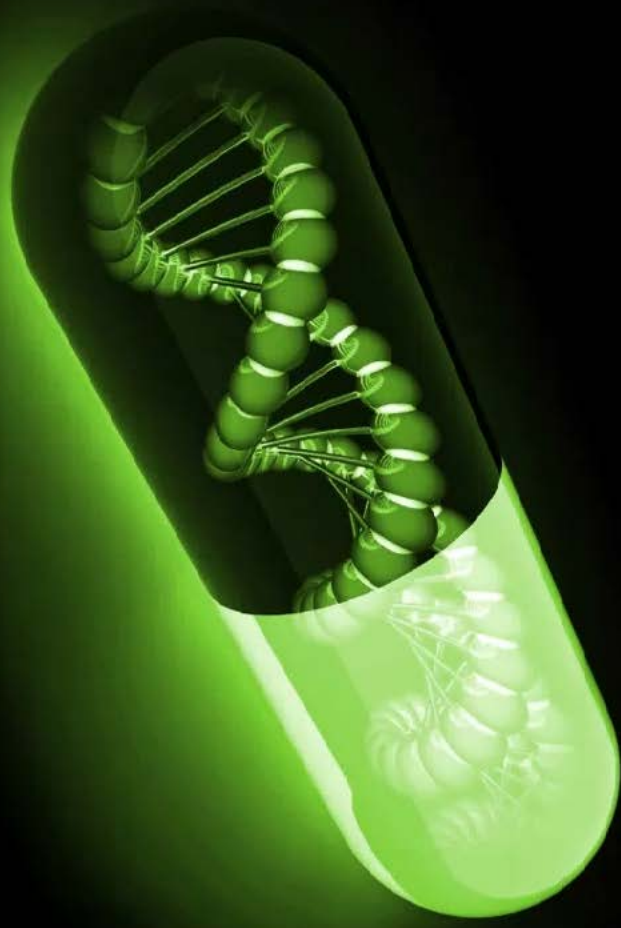


VII

Encuentro Internacional sobre
la Enseñanza de Ciencias
Exactas y Naturales

ENSEÑANZA
Y APRENDIZAJE
DE LA QUÍMICA Y
LA BIOLOGÍA



El fenómeno de la lluvia ácida como estrategia para el desarrollo de la competencia científica explicación de fenómenos¹

The phenomenon of acid rain as a strategy for learning chemistry and the development of scientific competence explain the phenomena

Arias-Suns, Angie Vanessa², Giraldo, Jorge³ y Osorio, Héctor⁴

Resumen

El desarrollo de competencias científicas en los estudiantes se convierte en uno de los grandes retos de la enseñanza de las ciencias naturales, en especial de la química. Es por esto, que el desarrollo de estrategias didácticas que fomenten la adquisición de estas habilidades es de interés en la investigación aplicada al campo de la enseñanza. En el presente trabajo se diseñó una unidad didáctica que usó el fenómeno de la lluvia ácida para el desarrollo de la competencia científica explicación de fenómenos. Para el diseño de la estrategia, se creó un cuestionario que midiera el nivel de la competencia científica, con el eje articulador del fenómeno de la lluvia ácida. Posteriormente, se analizaron cuantitativamente los resultados obtenidos en el cuestionario, mediante un análisis estadístico descriptivo

- 1 Resultado del trabajo final de maestría titulado “El fenómeno de la lluvia ácida como estrategia para el aprendizaje de la química y el desarrollo de la competencia científica explicación de fenómenos”. Grupo de investigación EDUCEN.
- 2 Docente de química de la Institución Educativa Alfonso López Pumarejo - Tuluá; código ORCID: 0000-0001-9742-2813. Contacto: avariass@unal.edu.co.
- 3 M.Sc., profesor asociado del departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales; código ORCID: 0000-0002-4102-5701. Contacto: jegiraldoarb@unal.edu.co.
- 4 Dr.Sc., profesor asociado del departamento de Física y Química Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales; código ORCID: 0000-0002-0227-588X. Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co.

e inferencial. Con base en esta información, se diseñó e implementó la unidad didáctica que usa el fenómeno de la lluvia ácida. Los resultados obtenidos muestran que en el pretest los estudiantes no tenían la competencia científica explicar fenómenos desarrollada, pero, después de aplicar el postest, se encuentra que los estudiantes adquieren aprendizajes significativos y logran el desarrollo de la competencia científica en mención. Finalmente, se concluye que la investigación en enseñanza de la química permite el fortalecimiento de competencias científicas en los estudiantes y el desarrollo de pensamiento crítico, frente a situaciones que ocurren en su contexto.

Palabras clave: competencia científica, lluvia ácida, química, explicación de fenómenos.

Abstract

The development of scientific skills in students becomes one of the great challenges of teaching natural sciences, especially chemistry. This is why the development of didactic strategies that encourage the acquisition of these skills is of interest in research applied to the field of teaching. This work designed a didactic unit that used the phenomenon of acid rain for the development of scientific competence explanation of phenomena. For the design of the strategy, a questionnaire was created to measure the level of scientific competence, with the articulating axis of the phenomenon of acid rain. Subsequently, the results obtained in the questionnaire were analyzed qualitatively and quantitatively, by mentioning the expressions and a descriptive and inferential statistical analysis. Based on this information, the didactic unit that uses the phenomenon of acid rain was designed and implemented. The results obtained show that in the pretest the students did not have the scientific competence to explain phenomena developed but after applying the posttest it is found that the students acquire significant learning and achieve the development of the scientific competence in question. Finally, it is concluded that research in the teaching of chemistry allows the strengthening of scientific skills in students and the development of critical thinking in situations that occur in their context.

Keywords: scientific competence, acid rain, chemical, explanation of phenomena.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de la contaminación atmosférica se ha convertido en un tema de interés para la ciencia, ya que causa diversas afectaciones a la salud de las personas y al medio ambiente, como la formación de lluvia ácida. La química verde permite estudiar y comprender este fenómeno que cada vez más afecta a la sociedad [1].

Por otro lado, el uso prolongado de metodologías tradicionales en el aula de clase ha promovido que se vea al estudiante como un espectador en su proceso de aprendizaje, sin que juegue un papel activo en la construcción de nuevos conocimientos. Esto genera limitaciones en el momento de desarrollar competencias científicas y desconexión de los contextos sociales, culturales y económicos en los cuales se desenvuelve el estudiante [2]. Es por esto, que se propone integrar las tecnologías de la información en el desarrollo de competencias científicas [3]. Este nuevo contexto implica que los docentes exploren estrategias de aprendizaje que integren diversas áreas, como la ciencia, la tecnología, las matemáticas y la ingeniería. Tal como lo indican los nuevos estándares de las ciencias para la próxima generación, NGSS por sus siglas en inglés (Next Generation Science Standards), que a su vez pretenden desarrollar competencias científicas en los estudiantes, razonamiento crítico frente a problemas presentados en su contexto y la transversalización del conocimiento con otras áreas [4]. Por consiguiente, en este estudio se pretende integrar las tres dimensiones del aprendizaje de la siguiente forma:

- Las ideas disciplinares básicas de la ciencia: para el caso de esta investigación se usarán los conceptos químicos relacionados con la lluvia ácida.
- Las prácticas más importantes: trabajo de la ciencia en el mundo real, en esta investigación se plantea estudiar el fenómeno de la lluvia ácida.
- Conceptos transversales: se pretende usar herramientas tecnológicas, como un medidor de pH programado mediante Arduino, recolección, procesamiento y análisis de datos.

