

Metabolismo del THC, controversia socio-científica y ambiental: una estrategia para promover capacidades cognitivas en la formación inicial de profesores de química.

Giselle Damid Ruiz Combata

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Química

Bogotá, Colombia

2025

Metabolismo del THC, controversia socio-científica y ambiental: una estrategia para promover capacidades cognitivas en la formación inicial de profesores de química.

Giselle Damid Ruiz Combita

Tesis presentada para optar el título de Magister en Docencia de la Química

Director:

Dr. Blanca Rodríguez Hernández

Jurados:

Dr. Leonardo Fabio Martínez Pérez

Dr. Michelle Pisa Carnio

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Química

Bogotá, Colombia

2025

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia, amigos y compañeros de estudio por su constante apoyo en el desarrollo de este trabajo, por las palabras de aliento cuando el trayecto fue complicado.

A la profesora Blanca Rodríguez por su direccionamiento y constante apoyo en el desarrollo de esta investigación, por ser una voz de aliento y ejemplo de esfuerzo constante, una maestra que me deja grandes enseñanzas por su dedicación y calidad de trabajo en su labor docente.

A los profesores Leonardo Fabio Martínez Pérez y Michelle Pisa Carnio por su disposición en el proceso evaluativo de este trabajo.

A los docentes en formación del énfasis alimentos bajo la lupa por su esfuerzo, dedicación y disposición en cada una de las sesiones de clase trabajadas.

A la Universidad Pedagógica Nacional por abrir sus puertas una vez más y permitirme continuar con mi formación docente.

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia, a la vida y a la educación pública por permitirme alcanzar esta meta

CONTENIDO

Introducción	10
1. Planteamiento del problema	11
2. Justificación	13
3. Objetivos.....	15
3.1 Objetivo General	15
3.2 Objetivos específicos	15
4. Antecedentes.....	15
4.1 El cannabis para la enseñanza de la química	16
4.2 Controversias socio-científicas y ambientales en la enseñanza de la química ..	19
5.Marco teórico	23
5.1 Marco Pedagógico	23
5.1.2 Enfoque pedagógico CTSA.....	24
5.1.3 Cuestión socio-científica (CSC).....	25
5.1.4 Cuestión socio-científica y ambiental (CSCA)	27
5.1.5 Controversia socio-científica y ambiental	29
5.1.6 El metabolismo del THC como controversia socio-científica y ambiental....	30
5.1.7 Estrategia didáctica	41
5.1.8 Capacidades cognitivas	43
5.2. Marco Disciplinar	46
5.2.1 Características del Cannabis	46
5.2.2 Consumo recreativo de cannabis	49

5.2.3 Consumo terapéutico de cannabis	51
5.2.4 Vías de administración de cannabis	52
5.2.5 Sistema endocannabinoide	53
5.2.6 Metabolismo.....	55
5.2.7 Metabolismo del tetrahidrocannabinol	56
6. Metodología.....	65
6.1 Enfoque cualitativo.....	67
6.2 Fases de investigación.....	70
6.2.1 Primera fase: Indagación	70
6.2.2 Segunda fase: Diseño e implementación de la secuencia didáctica	73
6.2.3 Tercera fase: Análisis y evaluación de resultados	76
7. Resultados y análisis	77
8. Conclusiones	126
9. Referencias	131
Anexos	140

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Revistas consultadas en el marco del cannabis, sus usos y metabolismo. ...	17
Tabla 2. Revistas consultadas en el marco de cuestiones socio-científicas en el marco de la enseñanza de las ciencias.	21
Tabla 3. Definición de las Cuestiones que se enmarcan en el enfoque CTSA	25
Tabla 4. Entornos que envuelven la vida del sujeto	28
Tabla 5. Metabolismo del THC como CSCA	39
Tabla 6. Composición química de la planta Cannabis sativa	47
Tabla 7. Explicación de los componentes del CYP450	61
Tabla 8. Relación de que se establece entre los objetivos específicos con las fases de investigación, instrumentos y capacidades cognitivas evaluadas.	66
Tabla 9. Controversias socio-científicas y ambientales abordadas en el metabolismo del THC	71
Tabla 10. Estructura general de la secuencia didáctica	74
Tabla 11. Matriz con indicadores para el análisis del discurso	76
Tabla 12. Resultados del rendimiento de la extracción de cannabinoides a partir de hielo seco	97
Tabla 13. Micro clases propuestas por los docentes en formación	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nube de palabras del eje disciplinar construida a partir de la revisión de artículos científicos sobre metabolismo del THC.....	16
Figura 2. Nube de palabras del eje pedagógico construida a partir de la revisión de literatura sobre CSC y CSCA en educación en ciencias	20
Figura 3. Estructura química de los cannabinoides presentes en la planta Cannabis sativa.....	48
Figura 4. Estructura química del Δ^9 -THC y sus precursores.....	49
Figura 5. Estructura química del cannabidiol	51
Figura 6. Metabolismo del THC	57
Figura 7. Resumen de la principal vía metabólica del THC.....	59
Figura 8. Componentes del sistema citocromo P450 localizado en la membrana del retículo endoplasmático.	60
Figura 9. Ciclo catalítico del sistema citocromo P-450	61
Figura 10. Esquema del proceso de glucuronidación.....	64
Figura 11. Árbol de palabras_ Consumo de THC y efectos en la salud	79
Figura 12. Árbol de palabras _ Consumo de THC en estado de embarazo	80
Figura 13. Nube de palabras_ Actividad de apertura de la primera sesión	82
Figura 14. Nube de palabras _Opiniones iniciales sobre el consumo de cannabis	84
Figura 15. Profesores en formación participando de la galería de opiniones	85
Figura 16. Mapa ramificado sobre la galería de opiniones	88
Figura 17. Nube de palabras_ La estigmatización social sobre el THC.....	89
Figura 18. Profesores en formación realizando la estructura molecular del THC y anandamida con modelos moleculares y la plataforma MolView	90
Figura 19. Trabajo comparativo del THC y anandamida en la plataforma MolView.....	91

Figura 20. Pliegues que realizan los profesores en formación sobre la estructura de la anandamida.....	92
Figura 21. Similitud estructural del THC con la anandamida plegada	92
Figura 22. Observación de la flor de la planta Cannabis sativa en estereoscopio	96
Figura 23. Proceso de extracción de cannabinoides a partir de hielo seco realizado por los docentes en formación	97
Figura 24. Resultado positivo de la prueba de ensayo de color para la identificación de cannabinoides	98
Figura 25. Mapa argumentativo realizados por los docentes en formación	99
Figura 26. Nube de palabras_ Las vías de administración de cannabis no solo es un asunto farmacológico.....	103
Figura 27. Nube de palabras_ Comparación de los discursos según la postura	110
Figura 28. Semejanzas y diferencias entre el THC y CBD identificadas por los docentes en formación	111
Figura 29. Evidencias de las micro clases planteadas por los docentes en formación.....	113
Figura 30. Mural de impactos realizado por los docentes en formación	115
Figura 31. Nube de palabras _ Discurso G.1 referente al mural de impactos	116
Figura 32. Nube de palabras _ Discurso G.2 referente al mural de impactos	119
Figura 33. Referencias por capacidad cognitiva desarrollada	122
Figura 34. Subcategorías del pensamiento crítico y la toma de decisiones.....	123
Figura 35. Matriz de coocurrencia entre las capacidades cognitivas y las características de las CSCA	124
Figura 36. Evolución temporal del discurso.....	125

Introducción

En la formación inicial de profesores de química persisten enfoques tradicionales centrados en la transmisión de contenidos abstractos y descontextualizados, que dificultan la comprensión de conceptos complejos como el metabolismo, y limitan el desarrollo de capacidades cognitivas de orden superior (Soto,2021). Esta situación plantea la necesidad de plantear posibles propuestas de enseñanza de la química mediante estrategias que articulen el saber disciplinar con problemáticas reales, desde una perspectiva ética, social y ambiental.

En este contexto, la presente investigación propone el diseño e implementación de una estrategia didáctica basada en controversias socio-científicas y ambientales (CSCA) tomando como eje el metabolismo del tetrahidrocannabinol (TCH), principal compuesto psicoactivo del cannabis. Esta controversia permite abordar contenidos bioquímicos relevantes y, al mismo tiempo, problematizar los usos medicinales, recreativos y políticos del cannabis, reconociendo su impacto en la salud, la legislación y el medio ambiente. Tal como señala Martínez (2025), las CSCA constituyen una oportunidad para situar la enseñanza de la química en una dimensión ética, cultural y ambiental, promoviendo la formación de sujetos críticos y comprometidos con la transformación social.

La investigación se enmarca en un enfoque cualitativo, con diseño de estudio de caso, aplicado a estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional que cursan el espacio académico de Énfasis didáctico I de la licenciatura en química. La estrategia incluye análisis de estudios de caso, debates, producción de esquemas bioquímicos, reflexión ética-moral, diseño de recursos didácticos y juego de roles. A través de esta experiencia, se busca fomentar el desarrollo de capacidades cognitivas como el pensamiento crítico, la toma de decisiones y el autoconocimiento.

Así mismo, se retoma el planteamiento de Olga Bermúdez (2016) sobre los entornos del habitar—el cuerpo, la escuela/universidad, la comunidad, el planeta—, favoreciendo el buen vivir, el respeto por la diversidad y la naturaleza, y la formación de ciudadanos críticos capaces de liderar propuestas sustentables.

Se espera que los futuros docentes resignifiquen su rol, integrando el conocimiento científico con su realidad sociocultural, para contribuir en la formación de ciudadanos críticos, formadores a su vez de sujetos emancipados y comprometidos con la sustentabilidad y el bien común a una educación química crítica, transformadora.

1. Planteamiento del problema

En el contexto de la formación inicial de profesores de ciencias, en especial de química, persisten enfoques tradicionales, centrados en la transmisión de contenidos abstractos y descontextualizados que limitan el desarrollo de capacidades cognitivas en los mismos; esta situación es especialmente crítica, cuando se abordan conceptos complejos como el metabolismo, que suelen percibirse como lejanos a la vida cotidiana; esta desconexión, entre la teoría y su aplicabilidad práctica contribuye a una enseñanza de la química fragmentada, y poco motivadora, que no favorece el desarrollo de pensamiento crítico, el autoconocimiento ni el compromiso con los retos sociales y ambientales contemporáneos (Soto,2021;Galagovsky,2005).

Esta enseñanza tradicional de la química y el abordaje de sus contenidos desde solo el aspecto disciplinar, centrado en las estructuras, leyes y trabajos prácticos genera procesos de aprendizaje descontextualizado, un método de enseñanza que claramente establece tensiones con la formación en ciencias para la vida en el marco del enfoque CTSA y las CSCA, ya que en este se buscan conectar los contenidos científicos con el entorno inmediato del educando, un movimiento que, en definitiva

permite realizar actividades que contribuyan en la alfabetización científica de los educados y la enseñanza de una química en contexto (Díaz,2002) .

En este escenario, se plantea la necesidad de integrar en la formación docente estrategias didácticas basadas en CSCA, las cuales permiten vincular el conocimiento químico con problemáticas reales que demandan análisis ético, político, social y ambiental. El metabolismo del THC, por su complejidad bioquímica y controversia social, constituye un contexto propicio para fomentar procesos de pensamiento de orden superior, habilidades de argumentación y análisis crítico, así como para promover prácticas sustentables vinculadas al cuidado del cuerpo, la salud y el ambiente.

Por lo tanto, surge la necesidad de investigar cómo el abordaje de controversias socio-científicas y ambientales relacionadas con el metabolismo del THC) favorecen el desarrollo de capacidades cognitivas y prácticas sustentables en los profesores de química de formación inicial. Esta investigación procura contribuir a una mejora en la práctica docente y un fomento de la educación científica crítica y ambientalmente consciente.

Pregunta problema

¿Qué capacidades cognitivas desarrollan los profesores de química en formación inicial del espacio de énfasis didáctico I “Alimentos bajo la lupa” de la Universidad Pedagógica Nacional al abordar controversias socio-científicas y ambientales relacionadas con el metabolismo del tetrahidrocannabinol (THC)?

2. Justificación

La presente propuesta se justifica en la necesidad de promover la transformación de la enseñanza de la química en la formación docente, mediante estrategias que articulen el saber disciplinar con la realidad social y ambiental. Diversos estudios señalan que las CSCA, cuando se abordan de manera crítica y contextualizada, potencian el desarrollo de capacidades cognitivas como la comprensión, aplicación, análisis, evaluación y síntesis, favoreciendo la formación de profesores críticos, innovadores e investigadores, capaces de revisar su propio estilo de vida como individuos, como ciudadanos que se involucran activamente en las transformaciones que requiere una sociedad sustentable (Martínez, 2025)

El abordaje del metabolismo del THC como CSCA permite integrar contenidos bioquímicos con el debate sobre usos recreativos y medicinales del cannabis, así como sus impactos legales, éticos y ambientales. Esta integración didáctica propicia una comprensión situada del conocimiento, desarrolla habilidades cognitivas superiores y fomenta prácticas sustentables, al sensibilizar a los futuros docentes sobre su papel en la construcción de una educación científica con sentido social y ambiental (Rodríguez, 2017)

En este sentido, el docente tiene un papel fundamental en el proceso de formación de ciudadanos con capacidad de tomar decisiones de manera informada y crítica. Estos ciudadanos, haciendo uso de conceptos disciplinares contextualizados, son capaces de trascender en todas las esferas que envuelven la vida de cada especie humana y no humana para asumir de forma responsable los diferentes entornos del habitar en este planeta Tierra —el cuerpo, la casa, la ciudad, la escuela y la universidad, el trabajo, el país, el planeta— (Bermúdez, 2016), emprendiendo acciones que contribuyan al bienestar propio y de las futuras generaciones, orientándose hacia el buen vivir y la sustentabilidad.

Desde esta perspectiva, la educación ambiental crítica no se limita a informar sobre los problemas ecológicos, sino que promueve la transformación de los estilos de vida, articulando valores como la compasión, la solidaridad, la austeridad, la cooperación y el bien común, en coherencia con una ética del cuidado y de la vida (Bermúdez, 2016). Estas dimensiones éticas, del aprendizaje pueden potenciarse mediante el uso pedagógico de las CSCA, ya que dichas controversias favorecen procesos como la alfabetización científica, la formación de cultura científica, el razonamiento científico crítico, la argumentación científica y la relación ciencia-sociedad (Torres, 2011).

