

## Artículo Original

# ABI: aplicación de cromatografía de Pfeiffer como herramienta de aprendizaje de química en la educación agricultura.

Lucy A. Barahona Pavón 

[labarahona@zamorano.edu](mailto:labarahona@zamorano.edu)

Instructora

Departamento de Currículo General

Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano

Honduras

Yadira Andrade Ortiz 

[yandrade@zamorano.edu](mailto:yandrade@zamorano.edu)

Instructora

Departamento de Currículo General

Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano

Honduras

Historial del artículo:

Recibido septiembre 4, 2023. Aceptado noviembre 20, 2023. Publicado diciembre 5, 2023.

Cómo citar: Barahona, L.A., y Andrade Ortiz, Y. 2023. ABI: Aplicación de cromatografía de Pfeiffer en el laboratorio de química como herramienta para el análisis de suelo de parcela. Ceiba, 56(2), P. 90–98. doi: 10.5377/ceiba.v56i2.17119

**Resumen.** Dada la necesidad de promover una enseñanza que cumpla con el desarrollo de las competencias, se generó desde el Laboratorio de Química de la Universidad Zamorano, la aplicación de una metodología que favorece el desarrollo de las habilidades y herramientas utilizadas en investigación, a través de la enseñanza de técnicas de análisis como, la cromatografía, bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Investigación (ABI). Dentro de las técnicas que los estudiantes aprenden en el Laboratorio de Química, se destaca el uso de la cromatografía de Pfeiffer para análisis de suelos de parcelas, esta es una técnica cualitativa que se puede utilizar en suelos y compostas. El objetivo de utilizar esta técnica en el Laboratorio de Química radica en que los estudiantes sean capaces de realizar el análisis de suelo de sus propias parcelas bajo la técnica de cromatografía de Pfeiffer, enlazando los contenidos propios del área experimental de la química con su área profesional. El análisis fue realizado de forma grupal, 4–5 integrantes (grupos de laboratorio), el área destinada para realizar el análisis corresponde a las parcelas asignadas a los estudiantes, en la clase de producción vegetal en primer año. Al finalizar el análisis, cada grupo identificó las diferentes zonas del cromatograma, conociendo la composición de su suelo; esta actividad permitió la conexión entre el laboratorio de química y una clase específica del área de la agricultura, alcanzando resultados positivos en la percepción de los estudiantes.

**Palabras Clave:** ABI, Cromatografía de Pfeiffer, Química, Suelo.

**Abstract.** Given the need to promote teaching that complies with the development of competencies, the Zamorano University Chemistry Laboratory generated the application of a methodology that favors the

development of skills and tools used in research through the teaching of analytical techniques such as chromatography, under the Inquiry Based Learning (IBL) methodology. Among the techniques that students learn in the Chemistry Laboratory, the use of Pfeiffer chromatography for soil analysis of plots stands out; this is a qualitative technique that can be used in soils and composts. The objective of using this technique in the Chemistry Laboratory is that students can perform soil analysis of their own plots under the Pfeiffer chromatography technique, linking the contents of the experimental area of chemistry with their professional area. The analysis was carried out in groups of 4-5 members (laboratory groups); the area destined to perform the analysis corresponds to the plots assigned to the first-year plant production class students. At the end of the analysis, each group identified the different zones of the chromatogram, knowing the composition of their soil; this activity allowed the connection between the chemistry laboratory and a specific class in agriculture, achieving positive results in the perception of the students.

**Keywords:** ABI, Pfeiffer Chromatography, Chemistry, Soil.

---

### Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) reconoce que los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables y que los suelos en equilibrio sostienen la biodiversidad del planeta; son un recurso no renovable cuya conservación es esencial para la seguridad alimentaria y el futuro (FAO 2015) Bajo esta consigna, se considera entonces que son los profesionales del agro, los que tienen en sus manos la producción de sistemas alimentarios sostenibles, cumpliendo con diferentes actividades que incluye, el conocimiento de las características del suelo, manejo adecuado, el tratamiento y conservación de la calidad de este.

