

# Encuentro de socialización de experiencias investigativas en la Facultad de Ciencias y Educación


Memorias, número 6, volumen 2.  
Medioambiente, desarrollo sostenible,  
tecnología y transformación cultural

**Ibeth Tatiana Durango Lara**  
**César Aurelio Herreño Fierro**  
Compiladores



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS





## **Encuentro de socialización de experiencias investigativas en la Facultad de Ciencias y Educación**

Memorias, número 6, volumen 2.  
Medioambiente, desarrollo sostenible,  
tecnología y transformación cultural

# Encuentro de socialización de experiencias investigativas en la Facultad de Ciencias y Educación

Memorias, número 6, volumen 2.  
Medioambiente, desarrollo sostenible,  
tecnología y transformación cultural

Ibeth Tatiana Durango Lara  
César Aurelio Herreño Fierro

Compiladores





## Comité científico

**César A. Herreño Fierro**

*Coordinador Comité de Investigaciones de la Facultad de Ciencias y Educación*

**Nancy Gómez Bonilla**

*Representante grupos de investigación de pregrado*

**Pedro Rocha Salamanca**

*Representante grupos de investigación de pregrado*

**Fidel Mosquera Mosquera**

*Representante grupos de investigación de pregrado*

**Gustavo Giraldo Quintero**

*Representante grupos de investigación de pregrado*

**Gary Gari Muriel**

*Representante grupos de investigación de posgrado*

**Ibeth Tatiana Durango Lara**

*Asistente Comité de Investigaciones de la Facultad de Ciencias y Educación*



## Comité de apoyo

**Jesús David López Parra**

*Asistente. Monitor del Comité de Investigaciones Facultad de Ciencias y Educación*

**Andrés Felipe Reyes del Valle**

*Asistente. Monitor del Comité de Investigaciones Facultad de Ciencias y Educación*



**UD**  
Editorial

COLECCIÓN



© Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
© Facultad de Ciencias y Educación  
© Ibeth Tatiana Durango Lara, César Aurelio Herreño Fierro  
(compiladores)

**ISSN:** 2665-5616  
**Periodicidad:** anual  
**Primera edición,** mayo de 2022

**Dirección Sección de Publicaciones**  
Rubén Eliécer Carvajalino C.

**Coordinación editorial**  
Edwin Pardo Salazar

**Corrección de estilo**  
Edwin Pardo Salazar

**Diagramación y montaje de cubierta**  
Jorge Andrés Gutiérrez Urrego

**Editorial UD**  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Carrera 24 N.º 34-37  
Teléfono: 3239300 ext. 6202  
Correo electrónico: publicaciones@udistrital.edu.co

**Todos los derechos reservados.**

Esta obra no puede ser reproducida sin el permiso previo escrito de la Sección de Publicaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.  
Hecho en Colombia



# Contenido

<b>Presentación</b>	8
<b>Introducción</b>	10
<b>Parte I</b>	
<b>Medioambiente y desarrollo sostenible</b>	12
<b>Recristalización en frío de ácido p-azido benzoico</b>	13
<i>Javier Mateo Rodríguez González, Kevin David Doncel González y Luis Carlos García Sánchez</i>	
<b>Uso de TGA y DSC para el análisis de azidas aromáticas y alquinos terminales</b>	28
<i>Andrés Felipe Becerra Buitrago, Luis Carlos García Sánchez y Josue Anselmo García Ortiz</i>	
<b>Extracción de ácido araquidónico asistida por microondas</b>	37
<i>Sebastián Sánchez Ramírez y Luis Carlos García Sánchez</i>	
<b>Purificación de azidas a partir de cromatografía en capa fina y procesos de cristalización</b>	51
<i>Yury Andrea Peña Betancourth, Maria Alejandra Marta Piñeros y Luis Carlos García</i>	
<b>Solución energética centralizada para edificaciones eficientes: Distrito Térmico La Babilla del Malecón</b>	62
<i>Liseth Milena Cruz Ruiz</i>	
<b>Sistemas de separación binarios y terciarios en la identificación de sustancias</b>	73
<i>Miguel Guzmán Escobar y Luis Carlos García Sánchez</i>	

<b>Manejo de los residuos orgánicos en el hogar</b>	80
<i>Andrés Villamil y Luis Carlos García Sánchez</i>	
<b>Historia, medioambiente y planificación: el caso de la sabana de Bogotá</b>	96
<i>Jair Preciado Beltrán</i>	
<b>Parte II</b>	
<b>Tecnología y transformación cultural</b>	109
<b>Impacto de las actividades tecnológicas escolares con enfoque CTS en la formación de sujetos</b>	110
<i>Marisol Castiblanco Martínez</i>	
<b>Competencias emprendedoras mediadas por Tecnologías de la Información y la Comunicación en un colegio público de Bogotá: investigación en desarrollo</b>	122
<i>Liliana Mabel Gil Corrales y Oscar Jardey Suárez</i>	
<b>Formación pedagógica en el uso de las tecnologías en los docentes novatos de inglés</b>	134
<i>Leidy Paola Rodríguez Muñoz, Gabriela Mora Cortés y Astrid Ramírez Valencia</i>	
<b><i>Eye Traking</i>, un análisis bibliométrico de investigación en <i>marketing</i> en la última década</b>	150
<i>César Granados-León</i>	
<b>Compiladores</b>	167





## Presentación

Las problemáticas mundiales vigentes, como el cambio climático, las crisis sanitarias, las guerras, la inequidad social, racial y de género, entre otras, develan que las acciones locales y las capacidades humanas, académicas, tecnológicas y científicas especializadas son insuficientes para enfrentar los desafíos presentes. En cambio, aquellos esfuerzos que logran algún efecto significativo incluyen la cooperación internacional en términos de políticas y medidas colectivas sin distinción del nivel de desarrollo, ubicación geográfica o capacidad económica de las naciones. Este escenario ha exigido el concurso de diversas especialidades interconectadas y articuladas en una visión holística del conocimiento. En consecuencia, los esfuerzos académicos, pedagógicos y científicos deben armonizarse con esta naturaleza emergente, a fin de proponer alternativas pertinentes y funcionales que puedan contribuir a la solución de estas problemáticas. Este hecho posiciona los ejercicios de cooperación y de interconexión entre especialidades en un lugar privilegiado cuando se reflexiona sobre la investigación en las instituciones de educación superior.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, como institución pública de educación superior con acreditación institucional de alta calidad, y como universidad de la capital colombiana, no puede estar al margen de esta iniciativa. Es así que, si bien es importante alentar el ejercicio de las prácticas de investigación que ya tienen tradición en nuestra institución, el contexto actual nos exige replantear el foco y la metodología de la investigación, a fin de salvaguardar la pertinencia y validez de esta función misional: la investigación. Por esta razón, resulta fundamental reconceptualizar cada una de las prácticas y los ejercicios relacionados con la investigación, desde aquellas puramente académicas hasta las administrativas. A partir de la administración académica esta tarea va desde modernizar los criterios de evaluación de pertinencia de las propuestas de investigación a ser financiadas, hasta la reorientación del sentido de los eventos y las actividades que tienen como fin la difusión y la socialización

de los resultados de investigación, pasando por los criterios editoriales para la publicación de los mismos.

Estos criterios han sido orientadores de las recientes versiones del Encuentro de Investigaciones de la Facultad de Ciencias y Educación. Hoy nos enorgullece-mos de presentar el volumen 2, número 6, de las memorias del *Encuentro de so-cialización de experiencias investigativas en la Facultad de Ciencias y Educación*, dedicado a los focos del medioambiente y el desarrollo sostenible (parte I) y la tecnología y transformación cultural (parte II), que en total reúnen trece trabajos que integran veintiún investigadores de diferentes ramas del saber.

# Introducción

En armonía con la iniciativa de alentar el sentido de la cooperación y los desarrollos interdisciplinarios y transdisciplinarios, el Encuentro de socialización de experiencias investigativas en la Facultad de Ciencias y Educación en su sexta versión creó espacios de diálogo y confluencia como mecanismo de difusión de los ejercicios de investigación desarrollados por semilleros, grupos, redes u organizaciones. Este escenario promovió el trabajo conjunto, facilitó la consolidación de nuevas estrategias de cooperación y el fortalecimiento de las ya existentes, posibilitó un diálogo referente al impacto social y científico de la investigación y alentó la convergencia intersubjetiva de los intereses de investigación de las estructuras de investigación mencionadas.

A diferencia de las versiones previas en las que las mesas de trabajo estaban organizadas según las especialidades de los saberes, el evento se articuló alrededor de problemáticas generales a las que se convocaron investigadores de las diferentes especialidades, quienes después de presentar sus trabajos de investigación discutieron en plenaria alrededor de preguntas transversales que tuvieron como fin, en primera instancia, identificar afinidades en los intereses de investigación de los participantes, así como sus potencialidades, experticias y recursos para la investigación (teorías, hipótesis, procedimientos metodológicos, software, material bibliográfico, datos, equipos, etc.) que pudieran compartir con los demás.

En segunda instancia, las preguntas exploraron sobre la posibilidad de establecer esfuerzos en el desarrollo de proyectos comunes con participación de varios de los convocados y describir una posible hoja de ruta para la ejecución de tales proyectos. De esta forma, el comité organizador logró materializar la iniciativa de favorecer la búsqueda de alianzas y la cooperación entre las diferentes estructuras de investigación, más allá de la mera difusión aislada de sus trabajos, logrando formas más eficientes de encuentro y relación entre los participantes.

En este sentido, este libro compila el conjunto de trabajos desarrollados por semilleros, grupos, docentes y estudiantes, tanto de la Facultad de Ciencias y

Educación como de las demás facultades de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y de otras instituciones académicas del país. Esta compilación está encabezada por la ponencia magistral del doctor Humberto Quiceno Castrillón (que se encuentra en el volumen I), quien estructuró su ponencia alrededor de la concepción de la práctica como un objeto a investigar orientado a la discusión sobre cómo investigar y qué investigar en educación y pedagogía.

Así pues, en la presente obra se encuentran diferentes temáticas, pensadas para darle una mayor visibilización al Encuentro, estas son: las políticas públicas en educación e investigación; convivencia, conflictos y ambientes de aprendizaje; medioambiente y desarrollo sostenible; tecnología y transformación cultural; estudio de las ciencias básicas y aplicadas; pedagogía y didáctica de saberes; investigación formativa; y diversidad, discriminación cultural y de género.

Finalmente, este evento tuvo lugar en la Biblioteca Central de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Aduanilla de Paiba), del 1 al 5 de diciembre de 2019.



# **Parte I**

## **Medioambiente y desarrollo sostenible**

# Recristalización en frío de ácido p-azido benzoico

Javier Mateo Rodríguez González\*

Kevin David Doncel González\*\*

Luis Carlos García Sánchez\*\*\*

Semillero en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible

Grupo de investigación Química Computacional y Desarrollo Sustentable

## Introducción

Se requiere la purificación del ácido p-azido benzoico, el cual fue previamente sintetizado por los estudiantes del grupo de investigación y el semillero en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible. En primera instancia, se utilizó la cromatografía en capa fina con el fin de determinar el número de componentes que tiene la azida sintetizada. Al realizar varias placas cromatográficas se evidenciaron dos componentes en el sólido sintetizado. Es decir, se detectaron impurezas en el mismo.

Se procedió entonces a la purificación del ácido en frío, de tal manera que se separaron las impurezas con solventes como el hexano, entre otros, así se obtuvieron cristales mucho más limpios. A estos se les tomaron los espectros infrarrojos —cabe resaltar que también se tomó el espectro infrarrojo antes de la purificación—. Una vez obtenidos ambos espectros se compararon entre sí, se evidenció que se eliminaron algunas bandas o que algunas de estas en el

\* Estudiante investigador. Proyecto curricular de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: rodriguezgonzalez2008@gmail.com

\*\* Estudiante investigador. Proyecto curricular de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: Kevindoncel20@gmail.com

\*\*\* Profesor investigador. Proyecto curricular de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: lucas201520161@gmail.com

espectro de la muestra sin purificar eran menos intensas; con base en esto se logró determinar que el compuesto sí fue purificado, o al menos se le retiraron unos componentes que no hacían parte del ácido p-aminobenzoico —los cuales podrían ser posibles precursores que se utilizaron para sintetizarlos—.

## Fundamento teórico

El grupo funcional azida es el anión con fórmula  $N_3^-$ . Es la base conjugada del ácido hidrazoico. La azida es también un grupo funcional en química orgánica,  $RN_3$ . El anión  $N_3^-$  es lineal y tiene propiedades isoelectrónicas con  $CO_2$  y  $N_2O$ . Debido a la teoría de enlaces de valencia, la azida puede ser descrita con diferentes estructuras resonantes, una de las más importantes es  $N=N+=N^-$ .

El grupo azido tiene una constante de protección de Shoolery de 1.97, intermedia entre el bromuro (2,33) y el yoduro (1,82) (4). Como un sustituyente en una cadena alquílica, causa efectos de cambio químico de  $^3C$ -RMN similares a los de un grupo cloruro (e intermedio entre un hidroxilo y amino) en las posiciones alfa y gama. No obstante, parece ser el único sustituyente que genera un cambio de campo arriba del carbono beta. El último efecto puede no ser operativo con azidas rígidas esteroideas (Abramovitch y Jeyaraman, 1984).

La IR y la espectroscopía Raman dependientes de la temperatura se han utilizado para estudiar las transiciones de fase en estructuras de manganeso-azida con cationes de dimetilamonio ( $DMA^+$ ) o tetrametilamonio ( $TMA^+$ ), que adoptan una estructura cristalina similar a la perovskita. Los marcos construidos de iones azida —los menos explorados entre la familia— se piensa que experimentan transiciones estructurales para igualar en mayor medida que en el caso de las redes basadas en formato. La estructura azida es más flexible y deformable, lo que es consecuencia de una distancia más larga en relación con el  $N_3$  (Abramovitch y Jeyaraman, 1984).

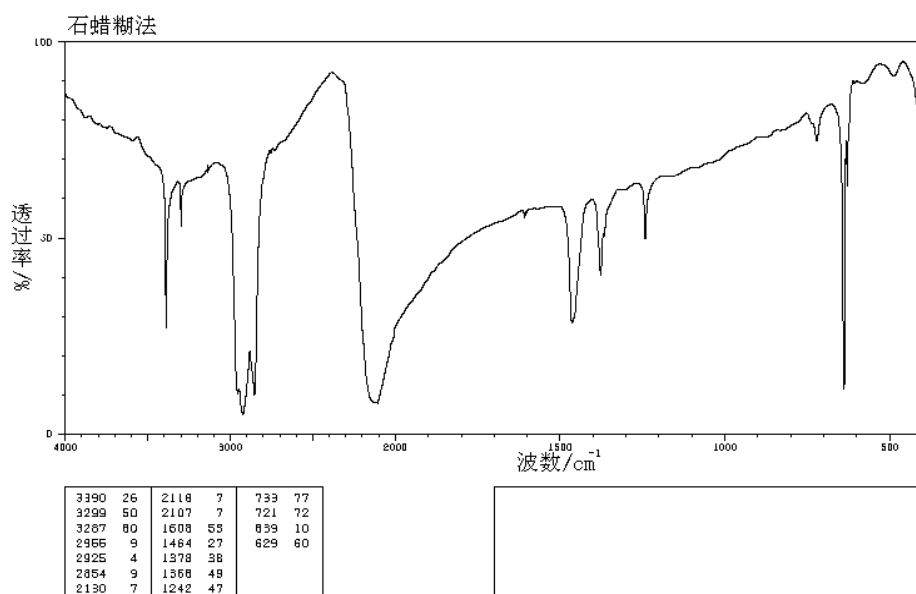
Lo anterior permite construir redes de coordinación con iones metálicos que poseen radios iónicos grandes y un entorno distorsionado, como por ejemplo  $Cd^{2+}$ . También son conocidos por poseer propiedades magnéticas interesantes (como el ferromagnetismo) a mayores temperaturas que sus análogos de formato.

## Usos de las azidas

Las azidas son bastante utilizadas en procesos industriales, como productos químicos, colorantes, cauchos y metales. Estos compuestos también se utilizan en el tratamiento de aguas residuales y como productos químicos intermedios, en agentes desinfectantes y detergentes. La 1,1 azobisformamida es un compuesto de soplado para el caucho sintético y natural para los acetatos de etilen vinilo.

También es útil como agente espumante y aditivo para aumentar la porosidad de los plásticos. Entretanto, el ácido tricloro isocianurico y el diclorocianucirato sódico se utilizan como agentes desinfectantes para piscinas y como principios activos de detergentes (Kyba, 1984).

**Figura 1.** Espectro infrarrojo de azida de sodio  
ESPECTRO IR



**Fuente:** Spectral data base for organic compounds (Chemical book, 2017)

Para las azidas, los espectros infrarrojos presentan bandas características en 2966  $\text{cm}^{-1}$ , y tienen un sobre tono bastante característico. Su comprobación se da entre 2100  $\text{cm}^{-1}$  y 2150  $\text{cm}^{-1}$ , ya que presentan la flexión de los átomos  $\text{N}=\text{N}$ . Estos son característicos de los grupos nítrenos (Abramovitch y Jeyaraman, 1984).

## Metodología

### • Pruebas de solubilidad de la azida

Esta prueba consiste en realizar ensayos de solubilidad en diferentes compuestos orgánicos. Se toman pequeñas cantidades del compuesto problema y a continuación se agregan unas gotas de los solventes en la placa de porcelana excavada. Se observa en cuáles de ellas la muestra es soluble, parcialmente soluble o insoluble.



• **Cromatografía**

Se desarrolla una cromatografía de capa fina en la cual se utiliza como fase estacionaria sílica gel. Inicialmente se efectúa la elución con un único solvente como fase móvil, acto seguido se hacen mezclas binarias y ternarias. Para la primera parte de la cromatografía se tomaron tres solventes: nitrometano, acetato de etilo y etanol; después se realizan mezclas binarias y ternarias, como se presenta en los resultados.

• **Recristalización**

Se solubiliza la muestra con mezclas entre solventes; las muestras son solubles y parcialmente solubles. En el proceso se emplearon dos mezclas de solventes, una binaria entre metanol y hexano y una ternaria entre nitrometano, etanol y hexano. En cada caso se obtuvieron cristales.

**Resultados**

Las pruebas realizadas sobre la muestra de azida se dividieron en dos partes. La primera consistió en ensayos de solubilidad, con diferentes compuestos orgánicos (tabla 1), en los que se determinó la solubilidad de la muestra.

**Tabla 1.** Resultados de las pruebas de solubilidad






Pozos	Solvente	Constante dieléctrica	Solubilidad
1	Etanol	32,7	Sí
2	Dietiléter	4,3	Sí
3	Acetona	20,7	Sí
4	Nitrometano	35,87	Parcial
5	Tolueno	2,4	Parcial
6	Hexano	2,02	No
7	Diclorometano	8,9	No
8	Acetato de etilo	6,02	Sí
9	Agua	81	No
10	Dimetil sulfoxido	45	Sí
11	Tetrahidrofurano	7,6	Parcial
12	Ácido acético	6,15	Parcial

**Fuente:** elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos en estas pruebas, se decide tomar el dimetil sulfoxido como solubilizante de la muestra.

Se continuó con una cromatografía en capa fina de la muestra, inicialmente tomando un único solvente como fase móvil para posteriormente hacer mezclas binarias y ternarias (tablas 2, 4 y 6). Los solventes y las cantidades utilizadas como fase móvil para las cromatografías se presentan en las tablas 3 y 5.

Tabla 2. Resultados de la cromatografía con un único solvente

Fase móvil	Etanol	Acetato de etilo	Nitrometano	Ácido acético	Tetrahidrofurano
Placas					

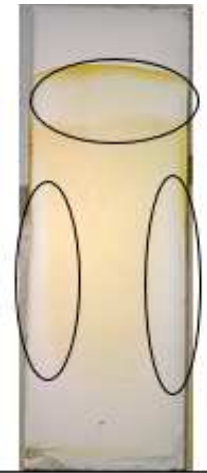


Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Mezclas binarias

Mezcla 1		Mezcla 2		Mezcla 3	
Reactivo	Fracción molar	Reactivo	Fracción molar	Reactivo	Fracción molar
Etanol	0,5	Nitrometano	0,5	Acetato de etilo	0,5
Acetato de etilo	0,5	Etanol	0,5	Nitrometano	0,5

Fuente: elaboración propia

**Tabla 4.** Resultados de la cromatografía con mezclas binarias

Mezcla binaria	1	2	3
Placa cromatografía			




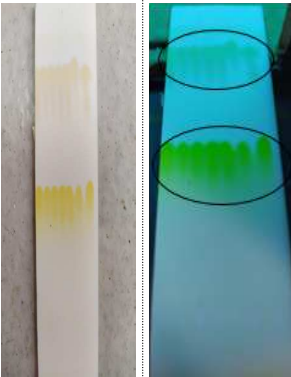
Fuente: elaboración propia

**Tabla 5.** Cálculos para realizar las mezclas ternarias

Mezcla 1		Mezcla 2		Mezcla 3		Mezcla 4	
Reactivo	X	Reactivo	X	Reactivo	X	Reactivo	X
Acetato de etilo	0,1	Acetato de etilo	0,4	Acetato de etilo	0,7	Acetato de etilo	0,6
Nitrometano	0,7	Nitrometano	0,3	Nitrometano	0,2	Nitrometano	0,2
Etanol	0,2	Etanol	0,3	Etanol	0,1	Etanol	0,2

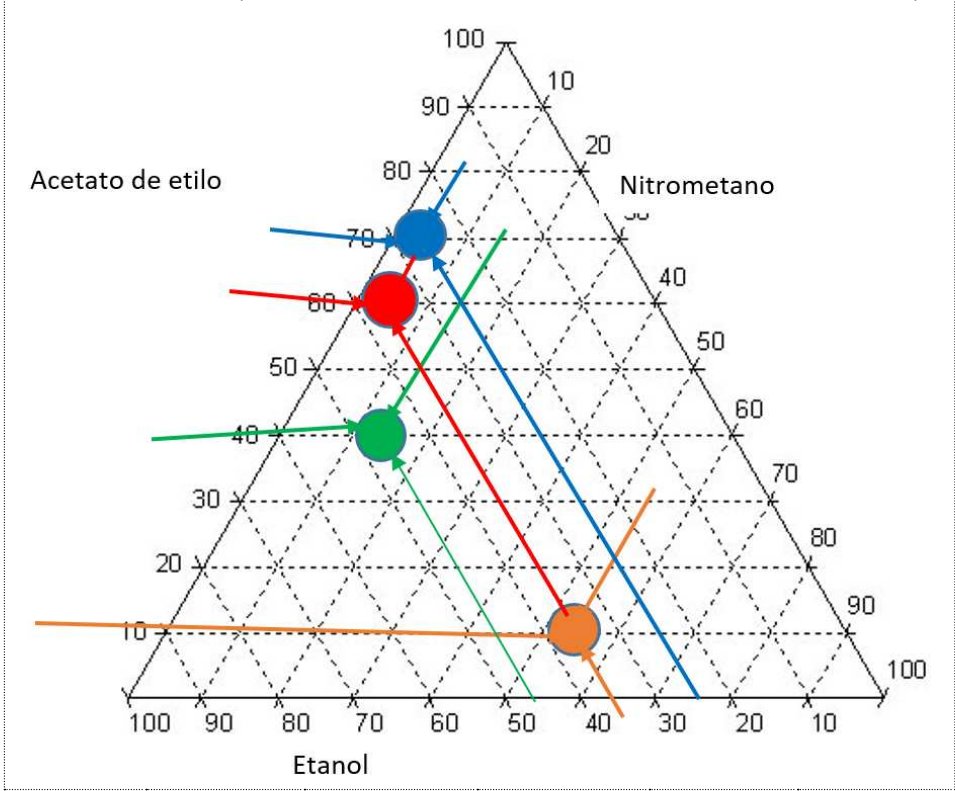
Fuente: elaboración propia

**Tabla 6.** Resultados de la cromatografía con mezclas ternarias

Mezclas	1	2	3	4
Placa				

**Triángulo de mezclas ternarias.**

Mezcla 1: color naranja. Mezcla 2: color verde. Mezcla 3: color azul. Mezcla 4: color rojo.





**Fuente:** elaboración propia

Partiendo de los datos obtenidos en las pruebas de solubilidad y cromatografía se decide realizar una recrystalización sobre la muestra para purificarla. La recrystalización se da en una mezcla binaria entre metanol y hexano, y en una mezcla ternaria entre nitrometano, etanol y hexano.

Los resultados de la recrystalización se presentan en la tabla 7.

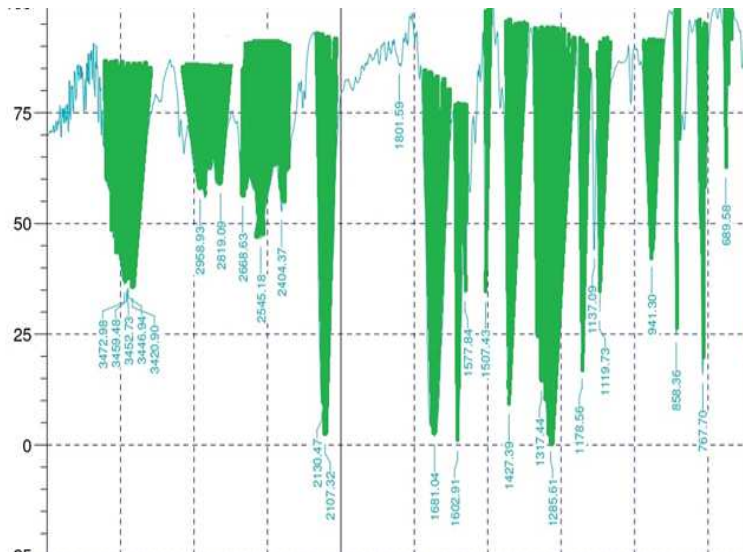
**Tabla 7.** Resultados de la recrystalización

Mezcla	Metanol y hexano	Nitrometano, etanol y hexano
Cristales		

**Fuente:** elaboración propia

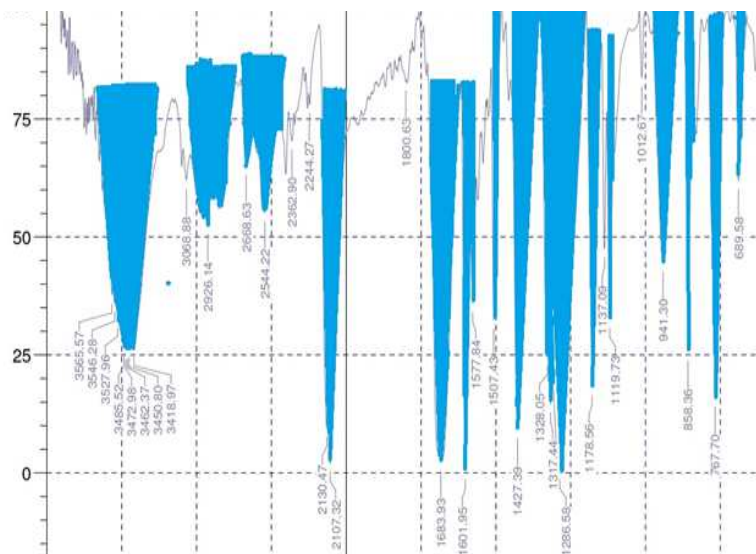
A los cristales se les toma espectro infrarrojo (figuras 2, 3 y 4).

**Figura 2.** Espectro IR de la muestra control



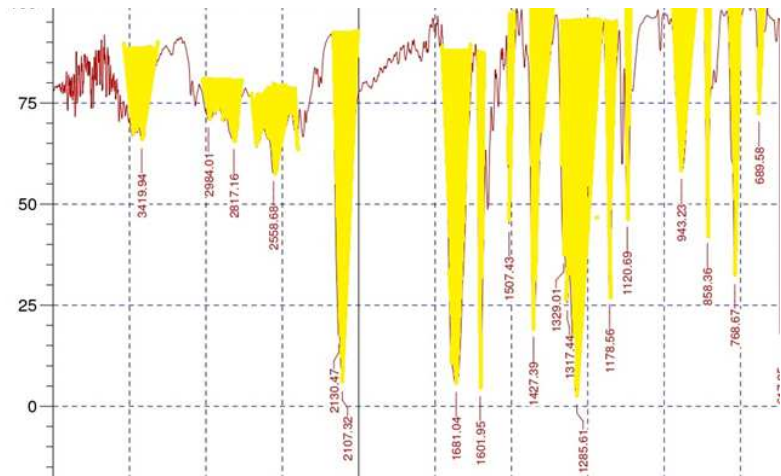
**Fuente:** elaboración propia

**Figura 3.** Espectro IR de la muestra recristalizada en nitrometano + etanol + hexano



**Fuente:** elaboración propia

**Figura 4.** Espectro IR de la muestra recristalizada en metanol + hexano



**Fuente:** elaboración propia

Las bandas características en cada uno de los espectros se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8.** Bandas determinadas de los contaminantes de reactivo en el espectro IR

Metanol + hexano		Nitrometano + etanol + hexano		Control	
Peak	Intensit	Peak	Intensit	Peak	Intensit
1119,73	30,123	1119,73	32,63	1120,69	46,4
1285,61	0,554	1286,58	0,57	1285,61	2,445
1317,44	14,216	1317,44	14,68	1317,44	25,701
1681,04	2,037	1683,93	2,36	1681,04	5,523
2107,32	2,135	2107,32	2,12	2107,32	5,673
2130,47	9,555	2130,47	9,49	2130,47	17,35
3420,9	35,234	3068,88	62,06	3419,94	65,769

**Fuente:** elaboración propia

**Discusión**

La muestra problema pertenece a los compuestos orgánicos denominados azidas. Tienen una estructura molecular altamente polar debido a la presencia del grupo -N=N+=N-, lo que ocasiona que la solubilización deba realizarse en solventes polares, como se evidencia en la tabla 1.

Los únicos solventes en los cuales el resultado es positivo son aquellos de los pozos 1, 2, 3, 8 y 10. Es importante resaltar que la muestra posiblemente no contiene solo la azida, sino también una mezcla de sustancias desconocidas, que se buscan separar posteriormente por cromatografía. Es de destacar que las pruebas de solubilidad pueden verse afectadas si el solvente llega a sobresaturarse. Por lo anterior debe tenerse en cuenta el kps de la sustancia trabajada, sin embargo, como en este caso la sustancia es desconocida, no puede establecerse un valor exacto para este parámetro. Esto podría explicar por qué algunos solventes con una constante dieléctrica alta (como el nitrometano  $\epsilon = 35,87$ ) no son capaces de solubilizar totalmente la muestra, mientras que otros, con una constante baja (acetato de etilo  $\epsilon = 6,02$ ), sí logran disolverla.

Tras efectuar estas pruebas de solubilidad se procede a realizar la cromatografía en capa fina de la muestra problema. Así se busca determinar el grado de pureza de la azida para estimar la efectividad de la purificación y establecer si la técnica de obtención se encuentra bien fundamentada o si es necesario hacer ajustes, como reducir o aumentar la concentración de los reactantes.

Para la técnica cromatográfica se hace uso de sílica gel ( $\text{SiO}_2$ ) como fase fija.

Al revisar los resultados plasmados en la tabla 2 se evidencia que tanto el ácido acético como el tetrahidrofurano no arrastran la muestra, dejando esta en el punto de origen. La causa probable es que dichos solventes presentan constantes dieléctricas bajas (6,15 y 7,6, respectivamente) y a su vez un índice de polaridad no tan alto (6,0 y 4,0 respectivamente). Su capacidad de formar enlaces dipolo-dipolo o puentes de hidrógeno es baja, lo que causa que la muestra, altamente polar, se quede en el punto de siembra.

Contrario a ellos, el etanol, el acetato de etilo y el nitrometano arrastraron satisfactoriamente la muestra. Observamos entonces que las constantes dieléctricas que se establecen son altas (24,55, 6,02 y 35,9, respectivamente), aunque sus índices de polaridad no son muy altos, de manera similar a los otros dos solventes (4,3, 4,4 y 6,0, respectivamente).

Para explicar este punto es necesario tener en cuenta el concepto de fuerza de elución. Este indica la facilidad del disolvente para formar enlaces de hidrógeno con las moléculas que queremos extraer, la cual depende de su constante dieléctrica o de su momento dipolar. Es decir, para que los compuestos que permanecieron en el punto de siembra logren desplazarse es necesario jugar con la polaridad de los solventes, ya que el orden de elución de un compuesto se incrementa al aumentar la polaridad de la fase móvil o eluyente.

De otra parte, la retención de la muestra en el punto de siembra se puede explicar con base en la competencia que se establece entre el soluto a separar y



la fase móvil por adsorberse a los centros activos polares de la fase estacionaria. Así, las moléculas de soluto se encuentran adsorbidas en la fase estacionaria. Finalmente, a medida que se produce la elución van siendo desplazadas por la fase móvil.

Analizado el fenómeno desde el concepto de potencial químico se tiene una diferencia de potencial entre la sílica gel y los diferentes solventes utilizados, puesto que, según se evidencia, el potencial químico de la muestra era mucho mayor en el solvente que en la sílica. Por lo anterior, el arrastre de la misma nunca se daría, pues la muestra no se verá más atraída químicamente por el solvente que por la sílica, quedando así en el punto de siembra. Esto se puede representar mediante la ecuación:  $\mu_{muestra}^{solvente} > \mu_{muestra}^{silica}$

Otro factor a tener en cuenta para la cromatografía es la naturaleza misma de la muestra. Por ejemplo, la polaridad del compuesto. Esta es determinada por el número y la naturaleza de los grupos funcionales presentes. Los solutos más polares quedarán más retenidos, pues se absorben más firmemente a los centros activos de la fase estacionaria, mientras que los no polares se eluyen con mayor facilidad. Tal como se sabe, la muestra problema contiene mayoritariamente compuestos polares, por tanto, es normal que esta permanezca retenida en el punto de siembra al no utilizar un solvente adecuado para la elución.

A partir de los tres solventes seleccionados se preparan mezclas binarias con diferentes concentraciones. Se prueban observando el comportamiento durante la separación de los componentes de la muestra. En tabla 4 se puede evidenciar que la mezcla 1 logró separar dos compuestos diferentes; uno que eluye hasta el frente de corrida, y otro que queda rezagado a 2/3 de la placa. La mezcla 2, de forma similar a la anterior, separa dos componentes diferentes; uno que de igual forma va hasta el frente de corrida y otro que no sube mucho más allá del punto de siembra.

Finalmente, en la tercera mezcla se presentan dos separaciones, solo que en este caso la concentración del compuesto que sube hasta el frente de corrida es mucho menor que la del compuesto que se posiciona en la mitad de la placa.

Con los resultados anteriores se procede a preparar mezclas ternarias, como se presenta en la tabla 6. Con la mezcla 1 se evidencia una separación de dos componentes, aunque no es muy claro. La mezcla 2 da resultados similares a la anterior. Al probar la mezcla 3 se ve claramente como los dos componentes se separan a una distancia considerable, lo que lleva a la conclusión de que debe aumentarse la concentración de uno de los dos solventes más polares para que la separación sea más clara.

De esta manera se llega a la preparación de la mezcla 4, en la cual se mantiene en mayor proporción el componente menos polar, para que no toda la muestra sea arrastrada hacia el frente de corrido —es necesario puntualizar que los dos componentes más polares están en una proporción igual—. El resultado es una separación muy clara entre los dos componentes de la muestra problema. Se corrobora así que la muestra no se encuentra realmente pura, ya que se presentan dos bandas diferentes en la cromatoplaca. Las impurezas pueden deberse principalmente a los remanentes que resultan de la síntesis del producto, sin embargo, no es posible estimar realmente cuál de los dos es el compuesto de interés, para esto es necesario realizar un procedimiento diferente.

Para la recrystalización de la muestra se buscan solventes que cumplan con las características necesarias para el proceso. Estas son que sean relativamente volátiles, con el fin de que los cristales obtenidos puedan secarse con facilidad; que se disuelvan mal o no muy bien las impurezas, para que puedan eliminarse al filtrar y, por último, que no reaccionen con el compuesto a cristalizar. Este último aspecto es de vital importancia para la recrystalización, ya que las azidas son compuestos altamente reactivos; la técnica debe aplicarse a temperatura ambiente o en frío, para evitar reacciones colaterales.

Teniendo en cuenta lo anterior, se disuelve la muestra en dos solventes que cumplen con las condiciones. El primero de ellos fue el metanol, y el segundo una mezcla de nitrometano + etanol. En ambas soluciones la muestra es parcialmente soluble, de lo que se puede inferir que esta disuelve una parte, dejando en la fracción insoluble los contaminantes. Posteriormente se agrega hexano, con el objetivo de precipitar los cristales que fueron solubles. Esto por cuanto la muestra es insoluble en hexano.

Al comparar los espectros infrarrojos de las muestras 1 y 2 se puede afirmar que la purificación realizada en metanol + hexano (muestra 1) presenta un mejor resultado que aquella que se realizó en nitrometano + etanol + hexano (muestra 2), ya que esta última presenta mucha semejanza con la muestra control, tanto en el tamaño de las bandas como en el número de las mismas que aparecen en el espectro.

Además, al observar la región que va desde 3418,97 a 3565,57  $\text{cm}^{-1}$  se evidencia un aumento de tamaño en las mismas, lo que podría atribuirse a que la muestra se contaminó con parte del etanol que fue utilizado en la recrystalización. Al comparar los espectros obtenidos de las muestras 1 y 3 se puede observar una clara disminución en el tamaño de todas las bandas características. También se da la desaparición de otras bandas que, en la muestra 3, presentaban un tamaño representativo, como lo son las bandas 1137,09, 1577,84, 1801,59 y 2668,63  $\text{cm}^{-1}$ .

No obstante, las bandas que sufrieron la disminución más grande fueron las que se presentaron en la región de 3418,97 a 3565,57  $\text{cm}^{-1}$ , lo cual indica que se retiraron remanentes del precursor.

La disminución en el tamaño de las bandas en el compuesto purificado se puede deber a la reorganización que sufren los cristales del sólido, ya que al momento de reorganizar los cristales de una manera mucho más compacta se reduce significativamente el espacio entre ellos, por tanto, se reduce también la intensidad de la luz transmitida a través de la muestra, lo que afecta directamente a la transmitancia de la muestra  $\% \text{transmitancia} = \text{IM/IR} \times 100$ .

El compuesto presenta bandas características para los grupos amino, carboxilo, hidroxilo, azido y bandas de un anillo aromático. De aquí se puede afirmar que el posible precursor utilizado para la síntesis de esta azida sería el ácido 3-aminosalicílico o el ácido 4-aminosalicílico. No es posible atribuir concretamente alguno de estos dos compuestos, ya que las bandas presentes en el IR no brindan la capacidad para distinguir exactamente la distribución de las sustituciones en un anillo aromático tetrasustituido. Sin embargo, al dialogar con el responsable de la síntesis se pudo establecer que, efectivamente, utilizó ácido 4-aminosalicílico como precursor.

## Conclusiones

- Se logró identificar que al revelar las cromatoplasmas de la muestra en luz ultravioleta se tiene la presencia de otro compuesto. De esta manera se corrobora la presencia de más de un compuesto en la muestra inicial.
- Al comparar los espectros infrarrojos entre la muestra sin purificar y la muestra purificada se notó que algunas de las bandas desaparecieron, y que las bandas parecidas son mucho más finas y cuentan con mayor intensidad. De esta manera se asume, mediante espectrometría infrarroja, que la muestra fue purificada.
- El producto de la recristalización realizada en metanol-hexano presenta una mayor disminución en las bandas del espectro infrarrojo, en consecuencia, esta mezcla debe ser considerada la más óptima al momento de purificar azidas.
- Se determinó que la producción recibida tenía restos de uno de los reactivos.

## Referencias

Abramovitch, R. A. y Jeyaraman, R. (1984). Nitrenium Ions. En E. Scriven (ed.), *Azides and Nitrenes: Reactivity and Utility* (pp. 297-357). Academic Press, Inc. <https://ur.booksc.eu/book/21829479/e906f9>

- Chemical book. (2017). *Sodium azide (26628-22-8) IR1*. 26628-22-8 (CAS DataBase Reference). [https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN\\_26628-22-8\\_IR1.htm](https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN_26628-22-8_IR1.htm)
- Kyba, E. P. (1984). Alkyl Azides and Nitrenes. En E. Scriven (ed.), *Azides and Nitrenes: Reactivity and Utility* (pp. 1-34). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-633480-7.50005-5>

# Uso de TGA y DSC para el análisis de azidas aromáticas y alquinos terminales

Andrés Felipe Becerra Buitrago\*

Luis Carlos García Sánchez\*\*

Josue Anselmo García Ortiz\*\*\*

Semillero en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible

Grupo de investigación Química Computacional y Desarrollo Sustentable

## Introducción

El análisis térmico ha tomado relevancia en la síntesis orgánica como método de caracterización e identificación de los diferentes compuestos obtenidos. Estas técnicas permiten reconocer propiedades físicas y químicas de las sustancias trabajadas, lo que les ha otorgado un criterio de pureza adicional a los análisis instrumentales convencionales. La implementación de los análisis TGA/DSC dentro del trabajo realizado en el grupo de investigación Química Computacional y Sustentabilidad, en la línea de trabajo “Síntesis de precursores de compuestos triazólicos”, ha permitido conocer las características termodinámicas de cada una de las muestras obtenidas, conformándose una información relacionada con su reactividad, estabilidad y composición.

