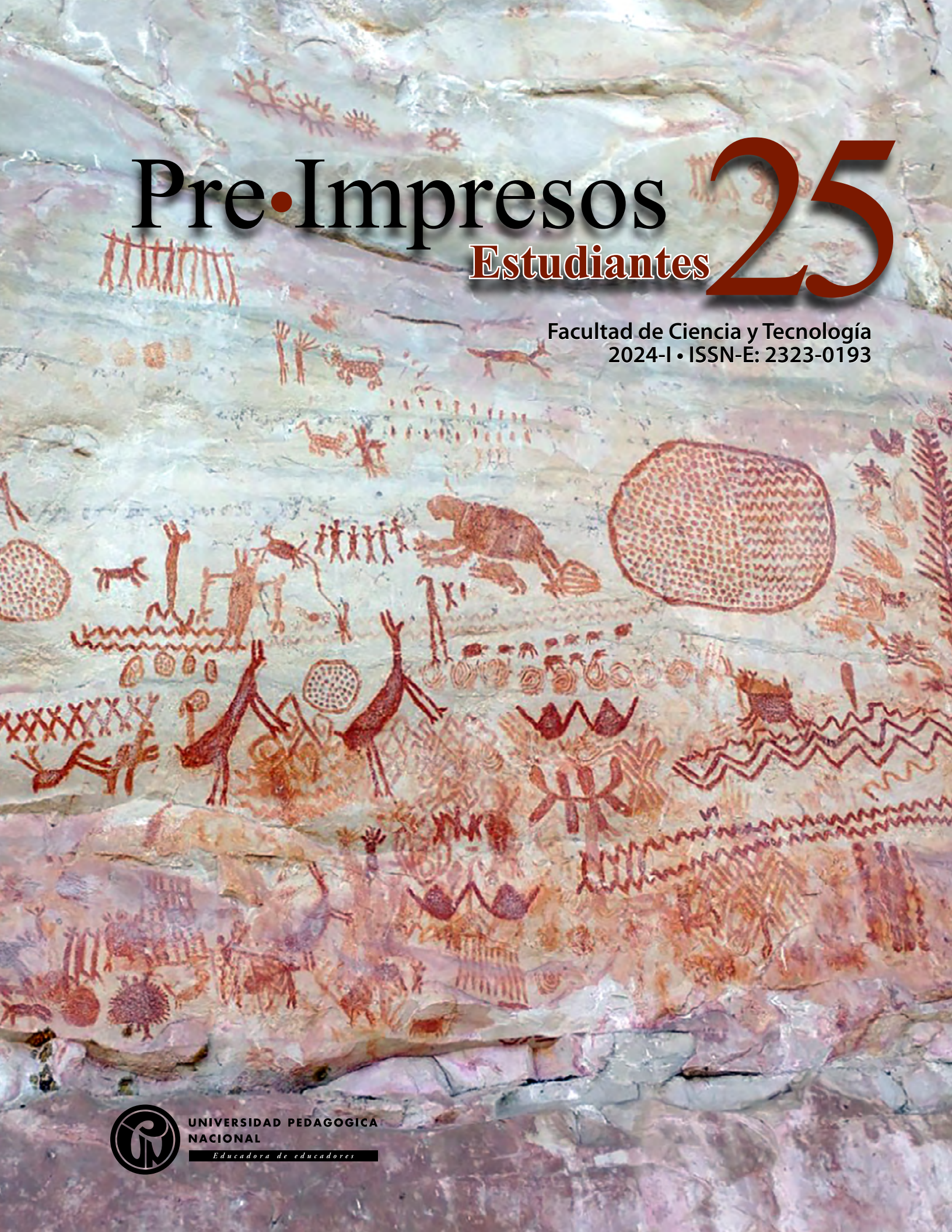
Pre•Impresos Estudiantes 25

Facultad de Ciencia y Tecnología
2024-I • ISSN-E: 2323-0193



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
Educadora de educadores



Pre·Impresos Estudiantes 25

Helberth Augusto Choachí González
Rector

Víctor Espinosa Galán
Vicerrector Académico

Paola Acosta Sierra
Vicerrectora de Gestión Universitaria

Yaneth Romero Coca
Vicerrectora Administrativa y Financiera

Gina Paola Zambrano Ramírez
Secretaria general

Facultad de Ciencia y Tecnología

Juan Carlos Bustos Gómez
Editor en jefe

Johan Sebastián Rincón Daza
Monitor

© Universidad Pedagógica Nacional
© David Alexander Paque Burgos
© Juan David Pineda Moya
© Natalia Carolina Valencia Vallejo
© Héctor Alexander Gómez
© Estefany Figueroa Salamanca
© Angela Mayorga Tibasay
© Julieth Khaterinee Martínez Castiblanco

Portada e imágenes
Judith Trujillo Téllez

ISSN-E: 2323-0193

Diseño y preparación editorial
Universidad Pedagógica Nacional
Grupo Interno de Trabajo Editorial, 2024

Alba Lucía Bernal Cerquera
Coordinadora, Grupo Interno de Trabajo Editorial

Mariel Loaiza Villalba
Isabella Rendón
Editoras de revistas

2024, I semestre Bogotá, Colombia

Equipo editorial

María Nubia Soler Álvarez
Magister en Ciencias Matemáticas
Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá
Profesora Departamento de Matemáticas
Universidad Pedagógica Nacional

Nilson Genaro Valencia Vallejo
Doctor en Educación
Universidad Pedagógica Nacional
Profesor del Departamento de Tecnología
Universidad Pedagógica Nacional

Juan Carlos Bustos Gómez
Magíster en Educación,
Universidad Pedagógica Nacional
Profesor, Departamento de Física
Universidad Pedagógica Nacional

Jessica Julieth Restrepo Guarín
Estudiante Licenciatura en Física
Universidad Pedagógica Nacional

Información

pre_impresos@pedagogica.edu.co
Facultad de Ciencia y Tecnología

Editorial **4**

Investigar para escribir: la escritura académica y su impacto en la formación de educadores 4

Nilson G. Valencia Vallejo

Ciudadanos responsables del planeta: Perspectiva del Servicio Social Ambiental del Jardín Botánico de Bogotá 10

Natalia Carolina Valencia-Vallejo
Héctor Alexander Gómez
Estefany Figueroa-Salamanca
Angela Mayorga-Tibasay

La cartografía como metodología para la investigación 24

Julieth Khaterinee Martínez-Castiblanco

Las reacciones químicas como sistemas térmicos: estrategia para la enseñanza de fisicoquímica 37

Juan David Pineda-Moya

Análisis de la disonancia tonal en el Preludio y Fuga en do menor de Johan Sebastian Bach 52

David Alexander Paque-Burgos

Separata **66**

Entrevista con el profesor Juan Carlos Orozco Cruz 66

Primeras Letras **70**

Abismo tecnológico 70

Esteban Lugo-Castañeda

Galería **79**

Paisajes Culturales: La Serranía de La Lindosa, sus pinturas rupestres y sus gentes 79

Judith Trujillo Téllez

Evaluadores **85**

Acerca de la serie Pre•Impresos **86**

Editorial

Investigar para escribir: la escritura académica y su impacto en la formación de educadores

Nilson G. Valencia Vallejo[1]

La labor del docente-investigador en las ciencias sociales se inicia con la identificación y la representación de un fenómeno relevante, que por lo general involucra las dinámicas relacionales entre individuos o grupos dentro de sus contextos específicos. Esta amplia gama de posibles objetos de estudio exige la elección juiciosa de un método de investigación adecuado, dentro de un amplio conjunto de metodologías y técnicas de recolección de información disponibles (Páramo, 2011; Sampieri *et al*., 2014).

Es crucial, por ello, que el docente-investigador comprenda que las técnicas —tanto cualitativas como cuantitativas— no son mutuamente excluyentes, sino que pueden ser utilizadas de forma complementaria. En palabras de Páramo (2008), "el uso mixto de técnicas de recolección y análisis de información incrementa la validez de los hallazgos y contribuye a la solución de problemas, especialmente en investigaciones orientadas a la transformación de la realidad" (p. 10). Esta afirmación destaca la importancia de una visión flexible y pragmática en la investigación social. En consecuencia, el paradigma epistemológico que fundamenta la investigación es el que debe determinar la aplicación de las técnicas y el análisis de la información recopilada, no lo contrario. En otras palabras, la naturaleza de la práctica investigativa no está definida por las técnicas empleadas ni por el análisis de datos, sino por la mirada epistemológica a través de la cual se problematiza el objeto de estudio (Sampieri *et al*., 2014). Este enfoque garantiza que la investigación se sustente en una base teórica sólida y coherente.

Como señala Páramo (2011), los paradigmas de investigación se han desarrollado siguiendo una lógica interna que permite validar los resultados obtenidos. Este principio fundamental debe guiar a todo docente-investigador al diseñar su propia estrategia investigativa. En consecuencia, cualquier estudio, para ser considerado riguroso, requiere que las observaciones, análisis e interpretaciones sean lo más creíbles y fiables posible, mantengan una coherencia lógica con el procedimiento seguido y demuestren el impacto del estudio.

1 Doctor en Educación. Profesor Departamento de Tecnología. nvalencia@pedagogica.edu.co

Esta reflexión metodológica sirve como introducción para presentar las contribuciones que conforman el número 25 de la Revista Pre-Impresos estudiantes. Esta edición se distingue por reunir cuatro trabajos investigativos que ejemplifican la variedad metodológica y la rigurosidad académica ya enunciadas. Los trabajos presentados por profesores, egresados y educadores en formación abarcan distintas áreas del conocimiento como la Biología, la Física, la Química, la Tecnología y la Música; muestran, además, diferentes paradigmas investigativos articulados a diversas técnicas de recopilación y análisis de información para abordar los fenómenos objeto de estudio. Esta diversidad de aproximaciones metodológicas enriquece el diálogo interdisciplinar y valida la premisa de que la investigación en educación debe sustentarse en diversos enfoques epistemológicos para comprender mejor las realidades específicas de estudio, en coherencia con Páramo (2011).

La diversidad metodológica y epistemológica enunciada encuentra en la escritura académica su principal medio de difusión y consolidación. En el contexto específico de la formación de educadores, la escritura trasciende su función instrumental para convertirse en una herramienta esencial en la generación de conocimiento y saber. Esta dimensión cobra importancia cuando consideramos que la escritura no solo permite la socialización de la producción intelectual, sino que además constituye un acto transformador tanto del pensamiento del autor como del campo de conocimiento en el que se desarrolla.

Por consiguiente, la escritura en este contexto debe entenderse como una práctica social transformadora que va más allá de la transmisión de información. Es un proceso dialógico que permite la construcción colectiva de conocimiento, la validación de saberes y la consolidación de comunidades de práctica. Esta perspectiva amplía la comprensión del rol de la escritura en la formación de educadores y establece un puente fundamental entre la diversidad metodológica y su concreción en productos académicos que contribuyen al avance del conocimiento en el campo educativo.

Continuando con esta sección Editorial, la revista Pre-Impresos Estudiantes se complace en anunciar la incorporación de una nueva sección denominada *Separata*. El Comité Editorial ha determinado dedicar este espacio como reconocimiento a Maestros destacados de la Facultad de Ciencia y Tecnología, quienes serán invitados a compartir sus perspectivas sobre la educación, la pedagogía y sus didácticas. De este modo, esta sección presentará contribuciones en formato de ensayos cortos o, tal vez, entrevistas semiestructuradas, donde los académicos podrán exponer reflexiones derivadas de su experiencia profesional o trayectoria institucional, aportando así valiosos testimonios para la comunidad universitaria.

El primer invitado con el que iniciamos estos diálogos es el profesor *Juan Carlos Orozco Cruz*, reconocido académico del Departamento de Física y quien también en su momento gobernó nuestra universidad (periodo 2010-2014). Sea esta la oportunidad para manifestarle al profesor Juan Carlos nuestra inmensa gratitud al aceptar esta postulación. En la entrevista, el profesor Orozco destaca la importancia de fomentar relaciones significativas con los estudiantes y sus contextos para generar ambientes de confianza y colaboración. Esta perspectiva relacional, fundamentada en la empatía y el compromiso, es esencial para promover un aprendizaje significativo. El profesor subraya que el proceso educativo debe centrarse en el estudiante, promoviendo metodologías colaborativas que lo empoderen y faciliten el desarrollo de la autonomía. Lo anterior, implica acoger estrategias de enseñanza adaptables a las necesidades de los estudiantes, con el fin de que se vinculen de manera activa a sus procesos de aprendizaje.

En la sección *Primeras Letras*, la cual acoge trabajos de escritores noveles de la Facultad de Ciencia y Tecnología, específicamente los

educadores en formación de primeros semestres, quienes estén interesados en compartir sus primeras experiencias de escritura, pueden mostrar sus habilidades en diferentes formatos como cuentos, poesía, ensayos breves, entre otros.

Para este número se presenta *Abismo tecnológico*, cuento escrito por Esteban Lugo-Castañeda, estudiante de primer semestre de del programa de Licenciatura en Diseño Tecnológico. En este fascinante relato, la protagonista, una joven inventora, enfrenta la dualidad de su ambición creativa y las consecuencias inadvertidas de su invención: un portal interdimensional. A lo largo de la narrativa, se exploran temas como la búsqueda de identidad, el anhelo de reconocimiento y la lucha contra la percepción de la tecnología como efímera. La historia se adentra en dimensiones desconocidas y revela un entramado de misterios que cuestionan el progreso científico y sus implicaciones éticas. A través de una narrativa envolvente y cautelosa, *Abismo tecnológico* invita a los lectores a reflexionar sobre el impacto de la tecnología en nuestras vidas y las complejidades que surgen de su desarrollo.

A continuación, se realiza un esbozo breve y descriptivo de las publicaciones que integrarán el número 25 de la Revista Pre-Impresos estudiantes:

El trabajo titulado *Ciudadanos responsables del planeta. Perspectiva del Servicio Social Ambiental del Jardín Botánico de Bogotá*, a través de pruebas de indagación de ideas previas y evaluaciones, analiza el impacto del programa en el conocimiento y percepción de los estudiantes sobre temáticas ambientales. Se evalúan aspectos como la importancia de la divulgación del conocimiento científico, la estructura ecológica de Bogotá y la eficacia de las redes sociales como herramientas comunicativas.

Los resultados muestran un cambio significativo en la comprensión de conceptos ambientales, como la mitigación y la adaptación al cambio climático, lo cual revela que la mayoría de los estudiantes reconocen la urgencia de actuar ante esta problemática. Además, se observa que los participantes desarrollan una mayor conciencia sobre el uso responsable de los recursos naturales y la huella ecológica. A lo largo del programa, se promueve un enfoque constructivista, integrando temáticas sobre biodiversidad, conservación y el papel de la comunicación digital en la educación ambiental. En síntesis, el documento resalta el éxito del Jardín Botánico de Bogotá en formar ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad y el cuidado del planeta.

El trabajo presenta una perspectiva muy pertinente hacia la educación ambiental; sin embargo, carece de una profundidad crítica en la evaluación de su impacto a largo plazo. Aunque se destacan mejoras significativas en la comprensión de conceptos ambientales por parte de los estudiantes, sería beneficioso incluir datos sobre cómo estos cambios se traducen en acciones concretas en sus comunidades. Además, la dependencia de las redes sociales como herramientas comunicativas, aunque pertinente, podría ser matizada al considerar la brecha digital y el acceso desigual a la tecnología entre diversas poblaciones.

El siguiente trabajo, titulado *La cartografía como metodología para la investigación* , explora la implementación de la cartografía como metodología innovadora en la educación superior, en particular en la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional entre el 2018 y el 2019. Este enfoque tiene como objetivo promover un aprendizaje contextualizado que integre el conocimiento científico con la realidad social, cultural y educativa de Bogotá. A través de un modelo de práctica educativa, los estudiantes y docentes que participan en la investigación gestionan visitas a diversas instituciones científicas de la ciudad, fomentando así una reflexión crítica sobre el papel de la ciencia en la sociedad.

La cartografía se utiliza no solo como herramienta de representación, sino también como recurso para identificar problemáticas y trazar rutas de acción. La autora destaca la necesidad

de reconocer la realidad del entorno en el proceso educativo, lo cual permite un crecimiento integral tanto para estudiantes como para docentes. Además, se busca promover prácticas de enseñanza creativas y atractivas, que fomenten la divulgación científica. En última instancia, el proyecto se configura como una propuesta que articula la investigación educativa con el contexto social y cultural de Bogotá, enriqueciendo así la formación de futuros educadores.

La propuesta de utilizar la cartografía como metodología en la educación es un enfoque interesante y necesario, dado el contexto educativo actual que demanda más interactividad y conexión con la realidad social. Sin embargo, la implementación de esta metodología podría beneficiarse de una mayor profundización en la formación previa de los estudiantes sobre técnicas cartográficas y su aplicación práctica. Es esencial que se proporcionen herramientas y recursos adecuados para que los futuros educadores puedan maximizar el potencial de este enfoque. Además, se sugiere fortalecer las alianzas con instituciones científicas y otros actores sociales para enriquecer el proceso de aprendizaje y fomentar una mayor reflexión sobre el impacto de la ciencia en la sociedad.

En otro trabajo, titulado *Las reacciones químicas como sistemas térmicos: estrategia para la enseñanza de fisicoquímica* se presenta un análisis profundo sobre los desafíos en la enseñanza de la fisicoquímica a nivel universitario. En un contexto donde la complejidad de los conceptos puede desmotivar a los estudiantes, se propone una innovadora metodología que integra el estudio del comportamiento molecular y las leyes termodinámicas en las reacciones químicas. A lo largo del texto, se examina la interrelación entre temperatura y cinética, abordando las transferencias de calor que ocurren durante las reacciones, ya sean endotérmicas o exotérmicas. Además, el autor proporciona ejemplos prácticos que facilitan la comprensión de estos conceptos complejos.

Con una orientación para mejorar el aprendizaje, el texto se dirige tanto a estudiantes como a educadores, buscando no solo informar, sino inspirar un mayor interés en el estudio de la fisicoquímica. Este trabajo, respaldado por referencias académicas contemporáneas, subraya la necesidad de innovar en las metodologías de enseñanza con el fin de preparar a los futuros científicos de manera efectiva para los retos del mundo actual.

Aunque el trabajo presenta aportes para mejorar la enseñanza de la fisicoquímica, sería beneficioso incluir un análisis comparativo de metodologías educativas existentes y su relación con las propuestas en el estudio, lo que ayudaría a los educadores a evaluar su efectividad. Además, profundizar en estrategias específicas para mitigar las dificultades conceptuales de los estudiantes, mediante estudios de caso prácticos, podría ofrecer una aplicación más tangible.

Por último, y no menos interesante, el artículo titulado *Análisis de la disonancia tonal en el Preludio y Fuga en do menor de Johan Sebastián Bach* explora dicha disonancia utilizando el modelo de funciones de disonancia de Sethares. El autor analiza la relación entre las propiedades físicas del sonido y la percepción psicológica de la música, buscando una forma científica de medir la consonancia y la disonancia. Se examinan conceptos musicales fundamentales como tonalidad, intervalos, escalas y acordes, así como la evolución histórica de las escalas musicales. El estudio investiga la disonancia a través del análisis de audio y la estructura armónica de la pieza, rastreando la evolución temporal de la disonancia. El objetivo es entender cómo las técnicas compositivas de Bach se relacionan con las teorías contemporáneas sobre la percepción de la disonancia y la consonancia, además del impacto emocional en el oyente. El texto también presenta un análisis de la obra de Bach, combinando el modelo de Sethares con un análisis de la partitura.

Para cerrar este editorial, se presenta otra novedad del número 25 de Pre-Impresos estudiantes. En cuanto al contenido visual, nos honra presentar la obra fotográfica de la profesora Judith Trujillo. Su trabajo, titulado *Paisajes Culturales: La Serranía de La Lindosa, sus pinturas rupestres y sus gentes*, comprende una notable colección fotográfica que documenta los petroglifos en las formaciones rocosas de la Serranía de la Lindosa, ubicada en una región estratégica del departamento del Guaviare, entre los ríos Guaviare e Inírida, en la convergencia de la Amazonía y la Orinoquía. Este excepcional material visual enriquecerá las distintas secciones de esta edición.

Referencias

Páramo, P. (2008). *La investigación en las Ciencias Sociales. Técnicas de recolección de información* (2da ed.). Universidad Piloto de Colombia.

Páramo, P. (2011). *La investigación en las Ciencias Sociales. Estrategias de investigación.* Universidad Piloto de Colombia.

Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw Hill Education.



Ciudadanos responsables del planeta: Perspectiva del Servicio Social Ambiental del Jardín Botánico de Bogotá

Responsible Citizens of the Planet: Perspective of the Environmental Social Service of the Bogotá Botanical Garden

Natalia Carolina Valencia-Vallejo[1]
Héctor Alexander Gómez[2]
Estefany Figueroa-Salamanca[3]
Angela Mayorga-Tibasay[4]

Cómo citar este artículo:
Valencia Vallejo, N. C, Gómez, H. A., Figueroa Salamanca, E. y Mayorga TIbasay, A. (2024). Ciudadanos responsables del planeta: Perspectiva del Servicio Social Ambiental del Jardín Botánico de Bogotá. *Pre-Impresos Estudiantes*, (25), 9-22.

Resumen

El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBB) es una entidad del Distrito que tiene como parte de su misionalidad fortalecer la educación ambiental para crear en los ciudadanos conciencia, conocimiento y compromiso con la conservación ambiental. Por lo anterior, el programa de Servicio Social Ambiental (SSA) del JBB busca formar ciudadanos conscientes y responsables a través de la construcción de conocimiento que se vean aplicados en proyectos ambientales liderados por estudiantes; para ello, pretende involucrar a estudiantes de educación básica y media, que impulsen la apropiación del conocimiento ambiental en el territorio, a través del desarrollo del liderazgo y pensamiento crítico. Este trabajo expone cómo fue el proceso de construcción de conocimiento que tuvieron los estudiantes que participaron en el programa de SSA durante el ciclo I del 2023, a través de la prueba de indagación de ideas previas y una prueba de evaluación aplicada en el programa. Como principales resultados se muestra un cambio conceptual a través del indicador de impacto entre la prueba inicial y final.

Palabras clave: educación ambiental; Servicio Social Ambiental; evaluación de impacto; ciudadanía consciente; desarrollo sostenible

Abstract

The José Celestino Mutis Botanical Garden of Bogotá (JBB) is a public institution whose mission is to strengthen environmental education in order to foster awareness, knowledge, and commitment among citizens regarding environmental conservation. Accordingly, the Environmental Social Service (SSA) program of the JBB seeks to engage primary and secondary school students by promoting the appropriation of environmental knowledge in their local contexts through the development of leadership and critical thinking skills. The program aims to shape conscious and responsible citizens by fostering knowledge construction that is applied in student-led environmental projects.

This study presents the knowledge-building process experienced by students who participated in the SSA program during the first cycle of 2023. It analyzes results from a prior-knowledge inquiry assessment and a final evaluation administered as part of the program. The main findings reveal a conceptual shift, as demonstrated by the impact indicator comparing the two assessments.

Keywords: Environmental education; Environmental Social Service; Impact evaluation; Conscious citizenship; Sustainable development

1 Maestra en Educación en biología para la formación ciudadana. Docente Universidad Pedagógica Nacional ncvalenciav@upn.edu.co

2 Administrador Ambiental. Experiencia en el desarrollo de acciones de educación y apropiación social de los conocimientos en espacios no convencionales de educación. algomezm2022@gmail.com

3 Licenciada en Biología. Investigadora externa de la Universidad del Rosario. Actualmente está vinculada al Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. stphannye@gmail.com

4 Magíster en Educación ambiental. Docente de Biología. atmayorgab@gmail.com

Introducción

El Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JBB) desarrolla diferentes actividades de educación ambiental, con el fin de promover la apropiación social del conocimiento ambiental para la transformación del pensamiento y la cultura ambiental en la ciudad región. Además, fortalece procesos pedagógicos en la ciudad e involucra a las comunidades en la toma de decisiones para la conservación de la naturaleza (Jardín Botánico de Bogotá [JBB], 2022). El Jardín Botánico de Bogotá plantea distintas propuestas educativas que fomenten la formación del perfil de líder ambiental, la cual se fundamenta en la reflexión social-ambiental de los estudiantes y la toma de decisiones informadas. Para dar a conocer la reflexión que ha querido fomentar y promover el Jardín Botánico, se propone la construcción de las iniciativas ambientales que demuestren la formación de líderes capaces de proponer proyectos de conciencia ambiental y esto pueda ser llevado a contextos de la cotidianidad en cada uno de estos sujetos (Tovar, 2012).

Con estos propósitos, el JBB ha propuesto una línea de trabajo que aporta a la política de educación ambiental tanto nacional como distrital. En esta línea, hace unos años se viene desarrollando el programa de Servicio Social Ambiental, el cual busca vincular estudiantes de educación básica y media que realicen su servicio social obligatorio a través de un proceso formativo y práctico, que promueve el liderazgo y el pensamiento crítico en los estudiantes, para reconocer su territorio y generar estrategias de protección del ambiente. Este proceso de formación ciudadana se entiende en el contexto, y según Conde (2014) es un proceso pedagógico, político y cultural centrado en el ciudadano como ser moral, como sujeto de derechos y como sujeto de la transformación social y política orientada hacia el respeto pleno a los derechos humanos; la reconstrucción del tejido social mediante el fortalecimiento y la democratización de la sociedad civil; el desarrollo de una cultura de la participación social y política, y la recuperación de la confianza en las instituciones y en los procesos democráticos.

Por tanto, este trabajo tiene como objetivo analizar una propuesta pedagógica para formar ciudadanos conscientes y responsables del cuidado del territorio y la biodiversidad, a través del análisis de la prueba de indagación de ideas previas y una prueba de evaluación aplicada a estos mismos estudiantes, con la intención de identificar la construcción de conocimiento ambiental.

El Servicio Social Ambiental es una propuesta establecida en la Política Nacional de Educación Ambiental (Ministerio del Medio Ambiente [Minambiente] y Ministerio de Educación [Mineducación], 2003), que se propone como una de las estrategias para incluir la dimensión ambiental en la educación formal. En Colombia se define el Servicio Social Obligatorio Estudiantil en la Ley Nacional de Educación (Ley 115 de 1994) como un requisito que deben prestar los estudiantes de educación media con el propósito de:

> integrar a la vida comunitaria al educando del nivel de educación media académica o técnica, con el fin de contribuir a su formación social y cultural, a través de proyectos pedagógicos tendientes al desarrollo de valores, especialmente la solidaridad, la participación, la protección, conservación y mejoramiento del ambiente y la dignidad y sentido del trabajo y del tiempo libre (Resolución 4210 de 1996).

En Bogotá se define la Política Pública Distrital de Educación Ambiental mediante el Decreto Distrital 617 de 2007, donde se propone como una de las estrategias promover y estimular la prestación del Servicio Social Ambiental en las instituciones educativas en el Distrito Capital. De esta manera, en las entidades ambientales del distrito se propone la realización del Servicio Social Ambiental y, por tanto, en el Jardín Botánico se viene desarrollando el programa desde hace varios años; en él se busca principalmente fortalecer el liderazgo de los estudiantes, promover el cuidado y apropiación del territorio y proteger la biodiversidad de Bogotá.

Materiales y métodos

En este apartado se describe la metodología de la investigación. Primero se expone el enfoque metodológico cualitativo-interpretativo y las fases de investigación seguidas en el proceso. Luego, se describen en detalle los pasos del diseño metodológico del proyecto.

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo. Su principal característica es el interés por comprender la realidad social a través de la percepción del sujeto en un contexto específico. A diferencia de la investigación cuantitativa, en la que las preguntas e hipótesis se establecen antes de la recolección y análisis de datos, en el enfoque cualitativo estas pueden surgir antes, durante y después de dicho proceso (Hernández Sampieri, 2018). La investigación cualitativa tiene una relevancia especial en el estudio de las relaciones sociales debido a las crecientes maneras de comprender las diferentes formas de vivir o, en palabras de Flick (2018), la pluralización de los estilos de vida. Esta construcción requiere una sensibilidad especial para el estudio de los problemas en esta investigación.

Diseño metodológico

Para llevar a cabo la investigación, se seleccionaron las instituciones en las cuales se implementó el programa de Servicio Social Ambiental. Las instituciones fueron tanto públicas como privadas localizadas en Bogotá, que se inscribieron y desarrollaron el programa con el JBB. El número de estudiantes fue variable en cada colegio ya que uno de los requisitos es que inscribieran grupos de entre 25 a 40 estudiantes, sin embargo, durante el proceso algunos estudiantes se retiraron. Por otro lado, un grupo de estudiantes pertenecientes a diferentes instituciones, pero interesados en hacer el Servicio Social Obligatorio en el tema ambiental, realizaría su proceso en las instalaciones del Jardín Botánico de Bogotá. Este grupo se denominó "estudiantes independientes".

Instrumentos de recolección de información

Para evaluar los conocimientos alcanzados durante el proceso del Servicio Social Ambiental, se hizo una prueba de indagación de ideas previas y una prueba de evaluación, al final del proceso,[5] las dos estuvieron conformadas por 10 preguntas de selección múltiple. Estas pruebas fueron el principal instrumento de recolección de datos en este trabajo.

Durante los meses de marzo a junio del 2023, el Jardín Botánico de Bogotá y su Equipo de Fortalecimiento a la Política de Educación Ambiental realizó acompañamiento a 22 Instituciones Educativas y 3 grupos de estudiantes independientes. En este periodo, participaron de los procesos de SSA 788 estudiantes en total. Sin embargo, para el indicador de impacto solo se tuvieron en cuenta los estudiantes que presentaron ambas pruebas.

Resultados

A continuación, se mostrarán los resultados de este trabajo dividido en dos apartados: el primero relacionado con el *diseño de la estrategia didáctica del Servicio Social Ambiental* del Jardín Botánico de Bogotá. En el segundo apartado se analizarán *los resultados de indagación de ideas previas y una prueba de evaluación* de ambos ciclos (I y II) del 2023.