Según la FAO, se estima que anualmente, en el mundo, se pierden entre 5 y 7 millones de hectáreas de suelo fértil por minuto, que equivalen a cerca de 30 canchas de fútbol. Las prácticas agrícolas inadecuadas se encuentran entre los factores causantes de esta pérdida (Abad-Santana 2018) Por tal razón, es necesario que los futuros ingenieros del área, en las etapas tempranas de su formación académica, adquieran los conocimientos necesarios de aquellas prácticas y métodos de análisis que contribuyan a tener suelos sanos, para así favorecer a tener sistemas de

producción alimentarios sostenibles, temática de relevancia mundial.

Es de esta manera entonces, que la preparación de los estudiantes se convierte en una de las funciones vitales de la educación superior, cuyo objetivo es formar seres humanos independientes y autosuficientes, logrando desarrollar las competencias necesarias para la vida profesional y académica, especialmente en métodos de investigación e indagación (Servicio de Innovación Educativa UPM 2020).

Al ser la química una ciencia experimental, el trabajo en el laboratorio es indispensable para aportar enriquecimiento a los conocimientos y a las competencias de investigación de los estudiantes, como ser: la capacidad de conectar teoría, vida cotidiana y práctica, construcción de ciencia a partir de hechos cotidianos y tener un rol formador de aspectos actitudinales, propios de la profesión (Cañas 2018).

En la búsqueda de metodologías aplicables a un laboratorio, que motiven y faciliten el aprendizaje de los estudiantes, y no solamente la acción de retener información de manera mecánica, se aplicó una estrategia que permite una fuerte interacción de los alumnos con el tema a desarrollar en un laboratorio de

química, este es el Aprendizaje Basado en Investigación (ABI). Metodología muy retadora en la cual se les proporciona mayor protagonismo a los estudiantes y el maestro termina siendo un orientador.

El Aprendizaje Basado en Investigación tiene su origen desde Ernest L. Boyer quien era defensor de vincular la enseñanza con la realidad (Comisión Boyer 1998). El Aprendizaje Basado en Investigación (ABI) consiste en ofrecer a los estudiantes la posibilidad de realizar o participar en procesos de investigación, aplicando la metodología para comprobar o no, la veracidad de una hipótesis, para dar respuesta a un problema, acompañándolos y supervisando en cada paso (Servicio de Innovación Educativa UPM 2020).

En ese sentido, la necesidad de promover una enseñanza que cumpla con las necesidades que demanda actualmente el mundo profesional, se busca desde el Laboratorio de Química de la Universidad Zamorano, fortalecer las habilidades y herramientas utilizadas en investigación, a través de la enseñanza de técnicas de análisis, entre ellas, la cromatografía.

La cromatografía es un método físico de separación de mezclas complejas para caracterizarlas. Se aplica en las distintas ramas de la ciencia, y en los contenidos del laboratorio de química, es una de las técnicas de análisis elementales. La cromatografía es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla para identificarlos y, en muchos casos, determinar las cantidades de dichos componentes (Restrepo y Pinheiro 2011).

### *Marco teórico*

Dentro de las técnicas que los estudiantes aprenden en el Laboratorio de Química, se destaca el uso de la cromatografía

de Pfeiffer para análisis de suelos de parcelas, esta es una técnica de análisis cualitativo que se puede utilizar en suelos y compostas, la cual permite observar rápidamente la relación que existe entre los microorganismos, la materia orgánica y los minerales como elementos que lo componen (Medina et ál. 2018).

Pfeiffer, encontró que una solución de hidróxido de sodio al 1%, en una muestra de suelo vivo era suficiente para solubilizar las sustancias nitrogenadas del metabolismo de los microorganismos presentes en ella y reaccionaba en un papel filtro impregnado con nitrato de plata, para después revelar una serie de colores, formas y distancias específicas, lo que se le conoce como técnica de separación y análisis de sustancias complejas para identificar patrones de comportamiento de suelos en sus dos fases, una móvil y otra estacionaria (Restrepo y Pinheiro 2011).

