 50 mL de agua. Anotar el volumen final.
4. Determinación de la densidad del tornillo hierro: determinar la masa del beaker vacío, determinar la masa del beaker de 250 mL con el tornillo, añadir 15 mL de agua a la probeta de 25 mL, añadir la tuerca dentro de la probeta con los 50 mL de agua. Anotar el volumen final.
5. Determine la masa y volumen de cada objeto, calcule la densidad de cada objeto con los resultados obtenidos.
6. Buscar el valor teórico en referencias bibliográficas y calcule el % de error de cada determinación.

#### Determinación de la densidad de un líquido (agua)

1. Determinar la masa de la probeta de 50 mL.
2. Determinar la masa de 25 mL de agua+ la probeta de 50 mL
3. Volumen de agua utilizado (25 mL)
4. Determinar la masa y volumen de agua utilizada, calcular la densidad con estos valores
5. Buscar el valor teórico en referencias bibliográficas y calcule el % de error de cada determinación.

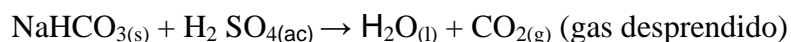
En lo que corresponde a la UCR el experimento se divide en cuatro secciones:

A) Datos provenientes de la bibliografía química: el estudiante debe anticipadamente averiguar las densidades del cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), aluminio (Al) y una sustancia de elección.

B) Determinación de la densidad: de un objeto (clavos, balines, canicas, entre otros), el procedimiento difiere al de la UIA en que para los volúmenes se trabaja con bureta en lugar de probeta.

C) Examine dos muestras de líquidos designados solamente con las letras A y B, con el mismo procedimiento que la UIA.

D) Determinación de la densidad de un gas: con un experimento para determinar la densidad del  $\text{CO}_2$  mediante la siguiente reacción:



**Figura 14. Equipo para Recolectar  $\text{CO}_2$**



Fuente: Manual Laboratorio Química General I.UCR

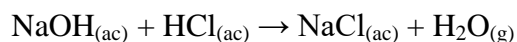
Además se efectúa una sesión virtual en la que a través de una aplicación computacional los estudiantes determinan la densidad de diferentes objetos y comprenden la utilidad que tiene la densidad en la identificación de sustancias.

La UNAM por su parte desarrolla este experimento mediante una metodología de aprendizaje constructivista en la que el estudiante inicialmente utiliza cinco objetos del mismo tamaño y este observa cómo a medida que aumenta la masa aumenta el volumen, pero hasta que realiza las gráficas con los datos obtenidos logra integrar la proporcionalidad directa que existe. Con los valores teóricos el estudiante va identificando las fuentes de error y hace las comparaciones respectivas.

De acuerdo a lo recopilado en la práctica de densidad se logran observar los diferentes enfoques y metodologías que se dan dependiendo de la universidad a una misma temática, puesto que en la UIA Y la UCR se realizan los experimentos de densidad de sólidos y líquidos utilizando procedimientos muy similares, sin embargo, la UIA utiliza elementos conocidos por el estudiante que le facilitan su uso en el laboratorio por lo que la parte de los cálculos cobra mayor relevancia, en la UCR la práctica es más extensa y detallada, además utilizan TICs para reforzar lo aprendido en el laboratorio, en cuanto a la UNAM se refleja claramente la metodología de

enseñanza que aplican; con objetos sencillos el estudiante va incorporando los conocimientos a través del método científico y se refuerza la utilización de programas computacionales como Excel para facilitar la interpretación de los datos.

En lo que concierne al experimento de la Ley de proporciones definidas tanto la UIA como la UCR realiza un experimento de forma muy similar en el cual se da la siguiente reacción:



En la guía de experimentos, manual de Química General I se describe el procedimiento así:

“Parte A. Pese y apunte la masa de una cápsula de porcelana limpia y seca, que contiene unos pocos núcleos de ebullición. Llene una bureta con la disolución de NaOH y otra con la de HCl (rotule las buretas). Siga cuidadosamente las instrucciones de su asistente y docente de laboratorio sobre los cuidados en el uso de la bureta. Anote la lectura inicial de volumen de cada bureta. Vierta cerca de 10 mL de ácido en la cápsula y añada, además, desde la otra bureta, un volumen igual de la disolución de NaOH. Registre las lecturas finales de las dos buretas. Coloque ahora la cápsula en el cedazo con asbestos sostenida en un anillo o en un trípode y caliente poco a poco para reducir el volumen casi a sequedad.

En ningún momento deben producirse pérdidas por salpicaduras. Por esta razón, la evaporación final del contenido se continúa ahora en un baño de María con agua hirviendo hasta obtener un residuo seco en la cápsula. Permita que esta se enfríe completamente y pésela de nuevo. Para asegurarse de que el residuo está completamente seco, caliente otra vez la cápsula en el baño de María durante quince minutos. Enfríela y pésela de nuevo. Repita el proceso hasta obtener un peso constante, es decir, cuando la diferencia entre pesadas sucesivas no sea mayor de 0,01 gramos.

Repita el procedimiento de la parte A, pero utilice esta vez 2 mL más de volumen de disolución de HCl y el mismo volumen de disolución de NaOH de la parte A” (p 50-51)

Tanto en la UIA como en la UCR el objetivo de este experimento es demostrar la ley de proporciones.

Con relación en la práctica de reacciones químicas en la UIA se estudia las reacciones ácido –base de la siguiente forma según la guía:

1. Colocar en tubos de ensayo 1 mL de disolución 0,1M de NaOH , KOH, NH<sub>3</sub> y Ba(OH)<sub>2</sub> .
2. Diluir cada disolución en 3 mL de agua.
3. Colocar un poco de la disolución de NaOH en el dedo índice y frotar contra la palma de la mano, anotar resultados y realizar con las otras tres disoluciones.
4. Lavar las manos.
5. Colocar varias tiras de cinta de papel tornasol rojo en el vidrio de reloj, colocar sobre papel blanco para observar mejor.
6. Con un agitador de vidrio colocar una gota la disolución de NaOH.
7. Repetir con KOH, NH<sub>3</sub> y Ba(OH)<sub>2</sub> .
8. Dividir la disolución de NaOH en tres partes iguales.
9. A una añadir tres gotas de fenolftaleína, a otras tres gotas de indicador rojo metilo y a la otra tres gotas de indicador naranja de metilo.
10. Repetir con KOH, NH<sub>3</sub> y Ba(OH)<sub>2</sub> .
11. Sostener por unos segundos una tirita de papel tornasol rojo sobre la boca de una botella de disolución concentrada de NH<sub>3</sub>. Observar lo que sucede.

En lo que corresponde a la UCR se realiza la práctica denominada Cambio Químico, cuyo objetivo es estudiar dos tipos de cambios químicos: las reacciones de precipitación y de doble desplazamiento (ácido-base), la cual incluye tres experimentos:

- a. Estudio de bases: el procedimiento se asemeja al utilizado en la UIA a excepción de los pasos 3-4.
- b. Estudio de ácidos: se repite todo el procedimiento de la parte A (excepto el último párrafo referente al NH<sub>3</sub> concentrado), pero en lugar de utilizar cuatro disoluciones de bases use las siguientes cuatro disoluciones de ácidos: ácido sulfúrico, ácido yodhídrico, ácido acético y ácido nítrico.
- c. Algunos ejemplos de precipitación: en tubos de ensayo limpios añada 1 mL de cada disolución de la lista 2, a continuación,

agregue gota a gota escurriendo por la pared del tubo la primera disolución de la lista 1.

| Lista 1   | Lista 2   |
|---|---|
| Disolución 0,1 mol/L de HI                      | Disolución 0,01 mol/L de $\text{NaNO}_3$  |
| Disolución 0,1 mol/L de $\text{H}_2\text{SO}_4$ | Disolución 0,01 mol/L de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$   |
| Disolución 0,1 mol/L de NaOH                    | Disolución 0,01 mol/L de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$   |
| Disolución 0,1 mol/L de NaCl                    | Disolución 0,01 mol/L de $\text{AgNO}_3$<br>Disolución 0,01 mol/L de $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ |

Adicional a esta práctica realizan el experimento de “El cobre y sus sales” donde el estudiante logra visualizar otras de las reacciones químicas que han sido abordadas en el curso de teoría (redox, ácido-base, precipitación y descomposición) a través de las transformaciones del cobre.

