

Análisis fitoquímico preliminar de la Alocasia macrorrhiza en la formación de profesores de Química¹

Preliminary Phytochemical Analysis of Alocasia Macrorrhiza in the Training of Chemistry Teachers

Edward Acosta²

Resumen

Este estudio investiga la incorporación del Análisis Fitoquímico Preliminar de Alocasia macrorrhiza en la formación continua de profesores de Química de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Usando un enfoque CTSA, se introdujeron nuevas estrategias de enseñanza de la Química, involucrando su relación con la Biología. Esta conexión dinámica y congruente enriqueció la formación docente en ciencias, fomentando una enseñanza más efectiva de conceptos, teorías y procedimientos.

1 Artículo derivado del trabajo de grado del autor.

2 Licenciado en Química, Universidad Pedagógica Nacional. ortizedward718@gmail.com

Palabras clave

especie vegetal; implicaciones didácticas; metabolitos secundarios; relación química-biología; secuencia didáctica; trabajos prácticos de laboratorio

Abstract

This study investigates the incorporation of the Preliminary Phytochemical Analysis of *Alocasia macrorrhiza* in the ongoing formation of Chemistry professors at the National Pedagogical University (UPN). Using a CTSa approach, new teaching strategies in Chemistry were introduced, involving its relationship with Biology. This dynamic and congruent connection enriched the science teacher education, promoting more effective teaching of concepts, theories, and procedures.

Keywords

plant species; didactic implications; secondary metabolites; chemical-biology relationship; didactic sequence; laboratory practical work

Resumo

Este estudo investiga a incorporação da Análise Fitoquímica Preliminar de *Alocasia macrorrhiza* na formação continuada de

professores de Química da Universidade Pedagógica Nacional (UPN). Utilizando uma abordagem CTSa, foram introduzidas novas estratégias de ensino da Química, envolvendo a sua relação com a Biologia. Essa conexão dinâmica e consistente enriqueceu a formação de professores de ciências, promovendo um ensino mais eficaz de conceitos, teorias e procedimentos.

Palavras-chave

espécies de plantas; implicações didáticas; metabólitos secundários; relação química-biologia; sequência didática; trabalhos práticos de laboratório

Alocasia macrorrhiza (L) Schott es una hierba gigante que puede alcanzar hasta cinco metros de altura y cuyas hojas pueden medir hasta un metro de largo. Es muy eficiente captando energía solar bajo condiciones de sombra, propiedad que es importante para asociarla con otras especies arbóreas (Sims y Percy, 1991). En América tropical existen muchas plantas de esta familia, con la característica principal de acumular almidón en tallos subterráneos llamados cormos. Solo algunas especies lo acumulan en el tallo aéreo, como la *A. macrorrhiza*.

Tabla 1. Taxonomía de la *A. macrorrhiza*Especie *Alocasia macrorrhiza*

<i>Alocasia macrorrhiza</i> ³	
<i>Alocasia macrorrhiza</i>	
Clasificación científica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Alismatales
Familia	Araceae
Subfamilia	Aroideae
Tribu	Colocasieae
Género	<i>Alocasia</i> (Schott) G. Don

Fuente: taxonomía tomada de Sweet (1839).

Relaciones CTSA

Recientemente se ha venido observando en Colombia una evolución positiva en cuanto a la atención prestada a las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) en la educación científica, y se han potenciado algunos avances en cuanto a la situación anterior a la reforma educativa (Solbes y Vilches, 2004).

Trabajos prácticos de laboratorio (TPL)

Los trabajos prácticos de laboratorio (experimentales), conocidos como TPL, son considerados una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias por diferentes razones, entre otras: motivan al alumnado, favorecen un conocimiento vivencial de muchos fenómenos, permiten ilustrar la relación entre las variables significativas en la interpretación de un fenómeno, pueden ayudar a la comprensión

3 Taxonomía tomada de Sweet (1839). Sweet's Hortus Britannicus: or, a catalogue of all the plants indigenous or cultivated in the gardens of Great Britain, arranged according to the natural system / by Robert Sweet. 3d. ed., greatly enl. and improved. Ed. by George Don, F. L. S. London. 3ª edición: 1839.

de conceptos, permiten realizar experimentos para contrastar hipótesis emitidas en la elaboración de un modelo, proporcionan experiencia en el manejo de instrumentos de medida y en el uso de técnicas de laboratorio y de campo; facilitan el acercamiento a la metodología y los procedimientos propios de la indagación científica (Caamaño, 2003).