Con la metodología de Aprendizaje Basado en la Investigación se buscó una participación más activa del estudiante. Según Ramírez (2008) la primera etapa corresponde a la planificación, la segunda, a la ejecución del trabajo y la tercera, al análisis de los datos y la elaboración de conclusiones y proposiciones para una eventual continuación de la investigación o para la aplicación de los resultados obtenidos.

Con los pasos anteriores se logra una conexión entre la investigación y la enseñanza. También, al trabajar en grupos pequeños de 5 estudiantes, en el que ellos mismos definen el papel que desempeñará cada quién durante el procedimiento, se busca desarrollar la habilidad de trabajar en equipo.

Bajo este método, se hizo uso de la cromatografía de Pfeiffer, técnica aplicada al análisis de suelos. Esta técnica es un tipo de análisis cualitativo, accesible y de bajo costo que ha sido utilizada para poder evaluar la salud de los suelos, el análisis de los cromatogramas

se realiza en función de la identificación de las zonas que se forman: zona mineral, zona de materia orgánica, zona enzimática y zona de manipulación (Blamaseda-Espinosa 2021).

Este tipo de análisis está destinado a una visión integradora de la vida del suelo; el diagnóstico es expresado a través de un lenguaje visual codificado por colores y dibujos, que exponen las deficiencias y debilidades del suelo. El cromatograma es una imagen formada en un papel de filtro circular, donde la solución del suelo se distribuye por zonas formadoras de capilaridad. Estas zonas son vinculadas a indicadores de calidad (Barros, & Silveira-Franco 2022).

Este método de análisis de suelo ha sido difundido y aplicado en sectores con estilos agrícolas de base ecológica y de ingreso al mundo académico (Blamaseda-Espinosa 2021). Al tener los estudiantes conocimientos previos, de solventes, afinidades y manejo de instrumentos, se les permitió utilizar esos conocimientos experimentales de química en un

área básica para todo profesional del agro como el estudio de tierras para siembras.

El objetivo de utilizar esta técnica en el Laboratorio de Química radica en que los estudiantes sean capaces de realizar el análisis de suelo de sus propias parcelas, bajo la técnica de cromatografía de Pfeiffer, enlazando los contenidos propios del área experimental de la Química con su área profesional, generando mayor interés en los estudiantes por las actividades de Laboratorio y fortaleciendo el desarrollo de sus competencias conceptuales y procedimentales.

### Métodos

Previo a realizar el análisis, se estableció un cronograma de actividades, detallando paso a paso a los estudiantes el proceso a seguir para poder realizar la cromatografía. Como se observa en el cuadro 1. De igual manera, se utilizaron infografías, especificando el procedimiento, de cada una de las etapas.

**Cuadro 1.** Cronograma de actividades laboratorio 10 de química orgánica

Actividad	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Toma de muestra de suelo	■						
Secado de muestra		■					
Tamizado y Pulverizado de la muestra		■	■				
Marcado de Papel Filtro				■			
Preparación de la muestra con NaOH				■	■		
Baño de papel Filtro					■	■	
Corrido de la muestra						■	■
Lectura del Cromatograma						■	■

Nota. Elaboración propia

El análisis fue realizado de forma grupal, 4 – 5 integrantes, (grupos de laboratorio), con un total de 64 grupos de laboratorio. El área destinada para realizar el análisis corresponde a las parcelas asignadas a los estudiantes en la clase de producción vegetal en primer año. Como parte de la verificación de los resultados y el proceso adecuado en la técnica utilizada, las docentes establecieron una rubrica de evaluación, donde se consideraron los siguientes criterios: trabajo en equipo, etapas

del análisis, competencias en el anejo de material y equipo de laboratorio, análisis e identificación de las partes del cromatograma obtenido.

