

CAPÍTULO 1.

APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA A TRAVÉS DE LA INVESTIGACIÓN EN PRODUCTOS NATURALES

Jhon Fredy Castañeda Gómez
Aldemar Morales Loiza

RESUMEN

El presente capítulo muestra la importancia del aprendizaje de la química basado en la investigación de fuentes naturales como las plantas. Teniendo en cuenta que la química permite entender el mundo que nos rodea, es indispensable aplicar enfoques de enseñanza y aprendizaje que faciliten la resignificación de conceptos como cambios de estado, punto de ebullición, densidad, constante dieléctrica, polaridad, interacciones moleculares, geometría molecular, soluciones y reacciones químicas, etcétera. Para tal fin, el enfoque de aprendizaje basado en la investigación de plantas facilita que el estudiante-investigador adquiera conocimientos para la aplicación de estos conceptos en la selección de disolventes, reactivos, pruebas,

ensayos, montajes, entre otros; también permite el desarrollo de habilidades científicas como la argumentación, el análisis, la extrapolación, la proposición, el planteamiento de hipótesis, etcétera.

Palabras clave: aprendizaje basado en la investigación, química, fitoquímica, productos naturales, enseñanza y aprendizaje de la química.

INTRODUCCIÓN

La química es la ciencia que estudia los cambios químicos y físicos que experimenta la materia; por lo tanto, es de vital importancia tener un conocimiento básico de esta disciplina para entender diversos fenómenos que ocurren en el mundo a nivel biológico, geológico, medicinal, agrícola, industrial, entre otros (Chang, 2002). La enseñanza de la química a través de modelos pedagógicos tradicionales ha sido implementada por muchos docentes de las ciencias naturales en las instituciones educativas (Pozo Municio, 2006); sin embargo, la evidente desmotivación de los estudiantes para comprender las temáticas que se abordan en los cursos hace que se deban aplicar otras estrategias pedagógicas y didácticas para fortalecer la motivación en el espacio académico. Por lo tanto, los maestros tenemos la tarea de preguntarnos qué y cómo enseñar para facilitar y apoyar el proceso de aprendizaje (Castiblanco Rojas, 2014).

El aprendizaje de la química a través del modelo “*Aprendizaje basado en la investigación, ABI*” es una alternativa para facilitar al estudiante-investigador el entendimiento de conceptos propios de la química a través de la experimentación. Bajo este contexto, los estudiantes tienen la oportunidad de indagar cuando se encuentran desarrollando cada uno de los pasos del método científico (Rivadeneira

y Silva, 2017). Independientemente del nivel del investigador, una investigación se realiza con el objetivo de dar solución a un problema científico, y es a través de la observación, el análisis y la interpretación de los resultados, que se permite entender el fenómeno en particular. Para un investigador que inicia su proceso de investigación, la asociación de los conceptos con situaciones reales y de contexto, facilitará la resignificación de teorías, leyes, reglas, conceptos etc. que rigen los fenómenos químicos. En este sentido, se hace importante centrar la atención en la manera como se va fortaleciendo el aprendizaje de la química a través de la investigación de los productos naturales.

La investigación a partir de fuentes naturales, como los animales, las plantas, los hongos y las bacterias, ha llevado al descubrimiento de muchas sustancias, como principios activos, remedios herbolarios, fitomedicamentos, medicamentos y nutraceúticos, pesticidas, entre otros, que han sido de gran utilidad para la humanidad. La información que se obtiene sobre la estructura química de un compuesto de origen natural y su relación con algún potencial biológico permite predecir a futuro, nuevos candidatos moleculares para estudios a nivel *in vivo* y en ensayos clínicos y farmacológicos (Castañeda-Gómez *et al.*, 2017).

Generalmente, en un curso de productos naturales o fitoquímica es demasiada la información que se aborda, iniciándose con las familias de especies generalmente vegetales, hasta los métodos de extracción, purificación e identificación de sustancias naturales. Los animales y los vegetales obtienen la energía mediante procesos de oxidación y reducción, en las que se producen los metabolitos, que son útiles para el crecimiento o reproducción, para la defensa de otras especies o como atrayentes de insectos, para regular la transpiración, o para la polinización (Domínguez, 1985). Así que la fitoquímica se enseña para conocer el funcionamiento de las especies y la relación que tienen con otros organismos vivos. Las relaciones ecológicas de una especie con otra, permite obtener información de una planta con potencial insecticida, herbicida, tóxica, etc. Es de vital importancia, resaltar que hay

demasiada diversidad estructural de las sustancias de origen natural, por lo tanto, resultaría confuso memorizar la gran gama de compuestos que se han aislado hasta ahora, en su lugar, debería aplicarse el aprendizaje para la comprensión.

Este capítulo de reflexión ha sido diseñado con el objetivo de mostrar al lector una visión de cómo el aprendizaje de la química se fortalece a medida que se realiza la investigación de productos naturales.