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo del presente estudio fue implementar una estrategia didáctica, que usara un fenómeno ambiental

de ocurrencia local en la ciudad de Tuluá, como lo es la lluvia ácida, con la finalidad de desarrollar competencias científicas en los estudiantes.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Metodología

Tipo y diseño

El enfoque de esta investigación es de tipo cuantitativo, mediante un análisis estadístico descriptivo e inferencial para verificar la veracidad de la hipótesis.

Participantes

En el estudio participaron (N=22) estudiantes de grado undécimo de la Institución Educativa Alfonso López Pumarejo, de la ciudad de Tuluá.

Instrumentos

Para la valoración de los saberes de los estudiantes se diseñó un instrumento que midiera el nivel de la competencia científica. De acuerdo con la OCDE y las pruebas PISA, la competencia explicar científicamente los fenómenos mide la interpretación científica que tienen los estudiantes, referente a la lluvia ácida. Es importante destacar que las preguntas usadas en el instrumento fueron adaptadas de las pruebas PISA y de los cuadernillos *Evaluar para avanzar* diseñados por e ICFES. En total, son diez preguntas que evalúan el nivel de la competencia explicar científicamente el fenómeno de la lluvia ácida. El instrumento fue validado por dos expertos y se realizó una prueba piloto.

Procedimiento

Se realizó un análisis estadístico descriptivo e inferencial para resolver la siguiente pregunta de investigación:

1. ¿La estrategia didáctica diseñada permitió desarrollar la competencia científica explicación de fenómenos en los estudiantes?

Resultados obtenidos

En cuanto al nivel de desarrollo de la competencia explicación científica de fenómenos, en el pretest, se encontró que más de la mitad de los participantes del estudio (59%) no tienen la habilidad para analizar y resolver problemas relacionados con la lluvia ácida, tal como se muestra en el Gráfico 1. Después de aplicada la unidad, el postest muestra que el nivel de la competencia científica mejoró, mostrando que el 59% de los estudiantes que solo reconocían información explícita a través de un lenguaje cotidiano (nivel bajo), pasó a ocupar el nivel alto (55%), revelando un desarrollo de la capacidad para relacionar conceptos, leyes y teorías científicas que den explicación al fenómeno de la lluvia ácida, tal como se muestra en el Gráfico 1. Además, es importante destacar que al inicio de la presente investigación sólo dos estudiantes de la muestra presentaban un nivel de competencia superior, con la implementación de la estrategia de aprendizaje fueron seis (27%) los estudiantes que estuvieron en la capacidad de usar conceptos, teorías o leyes en la solución de situaciones problema que involucran procedimientos, habilidades, conocimientos y un lenguaje propio de las ciencias naturales.

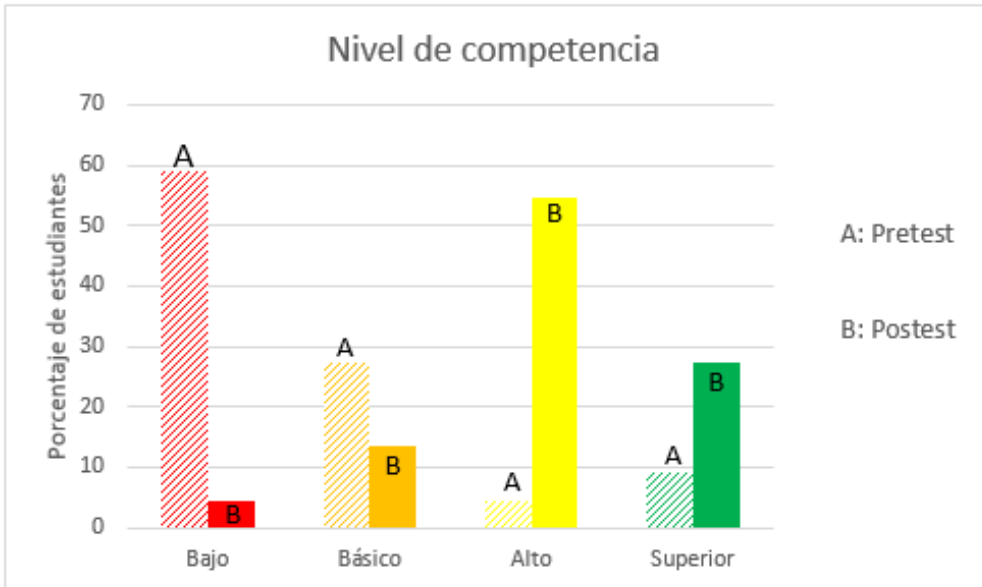


Gráfico 1. Nivel de competencia. Tomado de Arias Suns, A. (2023). El fenómeno de la lluvia ácida como estrategia para el aprendizaje de la química y el desarrollo de la competencia científica explicación de fenómenos. Universidad Nacional de Colombia.

Estadísticamente, mediante un análisis inferencial, se hace necesario determinar mediante un método cuantitativo si existen diferencias significativas entre la competencia científica explicación de fenómenos en los estudiantes en el pretest y postest. Para esto, se plantean las siguientes hipótesis de diferencia de medias y se aplica la Prueba T:

$H_0: \mu = \mu_0$ ∴ No existen diferencias entre la competencia científica explicación de fenómenos en el pretest y postest.

$H_A: \mu \neq \mu_0$ ∴ Existen diferencias entre la competencia científica explicación de fenómenos en el pretest y postest.

Con un nivel de significancia del 5%, existen diferencias entre el nivel de la competencia científica explicación que tenían los estudiantes y la desarrollada con la implementación de la unidad didáctica. Esto se debe a que el p valor es menor al 5% ($0 < 0,05$), y se acepta la H_A , los resultados se muestran en la Tabla 1. Es importante destacar que el d-cohen es de 1,60 (mayor a 0,8) indicando que ocurre un cambio significativo [5]. Se puede decir que los estudiantes desarrollaron la competencia mediante el uso del fenómeno de la lluvia ácida, ya que se puso en contexto el aprendizaje de la química.

TABLA I- Test t de diferencias medias para el nivel de competencia en el pretest y postest

	Promedio pretest	Promedio postest
Media	42,6363	64,2727
s	14,268	12,6083
N	22	22
ES	4,0595	
Glib	41,3737	
t	-5,3299	
P	0	

Tomado de Arias Suns, A. (2023). El fenómeno de la lluvia ácida como estrategia para el aprendizaje de la química y el desarrollo de la competencia científica explicación de fenómenos. Universidad Nacional de Colombia.