5 Las pruebas pre y post pueden ser revisadas en: https://forms.office.com/r/hqwevqRh24

Estrategia didáctica del programa de Servicio Social Ambiental para la formación de ciudadanos ambientalmente responsables del Jardín Botánico de Bogotá

Para el cumplimiento del Servicio Social Ambiental, el Jardín Botánico de Bogotá dispone de un equipo de profesionales con experiencia previa en procesos de Educación Ambiental, quienes lideran sesiones presenciales y virtuales de manera sincrónica, con contenidos previamente creados y evaluados. Cada sesión tiene hilos conductores, objetivos y actividades para fortalecer la apropiación del conocimiento. El programa de Servicio Social del Jardín Botánico de Bogotá tiene un total de 12 sesiones:

- Inducción al Servicio Social Ambiental - Prueba de indagación de ideas previas
- Divulgación de conocimiento
- Biodiversidad
- Comunicación educativa
- Conservación
- Desarrollo de Iniciativa ambiental
- Relación humano-naturaleza
- Comunicación educativa
- Desarrollo de Iniciativa ambiental
- Problemáticas ambientales
- Consumo responsable – Prueba de evaluación
- Tertulia de presentación Iniciativa ambiental

En esta investigación se propone una estrategia didáctica basada en el constructivismo que está conformada por cuatro unidades temáticas generales relacionadas con los objetivos misionales de la entidad, que son: 1) Divulgación del conocimiento; 2) Biodiversidad y conservación; 3) Relación Humano-Naturaleza y 4) Cambio climático y problemáticas ambientales. Adicional al desarrollo de las temáticas, durante el proceso práctico los estudiantes proponen unos proyectos que buscan reflexionar sobre las problemáticas ambientales del territorio escolar, con el fin de plantear iniciativas para mejorar las condiciones, la cultura y la educación ambiental en la institución y su contexto. Hacen uso de herramientas TIC, denominadas herramientas comunicativas, para dar visibilidad a sus propuestas. Para el caso de los estudiantes independientes, se busca promover el Jardín Botánico como espacio de conservación de la biodiversidad y hacer más visibles las estrategias y actividades del Jardín en las diferentes dependencias.

Fase de formación

La primera sesión propuesta fue la de divulgación del conocimiento, en la cual se inició con la inducción y explicación relacionada con la misión del Jardín Botánico y cómo se ejecutaría el Servicio Social Ambiental, luego se realizó la prueba de indagación de ideas previas. Se proyectó una presentación con las actividades que se realizarían en cada sesión. En la tabla 1 se encuentran las sesiones de formación descritas en detalle.

Tabla 1. Actividades de la fase de formación del programa de Servicio Social Ambiental del Jardín Botánico de Bogotá

Sesión	Tema	Subtemas	Propósito
1	Servicio Social Ambiental en el Jardín Botánico de Bogotá, un proceso formativo para la construcción y apropiación de conocimiento en torno al cuidado del ambiente	Conocer el proceso formativo y práctico del Servicio Social Ambiental Identificar las ideas previas de los estudiantes sobre las líneas misionales del Jardín Botánico de Bogotá Identificar aspectos positivos y negativos del contexto que puedan influir en la construcción de la iniciativa ambiental	Conocer el programa de Servicio Social Ambiental del Jardín Botánico
2	Importancia de la divulgación del conocimiento ambiental y científico en la sociedad	Identificar los medios de divulgación del conocimiento científico Reconocer las herramientas comunicativas para divulgar la información Implementar formas de divulgación de la información investigada	Reconocer la importancia de la divulgación del conocimiento ambiental y científico en la sociedad
3	Apropiación de la biodiversidad de Bogotá	Reconocer la estructura ecológica central y las coberturas principales de la ciudad de Bogotá– Reconocer la importancia del suelo y el clima para la producción de alimentos	Generar apropiación de la biodiversidad de Bogotá, a través del reconocimiento de los ecosistemas de la ciudad, su importancia, su funcionamiento y las problemáticas ambientales que se presentan en estos
4	Diseño de herramientas comunicativas	Conceptuar la definición de las herramientas comunicativas teniendo en cuenta sus tipos y usos Reconocer las herramientas comunicativas que existen en la actualidad incluyendo las utilizadas por el Jardín Botánico de Bogotá Relacionar las herramientas comunicativas con actividades realizadas en nuestro diario vivir	Fundamentar la importancia de las herramientas comunicativas en el entorno que nos rodea, además de dar a conocer algunas HC de la actualidad
5	Conservación y consumo responsable	Reconocer de dónde proviene la energía y por qué es importante cuidarla Identificar el impacto que se genera por la huella ecológica de las acciones cotidianas	Identificar buenas prácticas ambientales, para proteger los recursos naturales en la institución educativa y en el hogar
7	Conocimientos ancestrales sobre la naturaleza	Reconocer las culturas ancestrales y la historia con el territorio de Bogotá Reflexionar sobre nuestra relación con la naturaleza	Reconocer la importancia de la relación humano-naturaleza como determinante de la crisis ambiental actual

Sesión	Tema	Subtemas	Propósito
8	Uso de las herramientas comunicativas	Reconocer en los estudiantes la forma como publican en las redes sociales y orientarlos en los parámetros de privacidad Generalizar conceptos clave antes de hacer publicaciones sobre problemáticas ambientales en redes sociales Construir herramientas comunicativas por cuenta de los estudiantes utilizando las TIC	Implementar por cuenta de los estudiantes habilidades de comunicación educativa, para expresar sus ideas de manera clara en contextos medioambientales haciendo uso de diferentes herramientas virtuales de carácter auditivo y visual
9	Impacto del cambio climático en los ecosistemas y cómo desde el consumo responsable podemos aportar a la mitigación o a la adaptación	Reconocer las causas del cambio climático y sus impactos globales Identificar los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas naturales Proponer acciones de mitigación y adaptación al cambio climático Identificar buenas prácticas ambientales, para proteger los recursos naturales en la institución educativa y en el hogar	Comprender las causas y consecuencias del cambio climático en los ecosistemas naturales, así como las acciones de mitigación y adaptación

Fase de Iniciativas ambientales

En esta fase, se desarrollan las iniciativas ambientales que proponen los estudiantes, se efectúa un proceso de formulación de la iniciativa, investigación e implementación. En esta fase final, los estudiantes deben construir una herramienta comunicativa[6] que se socializa tanto en la institución como en la Tertulia realizada en el Jardín Botánico o virtual, como clausura del proceso, donde todas las instituciones presentan sus iniciativas. Con este trabajo, se fomentan habilidades comunicativas, de liderazgo y de creatividad, ya que los estudiantes deben proponer acciones que contribuyan a resolver las problemáticas ambientales identificadas en la institución y, en el proceso, se van realizando actividades que presentan los avances, así como la asistencia y aporte que dan los profesionales para llevar a cabo estas iniciativas y construir la herramienta comunicativa, la cual es el producto final. En la última sesión, donde los estudiantes debían entregar o hacer los ajustes finales a la iniciativa, se realizó la prueba de evaluación, en la primera sesión.

Construcción de conocimiento ambiental en estudiantes que realizaron el Servicio Social Ambiental en el Jardín Botánico de Bogotá. La perspectiva de la prueba de indagación de ideas previas y prueba de evaluación

La responsabilidad ambiental es un pilar fundamental en la construcción de un futuro sostenible. En este contexto, el objetivo de promover la formación de ciudadanos responsables cobra especial relevancia. Es imperativo dotar a las personas de conocimientos sólidos en temáticas medioambientales, proporcionándoles las herramientas necesarias para comprender y abordar los desafíos actuales. Este objetivo

6 Aquellos dispositivos o plataformas que son utilizados para transmitir un mensaje; además se van dando varios ejemplos de la actualidad para que los estudiantes reconozcan cuáles son las plataformas de las que se está hablando.

no solo busca crear conciencia, sino también cultivar la capacidad de concebir, desarrollar y liderar proyectos con un enfoque ambiental. La meta es empoderar a individuos para que se conviertan en agentes de cambio, capaces de aportar significativamente a la resolución de problemáticas ambientales, contribuyendo así a la construcción de un equilibrio sostenible entre la sociedad y el entorno que la sustenta.

La evaluación de los aprendizajes de los estudiantes de diferentes colegios, después de participar en servicios sociales, revela un impacto significativo en el logro del objetivo de promover la formación de ciudadanos responsables con conocimientos en temáticas ambientales. Los estudiantes, al involucrarse en proyectos de servicio social, no solo adquieren información teórica sobre los problemas ambientales, sino que también desarrollan habilidades prácticas y una comprensión más profunda de la interconexión entre la sociedad y el medio ambiente.

Este enfoque práctico les permite aplicar sus conocimientos en situaciones del mundo real, lo cual fomenta un aprendizaje más efectivo y duradero. Además, al liderar proyectos orientados a resolver problemáticas ambientales, los estudiantes no solo se convierten en agentes de cambio, sino que también internalizan la importancia de la responsabilidad ambiental en sus acciones cotidianas. Esta evaluación destaca la efectividad de integrar el servicio social como una herramienta pedagógica para alcanzar el objetivo de formar ciudadanos comprometidos y capacitados en la preservación del medio ambiente.

Con respecto a la prueba de indagación de ideas previas y la prueba de evaluación, se puede observar en los resultados un mayor acierto en la escogencia de las opciones en la prueba de evaluación, respecto a los resultados referidos a la prueba de indagación de ideas previas. Por lo tanto, esto da respuesta al objetivo de promover la formación de ciudadanos responsables con conocimientos en las temáticas ambientales y capaces de desarrollar proyectos que contribuyan en la solución de los problemas ambientales, en los colegios participantes del programa de Servicio Social Ambiental. A continuación, se muestran los resultados arrojados durante el ciclo I y II de las pruebas de indagación de ideas previas y de evaluación.

Resultados y Análisis de Resultados de la prueba de indagación de ideas previas y una prueba de evaluación Ciclo I[7]

En la primera y última sesión, y de acuerdo con la Política de Educación Ambiental, el Equipo de Fortalecimiento aplica una prueba que evalúa el nivel de conocimientos en dos momentos: una prueba de indagación de ideas previas y una prueba de evaluación de los estudiantes del ciclo I del 2023. Con las respuestas dadas por los estudiantes que participaron del proceso, se genera un base de información, la cual nos permite analizar y comparar la construcción de conocimiento en la implementación del programa de Servicio Social Ambiental que realiza el Jardín Botánico de Bogotá, es decir, podemos determinar el indicador de impacto que tiene el programa en los estudiantes como ciudadanos responsables y conscientes del cuidado del ambiente.

Respecto a la pregunta 1, la cual es: *¿Por qué es importante la divulgación del conocimiento ambiental y científico en la sociedad?*, se evaluaron 772 estudiantes, 614 están de acuerdo con la opción (b) "Permite al público en general conocer las investigaciones que se realizan de una manera clara, acercando la ciencia a la sociedad con la intención de que los ciudadanos tomen decisiones informadas en su vida cotidiana". Esto sugiere un fuerte respaldo a la idea de que la comunicación efectiva de la ciencia tiene un impacto positivo al proporcionar

7 Estos datos provienen de la sistematización de la prueba pre y post. Para conocer con más detalle los datos y gráficas, se pueden remitir al análisis de la prueba pre y post en: APR_PR_01_F_24_Análisis_pruebas_PRE_y_POST_VERIFICADO_OAP(2) (1).DOCX

información a la sociedad para tomar decisiones informadas. Las otras opciones recibieron menos apoyo, lo que indica una percepción menos prominente de la generación de ingresos económicos, el derecho de compartir ideas sin evaluar la confiabilidad de las fuentes y la publicación sin restricciones de fuentes.

En el segundo conjunto de datos, que se centra en estudiantes que completaron con éxito el Servicio Social Ambiental (SSA) y realizaron la prueba de cierre, se observa una tendencia similar. La opción (b) sigue siendo la preferida, ahora seleccionada por 533 estudiantes. Este resultado refuerza la idea de que quienes participaron en el servicio social ven la divulgación como una herramienta clave para acercar la ciencia a la sociedad. Sin embargo, es interesante notar que la preferencia por otras opciones disminuyó, lo cual sugiere que la participación en el servicio social puede influir en la percepción de la importancia de la ciencia en la sociedad. En este conjunto, la opción (a), que destaca la generación de ingresos económicos a través de la investigación científica, recibió menos apoyo en comparación con el primer conjunto de datos, esto indica una posible influencia del servicio social en la perspectiva de los estudiantes sobre los objetivos de la investigación científica.

Con respecto a la pregunta 2, *¿Cuál es la Estructura Ecológica Principal de Bogotá (*EEP*)?*, considerando que la EEP se define como todos los elementos naturales que mantienen y conservan la biodiversidad de un territorio, de los 772 estudiantes evaluados en la prueba pre, 406 eligen la opción (c) "Permiten que el agua de lluvia se filtre al subsuelo y se recarguen los mantos acuíferos, mantienen los suelos fértiles al producir materia orgánica, son el hogar de diversos animales, nos proporcionan madera y materias primas para fabricar medicamentos, resinas, entre otros productos". En la prueba de evaluación, con 624 estudiantes evaluados, 239 eligen esta opción (c). Las diferencias en el número de estudiantes que eligen estas opciones pueden deberse a variaciones en la formulación de las preguntas o a las preferencias individuales de los estudiantes.

Para la tercera pregunta, la cual es: Teniendo en cuenta que los principales ecosistemas de Bogotá son: Páramo, Humedal y Bosque Altoandino, *¿Cuáles son los beneficios que brindan estos ecosistemas a la ciudad?*, de los 773 estudiantes evaluados en la prueba de indagación de ideas previas, 406 eligen la opción (c) "Permiten que el agua de lluvia se filtre al subsuelo y se recarguen los mantos acuíferos, mantienen los suelos fértiles al producir materia orgánica, son el hogar de diversos animales, nos proporcionan madera y materias primas para fabricar medicamentos, resinas, entre otros productos". De 620 estudiantes que presentaron la prueba de evaluación, 342 eligen la misma opción (c). Según los resultados de la pregunta tres, la opción (c) es la más elegida tanto en la prueba de indagación de ideas previas como en la prueba de evaluación, lo que sugiere que la mayoría de los estudiantes consideran que los beneficios de permitir que el agua de lluvia se filtre al subsuelo y recargue los mantos acuíferos, manteniendo suelos fértiles y proporcionando recursos naturales, son importantes. Esto indica que para la mayoría de los estudiantes los beneficios de los ecosistemas brindan funciones que aportan a la ecología y al mantenimiento natural de la ciudad.

La cuarta pregunta de la prueba de indagación de ideas previas y prueba de evaluación dice: *¿Cuál de las siguientes opciones NO es una forma de conservar la biodiversidad?* De los 772 estudiantes evaluados en la prueba de indagación de ideas previas, 445 seleccionaron la opción (c) "Capturar fauna de sus hábitats naturales para cuidarlos de los cazadores ilegales y resguardar la flora en espacios que no permita la proliferación de las especies". Para la prueba de evaluación, de 620 estudiantes evaluados, 443 respondieron con la opción (c). Es notable que tanto en la prueba de indagación de ideas previas como en la prueba de evaluación del

SSA, los estudiantes en su mayoría eligen la opción (c). La opción (a) "Abordar adecuadamente el crecimiento de la población y los niveles de consumo" es la segunda opción con mayor escogencia, ya que 170 estudiantes la eligen en la prueba pre y 90 estudiantes en la prueba de evaluación. Las respuestas (b) y (c) son las que tienen menor elección por parte de los estudiantes en ambas pruebas, esto da a entender que ellos encuentran la captura de especies como una problemática que afecta la conservación de la biodiversidad.

La quinta pregunta de la prueba es: *¿Cuáles son las afectaciones que pueden presentar los ecosistemas nativos cuando se introduce una especie exótica o invasora?* En la prueba de indagación de ideas previas, se observa que de 756 estudiantes, 392 están de acuerdo con la opción (a) "Se genera una contaminación biológica; entendida esta como la afectación a la biodiversidad a través de la depredación, competición, hibridación, uso de hábitat, reproducción, crianza y transmisión de enfermedades a los seres vivos". La segunda opción más escogida por los estudiantes es la (d) "Se generan procesos de competencia y depredación entre las especies nativas y exótica o invasoras, hasta que alguna de ellas desaparezca del ecosistema".

De las opciones de respuesta en la prueba de evaluación existe una leve pero no correcta similitud en los impactos negativos que puede tener un ecosistema por la introducción de especies exóticas. Frente a eso, 329 estudiantes eligen la opción (a) en la cual afirman que las afectaciones se podrán evidenciar en diferentes procesos naturales, especies y ecosistemas. 159 estudiantes eligen la opción (d) que afirma que inicia un proceso de competencia/supervivencia entre nativas y exóticas hasta que alguna desaparezca; esto da un sesgo de información, ya que la experiencia ha demostrado que las exóticas prevalecen sobre las nativas. Por último, 79 estudiantes eligen la opción (c), estos no lograron comprender los procesos e interacciones de los ecosistemas nativos.

Según los resultados de la prueba de indagación de ideas previas y de la prueba de evaluación del SSA, se puede observar una similitud en la escogencia de respuestas por parte de los estudiantes, ya que la opción (a) en la prueba de indagación de ideas previas fue seleccionada por 392 y en la prueba de evaluación, por 329. Esto indica que para ellos la introducción de especies invasoras genera una contaminación biológica; entendida esta como la afectación a la biodiversidad a través de la depredación, competición, hibridación, uso de hábitat, reproducción, crianza y transmisión de enfermedades a los seres vivos. Para la opción (b) (prueba pre con 81 estudiantes y 56 estudiantes en la prueba post), la introducción de especies genera una sobrepoblación de especies nativas con el fin de generar competencias con la especie exótica invasora. En la opción (c) (con 114 estudiantes en la prueba pre y en la prueba post con 79 estudiantes), para ellos los ecosistemas dejan de producir los recursos innecesarios para mantener por la presencia de una especie exótica o invasora y, por último, en la respuesta (d), seleccionada por 169 estudiantes en la prueba de indagación de ideas previas y por 159 estudiantes en la prueba de evaluación, se entiende la introducción de especies exóticas como el proceso que genera competencia y depredación entre las especies nativas y las exóticas. Esta respuesta indica una comprensión sólida de los conceptos fundamentales de servicios ecosistémicos y de los beneficios que aporta un ecosistema a la sociedad.

Para la pregunta 6, relacionada con la definición de servicio ecosistémico, de los 772 estudiantes que realizaron la prueba de indagación de ideas previas del SSA, 485 eligieron la opción (b) "Son aquellos beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, la economía y la calidad de vida de las personas". Por su parte, de los 624 estudiantes que presentaron la prueba post, 485 también dieron como respuesta la opción (b). Tanto en la prueba de indagación de ideas previas como en la prueba

de evaluación, el mismo número de estudiantes (485) eligieron la opción (b), esto establece que los ecosistemas son fundamentales para las comunidades, ya que su aporte va más allá de lo ecosistémico. En proporción con las otras respuestas dadas, se mantiene casi que en el mismo rango de elección por parte de los estudiantes.

Frente a la pregunta 7, *¿Cuáles son las principales consecuencias que puede generar el uso indiscriminado de los servicios ecosistémicos a la Biodiversidad?*, en la prueba de indagación de ideas previas 491 estudiantes eligieron la opción (a) "erosión y desertificación del suelo, pérdida de biodiversidad, aumento de la temperatura". La segunda respuesta con mayor escogencia fue la opción b. Para la prueba de evaluación en esta pregunta, 474 estudiantes eligieron la opción (a). Respecto a la prueba de indagación de ideas previas y prueba de evaluación, la elección de la opción (a) y de la opción (b) se mantiene en ambas pruebas; de esto se puede concluir que para los estudiantes la erosión y desertificación del suelo, pérdida de biodiversidad, aumento de la temperatura y el aumento de las especies en vía de extinción que dan como resultado la aparición de nuevas enfermedades provocadas por virus y bacterias, son las causantes de la pérdida de biodiversidad. La mayoría de los estudiantes demuestra un entendimiento sólido de los impactos ambientales derivados de la explotación inapropiada de los servicios ecosistémicos.

Con respecto a la pregunta relacionada *con el cambio climático* es notable que 610 estudiantes en la prueba de indagación de ideas previas eligieron la opción 4 referida a la quema indiscriminada de cerros y bosques como consecuencia del cambio climático. En segunda opción está la 3, referida al derretimiento de los polos; en tercer lugar de elección está la opción 2, a un ecosistema sano, y en último lugar está la opción 2 referida a tormentas tropicales. Por lo tanto, las dos opciones con mayor elección para los estudiantes son la consecuencia del cambio climático y la afectación de los ecosistemas.

Las respuestas recopiladas en esta pregunta en la prueba de evaluación, por ser de respuesta múltiple, se han contabilizado por el número de veces que la variable fue elegida. De acuerdo con esto, logramos concluir que los estudiantes atribuyen 540 veces los incendios forestales al cambio climático; deshielo de los polos, 521 veces y tormentas tropicales, 213. Tanto en la prueba de indagación de ideas previas como en la prueba de evaluación, es notable la amplia elección de los estudiantes por la respuesta (c) y (d) referidas a los incendios forestales en cerros y bosques, como también el deshielo de los polos son la consecuencia directa del calentamiento global y la afectación a la diversidad de los ecosistemas. La respuesta indica una comprensión adecuada de las consecuencias visuales del cambio climático en los ecosistemas. La mayoría de los estudiantes selecciona imágenes relevantes que reflejan daños ambientales relacionados con el cambio climático.

En la prueba de indagación de ideas previas y en la prueba de evaluación, también se encontraba una pregunta relacionada con adaptación y mitigación, en la cual se exponían imágenes con ejemplos de acciones para mitigar el cambio climático y acciones para adaptarse al cambio climático. En la prueba inicial y de evaluación 415 estudiantes (66,8 %) afirman que "La adaptación es el proceso de ajuste al clima real (o al que se prevé) y a sus efectos, trata de moderar o evitar los daños que supone el cambio climático y la mitigación consiste en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o potenciar los sumideros de estos gases", los 206 estudiantes restantes afirman lo contrario entre adaptación y mitigación. Concluimos que existe aún un leve grado de sesgo en la información que permite que los estudiantes diferencien mitigar de adaptar, y prevenir de reaccionar.

Para el caso de la prueba de evaluación, de acuerdo a la imagen de apoyo en la cual se exponían ejemplos de acciones para mitigar el cambio climático y acciones para adaptarse al cambio climático, 415 estudiantes (66,8 %) afir-

man que la adaptación es el proceso de ajuste al clima real (o al que se prevé) y a sus efectos, trata de moderar o evitar los daños que supone el cambio climático y la mitigación consiste en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o potenciar los sumideros de estos gases, los 206 estudiantes. En las respuestas se puede notar cómo la mayoría de los estudiantes están de acuerdo con la opción relacionada con la adaptación, que es el proceso de ajuste al clima real (o al que se prevé), esta es quien trata de moderar o evitar los daños que genera el cambio climático y la mitigación de gases efecto invernadero. Se puede concluir, entonces, que los estudiantes están familiarizados con las implicaciones graves que conlleva el cambio climático para la vida humana y la biodiversidad. La mayoría de los estudiantes comprende las diferencias entre adaptación y mitigación, y demuestran un conocimiento claro de estos conceptos clave en el contexto del cambio climático.

Con respecto a la última pregunta, *¿Cuál crees que es la mejor Herramienta Comunicativa digital para dar a conocer esta información?*, 518 estudiantes estuvieron de acuerdo con la opción (c) "redes sociales" como la mejor herramienta comunicativa digital; en segundo lugar, 109 estudiantes eligieron la opción (d) "medio virtual de divulgación científica"; 90 estudiantes eligieron (a) "periódico local" y 51 estudiantes optaron por (b) "volantes", con lo que concluimos que la mayoría de estudiantes ven a las redes sociales como la mejor herramienta comunicativa para dar a conocer información.

De 622 que realizaron la prueba de evaluación, 476 están de acuerdo con que las redes sociales son la herramienta comunicativa digital para divulgar la información; 83 estudiantes consideran que es un medio de divulgación científica; 24 estudiantes optan por los volantes y 39 estudiantes eligen el periódico local como herramienta digital para dar a conocer la información. De acuerdo con las respuestas seleccionadas por los estudiantes en la prueba de indagación de ideas previas y la prueba de evaluación, de la pregunta 10 es notable que en su mayoría están de acuerdo con que la opción (c) redes sociales es la mejor elección como herramienta comunicativa para expandir la información. Esto da cuenta de que esos medios son eficaces para dirigir la información de manera rápida. La respuesta destaca la importancia de las redes sociales como una herramienta efectiva para difundir información ambiental. La mayoría de los estudiantes reconoce la relevancia de las plataformas digitales para la divulgación ambiental.

En general, las respuestas de los estudiantes en las pruebas pre y post indican un nivel sólido de comprensión de conceptos ambientales clave, como servicios ecosistémicos, consecuencias del uso indiscriminado, impactos del cambio climático y estrategias de adaptación y mitigación. Además, la elección de las redes sociales como herramienta comunicativa sugiere una conciencia de las plataformas digitales efectivas para la divulgación ambiental. Este análisis indica un progreso y una comprensión más profunda de los temas relacionados con el servicio social del Jardín Botánico de Bogotá.

Indicador de impacto. Comparación prueba de indagación de ideas previas y una prueba de evaluación ciclo I

Para el ciclo I-2023, se tuvieron en cuenta las respuestas de la prueba pre y post de 514 estudiantes que respondieron ambas pruebas e hicieron parte del programa de Servicio Social Ambiental del Jardín Botánico de Bogotá. En la sistematización de las respuestas, se muestra que hubo un cambio significativo en los estudiantes una vez iniciado el programa y al final de este, dado que al revisar la prueba de indagación de ideas previas y la prueba de evaluación, los estudiantes tuvieron más respuestas correctas. Esto permite establecer que hubo un cambio conceptual en los estudiantes gracias al proceso formativo y práctico del Servicio Social Ambiental

en el Jardín Botánico de Bogotá. Con respecto a los porcentajes, la prueba inicial tiene un 4,42 y la prueba de evaluación 5,21, lo que apoya el análisis presentado.

Conclusiones

Las conclusiones de este trabajo se presentan teniendo en cuenta los dos aspectos analizados: el diseño de la estrategia didáctica del programa de Servicio Social Ambiental del Jardín Botánico de Bogotá, los resultados de la prueba pre y post del ciclo I del 2023.

Con respecto a la estrategia didáctica de Servicio Social Ambiental del Jardín Botánico de Bogotá

La estrategia didáctica diseñada para el Servicio Social Ambiental ha demostrado ser una herramienta efectiva para fomentar la conciencia ambiental entre los estudiantes. A través de enfoques prácticos, actividades interactivas y reflexiones significativas, se logra un impacto positivo en la comprensión y compromiso de los estudiantes hacia la protección del medio ambiente. Esta iniciativa no solo fortalece su conexión con la naturaleza, sino que también les proporciona las habilidades y conocimientos necesarios para convertirse en agentes de cambio ambiental en sus comunidades. La educación ambiental no solo es un requisito curricular, sino una poderosa herramienta para inspirar la acción y construir un futuro sostenible.

Además, la estrategia didáctica revela su eficacia en la formación de ciudadanos responsables del ambiente. A lo largo de esta experiencia educativa, se ha observado un impacto significativo en el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que promueven la responsabilidad ambiental. Los estudiantes no solo adquieren conocimientos prácticos sobre la conservación del medio ambiente, sino que también internalizan la importancia de su papel como ciudadanos responsables y comprometidos. Esta estrategia didáctica no solo busca la adquisición de información, sino la construcción de un sentido de responsabilidad que se traduce en acciones concretas para preservar y mejorar nuestro entorno. Así, se establece una base sólida para la formación de generaciones comprometidas con la sostenibilidad y el bienestar del planeta.

Se puede concluir, entonces, que con esta estrategia los estudiantes se apropian de su territorio en términos ambientales. A través de estrategias educativas que fomentan la exploración, el entendimiento y la conexión emocional con su entorno, se ha observado un cambio significativo en la percepción de los estudiantes hacia su territorio. La apropiación no se limita únicamente a la comprensión teórica, sino que se traduce en una identificación activa con los desafíos y las oportunidades ambientales locales. Este enfoque no solo contribuye a la formación de ciudadanos conscientes de su entorno, sino que también sienta las bases para la participación y la toma de decisiones informadas en la gestión y conservación de su territorio. En última instancia, la unidad didáctica se revela como una herramienta fundamental para cultivar una relación profunda y comprometida entre los estudiantes y su entorno, promoviendo así la construcción de comunidades sostenibles y conscientes a nivel ambiental.

Con respecto a la prueba de indagación de ideas previas y una prueba de evaluación

La prueba de indagación de ideas previas y una prueba de evaluación son herramientas fundamentales para hacer una comparación de conocimientos previos y posteriores de los estudiantes que realizaron el proceso de SSA. Para el Jardín Botánico de Bogotá y su Equipo de Fortalecimiento a la Política de Educación Ambiental, la evaluación de resultados es el mecanismo con el cual las actividades se mantienen, incrementan, mejoran u omiten, según sea el caso.

Con las pruebas de indagación de ideas previas se sabe el nivel de conocimiento de los estudiantes en relación con las temáticas ambientales antes de iniciar el servicio social. Esto es crucial para personalizar las actividades y adaptarlas a las necesidades y conocimientos de los participantes. Al identificar el nivel de conocimiento inicial, los organizadores del SSA pueden diseñar actividades educativas y proyectos específicos que desafíen y amplíen el entendimiento de los participantes de manera efectiva. La información recabada en la prueba pre facilita el establecimiento de objetivos de aprendizaje realistas y medibles, lo que permite una evaluación más precisa de los logros alcanzados durante el servicio social.

Las pruebas de evaluación son esenciales para medir los avances y los logros obtenidos por los participantes después de completar el servicio social. Esto proporciona una valoración clara de cómo las experiencias han influido en su conocimiento y habilidades. Los resultados de las pruebas de evaluación ofrecen valiosa retroalimentación sobre la efectividad de las estrategias pedagógicas y la calidad de las actividades del SSA. Esta información puede utilizarse para realizar ajustes y mejoras en futuras ediciones del programa, para la evaluación del impacto a largo plazo. Además de medir los resultados inmediatos, estas pruebas evalúan cómo los estudiantes construyen conciencia ambiental, compromiso cívico y las habilidades de liderazgo de los participantes.

En resumen, las pruebas de indagación de ideas previas y de evaluación son herramientas esenciales para evaluar y mejorar el Servicio Social Ambiental; además de proporcionar una base para adaptar las actividades a las necesidades específicas de los participantes. Estas pruebas permiten medir el impacto del programa y contribuir al desarrollo sostenible de la conciencia ambiental y la participación cívica de los estudiantes.

Los resultados desde la formación ciudadana y la educación ambiental generan un impacto positivo en el conocimiento de los estudiantes referente a lo ambiental (conservación, protección, relación e impactos ambientales), esto puede verse en la toma de decisiones al aplicar el conocimiento en las Iniciativas Ambientales y herramientas comunicativas creadas.

Durante las sesiones impartidas del SSA fue notorio el interés de los estudiantes frente a los temas ambientales. Si bien las pruebas de indagación de ideas previas y una prueba de evaluación pueden definir un valor cuantitativo, también es posible realizar una evaluación cualitativa desde el comportamiento y el interés de los estudiantes por los temas abordados. Las realidades ambientales generan un impacto cuando se adquiere conocimiento sobre el cuidado ambiental, los estudiantes tienden a modificar sus comportamientos para reducir su huella ecológica. Esto puede incluir la reducción del consumo de energía, la gestión adecuada de residuos y la elección de opciones más sostenibles en la vida cotidiana.