De igual manera en la UCM se realizan experimentos para las reacciones ácido- base y determinar el carácter ácido o base, fuerte o débil de diferentes compuestos (agua destilada, ácido clorhídrico 2M, hidróxido de sodio 3M, ácido acético 2M y amoníaco 2M) dependiendo del valor del pH de su disolución acuosa ( $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ ). Aparte del estudio de los diferentes indicadores, se estudian los conceptos del valor de las constantes de ionización correspondientes a  $K_a$  y  $K_b$ . También realizan experimentos para las reacciones redox, precipitación y descomposición, además de un experimento de aplicación cualitativa de las reacciones químicas donde se realizan separaciones e identificación de iones.

Con esta práctica de reacciones químicas se refleja la importancia de establecer los objetivos a la hora de aplicar una metodología, los experimentos en la UCM son más amplios y el enfoque es más profundo que la de la UIA.

Por otra parte, el experimento de disoluciones en la UIA tiene por objetivo determinar la relación directa entre una disolución saturada, sobresaturada e insaturada con la densidad; en la UCM se profundiza en el cálculo de concentraciones con los métodos habituales de expresar concentración como se muestra en la figura 13, en cuanto a la UCR, es identificar el equipo necesario para la preparación de diferentes tipos de disoluciones en el laboratorio, aprender a preparar disoluciones de distintas sustancias en el laboratorio y aprender a calcular la concentración de las sustancias en una disolución.

### Figura 13. Expresiones de Concentración

$$\text{Molaridad } M = \frac{\text{moles de } A}{\text{volumen de disolución } (A + B) \text{ en } L}$$

$$\text{Normalidad } N = \frac{\text{equivalentes de } A}{\text{volumen de disolución } (A + B) \text{ en } L}$$


$$\text{Fracción molar } \chi; \chi^A = \frac{\text{moles de } A}{\text{moles de } A + \text{moles de } B}$$

$$\text{Molalidad } m = \frac{\text{moles de } A}{\text{masa de } B \text{ (kg)}}$$

Fuente: Manual Laboratorio Química UCM

En el caso del experimento de serie de actividad de los metales en la UIA se realiza con zinc, plomo, hierro y magnesio en disoluciones de ácido clorhídrico y acetato de plomo, los estudiantes logran determinar la posición relativa de algunos metales en la serie de actividad de los metales (figura 11), en la UCR se realiza con cobre, lana de hierro, aluminio y magnesio en disoluciones de ácido clorhídrico y acetato de plomo también, los estudiantes deben estar atentos a los cambios que observan y así ordenar los metales de mayor a menor actividad.

**Figura 14. Tabla Serie Actividad de los Metales**

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + e^-$                  |   |
|   | $\text{K} \rightarrow \text{K}^+ + e^-$                    |   |
|   | $\text{Ba} \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2e^-$              | Reaccionan con agua fría para producir $\text{H}_2$ |
|   | $\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2e^-$              |   |
|   | $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + e^-$                  |   |
|   | $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2e^-$              |   |
|   | $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e^-$              |   |
|   | $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e^-$              | Reaccionan con vapor para producir $\text{H}_2$     |
|   | $\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3e^-$              |   |
|   | $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$              |   |
|   | $\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2e^-$              |   |
|   | $\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2e^-$              |   |
|   | $\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2e^-$              | Reaccionan con ácidos para producir $\text{H}_2$    |
|   | $\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2e^-$              |   |
|   | $\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2e^-$              |   |
|   | $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2e^-$                |   |
| $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e^-$                                     |  |   |
| $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + e^-$   |  |   |
| $\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}^{2+} + 2e^-$                                     | No reaccionan con agua o ácidos para producir $\text{H}_2$ |   |
| $\text{Pt} \rightarrow \text{Pt}^{2+} + 2e^-$                                     |  |   |
| $\text{Au} \rightarrow \text{Au}^{3+} + 3e^-$                                     |  |   |

Fuente: Alpizar, 2020.

En cuanto al experimento correspondiente a la volumetría tanto la UIA como la UCM realizan una volumetría ácido- base, en la UIA se realiza con NaOH y HCl mientras que en la UCM es una disolución problema de ácido acético con hidróxido de sodio, se utiliza una disolución problema ya que al ser uno de los laboratorios finales se evalúan varios aprendizajes que el estudiante debe haber adquirido a lo largo de las sesiones de laboratorio, en ambos experimentos utilizan el mismo indicador, fenolftaleína.

**Figura 15. Valoración Ácido-Base**



Fuente: Manual Laboratorio Química UCM.

Además, en la UCM realizan unas valoraciones oxidación- reducción: de ácido ascórbico (vitamina C) con una disolución patrón de  $I_2$  y de agua oxigenada de 10 volúmenes que inicialmente los estudiantes preparan y luego la valoran.

En cuanto a las singularidades de esta asignatura en cada universidad se puede señalar que la UIA posee dos experimentos que no presentan ninguna semejanza con los referentes; el experimento de “Fórmula de un Hidrato” en el cual se determina el valor de la masa del hidrato se calcular la fórmula del hidrato y se determina los moles de agua en el mol de hidrato a partir del  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ . Y el experimento de gases donde se estudia como la temperatura, el volumen influye en el comportamiento de un gas.

Se debe mencionar que la UCR imparte cuatro experimentos diferentes a la UIA, los cuales son: mediciones, cuyo objetivo es identificar la importancia de las unidades de medida, usar de forma correcta los instrumentos de laboratorio para determinar las propiedades físicas de la materia, expresar las cantidades obtenidas de las mediciones, con el número correcto de cifras significativa y utilizar los datos obtenidos de las mediciones para calcular las propiedades derivadas del sistema internacional.

La UIA sí realiza experimentos de mediciones dentro de otras prácticas, pero no incluyen longitud, ni temperatura como en esta práctica. En cuanto a las cifras significativas en la UIA este es tema a abordar con mayor detalle en cursos superiores.

Otro experimento que imparte es el de propiedades de la materia en el que se estudian el hierro, el carbón, el nitrato de potasio, a demás un experimento relacionado con las disoluciones que conducen electricidad donde se distinguen electrolitos fuertes y débiles mediante pruebas de conductividad.

**Tabla 16. Experimento de conductividad**

Fuente: Manual Laboratorio Química General I.UCR

Y, por último, el de la geometría molecular que se divide en dos: una parte es una actividad de estaciones en el laboratorio en el cual el estudiante contesta en 3 minutos las preguntas que se le plantean, después la otra sección es utilizando simuladores. El estudiante analiza seis estructuras prediseñadas del programa. Este tipo de experiencias educativas también están presentes en la UIA pero en otros cursos. Se debe recordar que al ser en la UCR este un laboratorio de servicio incluye temas de menor relevancia para Farmacia, pero importantes de abarcar en otras carreras.

En cuanto a la UCM realizan dos experimentos diferentes a la UIA, la aplicación cualitativa de las reacciones químicas: separación e identificación de iones, estados de agregación y comportamiento químico de las sustancias. Al ser solo un laboratorio de Química General y con tan solo 20 horas, no da para más, por lo que no comparte ninguna similitud con el Laboratorio de Química General II, cabe señalar que en el plan de estudios de la Carrera de Farmacia cuenta con la asignación de Química Inorgánica.

Siguiendo con los laboratorios de Química General II se pueden observar algunas semejanzas en la tabla 17 y diferencias de acuerdo a los temas que se abordan.