Química de los productos naturales

Los metabolitos secundarios pueden ser considerados productos para la adaptación de un organismo a la supervivencia en un ecosistema particular. Su formación en la naturaleza tiene lugar a partir de los metabolitos primarios. La síntesis de los productos naturales comienza con la fotosíntesis que tiene lugar en plantas superiores, algas y algunas bacterias. Es un proceso endotérmico que requiere de la luz solar. Aquellos organismos incapaces de absorber la luz obtienen su energía de la degradación de carbohidratos (Gutiérrez y Estévez, 2009).

Metodología

Protocolos de análisis fitoquímico preliminar de la especie *Alocasia macrorrhiza*

Para determinar los principales metabolitos presentes en la *Alocasia macrorrhiza*, se partió del extracto etanólico (EE) y las fracciones que se obtuvieron, se analizaron a

partir de reacciones de coloración, precipitación y cromatografía en capa delgada (CCD). Para el fraccionamiento del extracto etanólico se emplearon solventes de diferentes polaridades (hexano, diclorometano, metanol, butanol y agua) y cada solvente se eliminó mediante el uso del rotavaporador o liofilizando, según el caso (Cytel, 1999; Sanabria, 1983).

Se identificaron los siguientes metabolitos secundarios: flavonoides, taninos, cumarinas, alcaloides, terpenos, esteroides, carotenoides, glucósidos cardiotónicos, naftas, antraquinonas lactonas terpénicas y saponinas.

Se siguió un enfoque basado en la investigación-acción, que según Kemmis y McTaggart (1988) se define como

Una forma de investigación colectiva auto-reflexiva emprendida por participantes de situaciones sociales para mejorar la productividad, racionalidad y justicia de sus propias prácticas sociales o educativas, así como su comprensión respecto a dichas prácticas y respecto a las situaciones en que ocurren. (p. 28)

Asimismo, se realizó una investigación de campo (Zorrilla, 1993), entendida como aquella que se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio.

Resultados

Análisis fitoquímico preliminar

Respecto al análisis fitoquímico preliminar se realizaron reacciones de color y de precipitación para identificar los metabolitos secundarios presentes en hojas y cormo de la especie *Alocasia macrorrhiza* así

1. Taninos: reacción con acetato de plomo y cloruro férrico
2. Flavonoides: reacción de Shinoda (magnesio más ácido clorhídrico concentrado)
3. Saponinas: prueba de espuma
4. Carotenoides: reacción con cloroformo
5. Alcaloides: prueba de alcaloides según Sanabria (1983)

Por consiguiente, se analiza la presencia o ausencia del metabolito correspondiente

El análisis fitoquímico preliminar da cuenta de que en la hoja de la *A. macrorrhiza* se tienen presentes metabolitos como flavonoides, alcaloides y carotenoides, en cambio para el cormo (tallo) de la especie se encuentra presencia de taninos.

Secuencia didáctica

En esta secuencia didáctica se explicitan algunas estrategias pedagógicas y metodológicas que llevan al estudiante a mejorar su formación como profesor de Química desde la fitoquímica y la interdisciplinariedad de la biología, asimismo contribuyen al enriquecimiento científico, tecnológico, social, ambiental y cultural respecto al estudio de los productos naturales.

Tabla 2. Análisis fitoquímico preliminar

<i>Alocasia macrorrhiza</i>		
Metabolito	Cormo	Hoja
Taninos	negativo	positivo
Flavonoides	positivo	positivo
Carotenoides	positivo	positivo
Alcaloides	positivo	positivo
Saponinas	positivo	Negativo

Como ya se dijo, se siguió el enfoque metodológico de investigación-acción. Esto llevó a analizar...

la investigación-acción es definida como una forma de investigación colectiva auto-reflexiva emprendida por participantes de situaciones sociales para mejorar la productividad, racionalidad y justicia de sus propias prácticas sociales o educativas, así como su comprensión respecto a dichas prácticas y respecto a las situaciones en que ocurren

Lo anterior conlleva a analizar e identificar las implicaciones didácticas que pueden surgir en torno a la enseñanza-aprendizaje de conceptos de biosíntesis de metabolitos secundarios en función de la especie *Alocasia macrorrhiza*. En la figura 1 se muestra el eje articulador en torno al cual gira todo este proceso.