Referencias

Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C. (2007, 28 de diciembre). *Decreto 617 de 2007: Por el cual se adopta y reglamenta la Política Pública Distrital de Educación Ambiental*. Registro Distrital 3902.

Conde, S. L. (2014). *Formación ciudadana en México*. Instituto Federal Electoral. https://biblio.juridicas.unam.mx/libros/libro.htm?l=3953

Flick, U. (2018). *Introducción a la investigación cualitativa*. Ediciones Morata.

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

Jardín Botánico de Bogotá. (2022). *Programa de Educación Ambiental del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis*. 978-1-4562-6096-5

Congreso de la República de Colombia. (1994, 8 de febrero). *Ley 115 de 1994: Por la cual se expide la Ley General de Educación*. Diario Oficial No. 41.214.

Ministerio de Educación Nacional. (1996, 12 de septiembre). *Resolución 4210 de 1996: Por la cual se establecen reglas generales para la organización y el funcionamiento del servicio social estudiantil obligatorio*.

Ministerio del Medio Ambiente [Minambiente] y Ministerio de Educación [Mineducación]. (2003). *Política Nacional de Educación Ambiental*.

Tovar, J. (2012). *Propuestas educativas para la formación del perfil de líder ambiental en el contexto bogotano*. Jardín Botánico de Bogotá.

La cartografía como metodología para la investigación

Cartography as a Methodology for Research

Julieth Khaterinee Martínez-Castiblanco[1]

Cómo citar este artículo:
Martínez Castiblanco, J.K. (2024). La cartografía como metodología de investigación. *Pre-Impresos Estudiantes*, (25), 23-34.

Resumen

En el Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, institución de educación superior destacada por sus propuestas investigativas sobre la pedagogía y la educación en Colombia y alrededores, el programa de la Licenciatura implementó, entre el 2018 y el 2019, un modelo de práctica educativa desde una perspectiva cartográfica, que consistía en investigar, consultar, resaltar, visitar, conocer y gestionar, con estudiantes y maestros de la práctica y los encargados de los espacios de divulgación en ciencia en la ciudad de Bogotá. Todo esto para presentar los problemas etnográficos, económicos, incluso educativos, que afrontan estos espacios por la falta de comunicación con otras instituciones educativas y de divulgación de ciencia, en especial, con instituciones de educación superior que remiten estudiantes para realizar sus prácticas pedagógicas. Este proyecto, que inició el primer semestre del 2018 y terminó en el segundo semestre del 2019, surge como una propuesta educativa orientada a reflexionar sobre el papel del maestro como gestor social del conocimiento científico. Para lo cual se propone una programación, gestión y visita a estos espacios, desde una perspectiva investigativa y propositiva. Las reflexiones aquí presentadas se relacionan con la fundamentación teórica y metodológica de la propuesta realizadas durante el primer semestre del 2019.

Palabras claves: cartografía; ciencia; conocimiento; práctica educativa; reflexión

Abstract

At the Department of Physics of the Universidad Pedagógica Nacional—an institution of higher education recognized for its research approaches to pedagogy and education in Colombia and its surrounding regions—the Bachelor's Degree program implemented, between 2018 and 2019, an educational practicum model from a cartographic perspective. This model involved investigating, consulting, highlighting, visiting, understanding, and managing, in collaboration with student teachers, mentor teachers, and those responsible for science outreach spaces in the city of Bogotá. The goal was to present the ethnographic, economic, and educational challenges these spaces face due to a lack of communication with other educational and science outreach institutions, particularly with higher education institutions that send students to carry out their teaching practicum. This project, which began in the first semester of 2018 and concluded in the second semester of 2019, emerged as an educational proposal aimed at reflecting on the role of the teacher as a social manager of scientific knowledge. The project proposed a program of planning, managing, and visiting these spaces from a research-based and proactive perspective. The reflections presented here relate to the theoretical and methodological foundations of the proposal developed during the first semester of 2019.

Keywords: cartography; science; knowledge; educational practicum; reflection

1 Licenciada en Física, Universidad Pedagógica Nacional. Docente de física y matemáticas en educación media. jkmartinezc@upn.edu.co; jkmartinezc01@gmail.com

Introducción

La cartografía puede describirse como una técnica metodológica, que produce y promueve la construcción de conocimiento, mediante el mapeo y el diálogo de saberes que se dan a lo largo de su desarrollo. El propósito de este artículo es dar a conocer esta metodología vinculada a la práctica educativa, mediante un proyecto realizado en el Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, que pretende realizar un mapeo de instituciones dedicadas al ejercicio o a la divulgación de la ciencia en Bogotá.

El proyecto "*Cartografía de instituciones de ciencia en Bogotá*" se llevó a cabo en el contexto de la práctica educativa, durante el año 2019, en la línea de profundización "Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural" del programa de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional. La orientación metodológica de este proyecto fue la cartografía, con el fin de consolidar un conocimiento mediante el diálogo de saberes construido a partir de las visitas intencionadas, la investigación, construcción del mapeo, de lugares, ideas, espacios de trabajo y problemáticas de conocimiento, entre otros.

Particularmente, en el ámbito de la educación se han desarrollado algunos proyectos que hacen uso de la cartografía como metodología en la investigación educativa, algunos de ellos son: *La cartografía social-pedagógica: una oportunidad para producir conocimiento y re-pensar la educación*, realizado por Barragán Giraldo y Amador Báquiro (2014), *La Cartografía Social: mensajera de experiencias pedagógicas para la formación de una cultura en Derechos Humanos*, de Ramírez Cabanzo (2015), y el Taller internacional de creación cartográfica para la participación, autogestión y empoderamiento de los territorios locales (Aguilar Galindo *et al*., 2017).

Estos trabajos revelan una línea de investigación en relación con la cartografía y algunas de sus aplicaciones en el campo educativo.

En este trabajo se muestran algunos aspectos de la fundamentación en torno a la perspectiva de cartografía como disciplina metodológica y sus aplicaciones en el proyecto "Cartografía de instituciones de ciencia en Bogotá", con el fin de responder al siguiente interrogante:

¿Qué elementos teóricos permiten desarrollar una práctica educativa desde una perspectiva cartográfica para la formación de maestros?

Para reflexionar sobre la importancia de estos proyectos —que enriquecen y aportan a la gestión social— y sobre la relación escuela-museo, el papel del maestro de ciencias en esta construcción y gestión, en especial los maestros de Física, se analizó la dimensión del maestro como gestor social del conocimiento.

Marco teórico

La cartografía suele considerarse como una disciplina propia de las ciencias sociales, particularmente de la geografía, en la cual se elaboran mapas, como representaciones territoriales, políticas, económicas, entre otras, vinculadas con la idea de estado, como lo describe Barragán Giraldo (2015):

> la cartografía como representación de lo físico siempre está cargada de las intencionalidades políticas de su elaboración, de los horizontes ideológicos de su lectura y, a la vez, no se circunscribe al mapa que representa exclusivamente lo geográfico, sino que designa las formas de representarse aquellos espacios no visibles que se escapan a las representaciones gráficas y que permanecen en la cultura mediante la delimitación del territorio. (p. 250)

Sin embargo, hoy en día la cartografía tiene un uso más amplio, puesto que se utiliza en

otras disciplinas, ya sea como metodología de investigación o como instrumento de organización del conocimiento disciplinar. Este último se conoce como cartografía temática, que permite "las representaciones del mundo físico, social y cultural para configurar rutas de transformación" (Barragán Giraldo, 2015, p. 250), e incluso para configurar y construir el conocimiento y la educación.

Algunos autores como Deleuze y Guattari han dotado de significado el concepto de "cartografía" (Guattari y Deleuze, 2004), en el capítulo titulado "Rizoma", del libro "Capitalismo y esquizofrenia: Mil mesetas", los autores construyen el concepto de conocimiento mediante la analogía de un rizoma, el cual describen como "imagen del pensamiento". Lo describen como una red, que conecta y enlaza diferentes perspectivas de un concepto, teoría o idea; dan a conocer el concepto de cartografía como parte de un todo, más allá de la representación de algo ya dado, como la representación de nuevos entrelazados y construcción de nuevas relaciones y dirección, desde un pensamiento crítico que pone de presente su propia perspectiva. En este capítulo plantean una teoría sobre el conocimiento, según la cual este no sigue ningún tipo de ruta o jerarquía, para ilustrar la idea hacen uso de la analogía de un rizoma,[2] que relacionan con el funcionamiento del conocimiento y su construcción en la mente humana. ¿Pero por qué lo relacionan con un rizoma?, biológicamente un rizoma es una planta con tallo horizontal, que tiene gran cantidad de raíces de las cuales crecen hierbas, que crecen de diversas formas. Con esto se quiere enfatizar que, al igual que un rizoma, el conocimiento nunca empieza ni acaba, pero tampoco se deja reducir, sino que transciende, pues se construye gracias a la participación de todos los saberes y conocimientos adquiridos por cada persona.

Cada autor aporta a la construcción del concepto de cartografía desde disciplinas diferentes. Guattari, desde la psicología, busca demostrar que la mente es la suma de varios componentes y que es constante su relación de cambio. Deleuze, desde la filosofía, busca una teoría del conocimiento que logre explicar y relacionar todas las actividades humanas. Así, en consenso, describen la cartografía a través de la analogía del rizoma: una red descentralizada, interconectada y en constante expansión (Guattari y Deleuze, 2004).

El rizoma es considerado un sistema que sigue unos principios y características para su realización. Deleuze y Guattari (2004) les atribuyen a dichos sistemas rizomáticos seis características constitutivas:

> 1.° y 2. ° Principios de conexión y de heterogeneidad: cualquier punto del rizoma puede ser conectado con cualquier otro, y debe serlo...
>
> ...3. ° Principio de multiplicidad: sólo cuando lo múltiple es tratado efectivamente como sustantivo, multiplicidad, deja de tener relación con lo Uno como sujeto o como objeto, como realidad natural o espiritual, como imagen y mundo....
>
> ...4.º Principio de ruptura asignificante: frente a los cortes excesivamente significantes que separan las estructuras o atraviesan una...
>
> ...5. ° y 6. ° Principio de cartografía y de calcomanía: un rizoma no responde a ningún modelo estructural o generativo (p. 13-17)

El rizoma es un mapa que se construye, capaz de producir conocimiento y experimentar el propio. La cartografía es el mapa del conocimiento, capaz de crear, experimentar y construir su propio conocimiento, para así jamás calcar el de otro. Visto de este modo, podríamos decir que el conocimiento no es propio de una disciplina, sino que las disciplinas son sus ramas y que solo le aportan a él, pero no es el todo. Esta nueva perspectiva de la cartografía permite trabajar este concepto desde otras disciplinas,

2 Tallo horizontal y subterráneo, como el del lirio común (Real Academia Española, 2019).

incluso el concepto de mapear toma un nuevo sentido, pues ya no es el todo de la cartografía sino que solo es una parte de esta.

Como ya se había dicho, este concepto es propio de las ciencias sociales, pero actualmente la cartografía temática se usa desde una perspectiva investigativa que permite el mapeo, no solo de lugares sino también de conceptos, conocimientos, teorías y, además, tiene algo en particular. Al hacer la analogía con el rizoma, se tiene una perspectiva más amplia de las aplicaciones de este concepto como metodología, por esto fue importante reconocer los principios de un modelo rizomático. La cartografía hace parte de dichos principios que describen el rizoma como un mapa que no se copia ni se calca sino que se construye, el cual puede tener múltiples conexiones con otros saberes, y cualquier punto del rizoma puede volver a empezar desde donde es cortado, además de ser productivo y experimental "el rizoma", el conocimiento. Dicho de este modo, la cartografía es la construcción del conocimiento de distintas disciplinas desarrolladas a través del mapeo, del saber y saberes, que se da a través de la experiencia, y que deja como producto esas múltiples conexiones del conocimiento.

La cartografía como metodología

La cartografía es una metodología cualitativa basada en el análisis crítico o documental, que utiliza métodos racionales adaptables, según el enfoque investigativo (cualitativo, cuantitativo o mixto), con el fin de organizar datos y sustentar hipótesis. Su naturaleza interpretativa la hace idónea para estudios que requieren profundidad contextual.

La metodología cualitativa busca describir meticulosamete las cualidades de algún concepto o población en la investigación, desde un punto de vista más social e interpretativo. No es que en la investigación cuantitativa no se haga esta interpretación, ni tenga una visualización social, sino que en la cualitativa es mucho más relevante esta perspectiva. Además, es relevante el trabajo colectivo, los grupos de discusión, ya que es ahí donde se realiza el desarrollo cualitativo, pues es percibir a los participantes como actores y no como agentes pasivos. Por esto, la cartografía logra integrar el conocimiento con la praxis (Véase tabla 1), es decir, se reflexiona, analiza y plantean rutas de acción, lo que permite a sus participantes ser actores de la investigación, integrantes activos que contribuyen y construyen la cartografía, a partir de su experiencia y del análisis de su propia realidad.

Tabla 1. Descripción de metodología, método y técnica de la investigación

Tipo metodología	Método	Técnica
Cualitativa	Análisis documental	Participación-acción (Cartografía)
	Análisis crítico	

Fuente: elaboración propia

Este tipo de investigación es usado en diferentes entornos, ámbitos, comunidades etc., ya sean de salud, sociales, psicológicos, de educación, entre otros. De este modo, la cartografía como metodología puede entenderse como un método de participación colectiva, que permite interpretar las diferentes perspectivas de los actores y participantes activos de ellas, las cuales deben ser construidas culturalmente, entendiendo cultura como "conjunto de conocimientos que permite a alguien desarrollar su juicio crítico" (Real Academia Española, 2014).

La cartografía no se inscribe de manera exclusiva en una determinada escuela de pensamiento, sino que responde a los objetivos de investigación. A continuación, se describen algunas de sus aplicaciones:

La cartografía social

Es una metodología de participación-acción, que se desarrolla de forma colectiva y que da el mismo sentido y valor a las distintas experiencias y conocimientos de los participantes, los cuales aportan significativamente a la reflexión amplia y profunda de sus propios contextos. Esto con el fin de influenciar en la representación gráfica, mental e ilustrativa de su contexto y mostrar así una visión amplia de él (Barragán Giraldo y Amador Báquiro, 2014).

En "El poder de la cartografía del territorio en las prácticas contrahegemónicas" de Habegger *et al*. (2006), se propone este tipo de metodología, con el fin de construir y representar las problemáticas del entorno o contexto, es decir, que la cartografía para ellos viene dada: "(…) como proceso de investigación, diseño y producción, comprende, según nosotros y nosotras, todo un proceso que trata de explorar, revelar, localizar y expresar la complejidad de diversas realidades (…)" (Habegger *et al*., 2006, p. 4) que enfrenta dicha comunidad. La cartografía social se lleva a cabo para la sociedad, en una comunidad particular, con sus problemas, ventajas y desventajas, pro y contras, que se interpretan o leen desde los actores y participantes, y solo en el arte del diálogo se logran acuerdos que revelan y dejan coordinar rutas de acción, bajo la reflexión, discusión y visualización de la propia comunidad. Es una cartografía para la comunidad.

La cartografía pedagógica

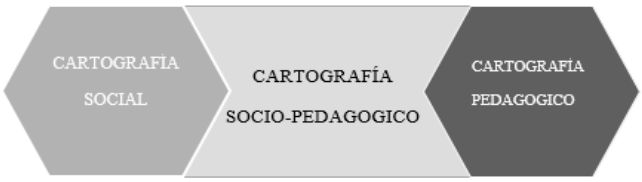
La cartografía pedagógica convierte las diferentes realidades pedagógicas en contextos propios de esta, con el fin de darle otras rutas de acción a la educación en la actualidad, es decir, permite tener una lectura de la pedagogía en sus diferentes escenarios. Todo esto se realiza a partir de la praxis, con el fin de reconocer los diferentes entornos del estudiante, entornos tales como: familiares, ambientales, sociales, económicos o culturales —como lo indican Habegger *et al*. (2006)—, con el propósito de construir conocimiento pedagógico más autónomo, visto desde la autogestión,[3] la cual se destaca por tres procesos importantes: investigación, acción y participación; los mismos de la metodología de acción-participación.

En cualquier proceso educativo o pedagógico se debe tener en cuenta a todos los actores involucrados (estudiantes, profesores, padres de familia), así como todas las problemáticas tanto internas como externas del sistema educativo, que afectan a cada uno de estos actores.

La cartografía socio-pedagógica

Tanto la metodología social como la pedagógica muestran gran similitud, pues son lecturas de sus actores y participantes activos, lecturas propias de sus contextos, los cuales responden a unas necesidades, virtudes y demás, propias de cada comunidad. En otras palabras, "la cartografía social-pedagógica es una metodología que permite caracterizar e interpretar la realidad comunitaria-educativa de un grupo humano, que se fundamenta en la participación, la reflexión y el compromiso de los agentes sociales implicados" (Barragán Giraldo y Amador Báquiro, 2014, p. 134), relación a la que hace referencia la figura 1.

Figura 1. Cartografía social, socio-pedagógica y pedagógica



Fuente: elaboración propia

Esta perspectiva trasciende la concepción tradicional de la escuela como una entidad aislada, para entenderla como parte integral de una comunidad que a su vez forma parte de la sociedad.

3 Sistema de organización de una empresa según el cual los trabajadores participan en todas las decisiones (Real Academia Española, 2019).

Por lo tanto, la cartografía socio-pedagógica considera el contexto del estudiante y del maestro no solo en el ámbito escolar, sino también más allá de él, reconociéndolos como investigadores y constructores de su propio entorno.

Esta cartografía es propuesta por Barragán Giraldo y Amador Báquiro (2014):

> (...) hemos propuesto asumir algunos principios de la cartografía social y ponerlos en juego en el campo de la educación, con miras a dinamizar la investigación educativa y promover niveles de acción didáctica de los diferentes actores que intervienen en los procesos de enseñanza-aprendizaje. (p. 256)

Este tipo de cartografía propuesta por los autores, se entiende como la reflexión y acción, percibidas a través de la práctica y comprensión del contexto en el que se desenvuelven. Dicha acción es de participación, busca trascender lo tradicional y la transformación de la educación, a partir de concebir a sus participantes activos como actores principales.

La cartografía como práctica socio-pedagógica

¿Qué es la práctica pedagógica?: La práctica pedagógica

> es el espacio de reflexión-acción e investigación en torno a la integración, innovación, indagación recontextualización de los saberes de orden cognitivo, ético, estético, pedagógico, didáctico y disciplinar en un contexto sociocultural específico en función de la formación profesional del licenciado en formación, su crecimiento personal y social. (Reglamento Prácticas Pedagógicas UPN, 2021, p. 2)

La práctica permite que los maestros en formación crezcan profesional, personal y socialmente, además, que investiguen, reflexionen e innoven, mientras se enfrentan por primera vez a la enseñanza, a pesar de ser estudiantes que siguen aprendiendo.

Desde el 2018 en el Departamento de Física, en especial en la Licenciatura en Física, se han realizado prácticas en espacios alternativos, una de estas es: *Cartografiando, espacios de ciencia en Bogotá*, que nace para buscar, visitar y gestionar lugares, centros, museos o instituciones que promuevan la ciencia en Bogotá, aunque unos semestres más tarde, se logró extender esta actividad a otros municipios cercanos, gracias al aporte de los mismos estudiantes. En la figura 2 se evidencia cómo la unión de dos tipos de cartografía responde a la aplicación de una práctica profesional de maestros.

Figura 2. La cartografía como práctica socio-pedagógica.



Fuente: elaboración propia

Por otro lado, para el desarrollo de esta práctica fue importante resaltar el trabajo investigativo y de construcción de ciencia dentro de la Universidad Pedagógica Nacional. También se logró evidenciar algunas problemáticas internas; aunque es un espacio que promueve la creación y divulgación de la ciencia, los canales de divulgación son muy poco conocidos, por consiguiente, el trabajo interno no circula fuera de la institución. Cabe resaltar el esfuerzo que se hace desde los diferentes estamentos para lograr trascender y llevar estos trabajos a diferentes espacios, e incluso participar en seminarios, simposios y demás ámbitos de divulgación de la ciencia a nivel local, nacional e internacional. Sin embargo, se mantiene la poca información acerca de los diferentes espacios de ciencia en Bogotá, ya sea de divulgación o de construcción,

pero ¿por qué? No se podría tener una respuesta concisa, ante todo sería por desconocimiento, ya que no existe un portal de recopilación de estos lugares o eventos, o se consideran algo ajeno a la educación, entre otras razones.

Una aplicación en espacios de ciencia en Bogotá

Esta práctica pedagógica nace como respuesta a esto de recopilar y centralizar la información, con el fin de dar a conocer la existencia, pero sobre todo el trabajo, que se hace en estas instituciones, centros y demás espacios de ciencia en Bogotá. Mediante la metodología de la cartografía socio-pedagógica como práctica educativa, se centra la búsqueda en los lugares donde se divulga y se crea la ciencia, pero sobre todo, se enfoca en cómo la crean y la divulgan; para ello se visualiza, se planea, se gestiona, se visita, se analiza y se reflexiona frente al papel del maestro y la educación en dichos lugares. Parte del trabajo que se adelantó en su momento se muestra en el diseño del póster (Véase figura 3). El mapeo de la ciencia en Bogotá nace para dejar memoria de la existencia de estos lugares, ya que no hay portal en la red que dé cuenta de tales espacios ni del trabajo que desarrollan en ellos.

Figura 3. Póster del encuentro de práctica del 2019 donde se estructura la información frente a lo que es una cartografía y sus implicaciones.



Fuente: elaboración propia

Algunos sí tienen su página, pero la idea es relacionarse entre sí, algunos de los espacios se muestran en la figura 4.

Figura 4. Recopilación de algunas visitas en el 2019, junto con los participantes en el proyecto *Cartografiando, espacios de ciencia en Bogotá.*



Fuente: Transformándonos (2019); Sociedad Colombiana de Ingenieros (2017); Jiménez (2009); Castillo-Ayala (2019).

Por otro lado, se busca volver asequible ese conocimiento para los estudiantes, y articularlo con otros que fortalezcan todo el proceso educativo. Que las visitas a estos lugares sean más frecuentes, pero, sobre todo, que se usen dentro del mismo currículo, es decir, promover la ciencia desde otra perspectiva donde el conocimiento sea visto como una práctica social, mucho más participativo y activo, además, se busca hacer asequible este conocimiento a los estudiantes y articularlo con otros saberes que fortalezcan el proceso educativo de la práctica docente.

Las personas que conformaban el grupo de práctica -guiadas por el maestro a cargo, Juan Carlos Castillo del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional- planeaban, gestionaban y guiaban estas visitas. Sin embargo, por semestre se realiza una planeación de posibles visitas, las cuales deben ser gestionadas y realizadas por los estudiantes y el maestro, además de investigar el cómo, cuándo y dónde se ha venido desarrollando la ciencia en Bogotá, y de qué manera la están transmitiendo. Por otro lado, se va construyendo la cartografía como concepto y metodología de investigación, ya que como el grupo no es constante, es importante que cada participante tenga conocimiento de qué es y del cómo se efectúa esta práctica, del por qué se enmarca en una cartografía y no en otro tipo de investigación.

Este tipo de cartografía busca anclar los problemas sociales y culturales con un contexto educativo. Este anclaje es importante porque sus actores son participantes activos, que aportan todos sus saberes culturales, políticos y sociales, además de su experiencia para construir la cartografía y representar la existencia de esos espacios de divulgación de ciencia, mediante ilustraciones, gráficas o diagramas.

Las representaciones de estas comunidades son el resultado de un trabajo colectivo en el que participan todos los actores sociales involucrados, por tanto, reflejan sus perspectivas y puntos de vista, sin pretender reflejar la realidad tal cual es. Este tipo de investigación identifica las problemáticas, reflexiona frente a ellas y traza las rutas de acción para darle solución, o las percibe e intenta contemplarlas, permitiendo un crecimiento cultural, político y social tanto para el maestro como para sus estudiantes. "… Puede ser implementada como opción para interpretar y comprender los procesos curriculares, de práctica pedagógica o de procesos académicos escolares, entre otros" (Barragán Giraldo y Amador Báquiro, 2014, p. 140).

¿Cómo se hacen las visitas?

Por cada semestre se planean varias posibles visitas, se tiene en cuenta el semestre anterior para establecer qué lugares ya se han visitado o gestionado, y con base en ello se construye una memoria de cada visita, que alimenta los procesos y la metodología cartográficos de estos sitios, ya que se hacen discusiones antes, durante y después. Las discusiones se dan frente al cómo hacen la divulgación de la ciencia en ese lugar en particular, si hacen o no recorridos, si los recorridos los hacen guiados, y cuál es la finalidad de hacerlos de esta manera.

Estos espacios visitados tienen ciertas características, pues deben ser lugares donde se divulgue o se construya la ciencia en general o la Física; además de establecer de qué manera lo hacen, lo cual implica una serie de preguntas tales como:

- *¿Quiénes son los guías y gestores en estos lugares?*
- *¿Quién plantea los talleres?*
- *¿Qué tipo de talleres se realizan?*
- *¿Cuál es el objetivo de los talleres?*
- *¿Qué temáticas son usadas en los talleres?*
- *¿Cómo ven la escuela? ¿Como un complemento o algo independiente de este espacio? (Museo, institución, centro…)*

En la comunidad científica, son preguntas que aportan a la discusión y reflexión frente al proceder de estos espacios de ciencia; en algunos casos, estos sitios son muy concurridos y conocidos por escuelas, colegios y universidades, en otros, los sitios no son reconocidos por la comunidad científica.

Objetivo del recorrido

El proyecto *Cartografiando, espacios de ciencia en Bogotá* plantea una serie de preguntas a los gestores u organizadores de las visitas corporativas —como las mencionadas en el apartado anterior—, con el fin de comprender mejor la metodología empleada en la construcción de talleres, charlas o guías, así como su contribución al desarrollo científico en la ciudad. Así se ejecuta esta práctica que se sale de lo convencional, pues usualmente la labor del maestro se desenvuelve en un salón de clase. Por eso debe existir una apropiación del maestro, para que se logre articular, crear y fortalecer el conocimiento y emprender una construcción y estimulación del mismo, siempre teniendo presente lo conocido por el estudiante, su contexto, su opinión, verlo como agente participativo y activo que aporta y construye sus propias perspectivas, tanto en la sociedad como en la escuela, ya que su vida se desenvuelve dentro y fuera del aula, como maestro, estudiante o miembro de una comunidad.

Se busca valorar la labor de quienes están en estos espacios, mediante el reconocimiento e invitación a visitarlos, pero además promover las prácticas de los maestros en formación, para que las desarrollen y así construyan conocimiento día a día, que logren enseñar ciencia de una manera poco convencional, creativa y atractiva para los visitantes, promoviendo, construyendo y divulgando la ciencia. Se quiere sacar esos lugares del anonimato y convertirlos en sedes y espacios laborales para los mismos egresados de los programas de formación de maestros de ciencias.

¿Qué se ha encontrado en las visitas?

Las preguntas expuestas anteriormente se han modificado, incluso han cambiado a lo largo de la investigación, pues es común que en estos lugares encontremos egresados del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, quienes se están desempeñando como guías, divulgadores, gestores u organizadores dentro de estos espacios. Esto responde una de las preguntas que se planteaban antes:*¿Quiénes son los guías y gestores en estos lugares?*, pues bien, muchos de ellos son maestros egresados de la Universidad, que aunque no están desenvolviéndose en un aula de clase, sí están compartiendo su conocimiento en estos espacios, los cuales trabajan de la mano con la escuela, para que el y la estudiante complementen y fortalezcan los conocimientos adquiridos en un salón de clases, es decir, que sean uno y no dos puntos por separado, el museo y la escuela, que aunque trabajan por lo mismo, van por caminos diferentes.

En algunos espacios, diseñan folletos con actividades de acuerdo con las edades y los grados de escolaridad, que concentran las temáticas que posiblemente verían dichos niños, sin embargo, a veces no coinciden con las de las escuelas.

Otros lugares se centran en mostrar la física de una forma didáctica, para que el estudiante interactúe con esas teorías que se enseñan en el aula, alejadas de prácticas de laboratorio, por los costos o por la necesidad de adecuaciones. Sin embargo, se corre el riesgo de mostrar los fenómenos físicos como un espectáculo de magia, sin que medie una reflexión conceptual sobre dichos fenómenos. La práctica cartográfica no se centra en criticar cómo lo hacen estos lugares, sino en reflexionar frente a lo que sucede; es tratar de entender qué aportan a la educación, y cómo son vistos socialmente, incluso cómo los practicantes y maestros en formación se proyectan profesionalmente en estos espacios.

¿Qué se espera con estas prácticas?

Al visitar los lugares propuestos por los mismos miembros, se busca que en estas instituciones se abran espacios para que los estudiantes realicen sus prácticas, con el fin de que los futuros maestros se vean en los escenarios donde podrían desenvolverse como licenciados.

Además de dejar memoria de las visitas ya efectuadas, en su momento todas estas memorias quedan expuestas en los informes de prácticas finales de cada uno de los egresados participantes; también existen memorias fotográficas de cada visita, y algunos trabajos de grado fueron resultado de las visitas del mismo proyecto. Se espera que el proyecto siga trascendiendo en la construcción de la memoria, no solo en espacios de ciencia en Bogotá, sino también de Colombia.

¿Por qué el nombre de Cartografía?

La construcción del proyecto *Cartografiando, espacios de ciencia en Bogotá*, se da a partir de la investigación, reflexión y lectura sobre lo que se concebía como ciencia, y las implicaciones que había con ello. Lo anterior tiene como objetivo reflexionar —desde la práctica— sobre la construcción de conocimiento mediante la investigación, la participación y la acción del maestro en el proceso sociopráctico. Este ejercicio se enfoca en el desarrollo científico y en el compromiso que tanto los futuros docentes como los estudiantes asumen frente a la ciencia y la educación. Se busca, así, que construyan su propio rizoma de saberes en torno a estos campos, reconociendo a Bogotá como un aula extendida y un espacio de diálogo de conocimientos.

A través de estas prácticas los participantes interactúan con los guías, incluso con los coordinadores de estos lugares, dialogan con saberes, enriquecen su conocimiento como futuros maestros y observan todo el campo laboral donde se pueden desenvolver. Se permite que su ciudad sea su aula, en donde aprenden, interactúan y la cual aporta a su formación como futuros maestros.

Este tipo de prácticas es un pequeño "rizoma" que está intentando formar lazos de conocimiento y saberes con diferentes personas e instituciones, donde los estudiantes pueden enriquecer sus conocimientos, pero sobre todo su formación como maestros, además de fortalecer sus habilidades artísticas e incluso lingüísticas, mediante la participación en las actividades propias de estos lugares, ya que aporta a su formación o también, si es el caso, a sus trabajos de grado.