Esta propuesta se dirige a estudiantes de formación inicial en docencia de química, quienes enfrentan dificultades para construir conceptos científicos abstractos, debido a falencias en habilidades como la comprensión lectora, la abstracción conceptual y la conexión entre ideas (Rodríguez et al., 2020). Tal como lo indica González Cuéllar (2023), estos retos son frecuentes en la población universitaria y constituyen un obstáculo para el aprendizaje y contextualización de los conceptos químicos. Por ello, se propone potenciar capacidades cognitivas como la toma de decisiones, el pensamiento crítico y el autoconocimiento, fundamentales para el ejercicio de una docencia reflexiva y transformadora.

Finalmente, la implementación de CSCA en la formación de profesores investigadores e innovadores con capacidad para reflexionar sobre la propia práctica pedagógica y elaborar materiales didácticos pertinentes, asociados a estrategias y modelos disruptivos contemporáneos. De esta forma, se fortalece el perfil de un docente que comprende la ciencia desde su dimensión ética, social y política, y que contribuye a resignificar la enseñanza de la química desde el contexto, más allá de la memorización de conceptos abstractos (Martínez, 2014).

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Analizar el desarrollo de capacidades cognitivas en la formación inicial de profesores de química, a partir del abordaje de controversias socio-científicas y ambientales sobre el metabolismo del THC.

3.2 Objetivos específicos

1. Identificar las controversias socio-científicas y ambientales vinculadas al metabolismo del THC que favorezcan el desarrollo de las capacidades cognitivas (pensamiento crítico, toma de decisiones, autoconocimiento) y puedan ser abordadas didácticamente.
2. Diseñar e implementar una estrategia didáctica basada en controversias socio-científicas y ambientales (CSCA) que articule contenidos de bioquímica en la formación de docentes de química.
3. Evaluar la incidencia de la estrategia didáctica en el fortalecimiento del pensamiento crítico, la toma de decisiones y el autoconocimiento a partir del análisis de los datos obtenidos.

4. Antecedentes

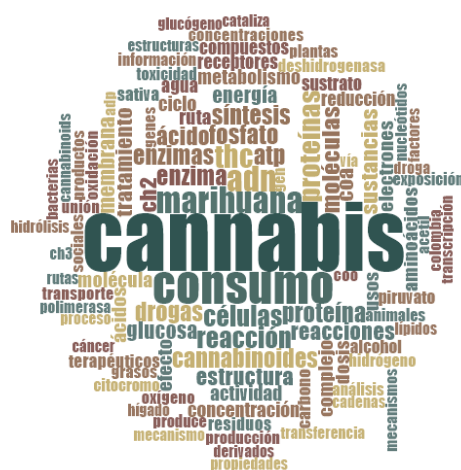
Para la construcción de antecedentes de esta investigación se realizó la revisión de una serie de artículos publicados entre el 2010 al 2025, los cuales abordan referentes específicos del marco disciplinar (cannabis, THC, metabolismo) y pedagógico (controversias socio-científicas y ambientales) del proyecto en desarrollo. De forma complementaria, se realiza una revisión de tesis de pregrado y posgrado relacionadas con la temática en desarrollo.

4.1 El cannabis para la enseñanza de la química

Con base en la revisión de antecedentes, se construye una nube de palabras que permiten visualizar los conceptos más recurrentes en la literatura, se observa una alta concentración de términos asociados al metabolismo del THC y a procesos bioquímicos clave (figura 1), lo cual demuestra su potencial para la enseñanza de contenidos químicos complejos desde una perspectiva significativa y contextualizada.

Figura 1.

Nube de palabras del eje disciplinar construida a partir de la revisión de artículos científicos sobre metabolismo del THC



Nota. NVivo12 con base a la revisión de artículos científicos sobre el metabolismo del THC

En la tabla 1 se presentan el número de artículos revisados y seleccionados relacionados con el uso del cannabis medicinal y recreativo, el abordaje de temas químicos como el metabolismo por medio del consumo de THC y su impacto en la salud. De igual forma, se realiza la revisión de tesis de posgrado relacionadas con la temática en mención, para la selección de los artículos y tesis se consideraron el título, palabras clave y resumen.

Tabla 1

Revistas consultadas en el marco del cannabis, sus usos y metabolismo.

Origen	Revista	2010-2014		2015-2019		2020-2024		2025	
		R	S	R	S	R	S	R	S
Colombi a	Revista colombiana de psiquiatría		1						
	Biomédica						1		
	Revista de la facultad de Medicina	1							
	Corporación Universitaria del Huila					1			
Cuba	Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas					1			
	Revista Cubana de Farmacia		1						
México	Revista mexicana de ciencias farmacéuticas		1						
	Anestesia en México			1					
	Agronomía Mesoamericana					1			
Estados Unidos	Revista internacional de Políticas de Drogas						1		
	Scientific Reports				1				
España	Real Academia Nacional de Farmacia		1						
Irán	Iranian Journal of Psychiatry		1						
Aleman a	IACM Journal		1						
Chile	International Journal of Morphology			1					

R: Revisado S: Seleccionado Fuente: Autora

En los artículos seleccionados se indica que la educación a través del THC y el cannabis se está volviendo esencial en los programas académicos actuales, especialmente en respuesta a la creciente legalización y el interés social por estos temas. El informe de Carlini y McGraw (2023) enfatiza la necesidad de incluir información científica que aborde los riesgos de salud pública relacionados con los productos de cannabis de alto THC, lo que permitirá a los futuros profesionales tomar decisiones informadas en sus carreras. Por otro lado, Woolf y Aron (2022) subrayan la importancia de una educación integral en salud pública, asegurando que los profesionales de la salud estén bien equipados para manejar los impactos del uso de cannabis.

Así mismo, se menciona que el tetrahidrocannabinol (THC), el principal componente psicoactivo del cannabis ofrece una oportunidad interesante y actual para enseñar bioquímica. Huestis (2007) y otros investigadores han analizado a fondo cómo se metaboliza el THC, lo que permite subrayar la importancia de incluir contenido contemporáneo en las clases de química. Entender cómo el cuerpo humano descompone el THC implica conocer procesos clave como la oxidación, reducción y las reacciones enzimáticas que ocurren en su biotransformación. Este tipo de enseñanza no solo enriquece el aprendizaje teórico, sino que también permite a los estudiantes aplicar lo aprendido a situaciones reales. Estudiar el metabolismo del THC puede motivar a los estudiantes, ya que les da un ejemplo concreto de cómo los conceptos bioquímicos se relacionan con temas actuales. A medida que investigan este proceso, pueden conectar la teoría con la vida cotidiana, haciendo que el aprendizaje sea más relevante e interesante. Al igual se tiene que el 11-nor-9-carboxi- Δ^9 -tetrahidrocannabinol (THC-COOH) es un metabolito que se encuentra de forma habitual en el organismo tras la metabolización del tetrahidrocannabinol (THC) y ha ganado atención en el ámbito de la investigación sobre cannabinoides.

Cabe mencionar que se encuentran pocas investigaciones que retoman el estudio del *Cannabis sativa* para la enseñanza de conceptos científicos, a continuación, se presenta uno de estos, en la Universidad Pedagógica Nacional se encuentra una investigación relacionada y se presenta a continuación.

Alfonso (2023) realiza un trabajo de investigación en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional con docentes de química en formación, sobre la construcción de relaciones entre los dominios disciplinares de la Biología, la Bioquímica, la Química Orgánica y la Fitoquímica-Estudio de caso Cannabis sativa. El investigador explora como en el contexto educativo las plantas medicinales tradicionales como la *Cannabis sativa* permiten la relación de diferentes dominios de las ciencias naturales con conceptos científicos comunes. De la investigación una de sus conclusiones indica que en la formación de los Licenciados en química es relevante que profesores en formación participen en la construcción de conocimientos científicos y la adquisición de habilidades para la explicación de términos conceptuales que se relacionan con los fenómenos que se presentan en la vida cotidiana.

4.2 Controversias socio-científicas y ambientales en la enseñanza de la química

En el eje pedagógico, la nube de palabras evidencia la relevancia de enfoques como las controversias socio-científicas, el pensamiento crítico, la educación contextualizada y el rol transformador del profesorado (figura 2). Esto sustenta el uso de las CSCA como estrategia didáctica para promover capacidades cognitivas en la formación docente.

Tabla 2

Revistas consultadas en el marco de cuestiones socio-científicas en el marco de la enseñanza de las ciencias.

Origen	Revista	2010-2014		2015-2019		2020-2024		2025	
		R	S	R	S	R	S	R	S
Colombia	Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias	1							
	Tecné, Episteme y Didaxis	1			1				
	Luna azul	1							
	Educación y Ciencia	1							
	Zona Próxima						1		
	Cultura Educación Sociedad					1			
	Educación y Sociedad						1		
Argentina	Páginas de educación							1	
	Dialnet: Revista de Educación y Ciencia					1			
España	Formación Universitaria	1							
	Enseñanza y Divulgación de las ciencias	1							
	Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad			1					

R: Revisado S: Seleccionado Fuente: Autora

Respecto a las tesis revisadas se encuentra que en la Universidad Pedagógica

Nacional se han realizado diferentes investigaciones relacionadas con el abordaje de

CSC y CSCA en el marco de la enseñanza de la química. A continuación, se presentan algunas de estas.

Contreras (2016) realiza un trabajo de investigación en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional sobre el abordaje de controversias socioambientales con profesores de química en formación inicial. En este se articularon conceptos químicos con las CSC y problemáticas ambientales generadas por las aspersiones aéreas con glifosato. En esta investigación se indica que por medio de una estrategia didáctica los educandos lograron establecer conexiones entre la ciencia, tecnología, sociedad y ambiente lo que conlleva a un aumento en el interés de los estudiantes por el aprendizaje de la química dado que se estaba contextualizando la temática en desarrollo.

Bastidas & Guerra (2016) realizan un trabajo de investigación con estudiantes de la IED José María Vergara, la cual se desarrolla en los espacios de clase de química. Diseñaron e implementaron una unidad didáctica sobre problemáticas locales relevantes como el uso de agrotóxicos y lo abordaron en el marco de las cuestiones socio-científicas. Los profesores a partir de esta investigación concluyen que el uso de las CSC en el proceso de enseñanza de la química le permite al estudiante tomar decisiones responsables frente al uso de agrotóxicos, así como el fortalecimiento del uso de la argumentación científica.

Beltrán (2013) realiza un trabajo de investigación con estudiantes de grado once de la Institución Educativa Departamental Antonio Nariño del municipio de Cajicá, que se aborda en los espacios de clase de química. El investigador aplica una secuencia de enseñanza basada en artículos de noticias para el desarrollo de debates alrededor de una cuestión socio-científica local (CSCL) como el uso de agua de los vallados para el riego de hortalizas, con el fin de caracterizar las intervenciones en el marco de un

lenguaje ambiental, científico y ético. De la investigación el profesor concluye que la argumentación ambiental permite una cultura encaminada en la conservación, así como la comprensión de la complejidad del ambiente y sus problemáticas. También expresa que incluir las CSCL en el aula le permite al educando un fortalecimiento de la argumentación, criterios de decisión y el establecimiento de una posición crítica.

Moreno (2024) realiza una investigación en el marco del desarrollo del pensamiento crítico a través de una cuestión socio-científica relacionada con el cannabis y los fitocannabinoides con estudiantes de grado noveno de la institución Gimnasio Real Americano. El investigador aborda la temática por medio de una secuencia de actividades elaborada a partir de una cuestión socio-científica en torno a la legalización del cannabis en Colombia en el marco de sus usos, propiedades, efectos fisicoquímicos y aplicaciones. De la investigación concluye que se presenta un progreso en las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes, donde se destaca la efectividad de la secuencia de actividades basada en cuestiones socio-científicas.

5.Marco teórico

En el siguiente apartado se presenta el marco conceptual de la investigación, en el cual se establecen los fundamentos teóricos que sustentan el análisis y la propuesta didáctica a desarrollar. Para una mejor comprensión del contenido, este se divide en dos secciones interrelacionadas, el marco pedagógico y el marco disciplinar.

5.1 Marco Pedagógico

En esta sección se abordan los aspectos pedagógicos que definen el sustento teórico y conceptual necesario para el proceso de enseñanza que se llevará a cabo, como para la fase de análisis de resultados.

5.1.2 Enfoque pedagógico CTSA

En el ámbito educativo los procesos de enseñanza-aprendizaje que se enmarcan en la ciencia se permea constantemente de temáticas o cuestionamientos que no solo atañen a aspectos científicos, lo que ha permitido una serie de debates y/o reflexiones sobre los mismos. Por lo cual, en la presente investigación se retoma el enfoque pedagógico CTSA dado que este le posibilita al estudiante la integración y comprensión de la relación de ámbitos educativos científicos, tecnológicos, sociales y ambientales. (Martínez, 2006 como se citó en Barreto, 2014)

En el proceso de enseñanza- aprendizaje que se desarrolla bajo este enfoque el estudiante debe reconocer el conocimiento científico y tecnológico de una temática en particular no solo desde su composición teórica, sino desde sus repercusiones sociales y ambientales. Por su parte, el docente debe mostrarse como un profesional crítico y reflexivo frente a los diferentes estudios sociales que se pueden abordar en el marco de la ciencia, con la capacidad para elaborar estrategias pedagógicas y didácticas que le permitan al estudiante construirse como un ciudadano responsable para la toma de decisiones (Martínez, 2006 como se citó en Barreto, 2014)

Ahora bien, este enfoque posibilita en la educación la investigación didáctica y pedagógica, dado que es una propuesta que se enfoca en “la formación de ciudadanos científica y tecnológicamente preparados para la participación en las controversias sociales que involucra la ciencia en el mundo contemporáneo” (Martínez, 2006 como se citó en Barreto, 2014). Siendo estas controversias un punto clave en la construcción de conocimiento científico y en el desarrollo de la presente investigación, ya que impulsan el avance científico y exponen el debate como un espacio habitual de la ciencia, donde se retoman los aspectos a mejorar y los que pueden continuar consolidándose (Acevedo & García, 2017 como se citó en Marulanda, 2019).

En el marco de este enfoque se encuentran una serie de cuestiones (tabla 3) que permiten en la educación el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, la alfabetización científica y tecnológica y el fortalecimiento de competencias ciudadanas en el educando.