III. CONCLUSIONES

La implementación de estrategias didácticas que usen el fenómeno de la lluvia ácida permite el desarrollo de competencias científicas y el fortalecimiento de otras habilidades necesarias para la vida, como lo es el trabajo en equipo, trabajo colaborativo y tolerancia a la frustración. Además, esta estrategia, al estar integrada con otras áreas, como la ingeniería y tecnología (STEM), permite abordar un fenómeno desde diversas perspectivas, obteniendo como resultado aprendizajes significativos en los estudiantes, que seguramente no olvidarán a corto plazo.

REFERENCIAS

- [1] L. Santos and M. da Silva. (2013). O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 3205-3210.
- [2] M. Telleria, “Las TIC en la educación: nuevos ambientes de aprendizaje para la interacción educativa”, *Rev. Teoría y Didáctica las Ciencias Soc.*, vol. 18, pp. 83-112, 2012.
- [3] R. Othaman, K. H. Badri, S. A. Hanifah, Z. Zakaria, Y. F. A. Aziz and R. Daik, “Chemistry Outreach Program and its Impact on Secondary School Students,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 59, 2014, pp. 692-696, 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.332.
- [4] R. W. Bybee, “NGSS and the next generation of science teachers”, *J. Sci. Teacher Educ.*, vol. 25, pp. 211-215, 2014.
- [5] T. Caycho, J. Ventura León and R. Castillo-Blanco, “Magnitud del efecto para la diferencia de dos grupos en ciencias de la salud,” *An. Sist. Sanit. Navar*, 39(3), pp. 459-461, 2016.

Biografías

Autor 1: Angie Vanessa Arias Suns

Maestrante en enseñanza de las ciencias exactas y naturales, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales; Especialista en ingeniería ambiental - área sanitaria, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales; Ingeniera química, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales. Docente del área de química en la Institución Educativa Alfonso López Pumarejo en Tuluá.

Áreas de investigación: Enseñanza de las ciencias.

Autor 2: Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez

Magíster en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales; Docente en Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.

Áreas de investigación: Enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales, química general.

Autor 3: Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia-sede Manizales; Director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales. Docente en Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales. Investigador Asociado Colciencias.

Áreas de investigación: Enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales, química orgánica.

LOS INSECTOS, COMO ESTRATEGIA EN LA ENSEÑANZA DE TAXONOMÍA Y ECOLOGÍA DE LAS POBLACIONES

INSECTS, AS A STRATEGY IN THE TEACHING OF TAXONOMY AND ECOLOGY OF POPULATIONS

**Montealegre-Granada, Heidy Prissila¹, Osorio-Zuluaga,
Héctor Jairo² y Giraldo-Arbeláez, Jorge Eduardo³**

Resumen

Se diseñó una estrategia articulada con el enfoque de la enseñanza para la comprensión y grupos biológicos (insectos), para potenciar las competencias científicas de los estudiantes referentes a los tópicos de morfología, taxonomía y relaciones ecológicas, mediante proyectos de síntesis, los cuales permiten trabajar de manera transversal y organizada, aportando a un aprendizaje significativo. Esta investigación se ejecutó con los estudiantes de grado undécimo del Colegio Sagrado Corazón de Jesús de Armenia. Para ello, se aplicó una metodología cuasi experimental, ya que el grupo con el cual se realizó la investigación no fue seleccionado al azar. La investigación contó con tres fases, las cuales se validaban con las entregas realizadas por los estudiantes, potenciando el uso de las TIC en los procesos y, al finalizar, los estudiantes debían de entregar productos tangibles, los cuales serían socializados en eventos científicos institucionales. En cuanto a los procesos de evaluación, se desarrolla un pretest y postest,

1 M.Sc, Docente Colegio Sagrado Corazón de Jesús – Bethlemitas – Armenia.
Contacto: hmontealegre@unal.edu.co.

2 M.Sc., profesor asociado del departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Contacto: jegiraldoarb@unal.edu.co.

3 Dr.Sc., profesor asociado del departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co.

aplicados al inicio y cierre de la investigación, permitiendo así evidenciar los cambios en las nociones y desempeños de los estudiantes. Para el análisis de los mismos, se utilizó una estadística descriptiva, ejecutada en el programa SPSS, la cual aporta los datos necesarios para hacer los análisis comparativos. Como resultado, se evidencia un cambio en las nociones expresadas por los evaluados, en donde se demuestra la capacidad de los estudiantes al usar sus conocimientos para la resolución de situaciones propuestas. Es indispensable exaltar la importancia de la motivación de los mismo para el desarrollo del conocimiento.

Palabras clave: enseñanza para la comprensión, insecto, artrópodo, TIC, proyecto de síntesis.

Abstract

An articulated strategy was proposed with the approach of teaching for understanding and biological groups (insects), to enhance the scientific skills of students regarding the topics of morphology, taxonomy and ecological relationships, through synthesis projects, which allow working in a transversal and organized way, contributing to significant learning. This Research was carried out with the eleventh grade students of the Sacred Heart of Jesus School - Bethlemitas Armenia. For this, a quasi-experimental methodology was applied, since the group with which the investigation was carried out was not randomly selected. The research had three phases, which were validated with the deliveries made by the students, the use of ICTs in the dissemination processes is promoted and at the end the students had to deliver tangible products which would be socialized in institutional scientific events. . Regarding the evaluation processes, a pretest and posttest are developed, applied at the beginning and closing of the activities, thus allowing to demonstrate the changes in the notions and performance of the students. For their analysis, descriptive statistics were used, executed in the SPSS program, which provides the necessary data to carry out the comparative analyses. As a result, a change in the notions expressed by those evaluated is evidenced, where the ability of students to use their knowledge to solve proposed situations is demonstrated. It is essential to exalt the importance of their motivation for the development of knowledge.

Keywords: teaching for understanding, insect, arthropod, ICT, synthesis project.

I. INTRODUCCIÓN

Las ciencias exactas constituyen una parte fundamental del conocimiento humano, abarcando desde el estudio de la vida en la biología hasta la interpretación y resolución de problemas en matemáticas, física y química. A lo largo de la historia de la educación, se ha reconocido la importancia de fomentar habilidades que permitan formar comunidades capaces, conscientes y críticas, en consonancia con el desarrollo de la sociedad. En este sentido, la enseñanza de las ciencias exactas debe estar orientada a promover dichas habilidades, con el fin de contribuir al progreso de la comunidad en su conjunto.

Sin embargo, como lo establece Martínez [4], existen impedimentos que, expresados por docentes de básica secundaria, dificultan la participación activa de los mismos en tareas de lectura, invención e investigación en didáctica de las ciencias.

La innovación y preparación constante son elementos claves en el avance y progreso de la sociedad moderna.

