

Desarrollo de habilidades y actitudes básicas para la investigación en alumnos de licenciatura en el Departamento de Química Analítica

Flores Ávila Carolina*, Rodríguez Salazar María Teresa de Jesús, Monroy Barreto Minerva, Zamora Martínez Olivia,

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Av. Universidad 3000, Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, México.

*Autor para correspondencia: caroflores@quimica.unam.mx

Recibido:

29/febrero/2020

Aceptado:

11/diciembre/2020

Palabras clave:

Investigación formativa,
Investigación en pregrado,
habilidades e investigación

Keywords:

Formative research,
Undergraduate research,
research skills

RESUMEN

Con la finalidad de proporcionar una formación integral y de calidad a los alumnos de las licenciaturas que se imparten en la Facultad de Química (FQ), UNAM, se han diseñado diversos programas con el objetivo de involucrar a los alumnos de manera temprana en actividades de investigación. Con esa idea, profesores adscritos al Departamento de Química Analítica (DQA) diseñaron un proyecto de investigación formativa para realizarse dentro del programa académico de estancias cortas de investigación (PECI) durante el intersemestre 2019-2, en el que un grupo de estudiantes trabajaron en el desarrollo y optimización de cinco proyectos de investigación: determinación de cafeína en café, plomo en cosméticos, aluminio en antitranspirantes, enrofloxacin en leche y fósforo en agua, empleando técnicas analíticas espectroscópicas y cromatográficas; con lo cual lograron perfeccionar sus capacidades de búsqueda y análisis de información científica especializada, además de mejorar su actitud crítica y capacidad creativa para la resolución de problemas.

ABSTRACT

In order to provide comprehensive and quality training to students of the degrees taught at the Faculty of Chemistry (FQ), UNAM, various programs have been designed with the aim of involving students early in activities of investigation. With this idea in mind, professors attached to the Department of Analytical Chemistry (DQA) designed a formative research project to be carried out within the academic program of short research stays (PECI) during the 2019-2 inter-semester, in which a group of students worked on the development and optimization of five research projects: determination of caffeine in coffee products, lead in cosmetics, aluminum in antiperspirants, enrofloxacin in milk and phosphorus in water, using spectroscopic and chromatographic analytical techniques; with which they managed to optimize their search capabilities and analysis of specialized scientific information, in addition to improving their critical attitude and creative ability to solve problems.

Introducción

Ya desde 1963 en foros mundiales se hablaba formalmente de la educación como instrumento de equidad y desarrollo económico y desde los años noventa, se debatía la existencia de un mercado laboral global que impone requisitos y reglas a las que el capital humano debe adaptarse (Mundial, 2003). En este sentido, la educación universitaria es clave para proporcionar a los estudiantes los conocimientos, competencias y habilidades necesarias para que puedan incorporarse de forma exitosa a la población activa. Es claro también que el desarrollo de un país depende en gran medida de su potencial para generar ciencia, tecnología e innovación y, por lo tanto, de la capacidad de investigación de sus profesionistas. Esta cualidad es la que permite a los egresados de licenciatura resolver las diversas problemáticas que se les presentan durante su ejercicio profesional, aún sin haber cursado un posgrado, lo cual implica la apremiante necesidad de formarlos con habilidades para la investigación desde el pregrado (Ceballos-Ospino et al., 2019).

También hay que reconocer la complejidad de iniciar en licenciatura la preparación en investigación básica o disciplinar por varias razones, entre las que pueden mencionarse: dificultad de empatar los objetivos de la investigación con los de la enseñanza, los tiempos necesarios para obtener resultados, la rigurosidad de su ejecución, dificultad operativa, demanda de recursos financieros, administrativos, académicos, legales, etc., además de que puede resultar discutible la idoneidad de considerarla (Parra, 2009). Es por ello necesario buscar opciones que posibiliten el desarrollo de algunas de estas capacidades adaptándolas a las condiciones que impone la estructura de una carrera universitaria.