Uno de los grandes objetivos de esta práctica es generar espacios de aprendizaje para los maestros en formación de otras líneas del Departamento de Física, con el fin de fortalecer las prácticas y sus procesos. Se espera que puedan realizar por lo menos una práctica en alguno de estos lugares alternativos, los cuales tienen amplios conocimientos que pueden aportar al crecimiento como profesionales y permitir que los estudiantes tengan una visión amplia del campo de acción en el que podrían estar inmersos en un futuro cercano.

Conclusiones

La cartografía socio-pedagógica como herramienta y metodología de investigación es percibida como una estrategia innovadora, la cual permite tener una lectura de la ciudad como escenario educativo, propio de divulgación de ciencia. El maestro asume el papel de investigador, el cual indaga reflexiona, analiza y sobre todo, plantea rutas de aprendizaje y enseñanza a partir de investigaciones colectivas.

El papel del maestro no depende del lugar, sino de cómo se asume, empieza a hacer su propia lectura del contexto y convierte su espacio en un salón de clases, entendiéndolo como un lugar donde se adquiere conocimiento mediante el diálogo de saberes. Es importante seguir promoviendo estos espacios para que el licenciado en formación pueda ver, conocer y vivir la experiencia de investigador, gestor, divulgador científico, de un visitante crítico y constructor de conocimiento a partir de otra percepción del lugar que concibe como ciudad; para fortalecer su formación, ya que no ejerce la carrera en un lugar convencional sino en un espacio alternativo.

Esta práctica evidenció implicaciones significativas en la formación de maestros de ciencias, abarcando dimensiones sociales, investigativas y, especialmente, de gestión y construcción de conocimiento. Sin embargo, su impacto trasciende lo pedagógico: conlleva una responsabilidad social inherente, donde la formación docente se entiende como un compromiso integral con la sociedad.

La construcción del conocimiento debe ser algo colectivo y donde cada uno de los participantes y actores realizan sus propios aportes, a partir de las lecturas y experiencia del tema. Más allá de cumplir un requisito de las prácticas es aprender, pero sobre todo aportar a la formación de maestros, para contribuir a una generación de maestros propositivos e innovadores dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje en los diferentes escenarios de práctica.

Referencias

Aguilar Galindo, J., Monroy Hernández, J., Barrera Lobatón, S., Fenner Sánchez, G. y Mora Calderón, J. (2017). *Taller Internacional de Creación Cartográfica para la participación, autogestión y empoderamiento de los territorios locales* (Memorias y guía metodológica). Universidad Nacional de Colombia.

Barragán Giraldo, D. (2015). Cartografía social pedagógica: entre teoría y metodología. *Revista Colombiana de Educación,* (70): 247-285.

Barragán Giraldo, D. y Amador Báquiro, J. (2014). La cartografía social-pedagógica: una oportunidad para producir conocimiento y re-pensar la educación. *Itinerario Educativo*. *28*(64), 127-141. https://doi.org/10.21500/01212753.1422

Castillo Ayala, J.C (2019). Cartografiando, espacios de ciencia en Bogotá.

Sociedad Colombiana de Ingenieros. (2017, 8 de agosto). *La Alcaldía Mayor de Bogotá resuelve quejas a favor de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.* https://sci.org.co/la-alcaldia-mayor-de-bogota-resuelve-quejas-a-favor-de-la-sociedad-colombiana-de-ingenieros/.

Guattari, F. & Deleuze, G. (2004). *Rizoma*. En F. Guattari & G. Deleuze, *Mil mesetas: Capitalismo y esquizofrenia* (pp. 9–32). Pre-Textos. (Obra original publicada en 1980)

Habegger, S., Mancila, L. y Serrano, E. (2006). El poder de la cartografía del territorio en las prácticas contrahegemónicas. *Universidad Malaga de España*, 1-10.

Jiménez, E. (2009, mayo 6). *Vista del Cine Domo de Maloka en Bogotá* [Fotografía]. Bogotá, Colombia. https://acortar.link/d8esCb

Ramírez Cabanzo, M. (2015). La Cartografía Social: mensajera de experiencias pedagógicas para la formación de una cultura en Derechos Humanos. *Educación y Ciudad*, (23): 104-116. https://doi.org/10.36737/01230425.n23.79

Real Academia Española. (2019). *Autogestión*. En *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed., versión 23.8 en línea). https://dle.rae.es/autogesti%C3%B3n

Real Academia Española. (2019). *Cultura.* En *Diccionario de la Lengua Española*. (23.ª ed., versión 23.8 en línea). https://dle.rae.es/cultura?m=form

Real Academia Española. (2019). *Rizoma.* En *Diccionario de la Lengua Española*. (23.ª ed., versión 23.8 en línea). https://dle.rae.es/rizoma

Reglamento Prácticas Pedagógicas UPN. (2021). *Reglamento de la práctica pedagógica. Universidad Pedagógica Nacional.* https://humanidades.upn.edu.co/wp-content/uploads/2023/08/Acuerdo-146-CA-del-05-noviembre-20213.pdf

Transformándonos. (2019, 31 de enero). *La pedagogía de la confianza: visita a la EPE*. https://transformandonos.com/la-pedagogia-de-la-confianza-visita-a-la-epe/



Las reacciones químicas como sistemas térmicos: estrategia para la enseñanza de fisicoquímica

Chemical Reactions as Thermal Systems: A Strategy for Teaching Physical Chemistry

Juan David Pineda-Moya[1]

Cómo citar este artículo:
Pineda Moya, J. D. (2024). Las reacciones químicas como sistemas térmicos: estrategia para la enseñanza de fisicoquímica. *Pre-Impresos Estudiantes*, (25), 40-54.

Resumen

La enseñanza de fisicoquímica a nivel universitario genera un interés constante, pero la falta de nuevas metodologías y la complejidad de los temas pueden dificultar a los estudiantes la adquisición de los conceptos de esta disciplina. En este documento se estudia cómo cambia el comportamiento de las moléculas que intervienen en una reacción química en relación con sus estados y cómo estas variaciones afectan las reacciones según las leyes termodinámicas, lo cual muestra las relaciones entre diferentes conceptos fisicoquímicos. Estos conceptos se explican y ejemplifican a partir de conceptos de cinética química y se presentan mediante fórmulas e ilustraciones sencillas, para mostrar sus relaciones. En este sentido, se espera que este texto sirva de referencia para estudiantes y profesores, con la intención de fomentar el interés por el campo de la fisicoquímica.

Palabras clave: enseñanza de la fisicoquímica; sistemas térmicos; leyes termodinámicas; cinética química

Abstract

The teaching of physical chemistry at the university level consistently generates interest; however, the lack of new methodologies and the complexity of the subject matter can make it difficult for students to grasp the concepts of this discipline. This paper examines how the behavior of molecules involved in a chemical reaction changes in relation to their states and how these variations affect reactions according to thermodynamic laws, thereby revealing the relationships among various physico-chemical concepts. These concepts are explained and illustrated using principles from chemical kinetics and are presented through simple formulas and diagrams to highlight their interconnections. In this sense, the text aims to serve as a reference for both students and educators, with the goal of fostering interest in the field of physical chemistry.

Keywords: physical chemistry education; thermal systems; thermodynamic laws; chemical kinetics

1 Estudiante de Licenciatura en Química con certificaciones en *Creación y Desarrollo de Software* por la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP, 2022), en *Analítica de Datos* por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2024), en *Herramientas Computacionales para la Comprensión Territorial* (2022) y en *Síntesis de Nanocompuestos* (2023) por la Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Participó en la Semana de la Investigación de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCT-UPN, 2023) con la ponencia "Experiencia en la Formación en Investigación a través de la Propuesta de Extracción de Antocianinas de Mora de Castilla (*Rubus Glaucus Benth*) mediante el Biorreactor Airlift". jdpinedam@upn.edu.co

Introducción

El estímulo para escribir este documento surgió mientras cursaba materias que abordaban temas específicos de fisicoquímica. Tanto mis compañeros como yo identificamos que teníamos dificultades conceptuales con ciertos temas. Sentíamos que necesitábamos una base teórica más concisa que nos ayudara a establecer relaciones para estudiar y entender.

Tomando como punto de partida la pregunta ¿Cómo evidenciar transferencia calorífica en una reacción?, se desarrolla el cuerpo del trabajo. Se abordan temas relacionados con la fisicoquímica, con el objetivo de generar interés y proporcionar a los estudiantes una base sólida para su estudio que los capacite para la explicación de temas afines.

El artículo se basa en textos que muestran que los estudiantes atraviesan variados contratiempos, recalcando lo mencionado por Galindres y García (2009): "los estudiantes requieren de más tiempo para finiquitar sus trabajos, además se les debería ofrecer los apoyos y soportes que requieran en aquellos momentos que sean necesarios" (p. 2). Se destaca que una parte de los estudiantes de carreras afines a ciencia presentan contratiempos no solo de conceptualización, sino también con el tiempo que le pueden dedicar a estudiar estos temas.

Haciendo hincapié en las problemáticas de la enseñanza en la universidad, se trae a colación lo planteado por Orrego *et al*. (2019): "De continuar esta problemática, el ciudadano del mañana no contaría con las herramientas necesarias que le permitan comprender, interpretar y en consecuencia valorar en forma crítica, los avances de la ciencia y la técnica y su posible repercusión social" (p. 3). Es importante mencionar que cada vez menos personas se muestran motivadas por el aprendizaje de las ciencias, lo cual está generando un declive en la formación de personas con educación superior. Imaginen que una universidad acepta a un grupo selecto de estudiantes para su formación en ciencias, si una parte de estos estudiantes no logra comprender los temas tratados en clase, se desencadenará una sucesión de malas notas en evaluaciones, por consiguiente, aumentará el número de personas que se retiren o pierdan calidad académica.

Con base en este problema se trabajó con artículos que evidencian que se requiere un cambio en las metodologías de enseñanza y, aunque no se menciona de forma directa, se necesita un texto guía para minimizar el tiempo de búsqueda de información y que presente algunos de los temas que se tratarán durante el trascurso de la asignatura. Por tal razón, se generó un esbozo sobre temas de fisicoquímica para dar a los lectores del documento una idea más concisa y centrada, además incentivar a los estudiantes al trabajo autónomo y, posiblemente, dar paso a una estrategia de enseñanza de los temas tratados en el documento con el uso del propio escrito.

Se abordará primero la relación entre la temperatura y la cinética, con las reacciones químicas. Luego, se presentarán ejemplos de la generación de entalpías y su representación teórica. Cabe destacar que, en algunos casos, los ejemplos utilizarán reactivos en bajas concentraciones. A partir del estudio de la entalpía, se mostrarán temas y ejemplos de la ley de Hess y sus respectivos deltas (Δ). Con un énfasis particular en las entalpías, se explicará en qué consisten las entalpías de enlace, para qué sirven y cómo se llevan a cabo sus cálculos, tanto teóricos como experimentales. Con esto se espera que sea más clara la relación entre la temperatura, la cinética y la termodinámica de las reacciones químicas.

Variación de temperatura y su efecto en la velocidad de reacción

Tanto los seres humanos como diversos animales, sin excluir ningún reino, poseen termorreceptores en el tejido epidérmico, los cuales ayudan a que puedan detectar los diversos cambios de temperatura de un entorno o un sistema; esto ayuda al instinto de supervivencia y a conocer momentos exactos para migrar o determinar peligros ambientales que presente el sistema.

La temperatura ambiente presenta variaciones propias del sistema que sea estudiado, todos los temas relacionados con temperatura se pueden desglosar en la determinada "termodinámica". Esta rama de la ciencia presenta varios conceptos tales como lo especifica Rojas (2020), quien explica que los conceptos que trabaja de manera teórica la termodinámica son: la concepción universal, disposicional y contrafactual.

Lo anterior permite deducir que esta rama de la física estudia los fenómenos que relacionan la temperatura, el calor y la energía. En este contexto, el estudio de los sistemas térmicos se centra en el cambio o traspaso de energía en un sistema. Un sistema puede ser, por ejemplo, un motor, un ladrillo, una mesa, un animal o un humano. Todo lo que no se considera sistema se llama "alrededor". El alrededor es aquello que rodea al sistema: por ejemplo, el aire que rodea al "sistema" mesa que se está estudiando. Es importante aclarar que se refiere al aire, no al ambiente.

Definido el sistema, su clasificación se basa en su capacidad para intercambiar materia y energía con el medio externo. Un sistema abierto es aquel que permite el intercambio de materia, calor o cambio de temperatura con otro sistema. Un sistema cerrado impide el intercambio de materia o calor; por ejemplo, un cilindro que contiene un gas tipo A es un sistema cerrado porque impide el ingreso de un gas B. Por último, un sistema aislado es aquel en el que no hay posibilidad de intercambio de materia o energía térmica; por ejemplo, un tanque que contiene gas A tiene una probabilidad nula de un intercambio térmico o de gases. La idea de que el gas B ingrese al cilindro en un sistema aislado es una idea extraordinaria.

La termodinámica presenta tres axiomas, los cuales son definidos como leyes: la ley cero, la primera ley y la segunda ley. La ley cero introduce y define la propiedad de equilibrio térmico, la primera ley establece la energía interna de un sistema y la segunda ley se refiere a la entropía presente del sistema.

La ley cero establece que, cuando tres sistemas A, B y C entran en contacto, se producirá un intercambio de calor hasta que los tres alcancen la misma temperatura desde el punto de vista de un observador. Un ejemplo son los termómetros de mercurio. Si el sistema B (termómetro) se pone en contacto con el sistema A y luego con el sistema C, y no se observan cambios en la temperatura del termómetro, se deduce que el sistema A y C están en equilibrio térmico.

Se presentó la relación entre los sistemas sin cuantificadores. Para el concepto universalista se requieren cuantificadores universales, donde se debe llegar a la conclusión "estar en equilibrio térmico con". La ecuación definida para la ley cero de termodinámica es:

Energía interna A = Energía interna B = Energía interna C

A diferencia de la ley cero, la primera ley de termodinámica se especializa en los sistemas aislados. Esta ley establece que la energía interna de todo sistema aislado es constante, con la condición de que no genere trabajo. Si se realiza trabajo, la energía interna del sistema decrece; por esta razón, la primera ley da lugar a las llamadas metaleyes, como la ley de conservación de la energía.

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

ΔQ = Es el calor que entra y sale en determinado momento

ΔU = Es la variación de la energía interna del sistema

ΔW = Es la diferencia de trabajo inicial y final

La segunda ley de la termodinámica establece que: "la entropía (S) del universo aumenta de manera constante en el transcurso de cualquier proceso de cambio instantáneo" (Rojas, 2020) se debe suponer un cambio de calor constante y gradual. Si se llegase a perturbar el paso de energía, el traspaso de calor sería reversible. A diferencia de la primera ley, la segunda ley de la termodinámica introduce el concepto de entropía, que establece que los cambios espontáneos son factibles si la entropía total del universo aumenta. Lo descrito anteriormente se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Transferencia de energía calorífica entre dos sistemas

En la termodinámica se estudia la transferencia de energía en un sistema, denominada "calor". Desde la perspectiva científica se define como "la energía térmica transferida entre dos sistemas a diferentes temperaturas que entran en contacto", también conocidas como "gradientes". El calor es usado en la industria y la automatización de diversos procesos mediante la absorción o transferencia de energía. Existen diferentes formas de transferencia de calor: conducción, absorción y radiación. Tanto la conducción como la absorción requieren de un medio para su propagación, similar al sonido. En contraste, la radiación puede transmitirse en el vacío, como la radiación solar que se propaga en el espacio exterior. Según U-Tad (2023), el vacío no es la ausencia del aire, sino un cambio de presión en un sistema específico.

Siguiendo con los mecanismos de transmisión, la conducción es propia de los sólidos y líquidos en reposo. En el caso de los líquidos en movimiento, se usan cálculos más extensivos para referirse al paso de calor en el sistema. Similar a la conducción, la absorción requiere un medio para la transferencia de calor. Un ejemplo de absorción es: si usted deja una cuchara de metal tocando el borde de una olla del mismo material que está sobre una fuente de calor (la estufa), en un tiempo determinado, la cuchara se habrá calentado. Por último, la radiación térmica, que no requiere un medio, depende de la longitud de onda. El calor se genera en un rango de 0,1 a 100 nm.

Efecto de la energía cinética en la reacción para producir trabajo

De acuerdo con Brown *et al*. (2004), la energía es la capacidad para realizar un trabajo o transferir calor. Un experimento representativo consiste en poner una bola de arcilla en la cima de la torre Colpatria en Bogotá, que tiene una altura de 196 m, y dejarla caer por un tubo de igual longitud, permitiéndole una caída libre. Durante la caída, la fuerza de gravedad actúa sobre la bola de arcilla, transfiriéndole energía potencial a medida que desciende; esta energía potencial se convierte en energía cinética a medida que la bola gana velocidad y al momento de impactar contra el suelo, la bola se destruirá y generará calor.

Para entender el concepto "calor en una reacción" primero se deben conocer sus principios, iniciando con las leyes de la termodinámica. Según Levine (2004), la primera ley de la termodinámica define que la energía no se crea ni se destruye, con lo cual se concluye que la energía se conserva. Para una mayor comprensión se debe tener en cuenta la transformación de la materia y energía durante una reacción para generar sus productos en determinados tiempos, donde A + B produce C en una con-

centración específica normalmente expresada en molaridad (M). De acuerdo con lo anterior, la velocidad de una reacción depende de las concentraciones y potenciales que presente la reacción, supongamos una reacción donde A+B produce C.

$$A + B = C$$

Se conoce como "rata de cambio" a la variación de concentración dependiendo del tiempo, la ecuación se puede expresar como:

$$-\frac{1}{a}\frac{d[A]}{dt} = k$$

Esta ecuación se puede derivar respecto a los productos y el balanceo estequiométrico de la reacción, donde se usa el negativo del recíproco (a) por la rata de cambio del reactivo (se puede usar la rata de cambio de los productos)

$$aA + bB \rightarrow dD$$

$$-\frac{1}{a}\frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b}\frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{d}\frac{d[D]}{dt}$$

[A], [B], [D] = es la concentración

El tiempo (dt) se mide mayormente en segundos. El tiempo cero (t=0) marca el inicio de la reacción del compuesto. Sin embargo, este punto de referencia puede variar según el tipo de análisis o experimento realizado.

a, b, c = referente al coeficiente estequiométrico de la reacción química

Al despejar la ecuación del cambio de concentración en el tiempo, se deriva la ecuación de velocidad de reacción:

$$-\frac{1}{a}\frac{d[A]}{dt} = k$$

$$V_{rx} = k\,[A]^m \cdot [B]^n$$

La velocidad de reacción equivale a la constante de velocidad por la concentración de A elevado a un exponente m, identificado por medio de la experimentación, multiplicado por la concentración de B con un exponente n, definida por medios experimentales.

Un dato interesante sobre la ecuación de velocidad es que la constante de velocidad (k) es igual para la misma reacción en todos los casos, exceptuando cambios de presión y temperatura.

El orden ayuda a predecir cómo funcionará la concentración (órdenes de concentración) respecto al tiempo, existen las órdenes de reacción 0, 1, 2, 3 y de esta manera continúa, por lo general se usan las órdenes de reacción 0, 1 y 2, ya que las órdenes de reacción 3 en adelante son de ocurrencia poco probable.

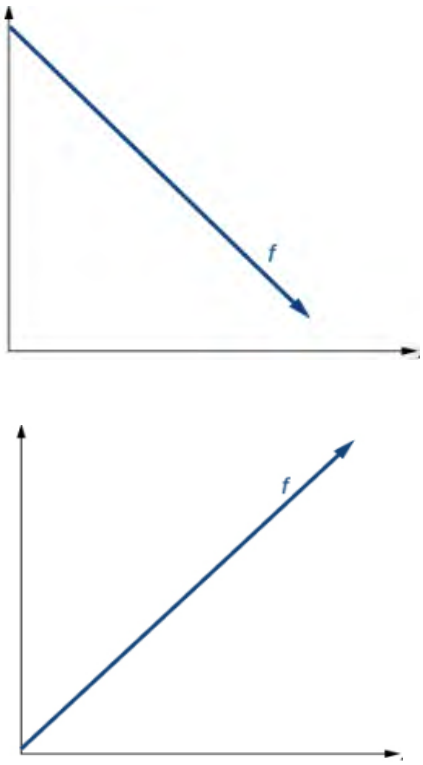
Las ecuaciones que permiten reconocer las concentraciones son las siguientes:

$$Orden\ 0\text{: } [A] = -a.k.t + [A]_0 \qquad Orden\ 1\text{: } \ln(A) = -a.k.t + \ln(A)_0$$

$$Orden\ 2\text{: } \frac{1}{[A]} = a.k.t + \frac{1}{[A]_0} \qquad Orden\ 3\text{: } \frac{1}{[A]^2} = 2a.k.t + \frac{1}{[A]_0^2}$$

Cada una de las órdenes presentadas anteriormente se pueden representar de manera similar a la ecuación de la recta, donde $Y = mx + b$. Así, las órdenes 0 y 1 corresponden a una recta decreciente, a diferencia de las ecuaciones de órdenes 2 y 3 (Véase figura 1).

Figura 1. Gráficas creciente lineal y decreciente lineal. Gráfica representativa de órdenes 0 y 1 y Gráfica representativa de órdenes 2 y 3



Fuente: OpenStax. (s.f.).

El orden se determina de varias maneras, una de estas es por medio del método de mínimos cuadrados, que genera la gráfica de cada una de las órdenes hasta que se genere una gráfica creciente o decreciente. Otro método consiste en observar el tiempo requerido para que los reactantes se consuman o se formen los productos (según se especifica en la pregunta problema). También se puede determinar el orden por medio de la sustitución de valores hasta obtener un resultado que coincida con la constante de velocidad.

Otro caso muy excepcional ocurre cuando se determina en el ejercicio el valor de la velocidad. De este modo, podemos determinar rápidamente los valores de m y n utilizando propiedades logarítmicas. Este método se conoce como método diferencial, donde se compara la velocidad con la concentración del reactante o producto.

Con respecto a lo anterior, se deben determinar valores iguales para poder cancelar los valores de las constantes de velocidad y generar las operaciones logarítmicas respectivas para hallar k y determinar los exponentes m y n.

Como hemos comprobado, varios factores afectan la producción de un compuesto a partir de reactantes. El científico sueco Svante August Arrhenius planteó los enigmas relacionados con el funcionamiento de la constante de velocidad de la reacción y cómo esta se ve influenciada. Llegó a la conclusión de que *la constante de velocidad está definida por una constante (A) y un decrecimiento exponencial respecto a la temperatura medida en arado kelvin (°K).* La ecuación es:

$$k = A \cdot e^{\frac{-E.a.}{R \cdot T}}$$

Los valores de la ecuación se definen de la siguiente manera: K es la constante de velocidad de reacción; A es la energía que se requiere para que la reacción sea favorable de izquierda a derecha, e es la constante matemática de Euler, con un valor constante de 2,71828; $E.a.$ es la energía de activación requerida para iniciar la reacción; R es la constante de gases para cinética, con un valor de $8.314 \frac{J}{mol \cdot T}$; y, por último, T es la temperatura a la cual ocurre la reacción, medida en grados kelvin.

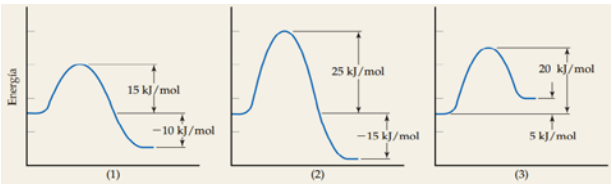
En una reacción química, es posible estudiar su comportamiento a dos temperaturas diferentes para comparar resultados. Además, la temperatura puede modificarse para revertir la reacción (hacerla inversa), siempre que las condiciones termodinámicas lo permitan. En tal caso, utilizando la ecuación de Arrhenius se pueden determinar las constantes de velocidad K_1 y K_2. Ambas constantes se pueden determinar por medio de la multiplicación de la energía de activación por el recíproco de r

y esto multiplicado por la diferencia entre los inversos de las temperaturas.

$$\ln\left(\frac{k_1}{k_2}\right) = E.a \cdot \frac{1}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_2}\right)$$

La energía de activación ($E.a.$) es la que generan las entidades fundamentales (iones, moléculas, elementos) para que se reaccione de manera correcta. Esta energía se representa con los perfiles de energía, la cual permite reconocer los complejos activados (punto más alto de la gráfica) y la energía calorífica que se desprende o se absorbe durante la reacción, como se ve en la figura 2.

Figura 2. Perfiles de energía.



Fuente: Brown et al. (2004)

La figura 2 representa los niveles de energía necesarios para que ocurra una reacción x. En el perfil de energía 1 se evidencia una energía de reacción o activación total de 15 KJ/mol, con una pérdida de 10 KJ durante la formación de un producto, lo que indica que la reacción es exotérmica. En el perfil de energía 3 se requieren 25 KJ/mol para que la reacción ocurra de manera correcta, debido a que el valor que está ubicado en la parte llana de la gráfica es un valor positivo. En la práctica, se puede determinar de manera hipotética que el recipiente fue sometido a una fuente externa de energía para alcanzar la energía interna adecuada para la reacción. Supongamos que A genera una reacción de doble sentido, considerando el perfil de energía 2 de la figura 2. Teóricamente esto se puede expresar como:

A <---> B

A <---> $B + \Delta H$ 25 KJ/mol

A <---> B; ΔH= -15 KJ/mol

Más adelante en este documento se tratará el tema ΔH, pero definiéndola de manera sencilla, es la sumatoria del calor de los reactivos menos el calor de los reactantes.

$$\Delta H = H_p - H_r$$

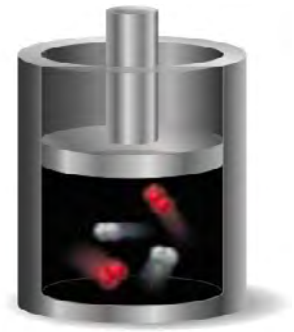
O lo que es igual a la sumatoria de los moles del producto por el calor de los productos menos la sumatoria de las moles de reactantes por su respectivo calor:

$$\Delta H = \Sigma n_p \cdot H_p - \Sigma n_r \cdot H_r$$

De acuerdo con lo explicado en energía de activación, se define la energía interna como: "la sumatoria de energías cinéticas y potenciales en todas sus partes componentes" (Brown *et al*., 2004, p. 187). Se había mencionado previamente que la velocidad de reacción, la energía de activación y la constante de velocidad no presentan afectaciones directas en condiciones ambiente. En la figura 3, se evidencia cómo un émbolo ejerce presión hacia $O_{2(g)}$ y $H_{2(g)}$, tratando de explicar cómo la presión afecta las rotaciones y vibraciones internas e incluso el núcleo del átomo junto a sus respectivos electrones, así como al núcleo y sus respectivos electrones. La energía interna se simboliza como E, al variar esta energía interna se representa como ΔE, "el cambio de E que acompaña un cambio en el sistema" (Brown *et al*, 2004).

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + \Delta E$$

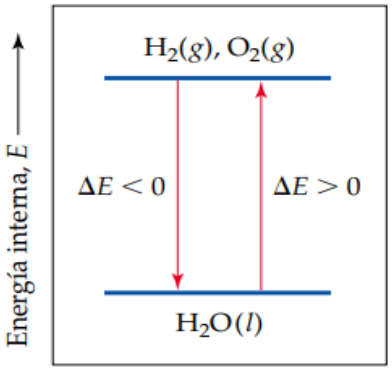
Figura 3. Generación de entalpía por un aumento de presión.



Fuente: Brown et al. (2004)

La primera ley de la termodinámica representa a ΔE como la diferencia entre la energía final (E_{final}) y la energía inicial ($E_{inicial}$). Para calcular ΔE es necesario conocer ambos valores. ΔE se divide en tres partes: un valor, una unidad (las cuales permiten reconocer la magnitud de cambio) y un signo (positivo y negativo). ΔE es positivo cuando: $E_{final} > E_{inicial}$ y negativo cuando $E_{final} < E_{inicial}$, lo que indica una pérdida de energía en el entorno. Con base en lo anterior y según la figura 4, ΔE del hidrógeno y oxígeno es mayor que ΔE del agua. "Cuando se efectúa un proceso en el que el sistema absorbe calor, decimos que el proceso es endotérmico y un proceso que libera calor se considera como exotérmico" (Brown *et al*., 2004, p. 161). Por lo tanto, los valores que tengan un signo negativo serán exotérmicos y aquellos con un valor positivo serán endotérmicos. Se debe entender que no solo los cambios en la presión generan efectos, sino también los cambios en el volumen, como se demuestra en la ecuación de Robert Boyle. La figura 4 lo demuestra por medio de la práctica (Metz, 1991).

Figura 4. Diferencias de entalpía en un sistema de H_2, O_2 y H_2O.



Fuente: Brown et al. (2004)

Ecuación 1. *Representación algebraica. Sobre entalpías en sistemas con variación de volumen, presión y temperatura*

$$\Delta S\,(sistema) = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_v}{T}\,dT \quad + \int_{V_1}^{V_2} \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_v \quad dV$$

$$\Delta S\,(sistema) = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p}{T}\,dT \quad - \int_{p_1}^{p_2} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p \quad dp$$

Fuente: Metz (1991)

En la ecuación 1 se muestran las diferenciales entre la temperatura y cómo esta afecta el volumen del recipiente. En la segunda representación se demuestra cómo presión y temperatura están relacionadas, y generan energía en forma de calor en las paredes de un cilindro u otro recipiente.

A partir del caso del cilindro con oxígeno e hidrógeno se explicará la relación entre ΔG, ΔE, S, calor y trabajo. Dado que cualquier sistema intercambia energía con su entorno, sea en forma de calor o trabajo, ΔE del sistema cambia

cuando se agrega o se extrae calor. En este orden de ideas, la anterior afirmación genera una expresión algebraica teniendo en cuenta que es un cambio fisicoquímico:

$$\Delta E = q + w$$

De acuerdo con Brown *et al.* (2004), la ecuación que describe la energía interna de un sistema (ΔE) se define como la suma del calor intercambiado con el entorno (q) y el trabajo realizado (w):_$\Delta E = q + w$.