Tabla 3

Definición de las Cuestiones que se enmarcan en el enfoque CTSA

Cuestión	Definición
Cuestión Socialmente viva	Como lo menciona Izaguirre (2025) es una estrategia didáctica de las ciencias naturales que fomenta la alfabetización científica, el pensamiento crítico, argumentación, evaluación de la veracidad de la información y el trabajo de valores y actitudes.
Cuestión Sociocientíficas	Es una problemática que se relaciona con dilemas sociales y científicos, que permite desarrollar análisis de costo-beneficio. (Martínez,2014)
Cuestión Sociocientíficas y Ambiental	Es una categoría relevante para la enseñanza de las ciencias, dado que aborda aspectos históricos, filosóficos y sociológicos, lo que posibilita el entendimiento de gran parte de los problemas ambientales, por lo cual esta cuestión se conecta con la educación ambiental (Martínez, 2025)

Nota. Los datos se obtuvieron de diversas fuentes: Martínez (2014) *Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos*; Izaguirre (2025) *Las cuestiones socialmente vivas: una reflexión sobre este modelo didáctico para abordar problemas socio científicos con estudiantes universitarios*; inédito Martínez (2025).

5.1.3 Cuestión socio-científica (CSC)

Consecuente a lo anterior, cabe mencionar que la presente investigación retoma la cuestión socio-científica para realizar su desarrollo correspondiente.

Esta se entiende como una problemática que se enmarca en el ámbito social y científico, la cual se divulga en medios de comunicación masiva, enfrenta diferentes problemáticas locales y globales, permite realizar análisis de costo beneficio donde los riesgos interactúan con los valores y abarca discusiones sobre valores y razonamiento ético (Martínez,2014). Esta es una cuestión que generalmente aborda temáticas en contexto y tienen una base científica, así mismo involucra formación de opiniones que

son divulgadas por medios de comunicación masiva (Pinzón et.al,2013 como se citó en Arias,2014).

La aproximación que se realiza desde la CSC para la enseñanza de temáticas y contenidos científicos rompe las barreras del desarrollo tradicional de los conceptos, ya que le permite al educando debatir al analizar causas, consecuencias, ventajas y desventajas sobre la temática que se exponga en el aula de clase, así como potenciar sus posturas éticas-morales y sus habilidades de razonamiento crítico (Martínez,2014). Cabe mencionar que el uso de las CSC en la escuela han permitido en el educando como lo menciona Torres, 2023 un aumento el conocimiento de conceptos, lo que promueve un aumento en la comprensión epistémica y la argumentación como habilidad de la práctica científica(Alves y Passos,2010) y los procesos de razonamientos sobre la contextualización de contenido científico (Cano et al., 2015; Gil y Gutiérrez, 2015 como se citó en Torres, 2023).

En el proceso de enseñanza-aprendizaje el docente enfrenta diversos desafíos y al retomar las CSC como ruta para el desarrollo pedagógico y didácticos de sus clases debe explorar aspectos “científicos, filosóficos, sociológicos, políticos, ambientales y éticos que contribuyan a fundamentar y orientar su práctica de enseñanza” (Martínez,2014)

En la enseñanza de las ciencias el trabajo que se realiza por medio de las CSC implica una serie de características como lo indica Ratcliffe y Grace, 2003 como se cita en Martínez, 2014, las cuales se mencionan a continuación.

- 1.Se basan en la ciencia, por lo general en áreas que están en las fronteras del conocimiento científico.
- 2.Por lo general las divulgan los medios masivos de comunicación, destacando aspectos relacionados con sus intereses.

3.Enfrentan problemas locales y globales

4.Abarcan la formación de opiniones y la realización de elecciones en los niveles personal y social.

5.Enfrentan información incompleta, ya se trate de evidencias científicas incompletas o confrontantes, o vacíos en los registros.

6.Abarcan análisis de costo y beneficio en los cuales los riesgos interactúan con los valores

7.Pueden requerir algún entendimiento de probabilidad y riesgo

8. Abarcan valores y razonamiento ético

El uso de las cuestiones socio-científicas, como lo menciona Torres,2023, permite el abordaje de temáticas de carácter científico con repercusión social, lo que ha posibilitado en el marco de la enseñanza de las ciencias retomar problemáticas sociales como contexto para el aprendizaje. En correspondencia a lo anterior, las CSC en la enseñanza de las ciencias permiten abordar polémicas sociales y científicas, dado que se presentan posturas de carácter social, ético, político y ambiental durante los debates que se desarrollan en el espacio de clase. (Díaz,2012), lo que va a conllevar a la denominada controversia socio-científica.

5.1.4 Cuestión socio-científica y ambiental (CSCA)

El abordaje de las CSC en el ámbito educativo permite un acercamiento a diferentes aspectos y problemáticas ambientales, por lo cual se plantea que una cuestión socio-científica y ambiental (CSCA) es un puente que permite conectar las problemáticas sociales y científicas con la educación ambiental (Martínez,2025).

Para el aspecto ambiental se retoma lo indicado por Beltrán,2016 en su libro “Educación Ambiental, Valores y Prácticas Sustentables Una Guía para Educadores

del Siglo XXI". En este la autora menciona que el concepto de ambiente conduce tanto al conocimiento y estudio de las leyes que rigen la estructura y funcionamiento del ecosistema, como también a la forma en que se establecen las relaciones sociales y la manera en que interactúan estos dos sistemas.

Así mismo indica que los cambios pueden llegar a darse en la sociedad, pero se requiere un trabajo desde lo macro (lo colectivo y la política) y desde lo micro (lo individual, familiar y círculo más cercano), donde las reflexiones realizadas sobre las problemáticas ambientales no se quedan en la queja social y la espera de una solución política, ya que deben trasladarse a la acción, a los aportes que el individuo realiza desde su contexto y realidad.

De igual forma retoma la responsabilidad del ciudadano del cosmos y el sentido de responsabilidad que este tiene frente a sus diferentes entornos, espacios en los que se desarrolla su vida (tabla 4).

Tabla 4

Entornos que envuelven la vida del sujeto

Entorno	Definición/Características
1.El cuerpo	Es el entorno más cercano, el cual posibilita la vida en la tierra, este no debe considerarse sólo como un envoltorio, carcasa o cárcel. A través de este el sujeto se relaciona y construye el mundo junto a sus iguales. Por lo cual es imprescindible llevar una alimentación sana, un buen ritmo de vida, un buen lenguaje(comunicación), realizar deportes y hobbies.
2.La casa	Espacio donde el individuo pasa la mayor parte de su vida y establece los primeros vínculos de afecto, es un lugar que da refugio y permite establecer un espacio para la consolidación de la familia.
3.La ciudad	Es el medio natural que se ha artificializado, es el ecosistema que se ha transformado por los procesos tecnológicos y científicos; sin embargo, no es un espacio ajeno, dado que en este se desarrolla la vida cotidiana del individuo. Por lo cual, el ciudadano es cuidadoso de la separación de los residuos, la protección de niños, el agua, los árboles y el uso de energías renovables que reemplacen los combustibles fósiles.
4.La escuela y la universidad	Este es un espacio de trabajo para los docentes, estudiantes y administrativos, es un lugar que propicia el fundamento para la democracia y la ética ciudadana que busca el establecimiento de acuerdos para una sociedad en paz y sustentable. En este entorno se resalta la necesidad de una educación para la vida, donde el educando

	no sólo memorice, sino que aprenda a pensar con creatividad, solucionar problemas, trabajar en equipo, etc.
5.El trabajo	Lugar en el cual se permanecen ocho horas diarias, por lo cual se considera como la segunda casa, para algunos una fortuna dado que realizan labores que les apasionan, para otros y en su gran mayoría una carga, ya que desarrollan trabajos que les desagradan y por lo que presentan un gran nivel de estrés y frustración.
6. El país	Espacio que expresa una identidad por el actuar de sus ciudadanos; el individuo debe reconocer su territorio, sus riquezas y potencialidades, su diversidad natural y cultural, para que desde esta realidad pueda cuidar, defender y se inicie esa Educación Ambiental.
7. El planeta	El ciudadano planetario debe ser consciente de su responsabilidad global y las consecuencias de sus acciones con su casa la “Pacha Mama”; sin embargo, sus decisiones están directamente relacionadas con el espacio que considera ocupa en el planeta, es decir, si se percibe y siéntete como parte de la tierra, como su hijo o si tan sólo la ve como un lugar que está a su servicio y disposición.

Nota. Adaptado de *Educación Ambiental, Valores y Prácticas Sustentables Una Guía para Educadores del Siglo XX*, (p. 63-108) por Beltrán, 2016.

5.1.5 Controversia socio-científica y ambiental

El marco de las CSC y las CSCA incursionan las controversias sociocientíficas, estas se entienden como un dilema o problemática social que está relacionado con la ciencia, en cuya disyuntiva se encuentran diferentes opiniones de periodistas, ciudadanos, científicos, ya que las temáticas que se abordan pueden relacionarse con aspectos políticos, ambientales, sociales y éticos (Torres,2023).

En una revisión bibliográfica realizada por Torres,2011 se indica que el uso de controversias como recurso didáctico en el ámbito educativo, permite trabajar y alcanzar procesos como los que se enuncian a continuación:

- Alfabetización científica
- Formación de culturas científica
- Razonamiento científico
- Pensamiento crítico
- Argumentación científica

-Relación ciencia y sociedad

Es claro que los objetivos mencionados se enmarcan en actividades de aula que el docente plantea para sus estudiantes, las cuales deben tener una serie de características, como es el uso de artículos que le permitan al educando informarse de la temática sin el sesgo de la toma de decisión sobre la misma, actividades que le posibiliten realizar análisis sobre su contexto real y el conocimiento científico para la toma de decisiones y planteamiento de soluciones, así como el fortalecimiento de habilidades para el análisis de problemáticas sociales-científicas por medio del conocimiento científico adquirido y construido (Torres,2011).

5.1.6 El metabolismo del THC como controversia socio-científica y ambiental

El proceso metabólico del THC se retoma en esta investigación como controversia socio-científica y ambiental, dado que presenta diferencias significativas según la vía de administración (oral o inhalada) que no solo alteran la salud del consumidor, sino que también desata debates complejos en los ámbitos de la salud pública, la regulación legal, la relación costo- beneficio según el tipo de consumo (recreativo o medicinal) y el impacto ambiental en los entornos del buen vivir del sujeto.

Cuando el sujeto consume cannabis de forma inhalada, vaporizada o fumada, el THC entra rápidamente al sistema circulatorio y evita el primer paso de la metabolización hepática, lo que conlleva a que el principal metabolito activo 11-OH-THC se produzca en menor proporción y el pico de contracción sea rápido, lo permite el efecto psicotrópico entre 3 min a 5 min. Este efecto en un tiempo tan corto genera complicaciones frente al uso, dado que por el manejo de la dosificación aumenta el riesgo de intoxicación y dependencia, lo que conlleva a un debate en el sector de la salud, frente a las complicaciones en el desarrollo cerebral de adolescentes cuando realizan un consumo recreativo, en el sector social frente a la legalización y regulación

del consumo y en el aspecto ambiental cuando este consumo afecta el entorno del cuerpo (cuidado y bienestar del sujeto) y trasciende por cada nivel del entorno hasta llegar a ámbitos como la ciudad y el país, dónde se desarrollan problemáticas frente al cultivo de cannabis de interior, como la huella de carbono y gasto de energía que genera su producción.

Ahora bien, cuando se consume cannabis vía oral, por medio de brownies, galletas o bizcochos, el THC se metaboliza en el hígado en dos fases, lo que conlleva a que el 11-OH-THC, principal metabolito, sea metabolizado en mayor cantidad, por ende, su efecto psicotrópico se genera entre 1 a 6 horas y dura entre 5 a 8 horas. Este periodo tan largo para el alcance del pico de contracción y su duración marcan una confusión en los consumidores de cannabis, dado que no saben en qué momento específico se va a generar la reacción, lo que conlleva a problemáticas como la sobredosis. De igual forma, se da paso a un análisis frente a la dosis que se puede consumir de forma terapéutica y recreativa, lo que conlleva a una serie de debates sobre la legalización del consumo.

Las diferencias que se presentan en el proceso metabólico del THC según la vía de administración han generado en la ciencia una serie de debates sobre las bondades y perjuicios sobre su uso recreativo o terapéutico; en las entidades que regulan el cultivo y expendio tensiones para la legalización de su consumo por los diferentes efectos que tiene según la vía de administración y en el aspecto ambiental, debates frente al cultivo de la planta, dado que un modelo de regulación que sólo apruebe el cultivo de cannabis interior aumentará la huella de carbono y gasto de energía, aunque como lo indica Transnational Institute (2022) lamentablemente en los debates sobre la regulación del cannabis no se retoman con ahínco los impactos ambientales del cultivo.

Por ende, esta temática genera un amplio debate al plantear interrogantes a nivel científico, social y ambiental. Su impacto la convierte en el eje de discusión de problemáticas sociales, legales y ambientales, involucrando así a la comunidad científica, medios de comunicación, opinión pública y colectivos que aprueban el consumo recreativo o terapéutico.

En el ámbito científico se encuentran artículos sobre el proceso metabólico del THC según la vía de administración, lo que conlleva a una serie de debates en el área de la salud sobre sus efectos y uso correspondiente. Los actores involucrados son expertos en la salud y presentan en sus investigaciones las reacciones que se generan en el cuerpo según la vía de administración y las variables que se pueden presentar según el consumidor, como lo menciona Sedan 2023 en la *revista cannabis y salud*.

La absorción por la vía oral resulta lenta, con una gran variabilidad entre individuos...en un estudio con voluntarios, se observaron variaciones en la absorción en relación al sexo: las mujeres presentaron mayores concentraciones máximas (Cmax) de THC, 11-OH-THC y CBD alcanzadas en tiempos menores que los varones vinculadas a un menor peso corporal y un menor volumen de distribución de las mujeres (Sedan,2023, p.78)

Frente al uso terapéutico se encuentra evidencia científica confrontante, dado que hay estudios sobre el consumo de cannabis y los beneficios que aporta al cuidado de la salud de pacientes con enfermedades como la dislipidemia, así como lo menciona Avello,2017

Las aplicaciones terapéuticas para cannabis y sus derivados son muy amplias; se describen acciones agonistas y antagonistas cannabinoides. Por las manifestaciones adversas y efectos psicoactivos, los agonistas cannabinoides se han descrito como tratamiento complementario para algunas patologías.