---

\* Estudiante investigador. Proyecto curricular de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: andresfbecerrab@gmail.com

\*\* Profesor. Proyecto curricular de Licenciatura en Química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: lucas201520161@gmail.com

\*\*\* Profesor. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: josuegarcia54@gmail.com

## Fundamento teórico

El análisis térmico consiste en la aplicación de un grupo de técnicas que hacen posible identificar y medir las propiedades físicas y químicas de una muestra con respecto a incrementos controlados de temperatura en un tiempo determinado. Este proceso permite registrar las transferencias de calor producidas en cada muestra. Los métodos surgen gracias al interés por precisar los efectos que genera la energía térmica sobre las diferentes propiedades de la materia, y de esta forma evaluar su calidad y grado de pureza (Rodríguez y Villegas, 2012).

Existen diversos experimentos llevados a cabo con el uso de los métodos termoanalíticos, dependiendo del tipo de propiedad que se quiera medir. Dentro de los más utilizados se encuentra el análisis termogravimétrico (TGA), el análisis térmico diferencial (DTA) y la calorimetría de escaneo diferencial (DSC). Otros métodos, menos frecuentes, son el análisis termomecánico (TMA), la termooptometría y el estudio de la conductividad eléctrica en función de la temperatura.

El TGA consiste en el registro de la pérdida de masa de una sustancia determinada en función de la temperatura y el tiempo a los cuales se ve sometida la muestra. Este proceso se realiza mediante una termobalanza, la cual está compuesta por una microbalanza electrónica conectada a un horno y un sistema de registro computacional, que permite el monitoreo del análisis en tiempo real (Zambrano, 2014). Un aspecto importante a considerar durante el desarrollo de este método es la selección de la atmósfera de trabajo. Para ello debe tenerse en cuenta las propiedades que se quieren identificar o evaluar, ya que el uso de gases oxidantes o inertes altera los resultados obtenidos debido a reacciones que la muestra pueda sufrir en presencia de estos ambientes (Gabbott, 2008).

El TGA se divide de acuerdo con el tipo de análisis que se quiera realizar. El método dinámico consiste en el aumento gradual de la temperatura sobre la muestra, registrando las pérdidas de masa producidas durante el gradiente programado. El segundo experimento, denominado isotérmico, mantiene la temperatura del sistema y registra las pérdidas con respecto al tiempo. Estos resultados son procesados mediante un termograma, el cual evidencia las pérdidas de masa de la muestra, el tiempo en el cual ocurre y la energía suministrada durante el proceso (Manals-Cutiño, Penedo-Medina y Giralt-Ortega, 2011).

El DTA y la DSC son dos técnicas de análisis térmico que permiten registrar los diferentes eventos termodinámicos (endotérmicos y exotérmicos) ocurridos en la muestra al ser sometida a diferentes temperaturas. En ambos casos se registra la energía que requiere una sustancia para realizar un proceso (cambio de estado, descomposición, reorganización). La diferencia entre los dos métodos consiste en que el DTA mide estos sucesos por medio de las diferencias de

temperatura, mientras que la DSC lo hace con respecto a la energía transferida de la sustancia problema a una sustancia de referencia, siendo más preciso este último (Brown, 2001).

La mayoría de las muestras utilizadas para este tipo de análisis son sólidas, por lo que los fenómenos que son registrados a partir de la técnica DSC corresponden o son propios de reordenamientos de estructura cristalina o de interacciones entre sólidos de diferente naturaleza. Otros eventos que pueden ser observados son las transiciones de fase producidas por el incremento en la temperatura del sistema, la descomposición de la sustancia, las transiciones vítreas y las reacciones químicas con la atmósfera utilizada (Brown, 2001). Cada uno permite identificar las propiedades físicas o químicas del compuesto trabajado, ampliando el espectro de información que se tiene sobre él.

Entretanto, técnicas como el análisis termomecánico y la termooptometría son utilizados de forma más amplia en la industria de materiales y polímeros, para caracterizar sus propiedades y establecer su calidad.

Por su parte, el TMA es empleado, principalmente, en la caracterización de materiales como polímeros o resinas. En este método se determinan las propiedades mecánicas (tensión, flexibilidad, expansión, contracción) del material analizado en función de incrementos de temperatura controlados (Gabbott, 2008).

Finalmente, la termooptometría es un conjunto de técnicas utilizadas para medir las propiedades ópticas de una sustancia en función de la temperatura. Propiedades como la reflexión de la luz, las longitudes de onda específica, la emisión de la luz o el índice de refracción pueden ser medidas mediante este método. Teniendo en cuenta el tipo de propiedad que se planea determinar, este análisis se divide en diferentes técnicas: termomicroscopia, termoluminiscencia y termoespectrofotometría (Brown, 2001).

## Metodología

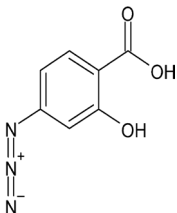
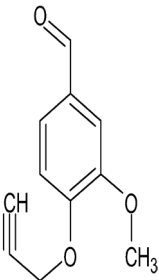
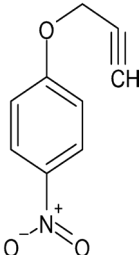
Para la obtención de datos de TGA/DSC se utilizó un equipo SETARAM LABSYS Evo STA, ubicado en los laboratorios de Química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Fue necesario realizar un blanco con dos crisoles vacíos de alumina de 100  $\mu$ L, utilizando los siguientes parámetros de análisis: atmósfera de N<sub>2</sub>, rampa de temperatura de 25 a 1000 °C con aumento de 10 °C cada 10 minutos. Finalizado el proceso, se efectuó un análisis de TGA/DSC bajo las mismas condiciones para las siguientes muestras sintetizadas: ácido 4-azidobenzoico, vainillinpropargileter y (4-nitrofenil) propargileter.

## Resultados

Antes de realizar el respectivo análisis de TGA/DSC para cada una de las muestras, se determinó el punto de fusión o descomposición de cada una de ellas. Se obtuvieron los valores registrados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Puntos de fusión o descomposición de las muestras trabajadas

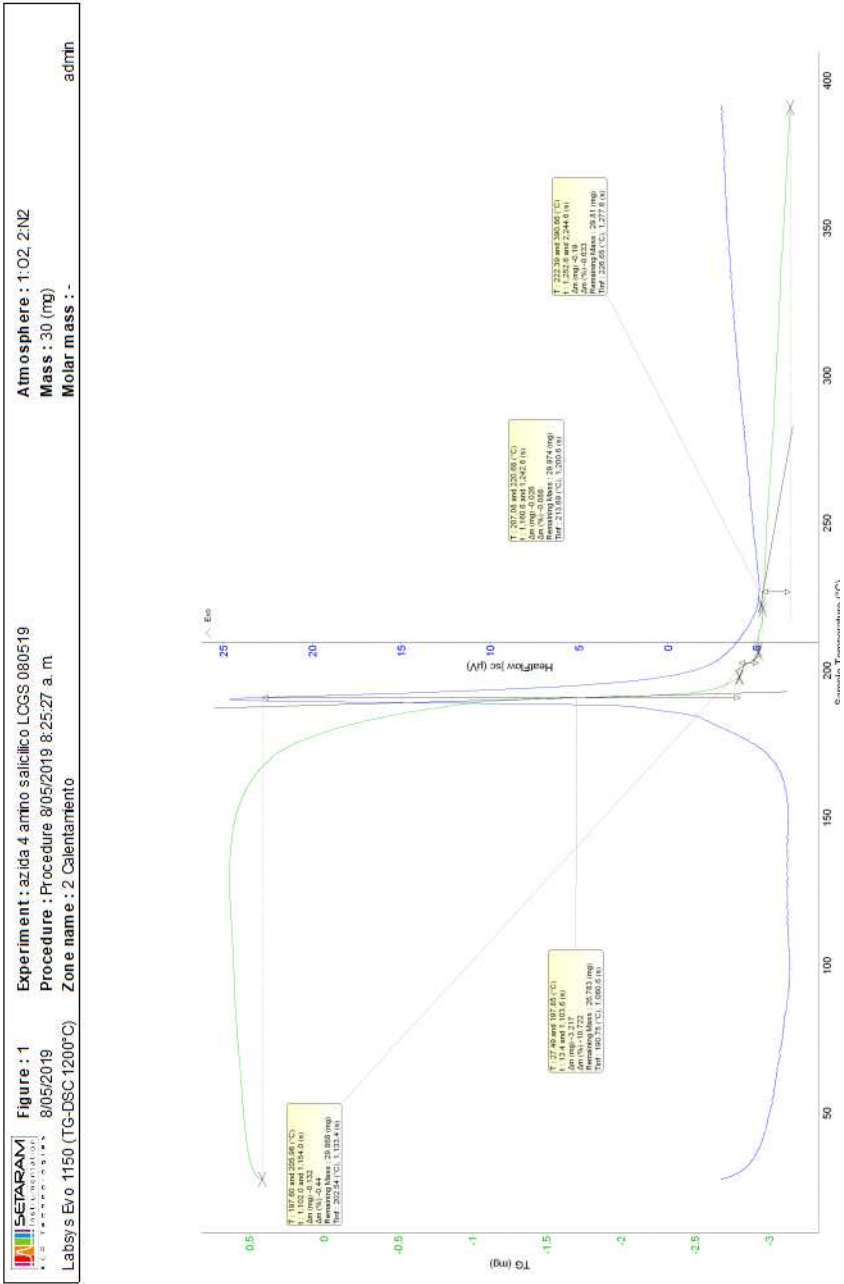
Muestra	Estructura	Punto de fusión/ descomposición reportado* (°C)	Punto de fusión/ descomposición experimental (°C)
Ácido 4-azidosalicílico		193-197	191
Vainillinpropargileter		86	82
(4-nitrofenil) propargileter		114-115	115

**Fuente:** elaboración propia

En las figuras 1, 2 y 3 se presentan los termogramas obtenidos para cada una de las muestras trabajadas.

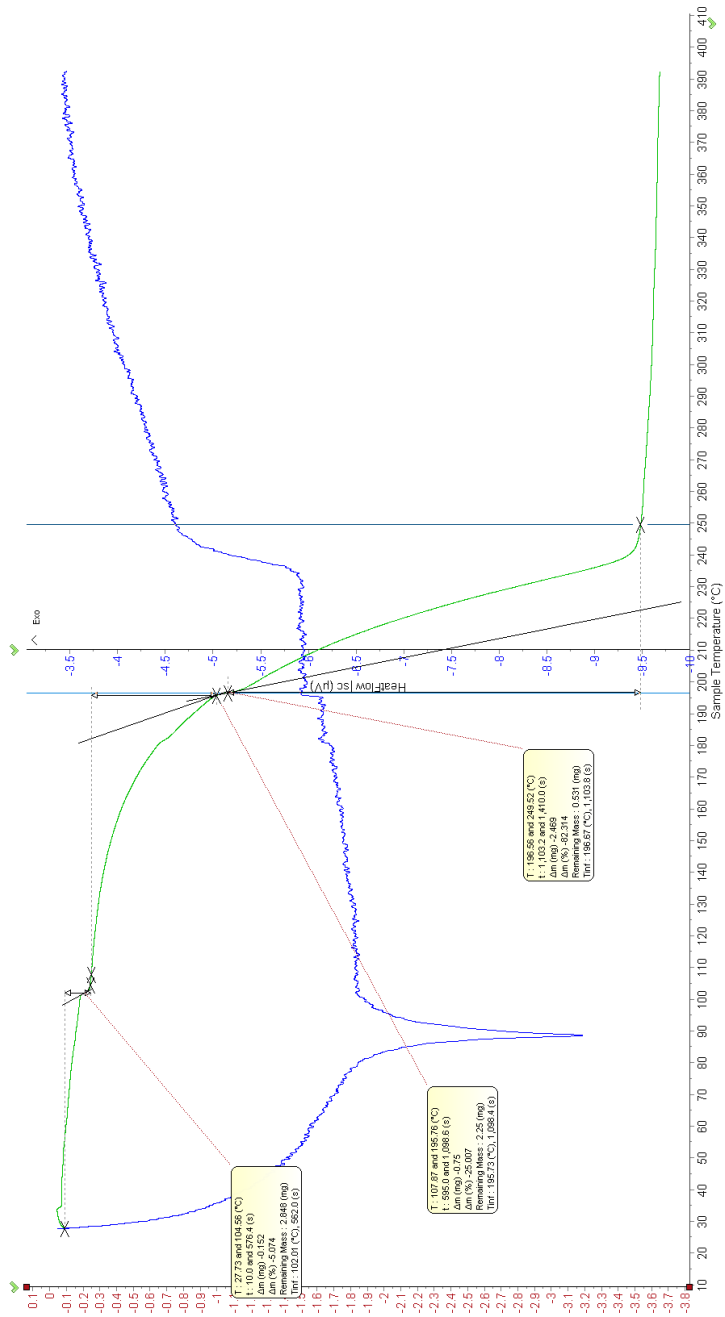


Figura 1. Análisis TG/DSC para ácido 4-azidosalicílico



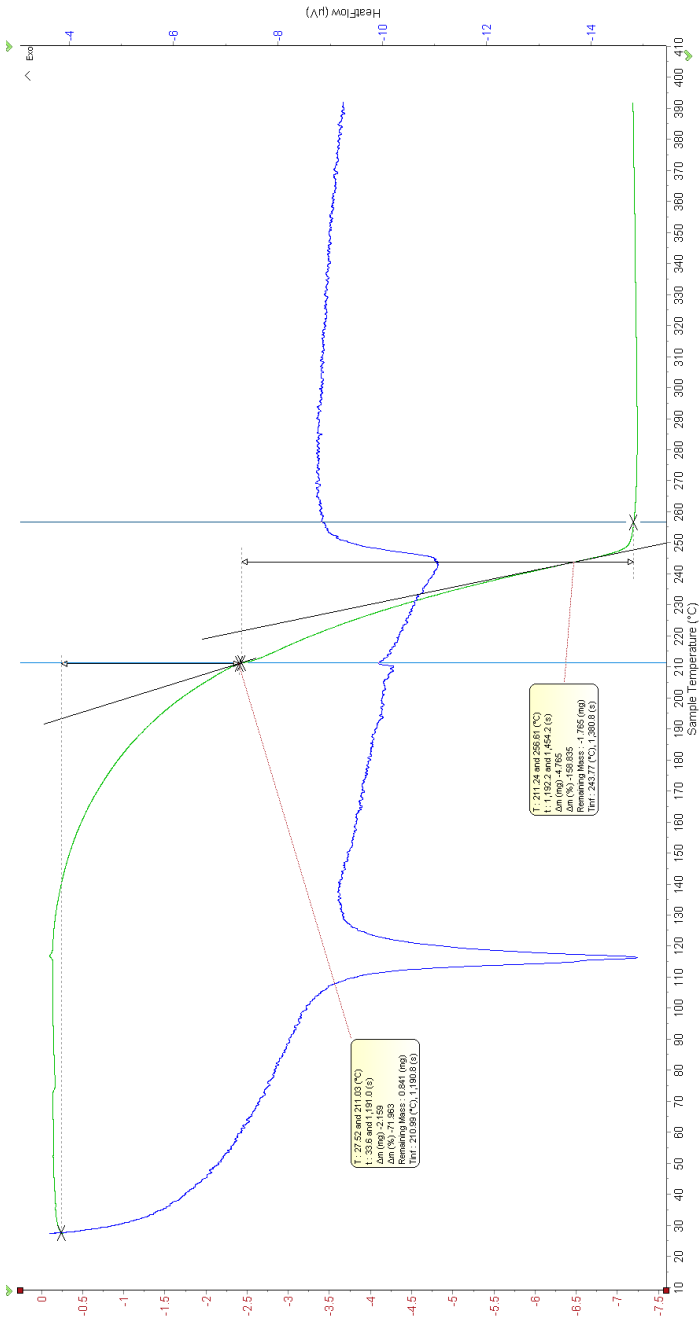
Fuente: elaboración propia

Figura 2. Análisis TGA/DSC para vainillinpropargileter



Fuente: elaboración propia

Figura 3. Análisis TGA/DSC para (4-nitrofenil) propargileter



Fuente: elaboración propia

## Conclusiones y discusión

Se pensaba que los resultados termogravimétricos tendrían algunas coincidencias con la espectrometría de masas, sin embargo, algunas transiciones no son fáciles de explicar siguiendo la misma metodología de interpretación.

- Eventos endo y exotérmicos se ven revelados en los termogramas tomados.
- Para el ácido 4-azidosalicílico (figura 1), en el rango de 180 a 190 °C, se observa un evento exotérmico, coincidiendo con el punto de descomposición registrado mediante fusiómetro a 191 °C.
- Esta es una característica propia de las azidas, que es corroborada plenamente mediante esta técnica.
- Eventos endotérmicos se observan en las figuras 2 y 3 para vainillinpropargileter y (4-nitrofenil) propargileter.
- En el rango entre 85 a 90 °C se presenta el cambio de estado del vainillinpropargileter. Mediante fusiómetro se tiene una temperatura de 82 °C, siendo notable la diferencia.
- En el rango entre 115 a 120 °C se da el cambio de estado de (4-nitrofenil) propargileter. Con fusiómetro se determinó el punto de fusión en 115 °C, coincidiendo bastante el resultado aplicando las dos técnicas.
- En cuanto a los tiempos de descomposición, en la figura 2 se presenta una ligera pérdida de masa que puede corresponder a la pérdida de una molécula de agua a partir de la estructura.
- La descomposición total de la molécula (4-nitrofenil) propargileter se da entre 210 a 250 °C. Los posibles productos de descomposición pueden ser el etileno, el oxirano, el óxido nitroso o el monóxido de carbono, todos ellos volátiles. Puede quedar un remanente de nitrobenceno, e incluso benceno, por ser estos compuestos termorefractarios.
- Los productos de descomposición de la azida corresponden a diversos óxidos de nitrógeno, nitrógeno molecular, dióxido de carbono, monóxido de carbono, etileno y vapor de agua. Conocida es la reactividad explosiva que presentan estos compuestos bajo influencia del calor. Es la razón de la brusca pérdida de masa y la gran pendiente negativa que presenta el termograma en esta región.
- En resumen, el método termogravimétrico es una valiosa herramienta de análisis instrumental que complementa a la RMN <sup>1</sup>H Y <sup>13</sup>C, cromatografía de gases acoplada a masas, infrarrojo y ultravioleta, con los que cuenta el laboratorio de Química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas para elucidar la estructura de los compuestos sintetizados.

## Referencias

- Brown, M. E. (2001). *Introduction to Thermal Analysis. Techniques and Applications*. Springer Science & Business Media.
- Gabbott, P. (2008). *Principles and Applications of Thermal Analysis*. Blackwell Publishing.
- Manals-Cutiño, E., Penedo-Medina, M. y Giralt-Ortega, G. (2011). Análisis termogravimétrico y térmico diferencial de diferentes biomásas vegetales. *Tecnología Química*, 31(2), 180-190.
- Rodríguez, E. y Villegas, E. (2012). Caracterización de polímeros aplicando el método termogravimétrico. *Métodos y Materiales*, 2, 25-32.
- Zambrano, A. M. (2014). *Aproximación conceptual al análisis térmico y sus principales aplicaciones*. Universidad Nacional de Colombia.

# Extracción de ácido araquidónico asistida por microondas

Sebastián Sánchez Ramírez\*

Luis Carlos García Sánchez\*\*

Semillero en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible

Grupo de investigación Química Computacional y Desarrollo Sustentable

## Introducción

Los ácidos grasos son moléculas con papeles importantes en diferentes funciones del cuerpo, tales funciones son: energética ( $\beta$ -oxidación, citogénesis), estructural (se encuentran como fosfolípidos y esfingolípidos) y reguladores (precursores de prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos). Por la importancia de los ácidos grasos es necesario tener una alimentación que permita mantener un nivel óptimo de estos. Existen dos grupos de ácidos grasos que son clasificados como esenciales, el omega-3 y el omega-6, estos no pueden ser sintetizados por las personas o se sintetizan en cantidades muy pequeñas, por lo que es necesario una dieta que facilite su obtención.

Entre el grupo de los omega-6 se halla el ácido araquidónico (AA), un ácido poliinsaturado de 20 carbonos que se encuentra en los mamíferos como fosfolípido en la membrana celular y tiene una función estructural. El ácido araquidónico se presenta en gran proporción en el cerebro, en el que juega un papel importante en su crecimiento (Orellana, Velenzuela y Valenzuela, 2018). Además de sus funciones principales, el AA es precursor de otros compuestos que tienen un rol importante en diferentes tejidos y órganos de los mamíferos;

---

\* Estudiante investigador. Proyecto curricular de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: jussanchezr@correo.udistrital.edu.co

\*\* Profesor. Proyecto curricular de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: lucas201520161@gmail.com

estos compuestos son conocidos como eicosanoides, que a su vez se dividen en prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos y otros similares (González, 1987).

Varios grupos y líneas de investigación han trabajado en la extracción del AA a partir de diferentes muestras biológicas, empleadas con el propósito de obtener la mayor cantidad de este ácido. Igualmente laboran en la síntesis de los derivados del AA con el fin de estudiar su uso como posible fármaco, que puede ayudar a reducir los síntomas y retardar el progreso del Alzheimer durante las primeras etapas de la enfermedad (Companioni, 1995). Estas investigaciones se han dificultado, ya que no se cuenta con un método de extracción que permita obtener un porcentaje de rendimiento alto, además de que no se tiene una fuente biológica en concreto que posea un elevado contenido de AA.

Varios estudios se han realizado sobre la extracción de ácidos grasos, entre ellos el ácido araquidónico. En las investigaciones se intenta obtener la mayor pureza de la muestra, emplear el menor tiempo posible en su extracción y que los métodos resulten económicos. En la línea de investigación de “Síntesis orgánica” de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se han realizado indagaciones al respecto. En los trabajos de Hernández (2012), que tienen que ver con la exploración de un método de laboratorio para la extracción de ácidos grasos a partir de grasa orgánica en descomposición sobre suelo (trans-esterificación/esterificación directa) y de Martínez (2012), mediante la extracción, purificación y determinación de ácidos grasos de interés médico y forense en muestras de carroña de cerdo (*sus scrofa linneas*) se ha buscado la construcción de un método de extracción de ácidos grasos contenidos en muestras de suelo.

Estos trabajos han tenido la finalidad de encontrar una relación directa entre la concentración de ácidos grasos o la longitud de su cadena carbonada y el tiempo post-mortem. En el trabajo de Hernández (2012), se realizó una transesterificación/esterificación sobre la muestra de suelo, para ello se configuró un ensayo de descomposición de materia orgánica (piel de cerdo) por 30 días; en el proceso se tomaron muestras diarias para poner en práctica el procedimiento y evaluarlo con estadística descriptiva.

La metodología para evaluar las muestras de cada día fue exactamente la misma. En los primeros 10 días se identificó la extracción de tres ácidos en la mayoría de los días evaluados, estos fueron los ácidos (Z) 9-octadecenoico, hexadecanoico y octadecanoico. Para los siguientes 10 días se volvieron a encontrar en mayor proporción los ácidos anteriormente nombrados. Finalmente, en los últimos 10 días se presentó una disminución del ácido (Z)-9-octadecanoico. De igual forma notamos que empezó a aparecer el ácido hexadecanoico en una cantidad representativa, pero no de la misma manera que el ácido (Z)-9-octadecanoico.

Con este método se logró la extracción de 18 AG entre 3 y 19 carbonos en su cadena alifática. Esta investigación permitió establecer que el método de transesterificación/esterificación directa sobre la muestra resultó ser apropiado para la extracción e identificación de AG.

En el trabajo de Martínez (que también buscaba la extracción de ácidos grasos de una muestra de carroña de cerdo en suelo durante 40 días) para la extracción de los AG se realizó un estudio preliminar empleando dos métodos diferentes. El primero fue una extracción soxhlet, para la cual se tomaron 10 g de muestra de suelo seco. Esta se envolvió en papel filtro, se colocó en un sistema soxhlet y se calentó a una temperatura de 40 °C utilizando 50 mL de éter etílico como solvente de extracción. El proceso se efectuó durante cuatro horas. Posteriormente, el extracto fue evaporado para eliminar el solvente y se hizo una saponificación a los AG obtenidos.

El segundo método fue una extracción directa (Folch, Less y Sloane, 1956), donde se tomaron 5 g de la muestra seca y se le adicionaron 13,3 mL de metanol y 6,6 mL de diclorometano; el resultado se extrajo por una hora y media. A continuación, se filtraron los residuos sólidos de la fase líquida, y esta se neutralizó con 10 mL de una solución de NaCl para posteriormente saponificar los AG extraídos.

Para identificar los ácidos grasos extraídos en los dos métodos se realizó una CG-MS de las muestras. Con esta prueba preliminar se logró identificar una mayor cantidad de AG extraídos utilizando el método de extracción directa, por lo cual el estudio se siguió trabajando con este método. Bajo la utilización de este método de extracción de AG fue posible extraer los ácidos araquidónico, esteárico, caprílico, pelargónico, margárico, palmítico, entre otros. En total se lograron extraer 15 AG 7 insaturados y 8 saturados.

El objetivo de este estudio, entonces, es extraer de una manera eficiente el ácido araquidónico a partir de diferentes tipos de muestras biológicas, realizando la extracción por medio de la utilización de microondas. De igual manera, se desea establecer si este método de extracción es el más eficiente para la extracción del ácido araquidónico, así como también comprobar en qué muestra biológica se encuentra una mayor concentración de AA.

## Fundamento teórico

### Ácidos grasos

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos con cadenas hidrocarbonadas de 4 a 36 carbonos (C4 a C36). En algunos ácidos grasos, la cadena carbonada está

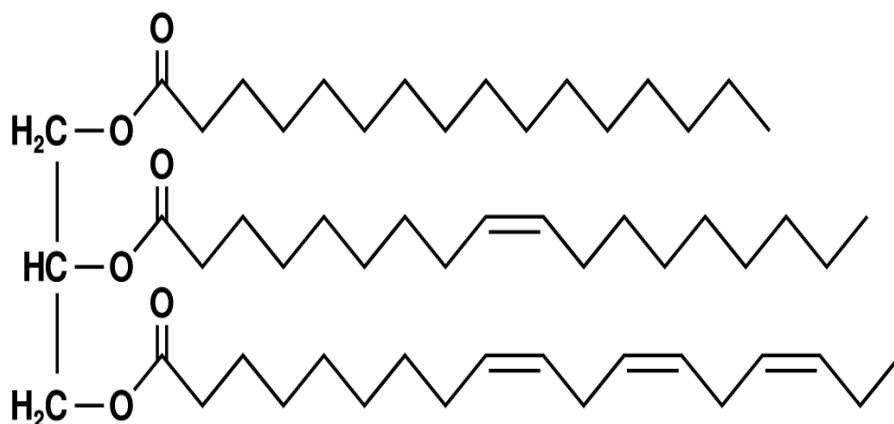


completamente saturada (no presenta dobles enlaces) y sin ramificar; otros contienen uno o más dobles enlaces (Devlin, 2004). Cada átomo de carbono se une al siguiente y al precedente por medio de un enlace covalente sencillo o doble. Al átomo de carbono de su extremo le quedan libres tres enlaces que son ocupados por átomos de hidrógeno ( $\text{H}_3\text{C}$ ). Los demás átomos tienen libres los dos enlaces, que son ocupados igualmente por átomos de hidrógeno ( $\dots -\text{CH}_2-\text{CH}_2\dots$ ).

En general, podemos representar un ácido graso sencillo de la forma:  $\text{R}-\text{COOH}$

En donde R es la cadena hidrocarbonada que identifica el ácido en particular. Los ácidos grasos forman parte de los fosfolípidos y glucolípidos, moléculas que constituyen la bicapa lipídica de todas las membranas celulares (Devlin, 2004). En los mamíferos, la mayoría de los ácidos grasos se encuentran en forma de triglicéridos, moléculas donde los extremos carboxílicos de tres ácidos grasos se esterifican con cada uno de los grupos hidroxilos del glicerol; los triglicéridos se almacenan en el tejido adiposo (grasa).

**Figura 1.** Estructura química de los triglicéridos



**Fuente:** Castaños (2015)

## Ácidos grasos saturados e insaturados

Los ácidos grasos saturados son los que predominan en las grasas con un esqueleto lineal y número par de carbonos, y que además hacen parte de los triglicéridos. Los de bajo peso molecular ( $<14 \text{ C}$ ) están presentes en la leche de coco y palma, mientras que los de peso molecular mayor ( $>18 \text{ C}$ ) se detectan en las leguminosas (Cabezas, Hernández y Vargas, 2016). Los AGS, exceptuando al ácido esteárico, aumentan el colesterol LDL plasmático, al igual que sucede con los ácidos grasos trans (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

y la Agricultura [FAO], 2012); de igual forma aumentan el colesterol transportado en las HDL y en relación directa incrementan el colesterol total.

Por otro lado, los ácidos grasos insaturados tienen uno o más dobles enlaces en su cadena. Estos ácidos se clasifican en tres subgrupos según la longitud de su cadena; se han usado varias definiciones para describir los subgrupos de este tipo de ácidos (FAO, 2012), la más utilizada es: ácidos grasos insaturados de cadena corta (con 19 o menos átomos de carbono), ácidos grasos insaturados de cadena larga (20 a 24 átomos de carbono), y ácidos grasos de cadena muy larga (con 25 o más átomos de carbono). Los AGI que predominan en los lípidos tienen uno, dos o tres grupos alilo, con el doble enlace aislado y con puentes de metileno que siempre tienen la configuración *cis*, considerada biológicamente activa (Nelson y Cox, 1995). Estos ácidos grasos se pueden clasificar según el terminal metilo en tres familias:  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 y  $\omega$ -9.

## Ácidos grasos poliinsaturados

Los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS) son ácidos grasos insaturados que presentan dos o más dobles enlaces en su cadena alifática. Los PUFA naturales son AG de dobles enlaces separados por un metileno y de configuración *cis*; pueden dividirse en 12 familias diferentes: comprender entre dobles enlaces situados en la posición *n*-1 hasta la *n*-12 (Gunstone, 1999). Las familias más importantes, por lo que se refiere al grado de frecuencia y la salud, son la *n*-3 y la *n*-6. El ácido linoleico es el ácido graso esencial primario o generador de la familia *n*-6, posee 18 átomos de carbono y dos dobles enlaces. Mientras tanto, el ácido  $\alpha$ -linolenico es el ácido graso esencial primario o generador de la familia *n*-3. Cuenta igualmente con 18 átomos de carbono, pero posee tres dobles enlaces (FAO, 2012).

Figura 2. Ácidos grasos poliinsaturados n-3 y n-6 esenciales

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura omega	Fuentes principales
Ácido α-linolénico	ácido <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12- <i>cis</i> -15-octadecatrienoico	18:3n-3 (ALA)	aceites de lino, perilla, canola y soja
Ácido estearidónico	ácido <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15-octadecatetraenoico	18:4n-3 (SDA)	aceites de pescado, aceite de soja modificado genéticamente, aceite de semilla de grosella negra y aceite de cánamo
	ácido <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17-eicosatetraenoico	20:4n-3	componente en cantidad mínima de tejidos animales
Ácido eicosapentaenoico	ácido <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17-eicosapentaenoico	20:5n-3 (EPA)	pescado, especialmente el azul (salmón, arenque, anchoa, eperlano y caballa)
Ácido docosapentaenoico	ácido <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19-docosapentaenoico	22:5n-3 (n-3 DPA)	pescado, especialmente el azul (salmón, arenque, anchoa, eperlano y caballa)
Ácido docosahexaenoico	ácido <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19-docosahexaenoico	22:6n-3 (DHA)	pescado, especialmente el azul (salmón, arenque, anchoa, eperlano y caballa)

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura omega componente en cantidad mínima de tejidos animales	Fuentes principales
Ácido linoleico	ácido <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12-octadecadienoico	18:2n-6 (LA)	la mayoría de aceites vegetales
Ácido γ-linolénico	ácido <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12-octadecatrienoico	18:3n-6 (GLA)	aceites de semillas de onagra, borraja y grosella negra
Ácido dihomo-γ-linolénico	ácido <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14-eicosatrienoico	20:3n-6 (DHGLA)	componente en cantidad mínima de tejidos animales
Ácido araquidónico	ácido <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14-eicosatetraenoico	20:4n-6 (AA)	grasas animales, hígado, lípidos del huevo, pescado
Ácido docosatetraenoico	ácido <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16-docosatetraenoico	22:4n-6	componente en cantidad mínima de tejidos animales
Ácido docosapentaenoico	ácido <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16-docosapentaenoico	25:5n-6 (DPA)	componente en cantidad mínima de tejidos animales

Fuente: Wood, Enser, Richardson y Whittington (2008)

Papel biológico de los ácidos grasos

- Función energética: los AG son moléculas de alto carácter energético; son necesarias en todos los procesos celulares en presencia de oxígeno, ya que su contenido de hidrógenos puede oxidarse en mayor medida en comparación con los glúcidos u otros compuestos orgánicos que no están reducidos. Cabe destacar que en los seres vivos los ácidos grasos no se encuentran en forma libre, sino que se almacenan en forma de triglicéridos. En la mayoría de las células eucariotas, los triglicéridos forman una fase separada de gotas microscópicas oleosas en el citosol acuoso, que sirven como depósito

de combustible metabólico. Las células especializadas de los vertebrados, denominadas adipocitos o células grasas, almacenan grandes cantidades de triglicéridos en forma de gotas de grasa que ocupan casi totalmente la célula (Nelson y Cox, 1995).

- **Función estructural:** la característica de las membranas biológicas es la de una doble capa lipídica que forma una especie de barrera que impide el paso de moléculas polares y de iones. Los lípidos presentes son anfipáticos, un extremo de la molécula es hidrofóbico y el otro es hidrofílico. Sus interacciones hidrofóbicas entre ellos mismos y las hidrofílicas con el agua dirigen su empaquetamiento hacia la formación de láminas, llamadas bicapas membranosas. De los lípidos que juegan un papel importante en la función estructural, se pueden encontrar principalmente fosfoglicéridos y esfingolípidos (Porto, 2016).

## Ácido araquidónico

El ácido araquidónico es un ácido graso esencial perteneciente a la familia de los omega-6. El AA es un ácido de gran importancia debido a sus funciones estructurales en la membrana celular, así como en el desarrollo de tejido neuronal y la prevención del envejecimiento y de la neurodegeneración (Orellana, Valenzuela y Valenzuela, 2018), igualmente es precursor de moléculas como los eicosanoides y los endocannabinoides.

El ácido araquidónico es el principal constituyente que se puede encontrar en la membrana celular de los mamíferos. Este ácido no se encuentra de forma libre en los seres vivos, pero sí se suele hallar de manera esterificada en los fosfolípidos (en la posición 2 del fosfoglicérido correspondiente); suele también localizarse una pequeña cantidad en los ésteres del colesterol y los triglicéridos (Ananda, Siles y Lasrkin, 1979). Aunque la presencia de AA libre en el organismo es bajo, es necesario que esté presente para la producción de eicosanoides, por tal razón el organismo implementa una serie de mecanismos enzimáticos, donde una gran cantidad de fosfolipasas se ven involucradas, lo que le permite obtener una cantidad de AA óptima.

Las fosfolipasas presentes en este proceso solo se activan si ocurre un daño en la membrana celular (González, 1987). Una vez el AA ha sido liberado, este es metabolizado para obtener derivados a partir de sistemas enzimáticos, como la ciclooxigenasa, las lipooxigenasas o las familias de citocromo P-450 (Pérez, Cartaya, Valencia, Sanjurjo y Ilisástigui, 1998).

## Metodología

Para realizar la extracción del ácido araquidónico se utilizaron tres muestras biológicas de origen animal: sesos de vaca, hígado de cerdo y entrañas de cachama. Para la extracción se utilizó etanol como solvente, mientras que para la posterior transesterificación de los ácidos grasos se empleó metanol, hexano e hidróxido de sodio. Para el proceso de extracción se manejó el equipo de microondas CEM. Entretanto, la metodología usada para la extracción de ácidos grasos asistida por microondas fue tomada del documento *Microwave-assisted extraction and characterization of fatty acid from eel fish (*Monopterus albus*)* (Afolabi, Abdul y Ruth, 2018).

El método nombrado anteriormente consiste en tomar 3 gramos de la muestra y pulverizarla hasta tener una masa especie paté. Obtenida esta consistencia se mezcla con 23 mL de etanol hasta conseguir una mezcla homogénea. La extracción en el equipo microondas se realiza a una temperatura de 60 °C por 30 minutos con una potencia inicial de 50 W; después de llevar a cabo la extracción, la mezcla se filtra al vacío para eliminar los excesos de sólido de la muestra biológica, posteriormente se rotavapora la parte líquida con el fin de descartar el solvente utilizado.

Para identificar si hay presencia del ácido araquidónico en la extracción realizada, se efectúa un análisis de los ácidos grasos extraídos utilizando un equipo de cromatografía de gases acoplado a masas. Para correr la muestra en el equipo, se hace previamente una transesterificación de la misma, la cual consiste en tomar 100 mg de la grasa obtenida; se disuelven entonces en 10 mL de hexano y posteriormente se agrega 0,1 mL de una solución KOH- metanol. A continuación, se agita la mezcla por 15 minutos y luego se centrifuga por 10 minutos.

Finalmente se toma 1 mL del sobrenadante y se lleva al equipo GM. El cromatógrafo utilizado para conocer la composición de los AG es un SHIMADZU, equipado con un detector de ionización de flama, que emplea una columna capilar de silica. Como gas de corrida se usa nitrógeno con un rango de flujo de 16,2 mL/min. La presión del gas de corrida se mantiene a 63,9 kPa y la relación de división se establece en 10,0. Las temperaturas del inyector y el detector se mantienen a 230 °C y 250 °C, respectivamente. Por otro lado, la temperatura del horno de calentamiento del cromatógrafo se dispuso a 40 °C por 2 minutos, seguido de un incremento hasta 300°C, aumentando 10 °C/min y manteniéndose a 300 °C por 2 minutos.

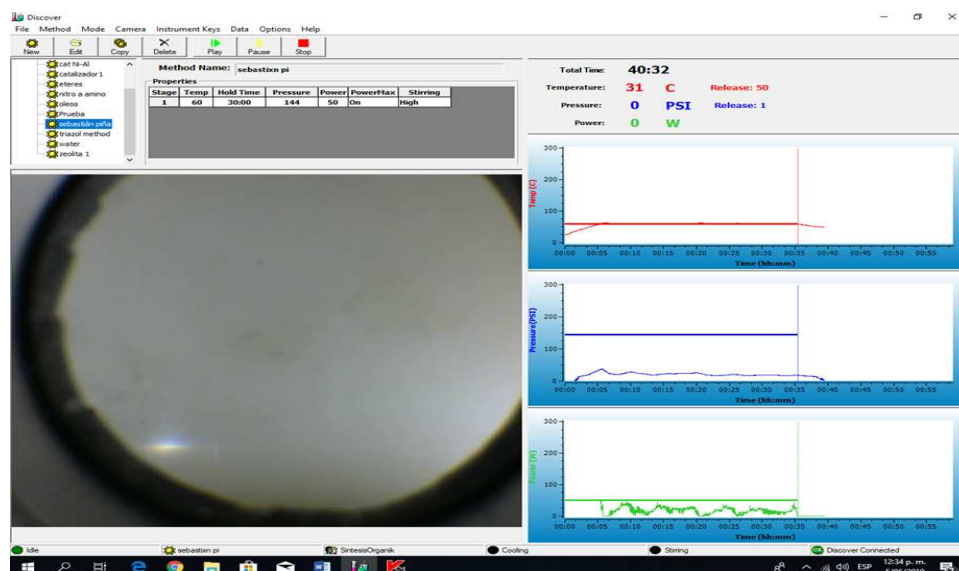
## Resultados

### Extracción de ácidos grasos por medio de microondas

Al realizar la extracción de AG utilizando el método asistido por microondas se presencian algunas ventajas en el método, puesto que es altamente eficiente debido al bajo tiempo de extracción, ya que solo es necesario realizarla por 30 minutos, lo que ayuda a disminuir la degradación de los ácidos extraídos y contar con un mayor control en la temperatura.

El uso del microondas también contribuye a la disminución de muestra a utilizar para la extracción, y del solvente para realizar este proceso, teniendo en cuenta que, aunque se utiliza una menor cantidad de solvente y de muestra se obtiene una mayor cantidad de ácidos extraídos y una mayor pureza. La figura 3 revela las condiciones utilizadas y las escalas de temperatura, presión y potencia que se tuvieron durante todo el proceso de extracción.