**Tabla 17. Contenidos del Laboratorio de Química General II en la Universidad Internacional de las Américas y los contenidos similares en las universidades referentes**

| Prácticas | Tema                         |                             |      |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|------|
|           | UIA                          | UCR                         | UNAM |
| 1         | Amoniaco y difusión de gases | Comportamiento de los gases |      |

|    |   |                                       |   |
|----|---|---------------------------------------|---|
| 2  | Peso de 22,4 litros de aire                   |                                       |   |
| 3  | Termoquímica y termodinámica                  | Espontaneidad termodinámica           |   |
| 4  | Tipos de dispersión en agua                   | Disoluciones y dispersiones           |   |
| 5  | Propiedades coligativas                       |                                       |   |
| 6  | Estudio de equilibrio químico                 | Equilibrio Químico                    | Equilibrio químico: concepto, ley de acción de masas, principio de Le Chatelier, aplicaciones en diversos sistemas. |
| 7  | Estudio de equilibrio químico (continuación)  | Ácidos, bases y sales                 | Equilibrio ácido base: ácido base, indicadores curvas de valoración.  |
| 8  | Estudio de equilibrio químico: (continuación) |                                       |   |
| 9  | Determinación de la Kps de una sal            | Solubilidad Equilibrio de solubilidad | Solubilidad   |
| 10 | Cinética Química, fundamentos                 | Cinética Química                      | Reacciones de velocidad.  |

Fuente: Quintero, 2021.

En el primer experimento concerniente al amoníaco y difusión de gases en la UIA los estudiantes realizan tres procedimientos, el primero a partir de gelatina en polvo y cal-soda se obtienen amoníaco orgánico, en el segundo estudian las sales de amonio a partir de cloruro de amonio sólido y disoluciones de hidróxido de sodio y sulfato de amonio, la tercer parte es propiamente la formación de gas  $\text{NH}_3$ , en la UCR se realiza esta última, pero el tubo se coloca primero en posición horizontal, luego en posición una vertical y por último se realiza el experimento a diferentes concentraciones.

Finalmente, con los datos obtenidos y la ley de Graham los alumnos determinan la relación entre velocidades de difusión de gases. El experimento peso de 22,4 litros de aire esta únicamente presente en la UIA, este es una aplicación de las leyes de gases.

El experimento en termodinámica y termoquímica en la UIA pretende que los estudiantes se familiaricen con las mediciones de temperatura, el uso del calorímetro y los cálculos de  $e$   $\Delta H$  para algunas reacciones, de forma similar en la UCR se realiza un experimento denominado

Cambios de estado el cual se determina el efecto de la adición del calor a un líquido y el calor de solidificación.

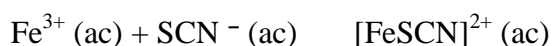
Los experimentos correspondientes a tipos de dispersión en agua y propiedades coligativas únicamente se dan en la UIA, en el caso de la UCR estos temas se abordan en niveles superiores y ya no pertenecen a las prácticas de Química General II.

El estudio del equilibrio químico y la cinética, son temas base para los laboratorios de Químicas General II, este forma parte del programa de prácticas en la UIA, la UCR Y la UNAM. En la UIA el experimento del equilibrio químico se desarrolla en tres semanas, mediante una mezcla de cantidades conocidas de acetato de etilo, agua y como catalizador, ácido clorhídrico, se requiere determinar la constante de equilibrio para la reacción reversible:

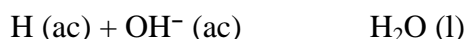
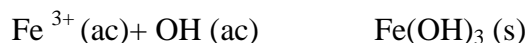


En la UCR este experimento pretende predecir de acuerdo con el Principio de Le Chatelier, el comportamiento de un sistema para ello se realizan tres experimentos:

- Cambios en la concentración de reactivos o productos: el aumento de la concentración de uno de los componentes del sistema produce un aumento de la rapidez de reacción en la dirección en que dicho compuesto sea consumido con la reacción:



Además de las reacciones competitivas s o secundarias pueden alterar las concentraciones de los compuestos participantes del equilibrio



- Cambios en la presión o volumen: el efecto de estas variables depende de la cantidad de moles de especies gaseosas presentes en el sistema, en el laboratorio se trabaja sobre el equilibrio de solubilidad del dióxido de carbono en agua.
- Cambios de temperatura: el efecto de la temperatura sobre el sistema depende de si la reacción es exotérmica o endotérmica.

Ahora bien, brindado este panorama no se puede decir que una metodología es mejor que otra, puesto que está ligada al enfoque que se le quiera dar al laboratorio, las destrezas y los conocimientos que sean objetivo, lo que sí se puede afirmar es que existe una gama de metodologías de la enseñanza- aprendizaje que están en función de beneficiar al estudiante.

Por tanto, en la UIA, la metodología colaborativa se presenta desde el inicio hasta el fin del experimento incluido la entrega del informe final, esto difiere de la UCR que también incluye esta metodología para el desarrollo de la asignatura; sin embargo, los informes se realizan de forma individual, pues de esta forma estos últimos tratan de asegurarse que cada uno de los estudiantes vaya adquiriendo los principales conocimientos del curso. Esta metodología de trabajo en equipo también provee de habilidades sociales, de interdependencia que son importantes en la actualidad.

En la UIA y en la UCR el rol del docente aún es activo, es el poseedor del conocimiento, organiza, planifica y dirige. En la UIA se han ido implementando estrategias para minimizar este paternalismo, en cursos de teoría de otras asignaturas se utiliza la metodología de aula invertida y los laboratorios de simulación que contribuyen en gran medida para dar mayor protagonismo al estudiante.

En el caso de la UNAM se utiliza la metodología cooperativa, pues el profesor asigna los roles de los integrantes del grupo, además de los conocimientos teórico-prácticos propios de la asignatura fomenta la adquisición de competencias sociales como el liderazgo, la resolución de conflictos y coordinación del trabajo en equipo para el bien común, con este método se promueve la inclusión de todos los estudiantes, además de permitir este continuo pensamiento científico en los alumnos y afianzar la autonomía y el autoaprendizaje.

Otra metodología aplicada y en común en los cursos en estudio, en todas las universidades, corresponde a las lecciones magistrales, la UIA al igual que la UCR y la UCM lo realizan al iniciar el laboratorio; sin embargo, en la UNAM se realiza al finalizar la práctica como

estrategia didáctica de construcción del pensamiento químico en los estudiantes. Cabe destacar que en la UIA integra como parte de este método la demostración.

En lo que corresponde a las metodologías de aprendizaje virtual, la UIA utiliza simuladores de experimentos de igual manera lo hace la UCR, en cuanto a la UCM no los utilizan pues consideran que no es una metodología pertinente para transmitir el aprendizaje en estas asignaturas, finalmente la UNAM los utiliza, pero únicamente como complemento de los experimentos que realizan, pues en condiciones virtuales prefieren incluir experimentos caseros para sus estudiantes.

El último aspecto a detallar en esta investigación hace referencia a las competencias y habilidades adquiridas en los laboratorios de Química General; en los últimos años se ha manifestado una necesidad por un cambio de enfoque de la educación a nivel superior. La enseñanza de la química también se encuentra en este proceso de desarrollo, donde no solo es importante la comprensión, sino la adquisición de destrezas precisas para que los estudiantes se desenvuelvan competentemente (Viera, Ramírez, & Fleisner, 2017).