Para otras, existen mejores tratamientos o son campos nuevos de investigación²¹. Mientras que para los antagonistas cannabinoides, cuyo representante natural es el CBD, se han propuesto ciertas acciones como tratamiento para la obesidad, dislipidemias y adicciones, entre otras

Sin embargo, en el estudio que realizó Lo LA 2023, se encuentran procesos de Hepatotoxicidad asociada al consumo de cannabidiol, en este los investigadores indicaron lo siguiente:

Se hallaron elevaciones de las enzimas hepáticas en estudios recientes sobre el cannabidiol han suscitado preocupación sobre la seguridad hepática.... Las elevaciones de las enzimas hepáticas asociadas al cannabidiol y la DILI cumplen los criterios de eventos adversos comunes. Se recomienda a los profesionales sanitarios realizar pruebas de detección del consumo de cannabidiol y monitorizar la función hepática en pacientes con mayor riesgo. (Lo LA, 2023, p.1)

De igual forma la temática en mención se ha divulgado en los medios masivos de comunicación, destacando aspectos relacionados con los efectos del consumo recreativo y terapéutico del cannabis, así como su legalización lo cual ha generado debates en noticieros de Argentina y España o artículos en diferentes periódicos. Los actores involucrados son médicos toxicólogos, consumidores de cannabis recreativo, ex adictos, médicos psiquiatras especialistas en cannabis o catedráticos en la temática. Cada uno plantea sus argumentos a favor y en contra del uso bajo un posicionamiento científico o ideológico, dada su experiencia en el consumo o su conocimiento en el área.

Expertos como Manuel Guzmán, catedrático de Bioquímica y Biología Molecular en la Universidad Complutense de Madrid, realiza una charla sobre el consumo de cannabis recreativo por parte de adolescentes y los efectos en el desarrollo cerebral de esta población. El indica en el diálogo sostenido en el Canal Lo que tú digas con Alex Fidalgo ,2025 lo siguiente:

Los efectos del cannabis...lo bueno y lo malo lo produce el THC esencialmente...los efectos que busca un paciente para quitarse las náuseas, el dolor y los no buscados como la sensación de confusión. En el terreno recreativo pasa exactamente lo mismo, un viaje placentero...todo eso se debe al THC, lo malo del uso recreativo en el peor de los casos es que se puede dar un brote psicótico...No podemos decirle a un joven que si fuma un porro se va a volver loco, porque sabe que no es así, es muy peligrosa la sobre actuación en los efectos secundarios del cannabis. Pero sí a un adolescente se le razona y se le hace ver que en esa época de su vida su sistema nervioso se está formando, sus neuronas están acabando de establecer sus conexiones.... pues a lo mejor se piensa que no es el momento. (Lo que tú digas,2025)

En el ámbito social se encuentra que el consumo de cannabis es un asunto de debate en el aspecto de legalización y salud pública, dado que en las políticas públicas su consumo se puede considerar recreativo o medicinal; sin embargo, la sociedad no reconoce con facilidad las marcadas diferencias en estos dos tipos de administración, aun cuando este asunto marca un punto de inflexión para el proceso de legalización. En la cultura occidental las “políticas orientadas a favorecer la legalización del uso recreativo se han acompañado de un debate centrado en los efectos positivos/negativos (riesgo/beneficio) de este tipo de iniciativas” (Amariles,2023, p.351).

Frente a la legalización del consumo recreativo del cannabis en adultos se encuentra como beneficio la evolución frente al aspecto de libertades y derechos, donde los diálogos y debates ahora no están centrados en el miedo y la prohibición, si no en la evaluación de la relación costo-beneficio frente a su consumo, como lo indica Amariles,2023

Además, se debe considerar y evaluar los efectos para la salud, en especial mental, que podría generar el consumo de marihuana y, por tanto, el riesgo de un mayor acceso y disponibilidad de este producto. De forma específica, la hipótesis es que, el aumento en la disponibilidad y acceso a este producto, podría generar un aumento en la proporción de usuarios, incluyendo jóvenes y adolescentes, lo que, a su vez, podría generar un aumento en la prevalencia de casos de psicosis y esquizofrenia, especialmente en hombres jóvenes. Por ello, la necesidad de un mayor análisis de posibles riesgos y beneficios de este tipo de iniciativas, en el contexto de cada país. Además, parece ser que no se dispone de información suficiente, de los beneficios de legalizar el consumo de cannabis recreativo en adultos, a lo que se suma el efecto de las diferencias y contextos de los países; por ello, existen limitaciones para hacer llamados globales a legalizar el uso recreativo de esta droga. (Amariles,2023, p. 355)

Es evidente que estas tensiones en el aspecto legal gestan discrepancias frente al consumo de cannabis, en consecuencia, la narrativa social en occidente se centra en los efectos negativos que se generan en el cuerpo al consumir cannabis recreativa. Por ende, se puede afirmar que el contexto cultural influye considerablemente en las decisiones que toma el sujeto frente al consumo de cannabis, un claro ejemplo es el contraste que se presenta en lo indicado el investigador Amariles, 2023 en su investigación y lo comentado por el grupo de Rastafarismo en Jamaica, quienes consideran que el consumo de esta planta es una conexión espiritual con el creador,

como se menciona en la emisión del documental Rastafarismo: La religión que venera la planta del Conocimiento

...De todos modos no quiero intentar convencerlos de que para los Rasta la ganja (marihuana) no tiene un uso recreativo, pero al menos quiero explicarles que es mucho más que eso para ellos es una planta tan sagrada, tan espiritual que siempre ha servido al hombre de hecho ellos reconocen un salmo, el salmo 104 en el que "Jah", Dios dice que hace crecer la planta para servir al hombre y para ellos es precisamente la marihuana...Esta desarrolla la mente para pensar con sabiduría en el creador todopoderoso debemos presentar esta tradición ancestral no podemos ignorarla porque no queremos desobedecer al Espíritu Santo se nos ha enseñado que esta es una hierba Sagrada desde la antigüedad todas las antiguas civilizaciones del mundo la conocían...He fumado mucho durante todos los años y considero que ahora debo dejarlo para proteger mis pulmones, ahora lo vaporizo con el chino y me doy una calada ahora solo tomo el aceite o los té y puedo tomar un pedazo o masticarlo.(Proyecto Happiness,2025)

Ahora bien, en otra cultura y contexto como Sudáfrica se encuentra que los individuos con enfermedades paliativas consumen cannabis aun cuando esta es ilegal en el país, se encuentra que madres de familia suministran a sus hijos gotas de cannabis en pro de la calidad de vida de sus hijos, lo que conlleva a identificar las desigualdades que se presentan para la adquisición de los derivados de esta planta para su consumo medicinal, como se menciona en el documental ¿Remedio o droga? Uso del cannabis causa debate en Sudáfrica.

La madre de este pequeño pone un poco de Cannabis en su pasta de dientes para calmar los síntomas del síndrome de Costello una rara enfermedad genética que provoca malformaciones físicas y retraso intelectual. La familia se

encuentra entre un creciente número de sudafricanos que piden que el cannabis sea legalizado...(APF,2017)

En el aspecto ambiental se encuentra que el cultivo de cannabis para su consumo recreativo o terapéutico genera consecuencias considerables para el ambiente, considerado en el entorno de país y planeta, en el marco de la huella de carbono que genera la producción de *Cannabis* interior o al aire libre. El debate generado alrededor a su regulación no retoma con el suficiente ahínco los impactos ambientales de este cultivo, dado que “se presume que la regulación legal reduciría automáticamente las consecuencias ambientales negativas del mercado ilegal no regulado debido a que las autoridades obligarían a la industria a cumplir normas ambientales básicas” (Transnational Institute, 2022.p.2).

Sin embargo, las prácticas de cultivo y regulación que se desarrollan en Europa esbozan diferentes puntos de preocupación ambiental frente al cultivo de cannabis interior o exterior y la huella de carbono que este refleja, como lo indica el Transnational Institute, 2022.

...En un manual especial sobre drogas y medio ambiente publicado en el Informe Mundial sobre las Drogas de 2022, la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (ONUDC) también destaca la elevada huella de carbono del cultivo de cannabis de interior como uno de los tres principales motivos de preocupación. Para ilustrar el nivel extremadamente elevado de emisiones por kg del cultivo de cannabis de interior (2.300 – 5.200 kg de CO₂), se realizaron comparaciones entre la producción de un kg de granos de café verde (7 kg de CO₂) o granos de cacao (20 kg de CO₂). Incluso después de añadir el transporte internacional, el proceso de tostado, molienda y empaquetado, la huella de carbono de un kg de café cultivado en América del

Sur y vendido en Europa no supera los 15 kg de CO₂. (Transnational Institute, 2022.p.3).

Ahora bien, el alto consumo de energía eléctrica en el cultivo de cannabis de interior se presenta como preocupación por parte de la comunidad científica, ya que en estudios realizados en Países Bajos y Bélgica se encuentra que "...una superficie pequeña de 1,2x1,2x2,4 metros consumirá alrededor de 13.000 kWh de electricidad al año. Sobre la base de un rendimiento promedio de entre 500 y 575 gramos por metro cuadrado por rendimiento" (Transnational Institute, 2022.p.4) una serie de cálculos que si aplican a la situación actual en Alemania arrojan resultados catastróficos sobre los posibles impactos ambientales, pero lamentablemente estas implicaciones "...hasta ahora han estado en gran medida ausentes del debate en materia de políticas sobre la regulación normativa anunciada." (Transnational Institute, 2022.p.4).

Por su parte, el cultivo de cannabis exterior ha generado en territorios como Colombia un aumento en el uso de iluminación artificial y plaguicidas; en Marruecos ha provocado un agotamiento de los recursos hídricos y degradación del suelo. (Transnational Institute, 2022) y, por si fuera poco, las políticas de erradicación de cultivos ilícitos han generado un movimiento de estos plantíos a "lugares más aislados, como áreas protegidas, lo cual en ocasiones provoca deforestación, como ha ocurrido en Nigeria" (Transnational Institute, 2022.p.5).

Por consiguiente, se hace evidente el impacto ambiental que tiene el cultivo de cannabis de interior o exterior en los entornos de país y planeta, ya que se retoman aspectos como la economía agrícola, la sostenibilidad de los cultivos, los daños a los ecosistemas y la huella de carbono.

Ahora bien, frente a lo expuesto durante este capítulo se hace evidente que el proceso metabólico que realiza el cuerpo al consumir cannabis recreativa o medicinal, impacta considerablemente otros entornos del buen vivir como el cuerpo, frente a las prácticas de autocuidado que realiza el sujeto; la casa, dado que el individuo sostiene un vínculo afectivo en el hogar y comparte costumbres que pueden incidir en sus decisiones frente al consumo, como el caso del Rastafarismo; la ciudad, ya que el sujeto que cultiva o consume cannabis hace parte de la transformación del entorno natural y se hace responsable del mismo; en la escuela o trabajo, debido a que el sujeto como futuro docente analiza la temática y problemáticas expuestas con el fin de formar y educar bajo el fortalecimiento de la resolución de problemas y análisis de los mismos.(Beltrán,2016)

Por consiguiente, lo expuesto en el cuerpo de texto anterior se presenta en la tabla 5 a manera de síntesis.

Tabla 5

Metabolismo del THC como CSCA

Entornos del buen vivir(ambiente)	Característica de la CSC	Controversias relacionadas al metabolismo del THC
Cuerpo Escuela Trabajo	Se basan en la ciencia, por lo general en áreas que están en las fronteras del conocimiento científico.	Se presentan estudios bioquímicos sobre la metabolización del THC según la vía de administración, lo que genera debates sobre sus efectos.
Ciudad País Casa	Por lo general las divulgan los medios masivos de comunicación, destacando aspectos relacionados con sus intereses.	Se encuentran debates en medios de comunicación nacional e internacional sobre los efectos del consumo recreativo y terapéutico del cannabis. Se encuentran debates en medios de comunicación sobre la legalización del consumo en países como Argentina y España

Planeta País Ciudad Cuerpo	Enfrentan problemas locales y globales	Se reconoce problemáticas locales sobre los cultivos ilegales de cannabis y globales como la huella de carbono y la sostenibilidad en cultivos indoor vs outdoor de la planta en países como Alemania.
Casa Cuerpo Ciudad Escuela	Abarcan la formación de opiniones y la realización de elecciones en los niveles personal y social.	-Los individuos deben decidir si consumen o no cannabis según sus creencias, necesidad física(salud) o sistema de valores. -La sociedad debate si el consumo de cannabis debe ser legalizado, en Sudáfrica el consumo de cannabis medicinal es ilegal; sin embargo, la población busca esta alternativa médica. -El rastafarismo, movimiento religioso, social y político, consume cannabis en el marco de la veneración a la planta y su conexión espiritual con la misma.
Escuela Trabajo País	Enfrentan información incompleta, ya se trate de evidencias científicas incompletas o confrontantes, o vacíos en los registros.	La evidencia sobre los beneficios y riesgos sobre el consumo de cannabis es contradictoria, dado que la reacción del compuesto en cada individuo puede variar.
Cuerpo País Planeta Ciudad	Abarcan análisis de costo y beneficio en los cuales los riesgos interactúan con los valores	-Se contrastan los beneficios terapéuticos con los riesgos a la salud mental que conlleva el consumo de cannabis. -Se contrastan los beneficios terapéuticos del consumo con la huella de carbono e impacto ambiental del cultivo de cannabis.
Cuerpo Escuela Casa	Pueden requerir algún entendimiento de probabilidad y riesgo	-Se establecen los riesgos que hay entre la dosis y la vía de administración que opta el usuario para el consumo de cannabis.
Cuerpo Casa Ciudad País Planeta	Abarcan valores y razonamiento ético	-Se evidencian dilemas éticos sobre el consumo recreativo del cannabis frente a su impacto ambiental y social. -Se evidencian dilemas éticos sobre la legalización del consumo de cannabis y el acceso a la opción medicinal

Nota. Elaboración propia con base en Martínez (2014) y Beltrán (2016).

5.1.7 Estrategia didáctica

En el contexto educativo y los procesos de enseñanza-aprendizaje el docente emplea estrategias didácticas para el desarrollo de contenidos y alcance de los objetivos propuestos en el aula, siendo así para el “Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey...el conjunto de procedimientos, apoyados en técnicas de enseñanza, que tienen por objeto llevar a buen término la acción didáctica, es decir, alcanzar los objetivos de aprendizaje” (ITESM, 2005 como se citó en Orellana, 2017). La estrategia didáctica es empleada por el docente en el abordaje de una temática con el objetivo de favorecer el proceso de aprendizaje de sus educandos, por lo que plantea una variedad de actividades que den desarrollo a una serie de conceptos. En el desarrollo de la estrategia didáctica es fundamental que se brinde al estudiante la motivación, el conocimiento y las indicaciones necesarias para la construcción de significados y conceptos en el proceso de aprendizaje (Monés, 2006).