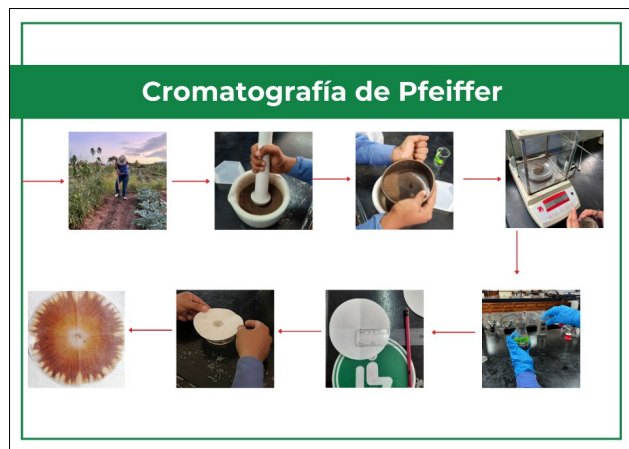
Para esta práctica de laboratorio la comunicación y el trabajo efectivo del grupo de laboratorio se consideró como un factor relevante, puesto que fueron los integrantes del equipo quienes tomaron la decisión de la parcela a analizar, momento adecuado para la toma de muestra, preparación y posterior estudio de esta.

#### *Descripción del procedimiento realizado*

Cada grupo identificó la parcela para posteriormente tomar la muestra siguiendo las indicaciones con respecto a profundidad del suelo y secado al sol, como siguiente paso la muestra fue llevada al laboratorio para realizar un molido y tamizado de esta, seguidamente se pesaron 5 gramos de la muestra y se agregaron 50 ml de una solución de NaOH al 1% agitando suavemente con 7 movimientos a la izquierda y 7 hacia la derecha, esto se repitió en series de 15, 30 y 60 minutos para luego dejar reposar por 6 horas.

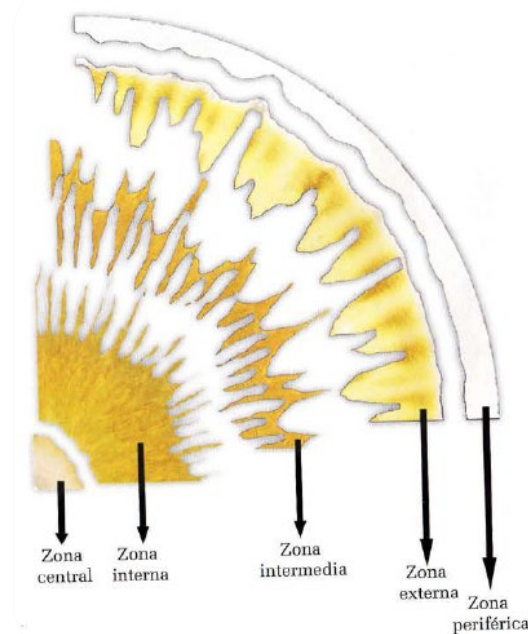
De manera simultánea cada grupo preparó su papel filtro a utilizar en el corrido, indicando el número de grupo, sección de laboratorio y número de parcela a analizar. Para preparar el papel, este primero se dobla en cuatro partes, midiendo desde el centro hacia afuera para marcar a una distancia de 4 centímetros y 6 centímetros respectivamente. Estos son los límites para impregnar con el nitrato de plata (hasta los 4 centímetros) y para la muestra a analizar (hasta los 6 centímetros).

Para realizar el corrido de la muestra, el papel filtro fue impregnado con una solución de  $\text{AgNO}_3$  a 0.5%, este se dejó secar horas antes. De la muestra reposada con NaOH, se tomaron 10 ml y se agregaron a un plato Petri, donde se colocó después el papel filtro con el puente para realizar el corrido.