Modelo de aprendizaje basado en la investigación (ABI)

Este enfoque didáctico permite hacer uso de estrategias de aprendizaje activo para desarrollar en el estudiante competencias para la investigación. Esto quiere decir que en el enfoque ABI se aplican estrategias encaminadas a conectar la investigación con la enseñanza y el aprendizaje. En el ABI se pueden incluir resultados de investigación, métodos de enseñanza y aprendizaje o herramientas de investigación inclusiva, como se muestra en la tabla 1, con un par de ejemplos de investigación (Blackmore y Fraser, 2007)

Tabla 1-1. Roles en el enfoque ABI

Investigación de productos naturales	Rol del estudiante	Rol del maestro
La investigación científica como estrategia pedagógica en el aprendizaje de la fermentación de café en una comunidad rural del municipio de Acevedo, Huila, Colombia.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica y plantea problemas de investigación con base en los saberes cotidianos. 2. Plantea posibles soluciones con rutas de indagación sistemática. 3. Escoge metodologías adecuadas para investigar alternativas de solución. 4. Genera evidencias con base en la investigación científica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trabaja en colaboración con sus grupos de trabajo. 2. Facilita los espacios para comunicar los resultados de trabajos de investigación. 3. Reconoce la importancia de la formación de los estudiantes para el desarrollo de nuevos conocimientos.

Investigación de productos naturales	Rol del estudiante	Rol del maestro
<p>En una comunidad del departamento del Huila, se emplea el helecho de la especie vegetal <i>Eupodium pittieri</i> para el crecimiento del vello facial. Su investigación facilita el aprendizaje de los metabolitos secundarios.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 5. Analiza los resultados de la investigación. 6. Piensa para inducir y deducir los conocimientos científicos en contraste con los saberes cotidianos. 7. Formula conclusiones con rigor metódico. 8. Socializa y difunde resultados de la investigación y genera así soportes científicos. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Involucra a los estudiantes en el descubrimiento a través de su propia investigación. 5. Motiva y guía a los estudiantes en el uso de servicios y recursos de consulta.

Fuente: elaboración propia.

En los niveles básicos de escolaridad, la investigación se centra en los alumnos que tienen un papel activo en el aprendizaje, en el cual se generan evidencias que permiten determinar el avance en el conocimiento científico a través de la indagación (Franco Mariscal, 2015). El estudiante tendrá que demostrar el desarrollo de habilidades o destrezas en el quehacer investigativo. Esto quiere decir que el estudiante junto con el maestro, desarrollarán habilidades de pensamiento científico como la indagación, la discusión, la reflexión, la comunicación, la búsqueda y la organización de la información relevante en el campo del saber desde la química y en otros campos del conocimiento, así como la búsqueda de colaboraciones con otros investigadores y grupos de investigación que puedan aportar al desarrollo de los proyectos de investigación.

El objetivo del modelo ABI es mostrar al estudiante los procedimientos realizados por un científico, quien tiene un papel fundamental en la generación de nuevo conocimiento. Por lo tanto, la tarea del estudiante investigador es participar en las etapas de una investigación, las cuales son: formular el problema, la hipótesis y

los objetivos, justificar el planteamiento de la propuesta de investigación, buscar información para los antecedentes y el marco teórico, elaborar metodologías adecuadas para contrastar los resultados, interpretar y comunicar los resultados (Mora López *et al.*, 2019).

En el modelo ABI es importante que, para el desarrollo de las competencias científicas de los estudiantes, se realicen prácticas de laboratorio, como estrategias didácticas que permiten el alcance de aquellas habilidades relacionadas con el saber-hacer en un laboratorio, como la manipulación de material de vidrio, reactivos químicos, instrumentos de medición, montajes, procedimientos, equipos, entre otros (Cardona Buitrago, 2013).

Por lo anterior, los perfiles de los investigadores favorecen la construcción de los conocimientos científicos por parte de los estudiantes, debido a la acción paralela de orientación en el proceso educativo; la familiarización de las metodologías científicas en el desarrollo de habilidades, actitudes y capacidades positivas son necesarias para la formación científica (Alvear Guerrero, 2011).

La investigación en productos naturales

A nivel mundial, son muchos los grupos de investigación dedicados al estudio de los productos naturales. Generalmente, las plantas, los hongos, las bacterias y los animales se estudian para conocer las sustancias químicas que producen estos organismos a través de su biosíntesis, para entender las relaciones ecológicas entre especies planta-planta y planta-animal, y para determinar el potencial biológico de estas sustancias como antioxidantes, citotóxicas, moduladoras de actividad biológica, antiinflamatorias, entre otras propiedades de interés en el campo de la fitoquímica. A nivel educativo, este campo facilita la formación en ciencias naturales

de estudiantes de pregrado y posgrado a través de la indagación en la básica secundaria y media con el acercamiento al quehacer investigativo (Castañeda-Gómez, Morales *et al.*, 2018).

Colombia es considerada el segundo país más biodiverso de flora y de fauna en el mundo (aproximadamente 45000 especies), precedido por Brasil (aproximadamente 55.000 especies), donde se aprovecha solo el 5% para fines terapéuticos. Entre 1981 y 2014, el 67,4% de los medicamentos aprobados por la Administración de Alimentos y Medicamentos, (FDA, por sus siglas en inglés) correspondió a sustancias de origen natural; el 9,1%, a mezclas botánicas, y el 320,2%, a derivados de un producto natural (n=1562) (Newman y Cragg, 2016).

El aprovechamiento de los recursos naturales ha permitido que el sector agrícola sea una de las fuentes para el desarrollo económico de un país (Domínguez, 1979). Existe una gran población que usa la medicina tradicional para el tratamiento de enfermedades; sin embargo, el conocimiento sobre la eficacia, la tolerancia y la toxicidad de las especies es escaso. Por esto, es necesario dar información sobre los productos naturales, su empleo y los efectos colaterales que conlleva el mal uso de las plantas medicinales.