En esta investigación se retoma la **secuencia** como una estrategia didáctica que permite la organización y estructura de una serie de actividades en el marco de un objetivo o propósito claro para el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como lo menciona Zabala (2000) esta estrategia es “un conjunto de actividades ordenadas, estructuradas y articuladas para la consecución de unos objetivos educativos, que tienen un principio y un final conocidos tanto por el profesorado como por el alumnado” (p.16).

En esta estrategia la intención del docente es conocer los saberes previos del estudiante frente a una temática particular para establecer una relación con situaciones problema de la vida cotidiana, en un contexto cercano, para que la información que es entregada al educando sea significativa y cobre un sentido en el proceso de aprendizaje; en consecuencia, esta estrategia implica que el “ el estudiante realice cosas, no ejercicios rutinarios o monótonos, sino acciones que vinculen sus

conocimientos y experiencias previas, con algún interrogante que provenga de lo real y con información sobre un objeto de conocimiento.” (Díaz, 2013, p4).

Durante la organización de la secuencia el docente debe plantearse preguntas que permitan evaluar la validez de las actividades que está estructurando. Estos cuestionamientos, según Zabala (2000) deben responder si en la secuencia didáctica las actividades:

- a) ¿Permiten identificar los saberes previos del educando frente a las nuevas temáticas que son los referentes para el proceso de aprendizaje?
- b) ¿Los contenidos planteados y la forma en que se presentan al educando son significativos?
- c) ¿Son adecuadas al nivel educativo del estudiante?
- d) ¿Generan una disonancia cognitiva e invitan al establecimiento de conexiones entre los nuevos contenidos y los saberes previos?
- e) ¿Suscitan entusiasmo en relación al aprendizaje de los nuevos contenidos?
- f) ¿Promueve en el educando un deseo por el aprendizaje autónomo?

Es relevante indicar que la secuencia didáctica tiene una línea u organización, esta radica en tres actividades que la conforman, las cuales son: apertura, desarrollo y cierre. Las actividades de apertura posibilitan un acercamiento al educando y el establecimiento del clima para el proceso de aprendizaje, el docente partir de una problemática de la vida cotidiana o la apertura de una polémica, puede establecer una serie de cuestionamientos que “partan de interrogantes significativos para los alumnos, éstos reaccionarán trayendo a su pensamiento diversas informaciones que ya poseen sea por su formación escolar previa, sea por su experiencia cotidiana” (Díaz, 2013, p 6).

Las actividades de desarrollo le permiten al educando relacionarse con los nuevos conceptos y significados de la temática que se está abordando, es importante mencionar que los saberes previos del estudiante le permiten establecer una interacción con el tema y a partir de estos le da un significado a la nueva información y como lo menciona Díaz (2013) “para significar esa información se requiere lograr colocar en interacción: la información previa, la nueva información y hasta donde sea posible un referente contextual que ayude a darle sentido actual”(p.9).

Las actividades de cierre posibilitan integrar y retroalimentar el proceso de enseñanza-aprendizaje que se llevó a cabo en la sesión de clase, en estas se busca que “el estudiante logre reelaborar la estructura conceptual que tenía al principio de la secuencia, reorganizando su estructura de pensamiento a partir de las interacciones que ha generado con las nuevas interrogantes y la información a la que tuvo acceso” (Díaz, 2013, p 11).

5.1.8 Capacidades cognitivas

En los procesos de enseñanza-aprendizaje que se desarrollan alrededor de una temática permite fortalecer el desarrollo de capacidades cognitivas, estas entendidas como una “capacidad general para procesar información y la resolver problemas” (Carroll,1993, p.15).

En el marco de esta investigación se retoma el término de capacidad cognitiva como el “conjunto de procesos y operaciones relacionadas con el conocimiento, cuyo objetivo es desarrollar estructuras mentales que tengan sentido para quien aprende, es decir que sean significativos” (Labrine,2012, p. 59). Dado que este conjunto de procesos es tan amplio, se retoman las capacidades cognitivas de orden superior como el pensamiento crítico, la toma de decisiones y el autoconocimiento, los cuales guardan una estrecha relación interna.

La conceptualización del término **Pensamiento Crítico** (P.c) ha enfrentado diferentes tensiones a lo largo del tiempo, autores lo han abordado como el fundamento de los procesos de análisis, donde su uso posibilita la resolución de problemas y construcciones de concepciones. Para efectos de esta investigación se retoma que el P.c es “un proceso metacognitivo activo que a través de la estimulación y coalición de ciertas habilidades, disposiciones y conocimientos nos ayuda a elaborar un juicio premeditado e introspectivo que nos dirige hacia la acción o resolución del problema de manera eficaz y eficiente”(Morancho,2020,p.13) En este tipo de pensamiento la reflexión inicial se transforma en un proceso de argumentación para examinar las ideas iniciales, donde el sujeto al pensar de forma crítica modifica su pensamiento para conducirse apropiadamente.

Un pensador crítico presenta características como la recopilación de información, la organización y análisis de datos, y la toma de decisiones según la situación presentada. De igual forma, este sujeto “se encuentra en la unión e interacción de la razón, autorreflexión y acción crítica en la dimensión individual (con uno mismo) y social (con los otros y con el entorno) (Morancho,2020, p.14). Ahora bien, para que una persona sea contemplada como pensador crítico como lo afirma Morancho 2020 no basta con las habilidades, conocimientos y disposiciones que tenga, dado que requiere practicar y desarrollarse en situaciones problemáticas de la vida real.

En esta investigación se retoman las subdimensiones de las habilidades de pensamiento crítico como su componente cognitivo, para ser analizadas en el discurso de los profesores en formación durante la aplicación de la secuencia didáctica. Las subdimensiones e indicadores retomados en este trabajo son respectivamente:

- Solución de problemas, que tiene como indicadores la identificación de la situación problemática, definición precisa y presentación del problema y exploración de posibles estrategias (Vendrell,2020, p.15)

-Toma de decisiones, que tiene como indicadores la identificación de las opciones, análisis de las opciones y generación de alternativas (Vendrell,2020, p.15)

Ahora bien, el término decisión se enmarca en la determinación o resolución de una situación ambigua, la **toma de decisiones** (T.d) es elemento relevante en el diario vivir y según lo indicado por Salinas & Rodríguez (2011) en diversas investigaciones este término se ha retomado como “Un proceso amplio que puede incluir tanto la evaluación de las alternativas, el juicio, como la elección de una de ellas (...)” (Artieta y González, 1998 como se citó en Salinas & Rodríguez, 2011, p.1)

En esta investigación la T.d se retoma como “la capacidad cognitiva para elegir; lo que involucra: análisis, categorización, juicios probabilísticos, construcción de alternativas y decisión” (Salinas & Rodríguez, 2011, p.1). Por ende, este es un proceso que le permite al sujeto establecer una relación entre el análisis de información, la comparación y valoración de opciones para obtener como resultado final una toma de decisión.

Cabe mencionar que esta capacidad establece una estrecha relación con el pensamiento crítico, ya que este la retoma como una subdimensión de las habilidades, donde el sujeto debe identificar y analizar las opciones para generar las alternativas en la toma de decisión, por ende, los indicadores retomados para el análisis del discurso de la investigación son los enunciados en el apartado de pensamiento crítico.

Finalmente, el **autoconocimiento** es una capacidad cognitiva que establece una estrecha relación con el P.c en el marco de lo enunciado por los pensadores del Movimiento de Pensamiento Crítico, quienes consideran que un pensador crítico logra trabajar bajo un autoconocimiento directo y transparente (Prieto 2018).

En esta investigación se retoma el autoconocimiento desde lo mencionado por Efraín Lazos, quien indica que este término corresponde a que una persona tenga la capacidad de saber y reconocer hechos sobre sí mismo, donde el acceso a estos es inmediato. Ahora bien, los indicadores o condiciones para que el auto concepto o idea de un sujeto se retome como autoconocimiento según Prieto (2018) son respectivamente:

I) la creencia se debe poder expresar en primera persona (yo), por tanto, es consciente

II) debe ser sobre estados mentales o psicológicos y no sobre hechos físicos como la estatura o el peso

III) también debe ser inmediata, es decir, no se requiere recabar evidencia, ni de un proceso de inferencia para conocer un estado mental, y por ende no hay un medio por el cual se conoce el estado mental.

5.2. Marco Disciplinar

En esta sección se abordan los aspectos disciplinares que definen el sustento teórico y conceptual necesario para la elaboración de la estrategia didáctica (secuencia) que se implementará con la población objeto de estudio.

5.2.1 Características del Cannabis

El *Cannabis* es una planta herbácea anual que pertenece a la familia Cannabaceas, proveniente de Asia. Se caracteriza por sus fitoquímicos, fibras celulósicas y leñosas que dan respuesta a su uso en el ámbito textil y medicinal según el contenido de cannabinoides psicoactivos que esta tiene, donde la variedad (*Cannabis sativa*, *Cannabis indica* y *Cannabis ruderalis*) que tiene un bajo contenido es usada para la producción de fibra y productos oleaginosos (Rodriguez,2021).

Esta planta en su composición química tiene aproximadamente 500 compuestos que dan sus atributos de olor, sabor, características medicinales y psicoactivas, etc. Los compuestos que se encuentran son terpenos, flavonoides, alcaloides, estilbenos, amidas fenólicas, cannabinoides y lignanamidas (Ángeles, 2014), cada uno con una serie de características que se enuncian en la tabla 6.

Tabla 6

Composición química de la planta Cannabis sativa

Compuestos químicos de Cannabis sativa	Características
Terpenos	Metabolitos responsables del sabor de las diferentes variedades de cannabis. Su principal compuesto aromático y volátil es el óxido de cariofileno, el cual es identificado por los perros empleados en la detección de narcóticos.
Flavonoides	Compuestos aromáticos que se pueden encontrar en forma libre o conjugada con un glucósido y se ubican en las hojas de la planta. Su actividad farmacológica se centra en la canflavina A y canflavina B, ya que inhibe la prostaglandina E y controla los efectos de los cannabinoides.
Alcaloides	Compuestos nitrogenados que se encuentran usualmente en raíces, tallos, hojas, polen y/o semillas, dada su baja concentración no se ha determinado su uso farmacológico.
Estilbenos	Compuestos fenólicos que se encuentran en la planta para realizar mecanismos de defensa, algunos de estos tienen un uso farmacológico: antibacteriana, antiinflamatoria, neuroprotectora y antioxidante.
Amidas fenólicas y Lignanamidias	Compuesto químico que tiene una actividad citotóxica, analgésica, antiinflamatoria y antineoplástica.
Cannabinoides	Compuesto químico de naturaleza terpeno fenólica que se encuentra en la resina producida por los tricomas de la planta. Estos tienen la capacidad de interactuar con el sistema de receptores endógenos del cuerpo.

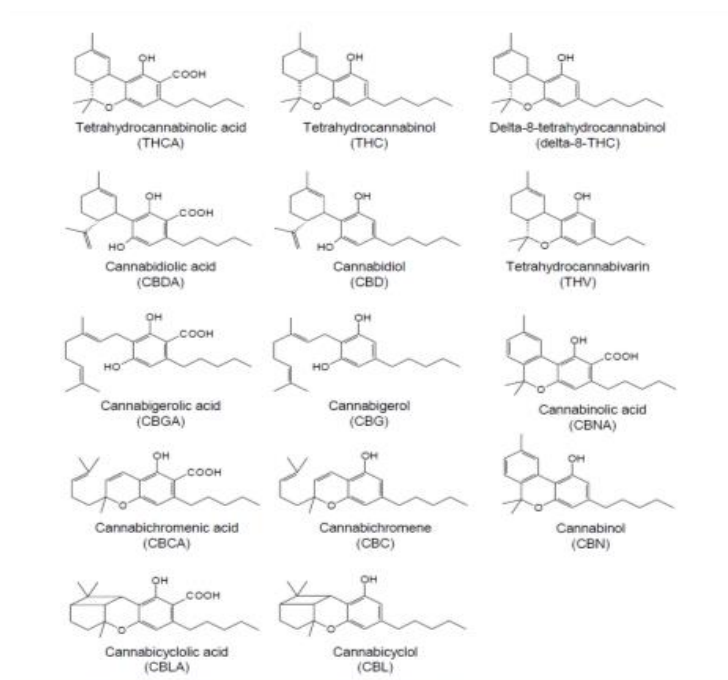
Nota. Adaptado de *Cannabis sativa L., una planta singular*, Ángeles, 2014

Esta investigación se centra en el compuesto químico Tetrahidrocannabinol (THC) que se encuentran en el grupo de cannabinoides. Este pertenece a un grupo de “terpenofenoles... formados por 21 átomos de carbono, característicos del género Cannabis (Sandiego Villaverde, 2020) de los cuales se han encontrado aproximadamente 66 compuestos en la planta. A continuación, se presenta la

estructura química de los principales cannabinoides presentes en la planta *Cannabis sativa* L (figura 3)

Figura 3

Estructura química de los cannabinoides presentes en la planta Cannabis sativa



Nota. Adaptado de *Estructura química de los principales cannabinoides presentes en la planta Cannabis sativa*, Sandiego Villaverde, 2020

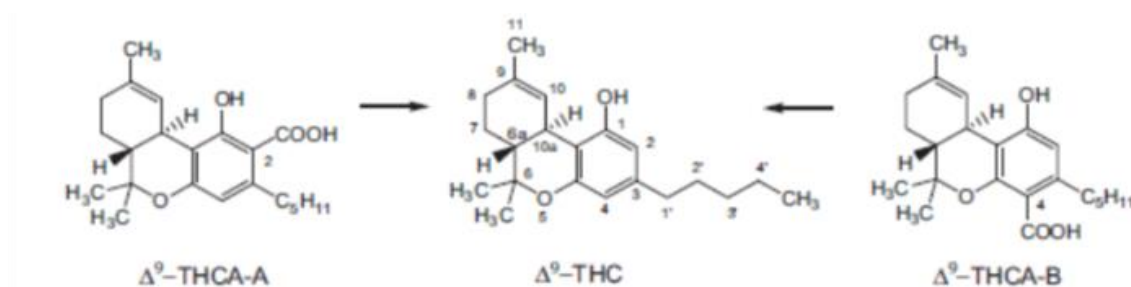
El tetrahydrocannabinol (THC) o delta-9-tetrahydrocannabinol (Δ^9 -THC) es un compuesto psicoactivo de la planta *Cannabis*, este se encuentra en cada especie de la planta en un porcentaje de concentración distinto. El *Cannabis sativa* tiene una concentración de THC del 12-16%; el *Cannabis indica* tiene una concentración de THC del 18 %; el *Cannabis ruderalis* tiene una concentración de THC menor de las dos variedades ya mencionadas (Olvera,2019).