**Figura 3.** Condiciones de temperatura, tiempo y potencia utilizados para la extracción de AG en las tres muestras (hígado de cerdo, sesos de vaca y entrañas de cachama)

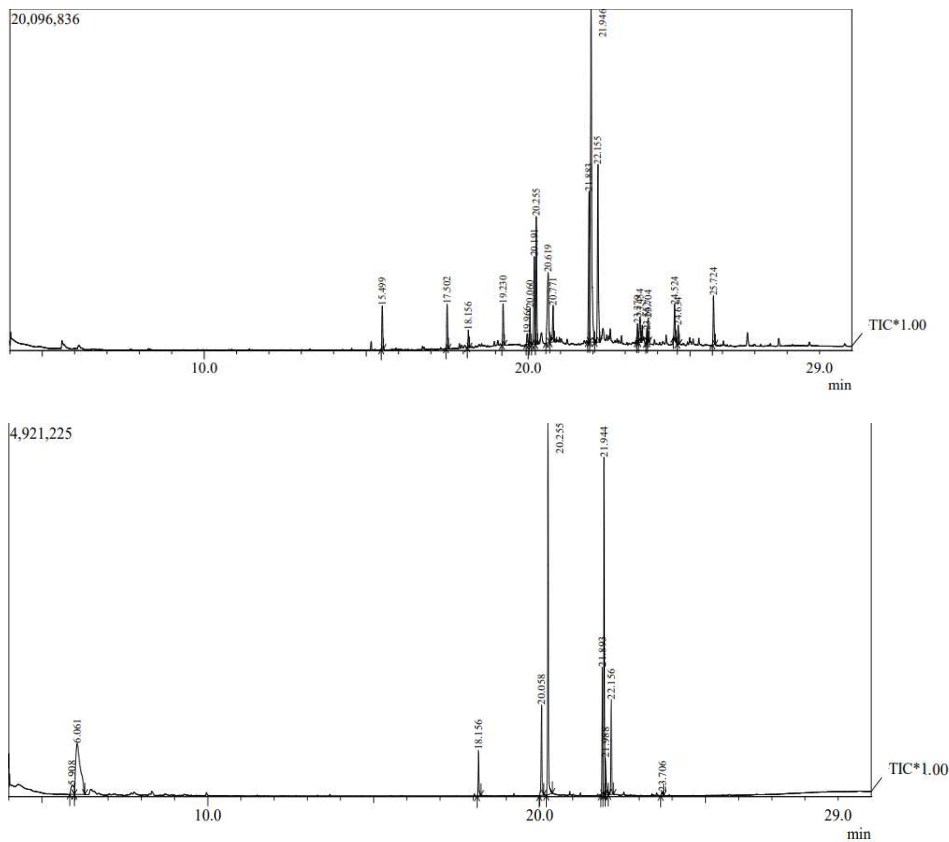


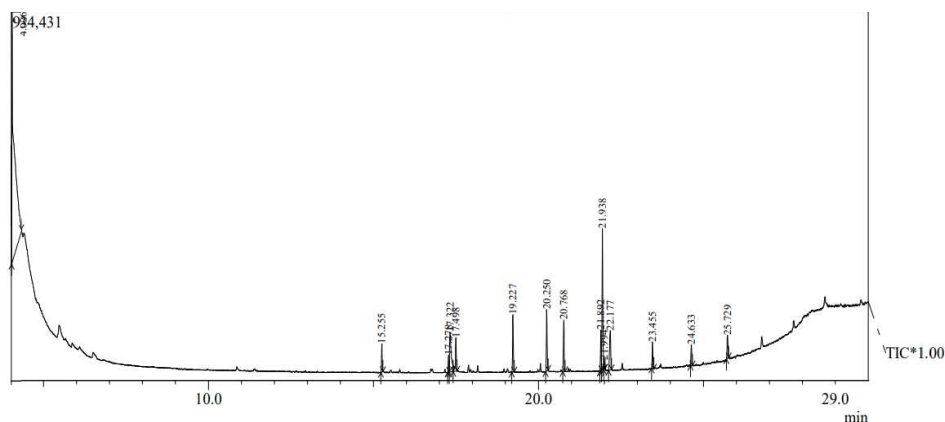
Fuente: elaboración propia

## Análisis cromatográfico de AG

Se realizó el análisis cromatográfico de los AG extraídos en las tres muestras biológicas, evidenciándose la presencia del ácido araquidónico solamente en el cromatograma de los ácidos obtenidos del hígado de cerdo (figura 4).

**Figura 4.** Cromatograma de gases de las muestras biológicas utilizadas: a) hígado de cerdo, b) entrañas de cachama, c) sesos de vaca



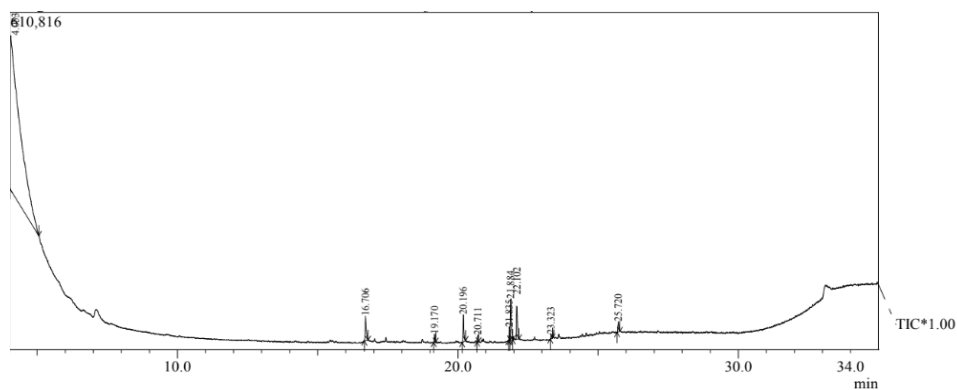


**Fuente:** elaboración propia

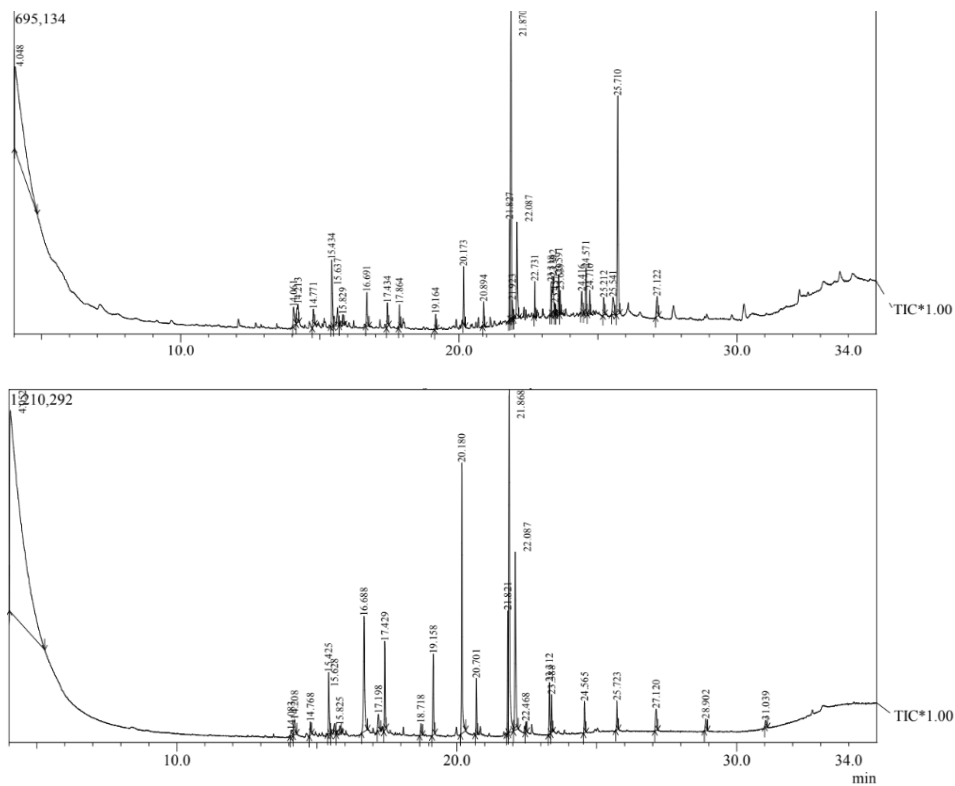
Al ser el hígado de cerdo la única de las muestras donde se notaba la presencia de AA después de la extracción, se optó por seguir trabajando con esta. Se efectuó nuevamente la extracción utilizando microondas, realizándose varias veces y encontrando en la mayoría de los casos la presencia del ácido araquidónico.

**Figura 5.** Cromatograma de AG extraídos del hígado de cerdo utilizando microondas

Al realizarse la extracción de AG nuevamente se obtuvo que en 3 muestras significativas se evidenció la presencia del ácido araquidónico. Se registraron tiempos de retención de 23,323, 23,318 y 23,312, así como también un porcentaje de altura de pico de 1,28, 2,14 y 2,86, respectivamente para A, B y C







Fuente: elaboración propia

## Conclusiones y discusión

Al realizarse la extracción de ácidos grasos utilizando microondas se evidenció una reducción en algunos factores de tiempo, costos, cantidad de muestra y reactivos. Con este método también es más probable extraer el AA de las muestras; esto frente al empleo de métodos más convencionales, como la extracción Soxhlet, que requiere temperaturas más elevadas y un gasto mayor de solventes y agua para la extracción.

De las tres muestras utilizadas para realizar la extracción del AA, solamente el hígado de cerdo presentó resultados favorables, aunque esto no quiere decir que en las otras dos muestras no haya presencia del ácido araquidónico. Como se mencionó, la masa encefálica presenta un alto porcentaje de AA. Sin embargo, al realizarse la extracción no se encontró el AA, esto puede deberse a varios factores, entre ellos el tiempo de sacrificio de la vaca de la cual se obtuvieron

los sesos, ya que si fue muy elevado el ácido pudo degradarse, al no contar con una refrigeración adecuada de la muestra.

Aunque se logró extraer el ácido araquidónico, se sigue presentando el problema de que se obtiene con otros AG y contaminantes, los cuales disminuyen la pureza y el rendimiento del método de extracción, por lo que es preciso emplear un método de enriquecimiento del AA, que ayude a eliminar contaminantes y AG saturados e insaturados, lo que permitirá aumentar la pureza del AA extraído (Chen *et al.*, 2019).

Una vez se logre la purificación del AA se continuará con la segunda parte de la investigación, que es lograr obtener del ácido endocannabinoides compuestos derivados del AA, que según investigaciones recientes pueden ayudar a tratar los síntomas del Alzheimer. Para ello se realizará una amidación del ácido utilizando etanolaminas, con el fin de obtener los derivados del AA.

## Referencias

- Afolabi, K., Abdul, S. y Ruth, O. (2018). *Microwave-assisted extraction and characterization of fatty acid from eel fish (Monopterus albus)*. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences.
- Cabezas, C., Hernández, B. y Vargas, M. (2016). Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Revista Facultad de Medicina*, 64(4), 761-768. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.53684>
- Castaños, E. (2015, 2 de julio). *Las grasas o acilglicerol*es [Entrada de blog]. <https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/2015/07/02/las-grasas-o-acilglicerol/>
- Chen, Y., Wang, Y., Jin, Q., Wang, X., Hu, J. y Wang, X. (2019). Preparation of arachidonoyl ethanolamide by enzymatic amidation of arachidonic acid purified from microbial oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 120-125.
- Companioni, M. (1995). Ácido araquidónico y radicales libres: su relación con el proceso inflamatorio. *Revista cubana de investigaciones biomédicas*, 14(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03001995000100002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03001995000100002)
- Devlin, T. (2004). *Bioquímica*. Reverté.
- Folch, J., Less, M. y Sloane, S. (1956). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497-509. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021925818648495>
- González, H. (1987). El ácido araquidónico y la respuesta inflamatoria. *Acta Médica Colombiana*, 12(4), 298-303. <http://www.actamedicacolombiana.com/anexo/articulos/04-1987-06.pdf>

- Gunstone, F. (1999). *Fatty acid structure*. Chapman and Hall.
- Henández, M. (2012). *Exploración de un método de laboratorio para la extracción de ácidos grasos a partir de grasa orgánica en descomposición sobre suelo: transesterificación/esterificación directa*. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- Martínez, Y. (2012). *Extracción, purificación y determinación de ácidos grasos de interes médico y forense en muestras de carroña de cerdo (sus scrofa linneas)*. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- Nelson, L. y Cox, M. (1995). *Principios de bioquímica Lehninger*. Omega.
- Orellana, P., Velenzuela, R. y Valenzuela, A. (2018). Neuroprotective effects of arachidonic and decosahexanoic acid in the extreme stages of life: An integrative view. *Revista Chilena de Nutrición*, 80-88.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2012). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos*. FAO, FINUT. <https://cesni-biblioteca.org/grasas-y-acidos-grasos-en-nutricion-humana-consulta-de-expertos/>
- Pérez, O., Cartaya, L., Valencia, V., Sanjurjo, V. y Ilisástigui, T. (1998). Biosíntesis de los productos del ácido araquidónico y repercusión sobre la inflamación. *Revista Cubana Estomatol*, 35(2), 56-61. <http://www.bionova.org.es/biocast/documentos/tema06.pdf>
- Porto, A. (2016, febrero). Tema 6. Lípidos. Conceptos y clasificación. *bionova.org*. <http://www.bionova.org.es/biocast/documentos/tema06.pdf>
- Wood, J., Enser, M., Richardson, R. y Whittington, F. (2008). Fatty Acids in Meat and Meat Products. *Fatty acids in foods and their health implications*, 87-107. [https://www.researchgate.net/publication/329680889\\_Fatty\\_acids\\_in\\_meat\\_and\\_meat\\_products](https://www.researchgate.net/publication/329680889_Fatty_acids_in_meat_and_meat_products)

# Purificación de azidas a partir de cromatografía en capa fina y procesos de cristalización

Yury Andrea Peña Betancourth\*

Maria Alejandra Marta Piñeros\*\*

Luis Carlos García\*\*\*

Semillero en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible

## Introducción

Terminada una reacción orgánica la separación de compuestos se hace, frecuentemente, con cromatografía de columna. Un método que involucra volúmenes apreciables de solventes orgánicos, una parte de los cuales se evapora al ambiente.

Este es el método por el que, por ejemplo, se separan las azidas que se sintetizan como precursores en la obtención de triazoles.

En este trabajo se aplica una metodología con la que se busca obtener cristales a partir del producto crudo de las reacciones de interés. Se emplean solventes a temperatura ambiente con verificación previa y posterior de las sustancias presentes mediante cromatografía en capa fina. De esta manera se logra una mezcla ternaria y una mezcla binaria para la separación, con lo cual después se realiza el proceso de recristalización del compuesto inicial.

---

\* Estudiante investigador. Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: yapenab@correo.udistrital.edu.co

\*\* Estudiante investigador. Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: mamartap@correo.udistrital.edu.co

\*\*\* Profesor. Proyecto curricular de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: Lucas201520161@gmail.com

## Fundamento teórico

Las azidas son precursores de triazoles, compuestos protagonistas en el interés por encontrar catalizadores y reactivos que garanticen la efectividad en procesos de producción de fármacos. En el campo de la biotecnología se emplean como marcadores celulares debido al aprovechamiento de la unión covalente con diversos grupos funcionales heterocíclicos (Feng, Wu, Xu, Liu y Zeng, 2017). Asimismo, se estudia su capacidad para disminuir la inhibición de la fotosíntesis y la falta de nitrógeno que presentan algunas algas de la especie *Chlorella desiccata*, que afectan o impiden su crecimiento en algunas partes marinas (Zalogin y Pick, 2014), entre otras aplicaciones que se enmarcan en el campo de la “química click”.

Dichas aplicaciones son posibles debido a la alta estabilidad que presenta el anillo de triazol respecto a posibles degradaciones metabólicas. Las azidas tienen como principal característica estructural su conformación por tres átomos de nitrógeno, unidos mediante enlaces dobles, lo que les permite presentar diferentes estructuras resonantes. Es posible su aprovechamiento en forma de acil azida, alquilnitrenos o aril azida, diferenciándose por el sustituyente que acompaña el grupo funcional, teniendo más estabilidad termodinámica las que llevan un grupo aromático como sustituyente.

De las características especiales de la estructura de las azidas encontramos que dos de sus átomos de nitrógeno pueden actuar como nucleófilo (García *et al.*, 2011), propiciando ataques a electrófilos mediante tres mecanismos diferentes. Uno de ellos es el de ciclación, donde la azida actúa como dipolo y un alquino reacciona con uno de los tres átomos del grupo azida. Este es probado con la reacción que ha dado como producto la muestra trabajada.

## Metodología

Se asigna una muestra correspondiente a una azida desconocida, la cual debe tratarse siguiendo el algoritmo que se presenta a continuación:

- Realizar una caracterización de la muestra inicial.
- Tomar pequeñas porciones de la muestra y someterlas a pruebas de solubilidad.
- Seleccionar un solvente en el que la muestra se solubilice completamente.
- Correr diferentes placas cromatográficas, empleando como fase móvil cada uno de los solventes seleccionados, y como fase estacionaria gel de sílice.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en cada placa cromatográfica, establecer fracciones molares para mezclas binarias y ternarias, hasta lograr la separación de los compuestos con una mezcla ideal.

- Solubilizar la muestra en un solvente en el cual es parcialmente soluble.
- Separar la fracción solubilizada del precipitado mediante decantación.
- Perturbar la mezcla que corresponde a la fracción solubilizada con un solvente que es insoluble.
- Dejar en reposo hasta evaporación de la mezcla.
- Recolectar los cristales y someter a pruebas de cromatografía en capa fina con la mezcla hallada, verificando la presencia de un único compuesto.
- Someter los cristales a análisis instrumentales IR, RMN, TGA.

## Resultados

El procedimiento experimental que se emplea en la purificación de la muestra consiste en dos partes. La primera se basa en realizar diferentes pruebas de solubilidad del compuesto, con solventes seleccionados, teniendo en cuenta la polaridad de cada uno. Los resultados se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados de las pruebas de solubilidad para la azida recibida en los solventes seleccionados

SOLVENTE	Solubilidad	POLARIDAD	CONSTANTE DIELÉCTRICA
Acetato de etilo	Soluble	4,4	6.02
Acetato de isopropilo	Soluble		-
Dietil Éter	Soluble ( el solvente se evapora con rapidez )	2,8	4.3
Acetona	Soluble	5,1	20.7
Metanol	Parcialmente soluble (se observa movimiento de partículas suspendidas)	5,1	32.65
Benceno	Insoluble	2,7	2.3
Tolueno	Parcialmente soluble	2,4	5.568
Ácido acético	Parcialmente soluble	6	6.15
Alcohol isopropílico	Parcialmente soluble	3,9	18.3
Dimetil sulfoxi	Soluble	7,2	45.0
Nitrometano	Parcialmente soluble	6	35.9
Diclorometano	Parcialmente soluble	3,1	9.0
Dimetil formamida	Soluble	6,4	36.1
Hexano	Insoluble	0,1	1.89
Etanol	Insoluble	4,3	24.55
THF	Soluble	4	7.6
Aqua	Insoluble	10,2	81.0

**Fuente:** elaboración propia (julio de 2019)

Con los solventes seleccionados se realizan cromatografías en capa fina (tabla 2), mezclas binarias y ternarias.



**Tabla 2.** Resultados de la cromatografía realizada con los solventes puros

REACTIVO	ETANOL	ACIDO ACETICO	NITROMETANO	THF	ACETATO DE ETILO
PLACA CROMATOGRAFICA					

**Fuente:** elaboración propia (julio de 2019)

Una vez se aprecia el comportamiento de la muestra en los diferentes solventes puros, se procede a realizar mezclas binarias con fracciones molares 0,5 de cada uno (tabla 3).

**Tabla 3.** Resultados placas cromatográficas mezclas binarias

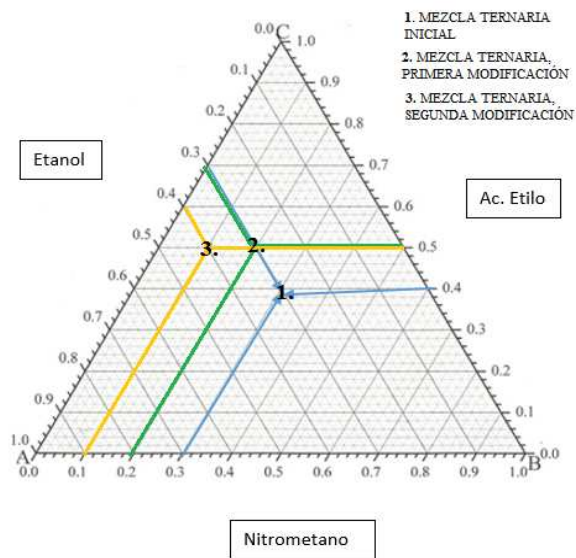
REACTIVOS	Acetato de etilo y Nitrometano	Etanol y Nitrometano	Etanol y acetato de etilo
PLACA CROMATOGRAFICA			

**Fuente:** elaboración propia (julio de 2019)

Como se ve en la tabla 3, se tiene una separación de los compuestos a lo largo de la placa cromatográfica. Sin embargo, no es la eficiencia esperada. Por tal motivo, se procede a realizar la cromatografía empleando una mezcla ternaria de los solventes con los cuales se observó mejor comportamiento de la muestra, como el nitrometano, el acetato de etilo y el etanol.

Se prueban diferentes fracciones molares de acuerdo con el triángulo de la figura 1 y la tabla 4.

Figura 1. Fracciones molares probadas para las diferentes mezclas ternarias



Fuente: elaboración propia (julio de 2019)

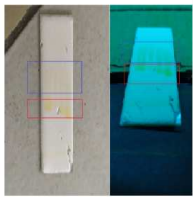

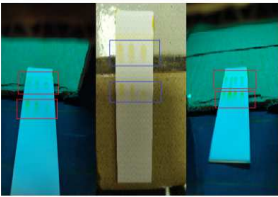
Tabla 4. Fracciones molares empleadas en las mezclas ternarias

MEZCLA TERNARIA INICIAL								
Fm		sustancia	densidad	PM	Mol	Vol	Mol totales	Vol T
							0,0925623	6,7461611
0,3	Ax	Nitrometano	1,13	61,04	0,0277687	1,5		
0,4	Bx	Acetato de etilo	0,9	88,11	0,0370249	3,6247379		
0,3	Cx	Etanol	0,789	46,07	0,0277687	1,6214232		
MEZCLA TERNARIA (PRIMERA MODIFICACIÓN)								
Fm		sustancia	densidad	PM	Mol	Vol	Mol totales	Vol T
							0,1388434	9,6313881
0,2	Ax	Nitrometano	1,13	61,04	0,0277687	1,5		
0,3	Bx	Acetato de etilo	0,9	88,11	0,041653	4,0778301		
0,5	Cx	Etanol	0,789	46,07	0,0694217	4,053558		
MEZCLA TERNARIA (SEGUNDA MODIFICACIÓN)								
Fm		sustancia	densidad	PM	Mol	Vol	Mol totales	Vol T
							0,0925623	7,19282
0,1	Ax	Nitrometano	1,13	61,04	0,0092562	0,5		
0,5	Bx	Acetato de etilo	0,9	88,11	0,0462811	4,5309223		
0,4	Cx	Etanol	0,789	46,07	0,0370249	2,1618976		

Fuente: elaboración propia (julio de 2019)



**Tabla 5.** Placas cromatográficas obtenidas de las mezclas ternarias reveladas en yodo metálico y bajo luz UV

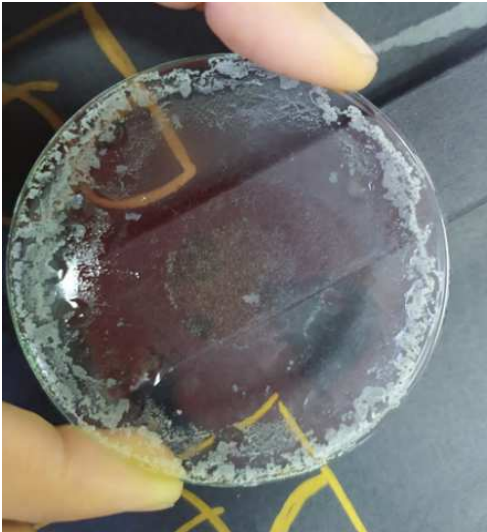
MEZCLA TERNARIA	INICIAL	PRIMERA MODIFICACIÓN	SEGUNDA MODIFICACIÓN
PLACA CROMATOGRAFICA			

**Fuente:** elaboración propia (julio de 2019)

Los resultados de la tabla 5 exhiben la presencia de dos compuestos en la muestra, obteniendo la mejor separación con la mezcla nitrometano: acetato de etilo: etanol 0,1:0,5:0,4 en fracción molar.

Se realiza un proceso de recrystalización de la muestra, la cual es solubilizada parcialmente en metanol y separada mediante decantación. La fracción líquida que se obtiene se somete a una perturbación del sistema agregando hexano, con lo cual se genera un proceso de cristalización (como se observa en la figura 2).

**Figura 2.** Recrystalización en frío de la azida solubilizada (mezcla etanol-hexano)

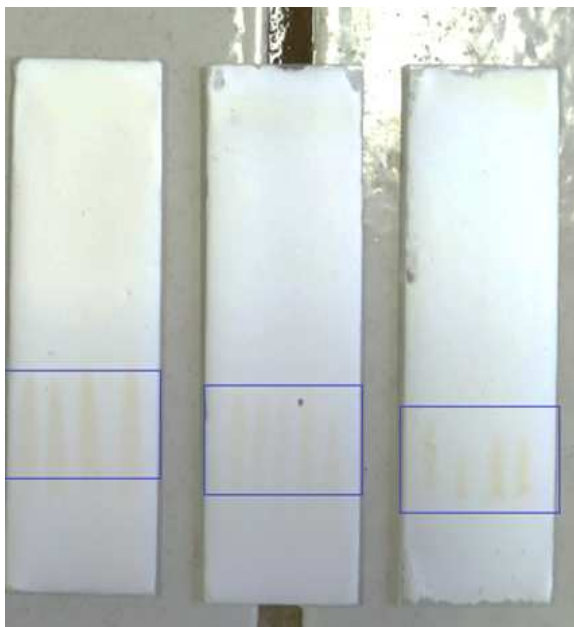


**Fuente:** elaboración propia (julio de 2019)

**Figura 3.** Cromatografía compuesta (recristalizado)



Fase móvil, mezcla ternaria, segunda modificación

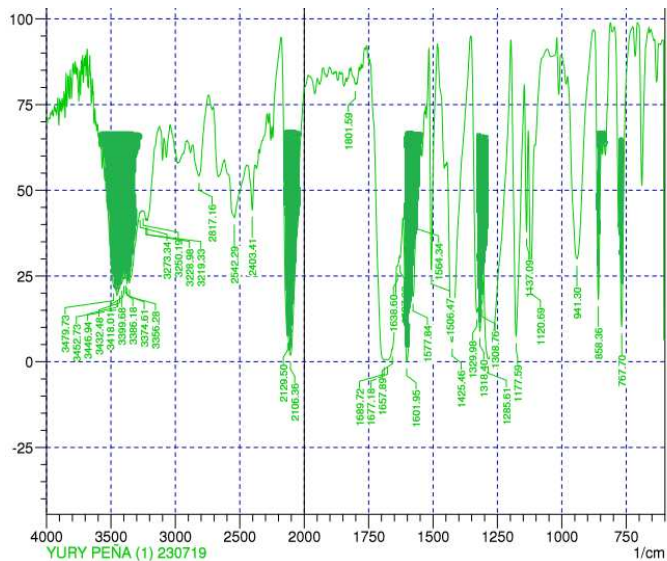


El producto obtenido se somete nuevamente a una cromatografía que permita determinar la presencia de un solo compuesto (figura 3)

**Fuente:** elaboración propia (julio de 2019)

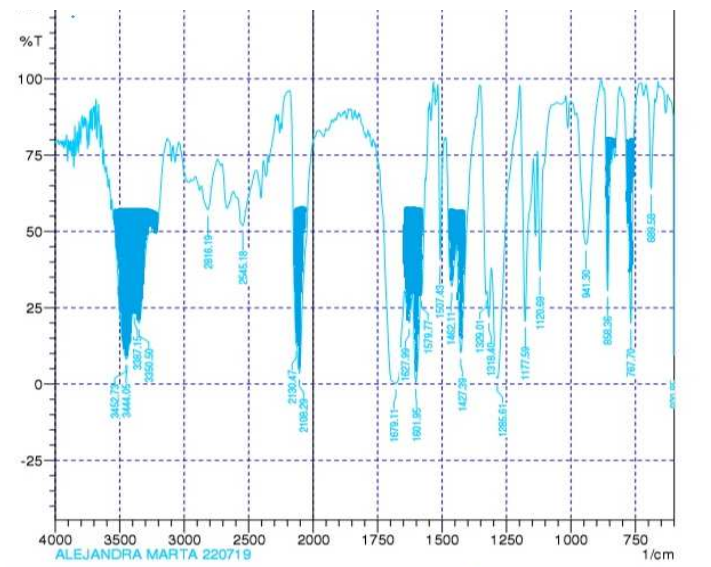
- Espectros IR (figuras 4 y 5).

**Figura 4.** Espectro IR (compuesto sin tratar)

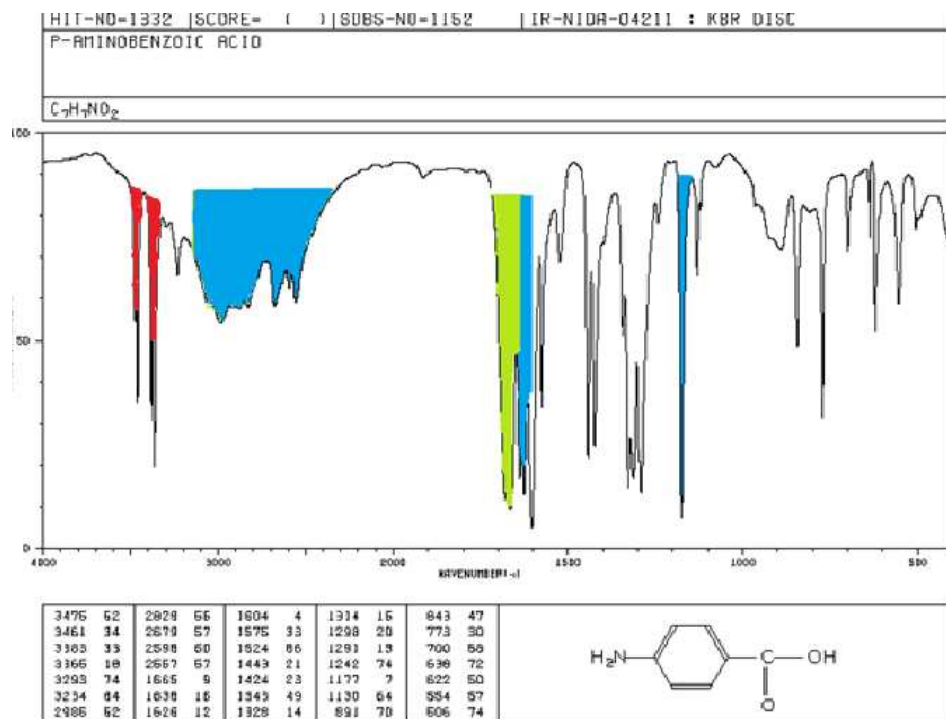


**Fuente:** elaboración propia (julio de 2019)

**Figura 5.** Espectro IR (azida recristalizada en frío con metanol)



**Fuente:** elaboración propia (julio de 2019)

**Figura 6.** Espectro IR (ácido p-aminobenzoico)

**Fuente:** AIST Spectral Database for Organic Compounds (1999)

Las bandas 3383 cm<sup>-1</sup> y 3461 cm<sup>-1</sup> resaltadas en rojo en la figura 6 no se presentan en los espectros obtenidos experimentalmente (figuras 4 y 5).

Se logra observar en los espectros IR dos bandas características. La primera es una banda ancha prolongada entre 3356 cm<sup>-1</sup> y 3479 cm<sup>-1</sup> con múltiples picos que obedece a la vibración de la tensión correspondiente al grupo R-C=OOH, comprobándose con las bandas en 1427 cm<sup>-1</sup> y 1318,40 cm<sup>-1</sup> (figuras 4 y 5). De igual forma, se evidencian bandas en 2130,47 cm<sup>-1</sup> y 2108,29 cm<sup>-1</sup>, que corresponden a un estiramiento asimétrico del grupo -N<sub>3</sub>; siendo estas dos características de compuestos azida (Rojo-Callejas, 2000).

Se observa también una banda en 1317,44 cm<sup>-1</sup>, correspondiente a estiramientos simétricos característicos del grupo N=N+=N<sup>-</sup>. La primera banda mencionada presenta modificaciones correspondientes al proceso de purificación realizado al compuesto ácido p-azidobenzoico, como se puede observar en la figura 3. Esta banda se presenta entre 3050 cm<sup>-1</sup> y 3452 cm<sup>-1</sup> de manera pronunciada en forma de “hombro”.

Es notable además que en el espectro de la muestra procesada con metanol (figura 5) no se presenta la banda de 1801  $\text{cm}^{-1}$ , lo que puede obedecer a la eliminación de trazas de algún reactivo; se logra una mejor definición de las bandas presentes en 1630  $\text{cm}^{-1}$  y 1689  $\text{cm}^{-1}$ , lo cual indica que se logró llevar a cabo el proceso de purificación. Entretanto, la banda de 1507  $\text{cm}^{-1}$  se presenta en los dos espectros obtenidos experimentalmente, con una mejor definición, obedeciendo estas últimas referencias a vibraciones de tensiones en aromáticos de tipo C=C (Rojo-Callejas, 2000).

Por último, se observan en la región que se encuentra entre 858  $\text{cm}^{-1}$  y 474  $\text{cm}^{-1}$  bandas que pueden obedecer a grupos “colgantes” unidos al anillo. Al realizar una comparación entre el espectro de referencia y el obtenido experimentalmente (figura 5), puede evidenciarse la ausencia de las bandas 3383  $\text{cm}^{-1}$  y 3461  $\text{cm}^{-1}$ , que se relacionan con el grupo amino, el cual posteriormente al proceso de síntesis es reemplazado por el grupo azida.

## Conclusiones y discusión

Una vez se tienen definidos los solventes apropiados para manejar la muestra, se procede a realizar pruebas de cromatografía en capa fina y se establecen diversas mezclas y proporciones con el fin de lograr una mezcla ideal en la cual pueda indicarse una separación precisa de los diferentes compuestos presentes en la muestra. Esto se logra mediante un proceso experimental en el cual se involucran conceptos tales como la polaridad y la solubilidad de diferentes compuestos, cromatografía y recristalización de muestras (Kumar *et al.*, 2015).

Las aplicaciones prácticas de la azida como precursor de triazol exigen llevar a cabo su síntesis, de tal manera que disminuyan los posibles contaminantes y aumenten la eficiencia o rendimiento de la misma.

Tras realizar el proceso de recristalización en frío se logra comprobar la eficiencia de dicho proceso y sus contribuciones para mitigar costos económicos y ambientales en la separación de compuestos contaminados o con trazas de reactivos que no reaccionaron en procesos de síntesis.

Se corrobora, también, que el proceso de purificación de un compuesto sintetizado es posible llevarlo a cabo en bajas cantidades; esto puede verse reflejado en los cambios significativos en análisis de tipo IR que se le aplican a cada muestra.

## Referencias

AIST. (1999, marzo 31). *SDBS-1152 AIST Database*. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST). <https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/landingpage?sdbno=1152>

- García, M., Ríos, Z., González, J., Pérez, V., Lara, N., Fuentes, A., González, C., Corona, D. y Cuevas-Yanez, E. (2011). The Use of Glucose as Alternative Reducing Agent in Copper-Catalyzed Alkyne-Azide Cycloaddition. *Letters in Organic Chemistry*, 8(10), 701-706. <https://doi.org/10.2174/157017811799304232>
- Feng, R., Wu, Z., Xu, J., Liu, Q. y Zeng, X. (2017). Difluoroacetyl azide: Synthesis, characterization, and decomposition. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 125, 209-217. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2017.03.021>
- Kumar, Y., Matta, A., Kumar, P., Parmar, V. S., Van der Eycken, E. V. y Singh, B. K. (2015). Cu(i)-catalyzed microwave-assisted synthesis of 1,2,3-triazole linked with 4-thiazolidinones: a one-pot sequential approach. *RSC Advances*, 5(2), 1628-1639. <https://doi.org/10.1039/C4RA12592D>
- Rojó Callejas, F. (2000). *Tablas de espectroscopía infrarroja*. Curso de Química Analítica Instrumental I. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México. [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TablasIR\\_34338.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TablasIR_34338.pdf)
- Zalagin, T. R. y Pick, U. (2014). Azide improves triglyceride yield in microalgae. *Algal Research*, 3(1), 8-16. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2013.12.002>

# Solución energética centralizada para edificaciones eficientes: Distrito Térmico La Babilla del Malecón

Lisseth Milena Cruz Ruiz\*

Semillero en Energías Alternativas (SEA)

## Introducción

No es novedad resaltar el hecho de que el mundo se encuentra en un momento crucial y definitivo relacionado con la continuidad del estilo de vida consumista y determinista que se maneja. El término de crisis climática toma más fuerza debido a que las concentraciones de CO<sub>2</sub> y la temperatura global siguen aumentando sin control y las ciudades continúan consumiendo energía, demandando cada vez más por parte de las empresas generadoras y del medioambiente. La incursión de la tecnología en el modo de vida de las personas obliga a que la transición energética sea vista como un proceso de tecnificación y una nueva oportunidad para rediseñar el mundo. Suele creerse, erróneamente, que para frenar el calentamiento global debe regresarse a estilos de vida arcaicos o poco tecnificados en los que se omitía el uso de máquinas o fuentes de energía fósiles, nada más alejado de la realidad.

Las diversas soluciones energéticas que se proponen en Colombia en pro de la transición energética acordadas en el COP21-Cumbre de París/Convenio de Viena-Protocolo de Montreal, reconfiguran la concepción de consumo lineal y limitado para incurrir dentro del ámbito de la economía circular bajo el modelo de facetas o 9R: repensar, reutilizar, reparar, restaurar, remanufacturar, reducir,

---

\* Ingeniería Mecánica. Estudiante investigador. Semillero en Energías Alternativas (SEA). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: [lmcruzr@correo.udistrital.edu.co](mailto:lmcruzr@correo.udistrital.edu.co)

reproponer, reciclar y recuperar; todas con el objetivo de producir conservando y conservar produciendo.

En el presente artículo, se detalla la conceptualización de un distrito térmico, un modelo de sistema de energía térmica centralizada que permite el reemplazo de viejos equipos de climatización y la reducción de las emisiones de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) y gases de efecto invernadero (GEI); además, posibilita el aprovechamiento y la adecuada gestión de diferentes fuentes de energía no convencionales.

En Colombia, país tropical, la necesidad de distritos térmicos de refrigeración es muy alta, resaltando el consumo en zonas turísticas como Cartagena, Barranquilla, Santa Marta, etcétera. El Distrito Térmico La Babilla del Malecón fue proyectado para ser instalado en el sector de La Loma-El Malecón, en Barranquilla, como parte del plan de desarrollo regional. La importancia de este proyecto radica tanto en su parte técnica (funcionamiento, equipos, instalación, generación estimada) como en el proceso de transición energética que permita reducir el consumo de energía de refrigeración de los habitantes del sector a través del uso de fuentes de energía sustentables.

## Fundamento teórico

Los objetivos de diseño, conceptualización e instalación de un distrito térmico se focalizan en generar energía térmica centralizada que coopere con:

1. El detenimiento del incremento de la temperatura global, que resultaría en una elevación de los niveles del mar y que afectaría a más de 10 millones de personas, además de la generación de catástrofes ambientales, la reducción o el aumento de lluvias y la alteración de cultivos, lo que en últimas tendría serias consecuencias y pérdidas económicas en Latinoamérica por más de US\$30.000 millones (Hinicio, CAEM y FTI Consulting, 2019).
2. Erradicar el uso de aparatos de climatización contaminantes o que funcionen haciendo uso de sustancias agotadoras de la capa de ozono (como refrigerantes CFC y HCFC, cloro, flúor o bromo) o gases de efecto invernadero (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s. f.)
3. El empleo de fuentes primarias de energía, como el uso de aguas profundas de mar para el intercambio de calor con el ambiente, la utilización de calor residual de procesos industriales, la cogeneración con gas, biogás o residuos sólidos urbanos, el aprovechamiento de la energía geotérmica y el uso de energía solar térmica y fotovoltaica (Hinicio, CAEM y FTI Consulting, 2019).



La protección de la capa de ozono y la reducción de los GEI se hacen sumamente necesarios, debido a que la primera protege a la Tierra del impacto directo de los rayos ultravioleta provenientes del Sol, y los segundos evitan que los rayos que ingresan al planeta puedan ser reflejados nuevamente al espacio sin acciones perjudiciales para la salud de los seres que lo habitan (Sistema de Información Ambiental de Colombia [SIAC], s. f.).

En el mundo entero, alrededor del 40% de la demanda energética se debe a climatización de espacios. Esto no debe pensarse como un simple lujo, sino que corresponde a una necesidad básica para poder realizar las actividades cotidianas en condiciones mínimas de confort y seguridad ambiental. Los distritos térmicos, además de participar activamente en la transición energética, también permiten la inmersión del país dentro de un modelo de economía circular y de reducción de los consumos energéticos y eléctricos específicos que se disminuyen notablemente al centralizarse su generación en una sola planta.

Existen múltiples maneras de conceptualizar un distrito térmico, pues depende de las necesidades del sector en donde se vaya a instalar. Se debe tener en cuenta la mayor cantidad de variables que puedan afectar de manera positiva o negativa la generación de energía térmica.

A nivel mundial, existen ya varios distritos térmicos que cubren con demandas de refrigeración y calefacción, esta última presente principalmente en lugares donde la temporada de invierno afecta sustancialmente el confort de las viviendas o la efectividad de las actividades industriales que requieren unas condiciones básicas mínimas de comodidad.

En Boston, Zúrich, Copenhague y Texas también existen distritos térmicos operados por centros de investigaciones especializados en eficiencia energética, que trazan sus propias rutas de mapas energéticos para calcular cuáles son los espacios con mayor potencial de instalación de un distrito térmico que pueda proyectar su éxito a largo plazo, ese es el caso de la District Energy in Cities Initiative, el Copenhagen Centre on Energy Efficiency y la Universidad de Austin en Texas.