¿Qué se estudia en un curso de productos naturales?

En un curso de productos naturales, se abarcan diversos temas como: metabolismo primario y secundario, rutas metabólicas de alcaloides, ácidos grasos, policétidos y sus derivados, quinonas, cumarinas, fenilpropanoides, lignanos, azúcares, polifenoles, taninos, flavonoides, terpenos, aceites esenciales, etcétera, métodos de aislamiento, purificación e identificación de sustancias y bioensayos para determinar el potencial biológico de extractos, fracciones y compuestos puros (Bruneton, 1991) (tabla 2). La comprensión de estas temáticas se dificulta cuando se emplean

metodologías de enseñanza para la memoria, ya que la gran gama de compuestos de origen natural que se conocen hasta ahora amplía la complejidad para el entendimiento de sus estructuras moleculares; sumado a esto, está la gran cantidad de procedimientos que se emplean para su aislamiento e identificación. El aprendizaje mediante el modelo ABI fortalece la asimilación de las estructuras, los procedimientos y los fundamentos químicos relevantes que se tratan en la química de los productos naturales.

Tabla 1-2. Tres componentes pedagógicos y didácticos en un curso de productos naturales

Dimensión pedagógica	Dimensión didáctica
<p>¿Qué se enseña?</p> <p>En la enseñanza de productos naturales se establece la enseñanza de la quimiotaxonomía y de sustancias de origen natural como aceites esenciales, extractos, compuestos originarios del metabolismo primario y secundario, biogénesis de los compuestos químicos, así como su aislamiento, purificación e identificación de compuestos.</p>	<p>¿Cómo se enseña?</p> <p>Las estrategias didácticas abarcan principalmente la investigación como centro de atención; adicional a ello, se emplea el uso del contexto, de las experiencias vividas, las lecturas especializadas en idioma extranjero o español, así como los trabajos de reflexión en clase, con el fin de propiciar la conceptualización necesaria para las prácticas de laboratorio y demás procesos de indagación.</p>
<p>¿Para qué se enseña?</p> <p>La formación en habilidades y destrezas científicas es el pilar fundamental en las siguientes generaciones en la búsqueda de compuestos de interés en investigación de productos naturales con potencial biológico de las especies, resaltando la aplicación a nivel agroindustrial, medicinal y ecológico.</p>	<p>¿Cuándo se enseña?</p> <p>El interés por la investigación surge con la curiosidad, la cual se despierta al conectar los currículos con el contexto, y prima el texto. Fortalece la relación de la disciplina con la aplicabilidad de las ciencias, la visión y la misión de los cuerpos de conocimiento con los diferentes actores, estudiantes, investigadores y grupos de difusión y discusión.</p>

Dimensión pedagógica	Dimensión didáctica
<p>¿Qué evalúa?</p> <p>En el aprendizaje de productos naturales, la evaluación es integral. Es un aprendizaje compuesto por la fundamentación teórica y experimental; principalmente se basa en la comprensión de los métodos a emplear en el aislamiento e identificación, la formación de las sustancias químicas y su metabolismo, así como la quimiotaxonomía de las plantas y otros organismos que son de interés en la fitoquímica.</p>	<p>¿Cómo se evalúa?</p> <p>La evaluación es constante y el aprendizaje es medible a través del manejo instrumental, el desarrollo de habilidades y destrezas, la generación y resignificación de competencias científicas. También se valora empleando evaluaciones escritas que son situacionales, en las cuales el estudiante se sumerge en un problema particular y como producto de su aprendizaje propone soluciones que implican un estudio de indagación sistemática.</p>

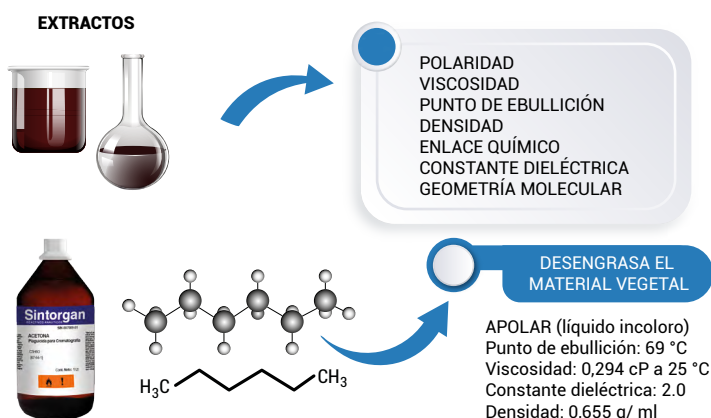
Fuente: elaboración propia.

¿Qué se aprende de química cuando se realiza investigación en productos naturales?

Para el aislamiento de compuestos que se encuentran presentes en los organismos vivos, se suelen utilizar diversas técnicas de tamizaje fitoquímico. Según Prashant *et al.* (2011), “El tamizaje fitoquímico consiste en la obtención de extractos de plantas con solventes apropiados, tales como agua, acetona, alcohol, cloroformo y éter. Otro solvente, el diclorometano, se usa específicamente para la extracción de terpenoides” (p.100). Para la obtención de extractos es importante que el investigador reconozca las propiedades físicas de los solventes, así que es necesario aprender la constante dieléctrica de los disolventes como un indicativo de la polaridad de las moléculas, la viscosidad, el punto de ebullición, el tipo de enlace químico entre los átomos, las interacciones y la geometría molecular. Por ejemplo, muchas maceraciones, percolaciones o extracciones líquido-líquido se realizan usando como primer disolvente el hexano, con el propósito de desengrasar el material vegetal pulverizado. El hexano se emplea por ser un disolvente poco polar que permite el

arrastre de grasas vegetales, pigmentos y otras sustancias de polaridad semejante a este disolvente. El investigador deberá entender que la frase “lo semejante disuelve lo semejante” que muchos químicos orgánicos usan en el laboratorio también tiene aplicación en la investigación de productos naturales (figura 1-1).