En este orden de ideas, se hace necesaria la vinculación de enfoques pedagógicos con una dinámica diferente, que no solo parta de tópicos o conceptos básicos, sino que desde la experiencia y motivación logre atraer a los estudiantes y generar un aprendizaje significativo. Colombia es un país que cuenta con una gran diversidad biológica, lo cual ofrece una excelente oportunidad para partir de la experiencia personal de los estudiantes al enseñar ecología. Al contextualizar las enseñanzas con las necesidades del aula, se pueden seleccionar organismos que sean factibles de estudiar en términos de tiempo y facilidad.

Por ello, el objetivo de este trabajo es articular la biología general de los insectos con los conceptos básicos de ecología, para fomentar el aprendizaje significativo, aplicando las herramientas del enfoque pedagógico de la enseñanza para la comprensión.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

El tipo de investigación es cualitativa, los temas de ecología son abordados debido al enfoque del DBA 5 de ciencias naturales.

La población objetivo son estudiantes del grado undécimo (19 estudiantes) del Colegio Sagrado Corazón de Jesús - Bethlemitas, de Armenia - Quindío. Las familias que conforman el contexto son de estrato socioeconómico medio.

El proceso de investigación se enmarcó en tres fases, las cuales se organizaron dentro del proyecto anual de los estudiantes. La fase 1 hace referencia al primer acercamiento con los estudiantes, tratando de identificar los presaberes y cómo ellos procesan la información, referente a conceptos de ecología.

Para ello se aplicó un pretest que enmarcó los conocimientos generales de ecología abordados durante la media básica, este formulario se elaboró bajo los parámetros de la EPC. La evaluación de competencias se llevó a cabo mediante una guía específica, considerando tres aspectos clave en el proceso de enseñanza-aprendizaje: conocimientos teóricos, habilidades y destrezas prácticas, y actitudes y valores. En la fase 2, se compartieron los conceptos básicos de ecología general con los estudiantes de manera didáctica, durante las sesiones de clases correspondientes, y de forma paralela se planteó el proyecto de síntesis. En ese momento se estipularon las pautas para el desarrollo de este, con un tema general, del cual cada estudiante, desde su motivación e interés, podía enfocar su investigación en una familia o especie de insecto. En la fase 3 se llevaron a cabo los procesos de divulgación científica y se aplica el postest.

Resultados y discusión

Para el análisis de resultados de las pruebas, tanto pretest como postest, se hizo un análisis de las respuestas con la rúbrica referenciada en el ítem de metodología, en donde se asigna un nivel de valoración de acuerdo a los

conocimientos expresados. Las preguntas se diseñaron de tal forma que se relacionan conceptos de taxonomía y relaciones ecológicas.

Para el análisis, se asignaron valores bajo 3 niveles: alto (1), básico (2) y bajo (3), según las competencias expresadas. Teniendo presentes los conocimientos referidos por los estudiantes, se hace el análisis comparativo de manera cualitativa y mediante el uso de estadística descriptiva, esta última con el programa SPSS.

Al aplicar el postest, se evidenció el progreso de los estudiantes en el desarrollo de los tres tipos de preguntas.

Es relevante mencionar los conocimientos adquiridos en cuanto a morfología e importancia ecológica (Figura 1), indicando que son polinizadores y bioindicadores o, en el caso negativo, como portadores de enfermedades.



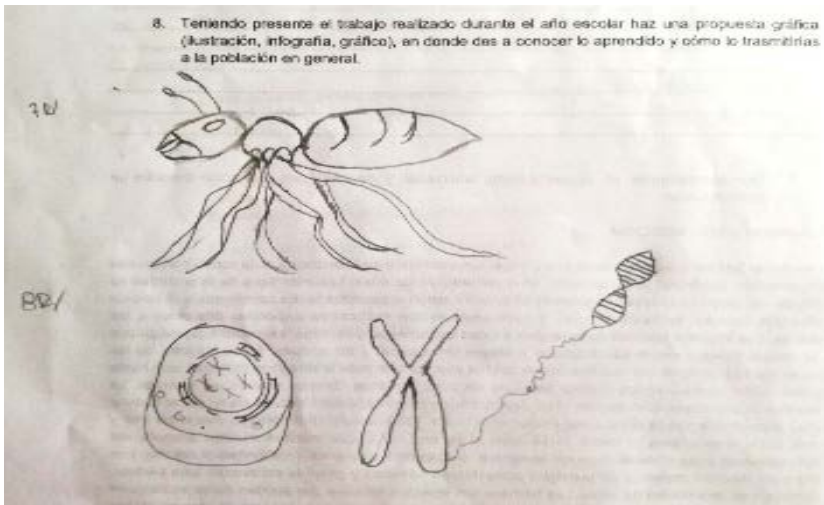


Fig. 1. Representación - insecto social

En general, en el postest se evidencia que los 19 estudiantes, durante el proceso de enunciación y ejecución del proyecto de síntesis, lograron desarrollar las competencias necesarias para abordar situaciones en donde se les exijan conocimientos básicos de biología y ecología de los insectos.

De los tres tipos de preguntas, las conceptuales y actitudinales tuvieron el mejor desempeño, con una media más cerca al valor 1.0 (Figura 2).

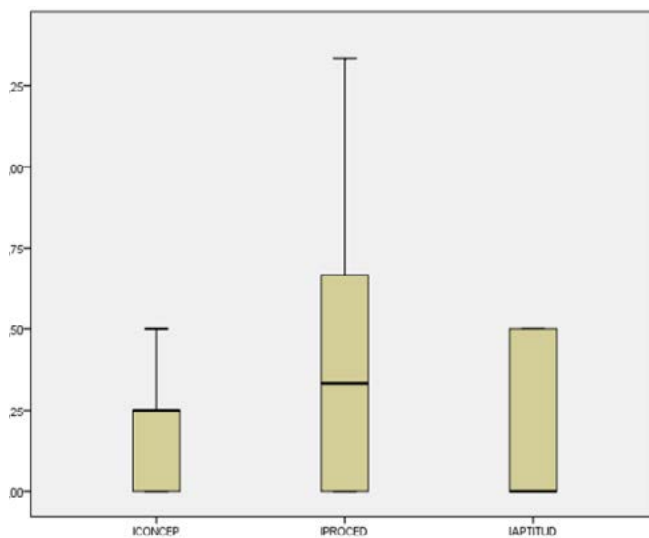


Fig. 2. Gráfica de cajas, resultados postest

Comparando los resultados del pretest y postest se hace la cuantificación del cambio, en donde se toma el valor de la media del postest-pretest/pretest, lo cual da como resultado un valor de -0,89, indicando un 80% de valor de efecto y por tanto de mejora, lo cual es significativo, frente a los procesos de investigación.

III. CONCLUSIONES

La realización y el análisis de la prueba diagnóstica son la base para identificar las dificultades, vacíos y nociones que presentaban los estudiantes frente a los tópicos de ecología, permitiendo así un diseño adecuado de las estrategias de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Los estudiantes desarrollan competencias científicas, tales como el uso del conocimiento científico e indagación, frente a los procesos formativos, cuando participan activamente y desarrollan roles de liderazgo.

La EPC permite potenciar los procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que facilita la contextualización de los conceptos y permite la ejecución desde la motivación propia del estudiante, llevando así a un aprendizaje significativo.