Es en este escenario donde la investigación formativa se puede convertir en una opción estratégica considerando que se enfoca en los procesos de formación y no en el de generar conocimientos nuevos. Se trata de conservar la estructura metodológica y ordenada de la investigación, pero teniendo como meta servir como instrumento de enseñanza-aprendizaje. Para lograrlo es necesaria su conexión tanto con el marco curricular de la carrera como con los fines institucionales y, a la vez, sustentarse en el trabajo científico; tener una visión integradora del conocimiento, pero basada en objetivos didácticos (Parra, 2009).

Un esquema de este tipo requiere que el profesor asuma un papel de guía o facilitador y que el estudiante se convierta en protagonista de su aprendizaje, es decir, autogestor del proceso (Hurtado et al., 2015). De esta manera, los estudiantes que no cursen un posgrado contarán también con una preparación suficiente que les

permita desarrollarse exitosamente en el ámbito profesional, además de contribuir a identificar y reafirmar la vocación investigativa de los que aspiran a ingresar a un posgrado (Guerrero, 2007)

Antecedentes

El número de estudiantes que ingresa y la carga curricular en las licenciaturas que se imparten en la FQ, UNAM, dificulta establecer esquemas de investigación básica, sin embargo, se pueden aprovechar programas semilleros y de estancias cortas para realizar proyectos en los que se desarrolle investigación formativa. Con esa idea, un grupo de docentes con experiencia en investigación, adscritas al DQA, diseñaron un esquema de trabajo intersemestral para que estudiantes interesados en cualquiera de las diferentes materias que se imparten en el departamento tuvieran la oportunidad de desarrollar habilidades y aptitudes básicas en la investigación a través del programa PECEI.

Justificación

Considerando la misión que el DQA de la FQ tiene respecto a la formación de profesionales con amplios conocimientos analíticos teóricos y prácticos; se propuso llevar a cabo una investigación bibliográfica específica para elaboración de material aplicado a docencia experimental del DQA. Lo anterior, desde el interés de aplicación e investigación formativa del estudiante, con base en los conocimientos adquiridos, identificando fuentes bibliográficas científicas especializadas; desarrollando así la capacidad de análisis crítico, gestión de la información, comunicación, toma de decisiones y uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC).

Objetivos

Los principales objetivos de este trabajo fueron los siguientes:

Fomentar en los estudiantes el interés por la investigación en el área de la Química Analítica a través de la realización de un proyecto, proporcionándoles los recursos y herramientas básicas para reforzar el aprendizaje autónomo.

Desarrollar capacidades y competencias en investigación que les permitieran integrar, aumentar y aplicar sus conocimientos y habilidades académicas adquiridas hasta ese momento, resolviendo los problemas que pudieran presentarse durante el proceso.

Valorar la importancia de la divulgación de su trabajo mediante su participación en actividades académicas de difusión tal como foros, exposiciones y congresos.

Metodología

El proyecto se realizó durante el intersemestre 2019-2 (periodo comprendido del 10 al 28 de junio y del 22 al 26 de julio de 2019) con 7 estudiantes de diferentes semestres y carreras inscritos en el programa PECEI "Investigación documental formativa aplicada a la docencia experimental y/o área ambiental".

El eje central del plan de trabajo fue el desarrollo de protocolos de prácticas experimentales adaptados a las condiciones y tiempos de las diferentes materias prácticas del DQA, pero aplicados a muestras reales con fin de vincular los conocimientos académicos como medio de solución a diferentes problemáticas de la comunidad. Derivado de ese proyecto, se planeó que se generarán diferentes productos académicos con el fin de reforzar habilidades de comunicación escrita y oral, apoyados en el manejo de herramientas TIC.

De inicio, las profesoras dieron a elegir a cada estudiante inscrito alguna temática de su interés para que desarrollarán un protocolo experimental. Una vez establecido el proyecto se les proporcionó asesoría y capacitación a través de talleres y cursos (tabla 1), de los que obtuvieron constancias con valor curricular (fig. 1).

Tabla 1. Cursos y talleres impartidos durante la estancia (elaboración propia).