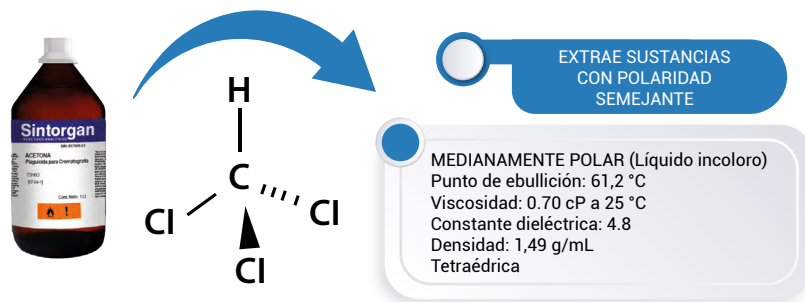
Figura 1-1. Aprendiendo química durante las extracciones



Fuente: elaboración propia.

Los investigadores de productos naturales deben seleccionar muy bien el disolvente que se va a emplear, porque de este depende el éxito en la extracción de los metabolitos de interés. Después de que se desengrasa el material vegetal, se emplea un segundo disolvente para la extracción de metabolitos de polaridad intermedia, como el cloroformo, el acetato de etilo, etcétera. Los disolventes como el metanol y etanol se usan para el arrastre de metabolitos de mayor polaridad como azúcares (figura 1-2) (Castañeda-Gómez *et al.*, 2019).

Figura 1-2. Aprender química mediante el uso de disolventes



Fuente: elaboración propia.

Los métodos para la obtención de aceites esenciales son diferentes a los que se emplean para la preparación de extractos. En este sentido, las fracciones volátiles, responsables del aroma de las plantas están formadas por diferentes tipos de compuestos orgánicos, como hidrocarburos alicíclicos y aromáticos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, azufrados y nitrogenados, los cuales se obtienen por diferentes métodos, por ejemplo, hidrodestilación, destilación por arrastre con vapor de agua, destilación tipo claevenger, destilación asistida por ultrasonido y microondas, enfloraje, expresión, entre otros.

En la hidrodestilación, el material vegetal fresco o seco y entero, cortado, molido, o la combinación de estos, se introduce en un balón y se adiciona agua hasta la mitad de la capacidad del recipiente. Luego se arma el montaje de destilación sencilla para someter el material a calentamiento durante el proceso de extracción. El agua al llegar al punto de ebullición genera vapor, lo que produce la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del material vegetal. El vapor entra en contacto con la planta, y extrae así los componentes volátiles. A la salida del condensador, se obtiene el hidrolato, una sustancia líquida blanquecina que se somete

a extracción líquido-líquido con un disolvente orgánico como diclorometano, éter o hexano. Finalmente, el disolvente se seca con un sulfato y se elimina mediante rotaevaporación (figura 1-3). Una modificación a esta técnica ha sido el empleo de una trampa de *dean-stark* (hidrodestilación del tipo claevenger), en la cual se va acumulando el aceite esencial debido a su inmiscibilidad en el agua (Cerpa Chávez, 2007).

Nuevas técnicas se han desarrollado recientemente a través del empleo de microondas, como la extracción con solventes asistida por microondas (MASE), hidrodestilación con microondas (MWHD), extracción libre de solventes con microondas (SFME), destilación por arrastre con vapor asistida por microondas (MASD), el empleo del ultrasonido previo a las destilaciones, entre otras. En la hidrodestilación asistida por microondas se usa el montaje tipo clevenger, el cual usa un horno microondas en lugar de una manta de calentamiento. El material se calienta por fracciones de tres minutos, y así se logra un mejor rendimiento en la extracción y en menor tiempo, y se disminuyen los costos en la obtención del aceite (Sahraoui *et al.*, 2008).

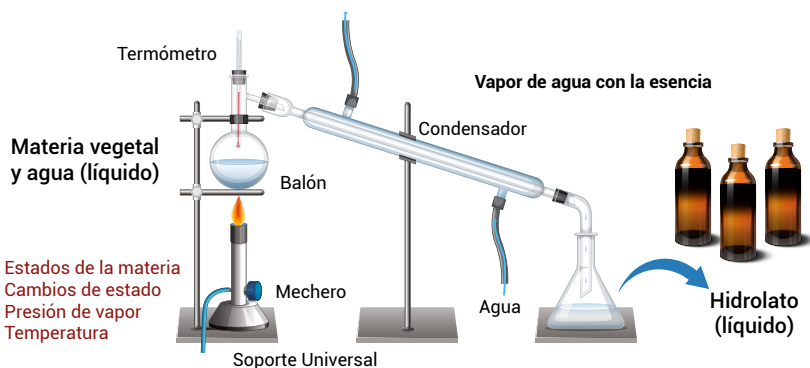
En la destilación por arrastre con vapor de agua, el material vegetal, generalmente fresco y cortado, se coloca en un recipiente cerrado y se somete a corrientes de vapor de agua sobrecalentado, proveniente de otro recipiente que contiene agua. Los compuestos volátiles son arrastrados por el vapor de agua, que se condensa y se recolecta sobre un recipiente con agua. Los aceites esenciales son, en su mayoría, insolubles en agua y menos densos que esta, lo que facilita la separación (Martínez, 2003).

