



1. Nombre del postulante: Diego Hernando Angulo Flórez
2. Institución: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
3. Categoría en el que se desea inscribir la propuesta: Experiencias de aprendizaje transformador
4. Título de la experiencia y/o proyecto innovador: Intervención didáctica para la extracción y cuantificación de esteroides en orina
5. Palabras clave: didáctica de las ciencias experimentales, trabajos prácticos de laboratorio, preparación de muestras, SPE, HPLC
6. Tiempo de implementación de la experiencia y/o proyecto innovador: el proyecto innovador completó dos años de trabajo, experimentación y aplicación en la didáctica de las ciencias experimentales.
7. Resumen de la experiencia y/o proyecto innovador: la experiencia postulada describe una estrategia didáctica para la enseñanza de un método de extracción en fase sólida miniaturizada en contextos del trabajo práctico de laboratorio [TPL]. Se parte de los imaginarios previos de los estudiantes para, a partir de algunas sesiones de laboratorio, generar cambios conceptuales y promover un aprendizaje significativo. En este trabajo se consigue la experiencia de conjugar el empleo de una técnica de preparación de muestras —PT-SPE— con un ejercicio de intervención didáctica para el desarrollo de habilidades procedimentales. Se presentan los resultados de la aplicación de TPL en la multideterminación de tres esteroides en muestras de orina al emplear HPLC-DAD-PT-C18-SPE, que presentan adecuados porcentajes de recuperación y parámetros de validación. Los resultados de la intervención muestran una mejoría en habilidades relacionadas con métodos de extracción en fase sólida. Se concluye que hubo cambios conceptuales frente a procesos analíticos, una adecuada familiarización con nuevas metodologías de preparación de muestras, aumento significativo del lenguaje químico y la comprensión de



conceptos, junto con la aplicación de procesos cognitivos de bajo orden, para la promoción de habilidades cognitivas de alto orden.

8. Descripción completa de la innovación y el proceso de implementación: Estudios han demostrado que la mayoría de los técnicos de laboratorio y los profesionales de la química desconocen las técnicas miniaturizadas de preparación de muestras y por lo tanto su utilización solo es explotada en ambientes universitarios (Hernández Millán, 2012), (Sevian & Fulmer, 2012), (Rojas-Hernández & Ramírez-Silva). Por lo anterior, en este trabajo se estudiaron las ventajas de enseñar la extracción en fase sólida adaptada en puntera, a partir de la identificación de las ideas previas de los estudiantes entendiéndose como aquellas ideas de los estudiantes que están en desacuerdo con el conocimiento científicamente aceptado e influyen en el aprendizaje de nuevos conocimientos científicos. (Özmen, Demirciog˘lu, & Demirciog˘lu, 2009). Es bien sabido que las ideas previas son ampliamente compartidas por los estudiantes en varios niveles o grados de aceptación, además son lógicos, sensibles y valiosos desde el punto de vista de los estudiantes y generalizados, estables y resistentes al cambio mediante las estrategias de enseñanza tradicionales (Dönmez Usta & Ayas, 2010). Con base a la identificación de las ideas previas y a la aplicación de los TPL se procedió a implementar la técnica dentro de los trabajos experimentales de análisis químico instrumental y a futuro posiblemente extrapolar su uso a los ambientes de investigación en ciencias químicas y la didáctica de las ciencias experimentales. Como el objetivo de esta investigación era que los estudiantes de química, de bacharelado da Universidade Federal de Sao Joao del Rei, del espacio analítica instrumental, tuvieran una alternativa de preparación de muestras más rápida, económica y versátil, fue necesaria una ardua preparación, teórica y experimental en referencia a las técnicas citadas. Esto se consiguió con sesiones sobre el tema y prácticas de laboratorio para que los estudiantes clarificaran los conceptos y las destrezas necesarias para realizar la preparación de muestras con la técnica implementada con el fin de lograr una