Nombre	CURSOS		Fecha
	Ponentes	Institución	
Habilidades con el uso de la base de datos y revistas científicas digitales para trabajos académicos	M. en C. Imelda Velázquez Dr. Lino Reyes Joel Reyes Trejo	UNAM	10-jun-19
Uso de SciFinder	Déborath Pellecer CSS LATAM Consultant	UNAM, Chemical Abstracts Service	12-jun-19
Taller: Sistema Globalmente Armonizado y NOM-018-STPS-2015	M.B.A. R. Erendira Abúndez Field Marketing Specialist	UNAM, Merk	10-jun-19

En esta etapa se dio mayor énfasis a que los alumnos desarrollarán criterios y habilidades de investigación documental utilizando fuentes de información científica confiable y validada haciendo uso de los recursos digitales que la UNAM pone a disposición de la comunidad universitaria, proporcionándoles acceso a equipo de cómputo con conexión a la Red Inalámbrica

Universitaria (RIU). También recibieron capacitación en buenas prácticas y seguridad en el laboratorio, actualizándose en el sistema globalmente armonizado de manejo de reactivos; todo esto encaminado a lograr que las etapas posteriores del desarrollo del proyecto las pudieran llevar a cabo de la forma más autónoma posible.

Con estos antecedentes, cada alumno efectuó una búsqueda bibliográfica preliminar para decidir cuáles eran las opciones de analitos, matrices y técnicas analíticas viables de su interés. Contando con esa información se organizaron dinámicas de grupo en las que todos los participantes dieron su opinión sobre cuáles serían las opciones más adecuadas, ventajas y desventajas para realizar su proyecto y si pudiesen ser adaptados a las condiciones e infraestructura con la que se cuenta en el departamento.



Figura 1. Ejemplo de constancia de curso de capacitación obtenida por los estudiantes (elaboración propia).

Con las decisiones tomadas, se comenzó la segunda etapa del proyecto en la que de forma autónoma cada alumno hizo una búsqueda más extensa y específica sobre su tema a desarrollar. Haciendo un trabajo de gestión de información y análisis, cada uno elaboró una propuesta de metodología experimental para el analito y matriz de su elección, que posteriormente pusieron a consideración de las profesoras. Al final, por disposición de tiempos de equipo y dado el interés de los estudiantes de enfocarse a técnicas instrumentales, se decidió trabajar solo dos proyectos de forma experimental y tres dejarlos planteados solo de forma teóricas, todo esto acordado en dinámicas de grupo.

Ya reestructuradas y aprobadas las propuestas, los alumnos responsables de los proyectos que se harían de forma experimental comenzaron a probarlas de forma práctica, con la asesoría y supervisión de las profesoras. En esta etapa fue necesario que recibieran una capacitación en el manejo de los equipos de la técnica analítica que eligieron ya que en general tenían poca o

ninguna experiencia en su manejo. Después de varias pruebas y de ajustes experimentales necesarios, procedieron a redactar la versión final de su proyecto. Los encargados de los tres proyectos teóricos se concentraron en realizar un informe detallado de todo el marco conceptual, desarrollo experimental y algunas actividades didácticas complementarias sugerida para su propuesta. Como última etapa, las profesoras invitaron a los estudiantes a diseñar y elaborar diferentes productos académicos y participar en seminarios y exposiciones con la finalidad de compartir su experiencia y despertar su interés en la divulgación.

Resultados y discusión

Durante la estancia, los estudiantes obtuvieron como principal producto académico el desarrollo y optimización de cinco proyectos en total, en los que se planteó la determinación de los siguientes analitos: cafeína en café, plomo en cosméticos en polvo (sombra de ojos), aluminio en antitranspirantes, enrofloxacina en leche y fósforo en agua. Únicamente fue posible llegar hasta las pruebas experimentales en las propuestas de cafeína y enrofloxacina. Los protocolos completos se pueden solicitar a los correos mtjrs@quimica.unam.mx y monroypim@gmail.com.

a) Determinación de cafeína en café por métodos espectroscópicos moleculares. En este trabajo los estudiantes tuvieron oportunidad de aprender las diferentes aplicaciones de la espectrofotometría infrarroja que, a través de los adelantos en sistemas de muestreo y desarrollo de software, hizo posible distinguir con éxito la presencia de cafeína en diferentes tipos de café de forma casi inmediata, aplicando previamente los métodos de tratamiento de muestra adecuados (figura 2).