En Colombia, existen ya cuatro distritos térmicos en funcionamiento y uno en proyección: DT La Alpujarra, en Medellín, Antioquia (proyecto de referencia para la conceptualización del distrito térmico en Barranquilla, debido a que fue el primer sistema urbano implementado en Colombia); DT Serena del Mar, en Cartagena, Bolívar; DT Centro Comercial Nuestra Montería, en Montería, Córdoba; DT Air Liquide Tocancipá, en Tocancipá, Cundinamarca; y el Distrito Térmico de La Loma, en Barranquilla, Atlántico. Nuestro país es pionero en estos sistemas en América Latina, los cuales fueron pensados desde finales del siglo

XIX, durante la Revolución industrial, para el almacenamiento de vapor y el uso de residuos sólidos y carbón (Hinicio, CAEM y FTI Consulting, 2019).

A grandes rasgos, los principales factores que influyen en el proceso de caracterización de un distrito térmico podrían resumirse en:

1. Condiciones climáticas de la zona donde se va a instalar y potencialidades energéticas para uso de fuentes primarias de energía de alimentación.
2. Demanda estimada proveniente de la cantidad de personas que se van a beneficiar del sistema de energía térmica y capacidad a instalar para la selección de los equipos de refrigeración o calefacción.
3. Financiamiento del proyecto por medio de alianzas público privadas que puedan darle el tiempo necesario de retorno de la ganancia al proyecto (a partir de los 10 años después de la instalación).
4. Promoción del distrito térmico como oportunidad, identidad y posibilidad de protección ambiental.

Como se remarcó, esta además de ser una oportunidad de enfrentar el cambio climático sin afectar drásticamente el estilo de vida moderno, también se convierte en una posibilidad de transitar hacia una vida más cómoda, una generación centralizada inteligente y una consciencia de las necesidades económicas y ambientales de Colombia y el mundo.

## Metodología

Este distrito térmico fue conceptualizado gracias al Primer Concurso Universitario de Distritos Térmicos, organizado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Unidad Técnica Ozono Colombia, Empresas Públicas de Medellín (EPM) y la Embajada de Suiza. Estas entidades hicieron posible el acceso a uno de los estudios más completos que se tienen hasta el momento para el cálculo de la potencialidad de un distrito térmico en Colombia. Este fue realizado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, en el 2016 y se denominó *Caracterizar la oferta y demanda de servicios de energía térmica en Colombia y evaluar las opciones técnicas y económicas de sustitución desde la perspectiva de implementación de proyectos de distritos térmicos* (Universidad Nacional de Colombia, 2016). En el documento se puede obtener una perspectiva de las necesidades colombianas respecto a refrigeración y por qué es importante construir sistemas de generación de energía térmica centralizada.

Adicionalmente se tuvo conocimiento del documento *Estimación de la demanda térmica. Proyecto Gran Malecón* (Hinicio y CAEM, 2018), hecho por la empresa de consultorías en energías sustentables Hinicio y la Corporación

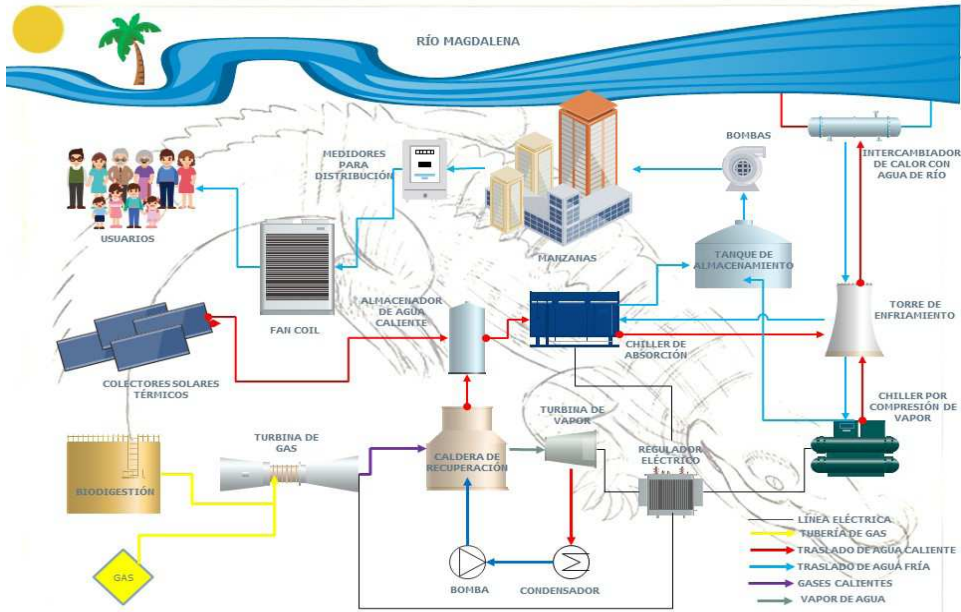
Ambiental Empresarial (CAEM). En dicha investigación se establecieron las toneladas de refrigeración demandadas por el proyecto.

El proyecto correspondía a la cobertura de 87.000 toneladas de refrigeración (TR), aproximadamente 306 megavatios demandados debido a la construcción de una ciudadela compuesta por 27 edificaciones, en las que se incluían unidades residenciales de hasta 10 pisos, un centro comercial y un hotel de 26 pisos totalmente climatizado; todo esto rodeado por el río Magdalena y a 12 km del mar Caribe.

El eje de la conceptualización giraba en torno a la generación de energía térmica haciendo uso de fuentes primarias de energía no convencionales y sustentables; para ello fue necesario hacer un estudio de las potencialidades energéticas de la zona, caracterizando el terreno, el clima, el tipo de unidades de repartición de la energía, la selección del fluido de trabajo, el diseño de tuberías y la selección de equipos que cubrirían toda la demanda.

El fluido de refrigeración fue agua, pues esta cuenta con un punto de ebullición relativamente alto y es uno de los refrigerantes más económicos que existen. La temperatura promedio de Barranquilla oscila entre los 28 °C y los 32 °C; y según la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), la temperatura de confort térmico se encuentra a los 22 °C como promedio entre la necesaria en verano e invierno para zonas climáticas con estaciones.

En cuanto al aprovechamiento energético, se decidió utilizar la energía solar térmica, los residuos sólidos generados en toda la isla (La Loma), y las bajas temperaturas del río Magdalena. Se proyectaron en total 34.400 paneles solares térmicos instalados por todo el eje central de la isla, que alimentarían eléctricamente un almacenador de agua caliente, el cual se prepara para ingresar al *chiller* o enfriador por absorción. Para el aprovechamiento de residuos sólidos se calculó una capacidad de 4,8 kW de biogás ingresados a un ciclo de cogeneración constituido por una caldera de recuperación en donde se cambia de fase el gas para guiarlo hacia una turbina de vapor que produce la potencia necesaria para la alimentación de un regulador eléctrico a usar más adelante; luego el gas pasa por un condensador donde nuevamente cambia de fase a líquido y se impulsa a través de una bomba para ser ingresado de nuevo a la caldera. También se caracterizaron algunos intercambiadores de calor con agua de río que irían después de una zona de refrigeración con torres alimentadas por las series de *chillers* de compresión de vapor y *chillers* de absorción (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, grupo de investigación en Energías Alternativas, 2019).

**Figura 1.** Diagrama P&D del distrito térmico

**Fuente:** elaboración propia

Luego de los *chillers*, el agua de refrigeración se conduce a través de las tuberías preaisladas que cuentan con las especificaciones necesarias en el transporte del agua sin pérdidas representativas de temperatura en la distribución; estas fueron seleccionadas por medio de los criterios de la regulación europea establecidos en la EN 253 (*District heating pipes-Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks. Pipe assembly of steel service pipe, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene*). Finalmente, todo el circuito de tuberías fue calculado dividiendo el distrito térmico en ocho fábricas de frío repartidas por todo el eje central de la isla y llevadas de la forma más eficiente hacia cada una de las edificaciones. Fueron en total ocho tanques de almacenamiento de frío y dieciséis bombas centrífugas para la impulsión del fluido hasta la toma de la edificación para la distribución.

## Distribución de zonas y equipos



**Fuente:** elaboración propia

El objetivo del Encuentro de Experiencias en Investigación es precisamente exponer lo que se refiere a lo vivido en torno de la constitución de este proyecto. El último paso en dicho proceso correspondió a la sustentación del proyecto, en el cual se dejaba claro que el 20% sería cubierto con energías sustentables, y el otro 80% con energías convencionales (gas de la línea y electricidad obtenida del proceso de cogeneración).

Hasta aquí correspondería el proceso técnico de la investigación, pero el relato de la experiencia y la trascendencia que tiene esta clase de contextos en los estudiantes alienta el sentido de pertenencia y responsabilidad y coadyuva al establecimiento de un proyecto de vida con sentido tecnológico, económico y ambiental. Como ingenieros, se hace necesario despertar la identidad y el respeto de la naturaleza para encontrar ese punto de equilibrio ecológico en el que se puede convivir adecuadamente con el medioambiente, sin dejar de lado el estilo de vida moderno.

Esta clase de sistemas permiten ver esa frontera, en donde coexisten contextos diferentes, pero que comparten un mismo norte de reducción de impactos ambientales y económicos.

## Resultados

Días después de la sustentación del proyecto, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas a través del grupo de investigación en Energías Alternativas (GIEAUD) ocupó el tercer puesto en el Primer Concurso Universitario de Distritos Térmicos. Entretanto, el equipo conformado por cinco personas: PhD. Camilo Andrés Arias, Msc. Yisselle Acuña, Msc. Germán Arturo López, tecnólogo Yordan Stiven Cruz y la estudiante de Tecnología Mecánica Liseth Milena Cruz, asistieron con todos los gastos pagos al II Congreso Internacional por la Capa de Ozono y el Clima-Distritos Térmicos, espacio de premiación (Ministerio de Ambiente, Embajada de Suiza e Inicio, 2019).

Allí se compartieron experiencias internacionales en la constitución y el impacto de los distritos térmicos a nivel mundial, como los mencionados previamente ubicados en Boston, Copenhague, Austin y Zúrich. Como parte de la experiencia además se visitó el Distrito Térmico La Alpujarra, en Medellín, y se realizaron algunas provocaciones relacionadas con la transición energética que debe ser llevada a cabo en el país para no ser víctimas catastróficas de los impactos del cambio climático y el efecto invernadero.

Esta clase de contextos invitan a la generación de proyectos de transición energética que busquen el equilibrio con el medioambiente y permitan que los futuros investigadores, estudiantes de pregrado, se proyecten hacia un sector que podría ser más explorado, teniendo en cuenta las consideraciones técnicas y las necesidades de un país como Colombia.

El hecho de encontrar en un solo lugar una multiplicidad de condiciones ambientales que varían desde los fríos extremos de páramo y zona nevada hasta el calor y aridez de los desiertos permite pensar en mil proyectos para el aprovechamiento óptimo de la naturaleza, sin tener que afectar transversalmente su sentido lógico. Las comunidades ancestrales conocen de la correcta inmersión dentro de los comportamientos de la tierra y podrían compartir esos saberes que lograrían construir ese puente que parece roto entre la sociedad occidental y la madre naturaleza.

Los distritos térmicos tienen la ventaja de aprovechar casi cualquier fuente de energía primaria, esto se convierte también en una oportunidad para estudiar la obtención de la misma y destinarla para otros fines que sean necesidad en alguna parte del país.

Luego de la experiencia queda la incertidumbre de cómo optimizar el consumo energético en las edificaciones, pues los equipos, la iluminación, la cocción e incluso la calefacción en ciudades de sensaciones térmicas frías han ido sumando costos a los cobros de electricidad y por ende a la demanda energética y eléctrica.

La idea de conseguir un estado de economía circular en donde se consuma produciendo obliga a que cada persona se encargue de alguna u otra manera de la generación de su propia energía aprovechando lo que la naturaleza ofrece. El Sol es de todos, los residuos sólidos son inevitablemente producidos día tras día, las fuentes de intercambio de calor son infinitas, incluso se cuenta de forma ilimitada con el mayor reservorio termodinámico de la Tierra: la atmósfera.

La posibilidad de aprovechamiento, investigación e implementación de métodos de aprovechamiento de las fuentes de energía no convencionales se convierte en una necesidad del ahora y una obligación ética de los ingenieros en formación y de las personas del común. Estas últimas también deben considerarse, pues son individuos consumidores de la energía que se produce a gran escala y que podría ser obtenida de forma sostenible en los propios techos de los hogares.

Las experiencias en investigación que orientan a los estudiantes en esta dirección permiten ver una nueva perspectiva de las necesidades globales y de la verdadera importancia de un mundo sostenible, lo que brinda una maravillosa capacidad de percepción de las nuevas posibilidades y la utopía de un mundo más equilibrado.

## **Conclusiones y discusión**

Las posibilidades que ofrece esta clase de investigaciones se dirigen hacia una transición energética inteligente y cómoda para todos los usuarios e involucrados. Este proyecto permitió desarrollar más proyectos relacionados con eficiencia energética propuestos desde el SEA.

Los resultados que ofreció la experiencia establecieron una guía de ruta y un proyecto de vida para los involucrados. A pesar de que el diseño que se propuso no fue el ganador del concurso, la efectividad del mismo permite considerarlo como una posible respuesta ante otra situación de conceptualización de un distrito térmico en una zona de condiciones similares.

Aquello que se pudo tejer en el congreso internacional fue la construcción de diferentes alianzas estratégicas que a la larga construirán proyectos de energías alternativas que eviten el colapso ambiental hacia el que se dirigen las prácticas incorrectas de la humanidad.

El distrito térmico propuesto cumplió con los requerimientos y fue adulado por diferentes grupos de investigación de universidades a nivel nacional que compartieron sus experiencias con el grupo. Se queda en el tintero el estudio de más zonas con capacidad de recibir un distrito térmico dentro de sus sistemas de energía centralizada y una investigación acerca de los potenciales de las zonas frías del país, pues el agua caliente sanitaria ha comenzado a elevar sus cobros en la factura de electricidad de muchos hogares.

Esta es una oportunidad de aprovechar el potencial energético del país y tomar la delantera en la innovación a nivel Latinoamérica para la constitución de nuevos paradigmas energéticos y nuevos modos de ver a la tecnología y a la naturaleza como una sola.

## Referencias

- Hinicio y Corporación Ambiental Empresarial [CAEM]. (2018). *Estimación de demanda térmica. Proyecto “Gran Malecón”. Barranquilla, Colombia.* [Archivo personal].
- Hinicio, CAEM y FTI Consulting. (2019). *Una solución en un momento necesario. Los distritos térmicos: una apuesta de sostenibilidad urbana.* <https://www.distritoenergetico.com/wp-content/uploads/2019/09/Revista-Los-distritos-termicos-una-apuesta-de-sostenibilidad-urbana-1.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Embajada de Suiza e Hinicio. (2019, del 6 al 7 de junio). *II Congreso Internacional por la Capa de Ozono y el Clima-Distritos térmicos. Memorias del Congreso*, Medellín, Colombia. <https://www.distritoenergetico.com/informacion/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s. f.). *Disposición de residuos de SAO.* <http://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/unidad-tecnica-ozono-y-protocolo-de-montreal/disposicion-de-residuos-y-equipos-con-sao>
- Sistema de Información Ambiental de Colombia [SIAC]. (s. f.). *Sistema de Información Ambiental de Colombia.* <http://www.siac.gov.co/ozono>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas, grupo de investigación en Energías Alternativas. (2019). *Propuesta Distrito Térmico La Babilla del Malecón.* Sin publicar.
- Universidad Nacional de Colombia. (2016). *Caracterizar la oferta y demanda de servicios de energía térmica en Colombia y evaluar las opciones técnicas y económicas de sustitución desde la perspectiva de implementación de proyectos de distritos térmicos.* Universidad Nacional de Colombia.



## **Anexos**

Para examinar los anexos acceder a la siguiente página: <https://sites.google.com/view/anexos-babilla-del-malecon/home>

# Sistemas de separación binarios y terciarios en la identificación de sustancias

Miguel Guzmán Escobar\*

Luis Carlos García Sánchez\*\*

Semillero en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible

Grupo de investigación Química Computacional y Desarrollo Sustentable

## Introducción

Pensar en cómo enseñar una disciplina experimental como la química está en la mente de cada docente. Esto lleva a hacer uso máximo de los conocimientos que, combinados con la creatividad, conduce a soluciones prácticas y económicas.

Entre los hallazgos frecuentes, al auscultar las fortalezas y debilidades en los conocimientos escolares, se encuentra que comprender el tema de las fuerzas intermoleculares, y una de sus consecuencias como la solubilidad de las sustancias, genera conflicto (Castillo, 2012).

Es posible que la química enseñada en aulas de clase de secundaria se encuentre estancada por la falta de recursos y herramientas que puedan ser utilizadas por los docentes. Es necesario, entonces, generar recursos que permitan llevar conceptos teóricos a la práctica, lo que puede incentivar en el estudiante una mayor motivación por la química.

Por esto, se plantea realizar un kit que permita desarrollar temas de forma experimental en el laboratorio. El tema central a abordar con el kit son los sistemas

---

\* Estudiante investigador. Proyecto curricular de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: [mgguzmane@correo.udistrital.edu.co](mailto:mgguzmane@correo.udistrital.edu.co)

\*\* Profesor. Proyecto curricular de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: [lucas201520161@gmail.com](mailto:lucas201520161@gmail.com)

de separación binarios y terciarios en la identificación de sustancias. Se emplea aquí la cromatografía de adsorción, una de las técnicas que, además de ser uno de los procesos más utilizados, hace posible entender diluciones y concentraciones de las sustancias a bajo costo. Se trata de un método sencillo y práctico que puede ser utilizado en los laboratorios de los colegios para una mayor profundización de los temas mencionados.

## Fundamento teórico

Las mezclas están compuestas por la unión física de dos o más sustancias. Con cierta frecuencia hay necesidad de obtener en forma pura alguno de estos componentes (Márquez, 2010). Para esto se tienen diferentes procesos de separación de mezclas, como:

- Filtración: es la separación de partículas sólidas contenidas en un fluido, el cual se pasa a través de un medio filtrante sobre el que se depositan los sólidos.
- Cristalización: se utiliza la formación de cristales para separar un soluto de una solución líquida, dejando generalmente las impurezas en la masa fundida o en las aguas madres.
- Destilación: se separa mediante la vaporización en una mezcla líquida de sustancias miscibles y volátiles en sus componentes individuales, o en algunos casos en un grupo de componentes.
- Cromatografía: es el grupo de técnicas utilizadas en la determinación de la identidad de sustancias, en la separación de componentes de las mezclas y en la purificación de compuestos.

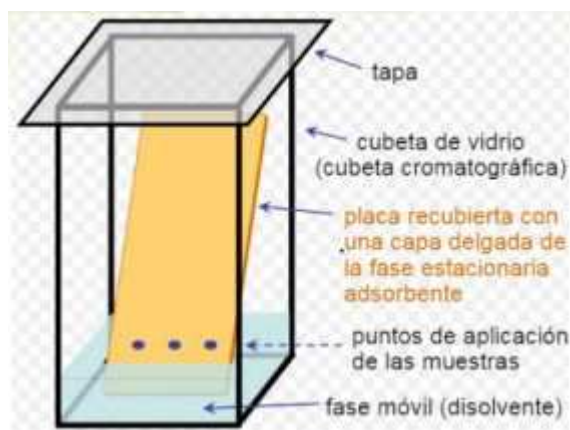
La cromatografía es esencialmente un método de separación en el que los componentes a separar se distribuyen entre dos fases, una inmóvil (fase estacionaria) y otra móvil (fase móvil), la cual percola a través de la primera. El proceso cromatográfico se da como resultado de repetidos procesos de sorción-desorción durante el movimiento de los componentes de la mezcla arrastrados por la fase móvil a lo largo de la fase estacionaria (elución). De esta manera se produce la separación, debido a las diferencias en las constantes de distribución de los componentes de la mezcla entre la fase estacionaria y la móvil. A la distribución final de los componentes en función de su posición sobre el lecho estacionario, o del tiempo en que eluyen, se le denomina cromatograma (Carvalho, 2016).

En la tabla 1 se ilustran las fases móviles y las fases estacionarias que pueden existir dentro de una cromatografía. Por su parte, en la figura 1 se muestra el montaje de una cromatografía.

**Tabla 1.** Fases móviles y estacionarias

Técnica	Fase móvil	Fase estacionaria
Cromatografía de gases	Gas	Sólido o líquido
Cromatografía líquida en fase inversa	Líquido (polar)	Sólido o líquido (menos polar)
Cromatografía líquida en fase normal	Líquido (menos polar)	Sólido o líquido (polar)
Cromatografía líquida de intercambio iónico	Líquido (polar)	Sólido
Cromatografía líquida de exclusión	Líquido	Sólido
Cromatografía líquida de adsorción	Líquido	Sólido
Cromatografía de fluidos supercríticos	Líquido	Sólido

**Fuente:** Carvalho (2016)

**Figura 1.** Mecanismo de cromatografía de adsorción

**Fuente:** Carvalho (2016)

La cromatografía más utilizada es la de adsorción. Su técnica está basada en equilibrios de adsorción del soluto entre la fase móvil y la fase estacionaria (Harris, 1982). El montaje de la cromatografía se muestra en la figura 1.

Para la preparación de un soluto se debe tener en cuenta el estado en el que se encuentra, si es sólido o líquido; para los solutos sólidos se deben solubilizar

en un solvente, los líquidos se pueden trabajar directamente o disminuyendo su concentración, en caso de ser necesario. Para la preparación de la fase móvil se puede realizar mezclas binarias y ternarias.

Las mezclas binarias y ternarias son importantes para la preparación de la fase móvil de una cromatografía de adsorción, ya que permite al analista dar una polaridad a esta fase gracias a la mezcla de diferentes solventes. La preparación de esta fase se efectúa mediante cálculos de fracciones molares, para así obtener la polaridad.

## **Metodología**

El kit de separación de mezclas binarias y ternarias nace de la necesidad de implementar la cromatografía en los laboratorios de química de los colegios. Estos útiles fueron sugeridos debido a las prácticas que ya se han realizado en los laboratorios de la universidad, los cuales cumplen un objetivo básico de lo que es la cromatografía de adsorción, permitiendo el acercamiento en el aula.

El kit está constituido por los siguientes materiales y reactivos:

### **Materiales:**

1. Una placa excavada de arcilla.
2. Cinco tubos ámbar.
3. Dos frascos de 100 mililitros.
4. Hojas de papel adherente.
5. Una pipeta pasteur.

### **Reactivos:**

1. Colorante orgánico.
2. Alcohol.
3. Cinco solventes.

### **Procedimiento:**

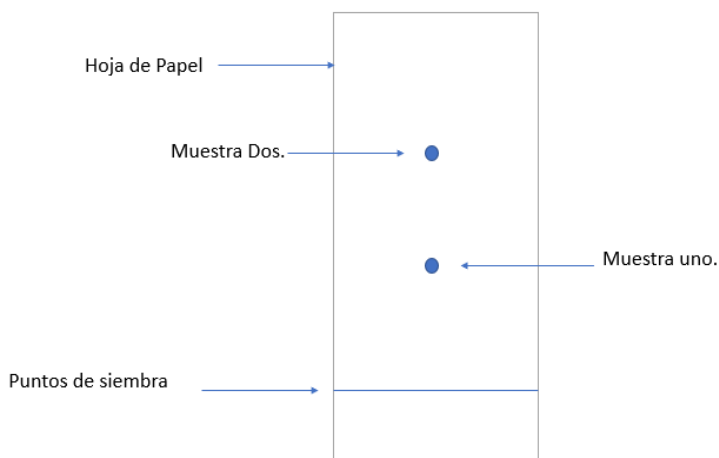
1. Tomar la muestra orgánica a trabajar.
2. Realizar pruebas de solubilidad de la muestra utilizando la placa excavada y los solventes puestos en los tubos ámbar.
3. Sembrar en una de las laminillas de papel a un centímetro de la orilla. Dejar secar.
4. Preparar la fase móvil en el frasco de 100 mililitros a partir de las sustancias solubles o parciales del compuesto; si es necesario preparar una mezcla binaria o ternaria, se debe utilizar la hoja de cálculo de Excel.

5. Colocar la hoja dentro del frasco de 100 mililitros y sumergir en la fase móvil.
6. Sacar la hoja y dejar secar.
7. Tomar los  $R_f$  de la sustancia.

## Resultados

En la figura 2 se ilustra el resultado esperado por una cromatografía realizada con el kit. Se propone utilizar colorantes, sustancias coloreadas o plumones para el primer acercamiento en el aula.

**Figura 2.** Diagrama de cromatografía de adsorción de una muestra aleatoria en papel



**Fuente:** elaboración propia

En las tablas 2 y 3 se muestran ejemplos de fases móviles preparadas a partir de mezclas con los cálculos correspondientes, los cuales le permiten al estudiante obtener los mililitros necesarios de cada solvente para la preparación de la fase móvil.

**Tabla 2.** Cálculos de las fracciones molares de las fases móviles

Mezcla	Solvente	Volumen de solvente (mL)	Volumen mezcla (mL)	Moles de solvente	Fracción molar (X)
1	DMF	45	165	0,581	0,389
	Hexano	120		0,912	0,610

Mezcla	Solvente	Volumen de solvente (mL)	Volumen mezcla (mL)	Moles de solvente	Fracción molar (X)
2	THF	7	10	0,086	0,671
	DMSO	3		0,042	0,329
3	THF	6	10	0,074	0,597
	Cloroformo	4		0,050	0,403

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Cálculos de constante dieléctrica de las fases móviles

Mezcla	Solvente	% correspondiente	Constante dieléctrica del solvente ( $\epsilon$ )	Constante dieléctrica de la mezcla ( $\epsilon T$ )
1	DMF	38,929	36,7	42,807
	Hexano	61,071	46,7	
2	THF	67,140	7,58	17,149
	DMSO	32,860	36,7	
3	THF	59,704	7,58	6,464
	Cloroformo	40,296	4,81	

Fuente: elaboración propia

Conclusiones y discusión

Se sugiere que la primera aplicación del kit se haga con la muestra estándar, o con una muestra coloreada, ya que esta permite entender el funcionamiento del método mediante el comportamiento de la muestra dentro de la hoja al ser arrastrada por la fase móvil.

El proceso de revelado facilita un primer acercamiento del estudiante a la idea de lo que debe esperar en la lámina de papel.

La comprensión del fenómeno desarrolla la capacidad de implementación para separar mezclas de mayor complejidad.

La aplicación del kit no sustituye una cromatografía de adsorción implementada en laboratorio ni le permite al estudiante obtener resultados de investigación científica. Sin embargo, es una herramienta que facilita el acercamiento de temas como soluciones, concentraciones químicas, sistemas de separación, mezclas binarias y ternarias, entre otros, de una forma experimental.

## Referencias

- Carvalho, C. P. (2016, octubre). *Guía sobre principios básicos de cromatografía y sus aplicaciones* [Documento sin publicar].
- Pássaro-Carvalho, C. P., Rivera-Narváez, C. M., Román-Páez, M. A., Cardona-Bermúdez, L. M., Muñoz Echeverri, L. M., Gómez, D. D. y Rojas-Bedoya, L. C. (2016). *Guía sobre principios básicos de cromatografía y sus aplicaciones*. [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4694/guia\\_cromatograf%E-Da.pdf;jsessionid=53B1395C79FEC1025083A2E4513F0DA5?sequence=1](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4694/guia_cromatograf%E-Da.pdf;jsessionid=53B1395C79FEC1025083A2E4513F0DA5?sequence=1)
- Castillo, S. B. (2012). *Empleo de software de uso científico en la enseñanza de las ciencias naturales, evaluación para su regulación. Una propuesta de evaluación continua de los aprendizajes para el fortalecimiento del aprendizaje autónomo*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- García, L., Pinilla, J. y Criollo, F. (2013). *Empleo de software, de uso científico, en la enseñanza de las ciencias naturales: propuesta base*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Harris, D. C. (1982). *Análisis químico cuantitativo*. Reverté, S. A.
- Márquez, E. J. (2010). *Química 2*. Cengage Learning.



# Manejo de los residuos orgánicos en el hogar

Andrés Villamil\*

Luis Carlos García Sánchez\*\*

Semillero en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible

Grupo de investigación Química Computacional y Desarrollo Sustentable

## Introducción

A principios del siglo XX, Bogotá empezó a tomar medidas de salubridad pública. Por aquella época no se contaba con servicios de acueducto y alcantarillado, por lo que pululaban los dípteros y malos olores en la ciudad. Un siglo después se vive una situación similar debido al mal manejo de los residuos sólidos. Esta problemática se ha convertido en un serio inconveniente en la gestión y el control de los vectores de transmisión de enfermedades tras la descomposición del material orgánico.

En la actualidad, en pequeñas poblaciones como Nobsa, en el departamento de Boyacá, los residuos sólidos municipales se han venido incinerando gracias al convenio existente entre la alcaldía y el consorcio Holcim Colombia (Holcim, 2019), cuya planta de producción se encuentra ubicada en el mismo espacio territorial. Esto permite, a diferencia de la mayoría de los centros poblados del resto del país, no tener la necesidad de crear y administrar un relleno sanitario.

Ciudades como Bogotá se han visto obligadas a tener y mantener uno propio. La experiencia en el manejo de residuos sólidos mediante rellenos sanitarios no ha sido la mejor (“Los peores desastres de 1992”, 1992). No se ha probado

---

\* Estudiante investigador. Proyecto curricular de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: [acvillamilh@correo.udistrital.edu.co](mailto:acvillamilh@correo.udistrital.edu.co)

\*\* Profesor. Proyecto curricular de Licenciatura en Química. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: [lucas201520161@gmail.com](mailto:lucas201520161@gmail.com)

tampoco la implementación de biodigestores, debido muy probablemente, a los altos costos de construcción y manejo que estos implican (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR], 2019).

A pesar de que los métodos anteriores son alternativas al manejo de los residuos sólidos, todos ellos tienen en común el aporte que hacen a la atmósfera de gases de efecto invernadero. Es aquí donde toma relevancia seguir los procesos desarrollados por la naturaleza para el manejo, en este caso, de residuos sólidos. Y es que la naturaleza inventó para cumplir con esta importante gestión a los escarabajos peloteros, alimenta a todo tipo de aves con anélidos (gusanos o lombrices), oxigena el suelo con el trabajo de las hormigas y los mismos anélidos, entre otros.

¿Por qué el hombre debería inventar cosas distintas? Lo interesante es determinar, por ejemplo, en cuánto tiempo un kilogramo de lombriz californiana consume un kilogramo de desechos orgánicos domésticos. En la experiencia desarrollada se toma un kilogramo de lombriz como plante. Finalmente, como producto final el semillero en Educación Ambiental y Desarrollo Sostenible se propone presentar una propuesta de manejo de residuos mediante lombricultura y compostaje combinados para el hogar.

## Fundamento teórico

- **Residuo sólido:** cualquier material desechado que pueda o no tener utilidad alguna. El término residuo no corresponde con la aceptación de la palabra desecho, pues esta trae implícita la no utilidad de la materia orgánica. En el artículo 3 (frac. XXXI) de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), se define residuo de la siguiente manera: “Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó” (Jiménez, 2001, p. 23).
- **Residuos orgánicos:** son un tipo de material biodegradable creado naturalmente y que cuenta con propiedades de degradación y desintegración con una velocidad alta, transformándose en otra materia orgánica. Los residuos orgánicos se componen de restos de comida y de vegetales de origen domiciliario (RSU Consorcio Provincial Residuos Sólidos Urbanos Málaga, s. f.).

## Manejo de residuos orgánicos

- **Pirolisis o incineración:** es una descomposición térmica que ocurre en ausencia de oxígeno. La pirolisis siempre es el primer paso en los procesos de

combustión y gasificación; el segundo paso es el de una oxidación total o parcial de los productos primarios. Este proceso cuenta con tres fases:

- La dosificación y alimentación de la materia prima.
- La transformación de la masa orgánica.
- La obtención y separación de los productos (coque, bio-aceites y gas) (Klug, 2012).

- **Metanización o degradación anaerobia de los afluentes:** es una tecnología muy eficiente para remover más de 90 % de su DBO, aunque solo un 70 % de su DQO, pues parte de esta se encuentra en forma dura, es decir, es no biodegradable (esta parte es muy reducida cuando los residuos orgánicos tienen origen en la caña o en la melaza).
- **Relleno sanitario:** la problemática ambiental de los residuos sólidos ha tomado fuerza en los últimos años, por lo que se ha reglamentado a través del tiempo su recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Según un informe de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) en el 2008 en Colombia se generaron aproximadamente 25.079 toneladas diarias de residuos, de las cuales el 90,99 % (22.819,2 ton/día) fueron dispuestas en rellenos sanitarios o plantas integrales de tratamiento de residuos sólidos; esto demuestra que persiste la disposición inadecuada del 9,01 % restante (2,26 ton/día), representados en 283 botaderos a cielo abierto, 19 enterramientos, 7 quemas y 8 cuerpos de agua.
- En Colombia existen 1112 municipios, de los cuales solo 1088 poseen reportes sobre el tipo de disposición que utilizan para sus residuos: 653 de estos lo hacen en rellenos sanitarios, ya sean regionales o no, 98 en plantas integrales y 337 municipios aún presentan disposición inadecuada de los mismos.
- Las cifras y el informe dado por la Superintendencia se basan en datos tomados de la información suministrada por las entidades prestadoras del servicio público de aseo, las autoridades ambientales y los alcaldes municipales al Sistema Único de Información (SUI). En este último se reportan los datos relacionados con el desarrollo de la actividad de disposición final en su jurisdicción, sin embargo, dicho informe aclara que no alcanza a reflejar la calidad de operación de estos sitios, a pesar de que tengan licencia ambiental para su funcionamiento (Noguera y Olivero, 2010).
- **Bioreactores:** son los equipos donde se realiza el proceso de cultivo (comúnmente denominado “fermentador”) en estado sólido o líquido. Su diseño debe ser tal que asegure homogeneidad entre los componentes del sistema y condiciones óptimas para el crecimiento microbiano y la obtención del producto deseado. Es vital tener en cuenta algunos problemas de transferencia

de calor y oxígeno sobre la cama de sustrato, los cuales dependen de las características de la matriz que se esté utilizando para la fermentación, siendo este uno de los principales factores que afectan el diseño y las estrategias de control (Ruíz-Leza *et al.*, 2007).

## Lombricultura

¿Qué es la lombricultura?: esta biotecnología, prácticamente desconocida hasta hace poco, tiene sus inicios en Estados Unidos, se extendió a Europa y finalmente hacia el resto del mundo. Aplica normas de técnicas y de producción utilizando las lombrices rojas californianas para reciclar residuos orgánicos biodegradables y, como fruto de su ingestión, los anélidos efectúan sus deyecciones convertidas en el fertilizante orgánico más importante hoy disponible. Con su actividad estas especies participan en la fertilización, aireación y formación del suelo, por lo que es posible obtener materia orgánica muy estable en un tiempo relativamente corto para su uso inmediato en la agricultura (Díaz, 2002).

¿Por qué se utiliza la lombriz roja californiana?: esta denominación abarca un conjunto de especies (entre ellas la *Eisenia foetida*), seleccionadas en California durante la década del cincuenta. Esta selección se efectuó por su corto ciclo reproductivo (cuatro veces por año), elevada frecuencia de apareamiento (producen un cocón cada siete o diez días), y mayor longevidad (15 a 16 años); cuentan con una amplia docilidad para la cría en ambientes reducidos, una gran voracidad (que se liga a la incidencia de los factores anteriores) y una mayor velocidad y volumen en la producción de lombricompost. De una sola lombriz se obtienen alrededor de 10.000 al cabo de un año.

En la tabla 1 se relacionan promedios tales como: 1 cocón por lombriz, cada 10 días nacen 3 ( $3 \times 3 = 9$  por mes, 27 en 3 meses). Con un 50-70% de pérdida por migración o muerte quedarían entre 8 y 13 lombrices (Díaz, 2002).

**Tabla 1.** Promedios por lombriz

1 lombriz	1 ciclo de 3 meses	10 lombrices por trimestre
1 lombriz	4 ciclos de 3 meses	$10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10.000$ por año

**Fuente:** Quiceno-Arias (1995)

Desde el nacimiento de las lombrices estas pueden ingerir el alimento por sus propios medios, mientras el ambiente en que subsistan esté lo suficientemente húmedo y en ocasiones compostado. La lombriz abre la boca e ingiere el

alimento mientras avanza arrastrándose por el terreno. Las lombrices poseen ambos aparatos genitales (femenino y masculino), intercambian esperma y dan lugar a la liberación de cocones desde ambos individuos protegidos por una sustancia viscosa elaborada por el clitelo de cada una de ellas. Les basta de 25 a 32 días de incubación y de 60 a 70 días de maduración para estar en condiciones de acoplarse (Díaz, 2002).

- **Taxonomía:** de acuerdo con su grado de afinidad, los animales y las plantas se reúnen en géneros, y los géneros afines se reúnen en familias. Las familias se agrupan a su vez en los órdenes, estos se agrupan en clases, quedando solo dos jerarquías superiores: división y reino. En la tabla 2 se muestra la clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana (Díaz, 2002).

**Tabla 2.** Taxonomía de la lombriz roja californiana

Reino	Animal
División	Anélidos
Clase	Clitelados
Orden	Oligoquetos
Familia	Lombricidos
Genero	Eisenia
Especie	Foetida

**Fuente:** Quiceno-Arias (1995)

En el orden de los oligoquetos hay aproximadamente 1800 especies, agrupadas en cinco familias distribuidas en todo el mundo. La familia de los lombricidos tiene unas 220 especies con tamaños que oscilan desde unos pocos milímetros hasta más de un metro, pero la mayoría están comprendidas entre 2 y 20 centímetros. De modo arbitrario podemos clasificar las lombrices más comunes en dos grupos:

1. Grupo pigmentado de rojo, donde se encuentran, entre otras, la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*) y la lombriz del compost (*Eisenia foetida*).
2. Grupo de lombrices grises, que incluyen, entre otras, a la lombriz pálida (*Octalassium lacteum*), una de las removedoras de tierra más efectivas (Díaz, 2002).

## Efectos de la lombriz en los suelos

Las actividades de las lombrices están muy afectadas por los sistemas de cultivo, uso de fertilizantes, herbicidas y pesticidas. El arado disminuye la abundancia de lombrices. Un estudio en Inglaterra demostró que después de 25 años de cultivo continuo de un terreno, las poblaciones de las lombrices habían disminuido hasta un 85 % en comparación con otro campo próximo no labrado. Cada ciclo de cultivo mataba aproximadamente 1 % de la población total de las lombrices. Un cultivo suave tiene un efecto mucho menos negativo.

Además, un efecto indirecto de cualquier técnica de cultivo es que genera un incremento del compacto del suelo, que afecta negativamente a las lombrices. Los efectos negativos del cultivo se pueden compensar mediante la siembra de cubiertas y fertilizantes orgánicos. Estas prácticas mejoran las condiciones microambientales del suelo y proporcionan nutrientes (Alonso-Peña, 2014).

## El vermicompost, una técnica de estabilización de la materia orgánica

En la agricultura convencional, los efectos de plagas y enfermedades son tratados mediante el empleo de herbicidas, fungicidas y pesticidas. Aunque estos productos sintéticos suelen ser eficaces, los organismos causantes de las enfermedades, los patógenos, pueden terminar adquiriendo resistencias. Si esto es así, hacen falta tratamientos más fuertes, que afectan la producción futura, los costes de la explotación y fuerzan al agricultor a una dependencia mayor de los productos ambientales.

El vermicompostaje es una técnica que consiste en un proceso de biooxidación y estabilización de la materia orgánica, mediado por la acción combinada de lombrices de tierra y microorganismos, del que se obtiene un producto estabilizado, homogéneo y de granulometría fina denominado humus de lombriz, muy apreciado en el mercado. En principio, las materias para el vermicompostaje son las mismas que para el compostaje, aunque con algunos matices referentes a las condiciones y los contenidos necesarios para que las lombrices puedan llevar a cabo su metabolismo (Alonso-Peña, 2014).

## Sustancias húmicas

El vermicompostaje, originado a partir de residuos ganaderos, restos de comida, lodos de depuradora o lodos de la industria papelera, contiene gran cantidad de sustancias húmicas. Los estudios realizados acerca de los efectos de estas sustancias sobre el crecimiento vegetal, bajo condiciones de nutrición mineral adecuada, han mostrado resultados muy positivos. Las sustancias húmicas

incrementaron de forma significativa la producción de biomasa de plántulas de maíz y avena, el número y la longitud de raíces en plantas de tabaco, la biomasa de tallos, raíces y nódulos en soja, cacahuete, y trébol, además del crecimiento vegetativo en plantas de chicoria (Krishnamoorthy y Vajranabhiah, 1986) y la inducción de la formación de tallos y raíces de ciertos cultivos tropicales en cultivo in vitro (Goenadi y Sudharama, 1995).

El tratamiento de células de zanahoria con sustancias húmicas extraídas de las deyecciones de *A. rosea* aumentó el crecimiento celular e indujo cambios morfológicos similares a los inducidos por las auxinas (Muscolo *et al.*, 1999).

## Importancia medioambiental de la materia orgánica de los suelos

Una de las funciones del suelo es la de filtro ambiental. Esta puede ser llevada a cabo por sus características físico-químicas (medio poroso y contenido de minerales de arcilla y sustancias húmicas), con posibilidad de formar uniones por procesos de adsorción y sorción (complejos de superficie) e iones metálicos y compuestos orgánicos potencialmente tóxicos.