transposición didáctica, desde un entorno científico a un entorno de aprendizaje. Para conseguir lo anteriormente expuesto se realizaron los siguientes procedimientos: Prueba para la determinación de ideas previas, A manera global se buscaba determinar qué sabían los estudiantes antes de la intervención en el aula. En el instrumento se hizo una breve descripción sobre lo que es la metodología de SPE y las variaciones miniaturizadas como la PT-SPE. El instrumento constó de 5 preguntas. Finalmente, para la evaluación de los resultados que se obtuvieron, se elaboró una matriz de valoración. Una Exposición sobre la técnica PT-SPE y PT-C18-SPE, Para esta fase de la intervención didáctica se realizó la descripción de las etapas de esta técnica de preparación de muestras, haciendo énfasis en las posibles ventajas de la técnica sobre la SPE convencional. Procedimiento experimental para la determinación de esteroides por PT-C18-SPE-HPLC, Para esta práctica de laboratorio se diseñó un procedimiento en el que se realizó la determinación de los analitos seleccionados empleando PT-C18-SPE como método de preparación de muestras. Esto teniendo en cuenta que se quería comparar la efectividad de la técnica en términos de recuperación de analitos así como la funcionalidad del procedimiento de preparación de muestras en comparación con la técnica de SPE convencional. La práctica se llevó a cabo con siete grupos de 5 personas, en la que, cada grupo realizaba el proceso de determinación de los analitos por SPE y PT-SPE, posteriormente intercambiaban los procedimientos con el objetivo de determinar los analitos empleando ambas técnicas. Finalmente, los estudiantes debían entregar un informe en donde se evidenciaran los resultados de extracción por PT-C18-SPE. Y una Prueba de Salida donde se evaluaron los conocimientos adquiridos por los estudiantes durante todo el proceso además de evaluar la pertinencia de emplear una nueva metodología de preparación de muestras, desde la aplicación y diligenciamiento de un instrumento tipo cuestionario escrito para que constaba de 5 preguntas, todas abiertas. Luego de aplicar esta prueba, se procedió a la evaluación de cada una de las mismas con la ayuda de una rúbrica de evaluación para la



presentación de los resultados. En este trabajo, se desarrolló un método para multideterminación de esteroides en muestras de orina empleando HPLC-DAD. Tanto como el método y la técnica demostraron ser económicos, rápidos y fáciles de operar. Además, la PT-C18-SPE es un procedimiento ambientalmente correcto al utilizar cantidades mínimas de solvente orgánico (μL) en el proceso de optimización de la preparación de la muestra con excelente eficiencia de extracción (alrededor del 90 %) para PGN y EsD y un valor de 85 % para PRe. Finalmente, la metodología mostró valores aceptables en el proceso de validación. A través de los trabajos prácticos de laboratorio se promovió la adquisición de habilidades para métodos de preparación de muestras no convencionales, específicamente de extracción en fase sólida. Teniendo en cuenta las ideas previas de los estudiantes y en comparación a la prueba de salida en el grupo objetivo, se concluye que hubo un cambio conceptual significativo en lo tocante a la diferenciación entre absorción y adsorción. Realizando la comparación entre las ideas previas y la evaluación final del proceso en el cual se desarrolló este trabajo, se evidenció que el estudiante se familiarizó y amplió su conocimiento disciplinar al apropiarse de “nuevos métodos” de preparación de muestras como lo son los métodos miniaturizados, permitiendo un aumento significativo en el lenguaje químico, así como en la comprensión de conceptos estructurantes para su buen desempeño como profesional de la química.

9. Principales resultados e impacto de la iniciativa. Incluya indicadores concretos, evidencia de aplicación en otros contextos, alianzas interáreas o interinstitucionales: dentro de los principales resultados cabe destacar que: En este trabajo, se desarrolló un método para multideterminación de esteroides en muestras de orina empleando HPLC-DAD. Tanto como el método y la técnica demostraron ser económicos, rápidos y fáciles de operar. Lo cual ha favorecido en la adquisición de habilidades procedimentales extrapolables a otros tipos de métodos de análisis químico instrumental, en ese orden de ideas para la enseñanza de métodos de análisis químico este tipo de estrategias de