Por esta razón se recopilan las competencias adquiridas en las universidades referentes y la UIA a continuación:

**Tabla 18. Competencias Adquiridas en los Laboratorios de Química General I y II**

| Universidad                                      | Competencias  |
|--|---|
| <b>Universidad Internacional de las Américas</b> | Competencia Práctica<br>Aplicar con rigor los métodos de observación, medida y documentación de los procedimientos de trabajo en el laboratorio.<br><br>Competencia de investigación<br>Indagar en bases de datos y revistas académicas para la recopilación de información inherente al tema en estudio, siguiendo el formato de citación APA.   |
| <b>Universidad de Costa Rica</b>                 | Desarrollar habilidades del quehacer científico.<br>Fortalecer destrezas psicomotoras en el manejo de cristalería básica y equipo de laboratorio.<br>Fortalecer destrezas en la administración y uso del espacio y el tiempo en el laboratorio.<br>Estimular la aplicación de criterios científicos en la toma de decisiones en ambientes experimentales.<br>Estimular la comunicación asertiva en la producción de argumentos consistentes con la práctica científica.<br>Concientizar al estudiante del trabajo seguro y correcto con sustancias químicas mediante la evaluación de riesgos y seguridad de los procedimientos experimentales                      |
| <b>Universidad Complutense</b>                   | Básicas, generales y transversales<br>Competencias específicas<br>CEQ3.- Llevar a cabo procesos de laboratorio estándar incluyendo el uso de equipos científicos de síntesis y análisis, instrumentación apropiada incluida.<br>CEQ4.- Estimar los riesgos asociados a la utilización de sustancias químicas y procesos de laboratorio.<br>CEQ6.- Conocer y comprender las características de las reacciones en disolución, los diferentes estados de la materia y los principios de la termodinámica y su aplicación a las ciencias farmacéuticas.<br>CEQ12.- Conocer la estructura atómica y la relación entre las configuraciones electrónicas y las propiedades |
| Universidad Autónoma de México                   | No se especifican   |

Fuente: Quintero, 2021.

En la tabla anterior a excepción de la UNAM, se muestra la similitud en la que las competencias de los laboratorios de Químicas Generales están enfocadas en las diferentes universidades según sus programas.

Cabe destacar ciertos puntos relevantes:

Las competencias establecidas para estas asignaturas en la Universidad de Costa Rica se decidieron entre los coordinadores de los laboratorios, y estas fueron revisadas por pares externos cuando éstos supervisaron el procedimiento de acreditación. La Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica recibió su sexta reacreditación por el Sistema Nacional de Educación Superior en el 2017 y está vigente hasta el 2023. (UCR 2021)

Asimismo, el profesor M.sc. Hermes Alvarado indicó que no considera que se deba agregar ninguna competencia o cualquier otra destreza, pues son cursos introductorios, además señala que competencias más específicas es mejor que se aprendan con profesionales en farmacia.

Por otro lado, las competencias en la Universidad Complutense están establecidas en el marco del Proceso de Bolonia, una reforma universitaria establecida en 1998, en el cual se fijó el marco en el que se debía desarrollar la educación superior en Europa, en este se estableció un sistema de titulaciones comparables y comprensivas, se implementó un sistema común de créditos que promueve la movilidad (de estudiantes, profesores, investigadores y personal de administración) así como facilitar la cooperación europea para asegurar la calidad con el objetivo de desarrollar criterios y metodologías comparables (Sánchez, 2020).

El Dr. Doadrio señaló que en este acuerdo de Bolonia se acordó hacer agencias nacionales, para España es la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), las competencias son enviadas a esta institución todos los años para la verificación y rectificación. Las competencias son todas iguales para química general y química inorgánica, en toda España y Europa.

Con respecto a la Universidad Autónoma de México la profesora Dra. Marina Morales indica que las competencias son intrínsecas de la labor en la asignatura y no se señalan como tales en los programas del estudiante.

En cuanto a las habilidades que se pueden desarrollar en los laboratorios de Químicas Generales basados en Reyes et al (2019), se consultó a los docentes expertos las que aplican para las asignaturas que coordinan y se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 19. Habilidades Desarrolladas en los Laboratorios**

| Habilidades desarrolladas en los laboratorios  | UIA | UCR | UCM | UNAM |
|--|-----|-----|-----|------|
| Formula preguntas de investigación   | ✓   |     |     | ✓    |
| Anticipa los resultados experimentales   |     | ✓   | ✓   | ✓    |
| Formula hipótesis que se han de comprobar  | ✓   |     |     | ✓    |
| Diseña métodos de observación y medida   | ✓   |     |     | ✓    |
| Propone un diseño experimental   |     |     |     | ✓    |
| Prepara los instrumentos necesarios  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓    |
| Realiza observaciones y medidas  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓    |
| Utiliza aparatos, aplica técnicas  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓    |
| Registra datos y sus observaciones durante el experimento  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓    |
| Hace cálculos numéricos  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓    |
| Explica o toma decisiones sobre una técnica experimental   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓    |
| Trabaja según su propia planificación sin modificarla  |     |     |     | ✓    |
| Supera por sí solo los obstáculos y dificultades   | ✓   |     |     | ✓    |
| Mantiene el laboratorio ordenado y utiliza las normas de seguridad   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓    |
| Verifica, compara y de ser necesario corrige su acción con base en sus predicciones y la aportación teórica. |     |     |     | ✓    |
| Aprecia relaciones, interpreta datos, saca conclusiones  | ✓   | ✓   | ✓   | ✓    |
| Determina la precisión de los datos experimentales   |     |     |     | ✓    |
| Analiza las limitaciones o suposiciones inherentes al experimento  |     |     |     | ✓    |
| Formula o propone una generalización o modelo  |     |     |     | ✓    |

|  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| Explica los descubrimientos realizados y los relaciona                         | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Formula nuevas preguntas o redefine problema a partir de los resultados        |   |   |   |   |
| Hace predicciones con base en los resultados de investigación                  |   |   |   | ✓ |
| Formula hipótesis (conclusiones) basadas en los resultados de la investigación |   |   |   | ✓ |
| Aplica técnicas experimentales a un nuevo problema                             | ✓ |   |   | ✓ |
| Sugiere ideas o posibilidades para continuar con la investigación              |   |   |   |   |

Fuente: Reyes et al (2019)

Tanto la UIA como las universidades referentes coincidieron en algunas destrezas que los estudiantes pueden construir en el laboratorio que facilitan un pensamiento de orden inferior, son aquellas que están relacionadas con conocer y aplicar, relacionadas con los procedimientos que se dan en el laboratorio.

Adicionalmente la UIA presenta varias semejanzas en habilidades de pensamiento de orden superior con las indicadas por la UNAM, aquellas en las que el estudiante desarrolla conocimiento y entendimiento de las ideas científicas. Sin embargo, se denota que la UNAM promueve una línea más completa para la construcción integral de habilidades en los estudiantes que están cursando estas asignaturas de primer año.

Finalmente como señala Cañas (2019) el trabajo práctico en laboratorio, 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.

A partir de ello y como resultado del proceso investigativo de las metodologías aplicadas en los laboratorios de Químicas Generales en las diversas universidades, surge una propuesta metodológica activa que favorece el desarrollo de las competencias para establecer en estas asignaturas en la Universidad Internacional de las Américas denominado Aprendizaje Basado en Problemas (anexo 4).

La propuesta metodológica Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se ha convertido en una alternativa atractiva para ejecutar los cambios en los modelos de la educación superior, en particular porque el entorno es propicio para el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior, como el pensamiento crítico, además permite el trabajo colaborativo en equipos, la capacidad investigativa y el aprendizaje autónomo (Vardona & Barrios, 2017).

Con el cambio de concepción de la educación como transmisión unilateral de conocimiento a la visión de la educación como proceso dinámico de construcción de saberes. El estudiante pasó a ser el actor principal del acto pedagógico, de manera que se requiere de este una mayor participación en la teorización y la construcción del conocimiento como sucede con el método de ABP.

Algunas características de este modelo se describen a continuación:

- El ABP es un enfoque centrado en el estudiante, quien es el que determina lo que necesita aprender. Corresponde a los alumnos identificar los aspectos claves de los problemas que enfrentan.
- El aprendizaje se produce en pequeños grupos de estudiantes, que llegan a conformar una pequeña comunidad de investigación, los participantes se escuchan entre sí y están abiertos a diferentes puntos de vista, mediante la colaboración llegan a una conclusión razonable.
- Los problemas inician el proceso desestructurado y con cierto nivel de incertidumbre para que pongan en práctica el razonamiento tanto de las causas como de las formas de resolverlo.
- La selección de problemas debe realizarse en función de su autenticidad, lo que implica que estén alineados con la práctica profesional.
- Los profesores actúan como facilitadores y tutores.