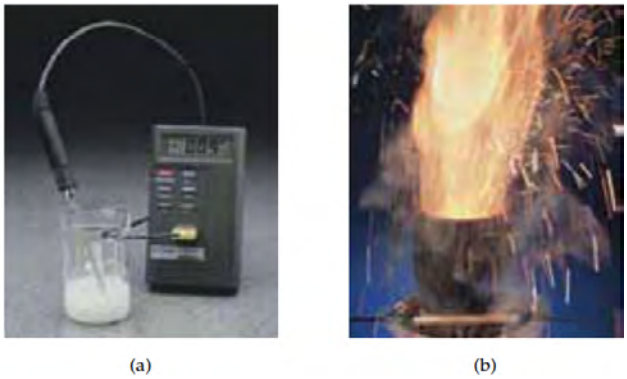
En reacciones iniciadas se genera la espontaneidad, sin la necesidad de un trámite de energía externa. Para conocer si la reacción será espontánea o no, se realizarán cálculos sobre la variación de energía de Gibbs; si el resultado de esta es un valor negativo ($\Delta G < 0$) será una reacción espontánea, si da un resultado positivo ($\Delta G > 0$) la reacción no será espontánea, determinada por la ecuación (una manera para recordar esta fórmula es usar la palabra AGHATAS):

$$\Delta G = \Delta H - T * \Delta S$$

Basándose en lo mencionado por Vitores (2018), ΔG (cambio de Gibbs) es igual a la entalpía menos la temperatura multiplicada por la entropía. La entalpía es el calor del reactivo y se representa en los perfiles de energía de la figura 2.

Como se estableció previamente, la manifestación del calor en una reacción se puede clasificar en dos categorías: los procesos endotérmicos, donde el sistema absorbe calor, y los exotérmicos, caracterizados por la liberación de energía (Metz, 1991). Un ejemplo de un proceso endotérmico es la producción de ozono (Acosta, 2020), que se genera gracias a la radiación en la atmósfera y cerca de tormentas eléctricas. Un ejemplo de un proceso exotérmico es la disolución de NaOH en medio acuoso, que genera un sistema de alta temperatura, tal como se observa en la figura 5.

Figura 5. Explicación reacción exotérmica y su peligrosidad.



Fuente: Brown et al. (2004)

¿Qué es la entalpía y cómo se determina en una reacción?

La entalpía se denomina H, que es igual a la energía interna (E) más el producto de la ecuación de presión y el volumen de sistema: $H = E+PV$; la entalpía, al igual que la energía interna, la presión y el volumen, es una función de estado. Si se efectúa un cambio a presión constante, se representa del siguiente modo: $H = \Delta E + P*\Delta V$. Es decir, el cambio de entalpía está dado por el cambio de energía interna más el producto de la presión constante y el cambio de volumen. Cabe mencionar que la ecuación correspondiente al trabajo de expansión de un gas es: $w = -P\,\Delta V$.

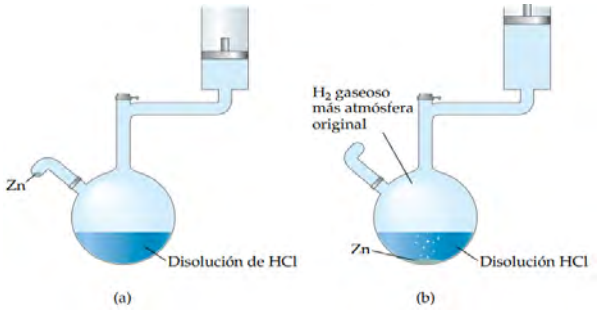
Para continuar con la relación entre temperatura y calor, reconozcamos que "en el caso de una reacción que se lleva a cabo a presión constante el cambio de entalpía es igual al calor que se transfiere en el sistema y su entorno" (Brown *et al*., 2004, p. 735). Así, sin cambio circunstancial entre presión y volumen, explicamos que la energía interna de la entidad fundamental no depende únicamente de la energía calorífica. Generemos un experimento al respecto: realizamos una reacción REDOX en un recipiente cerrado con un pistón. Expresando los iones participantes, se genera la reacción iónica:

$$Zn + H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_{(g)}^{\square}$$

La reacción genera un desprendimiento de gas $H_2(g)$, que se expande contra la atmósfera existente, lo cual demuestra el aumento de presión y ejerce una fuerza contraria a la presión atmosférica. Este montaje se denomina "trabajo de presión-volumen" y se muestra en la figura 6, que representa el trabajo por la expansión de un gas por medio de la ecuación: $w = -P\,\Delta V$, donde ΔV es el cambio de volumen que generó el gas. Por consiguiente, mediante la siguiente fórmula se explica el trabajo de presión-volumen con una fórmula más detallada:

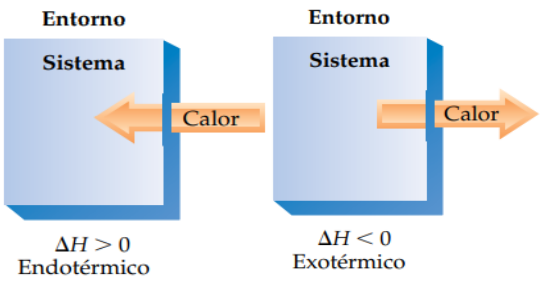
$$\Delta H = \Delta E + P\,\Delta V = qp, + w - w = q$$

Figura 6. Montaje para demostrar el aumento de presión por medio del pistón.



Fuente: Brown et al. (2004)

Figura 7. Representación gráfica entre valores de entalpía y su entorno.



Fuente: Brown et al. (2004)

El cambio de entalpía durante la reacción, también conocido como calor de reacción, suele escribirse como ΔH_r donde "*r*" es el símbolo de reacción. En la figura 4 se presenta la combustión del hidrógeno. Si controlamos la reacción de modo que 2 moles de $H_{2(g)}$ ardan con $O_{2\,(g)}$ para formar $H_2O_{(l)}$ a presión constante, el sistema liberará 483,6 kJ de calor. La reacción se puede representar de la siguiente forma:

$$2H_{2(g)} + O2_{(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)};\ \Delta H = -483{,}6\ kJ$$

El valor de ΔH representa un número negativo, lo que indica que es una reacción exotérmica. Se debe tener en cuenta que las reacciones que expresan el cambio de entalpía (ΔH) se denominan ecuaciones termoquímicas. Según Brown *et al.* (2004), los tres conceptos básicos de entalpía son:

1. La entalpía es una propiedad extensiva
2. El cambio de entalpía para una reacción tiene la misma magnitud, pero un signo opuesto al ΔH de la reacción inversa.
3. El cambio de entalpía para una reacción depende del estado de los reactivos y de los productos.

Con un cambio de entalpía se llega a los conceptos de capacidad calorífica y calor específico, que se reconocen como aquellos objetos que absorben o emiten calor, y generan un cambio de temperatura en el sistema. La capacidad de un objeto para absorber cierta cantidad de energía está determinada por su capacidad calorífica. Según Lower (2020), "la capacidad calorífica nos dice cuántos julios de energía se necesitan para cambiar la temperatura de un cuerpo en 1 °C" (p. 2). En el caso de una sustancia pura, las capacidades caloríficas están determinadas por la cantidad de la sustancia. Un caso es la capacidad calorífica específica, que es la capacidad calorífica de 1 g de una sustancia específica. El cambio de calor específico se determina mediante una fórmula, que según

Brown *et al*. (2004) se logra *midiendo cambio de temperatura ΔT, que representa una masa conocida (m), de la sustancia que gana o pierde calor q*, esto está expresado en la ecuación 2.

Cada sustancia tiene un calor específico único, en la tabla 1 se muestran algunos ejemplos. En determinados casos se genera una entalpía de calentamiento, donde el calor que contiene una sustancia puede cuantificarse. Esta cuantificación se realiza con la fórmula presentada en la ecuación 2.

Ecuación 2. *Fórmula de calorimetría*

$$Calor\ específico = \frac{Cantidad\ de\ calor\ transferido}{(gramos\ de\ soluto)(\Delta\ de\ temeperatura)} = \frac{q}{m \cdot \Delta T}$$

Fuente: Brown et al. (2004)

Tabla 1. *Calores específicos de algunas sustancias a 298 °K*

Elementos		Compuestos	
Sustancia	Calor específico (J/g-K)	Sustancia	Calor específico (J/g-K)
$N_2(g)$	1.04	$H_2O(l)$	4.18
Al(s)	0.90	$CH_4(g)$	2.20
Fe(s)	0.45	$CO_2(g)$	0.84
Hg(l)	0.14	$CaCO_3(s)$	0.82

Fuente: Brown et al. (2004)

Ecuación 3. *Fórmula de calorimetría*

$$\Delta H^\circ = \Sigma_i \int C^\circ_{P,i} \Sigma_i \ \Delta_j H^\circ_T$$

Fuente: Levine (2004)

Se determina el calor por la sumatoria de las fases y la integral de las transiciones.

En muchos casos es posible calcular ΔH, otras veces ΔH ya está tabulado, si este el caso no es necesario medir la calorimetría de la reacción. ΔH está asociado a un proceso químico y se refiere solo a la materia que experimenta un cambio. Representa tanto el estado inicial del reactivo como el estado final del producto. Con este concepto adquirido, se puede afirmar que durante una reacción ocurre un cambio de H. La ley de Hess especifica que: "si una reacción se efectúa en una serie de pasos, ΔH para la reacción será igual a la suma de los cambios de entalpía para los pasos individuales" (Brown *et al*., 2004, p. 174).

La propiedad principal sobre la ley de Hess es calcular los cambios de energía, los cuales son difíciles de medir directamente; esta ley se representa por la ecuación 4. Según Brown *et al*. (2004), la pregunta es: ¿el valor final de ΔH para una reacción es dependiente del proceso que se use para usar la ley de Hess? La respuesta a la anterior pregunta es no, porque ΔH depende por completo de la reacción en sí misma, y estas reacciones son universales, sin importar cuántos procesos se encuentren presentes.

Ecuación 4. *Fórmula para cálculo de cambios de energía*

$$\Delta_r H_T = \Sigma\, v_i \Delta_t H^\circ_{T,i}$$

Fuente: Brown et al. (2004)

De manera continua, se pueden especificar las entalpías de formación calculando ΔH con la ley de Hess o utilizando entalpías ya tabuladas, como se presenta en la tabla 2, o especificadas en gráficas, como en la figura 8 . Esto permite calcular la entalpía de reacciones, teniendo en cuenta que la forma más estable de cualquier elemento es cero antes o después de reaccionar.

Muchos datos se escriben dependiendo del proceso al cual fue sometido el reactivo o producto. Existen entalpías de vaporización, fusión, combustión, entre otras. De acuerdo con Brown *et al*. (2004), "un proceso de especial importancia

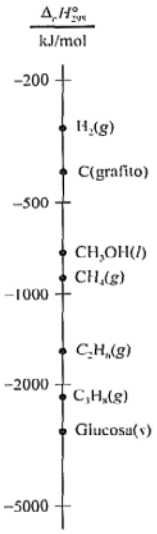
que se emplea para tabular datos termoquímicos es la formación de un compuesto a partir de los elementos que lo constituyen, el proceso de entalpía asociado a este proceso se denomina entalpía de formación" (p. 177) o calor de formación, designado como ΔH_f donde "f" es el producto (formado), del mismo modo en las condiciones estándar, donde el único modo para cambiar los valores de la entalpía de formación es variar temperatura, presión y estado. Esta idea es respaldada por Metz (1991) quien especifica que la mayoría de compuestos y elementos se mantienen a una presión de 1 bar y una temperatura de 25 °C. Bajo estas condiciones se define la entalpía estándar.

Tabla 2. *Entalpías de diversos compuestos químicos*

Sustancia	Fórmula	ΔH_f° (kJ/mol)	Sustancia	Fórmula	ΔH_f° (kJ/mol)
Acetileno	$C_2H_2(g)$	226.7	Cloruro de hidrógeno	$HCl(g)$	−92.30
Amoniaco	$NH_3(g)$	−46.19	Fluoruro de hidrógeno	$HF(g)$	−268.6
Benceno	$C_6H_6(l)$	49.0	Yoduro de hidrógeno	$HI(g)$	25.9
Carbonato de calcio	$CaCO_3(s)$	−1207.1	Metano	$CH_4(g)$	−74.8
Óxido de calcio	$CaO(s)$	−635.5	Metanol	$CH_3OH(l)$	−238.6
Dióxido de carbono	$CO_2(g)$	−393.5	Propano	$C_3H_8(g)$	−103.85
Monóxido de carbono	$CO(g)$	−110.5	Cloruro de plata	$AgCl(s)$	−127.0
Diamante	$C(s)$	1.88	Bicarbonato de sodio	$NaHCO_3(s)$	−947.7
Etano	$C_2H_6(g)$	−84.68	Carbonato de sodio	$Na_2CO_3(s)$	−1130.9
Etanol	$C_2H_5OH(l)$	−277.7	Cloruro de sodio	$NaCl(s)$	−410.9
Etileno	$C_2H_4(g)$	52.30	Sacarosa	$C_{12}H_{22}O_{11}(s)$	−2221
Glucosa	$C_6H_{12}O_6(s)$	−1273	Agua	$H_2O(l)$	−285.8
Bromuro de hidrógeno	$HBr(g)$	−36.23	Vapor de agua	$H_2O(g)$	−241.8

Fuente: Brown et al. (2004)

Figura 8. Escalas logarítmicas de ΔH° 25°C.



Fuente: Levine (2004)

Las tablas de ΔH°_f como en la tabla 2, tienen variados usos, como el empleo de entalpías de formación para calcular las entalpías de reacción, así como el uso de la ley de Hess para calcular el cambio de entalpía estándar en cualquier reacción, por lo tanto, si conocemos ΔH°_f de los productos, se podrá determinar la entalpía de reacción.

Como ejemplo, se usará la combustión del gas propano gaseoso con oxígeno para formar $CO_{2(g)}$ y $H2_{O(g)}$, en condiciones ambientales estándar.

$$C_3H_{8(g)} + 5O_{2\,(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{\,(g)}$$

Ahora, esta ecuación se expresa como la suma de tres reacciones que generan la formación de la molécula.

$$C_3H_8 \rightarrow 3C + 4H_2 \qquad \Delta H_1 = -\Delta H^\circ_f\,[C_3H_8]$$

$$3C + 3O_2 \rightarrow 3CO_2 \qquad \Delta H_2 = 3\,\Delta H^\circ_f\,[CO_2]$$

$$4H_2 + 2O_2 \rightarrow 4H_2O \qquad \Delta H_3 = 4\,\Delta H^\circ_f\,[H_2O]$$

La ley de Hess expresa que se deben sumar los valores de las entalpías y multiplicarlas por el número de moles correspondientes a cada reactivo y producto.

$$\Delta H°_r = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

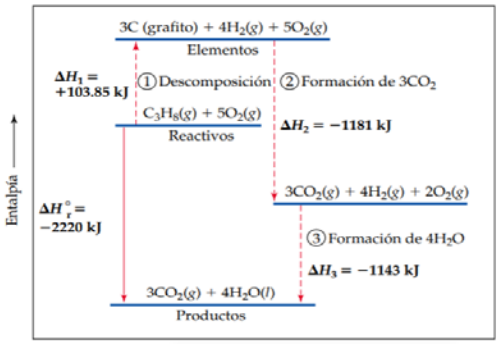
$$\Delta H°_r = -\Delta H°_f [C_3H_8] + 3\,\Delta H°_f [CO_2] + 4\,\Delta H°_f [H_2O]$$

$$\Delta H°_r = -(-103.85\ kJ) + 3(-393.5\ kJ) + 4(285.8\ kJ)$$

$$\Delta H°_r = -2220$$

En la figura 9 se representa un diagrama de entalpía, que al descomponerse implica reacciones de formación.

Figura 9. Diagrama de entalpía para la combustión de 1 mol de propano gaseoso.



Fuente: Brown et al. (2004)

Para reconocer las entalpías de reacción por medio de entalpías de formación, es necesario descomponer a la entalpía de formación en sus componentes. Esto permite presentar el calor estándar de una reacción, que se calcula como la suma de calores presentes en ella, menos los calores estándares de formación de los reactivos y productos. Este cálculo se representa mediante la ecuación 5.

Ecuación 5. *Ecuación general para calcular entalpías de reacción por medio de entalpías de formación.*

$$\Delta_r^\circ = \Sigma\, n \cdot \Delta H_f^\circ(productos) \; - \Sigma\, m \cdot \Delta H_f^\circ(reactivos)$$

Fuente: Brown et al. (2004)

Las variables *n* y *m* son los denominados valores estequiométricos de la reacción de primer orden, la cual está en un solo sentido como reacción favorable (número de entidad fundamental requerida para la reacción). El segundo término es la representación del inverso de una reacción que se convierte en una reacción de doble sentido, por tal motivo se les antepone el signo negativo a los valores de $\Delta H°_f$.

Con la determinación de diferentes entalpías se llega a la entalpía de (disociación) enlace. Es usada para calcular una entalpía de reacción que se genera por la ruptura de un enlace en la sustancia o molécula para formar dos o más fragmentos gaseosos, este proceso es conocido como entalpía de (disociación) enlace. Según Metz (1991), la entalpía de disociación es usada primero, para la descomposición de los reactivos en fragmentos moleculares y, segundo, para la formación de los productos a partir de fragmentos, resultado de la ruptura de enlaces en los reactivos. Se puede expresar mediante una ecuación que permite conocer la entalpía de enlace. Esta relación se representa en la ecuación 6.

Ecuación 6. *Fórmula de la entalpía de disociación de enlace*

$$\Delta_r H_T^\circ = \Sigma_r\, n_i \cdot \left(\frac{\Sigma \Delta enlace}{\#\,\Delta\, enlace}\right)_i (productos) \; + \Sigma_j\, m \cdot \left(\frac{\Sigma \Delta enlace}{\#\,\Delta\, enlace}\right)_j (reactivos)$$

Fuente: Metz (1991)

Por lo tanto, la ecuación seis se entendería como la sumatoria del promedio de entalpía de enlace por los coeficientes estequiométricos (n_i y n_j). Estos coeficientes estequiométricos representan también el número de moles en los enlaces involucrados durante la reacción.

Al momento de tratar sobre la entalpía de disociación, se piensa inmediatamente en gases, aunque la mayoría de estos cálculos se generan en reacciones condensadas, vaporización, sublimación, etc.

Como ya se ha mencionado, es posible determinar las entalpías de formación y de reacción, por lo tanto, para determinar los cambios de entalpía, es necesario que los elementos pasen de sus estados puros a sus estados normales de referencia. Este proceso implica considerar seis pasos, según indica Levine (2004).

1. Si alguno de los elementos implicados es un gas a T = 25 °C y 1 bar, se calcula ΔH de la transformación hipotética desde el gas ideal a T = 25 °C y 1 bar al gas real en las mismas condiciones.
2. Se mide ΔH al mezclar los elementos puros a T = 25 °C y 1 bar.
3. Mediante $\Delta H \int^2_1 C_p dT + \int^2_1 (V - TV\alpha)$ se calcula ΔH para llevar la mezcla de T = 25 °C y 1 bar a modificaciones del ambiente en condiciones predestinadas al producto de la sustancia generada.
4. Para medir ΔH se utiliza un calorímetro cuando el compuesto se forma a partir de la mezcla de diversos elementos.
5. Para calcular ΔH se utiliza la ecuación $\int^2_1 C_p dT + \int^2_1 (V - TV\alpha)$ correspondiente al cambio de estado del compuesto en las condiciones ambiente.
6. Si el nuevo compuesto es un gas, se calcula ΔH de la transformación hipotética desde el gas real al ideal a T = 25 °C y 1 bar.

Conclusiones

- Usualmente, la relación entre fisicoquímica y cinética de una reacción se obvia, ya que se trata de dos temas diferentes que pueden interrelacionarse por medio del equilibrio ácido-base. Esto podría generar un vacío conceptual entre la termodinámica y el trabajo que ocurre en una reacción química, lo que afectaría la calidad de la enseñanza y la capacidad de los estudiantes para desarrollar una comprensión adecuada en temas de química. Por esto, se aborda el tema a partir de la transferencia de calor, la cual puede ser espontánea o no. Esta condición se reconoce por los cálculos de la energía libre de Gibbs (ΔG) y los procesos de entropía (ΔS), que evidencian el desorden del sistema. Su total opuesto es la entalpía (ΔH), la cual se certifica por medio del tacto o diversos cálculos. Estas transferencias de calor se presentan de dos maneras, tal como se ilustra en la figura 2, y determinan que son endotérmicas (con un valor positivo en el perfil de energía) y exotérmicas (valor negativo en su respectivo perfil de energía). Por consiguiente, y debido a que las tablas 1 y 2 son estándares respectivos a temperatura, se considera importante agregarlas al documento para el acceso a sus datos sin mayor complicación.
- La reducción y certeza en los temas tratados permiten que el estudiante aumente su conocimiento sobre transferencia de calor y desarrolle la capacidad para enseñarlo, mediante el uso de fórmulas relacionadas con la velocidad de reacción. Estas fórmulas ofrecen una visión general de la cinética química y facilitan el paso hacia la fisicoquímica, lo que abre la posibilidad de conectar nuevos temas. En el documento se incluyó una explicación detallada sobre la entalpía, ya que esta establece una relación más directa para conceptualizar y explicar la cinética química. Además, se enfatizaron las ecuaciones de velocidad de reacción, los órdenes de reacción, la ecuación de Arrhenius y otros subtemas clave. Sin embargo, es importante señalar que la conexión entre fisicoquímica y reacciones químicas también puede comprenderse a través de la entropía. Por ello, se motiva a los lectores a consultar artículos científicos adicionales, con el fin de ampliar su perspectiva y profundizar en cómo los principios termodinámicos determinan el comportamiento y la dinámica de las reacciones químicas. De esta forma, se enriquece tanto la enseñanza como el aprendizaje de estos conceptos.
- Se debe mencionar que la creación del trabajo fue un reto investigativo y conceptual, porque varios de los temas trabajados fueron una confrontación entre conceptos previos y adquiridos. Durante su proceso, se quiso llegar

al corazón de las personas que estén deseosas de conocimiento y demostrarles que algunos temas que pueden tratarse por separado están íntimamente relacionados; por lo tanto, más que un trabajo para los estudiantes, se realizó un trabajo dedicado a personas con el interés de conocer más sobre esta rama y con deseos de entender de manera específica un tema sobre las reacciones químicas (cinética).

Referencias

Acosta Niño, G. E. (2020). *Química. El estudio de los cambios.* Editorial Neogranadina. https://doi.org/10.18359/9789585103078

Brown, T. L., LeMay Jr., H. E., Bursten, B. E. y Burdge, J. R. (2004). *Química la ciencia central.* Pearson.

Galindres Jiménez, D. M. & García Castañeda, D. J. (2009). Diseño y elaboración de un entorno virtual como sistema de apoyo al proceso de enseñanza de la fisicoquímica en el proyecto curricular de licenciatura en química como un espacio alternativo al trabajo autónomo en la modalidad por créditos [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional UDFJC. https://repository.udistrital.edu.co/

LibreTexts. (2010). *Álgebra y trigonometría: Funciones lineales* [Gráficas creciente lineal y decreciente lineal]. Adaptado de *Álgebra y trigonometría: Funciones lineales*.

Levine, I. N. (2004). *Funciones termodinámicas normales de reacción* (Vol. 1). McGraw Hill/ Interamericana.

Lower, S. (29 de octubre de 2020). Chem1 (Inferior). Simon Fraser University. https://espanol.libretexts.org/@go/page/70593

Martínez, I. (1992). Termodinámica. En I. Martínez, *Termodinámica básica y aplicada* (pp. 195-225). Dossat.

Metz, C. R. (1991). *Fisicoquímica.* McGraw-Hill/Interamericana Colombia.

OpenStax. (s.f.). *Álgebra y trigonometría: Funciones lineales* [Gráficas creciente lineal y decreciente lineal]. LibreTexts. https://espanol.libretexts.org/Matematicas/Algebra/Libro%3A_Algebra_y_Trigonometria_(OpenStax)/04%3A_Funciones_lineales

Orrego Riofrío, M. C., Castillo Villacrés, H., Machado Maliza, M., Cangas Oña, X. e Iglesias Quintana, J. X. (2019). Problemas actuales en la enseñanza de la Química a alumnos de bachillerato. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, *6*(3), 1-14.

Rojas Duran, E. E. (2020). ¿Se puede ser realista en torno a las leyes de la termodinámica? *Ideas y Valores, 69*(172), 103-124.

U-Tad. (5 de mayo de 2023).¿Qué es el vacío? https://u-tad.com/que-es-vacio

Vitores, M. [Amigos de la Química]. (8 de febrero de 2018). *ESPONTANEIDAD. Energía libre de Gibbs. Entalpía, Entropía. 2º principio de la termodinámica* [Archivo de video]. Youtube. https://youtu.be/dd-t__GibyA?si=t24Pw05TdtmukzTd

Análisis de la disonancia tonal en el Preludio y Fuga en do menor de Johan Sebastian Bach

Analysis of Tonal Dissonance in the Prelude and Fugue in C Minor by Johann Sebastian Bach

David Alexander Paque-Burgos[1]

Cómo citar este artículo:
Paque Burgos, D. A. (2024). Análisis de la disonancia tonal en el Preludio y Fuga en do menor de Johan Sebastian Bach. *Pre-Impresos Estudiantes*, (25), 55-67.

Resumen

Desde niño siempre tuve un gran interés por la música. Escuchando a tantos artistas, me preguntaba por qué algunas piezas impactan nuestras emociones. ¿Tendrá algo que ver con las propiedades físicas de los sonidos y sus combinaciones?, ¿o será la cultura y nuestra percepción las que influyen en cómo experimentamos la música? Estas preguntas me llevaron a indagar una forma más científica y objetiva de entender la música, pues siempre estamos rodeados de sonidos. Algunos nos resultan más agradables que otros, y debe existir una forma de medir qué tan consonantes o disonantes (agradables y desagradables) son estos para nosotros. Esta inquietud me llevó a estudiar la relación entre las propiedades físicas del sonido y nuestra percepción psicológica de él. A partir de mi interés personal por la música y mi formación científica, me propuse desarrollar e implementar un modelo para medir la consonancia de una pieza musical. Para realizar este trabajo, decidí analizar la armonía musical (notas musicales que se encuentran a un intervalo de frecuencia determinado y se tocan en simultáneo) del preludio en do menor de J. S. Bach, usando el modelo de funciones de disonancia de Sethares. Este modelo, originalmente diseñado para melodía (notas musicales que se encuentran a un intervalo de frecuencia determinado y se tocan de forma secuencial), me permitió calcular un valor de disonancia para toda la pieza y establecer si la obra era percibida como agradable o no para un oyente. En el preludio de Bach —que pertenece al periodo barroco caracterizado por un estilo musical de gran complejidad y ornamentación—, la riqueza de detalles contribuye a que presente un notable nivel de disonancia.

Palabras clave: disonancia; psicoacústica; armonía y melodía; tonos puros y complejos; frecuencia

Abstract

Since childhood, I have always had a deep interest in music. While listening to many artists, I often wondered why certain pieces have such a strong emotional impact. Could it be related to the physical properties of sounds and their combinations? Or is it culture and perception that shape how we experience music? These questions led me to explore a more scientific and objective way of understanding music, especially since we are constantly surrounded by sounds. Some are more pleasant to us than others, and there must be a way to measure how consonant or dissonant (pleasant or unpleasant) these sounds are for us. This curiosity led me to study the relationship between the physical properties of sound and our psychological perception of it. Driven by my personal interest in music and my scientific background, I set out to develop and implement a model to measure the consonance of a musical piece. To carry out this work, I chose to analyze the musical harmony (musical notes that occur at a certain frequency interval and are played simultaneously) in the Prelude in C Minor by J. S. Bach, using Sethares' dissonance function model. This model, originally designed for melody (musical notes at a specific frequency interval played sequentially), allowed me to calculate a dissonance value for the entire piece and determine whether the work would be perceived as pleasant or not by a listener. In Bach's Prelude —which belongs to the Baroque period, characterized by a highly complex and ornamented musical style—, the richness of detail contributes to a notable level of dissonance.

Keywords: dissonance; psychoacoustics; harmony and melody; pure and complex tones; frequency

1 Magíster en Física por la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Licenciado en Física (UPN) y actualmente doctorando en Física (UNAL). Experiencia en acústica, redes complejas y Psicofísica. Investigador en Sociofísica y Econofísica. Manejo de Python Jupyter Notebook para análisis de datos. Habilidades en comunicación para transmitir conceptos científicos en entornos académicos y profesionales. dapaqueb@unal.edu.co

Introducción

En este trabajo, se estudian las propiedades de consonancia asociadas a acordes musicales. Se analiza el Preludio y fuga en do menor de J. S. Bach para ilustrar la disonancia en relación con las progresiones de acordes de esta obra. Inicialmente, se realiza una introducción a las generalidades de la teoría musical, explorando cómo se estructuran las notas musicales en escalas y cómo estas se han refinado a lo largo de la historia, considerando las necesidades creativas de intérpretes y compositores. El concepto de escala es de real importancia en la teoría musical, ya que los intervalos con los que se construyen tienen distintos niveles de consonancia según sean las relaciones matemáticas entre las frecuencias de sus componentes, especialmente la fundamental que corresponde a la frecuencia más baja.

Luego, se abordará desde un punto de vista más técnico el concepto de disonancia tonal a la luz de las características físicas de las ondas y con esto se estructurará el modelo de disonancia propuesto por Sethares. Con base en lo anterior, se procederá a analizar la pieza "Preludio y Fuga" de Bach utilizando la señal de audio de la obra para rastrear la evolución temporal de la disonancia. Además, se empleará un enfoque alternativo para medir la disonancia a través de la estructura armónica. En este caso, se calculará la disonancia de los acordes presentes en cada compás.

Este trabajo responde a mis intereses personales relacionados con la música y su explicación científica, ya que, como lo mencioné anteriormente, los interrogantes que generan para mí las estructuras de composición y la percepción auditiva del oyente son muchos. ¿Cómo se relacionan las características específicas de la disonancia en la obra de Bach con las teorías contemporáneas sobre la percepción de la disonancia y la consonancia?, ¿en qué medida el análisis de la evolución temporal de la disonancia en la pieza puede proporcionar nuevas perspectivas sobre las técnicas compositivas?, ¿qué limitaciones y desafíos se presentan al medir la disonancia en una obra musical histórica utilizando métodos modernos de análisis de audio?

La integración del modelo de disonancia de Sethares y el estudio de la evolución temporal de la disonancia en la obra de Bach no solo responderán a preguntas sobre las técnicas compositivas del Barroco, sino que también aportarán nuevas perspectivas sobre cómo estas prácticas históricas se relacionan con las teorías contemporáneas. Este enfoque ofrece una visión amplia sobre la interacción entre teoría musical y percepción auditiva, que contribuye a una comprensión más completa de la música y su impacto emocional en el oyente.

Cómo nace la música y cómo se estructura

A continuación, haré una breve introducción a los conceptos musicales de tonalidad, intervalo, escala y acordes. Es fundamental que el lector esté familiarizado con estos términos, ya que aparecerán a lo largo del texto para estructurar la finalidad de la investigación.