En la técnica de extracción con fluidos supercríticos, las esencias son solubilizadas y arrastradas por un fluido, generalmente dióxido de carbono (CO_2), que luego se elimina mediante descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y la temperatura ambiente. Aunque por esta técnica se obtienen otros componentes

volátiles, además de ser costosa, presenta la ventaja de que se obtienen aceites con altos rendimientos, lo cual lo hace un método compatible con el medio ambiente (Yonei *et al.*, 1995).

Cada técnica de destilación le permite al investigador resignificar conceptos fundamentales como cambios de estado, propiedades de los gases y presión de vapor, que son importantes para explicar qué ocurre durante las extracciones. El agua es el disolvente que se emplea debido a que el vapor arrastra las esencias que luego son condensadas en forma de hidrolato. Luego se emplea un disolvente orgánico para arrastrar la esencia contenida en el agua a través del proceso de extracción líquido-líquido. En este proceso, se aplica el concepto de densidad, que es importante para entender la formación de las dos fases en el proceso extractivo, y evitar confusión a la hora de aislar la esencia. Por ejemplo, cuando se emplea el diclorometano, la esencia es arrastrada por este disolvente, que al ser más denso que el agua corresponderá a la fase inferior, en contraste con el éter, cuya esencia se encontraría en la fase superior. Por lo tanto, entender el valor de la densidad es fundamental para evitar errores en los procesos de extracción.

Figura 1-3. Aprender química mediante la destilación de aceites esenciales



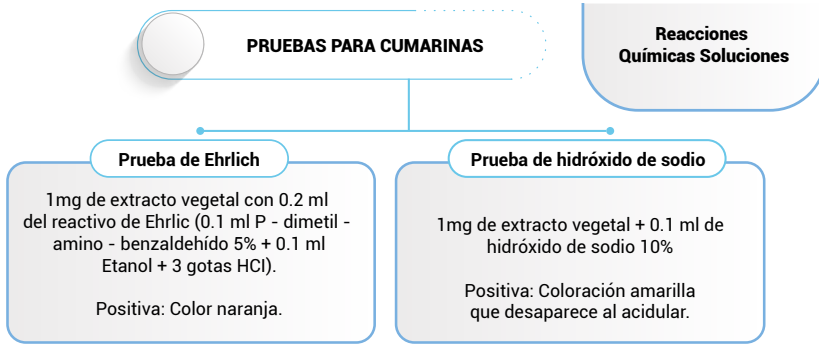
Fuente: elaboración propia.

Aprendiendo sobre reacciones químicas y soluciones

Durante el tamizaje fitoquímico es muy común realizar la identificación de metabolitos secundarios en los extractos y las fracciones a través de pruebas cualitativas; es decir, el empleo de reactivos específicos permite que se identifique un tipo de compuesto mediante un cambio de color o la formación de un precipitado, etcétera. Una prueba positiva se indica mediante la representación de signos positivos (+), cuanto más intenso el color, mayor será el número de signos que indican abundancia del metabolito en la muestra, en contraste con un signo negativo (-), que representa ausencia del metabolito. Para realizar este tipo de pruebas, el investigador deberá preparar reactivos en solución acuosa, y para esto deberá recordar la forma como se preparan las soluciones acuosas, a través de los cálculos estequiométricos y el empleo de las ecuaciones para determinar la cantidad necesaria del reactivo y el disolvente que se requiere para llegar a la concentración ideal. Por ejemplo, para la identificación de cumarinas en un extracto, se emplean dos pruebas de reacción: la prueba de Ehrlich y la prueba de hidróxido de sodio (NaOH); en ambos casos, los reactivos deben estar en solución. El reactivo de Ehrlich se prepara mezclando 0,1 mL de *p*-dimetil-amino-benzaldehído al 5% con 0,1 mL de Etanol y 3 gotas de HCl, mientras que el NaOH se usa al 10%. En este sentido, el estudiante-investigador deberá consultar acerca de las soluciones y su preparación en términos de porcentaje. La identificación de cumarinas mediante la prueba de Erlich se realiza mezclando una pequeña cantidad del extracto con este reactivo específico, si se forma una coloración naranja es indicativo de la presencia de este tipo de compuestos (figura 1-4) (Castañeda-Gómez, Giraldo, *et al.*, 2018).

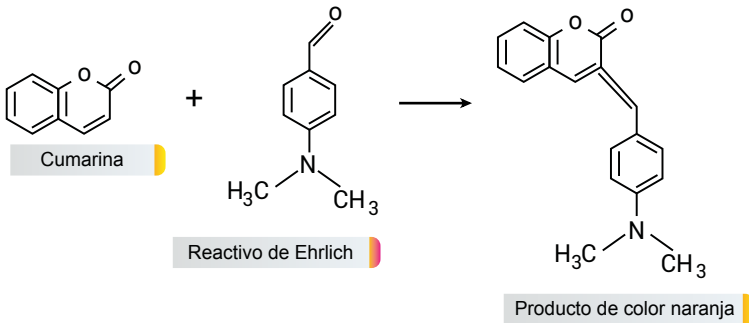
Para la interpretación de la aparición del color naranja o amarillo en la prueba, es importante que el estudiante-investigador indague y busque información para que dé explicaciones de lo ocurrido. Sin duda, el color se debe a la formación de un producto a través de la reacción entre la cumarina presente en el extracto y el reactivo específico. El acoplamiento entre las dos moléculas forma un producto sólido con mayor conjugación de dobles enlaces, lo que ocasiona el cambio de color (figura 1-5).