En cuanto a las metas de este método ABP se puede indicar:

- Desarrollo de habilidades para la resolución de problemas, tanto en la adquisición como en la aplicación del conocimiento en diferentes situaciones.
- Desarrollo del pensamiento crítico y de la capacidad de analizar y resolver problemas complejos del mundo real.

- Desarrollo de habilidades en la búsqueda, evaluación y uso de recursos de aprendizaje apropiados.
- Desarrollo de habilidades, valores y actitudes para el trabajo colaborativo en equipo y grupos pequeños.
- Desarrollo de habilidades para el aprendizaje autónomo, autodirigido y continuo.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. Las principales metodologías de enseñanza de los laboratorios de Química General I y II de la carrera de Farmacia de la Universidad Internacional de las Américas combinan el modelo tradicional de aprendizaje, las lecciones magistrales y las metodologías demostrativas en las cuales el docente suministra información organizada y asequible para todos los estudiantes a la vez que logra conectar los conocimientos previos y así combinar la teoría con la práctica. Con metodologías activas donde los estudiantes tienen mayor protagonismo en la construcción de su aprendizaje, además, de promover la adquisición de otras destrezas como el trabajo en equipo, la autonomía, el autoaprendizaje, necesarias en la actualidad, además de aquellas metodologías virtuales que hoy en día facilitan el acceso al aprendizaje desde cualquier escenario.

2. Las metodologías aplicadas para los cursos de laboratorio de Química General I y II en la Universidad Internacional de las Américas tienen similitud con el referente nacional, Universidad de Costa Rica, como con los referentes internacionales; Universidad Complutense y la Universidad Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán en cuanto a la aplicación de lecciones magistrales.

El modelo de aprendizaje de la Universidad de Costa Rica es más conductista y tradicional, al condicionar al estudiante a realizar las actividades ya propuestas y definidas, lo que fomenta que tenga una conducta como receptor y apoyar su aprendizaje en la memorización, que el de la Universidad Internacional de las Américas, por otro lado, la Universidad Complutense promueve el trabajo más individualizado y autónomo, en cuanto a la Universidad Autónoma de México se establece un modelo de aprendizaje constructivista en el cual los alumnos hacen continuamente sus propias síntesis ordenadas de los conocimientos a partir de la experiencia. El alumno es quien construye, enriquece, modifica, diversifica y coordina sus esquemas.

3. El enfoque basado en competencias es una propuesta de formación integral para los estudiantes, en una formación en la que el aprendizaje debe ser vinculado con el ejercicio de la profesión, desarrollando competencias tanto genéricas como específicas, con el propósito de

formar profesionistas con conocimientos tanto científicos como técnicos, habilidades y destrezas así como la capacidad de aplicarlos en contextos diversos y complejos, integrando actitudes y valores en su actuar personal y profesional.

Tanto en la Universidad Internacional de las Américas como en las universidades referentes se plantean competencias para las asignaturas de los laboratorios de Químicas Generales como son la organización y toma de decisiones , destrezas manuales, procedimiento y actitudes investigativas, comprensión conceptual, actitudes sociales y gestión de la información, así como una serie de habilidades que no solo le permiten al estudiante la ejecución de los experimentos, sino desarrollar habilidades de pensamiento de orden inferior, superior y químico.

## **Recomendaciones**

Se podría valorar la posibilidad de que los estudiantes de Farmacia continúen con la investigación en metodologías aplicables a los laboratorios, así como de prácticas de laboratorio que complementen la metodología actual.

Se sugiere a la Facultad de Farmacia implementar dentro de las asignaturas de los cursos de Laboratorios de Químicas Generales una sesión tipo seminario para el abordaje del método científico y la investigación que involucre a los estudiantes desde el inicio de su formación en la construcción del conocimiento y el quehacer científico.

Se recomienda a la Facultad de Farmacia implementar cada vez más las metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas (ABP), para lograr la formación de profesionales con un perfil de competencias para la vida, con valores y actitudes, con habilidades y conocimientos, puestos en movimiento para el bienestar personal, profesional y social.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcalde, I. (2016). Principios básicos de Química Inorgánica. Universidad Autónoma del Estado de México, México.

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65303/secme16862.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Almenares, I., Guerra, I., Bello Pauli, L. A., Caballero, M., Gómez, M., & Pilpo, R. (2005). Nuevas concepciones en la organización y desarrollo de las actividades prácticas en Química General para Farmacia. *Educacion Química*, 16 (2), 331-337.

<http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66125/58037>

Amo, E., Jareño, F., Lagos, M. G., & Tobarra, M. Á. (2014). Las nuevas metodologías docentes y su repercusión en los planes de estudio. *Innovar*, 24(54), 231-249.

Asún, R., Zúñiga, C & Ayala, M. (2013). Students and competencies formation: convergences and divergences in constructing the ideal teacher. *Calidad en la educación*, (38), 277-304. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-45652013000100008>

Avilés, L. B. (2017). El enfoque interdisciplinario a través de una alternativa didáctica en la química general I. *Roca: Revista Científico-Educaciones de la provincia de Granma*, 13(2), 50-60.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6759758>

Belando-Montoro, M. (2017). Aprendizaje a lo largo de la vida. Concepto y componentes. *Revista iberoamericana de educación*, 75, 219-234.

<https://rieoei.org/historico/documentos/rie75a11.pdf>

Berg, J. M. Tymoczko, J. L. y Stryer, L. (2014). *Bioquímica: curso básico* (2a. ed.). Editorial Reverté. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/147925>

Brito Arias, M. A. (2008). *Introducción a la química orgánica y síntesis de fármacos*. Instituto Politécnico Nacional. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/101715>

Brown, T. L., LeMay Jr, H. E., Bursten, B. E., & Burdge, J. R. (2012). *Química: la ciencia central*. Pearson educación.

Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación química*, 29(1), 21-54.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v29n1/0187-893X-29-01-21.pdf>

Caballero, S, *Introducción a la Química Analítica*. (2013). Universidad Nacional Litoral. Argentina.

Cano, M. C. (2019). ABP: repensando los laboratorios de química. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 17(2), 4.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7198330>

Capparelli, A. (2013). Físicoquímica básica. Editorial de la Universidad de Plata.  
[https://www.researchgate.net/publication/346248042\\_Fisicoquimica\\_basica](https://www.researchgate.net/publication/346248042_Fisicoquimica_basica)

Campillo, N. Introducción al Análisis Químico. (2011). Universidad de Murcia, España  
<https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-1.pdf/1c49a077-8b02-405d-9100-ee5f7f1b1b7b>

Chang, R y Goldsby, K. A. (2017). Química (12a. ed.). McGraw-Hill España.  
<https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/36611>

Chopra, I., O'Connor, J., Pancho, R., Chrzanowski, M., & Sandi, S. (2017). Reform in a general chemistry laboratory: how do students experience change in the instructional approach? Chemistry Education Research and Practice, 18(1), 113-126.

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2017/rp/c6rp00082g>

Clavería, A. V. (2018). Enfoques de aprendizaje y enfoques de enseñanza en la educación superior chilena: un análisis comparativo. Tendencias pedagógicas, (31), 127-136.

Donaghy, K. J., & Saxton, K. J. (2012). Service learning track in general chemistry: Giving students a choice. Journal of Chemical Education, 89(11), 1378-1383.

<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed200344z>

Espinosa-Ríos, E. A., González-López, K. D., & Hernández-Ramírez, L. T. (2016). Las prácticas de laboratorio. Entramado, 12(1), 266-281.

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/477/379>

Forteza Bagán, M. Á. (2019). Metodologías didácticas para la enseñanza/aprendizaje de competencias.