Figura 1. Relación en torno a las implicaciones didácticas desde la fitoquímica

La secuencia didáctica se desarrollará en cuatro fases, así: Presentación, Comprensión, Práctica y Transferencia, que se explican a continuación.

1. Presentación

Escala pre y post referente al estudio de la fitoquímica y su importancia como futuros profesores de química.

Fase de presentación

2. Comprensión

Lectura "Relevancia de los productos naturales en el descubrimiento de nuevos fármacos en el siglo XXI" (Gutiérrez Ravelo y Estévez Braun, 2009).

Fase de presentación

En la fase de presentación se analiza la primera categoría de análisis: Aspectos disciplinares y didácticos del estudiante. Al respecto, la lectura permite responder a la importancia de los productos naturales

- La fitoquímica en la formación de profesores
- La relación CTSA

Fase de comprensión I

Clases interactivas: ya que nos encontramos en la etapa de comprensión, se explicarán las vías biosintéticas de los metabolitos secundarios de la especie *Alocasia macrorrhiza* por medio de esquemas conceptuales en donde la acción participante y los procesos de argumentación fomenten el aprendizaje de conceptos de fitoquímica en conjunto con los conceptos de biología.

3. Práctica

En esta etapa se procede a identificar de igual forma el segundo objetivo, que tiene que ver con la utilización de los trabajos prácticos de laboratorio (TPL), puesto que la metodología de investigación es cualitativa. Además, los TPL permiten especificar de una manera más interactiva, dinámica, la forma como se establece el trabajo experimental; por medio de ellos se pretende identificar lo propuesto en la segunda etapa, lo cual los estudiantes lo realizarán a partir de un informe en forma de v heurística.

Fase de práctica

4. Transferencia

Corresponde a la culminación de la secuencia didáctica; se orientará a lograr el tercer objetivo: "Analizar las implicaciones didácticas que emergen con el desarrollo de la secuencia didáctica en la formación

inicial de profesores de química referente al tema de los productos naturales".

Durante esta fase se realizará la prueba post en torno al estudio de la fitoquímica y su importancia como futuros profesores de química.

Construcción de categorías de análisis

Para la construcción de las categorías de análisis me he basado en seis miradas de las implicaciones didácticas que emergen en el desarrollo de la secuencia didáctica de enseñanza-aprendizaje así:

1. Aspectos disciplinares y didácticos del estudiante.
2. Relación entre la fitoquímica y la biología.
3. Metodología del docente en cuanto a la temática.
4. Argumentación frente al uso de conceptos científicos.
5. Investigación fuera del aula.
6. Los TPL en la formación inicial.

Desde estas seis miradas se analiza cómo la secuencia didáctica permite dilucidar las implicaciones didácticas, pues según afirma Rincón (2006) "es necesario seleccionar algunos temas o actividades, y dejar de lado otros, distribuir los temas y las acciones en el tiempo, organizar y secuenciar, es decir, crear un orden en el abordaje de contenidos".

A partir de esta construcción, se asignaron nombres a las categorías (conceptualización de los elementos por observar) y se procedió a realizar su definición operativa (descripción de las características que los datos deberían tener para pertenecer a cada una de estas miradas).