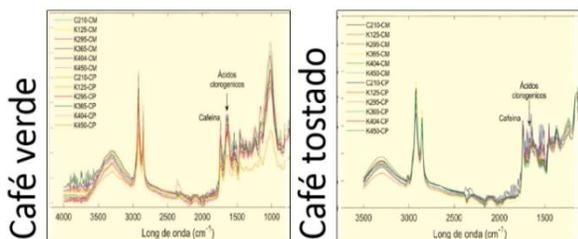


Figura 2. Espectros obtenidos en las pruebas experimentales de la determinación de cafeína en café por IR (elaboración propia).

b) Determinación de plomo en cosméticos en polvo (sombra de ojos) por espectroscopia de absorción atómica. Además del interés por documentarse y saber los principios de una técnica para ellos novedosa, este trabajo fue muy motivador entre los estudiantes porque relaciona el uso de productos cosméticos (que pertenecen a uno de los sectores de mayor crecimiento

anual en economía) con la presencia de metales pesados de reconocida toxicidad, dándose cuenta de que, a pesar de ser un tema muy documentado y difundido, no deja de tener vigencia e impacto como un problema de salud (figura 3).

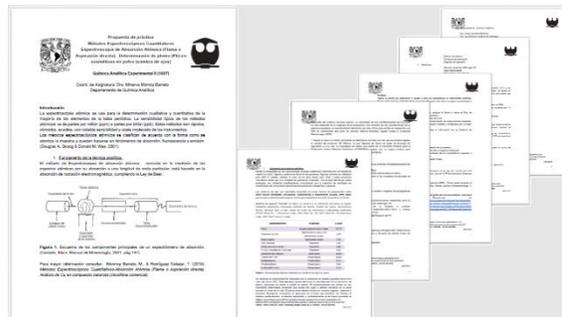
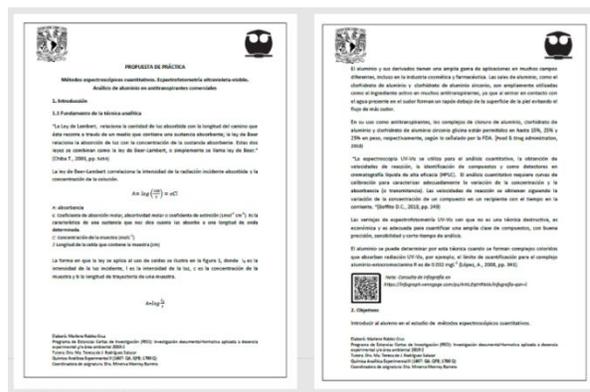


Figura 3. Protocolo de la determinación de plomo en cosméticos en polvo (sombra de ojos) por espectroscopia de absorción atómica (elaboración propia).

c) Cuantificación de aluminio en antitranspirantes. Este trabajo resultó muy ilustrativo y provechoso en la discusión de grupo porque demuestra la vigencia de la espectrofotometría UV-Vis, combinada con química de equilibrios de complejación, como técnica instrumental capaz de dar soluciones analíticas a problemas actuales, a pesar de que en los últimos años se ha visto desplazada ante el surgimiento de equipos cada vez más sofisticados y específicos, aunque muchas veces, dependiendo la aplicación, con un nivel de exigencia innecesario (fig. 4).