Fuentealba-Torres, M., & Nervi Haltenhoff, H. (2019). Implicaciones de los estilos de aprendizaje en el uso de didácticas en la práctica docente. *Avances en Enfermería*, 37(2), 189-197.

García, A. E. (2018). Estilos de aprendizaje y rendimiento académico. *Revista Boletín Redipe*, 7(7), 218-228.

Gajardo, F. G., Grandón, G. F., & Gfell, L. C. (2015). Aprendizaje y rendimiento académico en educación superior: un estudio comparado. *Actualidades investigativas en educación*, 15(3).

<https://www.redalyc.org/pdf/447/44741347019.pdf>

Gómez, L. (2010). Un espacio para la investigación documental. *Revista Vanguardia Psicológica Clínica Teórica y Práctica*, 1(2), 226-233.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4815129>

Gómez, M., Pupo, R., Caballero, M., Ruiz, N., & Almenares, I. (2006). Resultados del trabajo científico metodológico desarrollado en la disciplina de química general e inorgánica de la Carrera de Farmacia. *Revista Cubana de Química*, 18(2), 252-260.

<https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543704081.pdf>

González, J. A. (2012). La clasificación de los métodos de enseñanza en educación superior. Contextos educativos. Revista de educación, (15), 93-106.

<https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/contextos/article/view/657/620>

González, S. Toledo, J y Bustamante, J. (2019). Físicoquímica: un nuevo enfoque por competencias. Grupo Editorial Patria.

<https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/121279>

Gutiérrez Franco, M & López Cuevas, L. (2012). Química inorgánica: aprende haciendo (3ª ed). Pearson Educación.

<https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/37872>

Hernández-Junco, L., Machado-Bravo, E., Martínez-Sardá, E., Andreu-Gómez, N., & Flint, A. (2018). La práctica de laboratorio en la asignatura Química General y su enfoque investigativo. Revista Cubana de Química, 30(2), 314-327.

<http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v30n2/ind12218.pdf>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México: McGraw Hill.

Hernández, L., Machado, E., Martínez, E., Andreu, N., & Flint, A. (2018). La práctica de laboratorio en la asignatura Química General y su enfoque investigativo. Revista Cubana de Química, 30(2), 314-327.

Hernández, R., Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. México: McGraw Hill.

Herrera, O. B., & Barriga, F. D. (2011). Enfoques de aprendizaje en el bachillerato de la UNAM. Revista Intercontinental de psicología y Educación, 13(1), 115-132.

Hofstein, A. (2017). The role of laboratory in science teaching and learning. In Science education pp. 355-368. Brill Sense.

Katz, M. (2017). Temas de Química Física. Asociación Química Argentina.  
[https://www.researchgate.net/publication/321253015\\_Temas\\_de\\_Quimica\\_Fisica](https://www.researchgate.net/publication/321253015_Temas_de_Quimica_Fisica)

Koster, A., Schalekamp, T., & Meijerman, I. (2017). Implementation of competency-based pharmacy education (CBPE). Pharmacy, 5(1), 10.

<https://www.mdpi.com/2226-4787/5/1/10/htm>

Llorens, A. (2007). La contextualización del trabajo de laboratorio. Una propuesta para un curso universitario de Química General. Educación Química, 18(4), 259-267.

<http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/65872/57816>

López Aguado, M., & López Alonso, A. I. (2013). Los enfoques de aprendizaje. Revisión conceptual y de investigación: Theoretical and Research Review. Revista Colombiana de Educación, (64), 131-153.

López Torres, M. J. (2010). Conceptos, básicos de química analítica y sus aplicaciones. Instituto Politécnico Nacional. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/72806>

Llanes, M, Molina, R., & Aguado, I. (2020). Cambio metodológico para favorecer el Aprendizaje de la química General. *Revista Varela*, 20(55), 130–144.

Loría, P. I. G. (2013). La evaluación de los aprendizajes en la sección de química general de la Escuela de Química, de la Universidad de Costa Rica. *Revista Electrónica" Actualidades Investigativas en Educación*, 13 (3), 1-28.

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/aie/v13n3/a13v13n3>

Mancebo-Rivero, O. D., Moreno-Toiran, G., & Miguel-Guzmán, V. D. (2018). Metodología para la formación experimental del profesional de la carrera Licenciatura en Educación Química. *Revista Cubana de Química*, 30(1), 13-26.

<http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v30n1/ind02118.pdf>

Marín Ferrer, G. (2012). *Química general: guía del estudiante*. Editorial Universitaria. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/71538>

McKee T, & McKee J.R, (2020). *Revisión básica de química general y orgánica. Bioquímica. Las bases moleculares de la vida*, 7e. McGraw Hill.

<https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2971&sectionid=251481009>

Medina, J. (2016). *Guía metodológica para la evaluación de los aprendizajes*.

Méndez, A., & Astudillo, M. (2008). La investigación en la era de la información. Trillas. México.

Monje, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Neiva, Colombia: Universidad Surcolombiana.

<https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

Moreira, M. A. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo?

<http://revistas.ute.edu.ec/index.php/eidos/article/view/88/81>

Müller-Esterl, W. (2020). Bioquímica: fundamentos para medicina y ciencias de la vida. Editorial Reverté. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/129564>

Muñoz, D. R., & Araya, D. H. (2017). Los desafíos de la evaluación por competencias en el ámbito educativo. *Educação e Pesquisa*, 43(4), 1073-1086.

<https://www.scielo.br/pdf/ep/v43n4/1517-9702-ep-S1678-4634201706164230.pdf>

Paredes, R. Yates, B. y Zuluaga, H. F. (2011). Introducción a la química orgánica: Tomo I. Programa Editorial Universidad del Valle. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/129510>

Pérez Serrano, G. (2004). Modelos de Investigación cualitativa en educación social y animación sociocultural, aplicaciones prácticas. Madrid, España: Nancea.

Pérez Villalobos, M. V., Valenzuela Castellanos, M. F., Díaz Mújica, A., González-Pienda García, J. A., & Núñez Pérez, J. C. (2011). Disposición y enfoques de aprendizaje en estudiantes universitarios de primer año. *Universitas psychologica*.

PhET. University of Colorado (2021). <https://phet.colorado.edu/es>

Pievi, N. y Bravin, C. (2009) Documento metodológico orientador para la investigación educativa. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación Argentina.

<http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002541.pdf>

Pinto, G. Rivero, C (2014) La química, una ciencia imprescindible. *Revista Universidad Politécnica de Madrid*.(8), 8-13

Piñeiro-Alonso, E. (2021). Trabajos independientes de Química General I dirigidos hacia las carreras universitarias. *Revista Cubana de Educación Superior*, 40(2).

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0257-43142021000200016](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142021000200016)

Pires, C., & Cavaco, A. (2019). Scoping Pharmacy Students' Learning Outcomes: Where Do We Stand?. *Pharmacy*, 7(1), 23.

<https://www.mdpi.com/2226-4787/7/1/23/htm>

Puello, S. C., Hernández, L. F. H. F., Jaraba, K. S., & Santana, N. R. (2019). Los estilos de aprendizaje y su utilidad en la educación superior. *Revista Adelante-Ahead*, 8(1).

Reyes, F., Cafaggi, C., & Llano, M. (2019). Evaluación y aprendizaje basado en habilidades de pensamiento en un curso de laboratorio de química general. *Educación química*, 30(3), 79-91. <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v30n3/0187-893X-eq-30-03-79.pdf>

Rodríguez, Y., Molina, V., Martínez, M., & Molina, J. (2014). El proceso enseñanza-aprendizaje de la química general con el empleo de laboratorios virtuales. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 5(1), 67-79.

<https://www.redalyc.org/pdf/3236/323630173007.pdf>

Rua, A. M. L., & Alzate, Ó. E. T. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8(1), 145-166.