Las sustancias húmicas, dado que pueden interaccionar con los iones metálicos potencialmente contaminantes, están en la capacidad de modificar su movilidad, retención y biodisponibilidad para las plantas, además cuentan con la posibilidad de influir en su transferencia con otro compartimiento ambiental, tal como una capa freática o aguas superficiales.

Las sustancias húmicas que reaccionan con los iones metálicos se pueden encontrar disueltas, en suspensión en la fase líquida, o formar parte de la fase sólida. Los grupos funcionales de las sustancias húmicas tienen diferentes afinidades para los iones metálicos, siendo los sitios más activos de complejación de los grupos carboxílicos y los grupos fenólicos. Las reacciones más importantes, entre otras, son las de formación de complejos de superficie, en los que la MOS actúa de ligando (Porta-Casanellas, 2014).

## Metodología



El cultivo de la cama de lombrices en el laboratorio se lleva a cabo en una canasta con medidas de 70 cm de largo, 40 cm de alto y 30 cm de ancho. Siempre debe estar con una inclinación no mayor a los 45°, con el fin de facilitar la recolección del lixiviado. Las lombrices se disponen hacia el costado más inclinado de la cama de la siguiente forma:



1. En la parte superior de la cama debe colocarse una capa de lombriz.
2. Sobre el tapete se deposita el material orgánico que se pretende consumir.  
Nota: la cantidad de comida debe estar en una relación 1:1 con respecto a la cantidad de lombrices que se disponen al principio (por ejemplo, si se pretende iniciar el cultivo con 1 kg de lombriz, se debe disponer de la misma cantidad de comida).
3. El material orgánico que se disponga para el alimento no puede contener ningún residuo de tipo ácido, ya que este medio puede generar la mortandad de las lombrices.
4. Dispuesta la comida para las lombrices se debe colocar una trampa contra las moscas para evitar la deposición de los huevos por parte de estas. Esto es muy importante, pues se puede llegar a generar competencia en el consumo del alimento con las larvas.
5. La inclinación debe estar conectada a un canal por el cual se pueda hacer la recolección del lixiviado.
6. La cama debe estar alejada de todo foco de luz UV, ya que este tipo de radiación tiene un efecto negativo sobre las lombrices.
7. La humedad se debe controlar cada tres días, comprobando que la materia orgánica que se dispuso no esté muy seca, con el propósito de facilitar la descomposición de la misma y el consumo por parte de las lombrices.
8. La alimentación, lo recomendado, se hace en un periodo de cada 15 a 18 días por tres meses, hasta obtener la duplicación de la población inicial de individuos, humus (vermicompostaje) y lixiviado de buenas características y calidad.








## Resultados y discusión

Los resultados de esta actividad van compilados en la siguiente tabla con imágenes:




Fecha	Imagen	Discusión
3 de julio de 2019	<p><b>Figura 1.</b> Inicio del cultivo</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p>	Se puede apreciar el inicio de la cama de cultivo, en la que, como se describe en la metodología, se depositó 1 kg de comida y 1 kg de lombriz roja californiana.
4 de julio de 2019	<p><b>Figura 2.</b> Control de humedad de la cama</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p>	Se evidencia cómo se inició el consumo del alimento por parte de la población de las lombrices en un día. La humedad de la cama se vio reducida con respecto al inicio del cultivo.

Fecha	Imagen	Discusión
5 de julio de 2019	<p><b>Figura 3.</b> Control de moscas para el cultivo</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p> <p><b>Figura 4.</b> Consumo de alimento por parte de la población</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p>	<p>El control de las moscas, atraídas por efecto de la descomposición del material orgánico, se realiza con la disposición de una malla de poros pequeños que logra detener el ingreso de estas especies y evita la reproducción de los huevos puestos por ellas, que pueden llegar a competir por el alimento de las lombrices.</p> <p>Igualmente, se evidencia el consumo de las cáscaras de plátano, que hasta la fecha eran unos de los residuos con mayor consumo por parte de la especie.</p>

Fecha	Imagen	Discusión
8 de julio de 2019	<p><b>Figura 5.</b> Control de población</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p> <p><b>Figura 6.</b> Control de población</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p>	<p>El 5 de julio de 2019 se había humectado la cama de las lombrices y se dejaron todo el fin de semana sin control. El alimento se encontró con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La cáscara de huevo, con un alto índice de consumo.</li><li>• La hoja de tamal, con varios individuos recién eclosionados de los cocones.</li><li>• No se hallaron cáscaras de plátano.</li><li>• El residuo de pan había desaparecido.</li></ul>

Fecha	Imagen	Discusión
11 de julio de 2019	<p><b>Figura 7.</b> Control de consumo</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p> <p><b>Figura 8.</b> Crecimiento de población</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p>	<p>Hubo un crecimiento de la población en dos días, en los que se puede observar las larvas emergentes de los cucones.</p> <p>Se observa una mayor afinidad por la cáscara de huevo, que presenta un consumo total; la hoja de tamal se encuentra con población, pero no se ve un consumo significativo por parte de las lombrices.</p> <p>El control de las moscas es efectivo, en cuanto no se hallaron ni huevos ni larvas en el cultivo.</p> <p>No se presentan malos olores en la cama de cultivo, se encuentran algunos microorganismos, como pequeñas arañas que ayudan a la descomposición de la materia orgánica.</p> <p>La humedad del cultivo se ve altamente reducida debido al consumo, lo que obliga a hidratar la cama a manera de roció, sin inundarla.</p>
17 de julio de 2019	<p><b>Figura 9.</b> Aumento de humedad</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p>	<p>Ya no se presentan residuos de huevo ni de plátano, solamente los restos de hoja de tamal. Debido a la escasez de alimento se debe hacer el segundo periodo de alimentación el 20 de julio de 2019 cambiando las características de los alimentos. La humedad se sigue controlando cada día con roció de agua fresca, para mantener la movilidad y frescura en la cama.</p>

Fecha	Imagen	Discusión
22 de julio de 2019	<p><b>Figura 10.</b> Lixiviado obtenido</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p> <p><b>Figura 11.</b> Nueva alimentación</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p>	<p>Se renueva el alimento del cultivo de lombrices, esta vez la cantidad que se agregó fue:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cáscara de papa: 209,697 g.</li><li>• Residuos de plátano-hoja de tamal: 293,203 g.</li><li>• Residuos de tomate y banano: 239,587 g.</li><li>• Residuos de tomate: 189,636 g.</li></ul> <p><b>Total residuos: 922,123 g</b></p> <p>Se obtuvo un total, hasta la fecha, de 266 ml de lixiviado, con un peso de 433,848 g.</p> <p>La densidad calculada del lixiviado conseguido es de:</p> $\rho = \frac{433.848g}{266 mL}$ $\rho = 1.63 \text{ g/mL}$
30 de julio de 2019	<p><b>Figura 12.</b> Control pasada una semana</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p>	<p>En la figura 12 se aprecia el consumo tras una semana en la que se había dispuesto el alimento; la velocidad con que la cantidad de comida disminuye hace referencia al buen cumplimiento del ciclo de reproducción de las lombrices.</p>

Fecha	Imagen	Discusión
9 de agosto de 2019	<p><b>Figura 13.</b> Control de población</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p>	<p>Hubo un alto consumo del alimento suministrado.</p> <p>Hay una alta reproducción por parte de las lombrices, el ciclo se está dando con normalidad, y de los cucones dispuestos en el vermicompostaje eclosionan varias larvas (la teoría ajusta que son de cinco a diez por cucón).</p> <p>Hay una buena producción de lixiviado.</p>
13 de agosto de 2019	<p><b>Figura 14.</b> Segundo periodo de alimentación (antes de alimentar)</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p> <p><b>Figura 15.</b> Segundo periodo de alimentación (cama con tercera alimentación)</p>  <p><b>Fuente:</b> autores</p>	<p>Hubo un alto consumo de los elementos que se dispusieron en el segundo periodo de alimentación.</p> <p>La población de lombrices se incrementó, pues se ha visto gran cantidad de cucones; las larvas han eclosionado al pasar los días.</p> <p>Debido al alto consumo de los residuos, se realiza el tercer periodo de alimentación de la siguiente forma:</p> <p>Residuos de papaya: 1559,02 g.</p> <p>Espinaca: 247,17 g.</p> <p>Cáscara de huevo: 171,79 g.</p> <p>Brócoli: 416,27 g.</p> <p>Total de residuos: 2394,25 g.</p>

Fuente: elaboración propia

## Conclusiones

1. Las condiciones del laboratorio no afectaron el desarrollo y la reproducción de las lombrices en el tiempo de cultivo que se lleva, estas recrearon las condiciones que se dan en un hogar colombiano.
2. Las fases mesófilas I y II han favorecido el consumo y apetito por parte de las lombrices debido a que enriquecen los procesos de descomposición, sin llegar a la putrefacción.
3. La fase termófila ha favorecido al control de microorganismos y plagas, que disminuye la posibilidad de generar competencia por el alimento entre las lombrices y las plagas.
4. El control de moscas ha sido efectivo, pues no se ha visto propagación ni eclosión de larvas de huevos de esta especie.
5. El último periodo de alimentación excedió por mucho la cantidad de lombrices que se encontraban en la cama, lo que aumentó en días la próxima alimentación.

## Referencias

- Alonso-Peña, J. R. (2014). *Compost de lombrices*. Mundi-Prensa Libros.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2019, 16 de enero). *Entregan primer digestor en la PTAR El Salitre, ejecutado con novedoso sistema de construcción*. <https://www.car.gov.co/saladeprensa/entregan-primer-digestor-en-la-ptar-el-salitre-ejecutado-con-novedoso-sistema-de-construccion>
- Díaz, A. (2002). *Lombricultura: una alternativa de producción*. Guía de lombricultura. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior. Municipio Capital de La Rioja. <https://biblioteca.org.ar/libros/88761.pdf>
- Goenadi, D. y Sudharama, I. (1995). Shoot initiation by humic acids of selected tropical crops grown in tissue culture. *Plant Cell Reports*, 15, 59-62. <https://doi.org/10.1007/BF01690254>
- Holcim. (2019). *Tipos de residuos en tratamiento*. <https://www.holcim.com.co/productos-y-servicios/servicios/co-procesamiento-de-residuos-industriales-eco-procesamiento-ltda/tipo-de-residuos>
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México*. Editorial Limusa.
- Klug, M. (2012). Pirólisis, un proceso para derretir la biomasa. *Revista de Química*, 26(1-2), 37-40. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/5547>

- Krishnamoorthy, R. V. y Vajranabhiah, S. N. (1986). Biological activity of earthworm casts: An assessment of plant growth promotor levels in the casts. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, 95(3), 341-335. <https://www.ias.ac.in/article/fulltext/anml/095/03/0341-0351>
- Los peores desastres de 1992. (1992, 18 de diciembre). *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-263564>
- Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F. y Nardi, S. (1999). Earthworm Humic Matter Produces Auxin-Like Effects on *Daucus carota* Cell Growth and Nitrate Metabolism. *Soil Biology and Biochemistry*, 31(9), 1303-1311. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00049-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00049-8)
- Noguera, K. y Olivero, J. (2010). Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: caso colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 34(132), 347-356. [https://www.accefyn.com/revista/Vol\\_34/132/347-356.pdf](https://www.accefyn.com/revista/Vol_34/132/347-356.pdf)
- Porta-Casanellas, M. (2014). *Edafología: uso y protección de suelos*. Mundi-Prensa Libros.
- Quiceno-Arias, J. (1995). *Producción de humus y lombriz*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34913>
- RSU Consorcio Provincial Residuos Sólidos Urbanos Málaga. (s. f.). *Residuos orgánicos*. <http://www.consorciorsumalaga.com/5936/residuos-organicos>
- Ruíz-Leza, H., Rodríguez-Jasso, R., Rodríguez-Herrera, R., Contreras-Esquivel, J. y Aguilar, C. (2007). Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(1), 33-40. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62060105>



# Historia, medioambiente y planificación: el caso de la sabana de Bogotá

Jair Preciado Beltrán\*\*

Grupo interdisciplinario de Investigación en Medio Ambiente Urbano

## Introducción

La sabana de Bogotá es un territorio que ha venido perdiendo su valor ambiental en las últimas tres décadas de forma acelerada. El crecimiento demográfico de la ciudad ha ejercido una presión significativa sobre los municipios vecinos, de tal forma que se evidencia una transformación evidente en el momento actual. Aspectos asociados al conflicto armado en el país indudablemente han incidido en cambios demográficos y desplazamientos poblacionales que implican una presión en sectores urbanos de Bogotá y la región. En ese orden de ideas, es sumamente importante reconocer que los procesos migratorios no necesariamente están encaminados por el efecto de la violencia, también se migra por la falta de empleo, educación, servicios públicos, entre otros. En general, el escenario poblacional en la ciudad-región hoy en día manifiesta este heterogéneo panorama social.

A su vez, los municipios que conforman la Región Capital constituyen un escenario municipal y rural con una dinámica muy significativa, pues esta ha pasado de ser un territorio productivo en lo rural a ser un espacio depositario de zonas francas, al que le subyace un crecimiento desordenado, un estancamiento en la producción agrícola y una conurbación que ha determinado un mapa cambiante.

El territorio de la Región Capital constituye un escenario sumamente dinámico, que se encuentra compuesto por un conjunto de municipios que se agrupan alrededor de Bogotá. Los complejos problemas sociales, económicos

---

\* Ph. D. Profesor investigador. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: [jpreciadob@udistrital.edu.co](mailto:jpreciadob@udistrital.edu.co)

y ambientales que viene experimentando la región ameritan una intervención urgente desde la perspectiva del planeamiento urbano. Justamente la ausencia de una política urbana coherente, sólida y con unas proyecciones en el tiempo ha generado ese cuadro preocupante para la región. La existencia de dos gobiernos paralelos, uno para Bogotá y otro en manos de la Gobernación de Cundinamarca, genera un fenómeno de ingobernabilidad, duplicación de esfuerzos y un histórico abandono de estos municipios por parte de los gobernantes de turno (Cuervo, 2003).

Desde una perspectiva ambiental, la estructura biofísica de Bogotá y los municipios de su área de influencia, debe absorber el impacto de un proceso descontrolado de ocupación del territorio, así como de una serie de factores que han determinado un deterioro ambiental sumamente preocupante, como son: actividades mineras sin control, contaminación de los ríos superficiales, ausencia de plantas de tratamiento de aguas residuales, manejo inadecuado de los residuos sólidos y una creciente construcción de vivienda que presiona los escasos recursos naturales de la región.

El presente documento aborda como objetivo principal el problema de la invisibilidad de la dimensión ambiental en el contexto de la Región Metropolitana de Bogotá, puesto que el territorio metropolitano ha venido creciendo sin tener en cuenta que lo ambiental es la base para pensar en desarrollo, competitividad, calidad de vida, entre otros. La investigación que respalda esta ponencia describe la situación en 16 municipios de la sabana de Bogotá e identifica los principales problemas socioambientales del territorio. Esto debe servir para que los tomadores de decisiones y los grupos de pensamiento actúen en términos de defender las zonas de reserva natural que todavía quedan en la sabana y se replanteen los escenarios del desarrollo regional sin sacrificar el patrimonio natural.

## **Fundamento teórico**

La perspectiva teórica en la que se basa esta investigación es esencialmente la geografía crítica, que tiene como representante al geógrafo norteamericano David Harvey. Los procesos urbanos que se realizaron después de la Segunda Guerra Mundial determinaron el surgimiento de tendencias en la planificación urbana y regional sumamente importantes para el mundo occidental. En ese sentido, los países latinoamericanos fueron escenarios de transformaciones urbanas, que de una u otra forma tomaron elementos de las escuelas europeas y norteamericanas. Los trabajos de Le Corbusier en Colombia a comienzos de la década de 1950, constituyeron aportes vitales para pensar la ciudad como escenario donde convergen el espacio natural y el territorio construido (Preciado, 2005).

Las ciudades latinoamericanas vienen experimentando desde la década de 1950 un crecimiento poblacional sumamente dinámico. En el caso de Brasil, este país ha triplicado la población entre 1960 y 2015. Igual situación aconteció en Colombia en el periodo entre 1960 y 2010. Otros países como Chile reportan una población de más de 17 millones de habitantes para el 2015, en contraste con países como México, que aumentó cuatro veces su población entre 1950 y el 2010 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal], 2009, p. 56).

Con este panorama urbano latinoamericano, en el que más que crecimiento físico se evidencian las claras diferencias sociales, comoquiera que el territorio urbano se configura en espacio de exclusión social, se visibiliza lo que algunos autores denominan segregación socioespacial (Braga, 2003). En ese sentido, los trabajos de Harvey aportan indudablemente al conocimiento de la realidad urbana con una perspectiva de análisis que permite identificar aquellas variables determinantes del valor del suelo en el contexto de las aglomeraciones urbanas en la era neoliberal (Harvey, 2007).

En esa misma escuela de análisis, se destacan los trabajos de Soja, que considera elementos para comprender la complejidad de las metrópolis, en las que el capital determina tendencias urbanas y concentración de la riqueza (Soja, 2008). De otro lado, el aporte de Horacio Capel es sumamente importante, porque muestra las tendencias urbanas en Latinoamérica, lo que nos hace notar la conformación de sectores sumamente poderosos en la acumulación de capital frente a los asentamientos ilegales, chabolas y favelas que configuran el espacio urbano de las grandes ciudades en nuestro continente, donde las condiciones de pobreza y exclusión son la característica de un Estado ausente (Capel, 2002).

Para efectos de esta investigación se vienen dando avances en los últimos años para tratar de definir lo que se denomina como Ciudad-Región. Para ello es importante comentar que el término se viene trabajando en otros países como Chile, y que para el caso particular de la sabana de Bogotá se ha considerado el término de Región-Capital, que es el nombre oficial del convenio suscrito entre la Gobernación de Cundinamarca y la Alcaldía Mayor de Bogotá en el 2008, y que tuvo como propósito entrar a trabajar en los temas que atañen a las relaciones entre Bogotá y los municipios que conforman la región metropolitana (Preciado, 2015).

## Metodología

El desarrollo de la investigación tuvo como base el diagnóstico socioambiental de nueve municipios de la sabana de Bogotá: Tenjo, Tabio, Chía, Soacha, Mosquera, Cajicá, Cota, Madrid y Funza. Estos municipios son sumamente

importantes, porque sobre ellos existe la presión de expansión urbana de Bogotá y porque en este territorio se está llevando a cabo una acelerada transformación que tiene implicaciones ambientales negativas, lo cual debe servir como reflexión sobre la necesidad de pensar en los escenarios que se deben construir para fortalecer y consolidar el concepto de Ciudad-Región, pero garantizando la sostenibilidad social y ambiental del territorio.

Se realizó un ejercicio de identificación de los principales problemas sociales y ambientales del territorio, apoyado en recorridos de campo durante un periodo de un año. En este lapso se pudo constatar el grave deterioro ambiental que viene presentando la sabana de Bogotá, y especialmente la necesidad de buscar un equilibrio migratorio que permita pensar en una sostenibilidad regional.

Para contrastar la información cuantitativa se llevaron a cabo una serie de entrevistas a algunos habitantes de los municipios que hicieron parte de la zona de estudio. Se seleccionaron pobladores adultos mayores, preferiblemente nativos de los municipios de la sabana de Bogotá, de tal forma que sus historias de vida pudieran dar luz sobre determinados temas sociales y ambientales. Esto fue fundamental, porque con ayuda de estas técnicas etnográficas es posible pensar en construir una visión del territorio, no solo desde la perspectiva de la administración municipal, sino también desde la visión de los actores sociales que habitan la región.

La información recolectada fue de tipo cuantitativo, ya que recopiló información de variables ambientales, sociales y económicas. Igualmente se contó con información cualitativa, derivada de las entrevistas realizadas a un grupo de habitantes de la sabana de Bogotá. Se analizó la información cuantitativa para establecer, con un enfoque analítico, la tendencia de determinadas variables socioambientales. A su vez, se incorporó la información proveniente de las entrevistas para matizar el documento, de tal forma que los testimonios provenientes de los diversos actores sociales constituyan un elemento histórico valioso para describir procesos de cambio del territorio.

## **Resultados**

### **Bogotá y la sabana: un territorio con historia**

La sabana de Bogotá fue el territorio donde se asentaron pobladores prehispánicos durante varios siglos. El aumento de la presencia humana se evidencia en los estudios palinológicos y en las excavaciones arqueológicas que se han realizado en Colombia. Para el caso de la sabana, se tiene evidencia de un incremento en el cultivo de maíz, una significativa disminución del bosque y la aparición de la

cerámica como elemento determinante de la cultura material de los grupos que la habitaron, al menos 1.320 años antes de nuestra era (Bray y Arias de Hassan, 1991, p. 50).

Las excavaciones arqueológicas que realizaron Gonzalo Correal y Thomas van der Hammen en los sitios conocidos como El Abra, al oriente de Zipaquirá, y especialmente en la hacienda Tequendama, en Soacha, en la década de 1970, determinaron un conjunto de hallazgos sumamente importantes para entender la dinámica de poblamiento de la sabana y particularmente entender cómo el hombre aprovechó los recursos naturales y fue configurando las bases para un asentamiento más permanente en una etapa posterior.

La sabana de Bogotá es un territorio con una gran historia de ocupación por parte de grupos indígenas. Ellos se asentaron durante siglos en el espacio que hoy comprende la cuenca alta y media del río Bogotá, desarrollaron una organización social compleja, aprovecharon los recursos naturales y establecieron redes de intercambio de los productos locales con otros grupos indígenas de otras regiones.

¿Pero quiénes eran esos grupos humanos que habitaron la sabana durante tanto tiempo? Para abordar esta pregunta existen dos fuentes de información confiable: en primer lugar, los documentos de los cronistas que llegaron al territorio de la actual Colombia en el siglo XVI, y en segundo lugar, los trabajos de los arqueólogos que han venido compilando valiosa información para aportar al conocimiento de nuestros antepasados.

**Figura 1.** Cerámica muisca hallada en Soacha



**Fuente:** *El Tiempo* (2017, 6 de octubre)

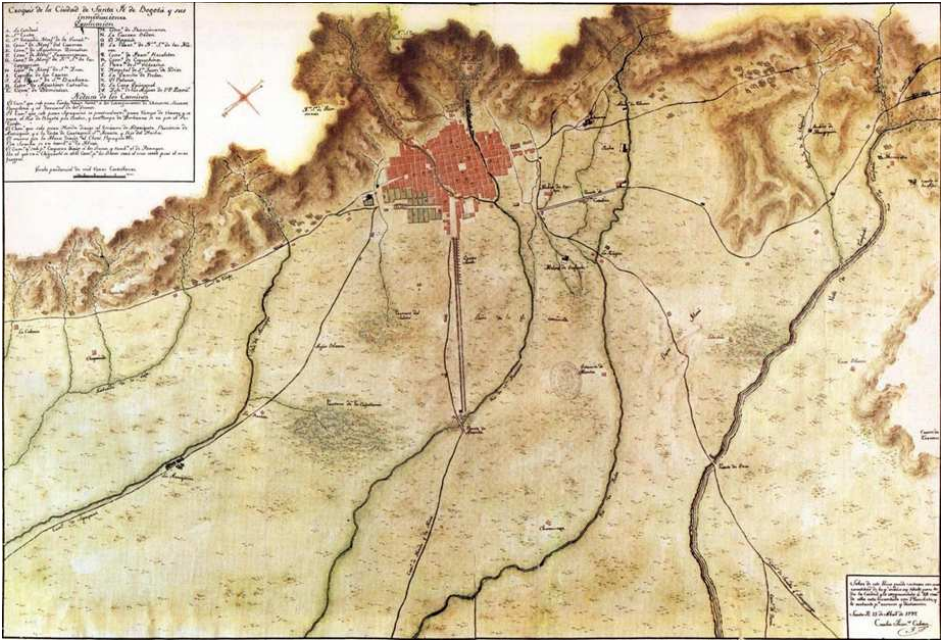
Los procesos de poblamiento en la sabana de Bogotá tuvieron distintas dinámicas, según los trabajos arqueológicos que se han adelantado tanto en el sector sur como en el nororiente de la sabana (Boada, 2003; Langebaeck, 1995). Lo importante es entender que los pobladores ancestrales en el territorio empezaron a concentrar la población en sitios cercanos a los humedales y las zonas fértiles. Igualmente, comenzaron a plantar especies para el consumo, como la calabaza, la íbia y posiblemente desde el II milenio antes de nuestra era el maíz y la batata, entre otras (Rodríguez, 2011, p. 54).

El oficio de la agricultura, la producción de cerámica y otras actividades económicas posibilitaron, entre otros factores, el desarrollo de una cultura local en la zona del altiplano cundiboyacense. Los indígenas muisca que habitaron el territorio conformaron lo que se conoce en arqueología como sociedades complejas. Esta característica social se desarrolló en el periodo de la fase final del proceso evolutivo de los cacicazgos en la sabana (Boada, 2000, p. 42).

En general, los muisca poseían una organización social jerarquizada, de la que se identificaron dos grandes cacicazgos: el de Bogotá, gobernado por el Zipa, y el de Tunja, comandado por el Zaque. Naturalmente existieron otros caciques importantes: el de Tundama (Duitama); el cacique de los territorios de Ubaque, Simijaca y Chiquinquirá, que era gobernado por Susa; el de Guatavita; y el cacique de Ramiriquí (Medina de Pacheco, 2006, p. 56). Asimismo, los cacicazgos tenían una similitud a lo que hoy en día se conoce como municipios, y a su vez las capitanías, que corresponderían a lo que ahora entendemos territorialmente como veredas (Langebaeck, 1995, p. 112).

La imposición de un nuevo orden social que los españoles iniciaron poco tiempo después de su llegada a Bogotá implicó una fragmentación de las familias indígenas, pero también un fortalecimiento de los poderes menores o locales. Mientras los grandes cacicazgos desaparecieron y el ordenamiento español creó la Real Audiencia en 1549, los caciques locales y las capitanías mantuvieron un cierto grado de autonomía y vigencia (Gómez, 2005, p. 62).

**Figura 2.** Croquis de la ciudad de Santafé de Bogotá y sus inmediaciones (1797). Carlos Francisco Cabrer



**Fuente:** Biblioteca Nacional de Colombia (s. f.)

Los muiscas que durante siglos habitaron el altiplano cundiboyacense, y especialmente el territorio de la sabana de Bogotá, fueron durante el siglo XIX objeto de una fuerte presión por parte de los hacendados que concentraron el poder de la tierra. Luego de las guerras de Independencia, estos grupos humanos, que tenían acceso a la tierra por medio de la figura de los resguardos, empezaron a ser objeto de presiones legales e ilegales para vender sus tierras. De esta forma los indígenas muiscas fueron desapareciendo como comunidad, hasta quedar reducidos a unos pocos resguardos, verdaderamente ínfimos comparados con la extensión de sus tierras en el periodo colonial.

Lo que se quiere remarcar en este texto es que la sabana de Bogotá tuvo una historia, unos pobladores y una rica cultura material a lo largo de varios siglos. Sin embargo, algunos sectores políticos se encargaron de invisibilizar y minimizar el papel de estas comunidades, como si nos avergonzáramos de su legado. Esto va a ser muy importante a la hora de revalidar el territorio en términos de lo que se está gestando en la planificación urbano-regional en lo que hoy conocemos como la Ciudad-Región.

## La importancia del medioambiente en el escenario regional

Desde la llegada de los españoles en el siglo XVI, en general el país, pero particularmente la sabana de Bogotá, empezó a sufrir una transformación social y ambiental. El territorio, poseedor de valiosos recursos naturales, fue sometido a unos cambios asociados, en primera instancia, a la dominación de la corona española, lo cual se tradujo en el uso del suelo para la producción agropecuaria, pero también en la explotación de los recursos minerales con que contaba la región. En una segunda instancia, la sabana de Bogotá fue sometida a una transformación territorial derivada del apetito voraz de los terratenientes, que se fueron apoderando de resguardos pertenecientes a los indígenas muisca y tierras comunes que fueron desapareciendo para dar paso a una compleja red de haciendas que concentraron la tierra. Este proceso de acumulación no siempre se tradujo en una alta productividad, paradójicamente estuvo relacionada con un poder regional político y característico de una sociedad decimonónica que se fue debilitando con la entrada del siglo XX.

Los dueños de las extensas haciendas sabaneras no fueron el mejor ejemplo de conservación de la naturaleza. Por ejemplo, la caza intensiva del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) llevó a la casi extinción de este ungulado en los territorios sabaneros, confinándolos a los actuales páramos circundantes de Bogotá, tal como lo refiere Pardo (1946):

Es obvio que el bosque y las malezas que cubrían buena parte de las primitivas heredades de El Chuchó, El Noviciado y La Conejera ya no existen. Aquellas tierras salvajes e incultas se convirtieron en fértiles potreros; pero, en cambio, desaparecieron completamente los venados, las zorras, los armadillos y los borugos que hicieron la felicidad de los antiguos dueños, cazadores desenfrenados. A esta despoblación de las razas animales contribuyeron también las batidas en masa que daban, furtivamente, gentes que entraban a la hacienda sin permiso de los dueños y con el fin de matar por el solo placer de hacer daño. (p. 26)

La progresiva desaparición de la vegetación nativa de la sabana de Bogotá conllevó naturalmente a la pérdida de hábitat de muchas especies, que como lo refiere Pardo (1946) hacían parte de los ecosistemas naturales y eran objetivo de la caza por los moradores de la zona.

El bosque natural, que durante millones de años fue generador de alimento para fauna y avifauna, al desaparecer presionó las poblaciones animales hacia otros territorios. En la sabana de Bogotá la extinción de la biodiversidad es un



tema que merece la atención y no ha sido suficientemente estudiado. De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1982), la vegetación de la sabana de Bogotá, por sus características ecológicas, corresponde al bosque seco-montano bajo. Pérez-Preciado (2000), citando a van der Hammen (1998), menciona la existencia de tres subtipos de bosque andino bajo: el bosque de la planicie, el bosque de los cerros interiores, secos, y el bosque de las laderas interiores de los cerros exteriores. Para el caso concreto del bosque de planicie se tiene la siguiente caracterización:

Bosque de planicie: palo blanco y raque. Este bosque desapareció, en su casi totalidad, de la sabana. De un resto intervenido existente al oeste de Suba se sabe que estaba dominado por palo blanco (*Ilex kundtiana*) y raque (*Vallea stipularis*), con abundancia de arrayán (*Mycianthes leucoxylla*), té de Bogotá (*Symplocos theiformis*), amarguero (*Eupatorium sp.*), cerezo (*Prunus serótina*), palo amarillo (*Rhamnus goudotiana*), aliso (*Alnus acuminata*), arboloco (*Polymnia pyramidalis*), chilco (*Baccharis latifolia*) y verbesina, entre otros. (van der Hammen, 1998, pp. 22-24)

Desde una perspectiva del manejo ambiental del territorio, la transformación de la sabana de Bogotá indica que pasó de ser un territorio rico en recursos naturales a una extensa red de propiedades rurales desde mediados del siglo XIX. Los humedales, que ahora se aprecian en la sabana, de los cuales vale la pena destacar La Herrera, en Mosquera, y el humedal Meandro del Say en Funza, son los reductos de grandes extensiones de zonas de humedales con los que contaba el territorio sabanero y la actual Bogotá.

La vida silvestre, que hace parte de la biodiversidad de estos lugares, indica que durante miles de años fue el abrigo para especies nativas y migratorias, como los patos que se desplazan desde países del norte en épocas de invierno.

**Figura 3.** Laguna La Herrera y explotación minera

**Fuente:** autor, trabajo de campo

A lo largo del siglo XX, con el surgimiento de la industria en Bogotá y en los municipios que conforman la sabana de Bogotá, la presión sobre los recursos naturales llevó a la degradación de valiosos ecosistemas naturales. De igual forma, desde la década de 1970 se evidencia una migración del parque industrial al territorio sabanero, lo que indica una mayor presión de las actividades industriales sobre la frágil composición natural del entorno.

En el presente siglo se aprecia una amplia proliferación de vivienda e industria en la sabana de Bogotá, lo cual es evidente en procesos metropolitanos latinoamericanos. No obstante, estamos todavía a tiempo para pensar en una planificación ambiental urbano-regional, que permita entender que los problemas ambientales son esencialmente regionales. En ese sentido, se hace urgente la declaratoria de algunos sectores de la sabana como reservas naturales, de lo contrario estaremos condenados a ver la desaparición de un territorio rico en recursos naturales y especialmente llamativo por su belleza paisajística.

## Conclusiones y discusión

A lo largo de estos últimos cincuenta años Bogotá ha crecido tanto física como demográficamente. La capital de Colombia es indudablemente una metrópolis importante en el contexto latinoamericano e internacional. Si se tienen en cuenta casos como Ciudad de México o Sao Paulo, el caso de Bogotá puede ir en la misma dirección que recorrieron estas ciudades hace más de cuarenta años, lo que muestra un crecimiento desordenado, caótico y de absorción de municipios y territorios, vitales para la sostenibilidad ambiental.

La necesidad de construir la Ciudad Región tiene unas implicaciones en el ámbito económico, político, administrativo y especialmente ambiental. Es justamente en este último componente donde radica el elemento clave para entender la necesidad de repensar una Región Metropolitana de Bogotá. Lo anterior se puede resumir en una frase: “los problemas ambientales son regionales”.

Indudablemente la contaminación hídrica no reconoce fronteras municipales o administrativas; la contaminación atmosférica afecta territorios que no son generadores de estos desajustes. La pérdida de humedales afecta y afectará con mayor fuerza en las próximas décadas el territorio; la pérdida de agua subterránea afectará indudablemente los municipios sabaneros en los próximos años. Así se puede seguir enumerando una lista de problemas que son críticos, y que hasta ahora se han visto como elementos aislados o de competencia de un determinado municipio o exclusivamente de Bogotá.

Los problemas sociales y ambientales que se notan en la sabana de Bogotá deben ser analizados a la luz de procesos históricos que permitan entender cuáles han sido los momentos clave para ver la transformación del territorio. Parece que las lecciones que nos da la historia no han sido atendidas, especialmente por los tomadores de decisiones y las autoridades locales y regionales.

Temas como la desaparición progresiva de los humedales deberían estar en la prioridad de una agenda ambiental regional, pensando en escenarios de cambio climático, los cuales deberían estar actualmente generando una labor de consciencia para adaptarnos a estos nuevos paradigmas.

El crecimiento urbano sin planificación debe llevar a reflexionar a los alcaldes municipales sobre problemas como la contaminación del aire y de los recursos hídricos. Esto quiere decir que los retos y desafíos para los próximos años se deben concentrar en actuar directamente con instrumentos de gestión ambiental, pero también con una autoridad ambiental que actúe en contra de empresas, personas y demás actores que contaminen y degraden los pocos ecosistemas que sobreviven en la sabana de Bogotá. Estos deben ser pensados como patrimonio colectivo y no simplemente como vestigio de un pasado que quedó en el olvido.

## Referencias

- Biblioteca Nacional de Colombia (s. f.). *Croquis de la ciudad de Santa Fe de Bogotá y sus Inmediaciones (1797)* [foto]. <https://bibliotecanacional.gov.co/content/antonio-narino-la-santafe-de-narino>
- Boada, A. (2000). Variabilidad mortuoria y organización social muisca en el sur de la sabana de Bogotá. En M. Therrien y B. Enciso (eds.), *Sociedades complejas en la sabana de Bogotá. Siglos VIII al XVI d. C.* (pp. 21-58). Instituto Colombiano de Antropología e Historia.
- Boada A. (2003). *Patrones de asentamiento regional y sistemas de agricultura intensiva de Cota y Suba. Sabana de Bogotá*. Editorial Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales.
- Braga, R. (2003). Globalização e transformações territoriais no Brasil: comentários sobre a ação do estado e a distribuição da renda na década de 1990. *Geografia, Rio Claro*, 28(3), 345-362.
- Bray, W. y Arias de Hassan, A. (1991). ¿A dónde han ido los bosques? El hombre y el medio ambiente en la Colombia prehispánica. *Boletín Museo del Oro*, 30, 43-65. <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/bmo/article/view/7027>
- Capel, H. (2002). Redes, chabolas y rascacielos. Las transformaciones físicas y la planificación en las áreas metropolitanas. *Seminario internacional sobre el desafío de las áreas metropolitanas en un mundo globalizado. Una mirada a Europa y América Latina*. Barcelona, Institut d'Estudis Territorials de la Universitat Pompeu Fabra.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal]. (2009). *Observatorio Demográfico No. 8. Urbanización en perspectiva*. Cepal.
- Cuervo, L. (2003). Globalización y dinámica metropolitana: el caso de Bogotá en los años 1990. En A. Orellana (coord.), *El desafío de las áreas metropolitanas en un mundo globalizado: una mirada a Europa y América Latina* (pp. 315-345). Instituto Catalán de Cooperación Iberoamericana/I'Institut d'Estudis Territorials.
- El Tiempo. (2017, 6 de octubre). *Revelan magnitud de hallazgo de restos arqueológicos muiscas en Soacha*. <http://www.eltiempo.com/bogota/descubren-restos-arqueologicos-muiscas-en-socha-137680>
- Gómez, A. (2005). *Muiscas. Representaciones, cartografías y etnopolíticas de la memoria*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Harvey, D. (2007). *El neoliberalismo como destrucción creativa*. The Annals of the American Academy of Political and Social Science.

- Holdridge, L. (1982). *Ecología basada en zonas de vida*. IICA.
- Langebaeck, C. (1995). *Arqueología regional en el territorio muisca: estudio de los valles de Fúquene y Susa*. Editorial University of Pittsburg y Universidad de los Andes.
- Medina de Pacheco, M. (2006). *Los muiscas, verdes labranzas, tunjos de oro, subyugación y olvido*. Academia Boyacense de Historia y Fondo Mixto de Cultura de Boyacá.
- Pardo, C. (1946). *Haciendas de la Sabana*. Editorial Kelly.
- Pérez-Preciado, A. (2000). *Bogotá y Cundinamarca: expansión urbana y sostenibilidad*. Corporación Autónoma de Cundinamarca.
- Preciado, J. (2005). *Historia ambiental de Bogotá en el siglo XX. Elementos históricos en la formulación del medio ambiente urbano*. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Preciado, J. (2015). *Desarrollo regional y medio ambiente: desafíos para la construcción de la región metropolitana de Bogotá*. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rodríguez, J. (2011). *Los chibchas: hijos del Sol, la Luna y los Andes*. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Soja, E. (2008). *Posmetropolis*. Blackwell publishers.
- van der Hammen, T. (1998). *Plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá*. Corporación Autónoma de Cundinamarca.

## **Parte II**

# **Tecnología y transformación cultural**

# Impacto de las actividades tecnológicas escolares con enfoque CTS en la formación de sujetos

Marisol Castiblanco Martínez\*

Grupo de investigación EducArte

## Introducción

La formación de sujetos es el reto de la educación, más cuando está la necesidad de formar sujetos críticos, deliberativos, líderes, creativos y generadores de conocimiento que transformen sus realidades y atiendan a sus necesidades (Pérez, 1989; Otálora, 2008; Quintana, 2010; Osorio, Cuartas y Muriel, 2005). El mejoramiento de actitudes y habilidades en los estudiantes, desde las actividades tecnológicas escolares, en el marco de la educación en tecnología, se promueve transformando la experiencia en el aula.

Dichas actividades en los últimos tiempos se han convertido en herramientas didácticas que, desde el estudio de la tecnología, aportan en la formación de sujetos, sin embargo, las reflexiones en torno a los significados y las relaciones de estas, vía formación de sujetos, son escasas, de allí el objetivo de la presente investigación: establecer e interpretar los significados básicos y las relaciones entre las actividades tecnológicas escolares y los procesos de formación de sujetos. Lo anterior como fundamento para una reflexión teórica y una propuesta de actividad tecnológica escolar (en adelante ATE).

Ahora bien, en el marco de este objetivo general, se desarrollaron cinco objetivos específicos, de los cuales en esta ponencia solo se abordará el quinto, correspondiente a la valoración del impacto de una propuesta de actividad tecnológica escolar en la formación de sujetos.

\* Magister y Especialista en Educación en Tecnología. Licenciada en Pedagogía Infantil de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas: Dirección electrónica: mcastiblancom@gmail.com

Partiendo de lo expuesto, esta ponencia se divide en cinco apartados: los fundamentos teóricos, donde se presenta el conjunto de reflexiones en torno a las categorías de análisis de las ATE y la formación de sujetos a partir del desarrollo del pensamiento crítico y deliberativo. La metodología, que describe el diseño en el que se fundamenta la investigación, con sus respectivas etapas, técnicas y proceso de análisis de la información. El tercer apartado corresponde a los resultados, se resaltan entonces las habilidades del pensamiento crítico y deliberativo que se fortalecieron con la implementación de la ATE. Por último, se establecen las conclusiones y las referencias bibliográficas más representativas.

## **Fundamentos teóricos**

### **Las actividades tecnológicas escolares**

Las ATE, como concepto, aparecen aproximadamente hace 23 años en el contexto colombiano, como producto reflexivo del trabajo escolar de la educación en tecnología en el marco de organizar y desarrollar dentro de la Ley General de Educación el área de tecnología y sociedad (Otálora, 2008).

Estas actividades poco a poco se han venido posicionando en la educación en tecnología como dispositivos pedagógicos que aportan desde el estudio de la tecnología a la formación de los seres humanos. Quintana (2015) señala que son diseñadas por docentes para abordar distintas dimensiones de la tecnología y se desarrollan al interior de las estrategias didácticas de diseño, análisis, aprendizaje, a través de la construcción y un enfoque de ciencia, tecnología y sociedad (en adelante CTS). Dentro de estas estrategias en cada una existe una imagen de sujeto y un conjunto de habilidades que se desarrollan o fortalecen. Por ejemplo, en las ATE con enfoque de CTS las habilidades que se potencian están relacionadas con el pensamiento crítico y deliberativo.