La *tonalidad*, definida por Herrera (1995) como el conjunto de sonidos regidos por un sonido principal (tónica), es un concepto clave en la música. Si bien la estructura de la tonalidad se basa en siete sonidos (escala musical), la manera como se combinan y relacionan presenta muchos matices y depende de las tradiciones musicales en cada cultura. Esta diversidad demuestra la flexibilidad y adaptabilidad de la tonalidad como sistema de organización sonora (Miyara, 2005).

> Cada par de notas de una escala tiene asociado un *intervalo*, caracterizado por una distancia entre las notas. Este concepto es de real importancia en el desarrollo de la teoría musical ya que diferentes culturas han usado diferentes intervalos para la construcción de escalas características.

El estudio de los intervalos musicales y sus propiedades se atribuye en principio a Pitágoras. En aquella época, los intervalos se construían con razones de frecuencias fundamentales que correspondían a proporciones entre números enteros. Sin embargo, esta forma de construir los intervalos presentaba algunos problemas en las prácticas musicales, como la transposición de una melodía a diferentes tonalidades, pues para lograr esto era necesario transportar la escala completamente, lo que era poco práctico (Miyara, 2005).

Un resultado de este cambio en la *escala* fue variar la frecuencia de las notas, estas relaciones se estudian mediante un instrumento musical llamado monocordio, el cual consiste en una cuerda tensada de sus extremos con un pivote en el centro que puede ser desplazado a lo largo de la cuerda, cambiando su distancia y por ende el sonido que produce al hacerla vibrar; si una cuerda posee una frecuencia de vibración f, al dividirla en n partes su frecuencia sería nf.

Gracias a este sistema desarrollado por Pitágoras se modelaron relaciones entre la longitud de la cuerda y su frecuencia, y se demostró cómo los sonidos producían sensaciones de agrado o desagrado al ser tocados de forma simultánea. Esto permitió sentar las bases para los conceptos fundamentales de consonancia y disonancia tonal.

Si tomamos una frecuencia base f_1 y la ejecutamos en simultáneo con su octava perfecta $2f_1$ el oyente percibirá como agradable estos dos sonidos, a esta sensación auditiva se le conoce como consonancia. Una de las explicaciones a este fenómeno entre sonidos está basada en el apareamiento que tienen los armónicos del primer sonido y el segundo sonido ejecutado, de aquí se deduce que la octava es el intervalo más consonante de todos. De esta misma forma también se puede dar explicación al fenómeno de disonancia, el cual se relaciona con la percepción de desagrado que tiene el oyente al escuchar dos sonidos en simultáneo, esto debido a que los armónicos del par de sonidos ejecutados no coinciden entre ellos y se genera una superposición en las regiones de resonancia de estos, lo que provoca el fenómeno de batidos (Roederer, 1997), de aquí la sensación de desagrado percibida por el oyente.

Estas interacciones entre dos sonidos simultáneos se pueden expresar partiendo de una relación matemática entre las frecuencias de los dos sonidos:

$$\frac{f_1}{f_1'} = \frac{n}{m}$$

Donde f_1 y f'_1 son las frecuencias fundamentales, n y m son números enteros. Para lograr obtener relaciones de consonancia entre dos sonidos, Pitágoras encontró que es necesario que las frecuencias fundamentales estén a razón de números enteros y estos sean tan pequeños como sea posible (Helmholtz, 1954; Roederer, 1997).

Al concepto de escala, ya definido como una sucesión de sonidos organizados, adicionamos una regla más para poder construir una escala. Básicamente los sonidos en esta escala deben cumplir relaciones de consonancia entre ellos. Según este criterio, encontramos tres escalas muy importantes en el desarrollo de la teoría musical (justa, pitagórica y temperada):

La *escala justa* se construye aplicando un patrón específico de intervalos de tonos (T) y semitonos (S) a partir de una nota fundamental. Los intervalos más consonantes con respecto a la tónica son: unísono, octava, quinta y cuarta (Plomp y Levelt, 1965). Se parte de estos intervalos para la estructura de la escala justa, siendo cuidadosos se busca obtener el máximo número de consonancias posibles.

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
f_C	$9/8 f_C$	$5/4 f_C$	$4/3 f_C$	$3/2 f_C$	$5/3 f_C$	$15/8 f_C$	$2/1$

Si tomamos los $5/4$ de la nota mi y los dividimos entre los $9/8$ de re obtenemos la distancia de $10/9$, lo que nos muestra que la distancia entre tonos no es igual, ya que entre do y re hay $9/8$ de distancia. El inconveniente real que presenta esta escala se encuentra en el momento de realizar una modulación a otra tonalidad, ya que no se conserva la misma distancia entre intervalos, lo cual impide construir instrumentos de notas fijas en los que se puede transportar música a otras tonalidades. Tendríamos que desafinar el instrumento y realizar este mismo proceso, lo cual sería poco práctico en la composición.

Mientras que, en la escala justa, el objetivo era minimizar las disonancias al construir los intervalos, la construcción de la escala pitagórica se basa en las consonancias perfectas. Esta escala se fundamenta en la superposición de quintas, partiendo de una nota base. A partir de ella, se busca su quinta justa, lo cual se logra multiplicando por la relación 3/2, obtenida de la tabla anterior. Este proceso se repite sucesivamente para determinar las quintas de cada nuevo tono generado (Véase figura 1)

Figura 1. Escala pitagórica.

$f_C = 1$

$f_G = \frac{3}{2} f_C$

$f_D = \frac{3}{2}\frac{3}{2}\frac{1}{2} f_C$

$f_A = \frac{3}{2}\frac{3}{2}\frac{3}{2}\frac{1}{2} f_C$

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
f_C	$9/8 f_C$	$81/64 f_C$	$4/3 f_C$	$3/2 f_C$	$27/16 f_C$	$243/128 f_C$	2



Fuente: Elaboración propia, con https://www.biografiasyvidas.com/biografia/p/pitagoras.htm*)*

Para lograr que los sonidos se encuentren a la misma octava y la escala quede, por decirlo de alguna manera, simétrica, se debe multiplicar o dividir por 2.

Como resultado final, se tiene que la distancia entre DO-RE, RE-MI, FA-SOL, SOL-LA y LA-SI equivaldría a $9/8$, mientras que entre MI-FA y SI-DO es de $256/243$. Gracias a este artefacto matemático obtenemos intervalos de un tono $9/8$, y de semitono $256/243$ (Herrera, 1995; Roederer, 1997). Uno de los problemas de la escala pitagórica es la ligera diferencia entre frecuencias de la misma nota cuando se usan direcciones diferentes para llegar a esta; la razón de frecuencia entre estas dos notas se conoce como la coma pitagórica.

Para evitar los problemas anteriormente mencionados, relacionados con la modulación a otras tonalidades y construcción de instrumentos de notas fijas, se propuso una escala con intervalos a la misma distancia entre ellos conocida como la escala de *temperamento igual*. Gracias a esta uniformidad, encontramos en una octava doce semitonos que cumplen la condición antes mencionada con una distancia como la que se muestra en la figura 2.

Figura 2. Escala temperada o de temperamento igual.

$s = \sqrt[12]{2} = 1.0585 Hz$

$f_{Mi} = 262.626(\sqrt[12]{2^4}) Hz$

$f_{Mi} = 329.686 Hz$

Nota
Do
Do#
Re
Re#
Mi
Fa
Fa#
Sol
Sol#
La
La#
Si



*Fuente: Elaboración propia, con información de (*https://liberliber.it/autori/autori-b/johann-sebastian-bach/*)*

Tomemos como ejemplo el do4, esta nota tiene una frecuencia de 262 626 Hz, si queremos calcular la frecuencia a la que se encuentra la nota mi básicamente multiplicamos la frecuencia de referencia (do4) por la medida de cada semitono elevado al número de semitonos que hay entre do y mi. Usando la tabla anterior obtenemos 4 semitonos desde nuestra nota de referencia.

$$f_{Mi} = 262.626(\sqrt[12]{2})^4$$

$$f_{Mi} = 329.686Hz$$

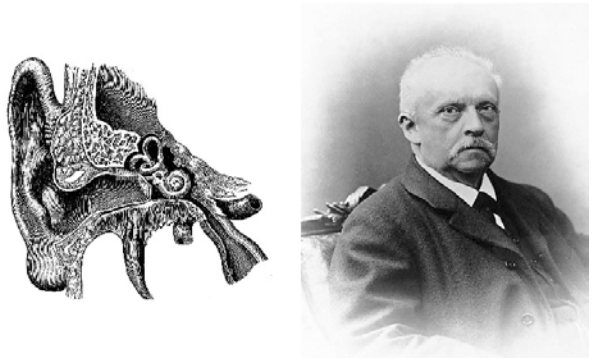
En 1722, Johann Sebastian Bach publica *El clave bien temperado*, que demuestra la eficiencia de este modo de afinación al componer obras en las tonalidades que proporciona la escala cromática.

¿Qué tan agradable nos resulta lo que escuchamos?

La consonancia y disonancia son conceptos fundamentales en la música, estos hacen referencia a la relación entre las notas de una escala musical y cómo estas se combinan. La consonancia se asocia con sensaciones agradables en la música, que suelen transmitir una sensación de calma. Por otro lado, la disonancia genera tensión y une a las notas de manera que provocan una necesidad de resolución, lo cual crea interés y dinamismo en la música. Comprender estas dos nociones es esencial para apreciar la estructura y la emotividad de las composiciones musicales, ya que juegan un papel crucial en cómo experimentamos la música.

Como se mencionó con anterioridad, uno de los fundadores de la teoría de la consonancia fue Pitágoras, ya que a través del monocordio estudió las relaciones entre sonidos. La sensación auditiva por la superposición de estos sonidos puede ser clasificada por el receptor como agradable o desagradable, sin embargo, estas consideraciones se basan en una percepción subjetiva del sonido. Posteriormente, Hermann von Helmholtz creía que existe una relación directa entre el lugar de máxima excitación en la membrana basilar y el tono que es percibido por el sonido (Sethares, 2005). De esta manera, una onda compleja es captada por el oído, llega al tímpano y a los huesos del oído, la cóclea y en su interior, por último, a la membrana basilar, en donde se estimulan sectores que se encuentran relacionados con la frecuencia (Rossing, 2013; Sethares, 2005). En la base de la membrana basilar sobre la ventana oval, resuenan las frecuencias más altas, y las bajas frecuencias en el vértice de la cóclea conocido como ápex, el cual es de mayor grosor que la base de la ventana oval. (Véase figura 3)

Figura 3. Estructura del oído y Hermann von Helmholtz.



Fuente: Elaboración propia con información de https://es.wikipedia.org/wiki/Hermann_von_Helmholtz

Hay dos situaciones a las que se debe prestar atención. La primera, la percepción del sonido por un oyente, tomando el fenómeno de percepción como un hecho meramente subjetivo, y la segunda, relacionada con el fenómeno físico asociado a dicha percepción. A partir de aquí se pone en evidencia un importante interrogante: ¿Por qué escuchamos lo que escuchamos al escuchar un estímulo acústico? (Roederer, 1997). Establecer el puente que conecta las dos situaciones es el objetivo de la

psicoacústica y, con ello, poder realizar predicciones sobre las sensaciones producidas en un determinado órgano receptor y la percepción que tiene el sujeto de este estímulo a partir de condiciones como la altura y el volumen.

Se entiende, a partir de la explicación elaborada por Helmholtz, cómo llega el sonido al oído y cómo se perciben los sonidos de diferentes frecuencias hasta clasificarlos en agudos y graves sin mayor dificultad, asumiendo que existe una relación directa entre el lugar de máxima excitación en la membrana basilar y el sonido que el oído percibe. También propuso una explicación de consonancia y disonancia a partir del concepto de *batido* cuando se superponen dos sonidos. Para Helmholtz la disonancia es causada por los batidos de los parciales entre los tonos complejos involucrados, de forma análoga la consonancia sería la ausencia de estos (Roederer, 1997; Sethares, 2005).

Con base en la mecánica ondulatoria, se puede describir la superposición de dos tonos a partir de la suma de dos ondas de frecuencia f_1 y f_2, si se asume que tienen la misma amplitud y constante de fase, obtenemos:

$$y_1 = Acos(kx_1 - \omega t + \phi_1)$$

$$y_2 = Acos(kx_2 - \omega t + \phi_2)$$

$$cos\alpha + cos\beta = 2cos\left[\frac{1}{2}(\alpha + \beta)\right] cos\left[\frac{1}{2}(\alpha - \beta)\right]$$

$$y = 2Acos\left[\frac{1}{2}(\Delta\phi + k\Delta x)\right] cos\left[\frac{1}{2}k(x_1 + x_2) + \frac{1}{2}k(\phi_1 + \phi_2) - \omega t\right]$$

$$A' = 2Acos\left[\frac{1}{2}(\Delta\phi + \Delta x)\right]$$

$$y = A'cos\left[\frac{1}{2}k(x_1 + x_2) + \frac{1}{2}k(\phi_1 + \phi_2) - \omega t\right]$$

Donde ϕ_1 = Constante de fase de la primera onda, ϕ_2= Constante de fase de la segunda onda, k = Número de onda, ω = Frecuencia angular, x_1= posición de la onda 1, x_2 = posición de la onda 2, $\Delta\phi$ = Diferencia de fases y Δx = Diferencia posición.

Teniendo en cuenta la superposición de dos ondas, podríamos encontrar las siguientes situaciones en relación con sus parámetros.

1. Si las frecuencias y las fases son iguales, pero hay diferencia de amplitud, la amplitud resultante será la suma de las amplitudes $A_T = A_1 + A_2$
2. Cuando la diferencia entre frecuencias es grande, existe una separación entre las zonas de resonancia de la membrana basilar, en consecuencia, se perciben los dos tonos por separado con sus respectivas alturas, el oído puede discriminar las frecuencias (Helmholtz, 1954; Roederer, 1997; Sethares, 2005).
3. Si las amplitudes son las mismas pero las frecuencias tienen una pequeña diferencia $f_1 \neq f_2$ se genera un patrón vibratorio intermedio f_1, f_2 conocido como batido, este se vuelve más lento a medida que los dos tonos se acercan (Roederer, 1997; Sethares, 2005).
4. Si hay una diferencia de fases que cambian con respecto al tiempo, causa que la amplitud resultante también cambie. Esta amplitud varía entre A_1 y A_2 con una frecuencia equivalente a la diferencia entre las dos frecuencias $f_1 - f_2$ y estas variaciones generan el fenómeno de batido. Análogamente $\Delta f = 0$ y si las amplitudes son las mismas, no se percibe el batido (Rossing, 2013; Sethares, 1993). La frecuencia del batido se puede calcular:

   $$\Delta f = f_1 - f_2$$

   El valor promedio entre los dos tonos con una Δf pequeña arroja la frecuencia del patrón vibratorio resultante

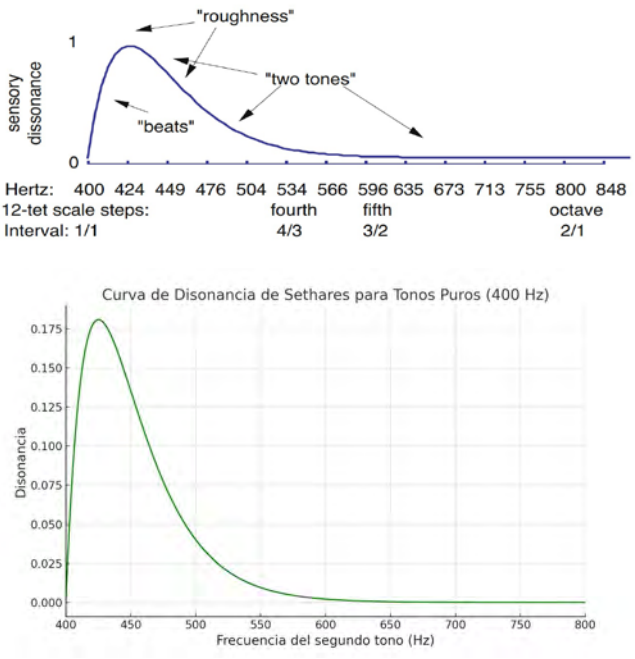
   $$f = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

5. Cualquier sonido puede descomponerse en parciales, la disonancia provocada entre dos tonos es causada por los batidos rápidos entre dos parciales (Sethares, 2005).

Como se conceptualizó anteriormente, el fenómeno de batido se genera cuando las frecuencias entre dos ondas superpuestas son muy pequeñas, los efectos de este batido pueden ser percibidos como desagradables por el oyente y esta sensación es conocida como disonancia. Para diferencias de frecuencia menores a los 10 Hz, el fenómeno de batido se puede percibir, pero cuando estas ssobrepasan los 15 Hz la sensación desaparece (Rossing, 2013).

Plomp y Levelt (1965) realizaron posteriores investigaciones importantes en el campo de la psicoacústica, específicamente en el estudio de la percepción auditiva y la disonancia tonal. Su trabajo se centró en cómo percibimos la consonancia y la disonancia de las combinaciones de tonos. A partir de sus experimentos obtuvieron curvas de disonancia como concepto fundamental en su investigación. Estas curvas representan cómo varía la disonancia percibida en función de la frecuencia y la relación de tonos que se combinan (Véase figura 4).

Figura 4. Curva de disonancia sensorial de Plomp y Levelt.



Fuente: Elaboración propia

Estas curvas de disonancia obtenidas en las investigaciones de Plomp y Levelt fueron refinadas y analizadas por William Sethares. Su trabajo se caracteriza por formalizar matemáticamente estas curvas, a partir de la elaboración de una función para describir la curva en términos de dos ondas puras con una amplitud y frecuencia específica cada una, $d\ (f_1,f_2,l_1,l_2)$.

$$d(x) = e^{-ax} - e^{-bx}$$

x representa la diferencia de frecuencia entre dos tonos puros y los parámetros a,b las razones en las que la función aumenta o disminuye. Esta función de disonancia se puede expresar también en términos de las frecuencias base y sus correspondientes amplitudes, la disonancia entre dos tonos puros con f_1,A_1 y f_2,A_2 para $f_1\ , < f_2$ es:

$$d(f_1, f_2, A_1, A_2) = A_{12}\left[e^{-as(f_2-f_1)} - e^{-bs(f_2-f_1)}\right]$$

Si A_1 y A_2 se aproximan a cero, el producto entre estas dos amplitudes disminuye y la disonancia en la ecuación desaparece. Este producto de amplitudes hace referencia a la sonoridad mínima percibida entre las dos alturas ejecutadas según el modelo de Sethares. El parámetro s permite que una única forma funcional se interpole entre las distintas curvas, moviendo la curva de disonancia a lo largo del eje de frecuencias para que comience en f_1 , esto permitirá encontrar la frecuencia más adecuada; se realiza un ajuste por mínimos cuadrados para determinar los valores de s_1 y s_2, donde d* es la disonancia máxima entre dos tonos puros. (Ball, 2012; Sethares, 1993)

$$s = \frac{d*}{(s_1 f_1 + s_2)}$$

El trabajo de Sethares permite entender las propiedades de disonancia entre dos intervalos a partir de las características físicas del sonido. Este modelo se basa en la interacción de los armónicos de dos notas tocadas simultáneamente, considerando cómo los parciales de una se alinean o superponen con la otra. Con ello obtenemos que los intervalos más consonantes, como la octava o la quinta justa, tienen parciales que se alinean de manera más armoniosa, generando menos distorsión perceptible; mientras que los intervalos disonantes, como el tritono o la segunda menor, causan mayor interferencia, ya que sus parciales no se alinean de manera eficiente, lo que produce una sensación auditiva de tensión. Con base en este modelo, se admite que las relaciones de consonancia se pueden medir cuantitativamente a partir de la cantidad de distorsión que resulta de la interacción de las frecuencias entre notas tocadas en simultáneo.

Entonces, ¿qué pasa con Bach y su forma de componer?

Para realizar el respectivo análisis de consonancia seleccioné *Prelude and Fugue BWV 847 en do menor* de J. S. Bach, esta pieza hace parte de su obra *El clave bien temperado*, su importancia radica en la introducción del temperamento igual. Bach plasma en los diferentes preludios y fugas el uso de las diferentes tonalidades de una escala del mismo temperamento, teniendo en cuenta acordes mayores y menores para el desarrollo de la obra. Con ello se demuestra la eficacia que tiene el uso del mismo temperamento en un instrumento sin necesidad de realizar ajustes en su afinación. Esta obra de la música académica tiene una gran relevancia en cuanto a su estructura armónica y uso de la tonalidad. Aplicaremos como herramienta la función de disonancia propuesta por Sethares, ya mencionada, con el fin de encontrar las relaciones de consonancia de esta obra. (Véase figura 5)

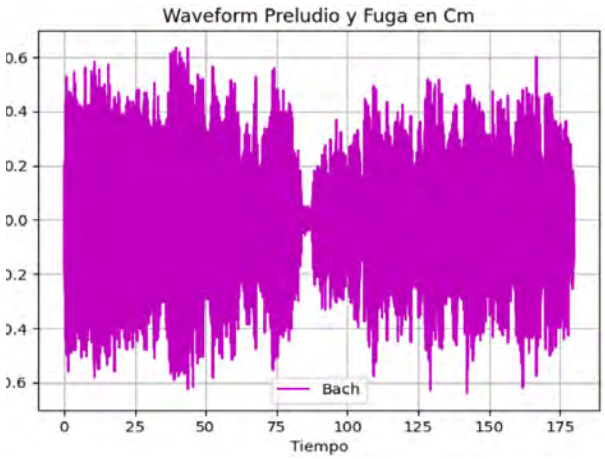
Figura 5. Clavecín y J. S. Bach.



Fuente: https://www.analitica.com/entretenimiento/musica/juan-sebastian-bach-y-su-musica-para-piano/

Se usará un archivo de audio WAV, este tiene una duración aproximada de 3 minutos y la ejecución de la pieza está a cargo de la pianista belga Nathalie Matthys. A continuación, obtenemos la respectiva *waveform* (relación entre amplitud y tiempo) del archivo de audio en Python (Véase figura 2); se utilizará una frecuencia de muestreo de 22 050 Hz y así se obtienen 3 969 000 puntos para analizar la obra. Posteriormente, se divide el archivo en 10 000 ventanas, las cuales tienen una longitud de 400 puntos.

Figura 6. Waveform del preludio y fuga en Cm de J. S. Bach.



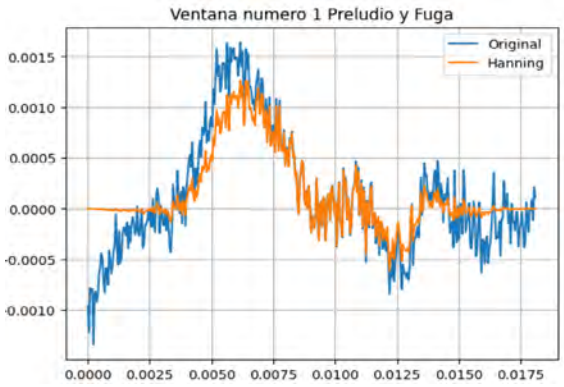
Fuente: Elaboración propia

Estos puntos representan intervalos de tiempo de 0,0175 segundos del archivo, a cada ventana se le aplicará una FFT (Transformada rápida de Fourier) para la obtención de sus respectivas frecuencias y calcular la disonancia con respecto al tiempo. Para amortiguar las colas de cada una de las ventanas y que no aparezcan frecuencias no deseadas en el cálculo de las disonancias multiplicamos cada ventana por una función Hamming:

$$h(t) = 0.54 - 0.46cos\left(\frac{2\pi t}{N-1}\right)$$

Con lo cual se obtiene para la primera ventana del preludio la señal amortiguada (Véase figura 7).

Figura 7. Ventana 1 multiplicada por una Hamming del preludio y fuga en Cm de J. S. Bach.



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. FFT de las 10 000 ventanas del preludio y fuga en Cm de J. S. Bach.

	Freq Ventana	Puntos FFT	0	1	2	3	4	5	6	7	...	9912	9913	9914	9915	9916	9917
0	0.000	0	0.06324	0.02299	0.05973	0.10692	0.04354	0.06651	0.13088	0.09630	...	0.08533	0.17182	0.13564	0.14458	0.22348	0.05711
1	55.125	1	0.07380	0.03474	0.05159	0.14676	0.08422	0.05753	0.15558	0.18334	...	0.55966	0.24754	0.24477	0.18824	0.28393	0.15534
2	110.250	2	0.06011	0.02766	0.02125	0.06540	0.02033	0.04879	0.07671	0.09154	...	0.84869	0.73676	0.23732	0.36667	0.46142	0.36565
3	165.375	3	0.02764	0.02240	0.04558	0.03604	0.03626	0.05572	0.04991	0.01443	...	0.80893	0.42587	0.26612	0.16558	0.58703	0.51350
4	220.500	4	0.02477	0.02470	0.04729	0.03652	0.02126	0.03548	0.07323	0.03310	...	0.73093	0.85662	1.10627	0.16833	0.24813	0.56556
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
195	10749.375	195	0.00027	0.00034	0.00009	0.00007	0.00013	0.00016	0.00011	0.00018	...	0.00001	0.00000	0.00001	0.00003	0.00015	0.00002
196	10804.500	196	0.00014	0.00012	0.00015	0.00007	0.00001	0.00006	0.00003	0.00005	...	0.00001	0.00001	0.00000	0.00003	0.00004	0.00001
197	10859.625	197	0.00005	0.00002	0.00009	0.00006	0.00002	0.00004	0.00003	0.00005	...	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002	0.00006	0.00001
198	10914.750	198	0.00004	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00002	0.00003	0.00003	...	0.00000	0.00000	0.00000	0.00002	0.00003	0.00001
199	10969.875	199	0.00001	0.00000	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	...	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información anterior, obtenemos la disonancia de la obra considerando la respectiva combinatoria de frecuencias y amplitudes para cada una de las 10 000 ventanas usando la función de disonancia propuesta por Sethares (Véase figura 9).

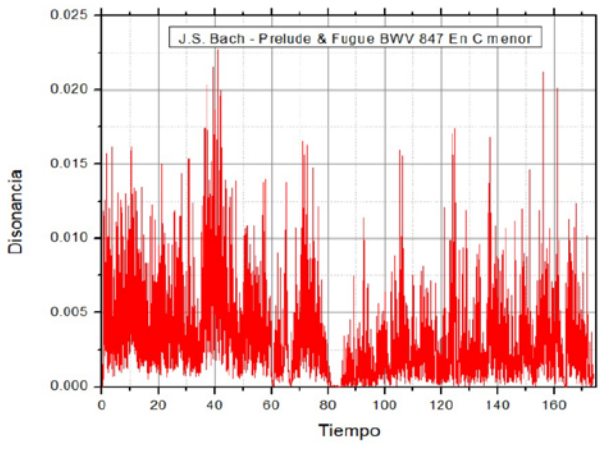
Figura 9. Disonancia de las 10 000 ventanas del preludio y fuga en Cm de J. S. Bach.

	F1	F2	A1	A2	A1*A2	F_{1}	F_{2}	F_{2} - F_{1}	s	d	dN
0	55.125	110.250	0.07380	0.06011	0.004436	55.125	110.250	55.125	0.011940	3.394617e-04	3.069637e-06
1	55.125	165.375	0.07380	0.02764	0.002040	55.125	165.375	110.250	0.011940	1.903749e-05	1.721496e-07
2	55.125	220.500	0.07380	0.02477	0.001828	55.125	220.500	165.375	0.011940	1.765361e-06	1.596356e-08
3	55.125	275.625	0.07380	0.01453	0.001072	55.125	275.625	220.500	0.011940	1.037335e-07	9.380267e-10
4	55.125	330.750	0.07380	0.01252	0.000924	55.125	330.750	275.625	0.011940	8.889494e-09	8.038467e-11
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1041805	1378.125	2094.750	0.61676	1.04817	0.646469	1378.125	2094.750	716.625	0.005054	1.947208e-06	1.760794e-08
1041806	1378.125	2149.875	0.61676	0.87878	0.541996	1378.125	2149.875	771.750	0.005054	6.140850e-07	5.552962e-09
1041807	1433.250	2094.750	0.62409	1.04817	0.654152	1433.250	2094.750	661.500	0.004935	6.897063e-06	6.236780e-08
1041808	1433.250	2149.875	0.62409	0.87878	0.548438	1433.250	2149.875	716.625	0.004935	2.225962e-06	2.012862e-08
1041809	2094.750	2149.875	1.04817	0.87878	0.921111	2094.750	2149.875	55.125	0.003851	1.654643e-01	1.496237e-03

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información de disonancia normalizada se puede calcular la evolución temporal de esta con respecto al tiempo de toda la pieza. En la figura 10 se ilustra la disonancia para 10 000 ventanas (0,175 s. por intervalo de disonancia).

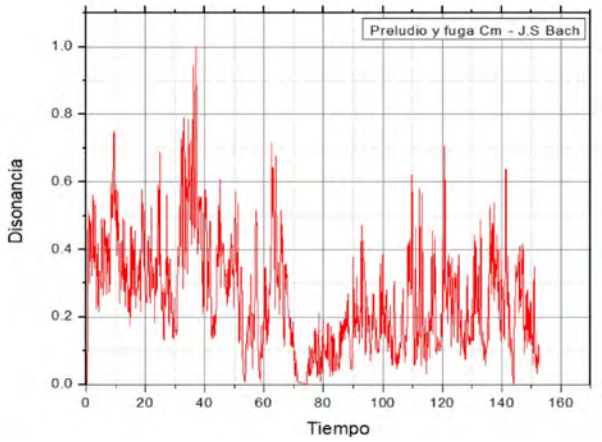
Figura 10. Gráfica de disonancia con respecto al tiempo del Preludio y Fuga en Cm de Bach con intervalos de 0,0175 s.



Fuente: Elaboración propia

Para obtener una mejor interpretación de los datos se usan segmentos de 0,2 segundos calculados con el promedio de aproximadamente 13 puntos de los respectivos valores de disonancia. Se puede observar en la figura 11 un punto de máxima disonancia cerca del segundo 40 debido al acorde de séptima de dominante que se ejecuta en ese momento. Este tipo de acorde tiene la mayor cantidad de disonancia en comparación con los demás por su separación entre sus 4 alturas. También se puede observar una ligera separación en el segundo 83, esta es debida al cambio del preludio a la fuga cuando la pianista realiza una pausa.

Figura 11. Gráfica de disonancia con respecto al tiempo del Preludio y Fuga en Cm de Bach con intervalos de 0,2 s.



Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la disonancia con base en la partitura

Para los objetivos de este trabajo es necesario entender cómo funciona la disonancia para los acordes de tres notas, estos se componen superponiendo intervalos de tercera consecutivos a partir de una escala determinada. (Véase figura 12).

Figura 12. Escala de do mayor.