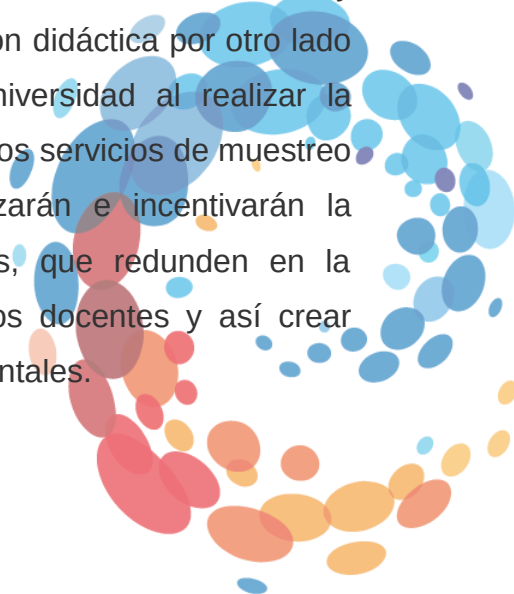
intervención permite que el estudiante integre los conceptos estructurantes de la química para su aplicación en campos clínicos, ambientales de ciencias de separación entre otros. Además, la PT-C18-SPE es un procedimiento ambientalmente correcto y amigable con la naturaleza al utilizar cantidades mínimas de solvente orgánico (μL) en el proceso de optimización de la preparación de la muestra con excelente eficiencia de extracción (alrededor del 90 %) para PGN y EsD y un valor de 85 % para PRe. Por otro lado, la metodología desarrollada mostró valores aceptables en el proceso de validación lo cual robustece el análisis desde una perspectiva estadística. En relación a las estrategias innovadoras a partir de las secuencias didáctica y de los trabajos prácticos de laboratorio se promovió la adquisición de habilidades para métodos de preparación de muestras no convencionales, específicamente de extracción en fase sólida, la cual es una estrategia de vanguardia en contextos universitarios ya que el grupo oibjetivo es un grupo en formación inicial y a entrar en contacto con este tipo de metodologías incrementará significativamente su bagaje conceptual relacionado con las ciencias de la separación, la química analítica y los métodos de tratamientos previos a los análisis ya sean cualitativos o cuantitativos. Teniendo en cuenta las ideas previas de los estudiantes y en comparación a la prueba de salida en el grupo objetivo, se concluye que hubo un cambio conceptual significativo relacionado a la diferenciación entre absorción y adsorción. Realizando la comparación entre las ideas previas y la evaluación final del proceso en el cual se desarrolló este trabajo, se evidenció que el estudiante se familiarizó y amplió su conocimiento disciplinar al apropiarse de “nuevos métodos” de preparación de muestras como lo son los métodos miniaturizados, permitiendo un aumento significativo en el lenguaje químico, así como en la comprensión de conceptos estructurantes para su buen desempeño como profesional de la química. No se evidenció una aproximación clara por parte de los estudiantes en relacionar los métodos cromatográficos con un contexto particular, pero sí se obtuvieron resultados favorables en la práctica en donde se requerían procesos cognitivos



de bajo orden; por otra parte, en la práctica de nivel de complejo, se obtuvieron resultados muy bajos, ya que se requerían procesos cognitivos de alto orden. Dados los resultados poco favorables que se tuvieron en la práctica con procesos cognitivos de alto orden, es necesario redimensionar el papel del profesor en el sentido de hacerlo más activo, en la medida que acompañe y guíe permanentemente el proceso experimental. Finalmente los resultados expuestos generaron la publicación de un artículo de investigación en la revista Praxis & Saber, 12(31), e11215. <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.11215>.

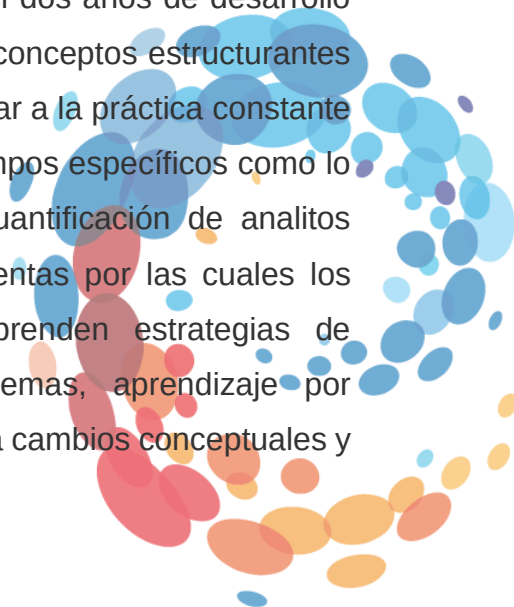
10. ¿Por qué considera que su proyecto es relevante en la categoría seleccionada?