(a)



(b)

Figura 4. (a) Páginas del protocolo de la determinación de Al por UV-VIS en donde se observa el uso de códigos Q.R por parte de los estudiantes y (b) acercamiento al Código QR que enlaza a la infografía del trabajo (elaboración propia).

d) Determinación de enrofloxacin en leche. En este proyecto los estudiantes se enfrentaron a un problema de mayor complejidad, en el que debieron considerar varios aspectos: efecto de la matriz, características y propiedades del principio activo y su concentración, lo que derivó en la necesidad de una propuesta más elaborada. Se debe mencionar que además del reto analítico, el tema de discusión al que dio pie fue también muy enriquecedor ya que permitió reflexionar sobre el impacto en la salud pública del uso extendido de antibióticos en animales destinados a la producción de alimentos de consumo humano y la importancia de evaluar su concentración como medida de control.

En esta propuesta se contemplaron cuatro etapas importantes dentro del procedimiento analítico: Caracterización del principio activo (técnicas de espectrofotometría molecular), tratamiento de muestra (técnicas de precipitación), extracción (técnicas de extracción en fase sólida) y cuantificación (técnicas de UV y HPLC) (figura 5).

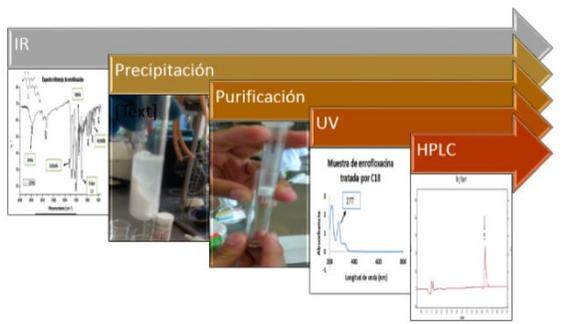


Figura 5. Ejemplo de los pasos experimentales para la determinación de enrofloxacin en leche en la que se combinaron técnicas de espectroscopia UV-Vis, IR y HPLC (elaboración propia).

e) Adaptación de la determinación de fósforo en agua residual. Con este proyecto se confirmó la importancia de las aplicaciones de la técnica instrumental de espectroscopia UV-VIS en la resolución de temas ambientales en donde el análisis de agua ocupa una posición central por tratarse del líquido vital del que dependemos todos los seres vivos. Es por eso que resulta necesario que los estudiantes se familiaricen con toda la normatividad que regula su manejo y control, en donde todavía las técnicas de espectrofotometría molecular son aplicables y suficientes para evaluar el cumplimiento de algunas especificaciones de carácter obligatorio en la calidad del preciado líquido, lo cual puede aprovecharse para diseñar aplicaciones reales ajustadas a recurso y condiciones de los laboratorios de docencia (figura 6).



Figura 6. Ejemplo de página principal del protocolo de la determinación de fósforo en agua (elaboración propia).

Finalmente, derivados de ese trabajo de investigación y aplicación, los estudiantes participaron en diferentes dinámicas para la elaboración y presentación de materiales didácticos tal como: infografías, presentaciones para participar en el Seminario Estudiantil de docenciaycarteles para laXXII Exposición de orientación Vocacional al Encuentro del Mañana y en la Muestra Científicas de Estancias Cortas en el Foro de Casita de las Ciencias en UNIVERSUM. (figura 7 y 8).

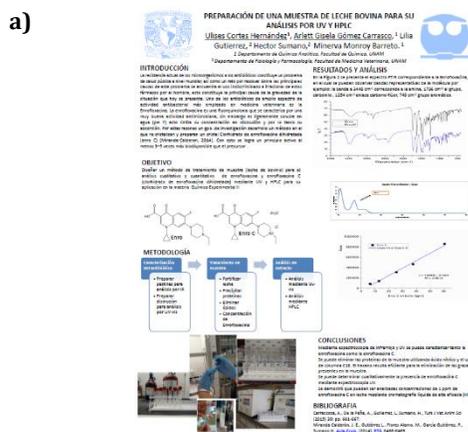


Figura 7. Ejemplos de Infografías de (a) proyecto experimental de la determinación de enrofloxacin en leche y (b) determinación de Pb en cosméticos en polvo (sombra de ojos).