<https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf>

Rubush, D. M., & Stone, K. L. (2020). A Learning Community Involving Collaborative Course-Based Research Experiences for Foundational Chemistry Laboratories. *Education Sciences*, 10(4), 117

<https://www.mdpi.com/2227-7102/10/4/117/htm>

Sánchez, A. V. (2020). Aprendizaje Basado en Competencias: desarrollo e implantación en el ámbito universitario. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 18(1), 19-46.

Santos, M. (2020). La enseñanza de la química basada en contexto como elemento motivador en el Laboratorio de Química General I: un estudio de caso a nivel universitario. Tesis Doctoral. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico.

<https://repositorio.upr.edu/handle/11721/2094>

Santos, S. E. (2010). *Introducción a la Historia de la Química*. Editorial UNED.

SINAES. (2011). *Guía para la autoevaluación de carreras con fines de acreditación oficial*. San José, Costa Rica: SINAES

Simes, L. E. (2020). *Introducción a la bioquímica: interpretación de análisis clínicos*. Jorge Sarmiento Editor - Universitas. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/172171>

Smith, J. R., Chung, M. K., Sadouq, S., & Kandiah, A. (2017). Learners' Perspectives on Pure Science Content in Vocational Degree Programs: Chemistry for Pharmacists. *Science Education International*, 28(3), 182-189.

<https://eric.ed.gov/?id=EJ1160625>

Soler, M. G., Cárdenas, F. A., & Hernández-Pina, F. (2018). Enfoques de enseñanza y enfoques de aprendizaje: perspectivas teóricas promisorias para el desarrollo de investigaciones en educación en ciencias. *Ciência & Educação (Bauru)*, 24, 993-1012.

Tortajada Genaro, L. A. (2014). *Un preámbulo a la química general*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/57375>

Tovar-Gálvez, J. C., & Cárdenas Puyo, N. (2012). La importancia de la formación estratégica en la formación por competencias: evaluación de las estrategias de acción para la solución de problemas. *Revista electrónica de investigación educativa*, 14(1), 122-135.

Universidad Autónoma de México, 2021. Laboratorio de Ciencias Experimentales I.

chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.cua  
utitlan.unam.mx%2Flicenciaturas%2Ffarmacia%2Fdescargas%2F1148\_CIENCIAS\_EXPERIME  
NTALES.pdf&cflen=171309&chunk=true

Universidad Complutense de Madrid, 2021. Guía prácticas de Laboratorio Químico.

[http://147.96.70.122/Manual\\_de\\_Practicas/home.html](http://147.96.70.122/Manual_de_Practicas/home.html)

Universidad de Costa Rica. (2021). Manual de Laboratorio de Química I.

[http://quimica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/03/laboratorio\\_quimica\\_general-01.pdf](http://quimica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/03/laboratorio_quimica_general-01.pdf)

Universidad de Costa Rica. (2021). Manual de Laboratorio de Química II.

[http://quimica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/03/laboratorio\\_quimica\\_general\\_02.pdf](http://quimica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/03/laboratorio_quimica_general_02.pdf)

Universidad Internacional de las Américas.(2021). Historia y símbolos.  
<https://uia.ac.cr/sobre-uia/historia-y-simbolos>

Valencia, L. I. (2014). Estilos de Aprendizaje: una apuesta por el desempeño académico de los estudiantes en la Educación Superior. Encuentros, 12(2), 25-34.

Valverde, V. Á., & Elizondo, P. H. (2017). Experiencia de aprendizaje en la transmisión de conocimientos teóricos y prácticos con aplicación de una evaluación formativa en laboratorios de química. Revista Infancia, Educación y Aprendizaje, 3(2), 513-517.

Vega Botto, A., & Solís Torres, L. D. (2018). Sustitución de una práctica de Laboratorio con enfoque a " Química Verde" como herramienta para la reducción de residuos peligrosos. *Educación química*, 29(1), 110-120.

Viera, L. I., Ramírez, S. S., & Fleisner, A. (2017). El laboratorio en Química Orgánica: una propuesta para la promoción de competencias científico-tecnológicas. *Educación química*, 28(4), 262-268.

Villa, J. (2020). Evaluación del nivel de desarrollo de las competencias del perfil de egreso de los estudiantes de la carrera profesional de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM. Tesis doctoral, Universidad Técnica de Machala, Perú.

[http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/14640/Cortez\\_sl.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/14640/Cortez_sl.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Wade, L. (2012). *Química orgánica. Volumen 1 (7a. ed.)*. Pearson Educación. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/37869>

## APÉNDICE

Anexo 1. Guía para las entrevistas mediante reunión virtual.

Buenas días profesor(a), muy agradecida por brindarme este espacio y su disponibilidad para contribuir con mi proyecto.

Como le indiqué en el correo mi proyecto es sobre EVALUACIÓN DIAGNÓSTICA Y FORMATIVA DE LAS METODOLOGÍAS DE APRENDIZAJE DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LOS CURSOS DE QUÍMICA GENERAL I Y II DE LA CARRERA DE FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS ÁMERICAS, EN RELACIÓN CON REFERENTES NACIONALES E INTERNACIONALES EN EL PERIODO DE SETIEMBRE 2020 - MAYO 2021.

Para comenzar desearía que me comente sobre su trayectoria como académica y como docente:

1. Formación académica.

2. Experiencia en docencia.

3. Cursos que ha impartido.

En cuanto a los laboratorios de Química General me puede indicar:

4. ¿Cuáles son las metodologías de aprendizaje utilizada en el laboratorio de Química General?

5. ¿Las asignaturas están programadas para un ciclo semestral o de cuatrimestre?

6. ¿Cuántas sesiones tiene en total el curso?

7. ¿Cuál es la duración de cada sesión?

En cuanto al trabajo propiamente en el laboratorio:

8. ¿Cuál es la conformación de los equipos de trabajo?

9. ¿Cómo se evalúa a los estudiantes?

10. ¿En cuál literatura se basan de las practicas desarrolladas? ¿Poseen guías o manuales?

11. ¿Cuándo fue la última vez que se realizó una revisión o modificación del curso?  
¿Cada cuanto se realiza?

En cuanto a las competencias:

12. ¿Cuáles son? ¿Son suficientes, actuales?

13. ¿Son suficientes para el buen desarrollo como profesional en farmacia?

En cuanto a la pandemia y virtualidad:

14. ¿Cómo manejan la virtualidad?

15. ¿Cuáles programas utilizan? Los recursos para dichos programas tienen costos elevados, alguna limitante

Muchas gracias por su tiempo

Anexo 2. Cuestionario aplicado en línea



## Cursos de laboratorio de Química General I y II para la carrera de Farmacia

Estimado Profesor M. Sc. Hermes Alvarado Montero. Le agradezco el tiempo y dedicación brindada para la realización de mi trabajo de tesis. A continuación, le presento una serie de preguntas sobre su experiencia y conocimiento de los cursos de Laboratorio de Química General I y II para la carrera de Farmacia.

El nombre y la foto asociados a tu cuenta de Google se registrarán cuando subas archivos y envíes este formulario

¿No es tuya la dirección [katquint23@gmail.com](mailto:katquint23@gmail.com)? [Cambiar de cuenta](#)

[Siguiete](#)

### Formación académica

Comente acerca de su formación académica

Tu respuesta

---

[Atrás](#)

[Siguiete](#)

### Experiencia en docencia

¿Cuántos años tiene de ser docente?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Cuáles cursos ha impartido?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Atrás

Siguiente

### Metodologías de Aprendizaje en cursos de Laboratorio Química General I y II

¿Cuántos estudiantes, aproximadamente, se matriculan por semestre en los cursos de Laboratorio de Química General para la carrera Farmacia?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Cuántos estudiantes hay, aproximadamente, en cada grupo de laboratorio?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Con respecto a los recursos económicos que se destinan a estos laboratorios, ¿Cuál es el monto aproximado anual? ¿Es suficiente?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Cuáles son las metodologías de aprendizaje aplicadas en los cursos de laboratorio? Por favor explique cada una

Tu respuesta

---

¿La infraestructura de los laboratorios favorece los métodos de aprendizaje?