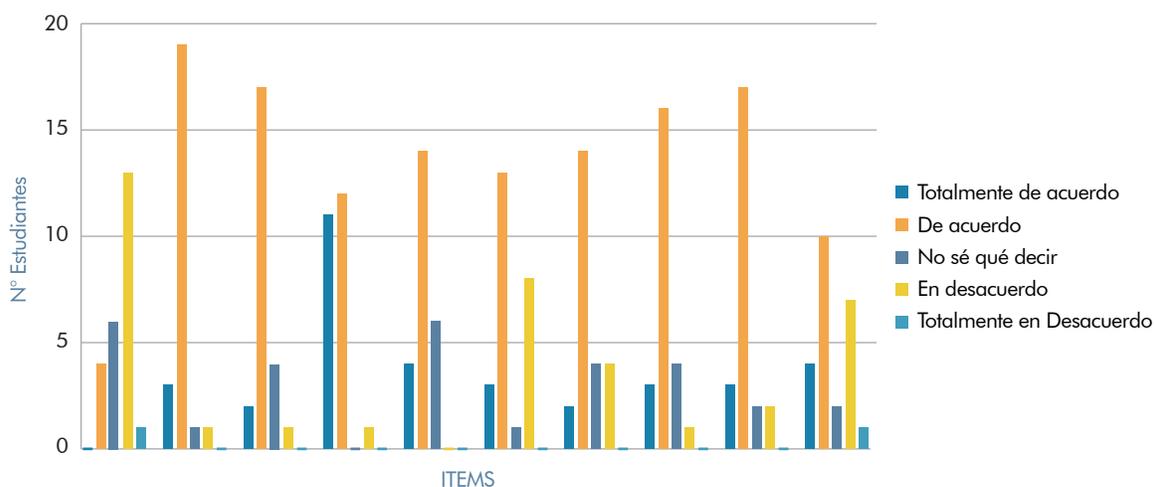


Figura 2. Escala de valoración tipo Likert

El ítem 1 corresponde a: “el estudio químico de las plantas (fitoquímica) es el encargado solamente del análisis de los metabolitos secundarios”. Como se observa en la figura 2, la mayoría de los estudiantes están en desacuerdo en que el estudio fitoquímico se limita al análisis de metabolitos secundarios. Es de notar que el estudiante analiza la fitoquímica desde constructos teóricos, esquemas conceptuales e historia de este, no solo con relación a procesos experimentales. No obstante, se encuentra que 6 estudiantes no saben qué decir, puede ser que no habían oído hablar sobre la fitoquímica o no la consideran relevante.

Con respecto al ítem 2, “Un estudio fitoquímico permite interpretar el metabolismo de las plantas”, la figura 2 muestra que 18 estudiantes están de acuerdo con esta afirmación, por esto se infiere que en cursos anteriores de bioquímica les han relacionado los procesos metabólicos de las plantas.

En cuanto al ítem 3, la mayoría de los estudiantes están de acuerdo con que “La biología y la fitoquímica permiten el desarrollo de estrategias interdisciplinarias para el estudio de los productos naturales” puesto que para ellos es de alta relevancia formarse integralmente en todas las ramas de la química, y como profesores saben que al ejercer la docencia tendrán que impartir la asignatura de Biología, además, que siendo

docentes de ciencias es importante relacionar todas las ramas para un mayor enriquecimiento de los conceptos disciplinares.

En el ítem 4: “los procesos fitoquímicos permiten interrelacionar saberes disciplinares como la bioquímica, la biología entre otros” se observa un alto porcentaje de Totalmente de acuerdo y De acuerdo con que es necesario que haya relaciones entre diferentes ramas o disciplinas científicas para aprender los procesos fitoquímicos. Para los estudiantes es notable que con la relación de estas disciplinas y otras más, la formación docente se ve fortalecida tanto en el aspecto científico como en el didáctico.

En la figura 4 se observa que los profesores en formación están de acuerdo con el ítem 5: “Los trabajos prácticos de laboratorio de laboratorio (TPL) promueven una enseñanza-aprendizaje de los conceptos de fitoquímica” ya que los trabajos experimentales son de gran ayuda para el aprendizaje de conceptos fitoquímicos y de otras disciplinas relacionadas con el tema de los productos naturales. Esto coincide con el planteamiento de Caamaño (2003), según el cual los TPL “permiten al alumnado un conocimiento vivencial de muchos fenómenos, permiten ilustrar la relación entre las variables significativas en la interpretación de un fenómeno; pueden ayudar a la comprensión de conceptos”.

En cuanto al ítem 6: “El estudio de los productos naturales permite establecer interacciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente (CTSA)”

se encontró que 13 estudiantes están de acuerdo en que se pueden establecer relaciones CTSA, sin embargo, 8 estudiantes están en desacuerdo. Esto puede obedecer a visiones de ciencia aisladas de los procesos científicos y didácticos. Por otra parte, es posible que solo analicen los productos naturales desde una mirada netamente científica y no relacionada con los procesos sociales y ambientales.

Los resultados del ítem 7, “La fitoquímica representa una clara alternativa para la vinculación de conceptos químicos en la formación inicial de profesores de química”, muestran claramente que para los profesores en formación inicial sí puede ser una alternativa la enseñanza de conceptos químicos a través de la fitoquímica puesto que esta ciencia abarca ramas de la química como la química orgánica, bioquímica y química inorgánica.