De este compuesto psicoactivo se encuentra que hay cuatro estereoisómeros y dos precursores (figura 4) que son “los ácidos delta-9- tetrahydrocannabinólicos A y B, o 2-COOH- Δ^9 -THC (Δ^9 -THCA-A) y 4-COOH- Δ^9 -THC (Δ^9 -THCA-B), respectivamente” (Ministerio del Consumo,2022) estos compuestos al ser sometidos a calor se

transforman en el THC como resultado de la descarboxilación, lo que aumenta el % de THC, ya que en la planta este se presenta en una baja concentración.

Figura 4

Estructura química del Δ^9 -THC y sus precursores



Fuente: Adaptado del Ministerio de Consumo, 2022

(https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/THCpdf.pdf).

5.2.2 Consumo recreativo de cannabis

La organización mundial de la salud menciona que el cannabis es una sustancia psicoactiva que se obtiene de la planta *Cannabis sativa*, esta recibe el nombre de marihuana. Para su consumo se realizan una serie de preparados a partir de la planta mencionada, ya que esta contiene aproximadamente 750 compuestos químicos y 104 cannabinoides dentro de los que se encuentran tetrahidrocannabinol (THC) (OPS, 2018). Los cannabinoides que contiene la planta son los responsables de producir los efectos psicoactivos, siendo el THC el más buscado por el consumidor. Este cannabinoide se logra encontrar en “una resina que cubre las flores y hojas del extremo superior de la planta femenina” (OPS, 2018)

El cannabis se puede consumir por medio de un cigarrillo o porro, una pipa de agua o vaporizadores; sin embargo, los efectos y consecuencias varían según la forma de y velocidad de inhalación, peso del cigarrillo, concentración del THC en el cigarrillo, volumen inhalado, capacidad vital, humo expulsado, etc. (OPS, 2018). Al consumirse fumado, el efecto puede sentirse casi de inmediato y su duración oscila entre 2 a 3

horas, en este proceso el 10 a 25% del THC contenido en el cigarrillo logra llegar al torrente sanguíneo, donde la concentración máxima se logra entre los 3 a 10 min después de la primera calada que debe durar de 1 a 2 min (OEDA,2022).

Así mismo la ODEA,2022 menciona que este psicoactivo se puede consumir vía oral por medio de pasteles, aceites e infusiones; sin embargo, su absorción es más lenta y puede variar entre un 5 a 10 % ya que el producto alimenticio es destruido por los jugos gástricos y es sometido a una metabolización hepática. Por lo cual, la concentración máxima de THC en la sangre aparece entre 2 a 4 horas y sus efectos de media hora a 2 horas después del consumo; por tanto, si el consumidor busca la misma intensidad del efecto requiere consumir una dosis cuatro veces mayor a la empleada en la inhalación.

Cabe mencionar que el consumo de cannabis genera en el cuerpo humano una serie de comorbilidades a nivel de salud mental y física. Se encontró que el consumidor de este psicoactivo puede presentar en su salud mental trastorno de ansiedad, afectivo y de personalidad, así como el juego patológico (Sinclair, et.al, s.f). Por medio de diferentes estudios se ha identificado que los “consumidores crónicos de cannabis tienen mayor riesgo a desarrollar tanto esquizofrenia como otros trastornos psicóticos” (Sinclair, s.f).

Frente a las comorbilidades en la salud física, el consumo regular de cannabis afecta el sistema nervioso central (SNC), cardiovascular (CV), respiratorio, y digestivo. En el SNC a parte de las problemáticas cognitivas, se pueden desencadenar accidentes cerebrovasculares, alteraciones del sueño y mareo. En el CV, se aumenta el riesgo sufrir un infarto agudo al miocardio, pericarditis, coagulopatías, etc. En el sistema respiratorio se presentan afecciones como la neumonía eosinofílica, bronquitis aguda, tuberculosis, etc. En el sistema digestivo se presentan síntomas gastrointestinales

como náuseas, vómitos, dolor abdominal, ardor y afecciones como el síndrome de hiperémesis cannábica o alteraciones en la glucemia (Sinclair, s.f).

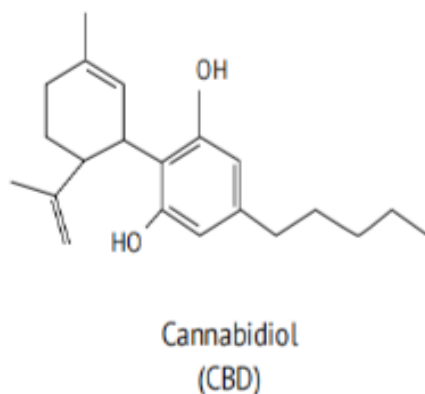
5.2.3 Consumo terapéutico de cannabis

Los cannabinoides de interés medicinal en la planta son el Tetrahidrocannabinol (THC) y el cannabidiol (CBD), donde sus efectos fisiológicos están relacionados con los diferentes receptores que se encuentran en los sistemas y órganos. El THC es un compuesto químico psicoactivo que le posibilita al sujeto "...reducir el dolor, la inflamación (hinchazón y enrojecimiento) y los problemas de control muscular" (NIDA,2019).

Por su parte el CBD (figura 5) es un cannabinoide o compuesto natural que no tiene efectos psicoactivos y es eficiente en la disminución de inflamación, dolor y control de convulsiones epilépticas (NIDA,2019).

Figura 5

Estructura química del cannabidiol



Nota. Adaptado Estructura química de los principales cannabinoides presentes en la planta Cannabis sativa, Sandiego Villaverde, 2020

Así mismo, se encuentra el cannabigerol (CBG) y el cannabicromeno (CBC), compuestos que aportan al control de la "ansiedad, alteraciones del sueño y sobre algunos procesos neurodegenerativos, al igual que en eventos isquémicos, ingesta de

alimentos, diabetes tipo I, *osteogénesis*, sistema inmunológico y cáncer”

(Covarrubias,2019)

5.2.4 Vías de administración de cannabis

El consumo de cannabis se realiza por medio de diferentes formas de administración según su fin terapéutico o medicinal, las vías de administración más comunes son la oral, inhalatoria y dérmica. Cada una de estas presenta “características fisiológicas propias que generan diferencias en los niveles de cannabinoides alcanzados... y en los efectos producidos” (Sedan,2023, p.49).

La vía oral es una administración que consiste en el consumo de cannabis en alimentos como brownies, gomas o galletas. Los cannabinoides que ingresan por esta vía estarán sujetos a diferentes procesos fisiológicos que impactarán el cuerpo cuando alcancen el pico de máxima concentración que se presenta entre 1 a 6 horas y su duración es de 5 a 8 horas (Romero & Morante,2022). Su proceso de absorción se completa en el intestino, los compuestos traspasan el epitelio intestinal y llegan al hígado por medio de la circulación entero hepática para realizar el metabolismo de primer paso, donde se producen metabolitos como el 11-hidroxi-THC, el 11-nor-9-carboxi-THC (THC-COOH) y el 7-hidroxi-CBD (7-OH-CBD), por medio de reacciones catalizadas por enzimas del sistema Citocromo P450 (Sedan,2023).

En la administración **inhalatoria** la sustancia se absorbe con el aire que aspira el consumidor y atraviesa la barrera alveolo capilar e ingresa a circulación sanguínea, para que este proceso ocurra el cannabis debe ser vaporizado o fumado en un cigarrillo (Sedan,2023). Los cannabinoides en esta forma de administración ingresan directamente al torrente sanguíneo por medio de los pulmones y luego son conducidos hasta el corazón para que sean distribuidos, por ende, sus niveles de concentración máxima se alcanzan entre 3 y 10 min.

5.2.5 Sistema endocannabinoide

Para que los cannabinoides, CBD y THC reflejen ese efecto sobre el cuerpo, es relevante mencionar que el sistema cannabinoide tiene un papel protagonista, ya que está compuesto por “receptores de cannabinoides y los endocannabinoides que interactúan del mismo modo que lo hacen una cerradura y su llave” (Fundación CANNÁ, s.f). Este sistema endógeno tiene una serie de neurotransmisores distribuidos en el sistema nervioso, sistema inmune y órganos que interactúan directamente con los endocannabinoides CB1 y CB2 (Kochen,2022).

Cuando los endocannabinoides se unen a los receptores cannabinoides desencadenan una serie de cambios en las células que impactan directamente los procesos fisiológicos del cuerpo, como el control de la sensación de dolor, funciones hepáticas y gastrointestinales. Los endocannabinoides CB1 son receptores metabotrópicos que se encuentran en el cerebro y se “expresan de forma elevada en el hipocampo, los ganglios basales, el córtex y el cerebelo” (Fundación CANNÁ, s.f) Así mismo, se encuentran en órganos como el hígado, pulmones y nervios periféricos sensoriales y simpáticos. Por su parte los endocannabinoides CB2 se ubican en órganos como el bazo, huesos y piel, también se encuentran en células del sistema inmune como los “monocitos, linfocitos B, linfocitos, neutrófilos, macrófagos y células micro gliales” (Fundación CANNÁ, s.f).

La distribución de los receptores es una respuesta a los efectos farmacológicos que producen los cannabinoides en el cuerpo, Gómez, 2022 indica que en el caso del receptor CB1 su ubicación en los ganglios basales está relacionada con la actividad locomotora y en el área del hipocampo con el proceso de aprendizaje, memoria y acción anticonvulsiva. Así mismo, menciona que la distribución de los cómo receptores CB1 y CB2 en el sistema inmune se ajusta perfectamente con los efectos

inmunomoduladores de los cannabinoides y su presencia en órganos del sistema digestivo se relaciona directamente con la absorción de nutrientes, ingesta y equilibrio de energía.

En diferentes estudios clínicos se ha encontrado que el consumo de cannabis con fines terapéuticos ha posibilitado el tratamiento de diversas enfermedades, dados los efectos que estos generan en el cuerpo. Por lo cual se enuncian a continuación algunos medicamentos que presentan la combinación de los principales componentes activos del cannabis (THC y CBD).

- Dronabinol, aporta significativamente en el tratamiento de desnutrición de personas infectadas con VIH, ya que posibilitó un aumento en su apetito y grasa corporal por la activación del receptor CB1 en el hipotálamo (Gómez,2022).
- Sativex, se emplea para tratamiento de la espasticidad generada por la esclerosis múltiple, dado que actúa sobre los receptores pre sinápticos CB1, lo que reduce la liberación de glutamato (Gómez,2022).
- Epidiolex, medicamento que contiene CBD puro, contribuye significativamente en el tratamiento de epilepsias resistentes (síndrome de Lennox-Gastaut, síndrome de Dravet). En cuanto a su mecanismo de acción, es probable que este impacte que los receptores GPR55,5-HT1A,FAAH y otras células diana (Gómez,2022).

Cabe mencionar, que se continúan realizando diversos estudios sobre los efectos de los cannabinoides en el manejo del dolor, como lo menciona Gómez,2022 la International Association on the Study of Pain(IASP) indica que los cannabinoides no son efectivos en el manejo del dolor neuropático crónico, por lo cual no recomienda su

consumo; sin embargo, la American Academy of Neurology, recomienda el uso médico del THC o CBD en aerosol bucal para el manejo del dolor y síntomas de la espasticidad y la esclerosis múltiple.

Un punto álgido en esta discusión es que la recomendación médica para el consumo de cannabis medicinal es que se inicie con unas dosis bajas de CBD y THC no inhalada, en consideración con los efectos negativos para el cuerpo, ya que se pueden presentar efectos psicológicos, neurológicos y cardiovasculares como los ya mencionados anteriormente. No obstante, estos efectos se pueden suscitar por las bajas o nulas concentraciones de CBD, dado que este compuesto químico actúa como protector gracias a sus propiedades ansiolíticas y antipsicóticas. Así mismo, los efectos secundarios se pueden relacionar con la edad, sexo de sujeto que lo consume, así como con la frecuencia y duración del consumo de cannabis (Gómez,2022)

5.2.6 Metabolismo

El ser humano para su crecimiento y desarrollo realiza procesos de alimentación y nutrición, donde las diferentes biomoléculas que se adquieren aportan los nutrientes necesarios para el desarrollo de diferentes tejidos, siendo este un proceso que puede ser estudiado desde el denominado *metabolismo*, un término que se acuñó al “conjunto de reacciones químicas que suceden en el organismo humano y en donde participan enzimas, específicamente sucede en las células y comienza cuando los macronutrientes (hidratos de carbono, lípidos y proteínas) provenientes de la dieta han pasado ya por los procesos de digestión y absorción” (Delgado, s.f). El metabolismo es un proceso vital que le permite a los seres vivos la transformación de energía y nutrientes para su mantenimiento y tiene las siguientes finalidades como lo menciona Feduchi,2021.

-Obtención de la energía necesaria para realizar las funciones del organismo a partir de nutrientes.

-Obtención de las moléculas precursoras o sillares(monómeros) necesarias para la formación de las macromoléculas(polímeros) endógenas, a partir de la degradación de macromoléculas exógenas que se ingieren con los nutrientes.

-Formación o síntesis de las macromoléculas endógenas...partiendo de las moléculas precursoras. Este proceso suele requerir energía.

-Síntesis y degradación de biomoléculas con funciones especializadas, como pueden ser vitaminas u hormonas.

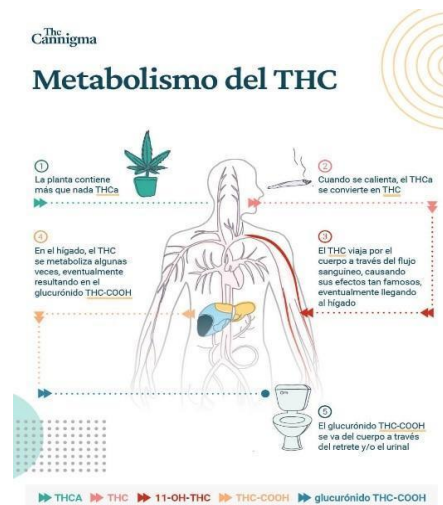
En el proceso metabólico de un organismo se presentan productos intermedios o finales de las reacciones químicas que se dan, los cuales reciben el nombre de metabolito, así como lo afirma Horton,2008 al mencionar que son el producto intermedio en la degradación o biosíntesis de los biopolímeros.