El proyecto presentado conjuga resultados relevantes y significativos a partir de las experiencias de investigación primero en la realización de secuencias didácticas, lo cual representa un aporte relevante al conocimiento de la didáctica de las ciencias experimentales específicas en química, por otro lado se aporta relevantemente a la discusión sobre cuáles son las mejores metodologías en las cuales se puedan aprovechar al máximos tanto los nuevos materiales adsorbentes selectivos como los convencionales para el desarrollo de infraestructura tecnológica en la región (departamento de Boyacá), a nivel experimental el grupo de investigación WAIRA, mediante el paradigma de investigación-acción a empleado partir de la preparación de muestras el desarrollo de otro tipo de análisis químico instrumental, los estudiantes han entrenado en este tipo de estrategias desarrollando métodos flexibles y ambientalmente correctos, la estrategia de intervención didáctica por otro lado favorecerá el acompañamiento por parte de la universidad al realizar la vigilancia tecnológica para la implementación de nuevos servicios de muestreo (análisis de fármacos) que a largo plazo garantizarán e incentivarán la generación de actividades académicas innovadoras, que redunden en la educación de calidad en la formación de los futuros docentes y así crear métodos de enseñanza eficaces en ciencias experimentales.





11. Lecciones aprendidas: las principales lecciones que deja la implementación de este proyecto se encuentran en la necesidad de promover escenarios de discusión y de debate frente a la didáctica de las ciencias experimentales específicas hacia la química, la química analítica y los métodos de separación para abordar la preparación de muestras y el análisis químico desde una perspectiva del acondicionamiento y la extracción, las universidades y centros de investigación invierten millones de pesos, en aumentar las capacidades tecnológicas de sus laboratorios comprando equipos cada vez más robustos y al mismo tiempo más costosos, con software complejos y con una delicada manipulación, lo cual no siempre mejora los parámetros de análisis, ni favorece en la realización de los análisis en términos de porcentaje de recuperación; en ese orden de ideas la planeación, desarrollo e implantación de estrategias de intervención didáctica ha permitido, realizar innovaciones en el campo de la instrucción y los procesos de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación-acción; con base en lo anterior otra de las lecciones aprendidas se basa en la importancia de la contextualización de los procesos y métodos envueltos en la preparación de muestras a partir de los conceptos estructurantes pues el estudiante se encuentra ajeno a los conceptos y saberes científicos, que mediante este tipo de estrategias y el empleo de la transposición didáctica se logra enseñar los saberes disciplinares sin la deslegitimización de los saberes y el conocimiento previo del alumno para abordar situaciones problemáticas específicas, finalmente durante los casi dos años de desarrollo de este proyecto, lograr aterrizar al campo todos los conceptos estructurantes impartidos por los profesores en la universidad, al llevar a la práctica constante los principios y postulados científicos, aplicados a campos específicos como lo son la preparación de muestras, la extracción y cuantificación de analitos además del control de calidad, constituyen herramientas por las cuales los estudiantes se enfrentan a problemas reales, aprenden estrategias de intervención didáctica (como resolución de problemas, aprendizaje por investigación y aprendizaje cooperativo) lo cual genera cambios conceptuales y





Universidad del
Rosario



PREMIO
LATINOAMERICANO A LA
INNOVACIÓN
EN EDUCACIÓN SUPERIOR

habilidades procedimentales propias del trabajo de campo lo cual redundará significativamente en su formación profesional, además de promover el aprendizaje significativos, y así llegar a satisfacer las necesidades de aprendizaje de los estudiantes desde la educación-acción participativa y la investigación-acción.

12. Sitios web que evidencien el desarrollo de la experiencia y/o proyecto innovador

[https:// doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.11215](https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.11215)