En cuanto al ítem 8, “La fitoquímica fortalece la formación docente porque permite la contextualización de los conceptos químicos”, se encontró que los profesores en formación inicial analizan la fitoquímica desde una perspectiva que les permite establecer criterios objetivos respecto a su ejercicio como docentes, ya que están de acuerdo que la Fitoquímica fortalece la formación docente desde los conceptos científicos.

Los hallazgos relacionados con el ítem 9, “El desarrollo y sistematización de TPL desde la fitoquímica fortalece la formación de profesores de química”, revelan que los

profesores en formación inicial están de acuerdo en que los TPL fortalecen su formación docente. De ahí se puede inferir que el trabajo experimental es tan importante como la práctica y el aprendizaje de conceptos, asimismo que con los TPL pueden establecer criterios de enseñanza para el aprendizaje de conceptos químicos.

Por último, con respecto al ítem 10, "La inclusión de la fitoquímica en la formación inicial de profesores de química es fundamental para la formación científica, pedagógica y didáctica", a 14 estudiantes les parece importante la inclusión de esta rama de la química en su formación como profesores de química, esto puede explicarse porque les permite establecer relaciones entre la ciencia y lo cotidiano, enriquecer su formación como profesores de química, e interactuar con el entorno vegetal para el aprendizaje de conceptos científicos y específicos de esta. Claro está que a algunos estudiantes no les parece que esta inclusión se dé en la formación, puede ser dado a la carga académica que tiene dentro de su propia formación, o que la Fitoquímica debe estar aislada de la formación como docentes de química.

Fase de comprensión

En esta fase se analizan la segunda, tercera y quinta categoría de análisis, ya que establecen los procesos de enseñanza-aprendizaje de conceptos de la química para dar inicio a los TPL.

Relación entre la fitoquímica y la biología

En la etapa de comprensión se implementa la secuencia didáctica con el aprendizaje de conceptos de fitoquímica en torno a la relación entre la biología y la química, con el fin de promover el enriquecimiento de dichos conceptos desde la interdisciplinariedad de estas dos disciplinas.

El artículo científico es una forma de dar inicio a la secuencia didáctica, ya que algunos artículos pueden reportar grandes descubrimientos mientras que otros nos ofrecen humildes contribuciones no menos importantes. Unos pueden tratar asuntos concretos experimentales y otros nos pueden ofrecer debates sobre ideas de fronteras del saber (Rojas, 2008).

Por otro lado, anteriormente se afirmó que el artículo científico permite responder a:

La importancia de los productos naturales

Los estudiantes respondieron que sí es de alta relevancia el estudio de los productos naturales puesto que de ellos se desprenden innumerables compuestos que pueden dar respuesta al tratamiento de enfermedades, explicar los procesos biosintéticos de las plantas, así como la formación de los diferentes metabolitos secundarios.

- **La fitoquímica en la formación de profesores**

La mayoría de los estudiantes consideran que es fundamental la fitoquímica en la formación de profesores, como se deduce de afirmaciones como:

- Como docentes no profundizamos un área específica, sino que exploramos otros campos de enseñanza.
- La química de los productos naturales implica una unión entre la Química, la Biología y la Bioquímica, ya que las tres disciplinas están fuertemente ligadas en procesos metabólicos.

– Porque nos da una visión más acertada de los conceptos teóricos que se están trabajando, además de concientizarnos [acerca] de la importancia de las plantas en nuestro diario vivir.

– Sí porque es importante establecer las relaciones de la Química teórica con su verdadera aplicación e importancia a nivel Biológico y Ambiental.

Con las anteriores afirmaciones se observa que para los profesores en formación inicial esta debe enfocarse desde los procesos cotidianos, que se ven relacionados con el uso de las plantas, así como el aprendizaje de conceptos puede darse desde el estudio de los productos naturales.

- **La relación CTSA**

Con la inclusión de la fitoquímica en el área de biología, el enfoque CTSA se hace preponderante en la etapa de comprensión, pues los profesores en formación le ven gran aplicación desde diferentes enfoques. Así lo muestran declaraciones como las de la tabla 3.