### **Componentes de las actividades tecnológicas escolares**

Las ATE, según la estrategia en la que se enmarquen, presentan unos propósitos específicos, unas consideraciones didácticas propias de la estrategia y unos elementos a tener en cuenta. No obstante, para efectos de este apartado, solo se tendrán en cuenta los componentes que el profesor Otálora (2008) presenta, ya que recogen seis aspectos a tener en cuenta para la configuración de las ATE, independientemente de la estrategia en la que se encuadren.

El primer aspecto tiene que ver con los objetos de conocimiento, es decir, los contenidos específicos de la tecnología sobre la que se estructura la actividad; el segundo es la metodología, que corresponde al enfoque de trabajo pedagógico



y didáctico de la actividad; el tercero, son las acciones de enseñanza y aprendizaje, las cuales implican atender al enfoque en el que ubiquen y a los propósitos propuestos; el cuarto, son los retos y los propósitos, en este aspecto se deben describir las intenciones de enseñanza y aprendizaje de la tecnología que los estudiantes van a vivenciar; el quinto, son los medios y recursos, o sea, aquellos procesos y elementos que permiten la enseñanza y el aprendizaje de la tecnología; por último, están las fuentes de estudio, las cuales son las que aportan información para el estudio de la tecnología.

Ahora bien, dado que el énfasis de la formación de sujetos en la investigación se orientó a los sujetos críticos y deliberativos, y como se mencionó anteriormente, las ATE con enfoque CTS promueven este tipo de formación, a continuación presentaremos algunas consideraciones de este enfoque y los puntos más destacados que tuvimos en cuenta para la construcción de la ATE que llevó por nombre: “Sobre la clonación de mascotas ven y debate”.

## La educación en CTS

La educación en CTS apuesta a la formación de ciudadanos partícipes en la toma de decisiones sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología; de igual manera tiene como “objeto acercar las dos célebres culturas, la humanística y la científico-tecnológica” (López, 1998). En este orden de ideas, la enseñanza bajo esta orientación no solo incrementa la comprensión de los conocimientos o los valores propios de la ciencia y la tecnología, sino también desarrolla en los estudiantes habilidades correspondientes al pensamiento crítico y deliberativo, como lo son: facilitar acciones que involucren el análisis, la negociación, el consenso y la toma de decisiones, entre otras.

Para lograr dichas habilidades se requiere crear escenarios participativos en la escuela, esto se hace a través de la implementación de metodologías de trabajo diferentes a las tradicionales. Desde este enfoque se aporta, por ejemplo, abrir la puerta a controversias que se generan a partir de los casos simulados, una metodología de trabajo que se tuvo en cuenta en la actividad propuesta, la cual fue diseñada al igual que el debate argumentado.

## La formación de sujetos a partir del fomento del pensamiento crítico y deliberativo

La formación de sujetos se encuentra estrechamente relacionada con el fomento del pensamiento; para efectos de este trabajo, se toma en cuenta específicamente el pensamiento crítico y deliberativo, categoría que aborda la investigación. Ahora bien, existen múltiples definiciones de estos dos tipos de pensamiento,

pero en su mayoría se caracterizan por reconocerlos como un conjunto de actitudes, conocimientos y habilidades (Arenas, 2007).

A continuación, presentamos el análisis de los resultados, producto de la revisión bibliográfica de los antecedentes y el marco teórico relacionado con dicha categoría.

En lo que corresponde al pensamiento crítico, en la mayoría de las definiciones retomadas en las investigaciones estas lo orientan hacia el razonamiento o a las disposiciones en habilidades para desarrollarlo o fomentarlo; para ello, se señala que este pensamiento se compone de tres dimensiones: una racional-cognitiva, otra emocional-afectiva, y, por último, una espiritual-transcendental (Ennis, 1996; Arenas, 2007). En lo que atañe a la primera dimensión, esta se compone de habilidades como la argumentación, el análisis y la evaluación; en lo que concierne a la segunda, aparece la motivación como una habilidad relacionada con la disposición; para la tercera, si bien se enuncia no se profundiza en ella.

Asimismo, Betancur, Lince y Restrepo (2010), manifiestan que el sujeto crítico es:

[...] un sujeto consciente, que determina de manera activa sus propias formas de vida, en las cuales, si bien los elementos de la cultura están presentes, busca una reconstrucción constante de las relaciones económicas y sociales en las que se encuentra inmerso. En su esfuerzo teórico, se interesa por una sociedad futura racionalmente organizada, iluminada de manera crítica desde la sociedad presente, realizando construcciones con la ayuda de las teorías tradicionales formadas en las disciplinas científicas, desde una postura de in-subordinación que guíe una praxis liberadora. (p. 65)

En este orden de ideas, el desarrollo y el fomento del pensamiento crítico es un elemento fundamental en la construcción de sujetos críticos; de allí, la capacidad de ejercer criterios para tomar decisiones, la conciencia crítica, la capacidad de identificar las causas de los problemas, entre otros, hace parte de las cualidades del sujeto que le permite actuar en el mundo cotidiano.

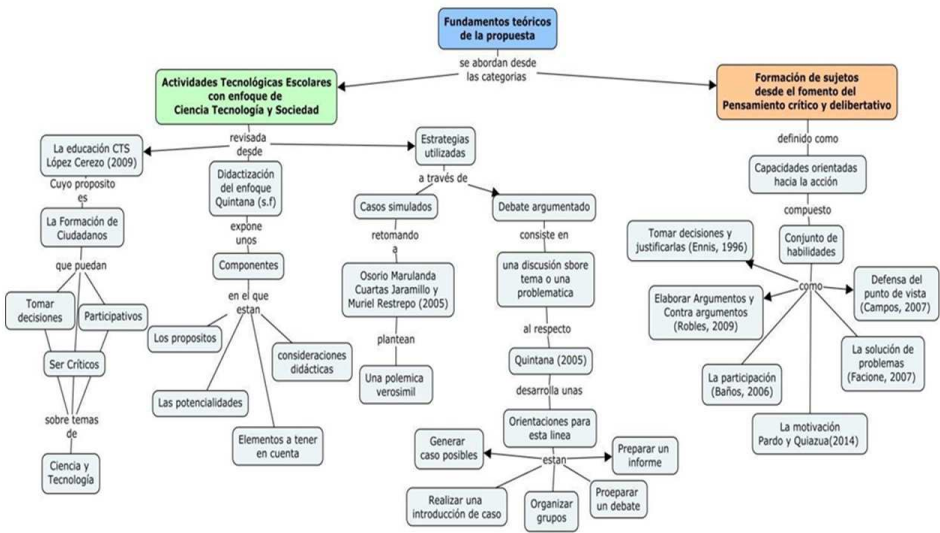
Por otro lado, en lo que se refiere al pensamiento deliberativo, las definiciones encontradas en los estudios para su abordaje concuerdan que este pensamiento conduce a la toma de decisiones a partir de unos criterios y valores, asimismo involucra otras características, como la participación activa, la negociación y el cumplimiento de normas (Baños, 2006).

El pensamiento deliberativo se encuentra estrechamente relacionado con la toma de decisiones que se discuten en colectivo y repercuten en este. Al respecto, para Habermas (citado por Segovia, 2008), la deliberación se refiere a

la actitud hacia la cooperación social; en ella se involucran los derechos de los otros al igual que los de uno mismo. En un acto deliberativo se intercambian puntos de vista, en los que los participantes incluyen percepciones acerca de cómo entienden los temas discutidos.

En cuanto a los elementos comunes que relacionan estos dos tipos de pensamientos, su primera articulación es que estos surgen en el contexto de la resolución de problemas y la interacción con otros. Su segunda articulación sugiere que en los escenarios educativos para su desarrollo o fomento se utiliza el debate como estrategia que involucra opiniones, ideas, resolución de problemas y una visión crítica del saber, saber hacer y saber convivir, asimismo se señala la discusión, la exposición, las tareas estructuradas, que involucran ante cierta situación o problema la identificación de los hechos, los actores, las acciones, las causas y las soluciones. Por último, se encuentra en común las dificultades presentadas en las actividades realizadas para el desarrollo o el fomento de estos pensamientos; dichas dificultades son la poca expresividad discursiva en los estudiantes, la escasa participación en actividades que implican cuestionamiento, análisis y argumentación o la falta de desarrollo de propuestas con alternativas de solución a problemas.

Figura 1. Fundamentos teóricos de la propuesta de ATE



Fuente: elaboración propia

## Metodología

El diseño metodológico se fundamentó en los principios de la investigación cualitativa, que según Hernández, Fernández y Baptista (2010) “busca comprender la perspectiva de los participantes acerca de los fenómenos que los rodean, profundizar en sus experiencias, perspectivas, opiniones y significados, es decir, la forma en que los participantes perciben subjetivamente su realidad” (p. 64). En el caso de la presente investigación, nos permitió establecer e interpretar los significados básicos y las relaciones entre las actividades tecnológicas escolares y los procesos de formación de sujetos, tanto a partir de la revisión bibliográfica y la experiencia con niños y niñas como con la implementación de la actividad tecnológica escolar.

Desde esta perspectiva, el enfoque epistemológico a partir del cual se fundamenta la investigación es el histórico-hermenéutico, entendido, como lo plantea Vasco (1989), desde lo histórico como práctica actual de los grupos y personas hacedores de historia, y lo hermenéutico, como ese deseo de interpretar la situación global de un hecho, de comprenderlo y darle el sentido que tiene para el grupo a partir de todas las piezas aisladas que aparecen en las diversas interpretaciones y hechos, para recapturar un todo con sentido, lo que hace posible en este caso establecer e interpretar los significados básicos y las relaciones entre las actividades tecnológicas escolares y los procesos de formación de sujetos.

De igual manera, se retomaron elementos del enfoque etnográfico para realizar el análisis descriptivo de las dos categorías a partir de las observaciones participantes, las elaboraciones de los niños y la entrevista semi-estructurada, ya que como afirman Gil, Henao y Peñuela (2004), la etnografía permite un estudio directo con las personas o grupos durante cierto periodo y utilizando las técnicas de observación participante y entrevista.

## Etapas de la investigación

- **Momento de contextualización:** implicó una lectura de la realidad y preguntarnos cómo esta se ha venido construyendo en torno a las ATE y la formación de sujetos desde sus significados y relaciones.
- **Planteamiento del problema y preguntas:** conllevó identificar las problemáticas existentes y desde allí formular preguntas significativas en el marco del contexto anteriormente referido.
- **Trabajo de campo:** hace referencia a la recuperación de la información y los datos relevantes asociados al problema y a las preguntas formuladas.
- **Construcción de sentido:** este se constituye en la posibilidad de de-construir, re-significar y elaborar sentidos e interpretaciones.

- **Formulación de conclusiones:** el momento final hizo referencia a las reflexiones que dan cuenta del problema y las preguntas previamente formuladas en términos de soluciones y respuestas.

## Técnicas de recolección de información

En el desarrollo de la investigación se aplicaron varias técnicas de recolección de información que permitieron la triangulación metodológica, entre estas están: el análisis documental, la encuesta (auto-valorativa y co-valorativa), la observación participante y la entrevista semiestructurada.

- **Análisis documental:** se realizó en la revisión de antecedentes de las dos categorías de análisis, en la que se resaltaban los significados, las relaciones, los componentes, las estrategias y las dificultades, entre otras.
- **Encuesta:** se utilizó en la investigación en tres momentos: el primero, para que los participantes según su interés eligieran un tema a debatir y sobre este construir la ATE; en el segundo y tercer momento, se buscó valorar las habilidades del pensamiento crítico y deliberativo antes y después de la aplicación de la ATE. La presentación de estas encuestas se encuentra en el siguiente apartado de descripción de instrumentos.
- **Observación participante:** fue realizada en nueve sesiones; involucró ocho sesiones de la implantación de la ATE y una de evaluación y realización de entrevista.
- **Entrevista semi-estructurada:** se aplicó con el fin de profundizar y completar información ausente o incompleta con la implementación de la ATE.

La validación de instrumentos como las encuestas y las preguntas de la entrevista, fueron sometidas a juicio de expertos y a pruebas piloto aplicadas a niños y niñas entre las mismas edades y del mismo grado. Esto permitió la realización de ajustes en cuanto a nuevas preguntas, estructuración de las planteadas y redacción.

## Proceso de recolección de información

El proceso de recolección de información en este estudio conlleva: primero, un acercamiento inicial a los participantes mediante la aplicación de la primera encuesta, de allí se pudo recuperar por mayor escala de interés el tema para el debate, el cual fue la clonación de mascotas, así como algunas de las características del grupo. Con los resultados obtenidos en esta encuesta se construyó la ATE “Sobre la clonación de mascotas ven y debate”.

En un segundo momento, con la aplicación de la segunda encuesta, se pudo profundizar un poco más en las características de los participantes en cuanto a

las habilidades a fomentar de acuerdo con las respuestas dadas y la argumentación presentada. Dicha caracterización se amplió con la aplicación de la ATE y la entrevista semi-estructurada.

La aplicación de la ATE se conformó de la siguiente manera:

**Tabla 1.** Resumen de horas de observación

Horas de observación	
Sesiones con el grado quinto	9
Promedio de horas por clase	2
Total horas de observación	18
Total reuniones preparatorias	9
Horas promedio por reunión	1
Total de horas para reuniones	9
<b>Total de horas para la toma de información</b>	<b>48</b>

**Fuente:** elaboración propia

Por otro lado, en la recolección de información se obtuvieron los siguientes registros:

**Diarios de campo de las ocho sesiones:**

- Respuestas de las tres encuestas aplicadas.
- Elaboraciones de los participantes.
- Entrevistas.

**Proceso de análisis de la información**

El proceso de análisis de información se efectuó de manera simultánea a la aplicación de la propuesta de la actividad, para ello se realizaron los correspondientes diarios de campo, los reportes de las encuestas, la revisión de las elaboraciones de los participantes y la transcripción de la entrevista. Esta información fue sometida a un proceso de codificación de análisis empleando el programa Atlas TI.

El proceso de codificación se basó en aspectos, categorías y descriptores de análisis, que fueron producto del análisis documental realizado en la primera

fase de revisión de los estudios previos y el marco teórico. En este proceso se retomaron las habilidades comunes entre el pensamiento crítico y el pensamiento deliberativo; de allí, con base en lo encontrado en las investigaciones previas y en el marco teórico, se construyeron los descriptores, los cuales se fundamentan en los significados y las relaciones.

En esta fase también se realizó un proceso de análisis inductivo, con el fin de recuperar categorías o descriptores emergentes.

Por otro lado, es importante señalar que para el análisis de la información se utilizó como técnica la triangulación, definida como la utilización de varias fuentes y métodos de recolección. Al respecto, Elliot (2000) señala que “el principio básico que subyace en la idea de triangulación es el de recoger observaciones/apreciaciones de una situación (o algún aspecto de ella) desde una variedad de ángulos o perspectivas y después compararlas, contrastarlas” (p. 103).

Ahora bien, la triangulación en este proyecto se realizó en un primer momento con los diarios de campo; luego se desarrolló la triangulación entre instrumentos como las encuestas, el material elaborado por los estudiantes y la entrevista; por último, se elaboró la triangulación con el marco teórico.

## Resultados

Dentro de los resultados obtenidos se destaca el impacto que tuvo la ATE “Sobre la clonación de mascotas ven y debate” en el fomento del pensamiento crítico y deliberativo en niños y niñas de quinto grado de primaria. Los rasgos transformados durante la aplicación de la ATE tuvieron que ver con la participación, la argumentación, la toma de decisiones, la motivación, entre otras habilidades, que se hicieron visibles en la expresión de sus ideas, la caracterización de los roles propuestos, las conjeturas realizadas y los argumentos presentados durante la aplicación de la actividad.

La argumentación, por ejemplo, fue un elemento de transformación en tanto que se evidenció que los niños en un principio defendían sus puntos de vista a partir de suposiciones, pero que al enfrentarse a situaciones en las que el condicionante era leer e investigar y construir sus propios argumentos, los puso a prueba e intentaron en la medida de lo posible profundizar en el tema propuesto y así defender sus puntos de vista.

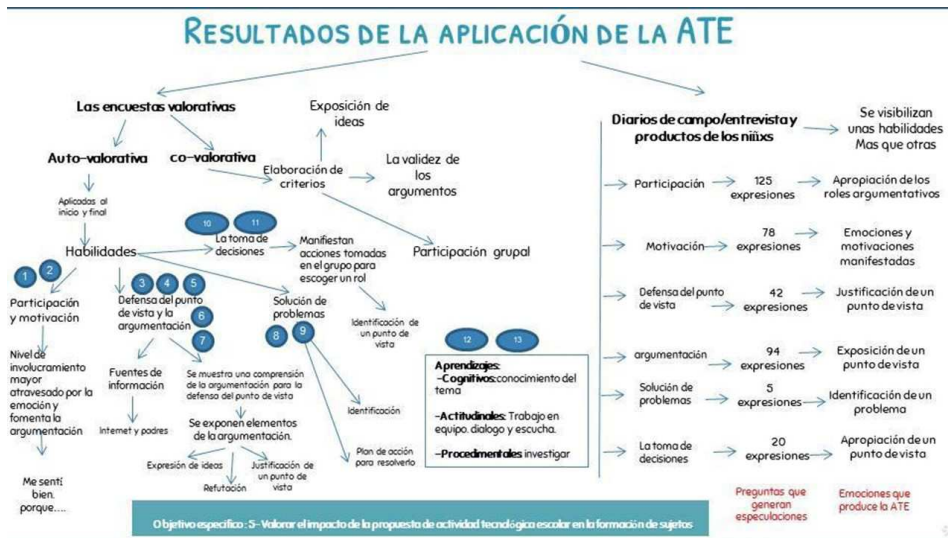
En lo que concierne a los rasgos que son transformados en los sujetos con la evaluación de la ATE, se señala que estos se dan a nivel cognitivo, actitudinal y procedimental, y que están relacionados en cómo a partir de la motivación se desencadenan las demás habilidades —la que más resalta es la participación—. De allí que surgieran preguntas de si una ATE pensada desde la formación de

sujetos logró generar una experiencia significativa en los estudiantes en un tiempo corto, con muchas dificultades técnicas, de tiempo, espacios y recursos, además de las mencionadas a continuación:

- ¿Cuál es el impacto que se puede generar cuando este tipo de actividades se desarrollan sistemáticamente en el ámbito educativo?
- ¿Qué tipo de sujetos queremos y estamos formando?

La figura 2 presenta un resumen de los resultados de la aplicación de la actividad en los sujetos.

**Figura 2.** Resumen de los resultados de la ATE y su aporte en la formación de sujetos



Fuente: elaboración propia

## Conclusiones y discusión

Las estrategias utilizadas, como el debate y el caso simulado, permitieron que los estudiantes desarrollaran habilidades como la participación, la argumentación, la toma de decisiones y la motivación en la medida en que se interesaron por caracterizar los personajes e investigar sobre el tema propuesto, a pesar de no estar de acuerdo y proponerse defender ciertas posturas a partir de argumentos contruidos desde la lectura de diferentes fuentes consultadas.

Las acciones que se realizan en el marco de las ATE con enfoque CTS fomentan habilidades propias del pensamiento crítico y deliberativo, como la



participación, la toma de decisiones, la defensa de los puntos de vista y la solución de problemas.

La formación del pensamiento crítico y deliberativo debe ser una de las bases de la educación, ya que es a través de estos tipos de pensamiento que se construyen decisiones propias, conscientes y reflexionadas. Este proceso además conduce a cuestionar la realidad y proponer alternativas de solución ante los problemas que se presentan. Una forma de atender a dicha formación es a través de las ATE bajo el enfoque de ciencia, tecnología y sociedad.

## Referencias

- Arenas, C. (2007). *Pensamiento crítico. Técnicas para su desarrollo*. Cooperativa Editorial Magisterio.
- Baños, J. (2006). Teorías de la democracia: debates actuales. *Andamios*, 2(4), 35-58.
- Betancur, M., Lince, W. y Restrepo, M. (2010). El sujeto crítico: construcción conceptual desde la teoría crítica clásica. *Revista Aletheia. Revista de Desarrollo Humano, Educativo y Social Contemporáneo*, 2(1). <http://aletheia.cinde.org.co/>
- Elliott, J. (2000). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Ediciones Morata.
- Ennis, R. (1996). Critical Thinking Dispositions: Their nature and assessability. *Informal logic*, 18(2-3), 165-182. <https://goo.gl/BxCes7>
- Gil, L., Henao, C. y Peñuela, L. (2004). Etnografía: una visión desde la orientación analítica. *Razón y Palabra. Primera revista electrónica en América Latina especializada en Comunicación*, 38. <http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n38/lgil.html>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill, Interamericana Editores S. A. <http://observatorio.epa-cartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- López, J. A. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 41-68. <https://cutt.ly/4YlnOpo>
- Osorio, C., Cuartas, M. y Muriel, J. (2005). *Manual de trabajo para docentes y estudiantes de educación básica secundaria y media*. Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística Universidad del Valle.

- Otálora, N. (2008). *Las actividades tecnológicas escolares: herramientas para educar* [Ponencia]. Encuentro Nacional de Experiencias Curriculares y de Aula en Educación en Tecnología e Informática. Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.
- Pérez, U. (1989). *Educación, tecnología y desarrollo*. Panamericana.
- Quintana, A. (2010). De las utopías y los caminos: educación en tecnología, un espacio en construcción. *Praxis Pedagógica*, 10(11), 54-65.
- Quintana, A. (2015). *Orientaciones para la elaboración de ATE de debate argumentado* [inédito]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Quintana, A. (2016). *La clonación humana: posibilidad de avance tecnocientífica o una “monstruosidad”* [inédito]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Segovia, J. (2008). *Habermas y la democracia deliberativa: una “utopía” tardomoderna*. Marcial Pons.
- Vasco, C. (1989). *Tres estilos de trabajo en las Ciencias Sociales. Comentarios a propósito del artículo “Conocimiento e interés” de Jurgen Habermas*. <https://uninavarra.edu.co/wp-content/uploads/2016/06/C.-Vasco.pdf>

# Competencias emprendedoras mediadas por Tecnologías de la Información y la Comunicación en un colegio público de Bogotá: investigación en desarrollo

Liliana Mabel Gil Corrales\*

Oscar Jardey Suárez\*\*

Didáctica de la Tecnología (Dididatec)

Interculturalidad, Ciencia y Tecnología (Intercitec)

## Introducción

Este escrito es parte de la investigación de tesis de maestría que se desarrolla en el marco de la Maestría en Educación en Tecnología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en un colegio público de Bogotá. La pregunta que direcciona la investigación es: ¿qué características debe tener una estrategia de aprendizaje mediada por Tecnología de Información y Comunicación (TIC), que favorezca el desarrollo de competencias emprendedoras en los estudiantes de grado 10° en un colegio público de Bogotá? Se presenta el desarrollo de competencias emprendedoras a partir de una estrategia de aprendizaje. Esta estrategia se caracteriza desde la evaluación de competencias enmarcada desde la teoría de Toulmin (2003), específicamente mediante su modelo de argumentación. La estrategia de aprendizaje, en el contexto del “Proyecto de emprendimiento”, propone

---

\* Licenciatura en Diseño Tecnológico. Estudiante de Maestría en Educación en Tecnología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente del colegio Estrella del Sur IED. Integrante del grupo de investigación Didatec e Intercitec. Dirección electrónica: [lmgil@correo.udistrital.edu.co](mailto:lmgil@correo.udistrital.edu.co), [lmgil@educacionbogota.edu.co](mailto:lmgil@educacionbogota.edu.co)

\*\* Doctor en Educación. Profesor e investigador de la Maestría en Educación en Tecnología. Integrante del grupo de investigación Didatec e Intercitec.

actividades de apoyo asincrónicas como el foro, desde el que se puede obtener registros de los estudiantes para analizar su nivel de competencia interpretativa, argumentativa o propositiva.

## **Fundamento teórico**

Este apartado trata los elementos que hacen parte del soporte teórico del presente texto, que a su vez son parte de la investigación. Se retoma la noción de competencia, de emprendimiento, estrategia de aprendizaje y de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

## **Competencias**

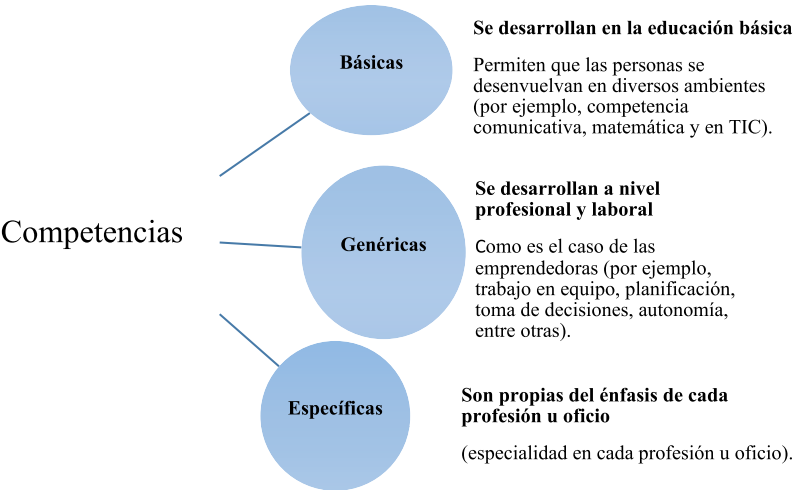
Para Boterf (2008), la competencia es usar las capacidades desarrolladas en un contexto específico con una intención clara, y no solo adquirir el conocimiento. El diccionario pedagógico dice: “[...] es una capacidad para realizar algo. Implica conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y comportamientos armónicamente integrados, para el desempeño exitoso en las distintas circunstancias de una función [...]” (Picardo, 2005). De acuerdo con Román y López (1999), las capacidades están compuestas por destrezas y estas a su vez de habilidades.

Las competencias se organizan desde dos ópticas: primero, por los tipos de competencias, según Poblate y Villa (2007); y segundo, la competencia comunicativa desde la evaluación.

Las competencias se clasifican por su tipo en básicas, genéricas y específicas. Estas se van desarrollando en la medida en que la persona avanza en el sistema educativo desde la educación preescolar a la educación superior.

La figura 1 muestra la organización enunciada y sus generalidades.

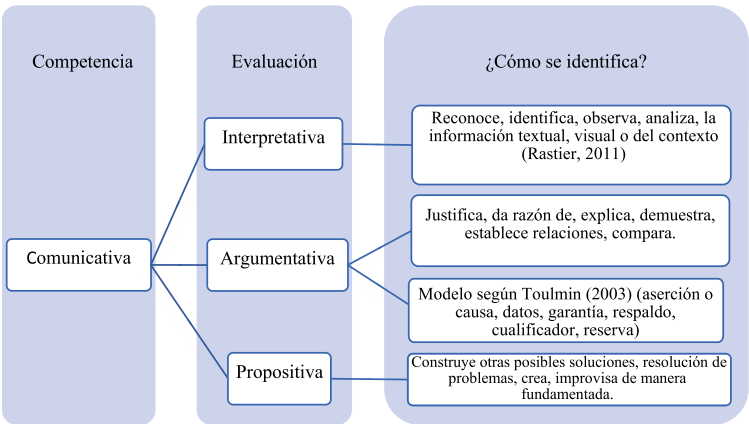
Figura 1. Tipos de competencias



Fuente: elaboración propia a partir de Poblate y Villa (2007)

En segundo lugar, están las competencias comunicativas interpretativa, argumentativa y propositiva. Estas se pueden identificar en escritos, discursos u otras formas de expresar las ideas. Las anteriores formas de comunicación son las fuentes de información que permiten analizar si el estudiante está desarrollando las competencias.

Figura 2. Competencia comunicativa



Fuente: elaboración propia a partir de Rastier (2011) y Toulmin (2003)

En el desarrollo de la investigación se puede emplear desde el modelo de argumentación de Toulmin (2003) una estructura que permite identificar aspectos específicos en el discurso de un estudiante. En la figura 3, se observan las partes de la estructura, con conectores que permiten relacionar sus elementos.

**Figura 3.** Modelo de argumentación según Toulmin



**Fuente:** Toulmin (2003, p. 97)

## Emprendimiento

El emprendimiento es un término que data del inicio del siglo XX; en Colombia, en la línea del desarrollo económico, diferentes autores presentan definiciones que son tenidas en cuenta en la Ley 1014, la cual lo caracteriza como:

[...] una forma de pensar, razonar y actuar centrada en las oportunidades, planteada con visión global y llevada a cabo mediante un liderazgo equilibrado y la gestión de un riesgo calculado, su resultado es la creación de valor que beneficia a la empresa, la economía y la sociedad. (Congreso de la República de Colombia, 2006, p. 1)

A partir de este concepto, se puede tener en cuenta que un emprendedor, como lo afirma Silva (2013), es una persona que lidera proyectos y posee características en su personalidad, pero también atributos intelectuales y competencias necesarias para generar emprendimiento.

La persona emprendedora tiene la capacidad de desenvolverse en diferentes roles y acciones; se puede formar desde la escuela, enfrentándose a diversas experiencias que le aporten a cada una de las competencias necesarias para cumplir un objetivo planteado, organizado y ejecutado de manera asertiva, en beneficio propio o de su entorno.

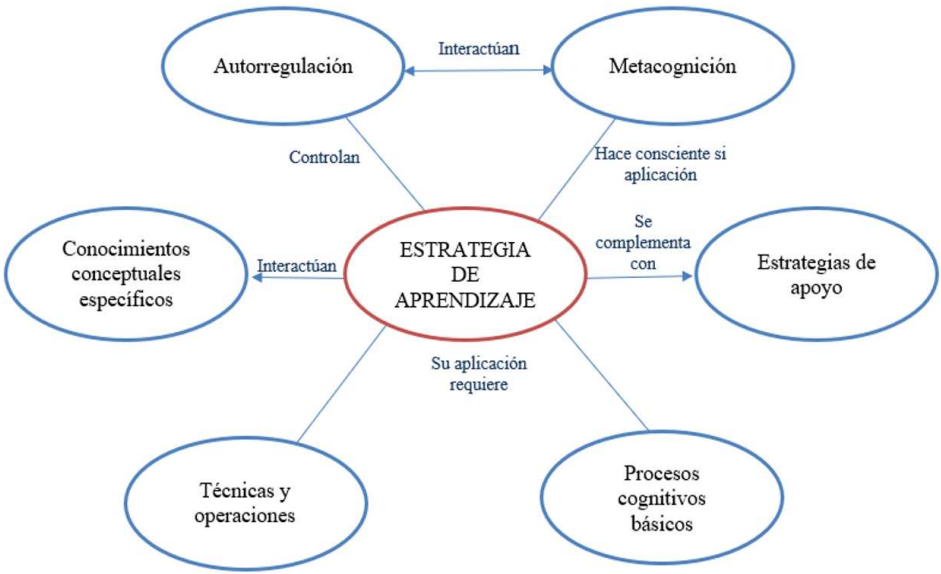
## Estrategia de aprendizaje

Díaz y Hernández (2002) plantean que las estrategias de aprendizaje son procedimientos o secuencias de pasos, que pueden incluir varias técnicas y persiguen un propósito determinado. La estrategia de aprendizaje no es ejecutada por un

docente, sino por un estudiante o aprendiz: “Son siempre conscientes e intencionales, dirigidas a un objetivo relacionado con el aprendizaje” (Monereo *et al.*, 1999, p. 11).

En la figura 4, se observa la estrategia de aprendizaje, la cual interacciona con los conocimientos y se complementa con las estrategias de apoyo, permitiendo la autorregulación del estudiante al realizar sus actividades. En este proceso se hace al aprendiz consciente de la forma de aprender (metacognición). La aplicación de la estrategia de aprendizaje requiere técnicas y procesos cognitivos básicos.

**Figura 4.** Mapa conceptual de estrategias y procesos relacionados



**Fuente:** Díaz y Hernández (2002)

La estrategia de aprendizaje busca que el estudiante adquiera el conocimiento a partir de las experiencias, en las que se debe reflexionar durante el proceso realizado. Al ejecutar las diferentes actividades de apoyo estas tienen el propósito de favorecer las competencias que se desean potenciar en los estudiantes.

### TIC

Las TIC en el entorno educativo se trabajan desde diferentes puntos; uno de ellos es como proyecto institucional en la escuela, velando porque la comunidad educativa tenga acceso a la información y a herramientas tecnológicas necesarias

para comunicarse con la comunidad, buscar, crear y usar la información desde la emisora, los periódicos escolares, los sitios web, entre otros.

El uso de herramientas tecnológicas, como las virtuales, son consideradas desde las actividades escolares como mediadoras del aprendizaje, esto se comprende como la relación entre los medios (herramientas) con el objeto (conocimiento) y los sujetos (estudiantes). Según Fainholc (2004), los medios son parte de las mediaciones sociales existentes, que a su vez son parte de los procesos de interacción y reconstrucción cultural.

La mediación, planteada por Cole (1999, p. 131), es la incorporación de herramientas como las TIC a la actividad; de esta manera se crea una nueva relación estructural, en la que la cultura y lo natural operan sinérgicamente, es decir que, al usar herramientas virtuales, se produce una relación entre el joven y la actividad/práctica que surge en esta descripción como médium, resultado y condición previa para el pensamiento humano.

Al usar las TIC como mediación, los estudiantes buscan, analizan y evalúan la información, solucionan problemas y tienen la posibilidad de volverse tomadores de decisiones, pueden ser creativos y productores de información, además de permitirles organizar sus ideas para expresarlas de una manera coherente y estructurada o ser facilitadores en la estrategia de aprendizaje.

## Metodología

La investigación, que aún se encuentra en proceso, tiene una metodología situada en el orden cualitativo con enfoque interpretativo. Se basa en la teoría argumentativa de Toulmin (2003), que señala que el estudio de caso permite observar la percepción de los estudiantes.

La población que participa en el proceso es de 56 jóvenes de grado décimo, divididos en dos grados, y a su vez en grupos de cuatro estudiantes, conformando así su entorno de trabajo para presentar sus proyectos. Cada conjunto de estudiantes hace parte de la estrategia de aprendizaje planteada y en la que intervienen diferentes asignaturas, como química, tecnología e informática, entre otras, en esta última se realiza una actividad en la que se emplea el foro como herramienta TIC, en la que se busca realizar un análisis cualitativo, como lo plantea McMillan y Schumacher (2005), y que se desarrolla desde las generalizaciones ligadas al contexto.



Figura 5. Actividad foro en el aula virtual

### Emprendedor

Se denomina **emprendedor** a aquella persona que identifica una oportunidad y organiza los recursos necesarios para tomarla. (Emprende Pyme, 2015)

#### Tipos de emprendimiento

**Consultas y asesoramiento**

"Te ayuda la cualificación y experiencia de emprendedores, analizando el mercado, adaptándose a las necesidades de clientes, analizando oportunidades, para ayudarte a decidir si es el momento de lanzar tu proyecto o no."

**Asesoría**

"Te da la forma de poner de manifiesto tu idea, darte una estructura organizativa, y ayudarte a dar los primeros pasos de tu proyecto, desde la creación de la compañía y la búsqueda de financiación hasta la puesta en marcha de tu negocio."

**Deportivo**

"Te enseñamos cómo una buena idea de negocio se convierte en un proyecto viable, desde la creación de la compañía y la búsqueda de financiación hasta la puesta en marcha de tu negocio."

Observa el siguiente enlace: <https://imgic.wixsite.com/misilto/por-que-es-importante>

Basado en la información anterior y según el tema de su propuesta de proyecto elija un emprendedor de la región que le corresponde y escriba por qué lo escogió.

**Referencia**

Emprender, P. (2010). ¿Qué es ser emprendedor? Recuperado de <https://www.emprendepyme.net/que-es-ser-emprendedor.html>

- pr1002
- Participantes
- Insignias
- Competencias
- Calificaciones

- Página Principal
- Área personal
- Calendario
- Archivos privados
- Mis cursos

Fuente: elaboración propia

El instrumento que se plantea es un foro a presentarse en el curso del proyecto del aula virtual. Este tiene tres fases.

La primera es la consulta de un sitio web propuesto, donde además se leerán los tipos de emprendimiento, así se reconocerá que en diferentes entornos se puede dar el emprendimiento. En segundo lugar, el estudiante deberá consultar sobre un emprendedor, y por último, el estudiante debe escribir por qué escogió a ese personaje.

Para evaluar la argumentación de los estudiantes de su escrito es necesario tener en cuenta el modelo de Toulmin (2003) anteriormente planteado, del que cada elemento tiene una intención en el discurso de los estudiantes. Es así como en el escrito se identificarán los datos, la cualificación y la conclusión de la información; en cuanto a los datos, estos deben tener una garantía, es decir, un soporte de la información, ya que cuando la argumentación es más estructurada se presentan elementos como el respaldo o la referencia, es decir, una cita o un llamado textual que permita notar que alguien más afirma lo mismo, además de una reserva, que se comprende como una posible refutación o un completo desde el punto de vista del estudiante.

Después de identificar cada uno de los elementos de la estructura de Toulmin (2003) se adecuará un espacio para la reflexión, con el que se pretende obtener la información necesaria para determinar si el estudiante ha o no desarrollado algún nivel de claridad en la competencia.

## Resultados

A continuación, se reportarán dos casos de estudiantes anónimos, que se denominan de forma ficticia como “Juan” y “Ana”. Estos se constituyen como casos representativos.

En el caso del estudiante Juan, la figura 6 es una imagen del foro asincrónico, que corresponde a su participación en las actividades de aprendizaje.

**Figura 6.** Participación de Juan en el foro asincrónico en el entorno virtual de aprendizaje “Proyecto de emprendimiento”

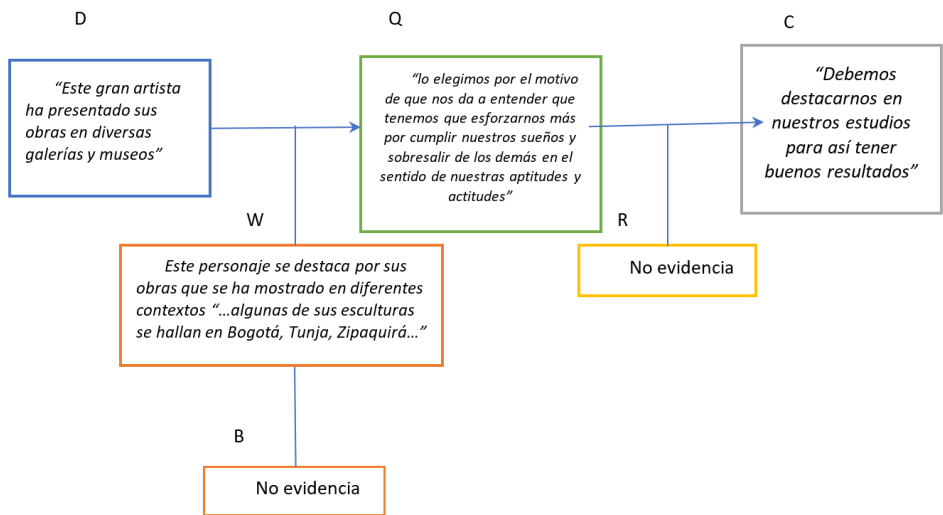
<p style="text-align: center;">Emprendedor</p> <p style="text-align: center;"><b>Miguel Alfonso Sopó Duque - Escultor</b></p> <p><b>Escultor y ceramista.</b> Este gran artista ha presentado sus obras en diversas galerías y museos. Algunas de sus esculturas se hallan en Bogotá, Tunja, Zipaquirá y Cúcuta. Ha recibido numerosos premios. El más reciente fue la Medalla al Mérito Cultural otorgada por el Ministerio de Cultura. Nació en Zipaquirá en 1918.</p> <p>En el 2010 ubica su obra la "Danzarina", copia fundida en bronce de la original en madera del 1944, en el barrio Las Américas de Bogotá, obsequiándola a la Ciudad. En el 2012 cierra su taller</p>	<p>de escultura en Bogotá. En el 2014 fallece en Bogotá.</p> <p>Tomado de <a href="https://competenciascomunicativasjohnlana.blogspot.com/p/blog-page_92.html">https://competenciascomunicativasjohnlana.blogspot.com/p/blog-page_92.html</a></p>  <p>Este emprendedor lo elegimos por el motivo de que nos da a entender que tenemos que esforzarnos más por cumplir nuestros sueños y sobresalir de los demás en el sentido de nuestras aptitudes y actitudes</p> <p>También que debemos destacarnos en nuestros estudios para así tener buenos resultados laborales y sociales.</p> <p>Este personaje se destaca por sus obras que ha mostrado en diferentes contextos y así ganando premios por su gran y maravilloso trabajo</p>
---	--

**Fuente:** elaboración propia

En este caso, Juan consultó sobre el escultor Miguel Alfonso Sopó Duque. Lo identifica como emprendedor teniendo en cuenta que el sitio web muestra que el emprendimiento del artista se da en diferentes ambientes. Bajo la estructura de Toulmin (2003) podemos apreciar los elementos Datos (D), Cualificador (Q), Garantía (W), Conclusión (C), Respaldo (B) y Refutación (R). En la figura 7 presentamos el texto del estudiante teniendo en cuenta la estructura mencionada.