Figura 1-4. Aprender química mediante el tamizaje fitoquímico



Fuente: elaboración propia.

Figura 1-5. Aprender reacciones químicas mediante la identificación de metabolitos por pruebas cualitativas



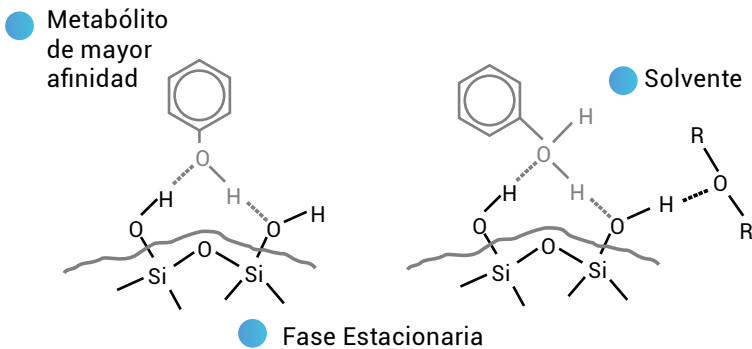
Fuente: elaboración propia.

Aprendiendo química con la separación cromatográfica

A menudo, los extractos se separan y se purifican mediante diferentes técnicas cromatográficas. La cromatografía en columna y la cromatografía en capa fina permite el aislamiento de sustancias mediante la afinidad que tenga el metabolito

entre la fase estacionaria y la fase móvil, y la selección de estas fases es importante para llevar con éxito la separación. Por lo tanto, es inherente el aprendizaje sobre polaridad de las moléculas, la constante dieléctrica de los solventes, la polaridad de la fase estacionaria y la fase móvil, el concepto de adsorción, partición, fuerzas de interacción y tamaño molecular, etcétera. El gel de sílice es el material de mayor uso en la cromatografía de columna y en capa fina, que se emplea como fase estacionaria para permitir la separación. En este sentido, es primordial que el investigador conozca la estructura química del gel de sílice, para entender que los metabolitos secundarios de mayor polaridad serán retenidos con mayor fuerza por esta fase, en contraste con los metabolitos de menor polaridad (figura 1-6) (Chang, 2002).

Figura 1-6. Aprender interacciones moleculares mediante la separación cromatográfica

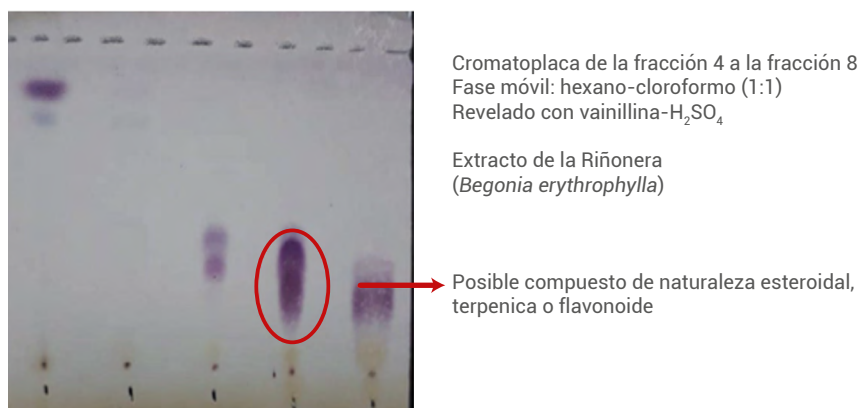


Fuente: elaboración propia.

Mediante la cromatografía en capa fina se lleva a cabo la identificación de las fracciones que se van obteniendo de la cromatografía en columna. El uso de reveladores ofrece una alternativa sencilla a bajo costo para el reconocimiento de las manchas por el cambio de color en las cromatoplas. En este sentido, el estudiante adquiere la habilidad de proponer posibles sustancias presentes en las fracciones observando la coloración; por ejemplo, un revelado de una placa

con vainillina- H_2SO_4 y la formación de un color morado en una de las manchas indica la presencia de un esteroide, terpeno o flavonoide. Este resultado permite orientar la investigación hacia la separación de sustancias puras o de interés para el investigador (figura 1-7).

Figura 1-7. Proponiendo en química con la separación cromatográfica



Fuente: Osorio y Manchola (2019).