Tabla 3. Síntesis del enfoque ctsa en la fitoquímica

Estudiantes	Ciencia	Tecnología	Sociedad	Ambiente
Grupo 1	Análisis de sustancias para el estudio de los procesos evolutivos	Obtención de nuevas tecnologías que permitan el estudio de estas sustancias	Posible expansión de estas sustancias para el mejoramiento de procesos metabólicos	Implicar aplicaciones sobre la adaptabilidad de las plantas
Grupo 2	Investigación	Mejora	Salud	Estructuras biológicas son validadas a través de la co-evolución con el resto de seres vivos
Grupo 3	Ayudan a sintetizar nuevas sustancias bioactivas	Contrarrestar nuevas enfermedades	Minimiza enfermedades mortales sin causar mayor efecto secundario	Algunos de los compuestos sintetizados no contaminan

En la tabla 3 se describen algunas de las respuestas de los profesores de Química en formación inicial, y se observa el grado de relación que tienen en cuanto a la Fitoquímica se refiere, puesto que dichas afirmaciones apuntan a que es de alta relevancia la apropiación del conocimiento en esta área específica. Y que es fundamental en estas cuatro esferas de participación.

Metodología del docente en cuanto a la temática

El docente en su práctica debe tener en cuenta tres saberes, según lo afirma Zambrano:

[...] el disciplinar, lo pedagógico y lo académico. Estos saberes tienen lugar en la práctica y están vinculados con tres preguntas ¿Qué sé?, ¿cómo comunico lo que sé? y ¿cómo me transformo con lo que sé? Saberes y preguntas permiten reflexionar el ser, la identidad, la especificidad de la profesión, la práctica y la vocación de poder del profesor [...]. (2006)

Con lo anterior y con el uso de herramientas didácticas, ya sea con las TIC o con presentaciones en formato digital, le permite al profesor afianzar su conocimiento y dichos saberes, para que el alumno sea capaz de proponer, argumentar, reflexionar sobre lo que está aprendiendo. No obstante, el docente debe promover esas capacidades o habilidades desde la motivación, por lo que el estudiante quiere aprender y en función de lo cotidiano.

Con este fin, durante la secuencia didáctica se realizó un conversatorio en torno a los esquemas que configuran la biosíntesis de metabolitos secundarios, donde se les explicó a los profesores en formación inicial las vías de la glucólisis, el ciclo de Krebs, el ciclo de Calvin, la fijación del CO_2 , y las vías del ácido mevalónico y ácido shikímico. Estas últimas son las responsables de la síntesis de los metabolitos secundarios.

Cabe resaltar que todas estas vías metabólicas son complejas en el sentido de que configuran una serie de pasos o reacciones en cadena tal que para poderlas abarcar con detenimiento, sería necesario abrir un espacio académico solo con ese fin. Aun así, el curso mostró gran interés en cuanto a los procesos que debe tener la planta para la formación de los productos naturales, puesto que no conocían las vías de la planta.

Por otro lado, en la formación inicial el interés se centra en las dos primeras vías

metabólicas mencionadas, y se deja de lado las que se relacionan con el metabolismo de las plantas.

Secuencia de contenidos

El profesor en su práctica docente debe tener claro el uso de conceptos científicos, ya que esto le permite al estudiante formular y crear su propio mapa mental en cuanto a los contenidos aprendidos. Además, el docente debe formular una secuencia que vaya en concordancia con lo que está enseñando.

En esta etapa las clases interactivas se enfocaron en secuencias en torno a la vía de la glucólisis y el ciclo de Krebs. Con estas dos vías, que son las principales para los reinos vegetal y animal, se procede al proceso de fotosíntesis, fijación de CO_2 y por último el ciclo de Calvin. Se abordaron estos tres temas, con el fin de que el estudiante conozca la importancia de estos ciclos dentro del reino vegetal, y para dar paso y entender mejor por qué las plantas biosintetizan metabolitos secundarios. Y para esto se les explicó la ruta del ácido mevalónico y la ruta del ácido shikímico.

Así, los estudiantes entendieron mejor el proceso biosintético de los metabolitos primarios y se pudo avanzar al trabajo experimental a partir de los TPL, ya que en esta fase se abarca la comprensión de todo el proceso de estas sustancias vitales para las plantas.