Según lo escrito por Juan, y al compararlo con los elementos de la estructura de Toulmin (2003), se evidencia en el texto un nivel de argumentación, pues se muestra su punto de vista por medio de la razón en el momento de decir por qué eligieron el artista que referenciaron. La garantía está basada en la información presentada en la figura 7, con unas conclusiones donde se expresa una motivación para su propio proyecto de vida, pero sin un respaldo, ni refutación de una fuente para corroborar su planteamiento. Se puede afirmar que el estudiante identifica las características básicas para categorizar al escultor como emprendedor para el medio en el que se desempeña. El resultado de analizar el escrito de esta manera permite identificar que este responde más a la competencia interpretativa que a una argumentativa completa.

Figura 7. Argumento de Juan acorde con el modelo de Toulmin



Fuente: elaboración propia

En el caso de la estudiante Ana, la figura 8 es una imagen del foro asincrónico que corresponde a su participación en las actividades de aprendizaje.

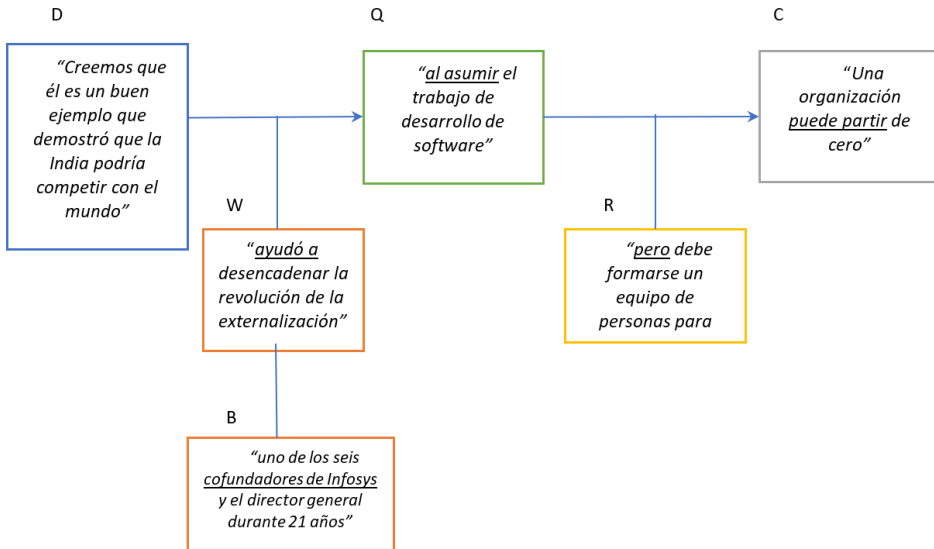
Figura 8. Participación de Ana en el foro asincrónico en el entorno virtual de aprendizaje “Proyecto de emprendimiento”



Fuente: elaboración propia

En el caso de Ana podemos observar que en el texto la estudiante pretende dar razón del por qué escogió a este personaje. Ella se basa en un texto consultado y ubicado en internet, cada elemento tiene conectores que permiten diferenciar las partes del argumento, según Toulmin (2003).

**Figura 9.** Argumento de Ana acorde con el modelo de Toulmin



**Fuente:** elaboración propia

En las estructuras presentadas se observa que Juan está ubicado en la competencia interpretativa, dado que, según Toulmin (2003), no muestra todos los elementos propuestos para la argumentación, pero sí responde a la estructura planteada por Rastier (2011). Por otra parte, en las respuestas dadas por Ana es posible ubicarla en la competencia argumentativa; los dos casos reconocen los elementos principales del concepto de emprendedor, pues de acuerdo con el ejercicio este término hace referencia a “aquella persona que identifica una oportunidad y organiza los recursos necesarios para tomarla” (Emprende, 2015), además, los emprendedores tienen una conclusión clara desde las competencias emprendedoras, como el trabajo en equipo, el liderazgo, la toma de decisiones y la proyección en cada personaje escogido. Lo anterior es muy valioso desde el punto de vista de que los estudiantes no solo reconocen qué es ser emprendedor, sino también las competencias emprendedoras que deben tener para serlo en diferentes contextos socioeconómicos y culturales.

## Conclusiones y discusión

Los casos de Juan y Ana se constituyen en evidencia del estado de desarrollo de la competencia argumentativa de los estudiantes de grado 10°. Esto nos permite señalar, en el caso de Juan, la necesidad de reforzar el respaldo y la refutación en el momento de construir los argumentos.

Potencialmente emplear entornos virtuales de aprendizaje, como apoyo y complemento a la actividad de la enseñanza y el aprendizaje de la escuela, se conforman en una herramienta que favorece el desarrollo de las competencias comunicativas. Queda por profundizar, desde las diferentes áreas del conocimiento, lo anteriormente expuesto.

Finalmente es importante señalar que la estrategia de aprendizaje “Proyecto de emprendimiento” se desarrolló en el marco de un proyecto de aula en el que participaron las asignaturas de química y tecnología e informática, lo que se compone como una limitación en la idea de generalizar los resultados de la investigación. De todas maneras, este ejercicio aporta indicios de evidencia empírica del desarrollo de la competencia argumentativa.

## Referencias

- Boterf, G. Le. (2008). *Repenser la compétence. Pour dépasser les idées reçues: 15 propositions*. Éditions d'Organisation Groupe Eyrolles. [http://grh-mascara.yolasite.com/resources/Repenser\\_la\\_comp\\_tence.\\_Pour\\_d\\_passer\\_les\\_id\\_es\\_re\\_ues-\\_15\\_propositions\\_2008\\_2212541058.pdf](http://grh-mascara.yolasite.com/resources/Repenser_la_comp_tence._Pour_d_passer_les_id_es_re_ues-_15_propositions_2008_2212541058.pdf)
- Cole, M. (1999). *Psicología cultural: una disciplina del pasado y del futuro* (2a. ed.). S. Morata, Ed. [http://lhc.ucsd.edu/People/MCole/Una\\_Metodologia\\_Multinivel.pdf](http://lhc.ucsd.edu/People/MCole/Una_Metodologia_Multinivel.pdf)
- Congreso de la República de Colombia. (2006). *Ley 1014 del 26. El fomento de la cultura del emprendimiento*. [http://www.mineducacion.gov.co/normatividad/1753/articles-94653\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/normatividad/1753/articles-94653_archivo_pdf.pdf)
- Díaz, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo - Una interpretación constructivista*. McGraw-Hill.
- Fainholc, B. (2004). *El concepto de mediación en la tecnología educativa apropiada y crítica*. Educar. El Portal Educativo del Estado Argentino. [http://cmapsinternal.ihmc.us/rid=1119466861556\\_1804172076\\_502/educ.ar](http://cmapsinternal.ihmc.us/rid=1119466861556_1804172076_502/educ.ar)
- McMillan, J. H. y Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa: una introducción conceptual*. Pearson Educación, S. A.
- Monereo, C. (coord.), Castelló, M., Clariana, M., Palma, M. y Pérez, M. (1999). *Las estrategias de aprendizaje: ¿qué son? ¿cómo se enmarcan en el*

- currículum? En *Estrategias de enseñanza y aprendizaje "Formación del profesorado y aplicación en la escuela"* (pp. 11-44). Editorial Graó. [http://uiap.dgenp.unam.mx/apoyo\\_pedagogico/proforni/antologias/ESTRATEGIAS\\_DE\\_ENSEÑANZA\\_Y\\_APRENDIZAJE\\_DE\\_MONEREO.pdf](http://uiap.dgenp.unam.mx/apoyo_pedagogico/proforni/antologias/ESTRATEGIAS_DE_ENSEÑANZA_Y_APRENDIZAJE_DE_MONEREO.pdf)
- Picardo, O. (coord.). (2005). *Diccionario enciclopédico de Ciencias de la Educación*. Centro de Investigación Educativa, Colegio García Flamenco. <https://eduso.files.wordpress.com/2008/06/diccionario-de-ciencias-de-la-educacion.pdf>
- Poblate, M. y Villa, A. (2007). Aprendizaje basado en competencias: una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas. *ESE*, 16, 336-337. <https://revistas.unav.edu/index.php/estudios-sobre-educacion/article/view/23342>
- Rastier, F. (2011). Lingüística interpretativa y fundamentos semióticos de la traducción. *Tópicos del Seminario*, 25, 15-52. <http://www.redalyc.org/pdf/594/59419294002.pdf>
- Román, P. y López, D. (1999). El currículum como desarrollo de procesos cognitivos y afectivos. *Revista Enfoques Educativos*, 2(2), 1-19. <https://enfoqueseducacionales.uchile.cl/index.php/REE/article/view/47064/49061>
- Silva, J. E. (2013). *Emprendedor: hacia un emprendimiento sostenible*. Editorial Alfaomega.
- Toulmin, S. E. (2003). *The Uses of Argument*. Cambridge University Press, Ed. [http://bilder.buecher.de/zusatz/22/22199/22199087\\_vorw\\_1.pdf](http://bilder.buecher.de/zusatz/22/22199/22199087_vorw_1.pdf)

# Formación pedagógica en el uso de las tecnologías en los docentes novatos de inglés

Leidy Paola Rodríguez Muñoz\*

Gabriela Mora Cortés\*\*

Astrid Ramírez Valencia\*\*\*

Práctica primaria

## Introducción

Cada vez es más difícil ignorar la importancia que tiene la tecnología en la vida cotidiana y en el desarrollo del ser humano en distintos ámbitos, incluyendo el académico; su uso se ha convertido en un factor necesario para el hombre actual. Sin embargo, en algunas situaciones esta herramienta no es empleada adecuadamente o no puede ser implementada debido a múltiples factores, los cuales se pretenden analizar en este documento.

En primera instancia, este uso inapropiado se hace visible en el aula de clase, principalmente cuando el docente desea implementar cualquier tipo de recursos tecnológicos; esto especialmente por los problemas logísticos que tienen los profesores al momento de manipular estos dispositivos dentro del aula de clase.

Al respecto, es importante tener en cuenta un estudio realizado por BlinkLearning en el 2017, cuyo principal objetivo era investigar acerca del uso

---

\* Licenciatura en Inglés. Estudiante investigador de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: lprodriguez@correo.udistrital.edu.co

\*\* Licenciatura en Inglés. Estudiante investigador de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: gamorac@correo.udistrital.edu.co

\*\*\* Ph. D. Profesor investigador. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Dirección electrónica: aramirezv@udistrital.edu.co

de la tecnología en el aula. Con este propósito se indagó a 1222 educadores de España sobre los retos enfrentados en el aula de clases al usar la tecnología en su desarrollo. La mayoría afirmó que hay tres razones principales que impiden el uso adecuado de este tipo de herramientas: primero, la conectividad; segundo, la poca o nula formación del profesorado frente a este tema; y tercero, la falta de dispositivos (p. 15).

A partir de los resultados obtenidos, se evidencia que entre las causas que impiden la aplicación de la tecnología en el aula, está su falta de manejo por parte de los educadores. Esto impide que estudiantes y profesores puedan usar la tecnología como una herramienta pedagógica.

Esta problemática, posiblemente sea producto del enfoque formativo de los futuros profesores dentro de sus planes curriculares, los cuales se encuentran enfocados en el empleo de técnicas y uso de recursos, pero no en la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) dentro del aula, esto explicaría que se ha relegado la importancia del uso de estas herramientas en el contexto escolar. Sin embargo, es necesario reconocer la inclusión paulatina de estos recursos en la práctica docente, y que, a pesar de ello, aún falta mayor análisis e investigación acerca del uso real de los dispositivos en la educación y su efectividad en el contexto colombiano.

Esta situación permite afirmar la existencia de un vacío teórico-práctico en el uso y aprovechamiento pedagógico de las TIC, específicamente en el periodo de formación de los docentes de inglés. Al respecto, Rengifo (2014) explica:

Uno de los problemas que más se evidencia en las clases por parte de los docentes es la implementación, en muchos casos de metodologías de enseñanza descontextualizadas, de poco interés, con buen contenido disciplinar y de nula implementación de medios didácticos que contribuirían a una mejor comprensión de los fenómenos científicos; también se aprecia en las aulas la incorporación mínima o casi nula de las TIC, que a pesar de ser reconocidas como herramientas útiles que pueden ayudar a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, no son muy utilizadas como consecuencia de la falta de formación y concientización en el docente acerca de ellas. (p. 10)

Esta postura afirma que en la actualidad hay una falta de interés frente al uso óptimo de la tecnología dentro del contexto escolar, lo que sin duda ha disminuido la posibilidad de implementar este tipo de herramientas en los procesos de enseñanza por parte de los practicantes.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario resaltar la importancia que tiene la competencia tecnológica del profesor de inglés, la cual está relacionada con el conocimiento del uso pedagógico que se le puede dar a estas herramientas



y la adaptación que requieren para implementarse en un contexto. Esto nos induce a determinar la existencia de dos dificultades: la primera, la imposición del uso de la tecnología sin ningún objetivo pedagógico en el aula; la segunda, la falta de implementación de las tecnologías por parte de profesores instruidos en este tema. Para evidenciar el uso de estas herramientas en el aula de clase, Jaramillo, Castañeda y Pimienta (2009) realizaron un estudio que tenía como propósito definir los usos que les daban los profesores a las TIC en el aula de clase. Sus resultados evidenciaron que muchos profesores no utilizaban la tecnología adecuadamente para sacar mayor provecho a sus clases.

En otras palabras, la tecnología era utilizada para desarrollar actividades inherentes a la labor del docente, es decir, destinadas al servicio del profesor. Sin embargo, estas herramientas no se empleaban de manera específica como apoyo al proceso de enseñanza de un saber, lo cual, si se hiciera, resultaría mucho más beneficioso para el estudiante y para el docente.

Como se ha presentado en este documento, la capacitación docente es un factor fundamental para la implementación de las tecnologías en el aula. Por tal razón este texto presenta un estudio que informa sobre la capacitación docente y la relación que sostiene con la competencia tecnológica brindada en un programa de formación de profesores de inglés, analizando sus implicaciones en el futuro desarrollo de la práctica docente.

## Fundamento teórico

Este documento está enfocado en la formación docente y su relación con la tecnología. Por tal razón, es necesario conocer la definición de los conceptos clave acerca de estos temas, que servirán como guía para el desarrollo del presente texto.

En primera instancia es necesario conocer el concepto de competencia. Vera, Torres y Martínez (2014) lo define como:

la “capacidad de poner en marcha de manera integrada conocimientos adquiridos y rasgos de personalidad que permiten resolver situaciones diversas” (Marqués, 2000, p. 7). [...] Por lo tanto, son formas de combinar los recursos personales para realizar una tarea y supone la capacidad de usar funcionalmente los conocimientos y habilidades en contextos diferentes. (p. 144)

Este autor define la palabra “competencia” en términos de la capacidad de usar conocimientos con el propósito de solucionar problemáticas. En el contexto de la escuela, estas competencias deben ser desarrolladas por los docentes, enfatizando en aspectos que se pueden desarrollar cuando el maestro ejerce su práctica profesional. También Vera, Torres y Martínez (2014) resaltan la existencia de

la relación directa entre el conocimiento adquirido y su uso mediante el ejercicio pedagógico realizado por el docente en el aula.

Teniendo claro el concepto de competencia y las implicaciones que tiene en el ejercicio profesional docente, es necesario comprender el significado de las competencias a nivel tecnológico. Mirabal (2013) define las competencias tecnológicas desde una perspectiva educativa como “los conocimientos acerca de herramientas tecnológicas disponibles, las habilidades para manejarlas, y la disposición a utilizarlas en las prácticas docentes” (p. 15). El desarrollo de dichas competencias es vital para el docente en formación, debido a que estas le permiten desarrollar estrategias eficaces para enfrentar las exigencias del nuevo milenio, relacionadas con el desarrollo de las personas por medio de la interacción.

Por otro lado, el Ministerio de Educación Nacional (2013) en el texto *Competencias TIC para el desarrollo profesional docente*, el cual menciona las cinco principales competencias del docente en este ámbito, afirma que una de las principales competencias a desarrollar en la actualidad es la competencia tecnológica que pretende ser aplicada a un contexto educativo de manera efectiva para obtener mejores resultados empleando adecuadamente las herramientas tecnológicas. Del mismo modo, este documento afirma que el desarrollo de esta competencia busca una integración entre la educación y las TIC para mejorar los espacios de enseñanza y aprendizaje; además del entrenamiento que debe ser recibido por los docentes en términos de tecnología para desarrollar la capacidad de selección y uso adecuado de las herramientas tecnológicas.

La tecnología y la educación son elementos útiles para el ser humano moderno debido a que estos le permiten aprender, investigar, adquirir conocimientos y obtener oportunidades. Asimismo, la unión de estos elementos facilita el proceso de aprendizaje para los alumnos. Esto se debe a que los estudiantes encuentran un alto nivel de motivación al estudiar cuando se incluye la tecnología en las clases.

Esta afirmación es soportada por estadísticas realizadas por BlinkLearning (2017), las cuales afirman que el 61,3 % de los maestros considera la existencia de una relación entre la motivación de los estudiantes y el uso de las tecnologías para aprender. Esto evidencia la visión positiva de los maestros hacia el uso de las tecnologías en el aula y el estímulo que proveen en el estudiante para involucrarse en el proceso de aprendizaje, permitiéndole interactuar con la realidad, ampliar diferentes habilidades de pensamiento y desarrollar el proceso de aprendizaje significativo (Cabero, 2015, p. 22).

De la misma manera, las nuevas tecnologías en la educación ofrecen ventajas y oportunidades para nuestros estudiantes, como compartir diferentes perspectivas

e ideas, aprender por medio de métodos de enseñanza alternativos, socializar e interactuar más personalmente para ajustarse a diversas necesidades (Holland y Holland, 2014). En otras palabras, el alumno a través del uso de las tecnologías puede aprender a su propio ritmo, ya que estas se adaptan de acuerdo con diferentes estilos de aprendizaje. Asimismo, los estudiantes pueden relacionar el conocimiento adquirido previamente junto con el proveído por medio del uso de las tecnologías y así hacer uso de este y aplicarlo a situaciones reales, con el propósito de generar un aprendizaje significativo útil para determinados contextos.

En el aula moderna se pueden implementar múltiples modelos de aprendizaje en cuanto a tecnologías. Por un lado, está el *Blended learning*, definido por Graham (2006, citado por Mirabal, 2013) como un “Sistema de enseñanza-aprendizaje que combina sesiones instructivas presenciales con sesiones virtuales mediadas por la tecnología” (p. 14). Este modelo de aprendizaje permite a los estudiantes moverse en un contexto mixto, en donde está el aprendizaje presencial y el aprendizaje intervenido por medios tecnológicos. Este tipo de enseñanza permite al estudiante desarrollar la capacidad de aprendizaje autónomo intervenido por la tecnología, pero apoyado en conocimientos adquiridos presencialmente en una institución educativa.

Por otro lado, está el concepto de *E-learning*, que se encuentra vinculado con el aprendizaje mediado por las tecnologías. Clark y Mayer (2016) lo definen como “una instrucción entregada en un dispositivo digital (como una computadora de escritorio, una computadora portátil, una tableta o un teléfono inteligente) que está destinada a apoyar el aprendizaje” (p. 8). De esta manera, se entiende que el *E-learning* comprende cualquier actividad de aprendizaje que utilice medios electrónicos. Su objetivo principal es apoyar el aprendizaje, por lo que por medio de este modelo se pueden realizar múltiples actividades que apoyen al docente en el proceso de enseñanza, además de hacer más interesante el aprendizaje para los estudiantes.

Por último, está el concepto de tecnologías emergentes. Según Bolívar, Proaño y Soto (2015), estas tecnologías “se definen como aplicaciones o procesos tecnológicos que implican un avance o generan un cambio en la disciplina en la cual están siendo implementadas” (p. 3). Dichas tecnologías pueden contribuir al avance de la enseñanza, porque reducirían las brechas educativas causadas por modelos de enseñanza tradicionales.

## Metodología

Esta investigación tuvo como objetivo reconocer las principales dificultades presentadas por los docentes novatos de inglés frente a la implementación de las

tecnologías en el aula de clase. También, fue necesario identificar las posibles causas de estas complicaciones. Este estudio tomó como referencia las perspectivas de los practicantes durante su proceso de formación en la universidad y su experiencia obtenida en la práctica pedagógica profesional como docentes de inglés de educación básica primaria.

## Descripción y participantes

Esta investigación fue llevada a cabo en docentes practicantes de inglés de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Inglés de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, quienes estaban realizando su práctica pedagógica en cursos de básica primaria en instituciones educativas distritales de Bogotá.

Para esta investigación se tomó una muestra de diez estudiantes practicantes de licenciatura. Su edad estaba comprendida entre los 19 y 21 años.

Esta indagación, de carácter mixto, tomó en cuenta aspectos cualitativos y cuantitativos de la información recolectada. Según Díaz (2014), los métodos mixtos no tienen como propósito reemplazar a los tradicionales (cualitativo y cuantitativo); por el contrario, están encargados de potenciarlos y complementarlos, para obtener una mejor comprensión del problema y conseguir una visión más amplia de los elementos y factores que intervienen en la investigación (p. 12).

## Instrumentos

Para recolectar la información de este estudio, se seleccionaron dos instrumentos: entrevistas semiestructuradas y encuestas. De acuerdo con Díaz-Bravo, Torruco, Martínez y Varela (2013), la entrevista es una técnica de suma utilidad en la investigación de tipo cualitativo para reunir datos, debido a que propone un fin específico distinto al diálogo (p. 163). Lo anterior permite al entrevistador obtener un punto de vista diferente haciendo uso de los interrogantes planteados en torno a una temática específica.

Por otro lado, están las encuestas. Estas posibilitan obtener una visión general de los participantes acerca de la situación para comprender la problemática desde una perspectiva más amplia. Según Casas, Repullo y Donado (2003), la encuesta como técnica es un proceso de investigación que le permite al investigador conseguir datos y realizar estadísticas de manera eficaz (p. 527).

## Encuestas

Para este proyecto fue aplicada una encuesta de manera virtual a diez docentes practicantes. Contenía cinco preguntas; tres de carácter cualitativo y dos de carácter cuantitativo. Las preguntas estuvieron centradas en las situaciones y

perspectivas de los docentes acerca de su proceso de formación con el desarrollo de las tecnologías.

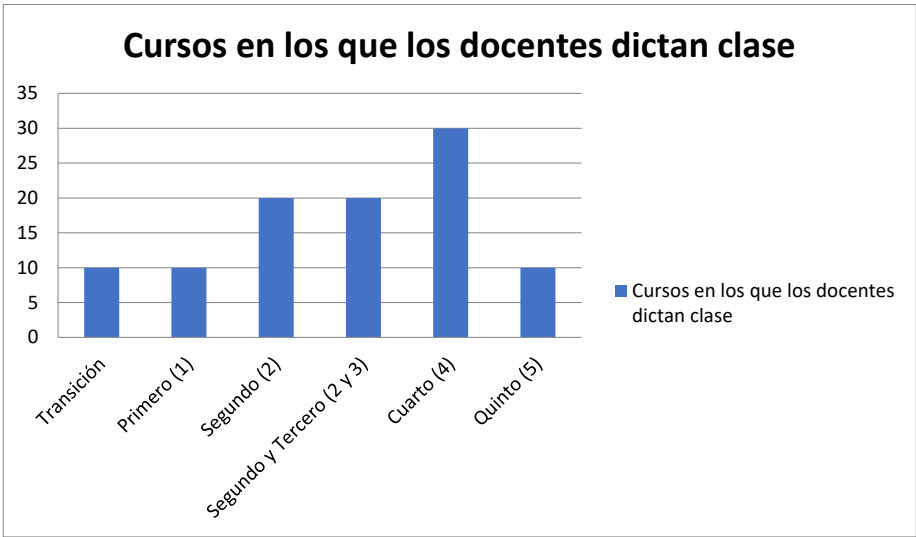
### Entrevistas

Las entrevistas semiestructuradas fueron realizadas a cinco estudiantes practicantes. Contaron con cinco preguntas, que se referían a las dificultades presentadas por los docentes al usar las tecnologías y los requisitos que un maestro debe tener para usarlas.

### Resultados

#### Curso en el que los docentes dictan clase

**Figura 1.** Cursos en los que los docentes dictan clase



**Fuente:** elaboración propia

Teniendo en cuenta la figura 1, se puede observar que el 20 % de los encuestados dicta clase en dos cursos, el excedente, correspondiente al 80 %, solo dicta clase en un curso.

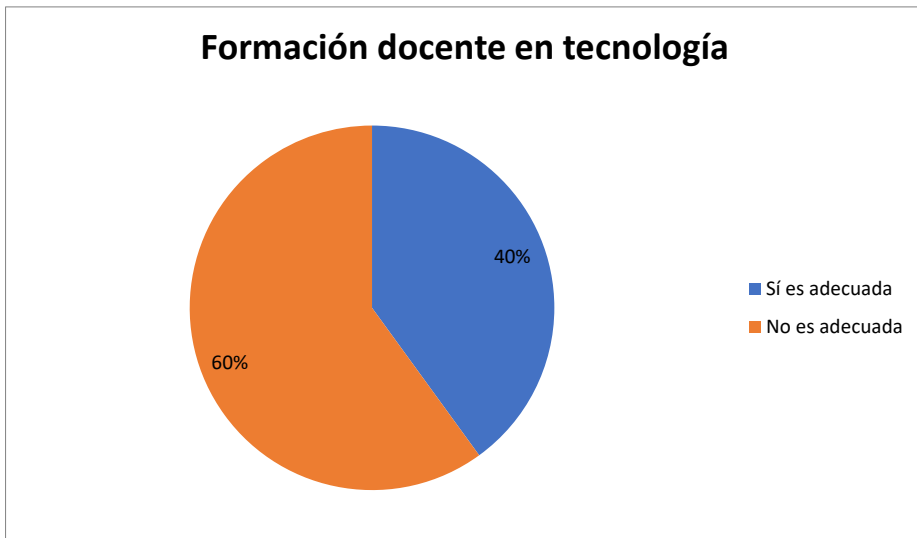
La edad en la educación es importante, ya que los profesores deben ser conscientes del tipo de contenido que proveen a sus estudiantes. Además, de acuerdo con la edad, los niños deben desarrollar tipos específicos de habilidades tecnológicas, como lo indica el infográfico realizado por Wallace (2013), en el

cual se establecen las etapas de desarrollo tecnológico para los niños de cero a diez años, rango de edad presente en los niños que cursan básica primaria.

Este autor afirma que la edad en la que los niños navegan en internet y hacen uso de las herramientas tecnológicas cada día es menor, por eso es importante adaptar e implementar las tecnologías de acuerdo con cada etapa del niño, ya que si se provee un nivel más avanzado puede haber un uso erróneo de esta herramienta, o si se brinda un nivel más bajo, pueden presentarse dificultades al usar este elemento.

- **Pregunta 1. ¿Considera que está siendo educado en la universidad en términos de cómo usar la tecnología dentro del aula de clases? Sí/No ¿Por qué?**

**Figura 2.** Formación docente en tecnología



**Fuente:** elaboración propia

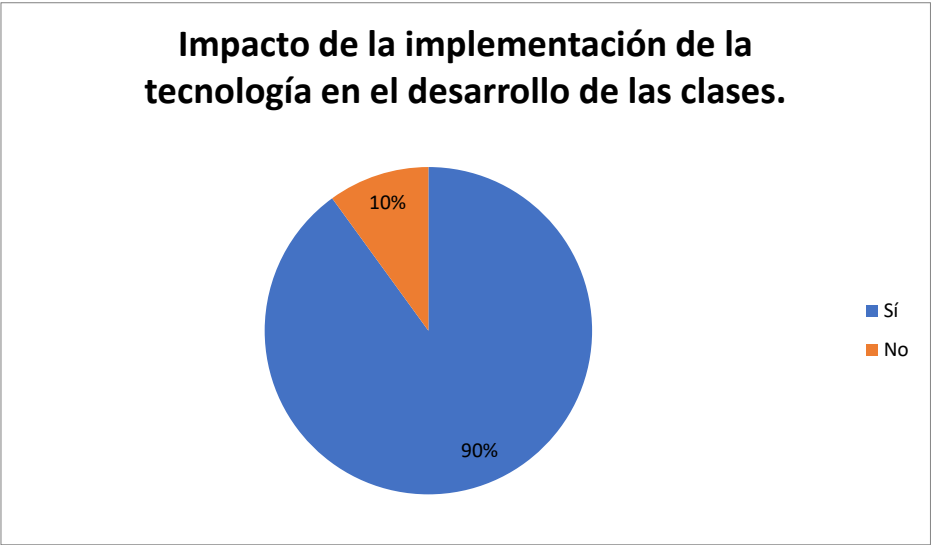
La figura 2 muestra que el 60 % de los participantes considera que la universidad no les ha ofrecido la formación correcta en cuanto al manejo de las tecnologías. Esto es producto del tratamiento superficial de la temática y que su desarrollo es de tipo teórico, no empírico.

Los participantes expresaron que, durante las clases, se hace mención acerca de la importancia de la tecnología en el aula de clases, sin embargo, no se enseña la manera en la cual estas pueden ser implementadas o adaptadas al nivel de enseñanza. Como consecuencia, los estudiantes deben explorar por sí mismos acerca del uso de estas herramientas, de utilidad para el desarrollo de sus clases.

En contraste, el 40% de los encuestados considera que la universidad sí les ha brindado herramientas y asignaturas que les permiten formarse en el ámbito de la implementación de la tecnología en el aula. A partir de los resultados obtenidos, se puede decir que la problemática mencionada por Rengifo (2014) en cuanto a la falta de formación y concientización del docente frente a las tecnologías permanece aún vigente (p. 10). De acuerdo con los participantes, la universidad no se preocupa por incentivar el uso de la tecnología en los futuros docentes.

- **Pregunta 2. ¿La implementación de la tecnología en sus planeaciones ha hecho algún tipo de diferencia en el desarrollo de sus clases? Sí/No ¿Por qué?**

**Figura 3.** Implementación de la tecnología



**Fuente:** elaboración propia

Como se observa en la figura 3, el 90% de los encuestados afirmó que las tecnologías generaron un impacto en sus clases. El uso de esta herramienta causó una mejora actitudinal de los alumnos y un mayor nivel de concentración y motivación en cuanto a la temática de la clase. A pesar de esto, muchos de los entrevistados manifestaron la dificultad de implementar estas herramientas debido a que no había dispositivos suficientes o su uso era limitado.

Finalmente, el 10% de los entrevistados mencionó que no había evidenciado ningún cambio. Esto se debe a que aún no han implementado las tecnologías en su práctica docente.

A partir de los resultados de esta pregunta, se puede evidenciar que la implementación de las tecnologías en el aula de clases ha generado un impacto positivo en los estudiantes por medio de la interacción con la realidad y el desarrollo de diferentes habilidades de pensamiento (Cabero, 2015).

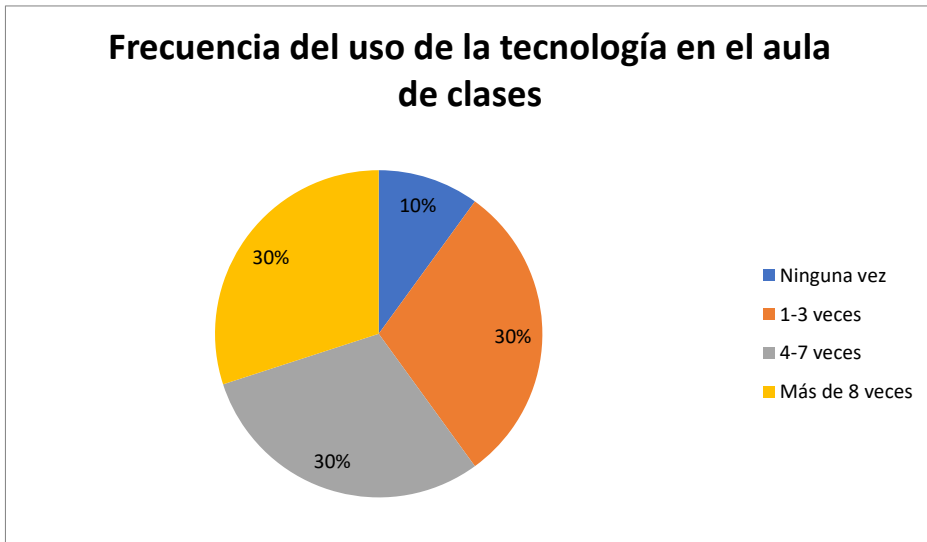
De acuerdo con los entrevistados, cuando se implementaba la tecnología en clase, los alumnos eran más atentos y mostraban una respuesta positiva frente a su uso, en contraste con una clase tradicional, que empleaba materiales tradicionales, en su mayoría impresos.

La visión positiva de los maestros frente al uso de las tecnologías en el aula estimula al estudiante a involucrarse en el proceso de aprendizaje activamente, con el propósito de desarrollar el proceso de aprendizaje significativo (Cabero, 2015).

Esto también se nota en las respuestas dadas por los participantes, en donde la mayoría considera que la tecnología ha hecho una diferencia en el desarrollo de sus clases, pues ha aportado interactividad al contenido previsto para el desarrollo de la clase.

- **Pregunta 3. Durante su práctica, ¿cuántas veces cree que ha usado la tecnología?**

**Figura 4.** Frecuencia de uso de la tecnología



**Fuente:** elaboración propia

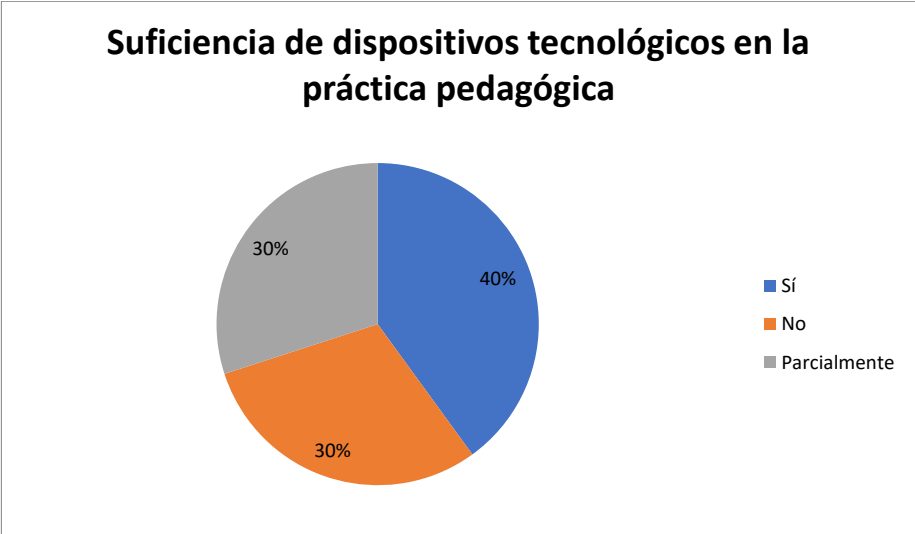


A partir de la figura 4, se pudo establecer que el 90 % de los docentes practicantes hizo uso de las tecnologías en el aula. Dicho porcentaje se encuentra dividido en tres secciones: el primer 30 % indicó que usó la tecnología de una a tres veces; el segundo 30 % afirmó que durante su práctica pedagógica implementó la tecnología un promedio de cuatro a siete veces; el último 30 % mencionó que empleó la tecnología más de ocho veces en el aula de clases. Finalmente, el 10 % manifestó no haber usado las tecnologías en el aula de clases, debido a que esto representaba una pérdida de tiempo considerable al momento de usarlas.

Estos resultados demuestran que en estas instituciones públicas hay disponibilidad de herramientas tecnológicas para el desarrollo de las clases, que, más el dominio de la tecnología, son elementos cruciales en el desarrollo de una planeación, debido a que permiten la presentación adecuada del contenido y el uso eficiente del tiempo. Sin embargo, factores como las grandes cantidades de alumnos, los equipos no actualizados o la falta de conocimiento en el uso de dispositivos, provoca la implementación errónea de estas herramientas, lo cual puede causar una pérdida significativa de tiempo de clase.

- **Pregunta 4. ¿Considera que la institución en la cual se encuentra realizando su práctica pedagógica está equipada con suficientes dispositivos tecnológicos?**

**Figura 5.** Suficiencia de dispositivos tecnológicos en la práctica pedagógica



**Fuente:** elaboración propia

Como se destaca en la figura 5, el 40 % de los encuestados reportó que la institución educativa en la cual realizaban su práctica docente sí contaba con dispositivos tecnológicos, tales como computadores, televisores, proyectores, entre otros. No obstante, algunos equipos presentaban fallas o no eran usados.

El 30 % de los participantes manifestó que las instituciones en donde realizaban su práctica pedagógica estaban dotadas de equipos tecnológicos; a pesar de esto muchos no funcionaban, no eran suficientes o presentaban dificultades que impedían su uso adecuado.

Finalmente, el 30 % de los encuestados dijo que en el lugar donde estaban realizando su práctica, había escasez de elementos tecnológicos, además de la gran dificultad que implicaba su uso en la clase.

La disponibilidad de recursos es un elemento fundamental para el desarrollo de las competencias tecnológicas, ya que sin estos el docente no puede desarrollar habilidades y técnicas para manejar los recursos tecnológicos (Mirabal, 2013).

- **Pregunta 5. Durante su carrera, ¿cuántas asignaturas relacionadas con el uso y la implementación de las tecnologías en el aula de clases ha cursado?**

**Figura 6.** Asignaturas cursadas relacionadas con el uso de las tecnologías en el aula de clase



**Fuente:** elaboración propia

En la figura 6 se puede observar que la mayoría de los participantes, representados por el 80 %, afirmaron haber cursado de una a cuatro asignaturas relacionadas con el uso de las tecnologías; el 20 % dijo no haber visto ningún espacio académico relacionado con el tema.

A partir de los resultados obtenidos, podemos entender que hay escasez de espacios académicos que promuevan el manejo y uso de las tecnologías en el aula de clase. Lo anterior, evidencia la leve preocupación de las instituciones de educación superior por la formación que reciben los docentes, pues asumen que su implementación pedagógica ya es conocida.

## Entrevistas

Todos los participantes consideran que el uso de la tecnología en el aula de clases es esencial, además de que aumenta la motivación de los estudiantes en el aprendizaje de un nuevo idioma.

Es importante resaltar que el participante número dos ve la importancia que tiene la tecnología en el contexto educativo, debido a que esta permite el desarrollo del pensamiento crítico e incrementa la motivación al momento de aprender un segundo idioma. Lo anterior está estrechamente relacionado con las características que tienen los estudiantes cuando interactúan y aprenden a través de una herramienta tecnológica. Según Cabero (2015), la tecnología desarrolla un papel fundamental en el aprendizaje del estudiante, pues le permite interactuar con la realidad y desarrollar diferentes habilidades del pensamiento.

Este tipo de herramientas son importantes, porque la motivación en los estudiantes aumenta de manera considerable, además de que se pueden usar de acuerdo con las necesidades de los estudiantes. Citando a Holland y Holland (2014), las nuevas tecnologías ofrecen la oportunidad de compartir diferentes perspectivas e ideas, ya que ofrecen métodos de enseñanza, socialización e interacción más personalizados, además de ajustarse a los diferentes tipos de necesidades (p. 18). Se puede considerar que según la mayoría de los participantes la tecnología es una oportunidad para la creación de actividades que se adapten al contexto y a las necesidades de los estudiantes, lo que convertiría un aprendizaje de un segundo idioma en un proceso personalizado.

Por otro lado, todos los participantes manifestaron que el principal requerimiento, y una de las principales problemáticas que dificultan la implementación de las herramientas tecnológicas, es la formación en tecnología con carácter pedagógico que deben recibir los docentes para que estos los empleen en sus espacios de enseñanza. También pudimos notar que los profesores en formación son conscientes de la importancia que estas herramientas tienen en el aula de

clases, de sus pros y sus contras, y de la experiencia que adquieren mediante prueba y error a través de la práctica pedagógica.

Entonces, según el estudio realizado por BlinkLearning (2017), los docentes son conscientes de que la tecnología es funcional a la hora de enseñar una segunda lengua, pero factores como la falta de recursos y de educación en tecnología dificultan su tarea frente al uso de la tecnología en el aula.

## **Conclusiones y discusión**

De acuerdo con los resultados obtenidos, la mayoría de los participantes ha utilizado dispositivos de tecnología dentro de un aula. Sorprendentemente, el 90% de la población ha empleado dispositivos tecnológicos en su práctica docente con el propósito de enseñar una segunda lengua. También es importante tener en cuenta que siete de los diez encuestados consideran que no están siendo educados en la universidad en cuanto a tecnología y sus posibles usos dentro del aula de clases.

Esto significa que los practicantes no han recibido la instrucción necesaria en su capacitación como docentes en educación superior, y que han aplicado este tipo de herramienta en el aula de clases siendo aprendices autónomos. A su vez, todos los encuestados consideran que el uso de la tecnología en la educación, y especialmente en la enseñanza de una segunda lengua, puede generar un cambio positivo en el proceso tanto de enseñanza como de aprendizaje.

## **Recomendaciones**

Este trabajo se ha centrado en la implementación de las tecnologías en el aula de clases por parte de los docentes novatos. Sin embargo, las futuras investigaciones acerca de este tema deberían girar en torno del currículo y cómo la modificación o adaptación de este podría generar mejores resultados en la actitud y las calificaciones de los estudiantes.

Se recomienda que futuros estudios sobre el presente tema aborden las políticas que tiene el Ministerio de Educación Nacional (MEN) frente al uso de dispositivos tecnológicos en el desarrollo de las clases y el papel de las instituciones de educación superior al formar docentes que cumplan con las demandas que requiere la sociedad actual. Todo esto con el propósito de abordar esta problemática desde diferentes ángulos e intentar hallar una posible solución o un plan de trabajo para afrontar esta situación de manera apropiada, y que se ajuste a las necesidades que requiere la educación del siglo XXI.