5.2.7 Metabolismo del tetrahidrocannabinol

Es importante resaltar que toda sustancia que entra al cuerpo es metabolizada y las sustancias psicoactivas no son la excepción, ya que órganos como el pulmón, riñón o hígado realizan este trabajo. En el marco de esta investigación se retoma el consumo del cannabis y el metabolismo (figura 6) que realiza de su componente psicoactivo el Tetrahidrocannabinol (THC) en el hígado.

Figura 6

Metabolismo del THC



Nota. Adaptado de *Metabolismo del THC: Cómo tu cuerpo metaboliza el cannabis*, por Emily Earlenbaugh (2019), The Cannigma <https://cannigma.com/es/fisiologia/como-tu-cuerpo-metaboliza-el-cannabis/>

El hígado es un órgano multifuncional e indispensable para el ser humano, ya que permite el almacenamiento de sangre, formación de bilis y el metabolismo, un proceso mediado por los hepatocitos. (Manterola,2017). En los procesos metabólicos es imprescindible debido a sus diversas funciones bioquímicas, dentro de las que se encuentra la regulación del metabolismo de lípidos, aminoácidos, hidratos de carbono, almacenamiento de vitaminas, degradación y síntesis de proteínas plasmáticas.

Así mismo, “tiene la capacidad de metabolizar, y por lo tanto de desintoxicar, una variedad inmensamente amplia de xenobióticos (Xbs), entre los que se encuentran muchos fármacos.” (Feduchi,2021). Ahora bien, el metabolismo del THC se enmarca en el proceso de metabolismo de xenobióticos, ya que esta biotransformación “convierte los xenobióticos liposolubles en grandes metabolitos hidrosolubles que pueden excretarse con facilidad” (Silbergeld,1998)

Este proceso se realiza en el hígado, ya que todos los Xbs son transportados desde el intestino hasta el hígado por medio de la vena porta(vaso sanguíneo).Cabe mencionar

que si el cuerpo capta pequeñas sustancias estas pueden ser metabolizadas en el hígado antes de entrar al sistema circulatorio; sin embargo, si la sustancia es inhalada se esta se distribuye primero por el sistema circulatorio para llegar al hígado y solo se metaboliza una porción de la dosis antes de llegar a otros órganos del cuerpo(Silbergeld,1998)

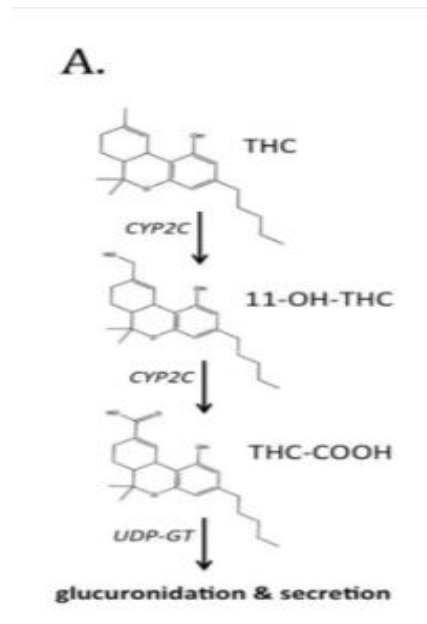
Este tipo de metabolismo se realiza en dos fases, en las reacciones de la primera fase se realiza una oxidación del compuesto gracias a los hepatocitos, estas células hepáticas almacenan enzimas citocromo P450(CYP450) que tienen la capacidad de oxidar los Xbs, lo que permite la activación del compuesto para que sea más hidrosoluble (Silbergeld,1998). Esta fase es catalizada por el sistema de monooxigenasas derivadas del CYP450, donde los Xbs son transformados por reacciones de “oxidación, reducción o hidrólisis, y convertidos en productos más hidrosolubles a causa de la formación de nuevos grupos funcionales polares (carboxilo, hidroxilo, amino)” (Rodríguez,2014).

En la segunda fase, puede ocurrir que actúan una serie de transferasas sobre los Xbs o sobre los metabolitos oxidados en la primera fase, para “combinarlos mediante reacciones de conjugación (glucuronoconjugación, sulfonación y acetilación) con moléculas endógenas de carácter polar (ácido glucurónico, sulfatos, acetatos, glutatión o algunos aminoácidos) para facilitar su transporte por el organismo y su rápida excreción. El objetivo final es aumentar la solubilidad en agua de los compuestos y facilitar su excreción a través de la orina o la bilis” (Rodríguez,2014).

Conforme a lo señalado, es importante mencionar que el proceso metabólico del THC (figura 7) que se desarrolla en el hígado retoma procesos como la “hidroxilación, glucuronidación y oxidación por las enzimas del sistema citocromo P450, donde la principal subfamilia involucrada es la CYP2C.” (Escobar, 2009).

Figura 7

Resumen de la principal vía metabólica del THC



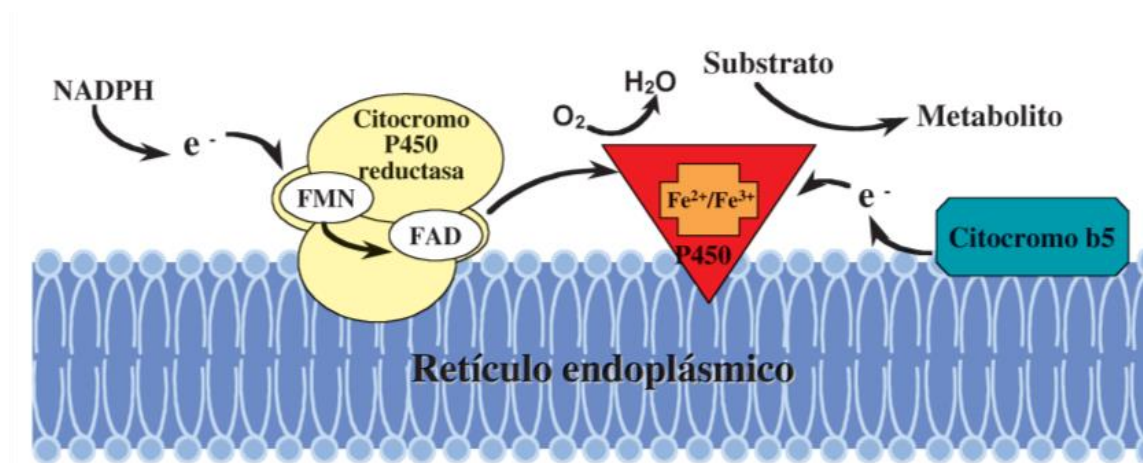
Nota. Adaptado de *FABP1 controls hepatic transport and biotransformation of Δ 9-THC* por Matthew W. Elmes, et.al (2019), Scientific Reports.

El tetrahidrocannabinol, es un cannabinoide que cuando entra en contacto con el cuerpo experimenta una primera metabolización a nivel pulmonar y hepático donde se transforma en un metabolito activo como lo es el 11-hidroxi-THC (11-OH-THC) y luego sufre una segunda metabolización hepática, donde el 11-OH-THC se transforma en metabolitos inactivos como el 11-nor-carboxi- Δ 9 -THC (THC-COOH) (Balcells,2000). Cabe mencionar, que se han identificado relativamente 100 metabolitos del THC y su gran mayoría son compuestos monohidroxilados, los cuales tienen la capacidad de “inducir isoenzimas del sistema citocromo P450, como CYP3A, CYP2B y CYP2C (Escobar,2009). Por lo cual se aborda a continuación la fase 1 y fase 2 del metabolismo del THC.

Fase 1

El metabolismo del THC se da principalmente en el hígado por medio de “reacciones de hidroxilación y oxidación catalizadas por las enzimas del citocromo P450 (CYP450); los miembros de la subfamilia de isoenzimas CYP450-2C desempeñan el papel principal en roedores y humanos” (Elmes,2019). La primera fase involucra las enzimas del Citocromo P450(CYP450), las cuales son un complejo enzimático no integrado (no están físicamente unidas o integradas en una estructura única) en las rutas metabólicas de los organismos, donde sus principales sustratos son los Xbs. Estas tienen la capacidad de transformar los sustratos en moléculas más polares e hidrosolubles para que la excreción sea más sencilla (Rodríguez,2014). Sus componentes esenciales para el proceso metabólico de los Xbs se pueden observar en la figura 8 y la correspondiente explicación de cada uno en la tabla 7.

Figura 8. Componentes del sistema citocromo P450 localizado en la membrana del retículo endoplasmático.



Nota. Adaptado de ¿Qué es el citocromo P-450 y cómo funciona? Donato,2004.

Explicación de los componentes del CYP450

Nota. OpenAI, 2025

Figura 9

The diagram illustrates the catalytic cycle of P450, showing the conversion of a substrate to a metabolite through various iron states and intermediates. The cycle proceeds as follows:

- Fe³⁺ P450**: The initial state, where the iron is in the +3 oxidation state.
- Substrate Binding**: A substrate molecule (green oval) binds to the Fe³⁺ P450 complex.
- Electron Transfer**: An electron (e⁻) is transferred from the substrate to the iron, reducing it to Fe²⁺.
- Fe²⁺ P450**: The iron is now in the +2 oxidation state, and the substrate is bound.
- Oxygen Binding**: Molecular oxygen (O₂) binds to the Fe²⁺ P450 complex.
- Oxidation**: The iron is re-oxidized to Fe³⁺ (labeled as Fe²⁺ O₂ in the diagram), and an electron (e⁻) is transferred to the oxygen.
- Proton Transfer**: A proton (H⁺) is transferred from the substrate to the oxygen, forming a hydroperoxide intermediate (Fe³⁺ OOH).
- Hydroperoxide Intermediate**: The iron is in the +3 oxidation state, and a hydroperoxide group (OOH) is bound.
- Water Release**: A water molecule (H₂O) is released, and the iron is reduced back to Fe²⁺ (labeled as FeO³⁺ in the diagram).
- Product Release**: The metabolite (blue oval) is released, and the iron is re-oxidized to Fe³⁺ P450, completing the cycle.

61

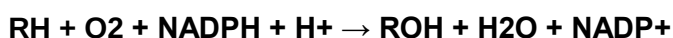
En este ciclo el centro catalítico es el átomo de Fe, este grupo químico que se ubica en el sitio activo de la enzima es el responsable de la catalización de la reacción química, la cual se da una serie de pasos como lo afirma Donato (2004), lo cuales se indican a continuación.

El primer paso del proceso catalítico consiste en la unión del sustrato y el desplazamiento del solvente en la sexta posición de coordinación del átomo de hierro. Como consecuencia de ello se originan cambios en el estado de spin, en el potencial redox y en el máximo de absorbancia de la hemoproteína. En el segundo paso se produce la reducción del complejo hemoproteína-sustrato al estado ferroso (el Fe^{3+} del grupo hemo pasa a Fe^{2+}) gracias al aporte de un electrón y al aumento en el potencial redox originado en el paso anterior. El tercer paso es la unión del oxígeno molecular para formar un complejo superóxido y en el cuarto paso se produce el aporte de un segundo electrón con la formación de una especie activada de oxígeno... al final es la liberación de uno de los átomos de oxígeno en forma de una molécula de agua y la incorporación del otro en el sustrato (Donato, 2004, pp 37-38)

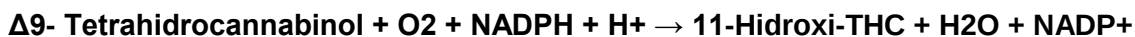
De acuerdo con lo anterior, la formación de los metabolitos en procesos como la hidroxilación y oxidación está directamente relacionada con el mecanismo de catálisis del CYP450. Para comprender el proceso de hidroxilación he de indicar que esta es una reacción que rompe un enlace covalente entre dos subunidades cuando se agrega una molécula de agua, de las cuales a una se le agrega un grupo hidroxilo (OH) y a la otra un átomo de hidrógeno, esta es una reacción catalizada por monooxigenasas, las cuales requieren de un donador de electrones adicional o cosustrato para que el átomo de oxígeno se reduzca a agua (Murray, 2013).

Ahora bien, la reacción catalizada por una monooxigenasas o también llamada reacción global de CYP450 es la que se observa a continuación, donde el RH es el

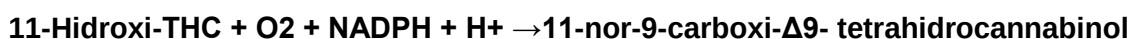
Xbs que se va a metabolizar y el ROH, es el metabolito hidroxilado del Xbs (Donato, 2004)



En el caso de la hidroxilación del THC, la correspondiente reacción es:



El 11- hidroxi- Δ^9 - tetrahidrocannabinol (11-OH-THC) es el metabolito principal del THC, este tiene una alta afinidad con el receptor CB1 y puede ser un poco más psicoactivo que el compuesto químico original (Elmes,2019). Este metabolito entra en una **segunda oxidación** gracias al CYP450, por lo que se transforma en un metabolito secundario inactivo, el 11-nor-9-carboxi- Δ^9 - tetrahidrocannabinol (THC-COOH) (Elmes,2019)



Lo interesante de este proceso en cadena es que no solo es importante desde el punto de vista químico, sino que también tiene implicaciones significativas en la forma en que se estudia el THC en farmacología y toxicología. Los metabolitos resultantes pueden tener diferentes efectos y perfiles de actividad, lo que puede influir en cómo se perciben y se manejan los efectos secundarios (Turner, 2022).