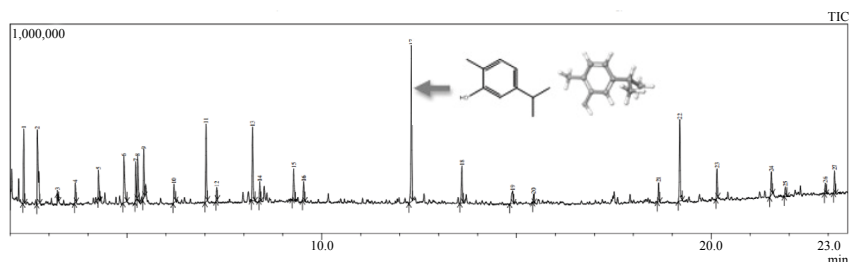
Aprendiendo química con la identificación estructural

Los compuestos puros obtenidos mediante diferentes técnicas, generalmente cromatográficas, son identificados a través de técnicas espectrométricas y espectroscópicas. Para compuestos sólidos, es muy usual la determinación del punto de fusión y rotación óptica. Estas propiedades físicas son útiles para la determinación de compuestos nuevos, a través de la comparación con datos reportados en la literatura científica. En este sentido, la determinación de las propiedades físicas de un compuesto ayuda a entender el concepto de cambio de estado y la rotación del plano de la luz polarizada en un polarímetro. El uso de la espectroscopia

infrarrojo y ultravioleta-visible fortalece el aprendizaje de los grupos funcionales para la identificación de moléculas en un espectro, así como el concepto de vibración molecular, transiciones electrónicas, radiación electromagnética, longitud de onda y frecuencia, etcétera.

La técnica de espectroscopia de resonancia magnética nuclear facilita la identificación de estructuras y el aprendizaje de conceptos como spin nuclear, desplazamiento químico, multiplicidad y constante de acoplamiento. La espectrometría de masas es una técnica que permite determinar la masa molar de un compuesto a través de la identificación del pico de ion molecular y los picos fragmentos en un espectro. Así que el empleo de la técnica y la interpretación de espectros facilita la resignificación del concepto de ion, relación masa/carga, grupos funcionales, rearrreglo, pico base, entre otros.

La caracterización de la composición química de un aceite esencial se realiza, en la mayoría de los casos, mediante la técnica de cromatografía de gases-espectrometría de masas (CG-EM). El cromatograma de un aceite está constituido por muchos picos, lo cual indica que las esencias son mezclas complejas de sustancias volátiles. El investigador podrá asociar cada pico a un compuesto característico por el espectro de masas. En la figura 1-8, se muestra un cromatograma de un aceite esencial de las partes aéreas de la planta conocida comúnmente como cholupa (*Passiflora maliformis*). En el espectro se observan 27 picos de diferente intensidad que corresponden a 27 compuestos en el aceite. La complejidad en el cromatograma ayuda al investigador a aprender sobre los aceites esenciales como mezclas de sustancias que se encuentran en diferentes proporciones. La composición química de un aceite esencial es relevante para encontrar posibles usos a nivel biológico, en la cosmética y a nivel industrial.

Figura 1-8. Aprender química con la interpretación de cromatogramas

Perfil cromatográfico (TIC: Corriente iónica total) de los AE de *P. maliformis* L. (material fresco: hojas, tallos, flores y semillas). Extracción realizada por HD. Fuente: Laboratorio de Análisis Instrumental, programa de Química, Universidad del Quindío.

Los aceites esenciales son mezclas complejas de muchos componentes

Fuente: Ríos Días y Rojas Castaño (2018).

Los aceites esenciales tienen se usan para la perfumería, en la industria alimenticia o como fuentes de materias primas; un investigador podrá acceder a una gran cantidad de información relacionada con el potencial de los productos naturales. Con un poco de revisión en la literatura científica, una persona que realiza este tipo de investigaciones podría darse cuenta de que el citral del zacate limón se usa para sintetizar la vitamina A (Domínguez, 1985); en la cosmética, los aceites se usan para impartir fragancias a un producto, y en la industria textil y de plásticos, para enmascarar el mal olor en tratamientos con mordientes antes y después del teñido en el caso de algunos cauchos y plásticos (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003). A nivel terapéutico, las esencias son empleadas para curar enfermedades físicas y emocionales, por el potencial que tienen los aceites como antibacteriales, antifúngicos, citotóxicos, antioxidantes, entre otros (Steflitsch y Steflitsch, 2008).

Por ser los aceites esenciales un producto que se obtiene de manera fácil y económica, además de las aplicaciones que tienen, son que puede tenerse en cuenta durante el aprendizaje basado en la investigación.

CONCLUSIONES

Las ciencias naturales suelen enseñarse a partir de modelos pedagógicos tradicionales, lo que ha dificultado la intención de la enseñanza. Ese tipo de metodología hace que el maestro enseñe a través de un proceso de asimilación: memoria, repetición y copia (Kaufman y Fugamalli, 2000). Es claro que, en todo proceso de cambio en la enseñanza de la ciencia, los docentes son el componente importante, pues son ellos los que deben estar convencidos de que se necesita su innovación, su creación y su actitud hacia el cambio, para responder no solo a los planteamientos y propósitos que se fijan en las propuestas didácticas, sino también para satisfacer las exigencias de los contextos que envuelven a los educandos como sujetos sociales, históricos y culturales (Pozo, 1999). Por lo anterior, se plantea la metodología del ABI para fortalecer el aprendizaje de la química a través de la obtención de extractos, fracciones, sustancias puras, aceites esenciales, entre otros productos naturales.

Es importante mencionar que el desarrollo y la evolución de propuestas como el ABI en contextos particulares propician escenarios de reconexión con la ciencia y los saberes cotidianos, empleando metodologías y procesos metacognitivos en los cuales los estudiantes-investigadores relacionan los conocimientos que proporciona las ciencias, en este caso la química, y la utilizan para dar respuesta a interrogantes de investigación que tienen que ver con la fitoquímica.