## Referencias

- BlinkLearning. (2017). *III Estudio sobre el uso de la tecnología en el aula*. Blink Learning y Universidad Rey Juan Carlos. [https://www.realinfluencers.es/wp-content/uploads/2017/06/Blinklearning\\_informe\\_tic.pdf](https://www.realinfluencers.es/wp-content/uploads/2017/06/Blinklearning_informe_tic.pdf)
- Bolívar, M., Proaño, L. y Soto A. (2015). Desarrollo de competencias tecnológicas y habilidades colaborativas en los docentes del área de matemática, mediante el uso de recursos educativos abiertos, a través de la plataforma Google Classroom. *Memorias del XVIII Congreso Internacional EDUTEC "Educación y Tecnología desde una visión Transformadora"*. [http://www.edutec.es/sites/default/files/congresos/edutec15/Articulos/CTI-Ciencia\\_Tecnologia\\_e-Innovacion/mbolivar\\_desarrollo\\_competencias\\_tecnologias\\_habilidades.pdf](http://www.edutec.es/sites/default/files/congresos/edutec15/Articulos/CTI-Ciencia_Tecnologia_e-Innovacion/mbolivar_desarrollo_competencias_tecnologias_habilidades.pdf)
- Cabero, J. (2015). Reflexiones educativas sobre las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). *Tecnología, Ciencia y Educación*, (1), 19-27. [https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/32285/Reflexiones\\_educativas\\_sobre\\_las\\_Tecnolo.pdf?sequence=1](https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/32285/Reflexiones_educativas_sobre_las_Tecnolo.pdf?sequence=1)
- Casas, J., Repullo, J. y Donado, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de datos (I). *Revista Atención Primaria*, 31(8), 527-538. <http://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-pdf-13047738>
- Clark, R. y Mayer, R. (2016). *E-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*. Pfeiffer.
- Díaz-Bravo, L., Torruco, U., Martínez, M. y Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-50572013000300009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009&lng=es&tlng=es)
- Díaz, S. (2014). Los métodos mixtos de investigación: presupuestos generales y aportes a la evaluación educativa. *Revista Portuguesa de Pedagogía*, 48(1), 7-23. <https://digitalis-dsp.uc.pt/bitstream/10316.2/36342/1/Los%20Metodos%20Mixtos%20de%20Investigacion.pdf?ln=pt-pt>
- Holland, J. y Holland, J. (2014). Implications of Shifting Technology in Education. *Techtrends*, 58(3), 16-25. [https://www.researchgate.net/publication/271660164\\_Implications\\_of\\_Shifting\\_Technology\\_in\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/271660164_Implications_of_Shifting_Technology_in_Education)
- Jaramillo, P., Castañeda, P. y Pimienta, M. (2009). Qué hacer con la tecnología en el aula: inventario de usos de las TIC para aprender y enseñar. *Educación y Educadores*, 12(2), 159-179. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-12942009000200012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-12942009000200012)

- Ministerio de Educación Nacional. (2013). Competencias TIC para el desarrollo profesional docente. [https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-339097\\_archivo\\_pdf\\_competencias\\_tic.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-339097_archivo_pdf_competencias_tic.pdf)
- Mirabal, A. (2013). *Competencias tecnológicas clave para el uso de Moodle como apoyo a la docencia presencial universitaria* [Tesis de Maestría]. Universidad Tecnológica de Monterrey, Santo Domingo, República Dominicana. [https://www.researchgate.net/publication/270819860\\_Competencias\\_Tecnologicas\\_Clave\\_para\\_el\\_Uso\\_de\\_Moodle\\_como\\_Apoyo\\_a\\_la\\_Docencia\\_Presencial\\_Universitaria](https://www.researchgate.net/publication/270819860_Competencias_Tecnologicas_Clave_para_el_Uso_de_Moodle_como_Apoyo_a_la_Docencia_Presencial_Universitaria)
- Rengifo, L. (2014). *Propuesta de formación en competencias TIC para docentes: un estudio de caso* [Tesis de Maestría]. Universidad del Valle, Cali, Colombia. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/10097/7406-0473541.pdf;jsessionid=90A9126607F77BDBF-966093DADDFB268?sequence=1>
- Vera, J., Torres, L. y Martínez E. (2014). Evaluación de competencias básicas en TIC en docentes de educación superior en México. *Revista de Medios y Educación*, 44, 143-155. <https://www.redalyc.org/pdf/368/36829340010.pdf>
- Wallace, D. (2013). TECH R US – Technology Development Stages for Kids. *Technology Infographics*. <https://infographicjournal.com/tech-r-us-technology-development-stages-for-kids/>

# ***Eye Traking*, un análisis bibliométrico de investigación en *marketing* en la última década**

César Granados-León\*

Grupo de investigación Mercadeo I+2

Semillero Bibliometrics de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

## **Introducción**

El análisis de la conducta ha vinculado diversos procesos experimentales en diferentes tecnologías aplicadas. En la investigación dirigida a los objetivos del *marketing* en conocer las conductas, los hábitos, la intención, la decisión, los intereses y las motivaciones, entre otros temas (Duchowski, 2002, 2007), esta metodología presenta una aplicación experimental con un crecimiento importante, el cual será evidenciado en esta investigación.

El *Eye Tracking* es una tecnología que mide múltiples aspectos en la relación de los movimientos oculares, las frecuencias de enfoque a áreas de interés, repeticiones a esas áreas, la permanencia o el tiempo de fijación y entradas y salidas a las áreas de interés. Esta tecnología permite notar los variados campos de aplicación, debido a que la relación principal de las personas con su mundo externo es principalmente por el sentido de la vista; los movimientos oculares nos pueden ofrecer medidas cuantitativas (Wedel y Pieters, 2008) como un predictor de la conducta (Altmann y Kamide, 2007).

Los últimos diez años en las investigaciones con seguimiento ocular, han mostrado una evolución en cuanto a los factores tecnológicos, como en los aspectos metodológicos aplicados a diferentes ciencias. Este documento se centra en el análisis del comportamiento del consumidor (Reddy *et al.* 2015), de la

---

\* Ph. D. (c). Profesor investigador. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. Dirección electrónica: rramirez@ejemplo.co

publicidad (Schmidt, 2017), del turismo (Li, Huang y Christianson, 2016), del diseño de empaques (Gomes *et al.* 2014), de la atmósfera comercial (Huddleston *et al.*, 2015), de la realidad aumentada y de la realidad virtual (Chavan, 2016) y de las aplicaciones en teléfonos celulares (Höllerer y Feiner, 2004; Kannan, 2017) y de la metodología (Duchowski, 2017; C. Li, 2017; Rúas Araújo, Puentes-Rivera y Direito-Rebollal, 2017).

## Fundamento teórico

Desde Kotler (1973) se han abordado los estímulos dirigidos a los consumidores en la interface de la tienda, este espacio conceptual de estimulación es llamado atmósfera, en otras palabras, es el entorno físico y su impacto en el comportamiento (Gibson, 1955), así como la asociación entre la comercialización y la ubicación de las góndolas (Cox, 1964), el tiempo de permanencia en la tienda y la relación cuando hay música (Smith y Curnow, 1966), la relación entre la ubicación de los productos, el *facing* o los empaques por góndola y su impacto en la compra (Kotzan y Evanson, 1969), la variación de filas de estantes en tiendas asociado a la compra (Frank y Massy, 1970), la relación de espacio y las ventas en supermercados (Curhan, 1972) y la predicción del comportamiento según la modificación de las variables de la atmósfera (Baker, 1986; Belk, 1975; Bitner, 1992; Mehrabian y Russel, 1974; Turley y Milliman, 2000).

El comportamiento ocular corresponde a factores predictivos de la conducta, con medidas específicas como: el tiempo de la primera fijación, entendida como la duración para que el consumidor encuentre el Área de Observación de Interés (AOI), designada por el investigador y su relación con ser vista por primera vez.

La fijación se comprende como el tiempo promedio de las fijaciones en una AOI. La duración total de las visitas es entendida como el tiempo total de observación de una AOI. El conteo de visitas es el número de observaciones y re-observaciones en una AOI y la pupilometría es la medida del diámetro ocular asociada con la atención y cognición (Wedel y Pieters, 2008).

Existen revisiones que vinculan estas medidas con tecnologías y métodos de investigación, así como con diseños experimentales, que describen los procedimientos y dan dirección experimental para estudios con la aplicación del seguimiento ocular. No obstante, debido a los diferentes tipos de tecnologías y sus múltiples metodologías aplicadas a la investigación de la conducta, particularmente en el consumidor como sujeto de estudio de las investigaciones de *marketing*, es necesario determinar la distribución de temas, autores, revistas y clústeres, para generar una orientación científica, a fin de impulsar un orden



sectorial de las neurociencias aplicadas al *marketing* con herramientas de seguimiento ocular.

## Metodología

Este documento detalla resultados bibliométricos desde el 2007 al 2018 a partir del análisis de 1520 artículos con RStudio y el paquete Bibliometrix (Aria y Cuccurullo, 2017). Los artículos hallados fueron el resultado de una búsqueda en la base de datos Scopus, una *trademark* de Elsevier B.V.

La estrategia de búsqueda empleada fue la siguiente: eye AND tracking AND marketing AND research. AND ( EXCLUDE ( SUBJAREA , "MEDI" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "AGRI" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "MATH" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "NURS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "BIOC" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "MATE" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "CHEM" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PHYS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "ENER" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PHAR" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "EART" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "CENG" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "MULT" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "IMMU" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "DENT" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "VETE" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ip" ) OR EXCLUDE ( DOCTYPE , "bk" ) OR EXCLUDE ( DOCTYPE , "cp" ) OR EXCLUDE ( DOCTYPE , "ch" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2013 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2012 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2011 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2010 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2009 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2008 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2007 ) ).

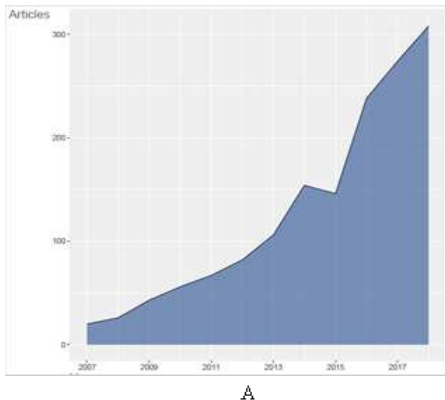
Los resultados de esta búsqueda, con los cuales se orientó el análisis de la información, fueron descargados el 2 de agosto de 2019. El resultado se exportó incluyendo información como datos de citación, bibliografía, resumen, palabras clave, afiliaciones y referencias dentro de un archivo BibTeX. Los datos fueron tratados en The R Project for Statistical Computing R empleando Bibliometrix (Aria y Cuccurullo, 2017).

El rango temporal de la búsqueda inició en el 2007 y finalizó en el 2018. Se observaron 11 520 artículos, provenientes de 748 revistas y libros, con 3991 palabras clave; el promedio de citas por artículo fue de 16,02, con 4 582 autores, de los cuales 214 publicaron en solitario y 3 493 en autoría grupal. El promedio de artículos por autor fue de 0,41; el promedio de autores por artículo fue de 2,44 y la coautoría promedio por artículo fue de 2,7.

## Resultados

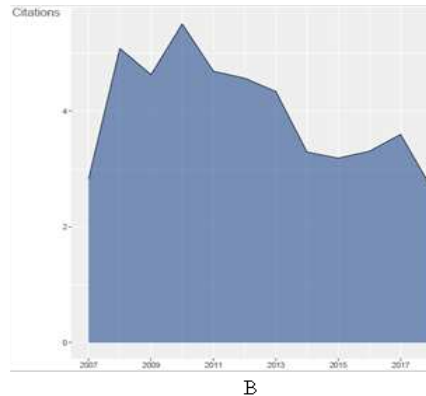
El resultado de las publicaciones anuales de investigaciones de *marketing* con metodología *Eye Tracking* aplicada por año (figura 1) tiene un porcentaje de crecimiento anual dentro del rango de año presentado de 28,22019. Los cinco países más productivos son: Estados Unidos (311 artículos), Alemania (76 artículos), Reino Unido (55 artículos), Taiwán (47) y Canadá (43). El promedio de citas por país genera un nuevo escalafón, pues las primeras cinco naciones son: Estados Unidos (6723), Canadá (1 992), Alemania (1 460), Reino unido (1 222), Australia (966) y Taiwán (813). Estos datos corresponden a la fecha de extracción de la información.

**Figura 1.** Producción científica



**Fuente:** elaboración propia

**Figura 2.** Promedio de citas por año



**Fuente:** elaboración propia

En cuanto a las revistas más relevantes por el número de publicaciones en la investigación de *marketing* con metodología *Eye Tracking* se encuentran: *Computer in human Behavior* (56 artículos), *Frontiers in Psychology* (32 artículos), *Journal of Advertising Research* (19 artículos), *International Journal of Advertising* (17 artículos) y *Journal of Marketing Research* (16 artículos).

Por otra parte, las cinco *keywords* más usadas (tabla 2) son: *Eye Tracking* (102 artículos), *Eye-tracking* (76 artículos), *attention* (45 artículos), *desicion making* (40 artículos) y *visual attention* (34 artículos).

El análisis de Bibliometrix destaca de dos maneras las palabras clave: la principal de ellas es el listado general de la frecuencia por año de las palabras clave más empleadas en Scopus (expansión de palabras clave) (ID); y las palabras clave empleadas por cada autor asociadas con el listado general (palabras clave

asociadas a autor) (DE) (Aria y Cuccurullo, 2017). Bajo la estrategia de búsqueda empleada, los resultados son presentados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Palabras clave más relevantes

Author Keywords (DE)	Artículos	Articles Keywords-Plus (ID)	Artículos
Eye Tracking	220	Human	211
Attention	58	Female	194
Decision making	57	Male	184
Visual attention	42	Adult	180
Social media	32	Decision making	146
Eye movements	31	Eye Tracking	129
Advertising	29	Humans	124
Neuromarketing	27	Young adult	118
E Commerce	19	Article	107
Consumer behaviour	18	Attention	99

**Fuente:** elaboración propia

En cuanto a los artículos más citados, los resultados son expresados en la tabla 2, e indican el número de citaciones (TC) y el número de citas promedio al año (TC por año) (Aria y Cuccurullo, 2017).

**Tabla 2.** Los diez artículos más citados

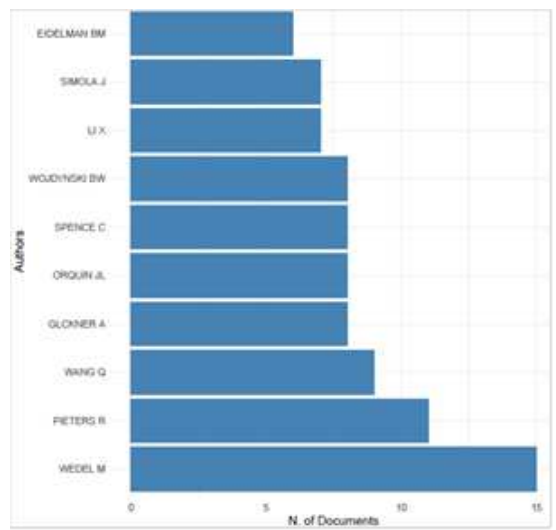
Artículo	TC	TC por año
Information privacy research: an interdisciplinary review (Smith, Dinev y Xu, 2011)	434	62
The development and evaluation of a survey to measure user engagement in e-commerce environments (O'Brien y Toms, 2010)	231	28,9

Artículo	TC	TC por año
Computer use by older adults: A multi-disciplinary review (Wagner, Hassanein y Head, 2010)	229	28,6
Exploring Human Images in Website Design: A Multi-Method Approach. MIS Quarterly (Cyr <i>et al.</i> , 2009)	212	23,6
Does In-Store Marketing Work? Effects of the Number and Position of Shelf Facings on Brand Attention and Evaluation at the Point of Purchase (Chandon <i>et al.</i> , 2009)	189	21
Toward an Understanding of Flow in Video Games (Cowley <i>et al.</i> , 2008)	160	16
Colour appeal in website design within and across cultures: A multi-method evaluation (Cyr, Head y Larios, 2010)	154	19
Virtual reality: Applications and implications for tourism (Guttentag, 2010)	131	16,4
Online Dating: A Critical Analysis From the Perspective of Psychological Science (Finkel <i>et al.</i> , 2012)	130	21,7
Book Series: Review of Marketing Research (Wedel y Pieters, 2008)	122	12,2

**Fuente:** elaboración propia

Los resultados bibliométricos en cuanto a los autores tienen dos categorías dependiendo del indicador aplicado. El número de artículos publicados en el periodo y su nivel de citaciones dentro de otros artículos incluidos en la estrategia de búsqueda determinan la productividad (figura 2A), por otro lado está el factor de dominancia, que es una relación que indica la fracción de artículos hechos por varios autores, en la que un académico aparece como primer autor, esto es llamado factor de dominancia (DF) (Kumar y Kumar, 2008) y expresa el grado de dominancia de un autor en su grupo de investigación (tabla. 3).

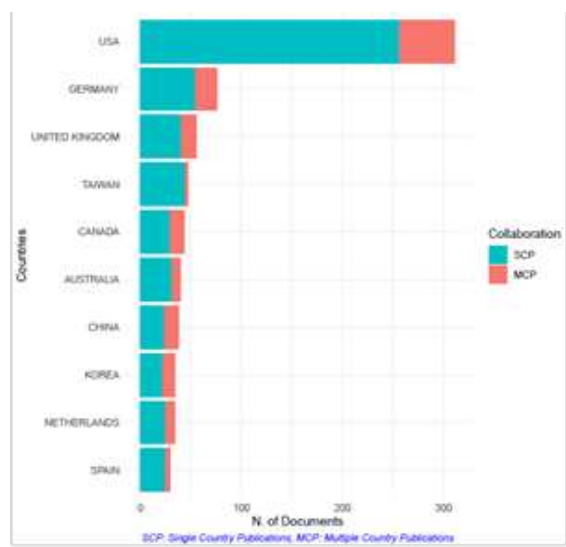
Figura 2A. Autores más productivos



A

Fuente: elaboración propia

Figura 2B. Producción en multiautoría e individual



B

Fuente: elaboración propia

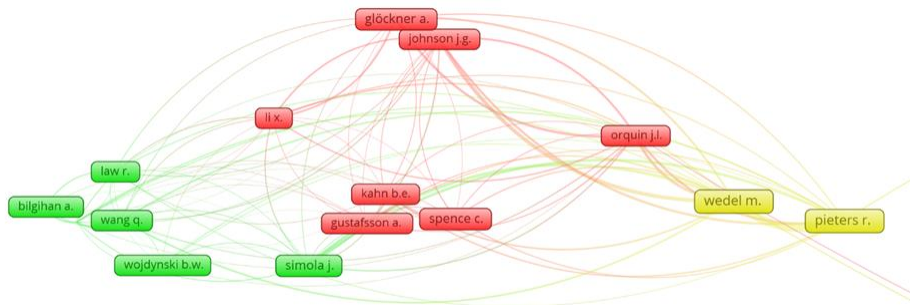
**Tabla 3.** Resultados de dominancia por autor

	<b>Factor de dominancia</b>	<b>Multiautoría</b>	<b>Primer autor</b>	<b>Ranking por artículos</b>	<b>Ranking por DF</b>
Orquin, J. L	0,8571429	8	1	7	6
Eidelman, B. M	0,8333333	6	0	6	5
Simola, J.	0,7142857	7	0	7	5
Wang, Q.	0,6666667	9	0	9	6
Wojdynski, B. W	0,5714286	8	1	7	4
Glckner, A.	0,3750000	8	0	8	3
Li, X.	0,2857143	7	0	7	2
Pieters, R.	0,2727273	11	0	11	3
Wedel, M.	0,2666667	15	0	15	4
Spence, C.	0,1250000	8	0	8	1

**Fuente:** elaboración propia

Por otra parte, los documentos pueden agruparse por el acoplamiento bibliográfico. De este modo los autores crean redes de trabajo relacionando sus artículos al tener referencias compartidas en la bibliografía. El resultado muestra tres grupos de autores (figura 3). En este caso, de derecha a izquierda de la imagen, el primer grupo es de dos autores: Wedel, M. y Pieters, R. El segundo grupo reúne a Glöckner, A.; Johnson, J. G.; Li, X.; Orquin, J. L.; Kahn, B. E.; Spence, C.; Gustaffson, A. El grupo final lo compone Law, R.; Bilgihan, A.; Wang, Q.; Wojdynski, B. I.; Simola, J.

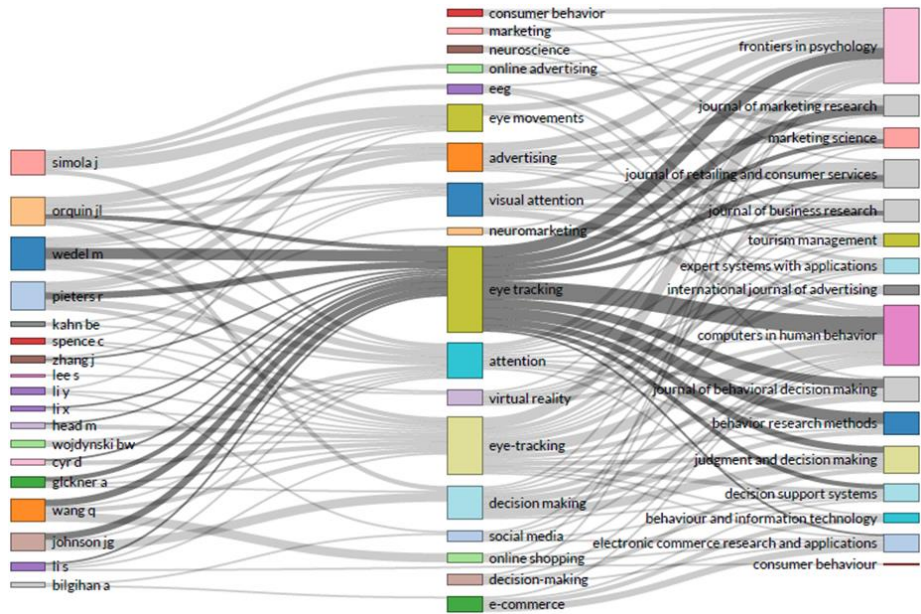
**Figura 3.** Redes de trabajo por acoplamiento bibliográfico por autores



**Fuente:** elaboración propia

El acoplamiento bibliográfico también se presenta cuando los trabajos de un conjunto de autores son publicados por una o varias revistas. Así se pueden conformar clúster literarios (figura 4), como también apreciar los temas de investigación, los autores que han abordado esos temas y las revistas en las cuales publican sus documentos.

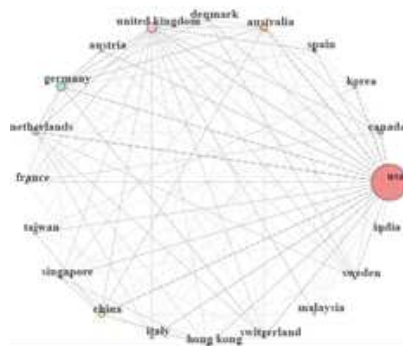
**Figura 4.** Redes de trabajo por temas, autores y palabras clave



**Fuente:** elaboración propia

Al establecer la colaboración entre las afiliaciones de los autores por país, se encuentra que, como se mencionó anteriormente, Estados Unidos tiene mayor colaboración para adelantar investigaciones de *marketing* con metodología *Eye Tracking*. A este país lo siguen Alemania y Reino Unido (figura 2B; figura 5A). El fortalecimiento del país norteamericano se da por un fenómeno de unidireccionalidad en las investigaciones, dado que las naciones vistas en la imagen cooperan con este país pero no hay una relación inversa proporcional con otro colaborador.

**Figura 5A.** Colaboración entre países



**Fuente:** elaboración propia

**Figura 5B.** Geocolaboración

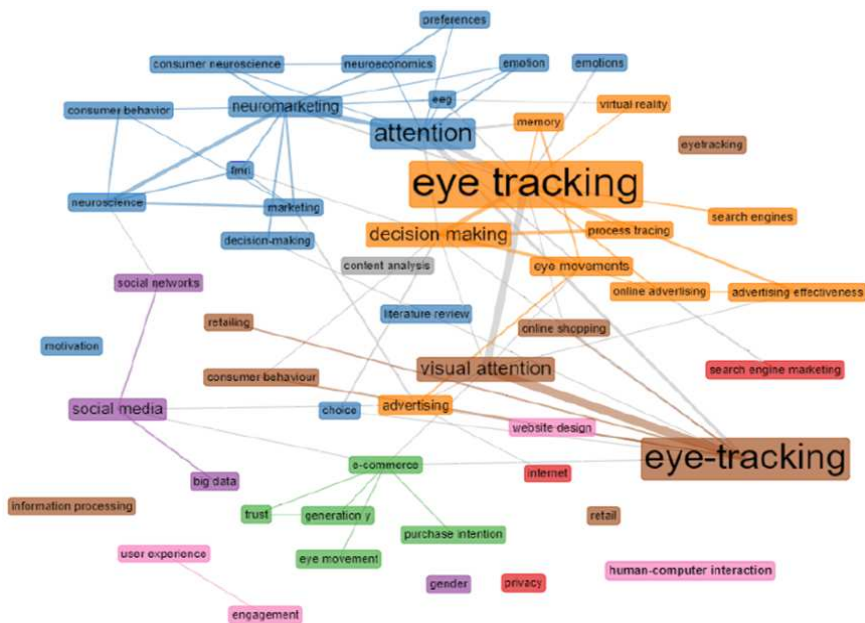


**Fuente:** elaboración propia

Siguiendo con los resultados, se encontró que las coocurrencias de las palabras clave (Su y Lee, 2010) más usadas y que guardan una relación directa con *Eye Tracking* son: *human*, *article*, *humans*, *male*, *femal*, *Young adult* (figura 6). Existen asociaciones directas entre palabras como: *Decision Making*; *Eye-tracking*, *Eye Movements*; *Eye-Tracking*, *Adult*; *Eye-tracking*; *Physiology*; *Eye-tracking*.



### Figura 6. Coocurrencias de palabras clave

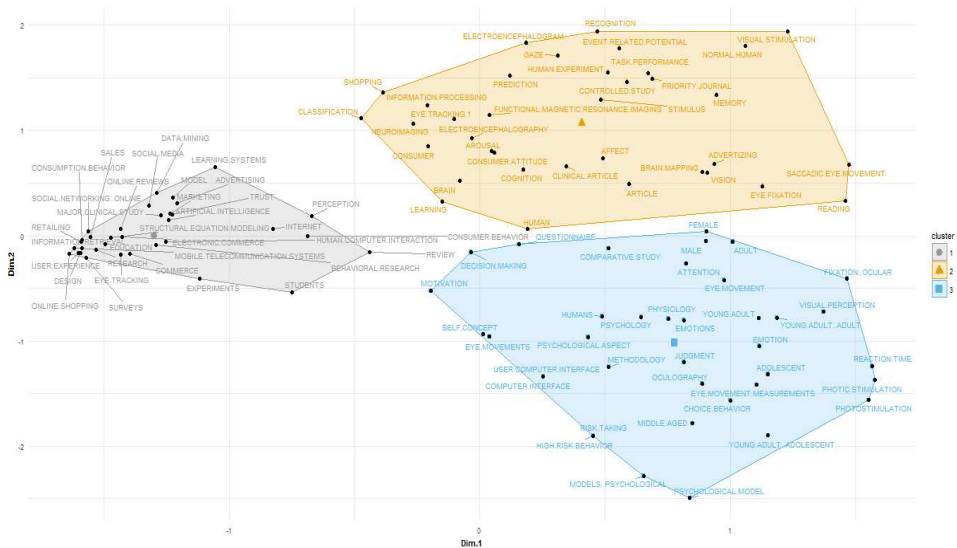


**Fuente:** elaboración propia

## Conclusiones y discusión

Al tener el análisis de las coocurrencias a través de reducción multidimensional (Aria y Cuccurullo, 2017) estas presentan estructuras conceptuales identificando conjuntos de artículos que trabajan temas comunes según la técnica de *K-means clustering* (Hartigan y Wong, 1979; Kanungo *et al.*, 2002); los resultados son representados en un mapa bidimensional (figura 7). Para este análisis, se observan tres clústeres categorizados a partir de la extracción de términos comunes: el número 1 agrupa palabras como ventas, *retail*, diseño, comercio, comercio electrónico, compra *online*, *social networking*, *social media*, sistemas de aprendizaje, *data mining*, *marketing*, publicidad, percepción, comportamiento de consumo, experiencia de uso, investigación del comportamiento, comportamiento del consumidor, encuestas e inteligencia artificial.

**Figura 7.** Conformación de clústeres de investigación



**Fuente:** elaboración propia

Continuando con lo anterior, el conjunto 2 agrupa palabras como neuromarketing, electroencefalograma, predicción, experimento humano, resonancia magnética funcional, estímulo, mapa cerebral, visión, fijación ocular, movimiento ocular, *Eye Tracking*, mirada, estimulación visual, neuroimágenes, publicidad, compra, aprendizaje, memoria, afecto, *arousal*, actitud de compra, artículo clínico, predicción, estudio controlado, movimientos sacádicos oculares.

Para finalizar, el conjunto 3 agrupa palabras como cuestionario, femenino, masculino, adulto, joven adulto, fijación ocular, atención, movimiento ocular, estudio comparativo, motivación, proceso de decisión, aspectos psicológicos, metodología, juicio, adolescencia, modelo psicológico, riesgo, comportamiento de elección, medición de movimientos oculares, tiempo de reacción, emociones, electrooculograma y fotoestimulación.

Los resultados de esta bibliometría ofrecen información para los investigadores de *marketing* y publicidad que hagan investigaciones con tecnología *Eye Tracking* aplicada, para seleccionar autores, clústeres (figura 7) y revistas que aumenten la orientación de la investigación, su visibilidad e impacto para los productos. Por otro lado, identificando los países más productivos, los investigadores pueden facilitar los objetivos de crecimiento para comunidades científicas, establecer nichos donde crecer y buscar autores con afiliaciones que potencien las investigaciones.

Los datos de los artículos más citados (tabla 2) ofrecen el conjunto de documentos que son más consultados y que deben estar presentes en las referencias fundamentales de las investigaciones. La producción científica anual muestra un crecimiento en este campo, si comparamos los 1 810 documentos analizados bajo la estrategia de búsqueda enunciada, comparada con los 196 492 artículos resultantes para la misma búsqueda. Sin incluir “eye AND tracking”, estos corresponden a un 0,92 % de la investigación realizada en *marketing*.

En cuanto a las palabras clave, para ser visualizados en una búsqueda relevante en el sistema Scopus, los documentos deben vincular al menos una de las listadas en el top diez (tabla 1). Si se es un científico junior este puede optar por trabajar junto con autores con índices y factor de dominancia alto, lo que garantizará visibilidad e impacto para el producto y el perfil científico. Asimismo, puede validar experimentos efectuados por autores y sus redes de trabajo según el acoplamiento bibliográfico (figura 3), como una investigación adjunta. También podrá identificar las revistas que según su orientación científica reciban artículos acoplables por redes de trabajo (figura 4).

## Referencias

- Altmann, G. T. M. y Kamide, Y. (2007). The real-time mediation of visual attention by language and world knowledge: Linking anticipatory (and other) eye movements to linguistic processing. *Journal of Memory and Language*, 57(4), 502-518. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2006.12.004>
- Aria, M. y Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Baker, J. (1986). The role of the environment in marketing services: The consumer perspective. *He Services Challenge: Integrating for Competitive Advantage*, 1(1), 79-84.
- Belk, R. W. (1975). Situational Variables and Consumer Behavior. *Journal of Consumer Research*, 2(3), 157-164. <https://academic.oup.com/jcr/article-abstract/2/3/157/1785168>
- Bitner, M. J. (1992). Servicescapes: The Impact of Physical Surroundings on Customers and Employees. *Journal of Marketing*, 56(2), 57-71. <https://doi.org/10.2307/1252042>
- Chandon, P., Hutchinson, J. W., Bradlow, E. T. y Young, S. H. (2009). Does In-Store Marketing Work? Effects of the Number and Position of Shelf Facings on Brand Attention and Evaluation at the Point of Purchase. *Journal of Marketing*, 73(6), 1-17. <https://doi.org/10.1509/jmkg.73.6.1>

- Chavan, S. (2016). Augmented Reality vs. Virtual Reality: Differences and Similarities. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, 5(6), 1947-1952. <http://ijarcet.org/wp-content/uploads/IJARCET-VOL-5-ISSUE-6-1947-1952.pdf>
- Cowley, B., Charles, D., Black, M. y Hickey, R. (2008). Toward an understanding of flow in video games. *Computers in Entertainment*, 6(2), 1-27. <https://doi.org/10.1145/1371216.1371223>
- Cox, K. (1964). The Responsiveness of Food Sales to Shelf Space Changes in Supermarkets. *Journal of Marketing Research*, 1(2), 63-67. <https://doi.org/10.2307/3149924>
- Curhan, R. C. (1972). The Relationship between Shelf Space and Unit Sales in Supermarkets. *Journal of Marketing Research*, 9(4), 406-412. <https://doi.org/10.2307/3149304>
- Cyr, D., Head, M. y Larios, H. (2010). Color appeal in website design within and across culture: A multi-method evaluation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(1-2), 1-21. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581909001116>
- Cyr, D., Head, M., Larios, H. y Pan, B. (2009). Exploring Human Images in Website Design: A Multi-Method Approach. *MIS Quarterly*, 33(3), 539-566. [https://www.researchgate.net/publication/255710637\\_Exploring\\_Human\\_Images\\_in\\_Website\\_Design\\_A\\_Multi-Method\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/255710637_Exploring_Human_Images_in_Website_Design_A_Multi-Method_Approach)
- Duchowski, A. T. (2002). A breadth-first survey of eye-tracking applications. *A Breadth-First Survey of Eye-Tracking Applications*, 34(4), 455-470. <https://doi.org/10.3758/BF03195475>
- Duchowski, A. T. (2007). *Eye tracking methodology: Theory and practice* [Third edition]. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57883-5>
- Gibson, E. (1955). Experimental Psychology by Robert S. Woodworth and Harold Schlosberg. *The American Journal of Psychology*, 68(3), 497-501. <https://doi.org/10.2307/1418548>
- Finkel, E. J., Eastwick, P. W., Karney, B. R., Reis, H. T. y Sprecher, S. (2012). Online Dating: A Critical Analysis From the Perspective of Psychological Science. *Psychological Science in the Public Interest*, 13(1), 3-66. <https://doi.org/10.1177/1529100612436522>
- Frank, R. E. y Massy, W. F. (1970). Shelf Position and Space Effects on Sales. *Journal of Marketing Research*, 7(1), 59-66. <https://doi.org/10.2307/3149508>
- Gomes, T., Hurley, R. A., Duchowski, A., Darby, D. y Ouzts, A. (2014). The Effect of Full Body Versus Partial Body Graphic Labelling on Beverage

- Packaging. *Packaging Technology and Science*, 27(12), 933-943. <https://doi.org/10.1002/pts.2070>
- Guttentag, D. A. (2010). Virtual reality: Applications and implications for tourism. *Tourism Management*, 31(5), 637-651. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2009.07.003>
- Hartigan, J. A. y Wong, M. A. (1979). Algorithm as 136: A k-means clustering algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 28(1), 100-108. <https://www.jstor.org/stable/2346830?origin=crossref>
- Höllerer, T. y Feiner, S. (2004). Mobile augmented reality. En H. Karimi y A. Hammad (eds.), *Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services* (pp. 1-39). Taylor & Francis Books Ltd. <https://sites.cs.ucsb.edu/~holl/pubs/hollerer-2004-tandf.pdf>
- Huddleston, P., Behe, B. K., Minahan, S. y Fernandez, R. T. (2015). Seeking attention: an eye tracking study of in-store merchandise displays. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 43(6), 561-574. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-06-2013-0120>
- Kannan, H. (2017). *Eye Tracking for the iPhone using Deep Learning* [Master's Thesis]. Massachusetts Institute of Technology. Repository. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/113142/1017990444-MIT.pdf?sequence=1>
- Kanungo, T., Mount, D. M., Netanyahu, N. S., Piatko, C. D., Silverman, R. y Wu, A. Y. (2002). An efficient k-means clustering algorithm: analysis and implementation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(7), 881-892. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2002.1017616>
- Kotler, P. (1973). Atmospherics as a Marketing Tool. *Journal of Retailing*, 49(4), 48-64. <http://belzludovic.free.fr/nolwenn/Kotler%20-%20Atmospherics%20as%20a%20marketing%20tool%20%20%28cit%C3%A9%20171%29%20-%201973.pdf>
- Kotzan, J. A. y Evanson, R. V. (1969). Responsiveness of Drug Store Sales to Shelf Space Allocations. *Journal of Marketing Research*, 6(4), 465-469. <https://doi.org/10.2307/3150084>
- Kumar, S. y Kumar, S. (2008). Collaboration in Research Productivity in Oil Seed Research Institutes of India. En H. Kretschmer y F. Havemann (eds.), *Fourth International Conference on Webometrics, Informetrics and Scientometrics & Ninth COLLNET Meeting Humboldt-Universität zu Berlin, Institute for Library and Information Science (IBI)* (pp. 1-18). <https://www.infodata-ede-pot.de/volltext/wis08/09049.pdf>

- Li, C. (2017). *Extracting and Visualizing Data from Mobile and Static Eye Trackers in R and Matlab* [Doctoral thesis]. Utah State University. Repository. <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=8008&context=etd>
- Li, Q., Huang, Z. J. y Christianson, K. (2016). Visual attention toward tourism photographs with text: An eye-tracking study. *Tourism Management*, 54, 243-258. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2015.11.017>
- Mehrabian, A. y Russel, J. A. (1974). *An Approach to Environmental Psychology*. MIT. Press.
- O'Brien, H. L. y Toms, E. G. (2010). The development and evaluation of a survey to measure user engagement. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 50-69. <https://doi.org/10.1002/asi.21229>
- Reddy, S. M., Chowdhury, A., Chakrabarti, D. y Karmakar, S. (2015). Role of colour and form in product choice and variation of preferences across product categories: A review. En A. Chakrabarti (ed.), *ICoRD'15 – Research into Design Across Boundaries (Vol. 2). Smart Innovation, Systems and Technologies (Vol. 35)* (pp. 631-640). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2229-3\\_54](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2229-3_54)
- Rúas Araújo, X., Puentes-Rivera, I. y Direito-Rebollal, S. (2017). Eye Tracking: Methodological and Theoretical Review. En F. Freire F., X. Rúas Araújo X., V. Martínez Fernández y X. García (eds.), *Media and Metamedia Management. Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 317-322). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-46068-0\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-319-46068-0_41)
- Schmidt, A. (2017). *Native Advertising. Ein empirisches Experiment zur Wahrnehmungsmessung von nativen Werbeanzeigen im journalistischen Kontext* [Bachelorarbeit]. Munich, GRIN Verlag. Repository <http://content.grin.com/document/v386996.pdf>
- Smith, H. J., Dinev, T. y Xu, H. (2011). Information Privacy Research: An Interdisciplinary Review. *MIS Quarterly*, 35(4), 989-1015. <https://doi.org/10.2307/41409970>
- Smith, P. C. y Curnow, R. (1966). "Arousal hypothesis" and the effects of music on purchasing behavior. *Journal of Applied Psychology*, 50(3), 255-256. <https://doi.org/10.1037/h0023326>
- Su, H.-N. y Lee, P.-C. (2010). Mapping knowledge structure by keyword co-occurrence: a first look at journal papers in Technology Foresight. *Scientometrics*, 85(1), 65-79. <https://doi.org/10.1007/s11192-010-0259-8>

- Turley, L. y Milliman, R. (2000). Atmospheric Effects on Shopping Behavior: A Review of the Experimental Evidence. *Journal of Business Research*, 49(2), 193-211. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296399000107>
- Wagner, N., Hassanein, K. y Head, M. (2010). Computer use by older adults: A multi-disciplinary review. *Computer in Human Behavior*, 26(5), 870-882. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.03.029>
- Wedel, M. y Pieters, R. (2008a). A review of eye tracking research in marketing. En N. K. Malhora (ed.), *A Review of Eye-Tracking Research in Marketing* (vol. 4) (pp. 1-28). Emerald Group Publishing Limited. [https://doi.org/10.1108/S1548-6435\(2008\)0000004009](https://doi.org/10.1108/S1548-6435(2008)0000004009)

# Compiladores

## **Ibeth Tatiana Durango Lara**

Licenciada en Pedagogía Infantil de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Asistente del Comité de Investigaciones de la Facultad de Ciencias y Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Integrante del semillero de investigación Alunantes.

## **César Aurelio Herreño Fierro**

Licenciado en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Máster y doctor en Ciencias-Física de la Universidad de los Andes (Bogotá, Colombia). Profesor asociado en la Facultad de Ciencias y Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, adscrito al programa de Licenciatura en Física. Director del Grupo de Instrumentación Científica & Didáctica, tutor del semillero Grupo Óptica de Materiales (SemGOMa) y co-líder del Laboratorio de Caracterización Óptica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Miembro de la Sociedad Americana de Óptica (OPTICA) y de la Sociedad Internacional de Óptica y Fotónica (SPIE). Vocal por Bogotá Región ante el Comité Ejecutivo de la Sociedad Red Colombiana de Óptica (SRCO).



Este libro se terminó  
de editar en mayo de  
2022 en la Editorial UD,  
Bogotá, Colombia