El desarrollo de competencias permitió que los estudiantes generarán comprensión acerca de los beneficios que aportan los insectos al ser humano y que estos son más representativos que los daños que se les atribuyen, contribuyendo así a desmitificarlos como plagas que deben ser exterminadas.

REFERENCIAS

- [1] G. Amat-García & F. Fernández, “La diversidad de insectos (Artrópoda: Hexápoda) en Colombia i. Entognatha A Polyneoptera”, *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), pp. 205-219, 2011.
- [2] A. M. Colmenares, M. L. Piñero, “La investigación acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas”, *Laurus*, 14(27), pp. 96-114, 2008.
- [3] Ministerio de Educación Nacional, *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y en Ciencias Sociales*. Bogotá: MEN, 2004.
- [4] O. Martínez, “Obstáculos para la implicación del profesorado de secundaria en la lectura e investigación en Didáctica de las Ciencias. Enseñanza de las ciencias”, *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, n.º Extra, pp. 1-4, 2009.

Biografías

Autor 1: Heidy Prissila Montealegre Granada

Magíster en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales, de la Universidad Nacional de Colombia-sede Manizales; Bióloga de la Universidad del Quindío; docente de media en la ciudad de Armenia.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Biología.

Autor 2: Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales; Director Departamento de Física y Química, de la Universidad

Nacional de Colombia-Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales; Investigador Asociado Colciencias.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química Orgánica.

Autor 3: Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez

Magíster en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química General.

Unidad didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la genética mendeliana, basado en *Drosophila melanogaster*, para el Modelo Flexible Pensar

Villegas-Acosta, Paola Andrea¹, Osorio-Zuluaga, Héctor Jairo²
y Giraldo-Arbeláez, Jorge Eduardo³

Resumen

Los estudiantes a menudo encuentran difícil comprender y aprender la genética, debido a su complejidad y abstracta naturaleza, lo que la convierte en una de las temáticas de ciencias naturales más desafiantes para ellos. Por este motivo, el objetivo de esta investigación consistió en desarrollar una unidad para la enseñanza sobre genética mendeliana, utilizando *D. melanogaster* como una herramienta educativa para estudiantes de la Institución Educativa Pedacito de Cielo en La Tebaida (Quindío), Colombia. Para el desarrollo de este trabajo, se identificaron los conocimientos previos de los estudiantes sobre genética mendeliana, se diseñó e implementó la unidad y se evaluó el efecto que produce en el proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes. La unidad incluyó diferentes tipos de ayudas educativas, como el uso de tecnología, laboratorios tradicionales y virtuales desarrollados en el aula STEAM de la institución. Con el fin de valorar la unidad didáctica, se emplearon una evaluación inicial y otra final para cuantificar las transformaciones en el conocimiento adquirido por los estudiantes. Los resultados revelaron

- 1 Estudiante Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales; ORCID: 0000-0003-3811-9835. Contacto: pvillegas@unal.edu.co.
- 2 Dr.Sc., profesor asociado del departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. ORCID: 0000-0002-0227-588X. Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co.
- 3 M.Sc., profesor asociado del departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. ORCID: 0000-0002-4102-5701. Contacto: jegiraldoarb@unal.edu.co.

que la unidad didáctica generó un efecto beneficioso en sus procesos de aprendizaje, evidenciándose mejoras en las competencias que se evaluaron (conceptuales y procedimentales), concluyendo que este recurso didáctico demostró ser efectivo para instruir y comprender la genética mendeliana en los alumnos del Modelo Flexible Pensar.

Palabras clave: genética, mendeliana, *Drosophila melanogaster*, STEAM, Modelo Flexible Pensar.

Abstract

For High school students is very common to see genetics as a difficult issue due to the fact that is not that easy to understand and learn because of its complex and abstract nature. Then, this fact makes it a demanding topic for them; making it looks as one of the most difficult subjects in the field of natural sciences. In this sense, the aim of this investigation was to develop a didactical unit on Mendelian genetics using *D. melanogaster* as an educational tool for students at Pedacito de Cielo School in La Tebaida, Quindío, Colombia. The specific aims of this investigation were to identify students' prior knowledge of Mendelian genetics, design, and implementing the unit, and evaluate its impact on students' learning. This unit included different kind of educational aids, such as the use of technology, traditional and virtual laboratories developed in the STEAM classroom in the institution. Hence, with the aim of measuring the effectiveness of the unit, a diagnostic test and a final test were used to measure changes in the students' learning. The findings demonstrated that the unit had a beneficial influence on students' learning outcomes and demonstrated a substantial progress in the evaluated competencies (conceptual and procedural), concluding that the designed didactic unit proved to be a valuable resource for instructing and comprehending Mendelian genetics among students who belongs to the Modelo Flexible Pensar.

Keywords: genetics, mendelian, *Drosophila melanogaster*, STEAM, Flexible Model "Pensar".

I. INTRODUCCIÓN

La instrucción de las ciencias naturales se ha centrado fundamentalmente en la solución de problemas y en los componentes teóricos. Tal y como señala Izquierdo [1], el avance del conocimiento en las ciencias naturales se relaciona con el uso del lenguaje teórico y la experimentación. No obstante, estos elementos teóricos suelen ser impartidos por los profesores de manera magistral y convencional, provocando que los estudiantes presenten un gran desinterés y desgano hacia la materia científica.

Por esta razón, en la actualidad se están implementando nuevas técnicas y enfoques pedagógicos que buscan incorporar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el aula, con la finalidad de estimular la motivación y respaldar los procesos educativos para producir aprendizajes significativos. Este enfoque ha generado la creación de espacios dedicados al uso de tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje, como las aulas STEAM, que buscan reforzar la originalidad y la creatividad mientras despiertan el interés por explorar nuevas opciones para solucionar problemas [2].

Además, la carencia de entusiasmo de los estudiantes es un obstáculo frecuente en la educación actual [3]. En muchos casos, el enfoque teórico sin aplicaciones prácticas puede resultar monótono e insípido para los estudiantes, lo que puede llevar a una disminución de la motivación y, finalmente, al abandono del proceso de aprendizaje [4]. Por ende, resulta crucial descubrir métodos para hacer que la enseñanza sea más atractiva y relevante para los estudiantes, estimulando su participación activa y su capacidad para reflexionar críticamente [5].

En este sentido, el propósito de esta investigación fue desarrollar una unidad didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la genética mendeliana, mediante el uso de *Drosophila melanogaster*, dirigida a estudiantes del Modelo Flexible Pensar de la Institución Educativa Pedacito de Cielo, en el municipio de La Tebaida (Quindío), Colombia.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Metodología

Esta investigación se realizó mediante un diseño de investigación mixto, adoptando el enfoque propuesto por Hernández y Mendoza [6] y se aplicó con un grupo de 27 alumnos de la Institución Educativa Pedacito de Cielo en La Tebaida, entre los meses de julio a septiembre del 2022. Estos estudiantes pertenecían al grupo Pensar 2, en la materia de Ciencias Naturales. Los estudiantes de este modelo, se caracterizan por estar en extra edad y presentar altas tasas de repitencia en el aula regular, comprendiendo edades que oscilaban entre los 15 y 17 años.