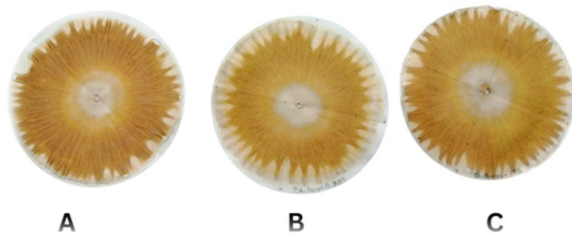
**Figura 1.** Procedimiento Cromatografía de Pfeiffer. Sección B4 año 2022

Una vez finalizó el corrido de la muestra, el papel filtro se deja secar para la posterior identificación de las zonas del cromatograma, como se observa en la figura 2. El cromatograma se divide por zonas, que corresponden a diferentes espacios del recorrido de los compuestos presentes en la muestra de suelo analizado.



**Figura 2.** Zonas de Cromatograma de Pfeiffer (Restrepo y Pinheiro 2011).

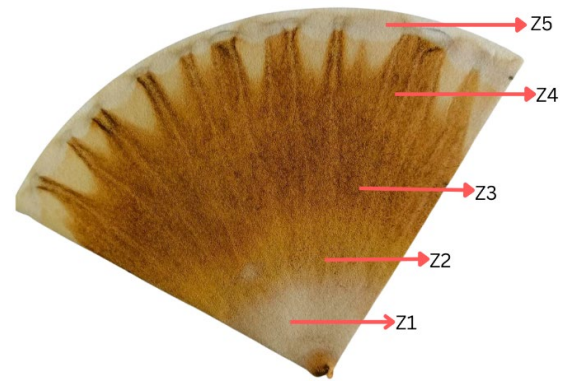
Al finalizar todas las etapas, cada grupo debía identificar las diferentes zonas de sus muestras de suelo en los respectivos cromatogramas como se puede ver en la figura 3.



**Figura 3.** Cromatogramas obtenidos por estudiantes de primer año en el análisis de parcelas. Cromatograma A parcela 90, Cromatograma B parcela 286 y Cromatograma C parcela 176.

### Resultados

Con el cromatograma, los estudiantes de cada grupo identificaron la composición del suelo analizado al verificar la presencia de cada una de las zonas, zona central, zona interna (zona mineral), zona intermedia (zona proteica o de materia orgánica), zona externa (zona enzimática) y zona periférica, como se observa en la figura 4. Este fue uno de los pasos más importantes, ya que con este resultado completaron el procedimiento del análisis, logrando fortalecer el conocimiento por descubrimiento en los estudiantes, finalidad de las actividades que se realizan bajo la metodología de aprendizaje basado en investigación (ABI), promoviendo de esta manera las habilidades para procesos de investigación y el aprendizaje autónomo en los estudiantes.



**Figura 4.** Zonas del cromatograma, Z1 zona central, Z2 zona interna, Z3 zona intermedia, Z4 zona externa y Z5 periférica.

El cromatograma, representó uno de los criterios a evaluar dentro de la rúbrica utilizada para esta actividad experimental. La identificación de las diferentes zonas de suelo en el cromatograma se puede visualizar en el cuadro 2, donde se describen la cantidad de grupos que alcanzaron con éxito visualizar las 5 zonas. De 64 grupos que realizaron el análisis, 46 grupos, es decir un 71.8 %, lograron con éxito la identificación de las 5 zonas establecidas en este tipo de análisis, ver figura 5, este resultado muestra la composición del suelo de las parcelas analizadas y a la vez representa el desarrollo correcto de cada uno de los pasos en el procedimiento de la técnica cromatográfica por parte de los estudiantes. Evidenciando la fortaleza de las competencias y habilidades que esta práctica necesitó.

**Cuadro 2.** Resultados de las identificaciones de zonas de suelo en cromatogramas realizados por estudiantes de primer año

Identificación de zonas	Cantidad cromatogramas	%
Identificación de 5 zonas	46	71.8
Identificación de 3 zonas	9	14.1
Identificación de 2 zonas	9	14.1
Total, Cromatogramas	64	100.0

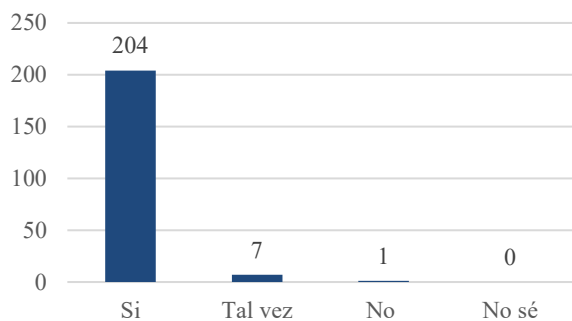
El registro de los resultados se realizó con la rúbrica de evaluación de la actividad experimental, donde se consideraron cada uno



de los pasos del análisis y el resultado final del mismo (cromatograma).