Argumentación frente al uso de conceptos científicos

Esta mirada llevó a los estudiantes a descubrir su propio aprendizaje y el discurso que desde sus conocimientos científicos y didácticos les posibilita explicar la funcionalidad de un metabolito secundario.

Los profesores en formación inicial durante el ciclo de Profundización ya pueden construir un discurso sólido respecto a conceptos como hibridación, grupos funcionales, nomenclatura, enlaces, los cuales les ayudan a argumentar la temática de metabolitos secundarios.

A continuación se presenta el análisis de los ítems de esta mirada.

- **Uso de conceptos para formular un discurso científico**

Siguiendo con la fase de comprensión, durante el ciclo de Profundización el profesor en formación inicial debe estar en la capacidad de formular un discurso científico apto para la explicación de moléculas por medio de herramientas didácticas, en este caso el uso de *la caja geométrica molecular*. Para esto, a cada grupo de estudio se le dio una estructura de cada metabolito secundario y a partir de ahí argumentaron su función en las plantas, el tipo de enlace, hibridación y demás conceptos químicos que permiten establecer el saber científico,

pedagógico y académico, y ampliar la comprensión de por qué esas estructuras se configuran con base en las rutas del ácido mevalónico y ácido shikímico.

Con el uso de grabaciones en video, se puede establecer el tipo de argumentación de los estudiantes. Es claro que los profesores en formación se limitan a explicar lo que les dice el docente sin ir más allá de lo que puede decir respecto a lo que conoce y sabe. Sin embargo, algunos estudiantes sí promueven una conceptualización bastante amplia para explicar las estructuras de los metabolitos secundarios, así como tipo de sustancias, hibridación, grupos funcionales, procedencia y función.

Otra parte importante de esta fase es que el estudiante formula un discurso desde lo que entiende y desde lo que parece relevante, pues en esta expone la función en la medicina y desde el enfoque CTSA.

Investigación fuera del aula

- **Construcción de matrices de información en torno al uso de la especie *Alocasia macrorrhiza***

Es importante destacar que la investigación debe ser trascendental en la formación de profesores de ciencias, en este caso la química, pues el ejercicio docente hace que se produzca investigación en diferentes entornos.

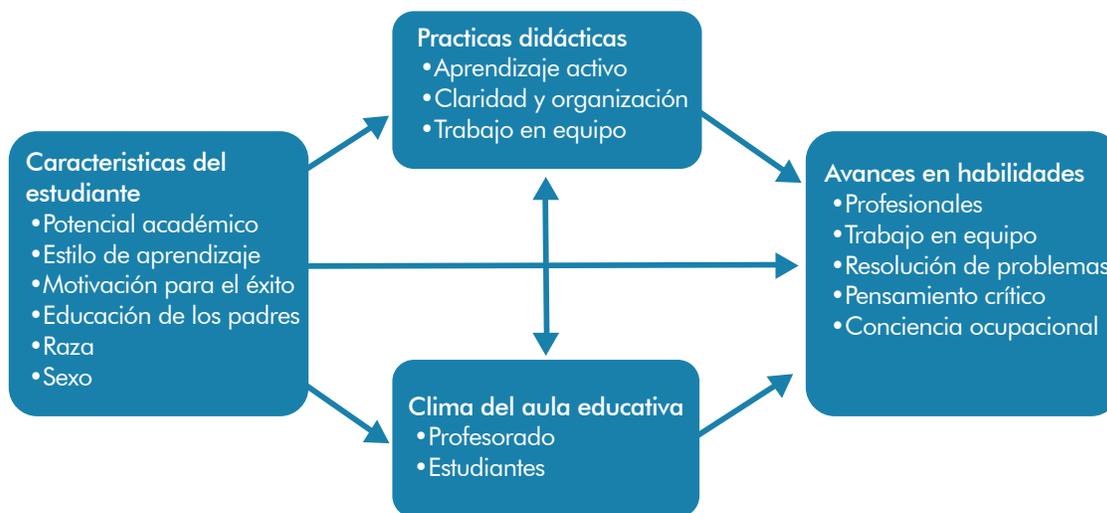


Figura 3. El aula educativa y la investigación

Fuente: Cabrera y La Nasa (2005).