Se realizó un pretest con el propósito de evaluar los conocimientos previos acerca de la genética mendeliana. Para ello, se utilizaron 10 preguntas de selección múltiple con única respuesta: 5 de carácter conceptual y 5 de carácter procedimental, las cuales se basaron en el material que se utiliza en las pruebas del Icfes Saber 11 y Evaluar para avanzar.

Después de la identificación de las dificultades, se diseñó y planificó la unidad, teniendo en cuenta diferentes actividades prácticas, ejercicios y evaluaciones para enseñar a los estudiantes sobre genética mendeliana utilizando la *D. melanogaster*. Se empleó la estructura de la guía de aprendizaje del Modelo Pedagógico Pensar, que es llamada Taller [7].

Al aplicar la unidad, se llevó a cabo una valoración de los alumnos mediante el uso de un postest. Este consistió en las mismas preguntas que se emplearon en el pretest efectuado al comienzo del estudio. Estos fueron analizados por medio de una tabla de frecuencias absolutas y relativas por pregunta, elaborado en Excel, y se compararon con los resultados obtenidos en el pretest, con el fin de identificar el progreso de los estudiantes.

Por último, se les aplicó una encuesta utilizando el método de Likert, para tener la percepción de los estudiantes en el desarrollo y aplicación de la unidad.

RESULTADOS

Al realizar el pretest, se identificó que los estudiantes presentaron dificultades con las nociones básicas conceptuales y su aplicación. Esto es coherente con lo que afirma Tsui y Treagust [8], en su trabajo no se evidenciaba un esfuerzo por parte de los estudiantes para establecer relaciones entre los conceptos aprendidos en genética mendeliana y la aplicación de estos en un contexto, lo cual dificultaba su comprensión sobre cómo se generaba un rasgo específico.

Se aplicó la unidad didáctica diseñada con el fin de que los estudiantes desarrollaran las habilidades y conocimientos necesarios en genética mendeliana, mediante los contenidos y las actividades de enseñanza-aprendizaje. Se diseñaron y trabajaron seis tópicos enmarcados en el tema base, articuladas con el aula STEAM de acuerdo con lo que se ilustra en la Figura 1.



Fig. 1. Fotografía de las actividades que se realizaron con los estudiantes en el aula STEAM.

Fuente: elaboración propia.

Al realizar el análisis del pretest y postest, se evidenció que los estudiantes mejoraron significativamente su comprensión y habilidades de las competencias conceptuales y procedimentales entre el pretest y el postest. No obstante, es importante tener en cuenta que aún hay un porcentaje de estudiantes que obtuvieron puntuaciones bajas en ambas competencias, lo que sugiere que aún existen dificultades en el aprendizaje sobre el tema.

Asimismo, a partir de los datos obtenidos mediante la encuesta, se puede inferir que el uso de *D. melanogaster* como herramienta didáctica logró ser eficaz en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en diferentes aspectos, incluida la genética mendeliana. Además, la mayoría de los estudiantes opinó que la estructura y los materiales de la unidad didáctica eran fáciles de entender y resolver, y que el trabajo fue de su agrado para aprender genética.

III. CONCLUSIONES

Se lograron identificar los conocimientos previos sobre la genética mendeliana de los estudiantes y se encontró que existía un nivel de conocimiento previo bastante bajo, tanto en las competencias conceptuales como en las procedimentales.

Al diseñar e implementar la unidad didáctica del Modelo Flexible Pensar sobre genética mendeliana, utilizando a *Drosophila melanogaster* como estrategia pedagógica y además, la utilización de diferentes herramientas TIC en el aula STEAM, potenció el aprendizaje de la genética mendeliana en los alumnos del grado Pensar 2.

El desarrollo de las diversas actividades pedagógicas no solo influyó en el desarrollo de competencias conceptuales y procedimentales, sino que también contribuyó al fortalecimiento de habilidades como la comunicación y el trabajo en equipo, así como de las competencias científicas.

Es posible concluir que la unidad didáctica diseñada fue una herramienta útil para el aprendizaje y la enseñanza de la genética mendeliana en los estudiantes del Modelo Flexible Pensar de la Institución Educativa Pedacito de Cielo.

REFERENCIAS

- [1] M. Izquierdo Aymerich, Los modelos teóricos en la “enseñanza de ciencias para todos” (ESO, nivel secundario), *Bio-grafía*, 7(13), pp. 69-85, 2014.
- [2] R. Casado & M. Checa, “Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. Píxel-Bit”, *Revista de Medios y Educación*, (58), pp. 51-69, 2020.
- [3] I. Dussel & B. F. Trujillo, “¿Nuevas formas de enseñar y aprender?. Las posibilidades en conflicto de las tecnologías digitales en la escuela”, *Perfiles educativos*, 40(spe), pp. 142-178, 2018.
- [4] J. Solbes, R. Montserrat & C. Furió, “El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza”, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (21), pp. 91-117, 2007.
- [5] P. M. Maldonado, “Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior”, *Laurus*, 14(28), pp. 158-180, 2008.
- [6] S. R. Hernández & C. P. Mendoza, “El matrimonio cuantitativo cualitativo: el paradigma mixto”, en J. L. Álvarez Gayou (Presidente), *6º Congreso de Investigación en Sexología*, Instituto Mexicano de Sexología, A. C. y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México, 2009.
- [7] Corpoeducación, *Modelo Pedagógico Pensar – Manual del docente Pensar*, 2016.
- [8] Y. Tsui & D. Treagust, “Evaluating Secondary Students’ Scientific Reasoning in Genetics Using a Two-Tier Diagnostic Instrument”, *International Journal of Science Education*, 32(8), pp. 1073-1098, 2010.

Biografías

Autor 1: Paola Andrea Villegas Acosta

Estudiante Maestría de la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales; Bióloga, de la Universidad del Quindío; Docente de la Secretaría de Educación Departamental del Quindío.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Educación Ambiental.

Autor 2: Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales; Director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales; Investigador Asociado Colciencias.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química Orgánica.

Autor 3: Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez

Magíster en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química General.