El realizar esta actividad, permitió la conexión entre el Laboratorio de Química y una clase de otro departamento de la institución, al aplicar una técnica de análisis que puede ser utilizada para obtener resultados cualitativos de una muestra de suelo. Realizando de esta manera la vinculación de contenidos del área de química con otras áreas académicas propias de la formación de los estudiantes. Esta conexión se vio reflejada en la percepción positiva de los estudiantes, al ser consultados a través de un cuestionario de percepción que fue completado por 212 alumnos al terminar la práctica.

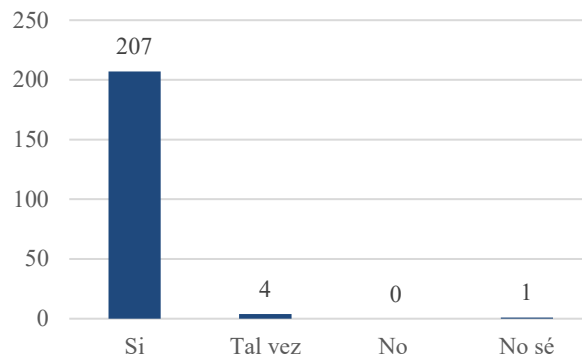
Entre los resultados más destacados se observó la relevancia que sienten los estudiantes al realizar actividades bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Investigación (ABI), en donde el 96.2%, de los 212 estudiantes que participaron en completar el cuestionario de percepción de la actividad, consideró importante vincular el Laboratorio de Química con actividades de campo. Ver figura 5.



**Figura 5.** ¿Considera importante realizar prácticas de campo en el Laboratorio de Química?

Al utilizar este tipo de análisis bajo la metodología de ABI, cada grupo asumió el papel de investigador, pues obtuvieron resultados reales de la calidad y composición de su suelo de parcela, al identificar e interpretar las diferentes zonas en sus respectivos

cromatogramas. Con relación a esto, para el 97.6% de la clase, realizar la cromatografía de suelo resultó una práctica de laboratorio útil para su formación. Ver figura 6.



**Figura 6.** Realizar el análisis de suelo de su parcela ¿fue una práctica de Laboratorio de Química útil?

La actividad del análisis de suelos de parcelas de los estudiantes fue percibida como una buena experiencia, al ver la aplicabilidad de los contenidos del Laboratorio de Química en otras áreas académicas. Esto se puede observar en los resultados del cuestionario completado por los estudiantes, ver cuadro 3. Esta práctica representó una buena experiencia de aprendizaje.

**Cuadro 3.** Percepción de los estudiantes con relación a la experiencia de utilizar la técnica de Pfeiffer

Opción de valoración	Cantidad	Porcentaje
Si	205	96.7
Tal vez	6	2.8
No	1	0.5
No sé	0	0.0
<b>Total, de respuestas</b>	<b>212</b>	<b>100.0</b>

De igual manera, se logró detectar que los estudiantes, al realizar esta actividad, alcanzaron un nivel de consciencia sobre la relevancia de los contenidos del Laboratorio de Química en su formación académica, especialmente la aplicabilidad de estos en el área de la agricultura. Esto se vio reflejado en los comentarios que expresaron al finalizar la práctica, ver cuadro 4.