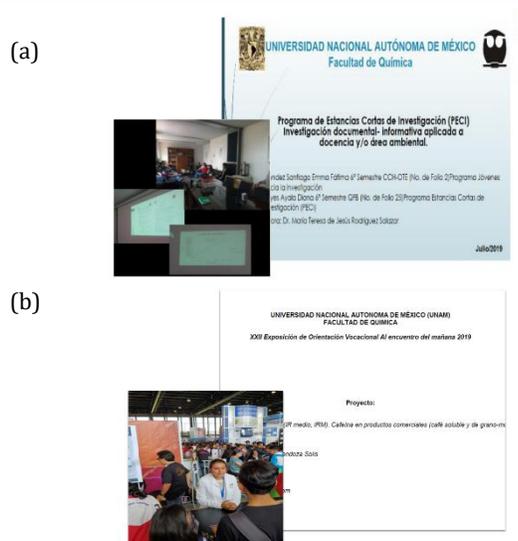


Figura 8. Ejemplos de la difusión y divulgación de los trabajos realizados en (a) Seminario Estudiantil de Docencia y (b) en la XXII Exposición de orientación Vocacional al Encuentro del Mañana (fotos propias).

Dado que la misión de la universidad es garantizar el desarrollo de las competencias profesionales de los estudiantes, queda establecida la obligación de vincular los procesos de formación con las necesidades del mercado laboral. En este sentido, fue posible observar que la realización de un proyecto es una manera integral para lograr el perfeccionamiento de diferentes actitudes, habilidades y capacidades deseables en la formación para la investigación, mediante la cual los egresados serán capaces de solucionar las diferentes problemáticas que se les presenten durante su ejercicio profesional. En este caso, se observó que el avance, a través de todas las etapas del proceso, exigió de los estudiantes comprensión y aplicación del pensamiento holístico para resolver con éxito todos los retos encontrados durante la ejecución de su trabajo.

Mediante la capacitación inicial recibida o gestionada por los profesores a cargo, los estudiantes realizaron búsquedas autónomas de información científica en medios especializados a través de la cual cada uno mejoró aspectos fundamentales de competencias de tipo organizacional, tecnológicas e intelectuales tal como: estructura mental más ordenada, manejo de base de datos, uso de gestores de bibliografía, rastreo documental, clasificación, análisis e interpretación de la información.

Otro aspecto fundamental en la formación para la investigación es el perfeccionamiento en las capacidades de comunicación oral y escrita, mismas que se reforzaron a través de la participación en las dinámicas de discusión, en la que además tuvieron que tomar decisiones después de escuchar y analizar opciones o posibles rutas. La

comunicación escrita fue pieza clave en la realización de sus informes y diseño de sus protocolos experimentales. Finalmente, su participación en exposiciones y foros reforzó esta competencia interpersonal.

Y ciertamente la formación en investigación se relaciona con el apego metodológico riguroso de los procesos por lo que, en este proyecto, la parte neurálgica se concretó con la presentación final de los protocolos experimentales, de las diferentes propuestas, en las que su diseño exigió de los participantes una profunda reflexión sobre la estructura lógica a la que deben traducirse para que funcione como guía práctica en un laboratorio docente.

Sumado a eso, con los proyectos que fue posible trabajar en laboratorio, la práctica experimentalles brindó la oportunidad de aprender técnicas analíticas nuevas. Aprendieron la importancia del orden, la lógica y el rigor del método científico, llevar un registro fiel de sus datos y observaciones. Con sus resultados experimentales realizaron un análisis e interpretación de datos e información, lo que al final propició el perfeccionamiento de su pensamiento crítico, capacidad de observación, descripción y comparación. Mediante discusión de grupo, consiguieron compartir experiencias, puntos de vista, analizar las ventajas o desventajas de cada técnica y su pertinencia.

Por último, los participantes de este proyecto lograron el aprendizaje, perfeccionamiento, complementación y apropiación en el uso de diferentes herramientas TIC, con las que fue posible realizar los productos académicos que permitieron, de forma creativa, proyectar su trabajo y difundirlo en diferentes eventos y foros.