Nuevos elementos para la identificación y cuantificación de metabolitos secundarios mediante cromatografía de capa fina¹

New elements for the identification and quantification of secondary metabolites by thin layer chromatography

Leguizamo-Gutiérrez Cristian², Salamanca, Guillermo³

Resumen:

El trabajo que se relaciona forma parte de un trabajo generado desde la investigación aplicada, donde se consideran elementos de la Química Analítica en los procesos de separación, haciendo uso de los conceptos de fase estacionaria y móvil, de manera conjunta con los procesos de elución, operando sobre mezclas homogéneas que contienen metabolitos secundarios de diferente polaridad, disueltos en una matriz de alcohol, y que eluyen de manera diferencial. El proceso cromatográfico se operó sobre los componentes activos de 38 muestras de propóleos colombianos, de diferentes zonas geográficas, entendido como un producto natural de consistencia cauchosa y pegajosa, que es elaborado por las abejas a partir de resinas, gomas y exudaciones de las plantas que han sido modificadas tras la adición de enzimas y secreciones. Tras la lixiviación de las muestras,

- 1 La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio LIPFA del grupo de Investigaciones Mellitopalinológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos de la Universidad del Tolima
- 2 Universidad del Tolima. Grupo de Investigaciones Mellitopalinológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos. <https://orcid.org/0000-0002-4230-8666>. Contacto: cleguizamog@ut.edu.co.
- 3 Universidad del Tolima. departamento de Química. Grupo de Investigaciones Mellitopalinológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos. <https://orcid.org/0000-0001-8947-7574>. Contacto: gsalaman@ut.edu.co.

se implementó el proceso de separación y se diseñó una guía didáctica de enseñanza y aprendizaje, abordada desde el modelo de enseñanza por indagación, aplicada en la práctica para el aprendizaje de conceptos científicos enmarcados en situaciones de enseñanza, describiendo las rutas desde la separación, cuantificación de componentes y uso del software de acceso libre ImageJ. Al término del trabajo, se concluye que los usos de herramientas tecnológicas de acceso libre constituyen y se consolidan como un instrumento de análisis cuantitativo e integran una herramienta tecnológica y metodológica valiosa para la enseñanza y aprendizaje de esta técnica cromatográfica, se plantean recomendaciones encaminadas al uso de la guía didáctica, en la implementación, mejoramiento y ejecución de la técnica cromatográfica.

Palabras clave: análisis de imágenes, RGB, TLC, propóleos, metabolitos secundarios, didáctica.

Abstract

The work related is a presentation from an applied research where elements of Analytical Chemistry are considered in the separation processes making use of the concepts of stationary and mobile phase together with the elution processes, operating on homogeneous mixtures containing secondary metabolites of different polarity, dissolved in an alcohol matrix, and which elute differentially. The chromatographic process was operated on the active components of 38 samples of Colombian propolis from different geographical areas, understood as a natural product with a rubbery and sticky consistency, which is produced by bees from resins, gums and exudations of plants that have been modified after the addition of enzymes and secretions. After the leaching of the samples, the separation process was implemented a didactic teaching and learning guide was designed, approached from the teaching-by-inquiry model applied in practice for the learning of scientific concepts framed in teaching situations, describing the routes from separation, quantification of components and use of free access software ImageJ. To concluded, the uses of freely accessible technological tools constitute and are consolidated as a quantitative analysis instrument and integrate a valuable technological and methodological tool for teaching and learning this chromatographic technique, recommendations are made for the use of the didactic guide, in the implementation, improvement and execution of the chromatographic technique.

Keywords: image analysis, RGB, TLC, propolis. secondary metabolites, didactics.

I. INTRODUCCIÓN

El propóleo es un producto natural reconocido en todo el mundo, este producto es elaborado por distintos géneros de abejas, a partir de exudaciones mucilaginosas, gomas, materiales lipofílicos, látex y material resinoso de plantas, que traen a sus colmenas y mezclan con secreciones glandulares de la hipofaringe y glándulas cereras [1].

En este sentido, la cromatografía de capa fina (TLC), que es un método de separación de mezclas homogéneas, juega un papel importante, ya que es un método excepcionalmente versátil que, en una o varias de sus formas, es usada a nivel de laboratorio como herramienta de diagnóstico químico y en procesos de investigación. Entre los métodos de análisis modernos ocupa un lugar destacado, debido a su facilidad para la separación, identificación y cuantificación de especies químicas de origen orgánico e inorgánico, y asociada a otras técnicas instrumentales de análisis [2].

Debido a su importancia, surge la inquietud de establecer un material didáctico que sirva para reforzar los conocimientos de los estudiantes, en virtud de la necesidad de contar con un material escrito y ordenado que les brinde una herramienta para reforzar los conocimientos con los que el estudiante cuenta y los adquiridos durante la clase, además de hacer uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para mediar y fortalecer este proceso, a través del uso del software de acceso libre ImageJ en el análisis de cromatogramas, utilizando como ejemplos experimentales, placas resultantes de análisis de propóleos colombianos.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

La guía didáctica se abordó desde el modelo de enseñanza por indagación, aplicada en la práctica para el aprendizaje de conceptos científicos enmarcados en situaciones de enseñanza.

El proceso cromatográfico se operó sobre los componentes activos de 38 muestras de propóleos colombianos de diferentes zonas geográficas, de las cuales se realizaron sus respectivas cromatografías usando una fase

móvil de Tolueno: Acetato de etilo: Acido fórmico y determinación final de las bandas cromatográficas separadas, que fueron evidenciadas bajo luz ultravioleta a 254 y 366 nm, estimando lo valores de frente cromatográfico (*hRF*) y uso de técnicas densitométricas en la cuantificación, mediante el software ImageJ.

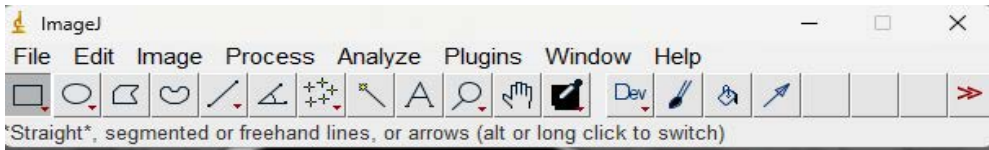


Fig. 1. Aspecto general de ImageJ Version 1.52 Wayne Rasband
National Institutes of Health (NIH)

Fuente: elaboración propia.

Cuando las bandas son visibles, se puede determinar, para cada una de las manchas, el valor de *hRF* (factor de retención), o la distancia que cada compuesto se desplaza en la placa. Cada compuesto tiene un *hRF* característico, que depende del disolvente empleado y del tipo de placa de TLC utilizada, pero es independiente del recorrido del disolvente.

De esta manera, se puede ayudar a identificar un compuesto en una mezcla al comparar su *hRF* con el de un compuesto conocido (preferiblemente cuando se hacen eluir en la misma placa de TLC) [3].

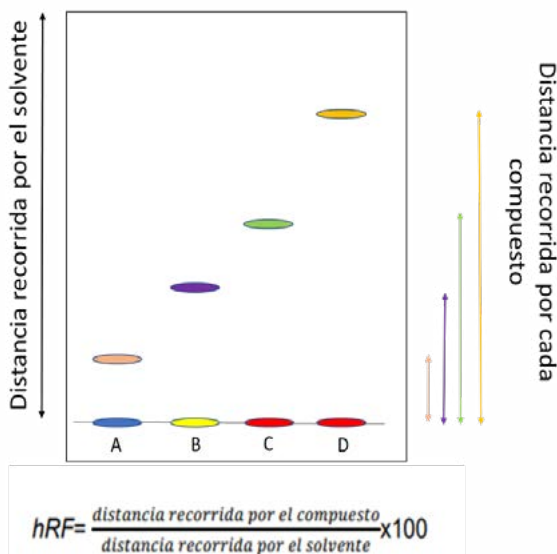


Fig. 2. Técnica y cálculo de *hRF* según distancia de bandas separadas

Fuente: elaboración propia.