Notas	Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si	Do
Grados	I	II	III	VI	V	VI	VII	VIII

Fuente: Elaboración propia

Se construirá un acorde sobre el primer grado o también llamado fundamental (do), la primera tercera superpuesta es mi (III) y la tercera de esta es sol (V). Si obtenemos los acordes para cada grado de la escala de do superponiendo terceras y teniendo en cuenta el tipo de intervalos:

- Los acordes mayores tienen la tercera mayor y la quinta justa. Para el análisis propuesto más adelante se denotará el acorde mayor con una letra mayúscula en el cifrado internacional, por ejemplo: sol mayor: G
- Los acordes menores tienen la tercera menor y la quinta justa, al igual que el acorde mayor, para el acorde menor la notación usada será: la menor = Am
- Los acordes disminuidos tienen la tercera menor y la quinta disminuida. Para el acorde disminuido la notación usada será: re disminuido = Ddis

Un caso especial cuando hablamos de un acorde de tres notas es la "inversión", esta se refiere a la forma como estas notas están organizadas o distribuidas. Un acorde puede estar en diferentes "inversiones" según qué nota esté en la posición más baja.

Acorde en posición raíz: La nota más baja es la nota raíz del acorde. Por ejemplo, en un acorde de do (C), la nota más baja es do.

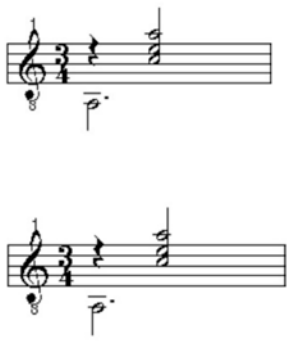
Primera inversión: La nota más baja es la tercera del acorde. En el caso del acorde de do, la nota más baja sería mi (la tercera nota del acorde).

Segunda inversión: La nota más baja es la quinta del acorde. En el acorde de do, la nota más baja sería sol (la quinta nota del acorde).

Para obtener la disonancia de un acorde basta con sumar las disonancias calculadas a partir del modelo de Sethares, esto es, calcular la disonancia de la primera-segunda nota, de la primera-tercera, y finalmente la segunda-tercera. Después, basta con sumar los valores de disonancia de estas contribuciones para obtener la disonancia total del acorde.

A continuación, tomaremos como ejemplo el primer acorde que aparece en el primer compás de la obra Gymnopédie n.º 3 del compositor Erik Satie en el arreglo para guitarra clásica realizado por John Philip Dimick (Véase figura 13).

Figura 13. Acorde de la menor en la obra Gymnopédie n.º 3.



Fuente: Elaboración propia

El acorde está compuesto de tres sonidos que se ejecutan en simultáneo: C4, E4 y A4 y sus frecuencias fundamentales en Hertz son,

respectivamente, 554,7, 659,26 y 880. Al calcular la disonancia (D) total, obtenemos la siguiente forma funcional:

$$D_{Acorde} = \left\langle d_{C4-E4} \right\rangle + \left\langle d_{C4-A4} \right\rangle + \left\langle d_{E4-A4} \right\rangle$$

Para realizar el respectivo análisis de la obra de Bach tendremos en cuenta la tonalidad en la que está estructurada y así entender su desarrollo armónico en cada uno de los compases, la pieza está en do menor y su respectiva escala armonizada en triadas se muestra en la figura 14.

Figura 14. Distribución de acordes escala de do menor.

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si
IMin	IIDis	IIIbMaj	IVMin	VMin	VIbMaj	VII bMaj

Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si
IMin	IIDis	IIIbMaj	IVMin	VMin	VIbMaj	VII bMaj

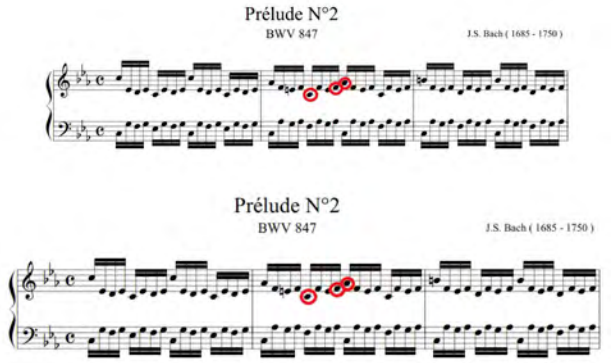
Fuente: Elaboración propia

Aclaración:

Para entender el comportamiento del preludio se debe centrar la atención en los pulsos de cada compás y su respectiva métrica. Observamos que en los tiempos fuertes encontramos alturas propias de los acordes mientras que en los débiles encontramos alturas que sirven de adorno, comúnmente se les conoce en música como ornamentos y no son propias del acorde. En un compás de 4/4, los tiempos más importantes son el primero y el tercero, que es semi fuerte, estos tiempos son la columna vertebral de la pieza, ya que en ellos se da prioridad a la armonía.

Al ser para piano, en la partitura de este preludio encontramos dos pentagramas, uno para la mano derecha y otro para la mano izquierda. Es común ver en este tipo de piezas que ambas manos están relacionadas con la armonía. Para realizar el análisis de este preludio, buscaremos en los dos pentagramas las respectivas alturas que permiten encontrar el acorde triada que pertenece a cada compás, se establecerá su ubicación en la respectiva octava y se le asignará su respectivo valor de disonancia.

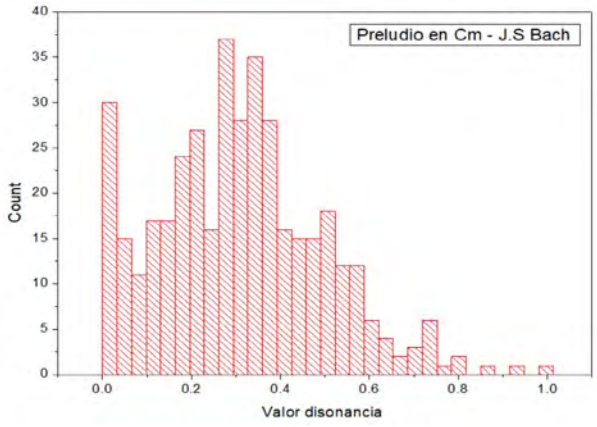
Figura 15. Acorde de fa menor en segunda inversión ubicado en la tercera octava del registro.



Fuente: Elaboración propia

Haciendo uso de los datos obtenidos en relación con el cálculo de disonancia de cada acorde en cada compás, podríamos establecer un criterio para entender el comportamiento de esta a partir de la distribución de probabilidad de los datos, los cuales se comportan como una distribución normal. Encontramos en este tipo de comportamiento un promedio del valor de disonancia de la pieza y los respectivos valores que orbitan este promedio. Su respectiva desviación estándar de 0,18675.

Figura 16. Histograma de disonancia obra de J. S. Bach preludio y fuga en Cm.



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

- El análisis realizado mediante el método de ventanas, utilizando los 15 picos de frecuencia más altos por cada ventana, reveló para la obra de J. S. Bach un máximo de disonancia de 0,0121 y un mínimo de 8,5 × 10−8. También se observó un pico de disonancia máximo debido a la aparición del acorde de dominante en el segundo 42 del desarrollo de la pieza. El promedio de disonancia en la obra de J. S. Bach es de 0,0313563, lo que refleja los estrictos criterios compositivos del periodo barroco, que combinaron rigor técnico con una gran variedad de herramientas musicales. Este resultado muestra cómo Bach logró un control preciso de las disonancias para enriquecer su obra.
- Con el método de análisis de la respectiva partitura obtenemos resultados basados en la armonía y construcción de acordes, para ello se utilizaron los cálculos de disonancia de los acordes en todo el registro. Para la pieza de Bach se obtuvo un promedio de 3,2011 en valor de disonancia, en este modelo se usaron los 7 primeros armónicos de cada altura que compone el acorde para realizar la respectiva combinatoria entre estas y calcular el valor de disonancia por acorde. Una posible limitación de este modelo es el uso del decaimiento del espectro acústico del piano y el clavecín, y cómo estos están relacionados con la realidad. Los máximos de disonancia en la obra de J. S. Bach corresponden al compás 38 debido a la combinación de 4 acordes en este compás que obtienen un valor de 10,7734.
- Analizar una pieza musical directamente desde su partitura es fundamental, ya que al tener clara la selección de los acordes que intervienen en su estructura y su respectiva posición en el registro, se puede establecer valores de disonancia para cada uno de acuerdo con su aparición en cada compás, lo que proporciona una comprensión más profunda de cómo la disonancia contribuye a la dinámica y expresividad de la obra.
- Estos análisis tienen especificidades que hacen difícil su realización debido a que requieren tener en consideración diversos factores, como por ejemplo, su posición en el registro. La construcción de un modelo efectivo y preciso podría ser de gran utilidad en diferentes aspectos, como la comprensión en los efectos de consonancia en el momento del uso de recursos armónicos en composición o también el mejoramiento en cuanto a la calidad interpretativa del ejecutante de un instrumento.

Referencias

Ball, P. (2012). *El instinto musical: escuchar, pensar y vivir la música*. Turner.

Helmholtz, H. (1954). *On the Sensation of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music* [Trad.:A. J. Ellis]. Dover Publications.

Herrera, E. (1995). *Teoría musical y armonía moderna, vol. 2*. Antoni Bosch editor.

Miyara, F. (2005). *La música de las esferas: de Pitágoras a Xenakis... y más acá. Apuntes para el coloquio del Departamento de Matemática*. Scribd. https://es.scribd.com/doc/62711210/la-musica-de-las-esferas-de-pitagoras-a-xenakis-y-mas-aca

Plomp, R. y Levelt, W. J. M. (1965). Tonal consonance and critical bandwidth. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *38*(4), 548-560.

Rossing, T. D., Moore, F. R. & Wheeler, P. (2013). *The Science of Sound*. Pearson New International Edition.

Roederer, J. G. (1997). *Acústica y psicoacústica de la música*. Ricordi Americana.

Sethares, W. A. (1993). Local consonance and the relation between timbre and scales. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *94*(3), 1218-1228. doi:10.1121/1.408175

Sethares, W. A. (2005). *Tuning, timbre, spectrum, scale*. Springer Science Business Media.



Separata

Entrevista con el profesor Juan Carlos Orozco Cruz

Profesor Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Física

Su dedicación a la formación de los futuros docentes y su análisis crítico sobre las políticas educativas en Colombia lo posicionan como una voz relevante en el ámbito de la educación y la enseñanza de las ciencias. Su trayectoria profesional ha estado íntimamente ligada a la Universidad Pedagógica Nacional, donde culminó su licenciatura en Química y luego obtuvo su maestría en Enseñanza de la Física. Ha ocupado varios cargos en la entidad, entre ellos el de director del CIUP, vicerrector académico en dos oportunidades y rector de la UPN. Su labor pedagógica se ha distinguido por una rigurosa reflexión histórica y filosófica, ha abordado asuntos tales como la historia de las ciencias, la epistemología de la física, políticas de educación, además de la investigación en educación. Este campo de acción le ha brindado la oportunidad de aportar de forma relevante a la formación de profesores de ciencias para el contexto actual.

Entrevista realizada por Juan Carlos Bustos Gómez, editor Pre-Impresos Estudiantes

Editor: *¿Qué lo motivó a dedicarse a la educación y la pedagogía, específicamente a la enseñanza de las ciencias y la física?*

Juan Carlos Orozco Cruz [Jcoc]: Mi interés por la pedagogía surgió muy temprano, al descubrir que tenía cierta facilidad para explicar temas complejos de forma comprensible a mis compañeros, especialmente en matemáticas y ciencias, áreas que suelen considerarse desafiantes. Esto me permitió ayudar a otros y, al mismo tiempo, me motivó a optar por la docencia como carrera. Cuando terminé el bachillerato, ingresé a la Universidad Pedagógica Nacional, donde confirmé mi interés por la educación. Ahora, tras más de 40 años de carrera, reconozco que esta decisión marcó mi vida de forma definitiva.

Editor: *¿Podría compartir una experiencia significativa que haya influido en su enfoque pedagógico para la enseñanza de la ciencia y, en particular, de la física?*

Jcoc: Una experiencia significativa fue tener como maestro en mi infancia al profesor Miguel Aristizábal Hernández, quien rompía con las rígidas normas educativas de su tiempo. En un contexto donde predominaba la disciplina extrema, él optaba por el diálogo y buscaba involucrarnos con nuestra comunidad y entorno. Su capacidad para conectar con los estudiantes y promover el trabajo comunitario marcó de forma profunda mi concepción de la educación. Lideró junto con otros colegas y padres la construcción de un colegio en un barrio con muchas carencias, una acción que demostró que las adversidades pueden transformarse en oportunidades con compromiso y esfuerzo colectivo. Esta experiencia me mostró la importancia de la empatía y el trabajo en equipo en la educación, me marcó profundamente y reforzó mi compromiso con la educación como un proyecto ético y político.

Editor: *¿Cómo ha impactado esta experiencia en su forma de enseñar y en su concepción de la educación?*

JCOC: Esta experiencia reforzó mi convicción de que el estudiante debe ocupar el centro del proceso educativo, reconociendo su contexto, sus retos y sus fortalezas, pero evitando el asistencialismo. En mi caso, crecer en condiciones difíciles me enseñó la importancia del trabajo colaborativo y del compromiso de toda la comunidad educativa para superar limitaciones y potenciar capacidades. La educación que recibí, a pesar de las limitaciones materiales, estuvo marcada por maestros comprometidos que lograron que nuestras capacidades se desarrollaran plenamente, transformando las dificultades en oportunidades y promoviendo el trabajo colectivo. Esta lección de vida guía mi trabajo como educador.

Editor: Desde su perspectiva, *¿cuáles han sido los principales cambios en el sistema educativo a lo largo de su trayectoria?*

JCOC: Los sistemas educativos suelen ser resistentes al cambio, pero he identificado transformaciones significativas. Por ejemplo, el tránsito del diseño instruccional hacia enfoques constructivistas marcó un cambio importante, al igual que el reconocimiento del estudiante como constructor activo de su conocimiento. La inclusión educativa también ha generado retos valiosos, obligándonos a replantear nuestras metodologías. Estos cambios nos ofrecen nuevas oportunidades para mejorar la enseñanza, aunque las limitaciones de recursos y las estructuras tradicionales sigan siendo una constante.

Editor: *¿Cómo ha evolucionado su metodología de enseñanza con los años y qué aprendizajes destacaría en este proceso?*

JCOC: Con el tiempo, he aprendido a asumir la docencia con flexibilidad y apertura. Antes, mi enfoque era más rígido, orientado a transmitir conocimientos y proyectos propios. Ahora valoro más la escucha activa y el diálogo con los estudiantes, lo que permite una relación pedagógica más efectiva. Además, he dejado de lado la idea de emancipar a otros, comprendiendo que la emancipación es un proceso personal. Mi rol es acompañar, inspirar y fomentar el aprendizaje autónomo en cada estudiante. También he replanteado mi idea del liderazgo pedagógico, optando por un enfoque más colaborativo y menos impositivo. Esto ha enriquecido mi labor y mi aprendizaje como docente.

Editor: *¿Cuál considera que es el rol del maestro en un contexto globalizado, informatizado e hiperconectado?*

JCOC: El papel del maestro sigue siendo esencial en un mundo globalizado e hiperconectado. Aunque el acceso a la información es ubicuo, el maestro es quien puede construir confianza, orientar y despertar el deseo de aprender en los estudiantes. Más allá de los recursos tecnológicos, el maestro debe ayudar a los estudiantes a relacionar el conocimiento con su identidad y contexto, promoviendo una reflexión profunda sobre su lugar en el mundo. En este contexto, el docente no puede delegar su papel en las tecnologías o en otros agentes, pero tampoco debe asumirlo en solitario.

Editor: *¿Cuál aspecto cree que debe ocupar un lugar central en la educación actual? ¿Qué estrategias pedagógicas o didácticas sugiere para involucrar a los estudiantes en su propio aprendizaje frente a una realidad donde la atención es cada vez más efímera?*

JCOC: La dimensión humana en la educación es crucial. Involucrar a los estudiantes requiere estrategias que vayan más allá de lo instrumental, promoviendo la reflexión sobre el sentido de lo que aprenden. La educación debe centrarse en la construcción de sentido, que permita a los estudiantes

entender su lugar en el mundo y establecer vínculos significativos con el aprendizaje. En un contexto donde todo parece efímero y utilitario, necesitamos estrategias que promuevan la reflexión, la cooperación y el pensamiento crítico. Debemos encontrar formas de conectar el aprendizaje con la construcción de sentido personal y colectivo. Y esto requiere revalorizar al ser humano en el proceso educativo, haciendo énfasis en el desarrollo integral y no solo en la acumulación de conocimientos.

Editor: *¿Qué proyecto o iniciativa de su carrera académica considera que ha tenido un impacto duradero o tangible entre estudiantes o colegas?*

jcoc: Uno de los proyectos más significativos en mi carrera fue la participación en el programa de reinserción de personas desmovilizadas durante el gobierno de Barco. Este programa educativo buscaba alfabetizar y formar a excombatientes en condiciones muy diversas. La experiencia fue enriquecedora, pues implicaba trabajar desde una perspectiva interdisciplinaria y aprender a gestionar las diferencias individuales en un contexto de colaboración. A pesar de los retos, fue una iniciativa que dejó aprendizajes valiosos y transformaciones tangibles en las vidas de muchos participantes. Fue una experiencia enriquecedora, aunque infortunadamente los aprendizajes derivados no se han valorado ni proyectado lo suficiente a nivel institucional.

Editor: A partir de su experiencia, *¿qué reflexión propone a los futuros docentes en formación sobre el significado de ser maestro?*

jcoc: Insisto mucho en la importancia del trabajo en equipo y de construir comunidades pedagógicas. La educación no es un esfuerzo individual, sino colectivo. El trabajo colectivo permite aprendizajes más significativos y un enfoque compartido en la enseñanza. En mi experiencia, los proyectos más exitosos han sido aquellos que se desarrollaron en colaboración con colegas y estudiantes. Esta perspectiva fomenta la creatividad, la reflexión y la generación de conocimiento compartido, enriqueciendo el proceso educativo.

Editor: *¿Cómo visualiza el futuro de la educación y qué transformaciones le gustaría ver implementadas*?

jcoc: El futuro de la educación no puede pensarse como un único modelo. En lugar de hablar de "educación", debemos referirnos a "educaciones", adaptadas a las diversas realidades sociales y culturales. Es fundamental reconocer que el magisterio se está transformando, con nuevos roles y espacios más allá del aula. La tecnología, incluida la inteligencia artificial, ofrece oportunidades, pero debemos abordarlas con criterios claros, siempre manteniendo el foco en el ser humano, sin perder de vista el papel transformador de la educación en la construcción de sentido, comunidad y ciudadanía.

Editor: Agradecemos al profesor Juan Carlos Orozco Cruz por compartir su valiosa experiencia y reflexiones que sin duda enriquecen el diálogo sobre la formación docente y la educación en ciencias. Esperamos que sus aportes sigan inspirando a la comunidad educativa en su compromiso con la transformación social a través del conocimiento y la práctica educativa.



Primeras Letras

Abismo tecnológico

Technological Abyss

Esteban Lugo-Castañeda[1]

¿Qué es el conocimiento?

Al principio estaba entusiasmada por aquello que había inventado, pero al haber observado aquel oscuro poder, comencé a arrepentirme de haber creado tal objeto.

En un mundo donde los avances tecnológicos y la creación de nuevos inventos revolucionarios para la humanidad eran la prioridad, concluí que esta tecnología era efímera, insuficiente, pobre y con poco potencial.

Fue entonces que, para callar a mis padres y a todos aquellos que no me creyeron capaz de crear algún instrumento de tecnología lo bastante avanzado, diferente y revolucionario, me dispuse a construir diversos prototipos en el laboratorio de mi cuarto.

Cada vez que concluía una nueva creación, que para mí era algo diferente, terminaba siendo lo mismo de siempre: un equipo de movimiento particular para mejorar el estado físico, una máquina que brinde la posibilidad de elevarse y llegar a Marte en menos de ocho horas, un autómata ayudante de cocina, de limpieza, o para la instrucción de mis hermanitos.

Confundida y abatida por los ciclos aburridos de observar y prácticamente hacer una copia de todo con una pequeña mejora, concluí que era como los demás. Pero, en ese momento de tristeza y oscuridad, un flujo de energía que de forma instantánea abrió mi mente, me generó una peculiar idea.

Con la visión que este pequeño destello me proporcionó, me dispuse a trabajar con calma y exactitud, para demostrarles mi valor.

…

Tras haber trabajado 148 días seguidos y después de cuatro experimentos fallidos, al fin logré crear un portal interdimensional. Este parecía captar por lo menos 600 dimensiones diferentes a la mía, aunque, curiosamente, estas no eran ni una pequeña parte de una vasta variedad de lugares, culturas y tecnologías existentes.

Me enteré por boca de un conocido, que dentro de unos cuantos días se haría una presentación de nuevos avances tecnológicos, yo tenía la esperanza de presentar el mío, pero sentía que le faltaba algo y esperaba poder completarlo con el tiempo que me quedaba.

…

Finalmente, llegó el día del evento, los curiosos inventores, proveedores y empresas de manejo científico estaban presentes para elaborar contratos a cualquier invento que les interesara y les pareciera beneficioso.

Tras la reunión de toda la gente en el coliseo *Future Arcamantus*, el orador pronunció unas palabras de apertura:

> —Bienvenidos todos los grandes eruditos, constructores, científicos, empresarios y muchos más a nuestra trigésima sexta convocatoria de nuevos inventos tecnológicos, hoy en el día 217 del año 13 322 907 340, estamos orgullosos de poder presentar a los talentosos innovadores tecnológicos que nos acompañan y esperamos que disfruten del espectáculo futurista de nuestros nuevos inventores.

1 Estudiante de Licenciatura en Diseño Tecnológico. Sus áreas de interés abarcan el diseño 2D/3D, la innovación tecnológica y el aprendizaje autónomo. Así como la sociología, filosofía y psicología. Domina herramientas de diseño, programación y aplicaciones de IA. Practica la escritura creativa y de ficción como medio de expresión. jelugoc@upn.edu.co

Cada 15 o 20 minutos se presentaban los nuevos inventos, casi todos los participantes eran hombres. De los 45 inscritos, solo 10 éramos mujeres. La mayoría de los inventos eran poco llamativos para todos los sabios presentes, ya que repetían lo mismo que otros anteriores inventores, pues solo le agregaban una mejora simple que terminaba por decepcionar a todos, tal como yo lo había hecho muchas veces.

Por fin llegó mi turno. Con sutileza y emoción comencé a presentar mi invento. Parecía ser solo un plato pequeño, pero al encenderlo y explicar de qué se trataba, todos quedaron impresionados. Les dije: "Este portal permite ver y también entrar a otras dimensiones más allá de nuestro entendimiento, ya sea con nueva tecnología o con monstruos inexplicables".

De repente, Kiroantis, uno de los grandes eruditos, hombre que revolucionó la movilidad con vehículos de bolsillo nanosintéticos, preguntó: "¿Y cómo puedes probar que una persona pueda atravesar dicho portal sin recibir daño alguno?".

Esta pregunta hizo que todos se rieran y cuestionaran si lo que estaban viendo era realmente lo que les describía. En todo caso, les mostré otra cosa, un dispositivo para asegurar al individuo al momento de cruzar el portal, para que pudiese regresar a su dimensión de origen al instante, en caso de que el portal llegara a cerrarse.

Asombrados, más de la mitad de los observadores, incluyendo a los participantes y al presentador, quisieron probar el dispositivo, pero yo solo pedí a un voluntario, al mismo Kiroantis. Él, con algo de timidez, se acercó y se colocó el brazalete, luego entró al portal y se introdujo en una dimensión que, según yo, era segura.

Probé el micrófono incrustado en el brazalete para comprobar que me escuchaba con total claridad. Él afirmó: "Se escucha bastante claro". Con esta prueba le advertí que cerraría el portal y, luego de cinco segundos, él debería presionar el botón color blanco del holograma para poder volver.

El portal se cerró y tras cinco segundos se escuchó en la corta comunicación que el botón había sido presionado. De inmediato, el caballero había vuelto a la tarima intacto, afirmando que le había fascinado aquello que pudo ver durante este corto periodo de tiempo, pero que podría haber muerto de no haber presionado el botón a tiempo, pues había sido atacado por una extraña bestia oculta en el suelo.

Asombrado, el público se levantó de sus sillas y comenzó a aplaudir mi creación. Mientras que continuaba la ovación, pude ver a lo lejos a mis padres, tenían una mirada de desaprobación. Al leer sus expresiones faciales supe que sentían que habían fracasado al tratar de retenerme, pues mi invento en verdad había logrado impresionar al público.

…

Con todo terminado volví a casa, me dirigí a mi cuarto para seguir probando cuántas dimensiones más podría encontrar y evaluar posibles usos prácticos que pusieran al alcance de la gente las maravillas que ofrecen estos lugares desconocidos.

Fue tanta mi curiosidad que, inesperadamente, crucé por una dimensión algo peculiar, esta se llamaba, según el titulador del portal, la dimensión origen o dimensión x. Al llegar allí, algo me quitó el aliento.

Se trataba de mí, estaba en casa con una familia amorosa y una vida plena, acerqué más el portal para observar en detalle lo que ocurría. En esa dimensión era una estudiante bastante buena, mis padres me querían de verdad y me apoyaban en todo lo que me proponía.

El anhelo de querer vivir en aquella dimensión hizo que afloraran las lágrimas. Con celos y enojo terminé por golpear con fuerza el suelo, sin pensar que el portal empezaría a pasar de dimensión en dimensión con mucha rapidez.

Traté de detener el proceso, pero el portal seguía pasando por numerosas dimensiones, hasta que se detuvo por sí solo. Extrañamente, este lugar no tenía nombre y no parecía ser alguna clase de dimensión, solo había oscuridad. Sentí curiosidad de saber qué era, así que tomé mi libreta para registrar todo lo que allí pasara.

Por desgracia, fue un error mirar este lugar. Tal como dice un célebre adagio, "Si miras al abismo, el abismo te devolverá la mirada" y, en este caso, aplicaba de la manera más directa posible. De repente, unos ojos rojos aparecieron de entre la infinita oscuridad, acercándose poco a poco hacia mí. Aunque traté de cerrar el portal este no cedía y mientras más se acercaban, mayor era el temor que me embargaba.

Figura 1. Abriendo una puerta hacia la oscuridad.



Fuente. Elaboración propia

Cuando, finalmente, en la ventana que conectaba ese oscuro lugar con mi dimensión, aparecieron unas manos que brotaban de la infinita nada, de estas salió un cuerpo humano envuelto en sombras. En ese momento, un inusual terremoto azotó el vecindario, y cesó en el momento en que la figura humanoide salió de entre la oscuridad.

—Has roto el muro —me dijo la misteriosa criatura.

No entendía lo que había ocurrido. De pronto, mi cuerpo se sentía cansado, pesado, sin un ápice de fuerza, hasta que aquel ser se acercó y tocó mi cabeza. Las últimas palabras que pude escuchar de él o ella, o lo que fuera, solo fueron: "Es mejor que me olvides o él te destruirá", luego de ese pequeño toque me desmayé.

…

No sé qué me pasó ayer. ¿Acaso fue un sueño? ¿Acaso aluciné? ¿Por qué ese lugar no está registrado en el portal? No estoy segura de nada, pero siento que eso fue algo real.

¡Toc! ¡Toc! ¡Toc!

Había alguien golpeando a mi puerta. De seguro eran mis padres para darme algún sermón por haberlos hecho quedar tan mal. Pero no eran ellos.

—Buenas tardes, señorita Layla Porhict.

—¿Tardes?

—¿No se ha dado cuenta?, son las 4 de la tarde.

Me quedé sorprendida al notar la hora, pero mucho más al no saber cómo es que estos hombres vestidos de túnica verde entraron a mi casa.

—Le pedimos que disculpe nuestra repentina aparición, somos investigadores. Parece ser que hace poco se detectó una inquietante anomalía en esta área. ¿Podemos hacerle unas preguntas?

—Está bien.

—¿Qué hizo después de la presentación de ayer?

—Llegué a casa y me dispuse a seguir observando, catalogando y registrando nuevas dimensiones con mi invento.

—¿Acaso hubo algo que la molestara cuando estaba haciendo dichos registros?

—Solo una cosa, pude ver una dimensión alterna en donde mis padres me amaban y me apoyaban de manera incondicional.

—Después de eso, ¿qué ocurrió?

—Golpeé el suelo por un momento y el portal comenzó a girar como loco yendo de dimensión en dimensión, traté de pararlo, sin resultado alguno.

—¿Algo inusual ocurrió en ese momento?

—Solo recuerdo que paró de forma abrupta, pero de ahí en adelante nada más. Me sentí cansada y creo que me fui a dormir.

—¿Tuvo de casualidad un sueño inexplicable?

—Creo que vi alguna clase de sombra de ojos rojos por unos segundos en un sueño. De ahí en adelante todo se nubló.

Por un momento, cuando observé los ojos de aquellos hombres de túnica verde, pude darme cuenta de que estaban enojados o impresionados por algo que mencioné.

—¿Nos permite ver el registro de las dimensiones de su dispositivo?

—¿Puedo saber la razón de esto?

—Tal vez exista la posibilidad de que un ser anormal y peligroso haya cruzado a esta dimensión.

—Siendo así, les daré mi permiso.

Encendí la computadora con el registro completo y todos los investigadores se acercaron rápidamente. Pasaban página por página con velocidad, como si no fueran humanos, o puede que se tratase de los investigadores de seguridad intertecnología.

El registro parece haber durado menos de dos minutos y todos ellos terminaron algo desilusionados.

—Parece que todo está normal señorita. Lamentamos la molestia.

—No hay de qué, si lo que observaron sirve de algo, me puedo sentir tranquila.

—En cualquier caso, aquí está nuestra tarjeta.

—Se los agradezco, caballeros.

—No obstante, le diremos algo de manera confidencial.

—¿Qué podría ser?

—Si llegase a escuchar acerca de *Nada*, notifíquenos de inmediato.

—¿Quién es ese tal *Nada*?

—Es mejor que no lo sepa. Buena tarde.

Y como si de fantasmas se tratara, los investigadores de túnica verde se esfumaron en cuestión de segundos. No entiendo qué está mal. ¿Acaso mi sed de probar mi valor abrió una puerta hacia algo peligroso? ¿Tan mala podría ser mi tecnología? ¿En qué podría beneficiar esto a mi gente? ¿Será que cometí un error al crear dicho dispositivo?

Algo no cuadraba con todo esto. Aquella visión tan peculiar, aquella visita inesperada, la extraña colaboración de mis padres con los misteriosos investigadores y la singular dimensión sin registro o nombre. A menos que eso no fuera una dimensión, sino algo más tenebroso.

Bajé a la sala para poder hablar con mis padres sobre este asunto. Ellos estaban pegados al Vist-mark como de costumbre, pero había un ambiente enrarecido. Me acerqué a ellos con cuidado y pude notar ese rostro inexpresivo, hipnotizado y, sobre todo, fuera de sí.