La figura 3 muestra lo que la investigación fuera del aula promueve en la formación de profesores, ya que el docente en formación debe estructurar la investigación de forma permanente y continua; su práctica educativa debe llevarlo a realizar estos procesos desde diferentes miradas. En este caso se escogió la búsqueda de información respecto a la especie de *A. macrorrhiza*, pues los estudiantes muestran un gran interés por conocer el uso de la planta, por identificar qué investigaciones se han adelantado sobre esta; así se evidencia en las matrices de búsqueda de conocimiento ya que muestran una consulta breve pero minuciosa en torno a investigaciones de la *A. macrorrhiza*. Por lo anterior, es importante que el docente en formación conozca y reflexione sobre lo que está aprendiendo y para qué lo está aprendiendo, y que ese conocimiento adquirido sea puesto en práctica, con el fin de verificar y validar la información o poner de presente la teoría sobre la praxis en el aula, en este caso el laboratorio.

Fase de práctica

En esta fase se relacionan todas las categorías de análisis, en especial la sexta, que se refiere a los TPL, puesto que a partir de ella se relaciona todo lo aprendido, y cómo el profesor en formación aplica su aprendizaje en la práctica.

Los TPL dan cuenta de la enseñanza impartida dentro y fuera del aula, las actividades realizadas y la secuencia didáctica.

Esta es la mirada más importante dentro del trabajo de grado, ya que tiene en cuenta las implicaciones didácticas que emergen en el diseño, desarrollo y validación por parte de los profesores en formación en cuanto al estudio fitoquímico preliminar de la *Alocasia macrorrhiz*, algunas de las cuales ya han sido nombradas.

Durante el presente trabajo, con los TPL se muestran las implicaciones didácticas en torno a la relación entre la teoría y la práctica; y el uso de los TPL en la formación inicial de profesores de química.

Conclusiones

En la formación inicial de profesores, la investigación confirma que la incorporación de la Fitoquímica en los TPL establece una estrategia didáctica para el aprendizaje de conceptos químicos y genera nuevas metodologías de enseñanza para el aula.

En cuanto a las implicaciones didácticas que se destacan en la formación inicial de

profesores de química respecto al estudio de los productos naturales, es necesario articular los ejes temáticos con la realidad del estudiante y con los ejes temáticos que se dan en la formación docente, ya que esto provee a los futuros profesores de un lenguaje científico más apropiado y sólido a la hora de desempeñarse en diferentes contextos escolares.

La secuencia didáctica permitió fomentar nuevas formas de enseñanza-aprendizaje en donde el estudiante no solo construye conocimiento desde lo teórico, sino también basándose en herramientas didácticas, así como en el uso del trabajo experimental por medio de TPL.

Referencias

- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. *Enseñar ciencias*, 95-118.
- Gutiérrez Ravelo, A. y Estévez Braun, A. (2009). Relevancia de los productos naturales en el descubrimiento de nuevos fármacos en el s. XXI. *Revista de la Real Academia Ciencias Exactas Físicas Naturales*, 103(2), 409-419.
- Kemmis, S. y McTaggart, R. (Eds.). (1988). *The action research reader* (3. ed.). Deakin University Press.
- Rojas, L. (2008). ¿Por qué publicar artículos científicos? *Revista Científica Electrónica de Ciencias Humanas*, 120-137.
- Sanabria, A. (1983). *Análisis fitoquímico preliminar. Metodología y su aplicación en*

- la evaluación de 40 plantas de la familia Compositae*. Universidad Nacional de Colombia.
- Sims, D. A. y Pearcy, R. W. (1991). Photosynthesis and respiration in *Alocasia macrorrhiza* following transfers to high and low light. *Oecologia*, 86(3), 447-453.
- Solbes, J. y Vilches, A. (1998). Las interacciones CTS en los nuevos textos de la enseñanza secundaria. En E. Banet y A. De Pro (Coords.). *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias* (pp. 142-148). Universidad de Murcia.
- Solbes, J. y Vilches, A., (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 337-347.
- Sweet, R. (1839). *Sweet's Hortus Britannicus: or, a catalogue of all the plants indigenous or cultivated in the gardens of Great Britain, arranged according to the natural system* (3 ed.) (Ed. George Don, F. L. S.).
- Zambrano, A. (2006). *Tres tipos de saber del profesor y competencias: Una relación compleja*. *Educere*, 10(13).
- Zorrilla, S. (1993). *Introducción a la metodología de la investigación* (11.ª ed.). Aguilar y León, Cal Editores.