Aunque el valor del hRF aporta información básica para la identificación de cada compuesto químico de interés, no es el único elemento a tener en cuenta para la identificación final de las sustancias de interés. Esta información se complementa con la determinación del color y la forma de cada mancha [4].

Una vez realizados los cálculos y todo el protocolo para la obtención de los densitogramas, se realiza el análisis con el software ImageJ y las gráficas se estructuran en Excel™, utilizando fotografías tomadas previamente de los cromatogramas.

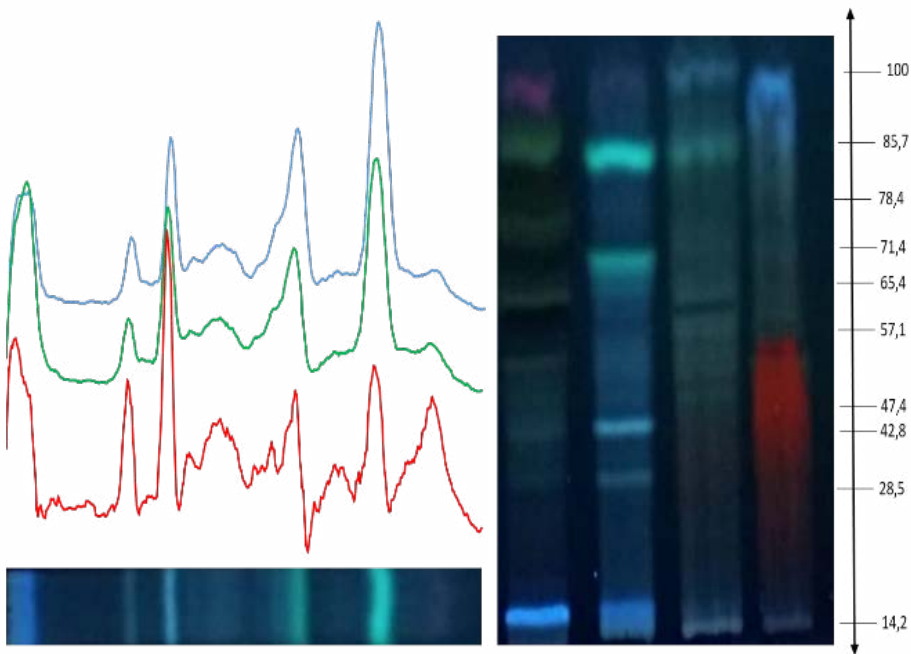


Fig. 3. Densitograma de propóleo realizado a través de software ImageJ y Excel™

Fuente: elaboración propia.

En una de las muestras analizadas se evidencian 10 bandas de acuerdo al espectro RGB, identificado con el software ImageJ, que corresponden a metabolitos secundarios con un hRF de 14.2, 28.5, 42.8, 47.4 57.1, 65.4, 71.4, 78.4, 85.7 y 100. En este caso, el espectro rojo permite observar bandas que a simple vista no son fácilmente identificables.

III. CONCLUSIONES

La cromatografía de capa fina constituye una técnica de análisis de metabolitos secundarios bastante eficiente comparada con otros tipos de cromatografías y, de este mismo modo, la utilización del software ImageJ, como instrumento para facilitar sus análisis cuantitativos, integran una herramienta tecnológica y metodológica valiosa para la enseñanza de esta técnica no solo en la universidad sino también abre la posibilidad de aplicarse a estudiantes de educación básica.

Los metabolitos secundarios, si bien, intervienen en las interacciones ecológicas entre la planta y su ambiente, como fenoles y flavonoides que se visualizan por medio de la técnica cromatográfica, representan una fuente nutritiva importante para el consumo del ser humano. Asimismo, el software ImageJ, que es utilizado en otras áreas de las ciencias naturales por su fácil acceso y uso, traído al campo de la química analítica permite validar procedimientos de separación de metabolitos secundarios (flavonoides) de una forma más eficiente y precisa.

De acuerdo al trabajo de experimentación, la realización de gráficas por medio de Microsoft Excel™ y la perfilación densitométrica de ImageJ permite el rápido análisis de la separación por grados de polaridad de las muestras a evaluar, la descomposición de la imagen cromatográfica en colores RGB permite observar bandas de compuestos fuera del espectro visible del ser humano, por lo que favorece la identificación de nuevos compuestos.

Además, para la realización de esta técnica, se pueden utilizar diferentes fases móviles que a lo largo del trabajo permitirían flexibilizar las estrategias al momento de aplicar la guía didáctica, de acuerdo a la situación y productos que se vayan a analizar

REFERENCIAS

- [1] G. Salamanca, M. Tangarife, J. Cabrera, Propolis from Nariño: “Physicochemical properties and biological activity of Propolis”. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 20(1), pp. 152-164, 2022.
- [2] A. Corzo, *Técnicas de análisis en Química Orgánica: cromatografía*. Santiago del Estero, Argentina: UNSE. Facultad de Ciencias Forestales, 2019.
- [3] E. Guzelmeric, P. Ristivojević, J. Trifković, T. Dastan, O. Yilmaz, O. Cengize & E. Yesilada: “Authentication of Turkish propolis through HPTLC fingerprints combined with multivariate analysis and palynological data and their comparative antioxidant activity”, *LWT*, vol. 87, pp. 23-32, 2018.
- [4] F. Silva, D. Porro, I. Talavera, *et al.*, “Procesamiento de imágenes de TLC como una nueva vía para la identificación de sustancias”, *Revista Cubana de Química*, 25(3), pp. 295-306, 2013.

Biografías

Autor 1: Leguizamo Gutiérrez Cristian Camilo

Licenciado en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Universidad del Tolima; estudiante de la Maestría en Pedagogía y Mediaciones Tecnológicas, de la Universidad del Tolima; miembro activo del Grupo de investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos (Gimellifisto), de la Universidad del Tolima; Docente titular del área de ciencias naturales en el Colegio Franciscano Jiménez de Cisneros, en la ciudad de Ibagué.

Áreas de investigación: melisopalínología, propiedades físico químicas de alimentos, métodos de separación.

Autor 2: Guillermo Salamanca Grosso

Posdoctor en Ingeniería de Alimentos, de la Universidad de Sao Paulo, Brasil; docente de Bioquímica y Química Analítica de la Universidad del Tolima; Director del Grupo de investigaciones Mellitopalinológicas y Propiedades Fisicoquímicas de Alimentos (Gimellifisto), de la Universidad del Tolima.

Áreas de investigación: química analítica e instrumental; química y bioquímica de alimentos; métodos de separación; propiedades fisicoquímica y sistemas de procesado; apicultura; biotecnología y pos cosecha; empaques para alimentos; tecnologías emergentes en conservación de alimentos.