REFERENCIAS

- Alvear Guerrero, V. (2011). *Problemas tridimensionales de Química*. Universidad Surcolombiana.
- Blackmore, y, P Fraser, M. (2007). *Researching and teaching: Making the link*. En P. Blackmore y R. Blackwell (Eds.), *Towards strategic staff development in higher education* (pp. 131-141). McGraw-Hill.
- Bruneton, J. (1991). *Elementos de fitoquímica y farmacognosia*. Editorial Acribia S. A.
- Cardona Buitrago, F. E. (2013). *Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica* [Tesis de pregrado, Universidad del Valle].
- Castañeda-Gómez, J., Giraldo M Manchola, R. y Osorio Quintero, K. (2018). Análisis fitoquímico preliminar de la especie vegetal *Begonia erythrophylla*. *Educación y Ciencia*, 21, 1269-1281.
- Castañeda-Gómez, J., Morales, L.A. y Valderrama, C. Y. (2018). Análisis fitoquímico preliminar del helecho *Eupodium pittieri* empleado para el crecimiento del vello facial en Acevedo (Huila) y su evaluación de toxicidad sobre *Artemia salina*. *Educación y Ciencia*, 21, 913-1281.
- Castañeda-Gómez, J., Laviás-Hernández, P., Fragoso-Serrano, M., Lorence, A. y Pereda-Miranda, R. (2019). Acylsugar diversity in the resin glycosides from *Ipomoea tricolor* seeds as chemosensitizers in breast cancer cells. *Phytochemistry Letters*, 32, 77-82. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2019.05.004>
- Castañeda-Gómez, J., Rosas-Ramírez, D., Cruz-Morales, S., Fragoso-Serrano, M. y Pereda-Miranda, R. (2017). HPLC-MS profiling of the multidrug-resistance modifying resin glycoside content of *Ipomoea alba* Seeds. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*. 27(4), 434-439. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2017.05.003>

- Castiblanco Rojas, F. A. (2014). *Unidad didáctica para la enseñanza de conceptos asociados a la fitoquímica a partir de un perfil químico de extractos etanólicos de las especies Croton funckianus y Croton bogotanus (Euphorbiaceae)* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional].
- Cerpa Chávez, M. G. (2007). *Hidrodestilación de aceites esenciales: modelado y caracterización* [Tesis de doctorado, Universidad de Valladolid].
- Chang, R. (2002). *Química*. McGraw-Hill.
- Domínguez, J. A. (1985). *Métodos de investigación fitoquímica*. Editorial Limusa.
- Franco Mariscal, A. J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 231-232. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1645>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2003). *Estudio del mercado colombiano de aceites esenciales*.
- Kaufman, M. y Fugamalli, L. (Comp.). (2000). *Enseñar ciencias naturales. Reflexiones y propuestas didácticas*. Paidós.
- Martínez, A. (2003). *Aceites esenciales*. En *Química de productos naturales* (pp. 274-308) Universidad de Antioquia.
- Mora López, A. M., Morales Loaiza, A. y Valderrama Córdoba, Y. A. (2019) *Aprendizaje sobre el aislamiento e identificación de metabolitos secundarios del helecho Eupodium pittieri a través del modelo investigativo, en estudiantes del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana* [Tesis de pregrado, Universidad Surcolombiana]
- Newman, D. J. y Cragg, G. M. (2016). Natural Products as Sources of New Drugs from 1981 to 2014. *Journal of Natural Products*, 79(3), 629-661. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.5b01055>

- Osorio Quintero, K. (2019). *Estudio Fitoquímico Preliminar de la especie vegetal Begonia erytrophylla* [Tesis de pregrado, Universidad Surcolombiana].
- Pozo Municio, J. I. (2006). La nueva cultura del aprendizaje en la sociedad del conocimiento. En N. Scheuer, J. I. Pozo Municio, M. del P. Pérez Echeverría, M. del M. Mateos Sanz y E. Martín Ortega (Coords.), *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje: las concepciones de profesores y alumnos* (pp. 29-50). Graó.
- Pozo, J. I. (1999). Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: del cambio conceptual a la integración jerárquica. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3) 513-520.
- Prashant, T., Bimlesh, K., Mandeep, K., Gurpreet, K. y Harleen, K. (2011). Phytochemical Screening and Extraction: a Review. *Internationale Pharmaceutica Scientia*, 1(1), 98-106.
- Ríos Díaz, S. y Rojas Castaño, B. A. (2018). *Estudio comparativo de los aceites esenciales de dos especies de Passifloras del departamento del Huila* [Tesis de pregrado, Universidad Surcolombiana].
- Rivadeneira, E. y Silva, R. (2017). Aprendizaje basado en la investigación, en el trabajo autónomo y en equipo. *Negotium*, 13(38), 5-16.
- Sahraoui, N., Vian, M. A., Bornard, I., Boutekedjiret, C. y Chemat, F. (2008). Improved microwave steam distillation apparatus for isolation of essential oils Comparison with conventional steam distillation. *Journal of Chromatography A*, 1210(2), 229-233.
- Steflitsch, W. y Steflitsch, M. (2008). Clinical aromatherapy. *Practising Medicine*, 5(1), 74-22. <https://doi.org/10.1016/j.jomh.2007.11.001>
- Yonei, Y., Ohinata, H., Yoshida, R., Shimizu, Y. y Yokoyama, C. (1995). Extraction of ginger flavor with liquid or supercritical carbon dioxide. *Journal of Supercritical Fluids*, 8(2), 156-161. [https://doi.org/10.1016/0896-8446\(95\)90028-4](https://doi.org/10.1016/0896-8446(95)90028-4)