Tu respuesta

---

¿La cantidad de instrumentos para el desarrollo de las prácticas de los laboratorios son suficientes?

Tu respuesta

---

¿Los instrumentos para el desarrollo de las prácticas de los laboratorios se encuentran en condiciones adecuadas?

Tu respuesta

---

Para el desarrollo de los laboratorios se trabaja:

- Individualmente
- En grupos
- Ambos

Atrás

Siguiente

### Sección sin título

¿Cuál es la cantidad de miembros en cada grupo?

Tu respuesta

---

Atrás

Siguiente


### Prácticas del Laboratorio

Indique los temas de las prácticas que se realizan en el laboratorio o puede subir un documento relacionado en la siguiente pregunta.

Tu respuesta

---

Si gusta puede subir uno o varios archivos relacionados con los temas y/o prácticas en los laboratorios


 [Añadir archivo](#)

Indique cuál es la bibliografía utilizada para las prácticas. ¿Poseen un manual o guía de prácticas? ¿Cuál es?

Tu respuesta

---

Si gusta puede subir uno o varios archivos relacionados con la bibliografía o manual de prácticas.

 [Añadir archivo](#)

¿Se realizan revisiones y/o actualizaciones del curso?

Sí

No

¿Cada cuánto tiempo realizan las actualizaciones de los cursos?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Cuándo fue la última vez que realizaron la actualización de los mismos?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿ Quién está a cargo de dichas revisiones y/o actualizaciones?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

### Competencias de aprendizaje

¿Cuáles son las competencias de aprendizaje que estos laboratorios brindan a los estudiantes?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Cómo determinan las competencias de aprendizaje? ¿Están regidos por algún ente o acuerdo internacional?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

¿Considera alguna otra competencia que se debería incluir o tomar en cuenta?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Según su opinión personal, ¿Las competencias y habilidades que se adquieren en estos cursos son suficientes para los cursos venideros y el desarrollo profesional de los estudiantes como futuros farmacéuticos?

Tu respuesta \_\_\_\_\_

### Con respecto a la pandemia

La pandemia provocada por el SARS-CoV-2 modifico drásticamente la dinámica del mundo y a nivel académico no fue la excepción; esta provocó un giro hacia la virtualidad .

Indique cómo fue esta transición de lo presencial a la virtualidad, ¿ya contaban con programas virtuales?

Tu respuesta

---

¿Cuentan con algún programa o herramienta informática que simula un laboratorio de ensayos químicos desde un entorno virtual de aprendizaje? ¿Cuál? ¿Cómo funciona?

Tu respuesta

---

## Cursos de laboratorio de Química General I y II para la carrera de Farmacia

Muchas gracias por el tiempo que dedicó a este cuestionario en línea.

[Modificar tu respuesta](#)

## Anexo 3. Fichas de expertos consultados

|  |
|--|
| <p>Universidad Complutense / Facultad de Farmacia</p> <p>Dr. Antonio Doadrio Vallarejo:</p> <p>Profesor Catedrático Universitario<br/>         Doctor en Farmacia.<br/>         Premio Extraordinario de Licenciatura y Premio Extraordinario de Doctorado.<br/>         Becario del Plan de Formación de personal investigador del Ministerio de Educación.</p> <p>Profesor Titular de Química Inorgánica y Bioinorgánica de la Facultad de Farmacia y de la Escuela de Medicina del Trabajo de la Universidad Complutense.<br/>         Catedrático acreditado en el área de Ciencias de la Salud.<br/>         Miembro de la American Chemical Society, de la American Association for the Advancement Science, de la New York Academy of Sciences y de la Real Sociedad Española de Química.</p> <p>Funcionario en excedencia de la Escala de Facultativos y Especialistas del Ministerio de Sanidad.</p> <p>Premio Von Carsten.<br/>         Premio de la Real Academia Nacional de Farmacia.<br/>         Medalla de Honor de la Facultad de Farmacia.</p> <p>Ha participado en catorce proyectos de investigación, cinco de ellos como director.<br/>         Ha publicado más de 80 trabajos en revistas científicas.<br/>         Ha dirigido 10 tesis doctorales hasta la fecha.</p> <p>Impartió los Master de Contaminación Ambiental en la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid y el de Energía y Medioambiente de la Cátedra ENRESA-IBERDROLA de Medio Ambiente.</p> <p>Es miembro del programa de cooperación interuniversitaria de la Universidad Complutense. Ha sido evaluador externo de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica. Miembro de la Cofradía Internacional de Investigadores de Toledo.</p> <p>Caballero de la Orden del Monasterio de Yuste.</p> <p>Académico correspondiente de las Academias de Farmacia de Santa María de España y de Ciencias Farmacéuticas de Chile y Full member de la Academia de Ciencias Naturales de Rusia.</p> <p>Bibliotecario (2004-2006) y secretario de la Real Academia Nacional de Farmacia (2006-2001).</p> <p>Presidente de la Comisión de Informática y Comunicaciones de la Real Academia Nacional de Farmacia y Webmaster de la misma.</p> <p>Ocupa la medalla nº 50 de la Real Academia Nacional de Farmacia.</p> |
|--|

|  |
|--|
| Universidad de Costa Rica  |
| M.sc. Hermes Alvarado Montero  |
| Bachillerato en Química<br>Maestría académica en Química<br>Ha impartido cursos de:<br>Química General I<br>Laboratorio de Química General I<br>Química General II<br>Laboratorio de Química General II<br>Química General y Cualitativa<br>Química General Intensiva<br>Laboratorio de Química Analítica para Microbiología<br>Principios de Química de Alimentos<br>Análisis de Alimentos I<br>Laboratorio de Análisis de Alimentos I<br>Laboratorio de Química de Alimentos II<br>Investigador en el Laboratorio de Biomasa, Escuela de Química, Universidad de Costa Rica. Especialidad Alimentos, estudio de los lípidos usados en la industria alimentaria y sus propiedades físico-químicas |

|   |
|---|
| Universidad Autónoma de México<br>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.   |
| Dr. Marina Morales Galicia  |
| Licenciatura como Químico- Farmacéutico- Biólogo.<br>Diplomados en docencia universitarios y formación docente.<br>Master en Físico Química. Métodos y metrología<br>Doctorado en Educación |

## **Anexo 4. Propuesta metodológica para el aprendizaje en los laboratorios de Química General I y II para la Universidad Internacional de las Américas**

### **Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)**

#### **Objetivo**

Se pretende favorecer a los estudiantes en el desarrollo de competencias como organización, toma de decisiones, destrezas manuales, procedimientos y actitudes investigativas, comprensión conceptual, actitudes sociales y de gestión de información.

#### **Metodología sugerida**

El ABP es un enfoque de enseñanza-aprendizaje que inicia con la formación de los equipos de trabajo (3 o 4 integrantes) y la escogencia de un tema de las unidades de estudio en el cual puedan desarrollar su trabajo, este es un problema relacionado con el contexto real y con las situaciones a las que se enfrentará el estudiante en su futura labor profesional.

En el caso de los laboratorios de Químicas Generales los estudiantes pueden plantear su investigación experimental como un problema a resolver, algún fenómeno a estudiar, la utilidad de algún principio, etc.

Los estudiantes luego realizan los siguientes pasos:

Cada grupo debe planificar los equipos y materiales que requieren, estos se deben de encontrar dentro del stock del laboratorio.

Antes de realizar el experimento tiene que tener planteada la pregunta de investigación, los objetivos, los datos que requieren para lograrlo y cómo planean tratar los datos obtenidos.

Deben elaborar su propio protocolo con todos los pasos de su práctica y cómo decidieron llevar a cabo el experimento.

Después de esto se da una 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 para poder orientarlos adecuadamente.

Se les permite desarrollar la experiencia en uno o dos laboratorios según sus requerimientos, y los estudiantes determinan si este será cualitativo o cuantitativo.

Dos semanas después presentan un informe, con el trabajo realizado antes, durante y después del experimento.