No sabía qué era lo que estaban viendo, por esta razón contacté con el equipo médico para descubrir qué les había pasado.

La llegada del equipo médico fue más rápida de lo que esperaba. No sabía que mis padres tenían tanta influencia en algunos círculos científicos y experimentales, solo había escuchado algunos rumores por parte de sus viejos amigos. Mencionaban estar involucrados con transporte de tecnología vanguardista y volátil que, hasta donde yo sabía, se supone ya no existía en este mundo. Lo más sorprendente era

el hecho de que dichos amigos, o una pequeña parte, estuviera vinculada con mis padres.

Ahora veo por qué no me querían meter en este mundo.

Cuando terminaron de hacerles una revisión, me comentaron que estaban pasando por una alteración en sus campos neuronales, habían colapsado y su red de información y recuerdos estaba siendo vaciada. Parecía que alguien había interceptado su canal de revisión en la empresa y les quitaron todo recuerdo, aunque según los registros, parecían estar buscando un recuerdo o información específica en su memoria.

Le pregunté al doctor qué era lo que escudriñaban en la mente de mis padres. Solo dijo que buscaban planos o lo que supieran de mi invento, tal vez para replicarlo o inclusive algo mucho más retorcido. No me sorprendió para nada su respuesta.

Le pedí al doctor que me diera la dirección de los ladrones de información, en caso de que pudiera encontrarla. Aceptó con gusto y se llevó a mis padres al centro de salud y recuperación Hackix.

Volví a mi habitación para verificar que no se hubieran llevado el portal. En efecto, no lo hicieron, aunque había algo que me tenía más intrigada. Puede que esto estuviera relacionado con cierto personaje que me subestimó y creyó que estaba inventando patrañas.

Decidí investigar un poco acerca de la compañía automovilística sin usar mi Vist-mark, en caso de que alguien lo hackeara.

No había nada inusual en la compañía de Kiroantis, a quien se le conocía como un hombre respetable y bastante testarudo cuando daba órdenes a sus empleados, pero, además de eso, ninguna cosa extraña.

Encontré, sin embargo, un artículo que mencionaba algo bastante intrigante. Parecía ser que el gran señor de los nanoautos iba asiduamente al depósito de fallos. Esto era algo provechoso y podía ser de utilidad para verificar si mi corazonada era verdadera o solo estaba acusando a un "inocente".

…

Me aseguré de que el portal estuviera seguro en casa, por ello instalé un ligero sistema de defensa, en caso de robo, y también encripté el acceso a mi hogar con una gran variedad de códigos.

Al llegar al depósito de fallos, pude encontrar instantáneamente al caballero. Este no me vio y siguió caminando como si nada.

De repente, aparecieron seis personas, eran los investigadores que me habían visitado hacía unas horas. Me acerqué un poco para escuchar la conversación y saber qué se traían entre manos.

—¿Hubo alguna información relevante? —preguntó Kiroantis.

—Nada, ellos no tenían idea de lo que la joven estaba haciendo —respondió uno de los investigadores.

—¿Entonces terminaron por freír el cerebro incorrecto? —exclamó el empresario.

—No, mi señor, además, existe la posibilidad de que, si buscamos la ubicación de *Nada* en el cerebro de la chica, tal vez terminemos por decepcionarnos —afirmó el investigador.

—¿Lo crees?

—Sí señor.

—Si es así, esperemos que lo vuelva a encontrar.

—Tal vez, *Nada* tomó medidas para esto— comentó el investigador.

Inesperadamente, Kiroantis agarró por el cuello al investigador y lo levantó como si fuera papel.

—No seas tonto, puede que esa cosa sea poderosa, pero no más que…

—(Quejidos) Señor, ¿está bien? —le preguntó el investigador.

—Parece que este cuerpo ya no resiste mi poder. Ocúltenlo bien, y tú, pequeña espía, ojalá ayudes con nuestra búsqueda.

Me quedé pasmada al darme cuenta de que ellos sabían que vendría. En todo caso, me resultó extraño escuchar la nueva voz de Kiroantis. ¿Quién sería la misteriosa presencia que lo poseía?

Sin embargo, justo cuando estaba a punto de voltear a verme, de su cara comenzó a brotar sangre como una fuente, y el hombre terminó tendido en el suelo en un charco de sangre. Los investigadores sabían que yo vería la escena, pero no le dieron mucha importancia y como si estuviera viva, la tierra se tragó el cuerpo; luego, se desvanecieron envueltos en polvo y con ello miles de preguntas surgieron en mi cabeza.

Estaba a punto de volver a mi casa, pero me topé con varios prototipos algo curiosos y rebuscados de tecnología semiinnovadora, era como si este lugar fuera el cementerio de los inventos poco queridos y con poco respaldo.

El lugar era una mina de oro. Revisé cada uno de los desechos. Con estos restos tal vez podría crear un tipo de detector de anomalías para ver si lograba encontrar a aquel ser conocido como *Nada*.

…

Me tomó por lo menos cinco horas recolectar tantos inventos desechados. Analicé sus composiciones y verifiqué en toda la red si alguno de estos prototipos era alguna clase de invento reciente o tal vez inspirador.

Curiosamente no había nada similar a lo que encontré en la red, era extraño, era como si estos objetos fueran inventos olvidados con rapidez. En todo caso, me dispuse a averiguar su contenido con el disco de información.

Parecía ser que uno de estos aparatos tenía la capacidad de romper la barrera espacial entre mi planeta y el planeta Leckety, esa distancia podría ser algo relevante, pero con los nuevos transportadores planetarios esta podría ser una idea aterradora y tal vez amenazadora, puede que esa haya sido la razón por la que terminó en el depósito de fallos, aunque no lo fuera. A mi parecer, era la solución para un viaje más seguro a otro planeta.

Lo reparé y modifiqué para que se vinculara con la tecnología de mi portal y, en caso de encontrar al tal *Nada*, pudiera romper una barrera dimensional y seguirlo a su "hogar". Solo esperaba que no terminara destruyendo algún escudo que evitase un derrumbe entre dimensiones.

…

Otro de los prototipos era similar a la nanotecnología de los autos de la compañía del fallecido Kiroantis, solo que esta evitaba la posibilidad de falsificar la identidad del usuario que compró el nanovehículo. Puede que este invento hubiera sido promocionado por la compañía, pero, al ver su inmensa seguridad, es probable que lo descartaran o simplemente lo borraran de los registros de nuevas mejoras o actualizaciones para los siguientes diseños automovilísticos. Además, tenía bastante sentido que este proyecto desapareciera, pues ha habido robos masivos de estos vehículos. Y, en general, aquellos que son robados los vuelven a comprar a la empresa automovilística de Kiroantis, teniendo en cuenta que salen bastante baratos y son "exóticos". Este dispositivo podía ser un punto fuerte para acabar con los robos y así mismo terminar por acusar a la compañía si estos robos estaban preparados para aumentar las ventas.

Para el último de estos tres prototipos, que era el más pesado, averigüé todo lo que pude, pero solo logré obtener el 10 % de la información, este extraordinario aparato tenía una encriptación más avanzada que la mía, aun así, no permitiría que esa información se perdiera.

Fue curioso saber que este aparato, de acuerdo con los registros, ocultaba un gran secreto. Al parecer, la compañía Liberty Chafel quería conseguirlo, o tal vez evitar que se hiciera público. Tantas cosas en aquel depósito que me siguen llenando de dudas sobre la sociedad tecnológica en la que estoy hoy en día.

…

En lo que he podido desbloquear hasta el momento, he encontrado cosas bastante interesantes, como los planos para una máquina que permite al cuerpo mantener a voluntad una edad específica por más de mil años y con ello, evitar cualquier clase de herida mortal.

Todo esto es fascinante porque podría ser algo beneficioso para la humanidad, pero me apena que esta absurda locura burocrática y egoísta lo impida. Debo estar atenta a todo y con estos nuevos y próximos conocimientos ayudar a mi mundo y también podría ayudar a las otras dimensiones.

— (Voz espectral) Buena decisión.

Un escalofrío recorrió mi espalda al escuchar algo tan macabro y profundo proveniente de ninguna parte. ¿Acaso, estaba conectado conmigo ese ser -el mismo que poseyó a Kiroantis?

—Estás en lo correcto, jovencita.

Otra vez lo escucho, es imposible saber si es real o si mi mente me está jugando una broma, pero si me está diciendo que estoy haciendo lo correcto, significa que sí espera que lo encuentre. ¿Primero, debo mejorar las cosas aquí?

—Nuevamente en lo correcto, me impresionas.

No sé qué decirle a lo que sea que se encuentre en mi cabeza. Solo quiero aclararle que pronto lo encontraré y le preguntaré por qué es que lo buscan los investigadores.

—Tranquila, jovencita, te estaré esperando y te daré las respuestas que deseas, si es que logras llegar a la infinita nada.

…

Ya han pasado más de dos semanas y al fin terminé de arreglar los dos primeros prototipos, sería buena idea comprar un auto para adaptarle este sistema de seguridad y, por si acaso, llevaré el *Sabier dimensión* como seguro, si es más de una persona.

Tristemente, aún no he encontrado la manera de tener acceso a la información faltante del último prototipo, pero no desaprovecharé la oportunidad para crear tan maravillosa máquina.

Me dirigí al concesionario y escogí un Audi clásico de hace unos 300 años, es bastante bonito, la pintura tiene su detalle y precisión, será increíble. La ventaja es que este es uno de los autos más "caros" del mercado, pero hoy tenían una oferta de autos antiguos.

Ahora que ya inserté el sistema de seguridad en mi nanovehículo, solo queda esperar a que alguien trate de robarme.

…

Solo había pasado una hora y ya me estaban persiguiendo, de modo que me dispuse a quedarme quieta por un momento para que no sospecharan de mi plan.

Cuando el ladrón terminó por acercarse y robarse el brazalete que contenía mi auto, fue electrocutado. Las autoridades llegaron pocos minutos después y arrestaron al delincuente acusándolo de cometer varios delitos previos.

Los agentes me preguntaron cómo lo había atrapado, les mencioné que mi auto tenía un sistema nuevo de seguridad contra robos y cuando el ladrón tocaba el dispositivo, recibía una descarga eléctrica y automáticamente se activaba un llamado a la policía.

Sorprendidos, me solicitaron la instalación del dispositivo en sus patrullas y otros vehículos de la policía, ya que ellos también habían sido

robados con frecuencia. Gracias a ello, el departamento de policía de la ciudad había solicitado nuevos vehículos a la compañía automovilística de Kiroantis.

Los instalé con tranquilidad, les dije que esta idea había sido rechazada por la compañía de autos, así que era probable que esto perjudicara sus ventas, por ello, le mencioné a la policía que si les decían a los otros pobladores y estos pedían la instalación de este sistema de seguridad, que por favor no mencionaran mi nombre a nadie que pudiera ser de dicha compañía.

Con mis palabras en mente, estos oficiales se retiraron y agradecieron la ayuda en la captura de un ladrón convicto. Luego de aquel ajetreado momento, me monté en mi auto y me dirigí a casa.

...

Después de llegar, preparé algunas cosas para comenzar mi próximo viaje. Espero que mis padres, aunque me odien en esta dimensión, logren reponerse y encuentren algo de felicidad.

Una ventaja de estos nuevos inventos es que, ahora, he podido crear una réplica exacta de mi invento de portales, en caso de que algo le pase al principal, para así poder volver a mi hogar.

En todo caso, es momento de marcharme.

Figura 2. Preparada para marchar hacia una nueva aventura.



Fuente: Elaboración propia



Galería

Paisajes Culturales: La Serranía de La Lindosa, sus pinturas rupestres y sus gentes

Judith Trujillo Téllez

El paisaje está constituido como un registro duradero y
como el testimonio de las vidas y tareas de generaciones pasadas,
que lo han habitado y al hacerlo, han dejado en este algo de sí mismos.

Tim Ingold, *The Perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling and Skill*

La Serranía de La Lindosa, ubicada entre las regiones de la Amazonía y la Orinoquía en el departamento del Guaviare, es una cadena de formaciones rocosas de aproximadamente 12,000 hectáreas y entre 225 y 470 metros sobre el nivel del mar. Este paisaje de transición entre la sabana y la selva se enriquece con una importante red hídrica, convirtiéndose en el hábitat de diversas especies de flora y fauna.

Según los registros arqueológicos, grupos de cazadores-recolectores han habitado la región desde hace milenios, dejando evidencias como fragmentos de instrumentos de piedra, huesos de animales y semillas carbonizadas de palmeras (Correal *et al.,* 1990; Morcote *et al.,* 2017, 2021). También se han encontrado piezas cerámicas que muestran la presencia humana en períodos más tardíos (Becerra, 2017).

Dentro de esta larga temporalidad, se han realizado una gran cantidad de pinturas sobre las paredes rocosas de la serranía, en su mayoría en tonalidades rojas y algunas figuras superpuestas en blanco. Se sabe que los pintores utilizaron pigmentos provenientes de minerales de la región, como arcillas con hierro y arenas con titanio, y eligieron cuidadosamente los sitios para realizar sus obras (Trujillo *et al.*, 2018).

La Serranía de La Lindosa alberga una gran variedad de representaciones rupestres, aunque no son exactamente naturalistas. Sin embargo, algunos investigadores consideran que predominan las escenas chamánicas, donde se representa la comunicación de ciertos miembros de la comunidad con el inframundo (Castaño *et al.,* 2019, 2005, 1988). Otros han identificado la presencia de megafauna como caballos, mastodontes y megaterios (Morcote *et al.*, 2021), e incluso escenas de aperreamiento, aludiendo a las prácticas de la Conquista española para doblegar a los indígenas con perros entrenados para atraparlos y devorarlos (Urbina, 2016).

Lo cierto es que existe cierta complejidad para interpretar estas pinturas, pues no se pueden asociar fácilmente a los períodos culturales registrados arqueológicamente. Hooder (1994) sugiere que la cultura material debe interpretarse dentro de su propia hermenéutica, ya que estos significados simbólicos están organizados por reglas y códigos particulares a cada cultura. Por lo tanto, comprender el arte rupestre de La Lindosa requiere interpretar su lenguaje específico, a partir de las relaciones entre las representaciones, el soporte rocoso y el entorno.

Algunos de los descendientes de estos pueblos pintores, como los Nukak, Iwj y Carijonas, han sido víctimas de las rupturas espaciales causadas por la extracción de caucho en el siglo XIX, los cultivos ilícitos y el desplazamiento forzado en las décadas de 1950 y 1960. Esto ha conllevado a la pérdida de sus territorios y la transformación acelerada del paisaje, con la cacería intensiva, la deforestación y la contaminación de los ríos. Así, esta región se ha convertido en tierra de colonos, desplazando a sus pobladores indígenas.

Los procesos de control y orden colonizadores, junto a los movimientos forzados de las comunidades indígenas y los actuales habitantes, han convertido estos lugares en escenarios de conflicto, con prohibiciones para recorrer los territorios. Como resultado, las pinturas rupestres de la Serranía de La Lindosa quedaron olvidadas, relegadas a ser actores pasivos de la guerra, con sus alrededores convertidos en zonas minadas que impidieron su visita.

Sin embargo, con el proceso de paz, la declaratoria de Patrimonio Natural y Cultural de la Humanidad por parte de la UNESCO al Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete, y la definición de un Área Arqueológica Protegida por el Instituto Colombiano de Antropología e Historia [ICANH], la Serranía de La Lindosa y sus pinturas rupestres están iniciando un nuevo camino. Se están generando procesos de apropiación social y de gestión patrimonial, brindando a los habitantes nuevas alternativas de trabajo y permitiendo el reconocimiento y valoración de la carga cultural de estas manifestaciones.

Aunque los diversos paisajes han transformado este territorio, las formaciones rocosas continúan como testigos del trasegar de diferentes pobladores, sirviendo como marcadores del espacio y ahora siendo reconocidas por sus pinturas rupestres, cuya autoría y períodos de realización aún se desconocen. Estos dibujos forman un conjunto que guarda secretos de los pueblos pintores, cuyo sentido y función tal vez nunca se podrá saber con certeza.

Referencias

Becerra, J. V. (2017). *Identificación y caracterización del área patrimonial para operar el Plan de Manejo Arqueológico en la Serranía de Lindosa, Departamento del Guaviare* [Informe técnico]. Universidad Nacional de Colombia; Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH); Gobernación del Guaviare.

Castaño-Uribe, C. (2019). *Chiribiquete: La maloka cósmica de los Jaguares*. Villegas Editores y Sura.

Castaño-Uribe, C. y van der Hammen, T. (1988). *Parque Nacional Natural Chiribiquete: la peregrinación de los jaguares.* Ministerio del Medio Ambiente (Colombia).

Castaño-Uribe, C. y van der Hammen, T. (2005). *Arqueología de visiones y alucinaciones del cosmos felino y chamanístico de Chiribiquete*. Ministerio del Medio Ambiente (Colombia) y Tropenbos.

Correal, G., Piñeros, F. y van der Hamenn, T. (1990). Guayabero 1: Un sitio precerámico de la localidad Angostura II San José del Guaviare. *Caldasia, 16* (77): 245-254.

Hodder I. (1994). *Interpretación en Arqueología. Corrientes Actuales. Edición ampliada y puesta al día.* Editorial Crítica.

Ingold, T. (2000). *The perception of the environment: Essays on livelihood, dwelling and skill*. Routledge.

Morcote-Ríos, G., Aceituno, F. J., Iriarte, J., Robinson, M. y Chaparro-Cárdenas, J. L. (2021). Colonization and early peopling of the Colombian Amazon during the Late Pleistocene and the Early. *Journal of Archaeological Science*, 125: 105-120.

Morcote, G., Mahecha, D., y Franky, C. (2017). Recorrido en el tiempo: 12.000 años de ocupación de la Amazonía. En *Universidad Nacional de Colombia* (Ed.), *Colección del Sesquicentenario: Universidad y territorio* (Tomo 1, pp. 66–90). Universidad Nacional de Colombia.

Trujillo, J., Muñoz, G., Cramer, T., Rodríguez-Martínez, C., Rodríguez, O., Riveros, N., Amaya, Z., Castañeda, A., y Franco, J. (2018). *Estudios arqueométricos, documentación y registro del arte rupestre de la Serranía de la Lindosa y Raudal del Guayabero, Departamento del Guaviare* [Informe final]. GIPRI, GEGEMA; Instituto Colombiano de Antropología e Historia; Fundación Investigaciones Arqueológicas Nacionales.

Urbina, F. (2016). *Representaciones rupestres de la Serranía de La Lindosa*. En *Ensayos. Historia y Teoría del Arte* (Vol. 9, N.º 31). Instituto de Investigaciones Estéticas, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia.

Judith Trujillo Téllez

Licenciada en Física de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, con una Maestría Erasmus Mundus en Arqueología y Arte Rupestre de la Universidad Tras os Montes y Alto Douro de Portugal, en asocio con la Universidad de Tarragona en España, la Universidad de Ferrara en Italia y el Instituto de Paleontología Humana de París en Francia. Candidata a Doctora en Antropología.

Dentro de sus 30 años de experiencia laboral se ha desempeñado como docente de Matemáticas, Geometría y Física en diferentes niveles de secundaria y a nivel universita-rio; desde 2012 es profesora del departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional. De igual forma, ha trabajado como investigadora en el Grupo de Investigación del Patrimonio Rupestre Indígena GIPRI Colombia durante más de 25 años. Ha colabo-rado como asistente en los registros y la documentación del arte rupestre del altiplano cundiboyacense. En los últimos años se ha dedicado a los estudios arqueométricos de los pigmentos de las pinturas rupestres, a través de técnicas analíticas para caracterizarlos física y químicamente.

En la actualidad, es candidata a doctora en Antropología de la Universidad de Los Andes, en donde continúa las investigaciones, pero ahora en las pinturas rupestres de la Serranía de La Lindosa, Guaviare. Además de indagar por la tecnología de producción de los pigmentos, existen otros dos aspectos relevantes en esta investigación: el estudio del paisaje a través de la reconstrucción espacial 3D, tanto de la serranía como de los murales con pinturas rupestres, y la búsqueda de evidencias culturales que se encuen-tren en los suelos cercanos a los abrigos rocosos y puedan asociarse a los momentos en que se realizaron los dibujos.

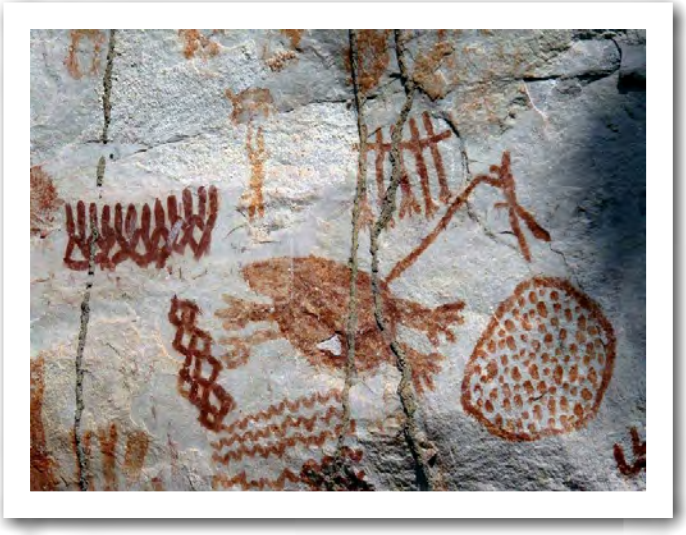


Figura 1. Mural de las Dantas, Cerro Azul -Fragmento- Detalle del mural donde aparentemente se representa una actividad de cacería de un cuadrúpedo. La identificación del tipo de animales requiere de investigaciones adicionales. La simplificación de los trazos y la variedad de pigmentos parecería indicar distintas etapas en la ejecución de los murales.

Fuente: *Corporación Gipri Colombia (2018).*



Figura 3. Mural de las Dantas, Cerro Azul -Fragmento-. Detalle pequeño del sector izquierdo del mural general. Aparentemente se trata de dos motivos humanos, que parecerían estar en conversación, movimiento, como en una ceremonia con trajes vistosos y decorados.

Fuente: *Corporación Gipri Colombia (2018).*



Figura 2. Mural de las Dantas, Cerro Azul -Fragmento-. Resulta importante referenciar el modo peculiar y característico de incluir figuras de animales de diferentes especies realizadas con trazos simples, al lado de formas sintéticas y laberínticas, de manos decoradas, cuadrúpedos, figuras humanas danzando en la misma composición con líneas en zigzag, de círculos decorados con puntos y rayas.

Fuente: *Corporación Gipri Colombia (2018).*



Figura 4. Mural de las Dantas, Cerro Azul -Fragmento-. Detalle del mural donde se representan motivos que parecerían hacer referencia a aves y mamíferos en movimiento, de dos especies en secuencia ordenadas. Al igual que en una buena proporción de las representaciones en los murales de la Serranía de La Lindosa, difícilmente son identificables las especies que están allí incluidas. Mas parecen elaboraciones intelectuales que animales que existan.

Fuente: *Corporación Gipri Colombia (2018).*



Figura 5. Mural de Nuevo Tolima -Fragmento sector izquierdo-. Parecería inequívoca la identificación de un cuadrúpedo, semejante a un venado saltando. Se encuentra al lado de representaciones ejecutadas con otros pigmentos, que invitan a pensar superposiciones de ejecutores y de épocas distintas.

Fuente: *Corporación Gipri Colombia (2018).*



Figura 6. Mural de las Dantas, Cerro Azul -Fragmento-. Se interpreta tradicionalmente como la representación de bailarines con trajes que llevan en sus manos palmas y que están en una danza ritual. El adorno en el cuerpo incluye penachos en la cabeza y en la espalda. En el centro de los tres grupos de bailarines aparece una especie de media luna, lo que hace pensar en una composición escénica y no de simples figuras sueltas, mostrando que es esencial estudiar la composición del mural y no fragmentos de este.

Fuente: *Corporación Gipri Colombia (2018).*

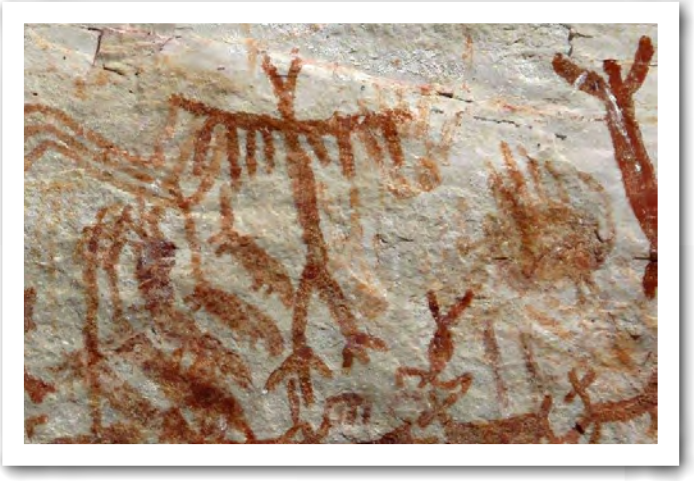


Figura 7. Mural de Nuevo Tolima - sector central. Pinturas en rojo y blanco con diversos tonos de óxidos ferrosos. La composición como tendencia general vuelve a incluir animales diversos desde mamíferos, aves y reptiles, y aparentemente un felino central con garras acentuado en su tamaño. Al lado de este, y con un tono oscuro, una figura antropomorfa alargada y fantasmal, muestra la intención expresa de presentar escenas de las tradiciones culturales complejas relativas a las nociones de realidad de los intelectuales pintores.

Fuente: *Corporación Gipri Colombia (2018).*

Evaluadores

Diana Pacheco Calderón
Magíster en Desarrollo Educativo y Social
Universidad Pedagógica Nacional
Licenciada en Biología
Universidad Pedagógica Nacional
Profesora de planta Universidad Pedagógica Nacional.
Docente investigadora, Líder del equipo de investigación
en Educación Rural Valle de Tenza,
y miembro del grupo Enseñanza de la Biología
y Diversidad Cultural.
dpachecho@pedagogica.edu.co
https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001274473

Jeisson Fabian Martín Calvo
Doctor en Educación
Universidad de Baja California, México
Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá
Profesor Asociado- Universidad Pedagógica Nacional
jfmartinc@pedagogica.edu.co
https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001402407

Gabriela Falla Rocha
Licenciada en Química
Universidad Pedagógica Nacional
Grupo de Investigación IREC-semillero
EDUQVERSA
Profesora Colegio Innova Schools Colombia
gfallar@upn.edu.co
https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001751809

Valeria Burgos Castro
Magíster en Ciencias- Física
Universidad Nacional de Colombia
Licenciada en Física
Universidad Pedagógica Nacional
Profesora Universidad Nacional Abierta y a
Distancia (UNAD) - Escuela de Ciencias
Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI.
vburgosc@unal.edu.co
https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001630642#red_identificadores

Edilson Silva Liévano
Doctorado en Cultura y Educación en América Latina
Universidad de Artes y Ciencias Sociales, Santiago de Chile
Maestría en Literatura Hispanoamericana Instituto Caro y Cuervo
Profesor Departamento de Lenguas- Universidad Pedagógica Nacional
esilva@pedagogica.edu.co
https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001254871

Acerca de la serie Pre•Impresos

La serie *Pre•Impresos Estudiantes* es un proyecto de la Facultad de Ciencia y Tecnología (FCT) de la Universidad Pedagógica Nacional que divulga a través de la comunicación escrita la producción intelectual de los autores, destacando sus experiencias y reflexiones respecto de los temas inherentes a sus campos disciplinares específicos y su enseñanza. Por tanto, configura un espacio de visibilidad y reconocimiento público del trabajo de los maestros en formación y en ejercicio adscritos a la FCT.

La escritura en el ámbito de las ciencias y la tecnología

La comunicación es un aspecto fundamental de los procesos de cognición que construye relaciones de fuerza e identificación entre las personas y define el lugar de cada individuo en un grupo. Así, toda relación social se funda en el intercambio de ideas, pues cuando hablamos y escribimos también damos forma al mundo. Por tanto, la conformación de comunidades académicas tiene un carácter social y comunicativo, proceso en el que la palabra escrita contribuye a la socialización de las ideas; dado que, la comunicación de la ciencia se realiza en lengua natural.

¿Qué es un preimpreso?

Los Pre-impresos son una publicación previa que se utilizan en comunidades académicas para difundir el trabajo de sus miembros y contribuir a la formación de futuros investigadores.

Origen

Este proyecto editorial también constituye un espacio académico de formación y cualificación docente, que se inspiró en un trabajo similar que realiza el grupo *Física y Cultura* del Departamento Física de la FCT, con trabajos de profesores, desde principios de la década de 1990, con el fin de promover la circulación de las ideas de los profesores adscritos a este grupo de investigación.

Objetivos

Pre•Impresos Estudiantes promueve el fortalecimiento de la actividad académica en dos dimensiones; como proceso de formación escritural de los futuros maestros de ciencias, matemática y tecnología, y como iniciativa editorial que se traduce en una publicación seriada que divulga la producción intelectual de los estudiantes de la FCT.

El carácter del proceso realizado y el acompañamiento escritural que se brinda desde el proyecto hacen de esta experiencia una actividad académica de formación docente, con proyección en la práctica pedagógica e investigativa que contribuye a:

- Apoyar los fines misionales de la Universidad de investigar, producir y difundir conocimiento profesional docente, educativo, pedagógico y didáctico, además de propiciar una interacción con la sociedad para aportar a la construcción de nación.
- Propiciar una mayor consciencia lingüística, al poner de relieve la relación entre ciencia y lenguaje en el proceso de construcción textual, que requiere el desarrollo de la capacidad discursiva y habilidades comunicativas.
- Fortalecer la comunidad académica de la Facultad, al visibilizar las líneas de trabajo de los grupos de investigación de las diferentes unidades académicas.

Características

Pre•Impresos Estudiantes es un proyecto institucional de carácter extra curricular en el que pueden participar los estudiantes y egresados de los diferentes programas de la Facultad que quieran vincularse, ya sea, de manera individual o en grupo. El proceso de acompañamiento que se brinda exige compromiso y disciplina de los participantes, para la cualificación de su proceso escritural. Los temas a trabajar pueden cobijar una amplia gama de aspectos relacionados con las disciplinas —las ciencias, la matemática, la tecnología— y su enseñanza, así como, con la educación en general, ya sean reflexiones de carácter epistemológico o pedagógico, entre otras posibilidades.

Se puede participar con un amplio tipo de formatos de escritura, como por ejemplo: artículos, ponencias, módulos didácticos, cartillas, ensayos, crónicas, experiencias de aula, diarios, informes de investigación, por solo mencionar algunos. El proceso de elaboración, edición y publicación final de cada documento se ajusta al tiempo requerido por los autores para culminar esta labor. La publicación se hace en forma de cuadernillos en formato digital e impreso. La convocatoria es permanente.



https://revistas.upn.edu.co