Conclusiones

Durante la estancia de Investigación 2019-2 participaron siete estudiantes efectuando investigación documental científica basados en los cursos y asesoría recibida ("Habilidades con el uso de la base de datos", "Uso de SciFinder", "Sistemas Globalmente Armonizado y NOM-018-STPS-2015"), el perfil de carrera, así como con los conocimientos adquiridos, evidenciando su interés al elegir y desarrollar cada uno de los temas. En total, se lograron optimizar los siguientes cinco proyectos experimentales para el laboratorio de Química Analítica: determinación de cafeína en café, plomo en cosméticos en polvo (sombra de ojos), aluminio en antitranspirantes, enrofloxacina en leche y fósforo en agua, empleando técnicas analíticas espectroscópicas de absorción atómica, UV-VIS e IR-FT y cromatografía de líquidos de alta resolución.

La aplicación del desarrollo en investigación formativa, en conjunto con los conocimientos adquiridos en su

formación y durante la estancia PECE, permitió la generación de los siguientes productos académicos considerando los temas elegidos y mencionados en el inciso anterior: 6 Informes Individuales, 5 protocolos experimentales y 5 infografías.

La difusión y divulgación de los alcances académicos se realizó a través de los siguientes foros: Seminario Estudiantil de Docencia e Investigación (julio 2019) en Instalaciones de la Facultad de Química UNAM, XXII Exposición de Orientación Vocacional al Encuentro del Mañana 2019 (octubre 2019) en instalaciones del Centro de Exposiciones UNAM y en la Muestra Científicas de Estancias Cortas en el Foro de Casita de las Ciencias en UNIVERSUM (septiembre 2019).

Al desarrollar estos proyectos, los estudiantes demostraron su habilidad para la búsqueda de información científica en bases de datos especializadas, así como para su análisis y evaluación. Adicionalmente, los alumnos que realizaron los proyectos prácticos aprendieron el manejo de equipos de laboratorio y efectuaron el análisis e interpretación de resultados experimentales como criterio de ajuste para sus protocolos.

Agradecimientos

Estudiantes participantes en el proyecto: Diana Reyes Ayala, Emma F. Méndez Santiago, Marlene Robles Cruz, Luis A. Juárez Alarcón, Arlett G. Gómez Carrasco, Ulises Cortes Hernández y Esperanza E. Mendoza Solís.

M.B.A. R. Eréndira Abúndez.

Dr. José de Jesús García V. Jefe del Departamento de Química Analítica.

Referencias

Ceballos-Ospino G. A., Rodríguez-de Ávila U. E., Pérez-Anaya O. (2019). La formación de investigadores en el pregrado. *Duazary*, 16(1), 11-13. Recuperado septiembre 29 del 2020, de <https://doi.org/10.21676/2389783X.2546>

Guerrero U. M. (2007). Formación de habilidades para la investigación desde el pregrado. vol.10, n.2, pp.190-192. Colombia. Recuperado septiembre 29 del 2020, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-91552007000200018&lng=en&tlng=es

Hurtado J., Vilá R., Berlanga V. (2015). La investigación formativa como metodología de aprendizaje en la mejora de competencias transversales. *ScienceDirect.Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 196, 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.037>

Martínez D., Márquez D. (2015). Las habilidades investigativas como eje transversal de la formación para la investigación. *Tendencias pedagógicas*, 24, 347-360. Recuperado septiembre 29 del 2020, de <https://revistas.uam.es/tendenciaspedagogicas/article/view/2110>

Miyahira J. (2009). La investigación formativa y la formación para la investigación en el pregrado. *Revista Médica Herediana*. 119-122. Recuperado septiembre 29 del 2020, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2009000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Mundial B. (2003). Construir Sociedades de Conocimiento: Nuevos Desafíos para la Educación Terciaria. Recuperado septiembre 29 del 2020, de www.worldbank.org

Parra C. (2009). Apuntes sobre la investigación formativa. *Educación y educadores*, 7, pp. 57-77. Recuperado octubre 3 del 2020 de <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/549>