**Cuadro 4.** Comentarios generales de estudiantes al finalizar la práctica

Estudiante	Comentario
1	El Laboratorio fue de mucho aprendizaje y sería bueno implementar más laboratorios de este tipo de prácticas al campo.
2	La práctica fue de gran valor debido a que observamos y pusimos en práctica todo lo aprendido en el Laboratorio.
3	Fue una excelente práctica y nos permitió analizar por qué algunos cultivos se han dado mejor que otros en las parcelas.
4	Definitivamente este tipo de Laboratorios es de los mejores debido a sus implicaciones prácticas en nuestras carreras en cuanto a análisis y uso de criterio técnico y formación profesional en el ámbito científico.
5	Con respecto a las prácticas de cromatografía, fue uno de los Laboratorios más interactivos y sentí que se relacionaba muchísimo en cuanto a temas de agronomía, pienso que deberíamos de realizar más laboratorios como este.

### Conclusiones e Implicaciones

La generación de espacios académicos bajo la metodología ABI dentro del Laboratorio de Química, favorece a que exista un aprendizaje centrado en el alumno, ayudando a promover un conocimiento por descubrimiento y a la vez fortalecer en los estudiantes habilidades y competencias necesarias en procesos de investigación.

Al realizar esta práctica, donde se buscó la conexión de la Química con otros espacios académicos de la agricultura, los estudiantes lograron alcanzar el análisis de un suelo (parcela) trabajado por ellos mismos, situación que representó un reto, y a la vez despertó el interés en las prácticas experimentales que se realizan en el Laboratorio de Química, pues, lograron ver la aplicabilidad de los contenidos del laboratorio en la experiencia de campo.

Realizar prácticas fuera de la enseñanza convencional o tradicional bajo una receta

estricta con resultados ya establecidos, conlleva beneficios para los estudiantes, pues promueve en ellos: el uso del pensamiento crítico, comunicación con sus pares, trabajo en equipo y fortalecimiento del aprendizaje autónomo; todas competencias y habilidades necesarias en su desarrollo académico y profesional.

### Referencias Bibliográficas

- Barros, & Silveira-Franco 2022. Contribuições da cromatografia circular de Pfeiffer para análise da saúde do solo [Aportes de la cromatografía circular de Pfeiffer para el análisis de la salud del suelo ]. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*. doi:<https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n2.90067>
- Abad-Santana 2018. *La cromatografía aplicada a la agroecología*. Quito: Fundación Heifer.
- Blamaseda-Espinosa, Q.-P. &.-Q 2021. Evaluación cualitativa de suelos de la parroquia Colonche mediante cromatografía de Pfeiffer. *REvista pertinencia académica*, 5. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.5979699>
- Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University [Comisión Boyer sobre la educación de estudiantes universitarios en la Universidad de Investigación] 1998. *Reinventing Undergraduate Education: A Blueprint for America's Research Universities*. [Reinventar la educación universitaria: un plan para las universidades de investigación de Estados Unidos.]. Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University, Stony Brook, NY. Retrieved Noviembre 2022, from



<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED424840.pdf>

- Cañas Cano 2018. ¿ABP en laboratorios de Química General? *Conferencia Internacional*. California, Estados Unidos. Retrieved from <https://pbl2018.panpbl.org/wp-content/uploads/2018/02/ABP-en-laboratorios-de-Quimica.pdf>
- FAO 2015. *2015 Año Internacional de los suelos*. Retrieved from FAO: <https://www.fao.org/soils-2015/about/key-messages/es/>
- Medina T., Arroyo G & Peña V. 2018. Cromatografía de Pfaifer en el análisis de suelos de sistemas productivos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9, 665-673. doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1223>
- Ramírez Unwin 2008. Laboratorio basados en investigación: Una metodología que incentiva la participación intelectual del estudiante en el proceso de aprendizaje. *Revista de Investigación Educativa*. Retrieved Agosto 2023
- Restrepo & Pinheiro 2011. *Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo*. Cali, Colombia: Feriva.
- Servicio de Innovación Educativa de la UPM 2020. *Aprendizaje basado en investigación*. Guía , Universidad Politécnica de Madrid . Retrieved from <https://innovacioneducativa.upm.es/sites/default/files/guias/ABI.pdf>