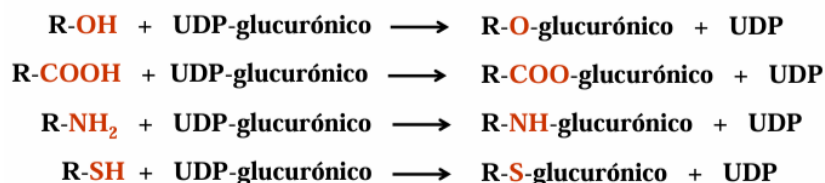
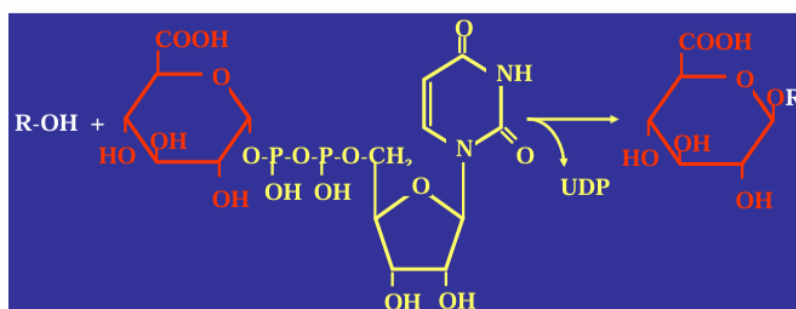
Fase 2

En la segunda fase se presenta la glucuronidación (figura 10) una reacción de conjugación que permite la eliminación de fármacos, sustancias dietéticas y toxinas del cuerpo. La conjugación que se da en este proceso reduce considerablemente la toxicidad celular y facilita la eliminación de la sustancia tóxica por medio de la orina, ya que la molécula se vuelve más soluble (Roldán,2016). Este es un proceso relevante en el metabolismo de Xbs, ya que gracias a las UDP-glucuronosiltransferasa se metaboliza el compuesto principal en glucurónicos hidrófilos y con carga negativa para que estos no salgan de la célula interactuando con moléculas cargadas positivamente como las proteínas (Yang,2017).

Las UDP-glucuronosiltransferasa son una familia de enzimas que se encuentran en la membrana celular y tienen la capacidad de catalizar la formación de β -D-glucurónicos partiendo desde sustancias como los Xbs, por medio de la unión del ácido-glucurónico (donador de la enzima, ubicado en el retículo endoplasmático y citosol) con el ácido UDP- α -D-glucurónico, el cual es donante de alta energía (Ouzzine,2014).

Figura 10

Esquema del proceso de glucuronidación



Nota. Adaptado de *El metabolismo de Xenobióticos por los Organismos. Reacciones de Fase I y de Fase II*, Donato (s. f).

En el caso de la glucuronidación del THC-COOH se da gracias a las UDP-glucuronosiltransferasa, un proceso que le proporciona la solubilidad en agua requerida para su eliminación por orina, sudor y heces (Elmes,2019). En el proceso de glucuronación del THC-COOH se retoma que el grupo funcional de interés es el carboxilo (-COOH), este se une al ácido glucurónico y luego la UDP-glucuronosiltransferasa cataliza la reacción. Seguidamente el ácido glucurónico se transfiere desde el UDP-glucurónico al THC-COOH, lo que permite la formación del

THC-COO-glucurónico, un metabolito soluble en agua y la liberación de UDP (uridina difosfato).

6. Metodología

El diseño de esta investigación se enmarca en un enfoque cualitativo en el marco de una visión holística, donde el método central es el estudio de caso, por ende, la unidad de estudio son los 11 profesores en formación del énfasis didáctico Alimentos bajo la lupa de la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional.

Esta investigación cuenta con tres fases, cada una responde a un objetivo específico, en la primera fase(indagación) para la recolección de información se emplea un cuestionario de conocimientos previos, este se aplica por medio de un Google forms. Luego se realiza la selección de las controversias socio-científicas y ambientales que se relacionan con el metabolismo del THC y cumplen con las características indicadas en el marco conceptual pedagógico.

En la segunda fase se realiza el diseño de la secuencia como estrategia didáctica con base a las controversias seleccionadas y el contenido teórico indicado en el marco conceptual disciplinar, luego se realiza su correspondiente validación por un experto y se procede a su aplicación con la población objeto de investigación. Cabe mencionar que esta secuencia, es una estrategia didáctica que se emplea como diario de profesor y, por ende, se convierte en un instrumento de recolección de información.

En la tercera fase se realiza la sistematización de las respuestas obtenidas durante la aplicación de la secuencia en un documento Excel, para su análisis se elabora una matriz (tabla 9) que contiene los indicadores de alcance de las 8 características de las CSCA, de los 7 entornos del buen vivir y de las 3 capacidades cognitivas a trabajar y estos dos instrumentos se incorporan en el software Nvivo 12 para fortalecer y validar el correspondiente análisis del discurso.

En la tabla 8 que indica la relación que se establece entre los objetivos específicos con las tres fases de la investigación e instrumentos empleados en el marco de la evaluación de las capacidades cognitivas trabajadas para el alcance del objetivo general de la investigación.

Tabla 8

Relación de que se establece entre los objetivos específicos con las fases de investigación, instrumentos y capacidades cognitivas evaluadas.

Objetivos específicos	Fases de la investigación	Instrumentos para la recolección y análisis de datos	Capacidades evaluadas
Identificar las controversias socio-científicas y ambientales vinculadas al metabolismo del THC que favorezcan el desarrollo de las capacidades cognitivas (pensamiento crítico, toma de decisiones, autoconocimiento) y puedan ser abordadas didácticamente.	Indagación	Cuestionario de conocimientos previos	Pensamiento crítico - Toma de decisiones - Autoconocimiento
Diseñar e implementar una estrategia didáctica basada en controversias socio-científicas y ambientales (CSCA) que articule contenidos de bioquímica en la formación de docentes de química.	Diseño e implementación de la secuencia didáctica	Diario del profesor	
Evaluar la incidencia de la estrategia didáctica en el fortalecimiento del pensamiento crítico, la toma de decisiones y el autoconocimiento a partir del análisis de los datos obtenidos por medio del software analítico Nvivo12.	Análisis y evaluación de resultados	-Matriz con indicadores para el análisis del discurso -Software de codificación Nvivo 12	

Nota. Elaboración propia

6.1 Enfoque cualitativo

Esta investigación se desarrollará desde un *enfoque cualitativo* con orientación interpretativa, centrado en comprender las experiencias de aprendizaje de un grupo de futuros docentes de química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Se emplea el método de estudio de caso, lo cual permitirá indagar en profundidad las dinámicas formativas que emergen al abordar el metabolismo del THC desde una perspectiva controversial y socio- ambiental.

La investigación cualitativa es un “procedimiento metodológico que utiliza palabras, textos, discursos, dibujos, gráficos e imágenes para comprender la vida social por medio de significados y desde una perspectiva holística” (Navarrete,2004, p.278). Por lo cual, se centra en la comprensión detallada de los fenómenos sociales y culturales a través del análisis de datos no numéricos.

Este tipo de investigación presenta una visión holística, busca constantemente un “patrón estructural, el conjunto de cualidades organizadas que caracterizan a un hecho social” (Navarrete,2004, p.282). Por lo cual, analiza los hechos sociales en su totalidad, los cuales toman un sentido por los espacios en los que se desarrollan y la historia que presenta el contexto, donde los elementos que los constituyen cobran un sentido y significado desde las relaciones que los confirman. Ahora bien, el objeto de una investigación cualitativa es el significado que tiene la acción del sujeto, ya que se busca comprender la intención de la acción en un contexto social que determina y orienta las conductas, valores y sentimientos del individuo.

Uno de los métodos centrales de investigación cualitativa es el *estudio de caso*, el cual se aborda desde las múltiples realidades que puede presentar para ser analizado, se entiende como “caso” a una unidad, niño, aula o institución, que es observada por el investigador “con el propósito de analizar profundamente distintos aspectos de un mismo fenómeno” (Munarriz,1992, p.104). Por lo cual el investigador se sumerge en el campo de estudio haciéndose parte del escenario natural de su objeto de estudio, con

el propósito de plantear cuestionamientos y recopilar respuestas a partir de los hechos estudiados, sin que sus preconcepciones repercutan en el tipo de análisis que realice, ya que se centraría en la comprensión de estos, pero desde la perspectiva de los participantes. Por ende, va a lograr “analizar e interpretar temas controvertidos, al hallarse durante un periodo largo de tiempo compartiendo las vivencias de los actores en su lugar habitual e interrelacionando como forma de profundizar en el significado social de sus acciones” (Munarriz,1992, p.104).

Ahora bien, la *población objetivo de esta investigación* está conformada por 11 profesores en formación inicial de la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, específicamente del énfasis Didáctico I “Alimentos bajo la lupa”. Dicha población es retomada como caso único para el análisis del discurso.

De acuerdo con lo anterior, los *instrumentos* de recolección de información que se emplearán son respectivamente:

- Cuestionario de conocimientos previos

- El diario del profesor como un recurso que permite fortalecer la investigación en el aula, dado que es una guía que le permite al docente reflexionar sobre su práctica y el proceso evolutivo que se está dando en la temática en desarrollo, como lo afirma Martín & Porlán (1997)

Favorece, también, el establecimiento de conexiones significativas entre conocimiento práctico y conocimiento disciplinar, lo que permite una toma de decisiones más fundamentada. A través del diario se pueden realizar focalizaciones sucesivas en la problemática que se aborda, sin perder las referencias al contexto. Por último, propicia también el desarrollo de los niveles descriptivos, analítico-explicativos y valorativos del proceso de investigación y reflexión del profesor.

Para efectos de esta investigación el diario del profesor es diseñado desde la secuencia didáctica, una estrategia que se convierte en un instrumento de intervención, ya que el diseño que tiene en cada sesión permite la recolección de datos, el análisis de las preguntas generadoras del investigador y el contraste de las respuestas de los profesores en formación con la matriz que contiene los indicadores de cada capacidad cognitiva que se está evaluando. Esta estrategia didáctica resignifica la enseñanza del metabolismo químico al transformar un concepto tradicionalmente abstracto en un objeto de debate, donde los profesores en formación logran realizar conexiones entre los aspectos disciplinares de bioquímica con ámbitos sociales, económicos, legales, ambientales y éticos lo que conlleva a un proceso de enseñanza-aprendizaje de la química en contexto.

Ahora bien, para la validación de los hallazgos de la investigación se emplea la triangulación, esta herramienta “Dentro del marco de una investigación cualitativa...comprende el uso de varias estrategias al estudiar un mismo fenómeno, por ejemplo, el uso de varios métodos (entrevistas individuales, grupos focales o talleres investigativos)” (Benavides et al,2005). Es claro que hay diferentes tipos de triangulación, para efectos de esta investigación se retoma la *triangulación de datos*, esta herramienta consiste en la comparación de la información obtenida en la investigación por medio de los diferentes métodos, en este caso, se realizan las siguientes comparaciones para el análisis de cambio en el discurso en el marco del desarrollo de las capacidades cognitivas (pensamiento crítico, toma de decisiones, autoconocimiento)

- 1.Comparación datos obtenidos en el cuestionario de conocimientos previos vs las respuestas a interrogantes (con y sin apoyo de contenido audiovisual o material bibliográfico) planteados en cada sesión de la estrategia didáctica.

2. Datos teóricos vs la interpretación de datos por parte de los docentes en formación.
3. Comparación de las respuestas obtenidas por los subgrupos 1, 2 y 3 en el desarrollo de las actividades grupales de cada sesión.

6.2 Fases de investigación

A continuación, se presenta las tres fases de investigación, cada una diseñada para responder a los objetivos generales y específicos del estudio.

6.2.1 Primera fase: Indagación

1. Se elabora un cuestionario de caracterización (anexo 1) para indagar los conocimientos previos de los profesores en formación, este instrumento se aplica por medio de un Google forms.
2. Se realiza la selección y clasificación de las controversias socio-científicas y ambientales que se van a implementar para el desarrollo del tema de investigación, las cuales se fundamentan en una serie de artículos y vídeos (tabla 9). Para su selección se tiene en cuenta que las características de las CSCA indicadas en el marco conceptual pedagógico, entre las que se encuentran el planteamiento de la problemática en medios de comunicación donde se aborden opiniones de científicos, periodistas, consumidores de cannabis, médicos y grupos sociales.

Tabla 9

Controversias socio-científicas y ambientales abordadas en el metabolismo del THC

Controversia central	Controversias secundarias	Artículos o videos relacionados	Entornos del buen vivir
¿Cómo influye la forma de administración del cannabis en los procesos metabólicos del cuerpo y, en consecuencia, en los costos y beneficios de la experiencia de consumo?	Cannabis en controversia: ¿medicina o sustancia ilegal?	-Cannabis medicinal: el lamento de empresarios y pacientes que piden auxilio - Los Informantes https://youtu.be/efwEkhsBBdg?si=icolbC9U1n6xSttB -Cannabis en controversia: remedio o sustancia ilegal https://youtu.be/tpPF4P9LI9M?si=wwjEpBQE5ziTcMSB	Cuerpo -ciudad
	La narrativa social divide el cannabis entre la “medicina” y la droga, una distinción que la planta misma no hace.	-Así afecta el cannabis(marihuana) al cerebro y al cuerpo https://youtu.be/Nn2yvw4AsTw?si=cre9urnNYJmUDVqq -<i>Marihuana</i> cannabis, aspectos toxicológicos, clínicos, sociales y potenciales usos terapéuticos. https://www.minjusticia.gov.co/programas-co/ODC/Publicaciones/Publicaciones/CO03132015-marihuana-cannabis-aspectos-toxologicos-sociales-terapeuticos.pdf	Cuerpo-escuela-ciudad
	Vía de administración, vía de riesgo: La peligrosa paradoja del consumo del cannabis.	Los comestibles de marihuana son más fuertes de lo que imaginas https://youtube.com/shorts/HqtVA6O_6cl?si=aLNd0blkvE47DsWP - ¡Debate explosivo! Brownies vs Gomititas Cannábicas https://youtube.com/shorts/Ciq4p0QRBLg?si=0f5Q_h45iKqofKw1 -Debate del sobre el consumo de marihuana (TV Argentina) https://youtu.be/ZMfPy91I5aQ?si=JcxN5smAmW1obf7t - ¿Remedio o droga? Uso del cannabis causa debate en Sudáfrica https://youtu.be/PFtKSsxQkM8?si=hJyA2YZqQVjrOmeZ	Cuerpo-ciudad-país-planeta

	Cannabis recreativo vs el cannabis terapéutico: La realidad del alivio al dolor y la euforia, dos caras de la misma moneda química.	-Rastafarismo: La religión que venera la planta del conocimiento https://youtu.be/wD8MJ2qHM10?si=qTbufzUtrctfOYVQ -Cannabis medicinal: Debate de especialistas de la salud https://youtu.be/CgaKKKFDkDM?si=Q6BfjmMrPkKKMbs4 -Debate sobre el uso terapéutico del cannabis https://youtu.be/CjROphxZX6g?si=T64Rlxu7_uY5g4ip -Cannabis y sistema digestivo: el alivio en patologías inflamatorias. La panza en orden: cannabis y sistema digestivo https://revistathc.com/2025/08/22/la-panza-en-orden-cannabis-y-sistema-digestivo/ -Descripción general de la lesión hepática asociada al CBD. Guía clínica para la hepatotoxicidad asociada al cannabidiol: una revisión narrativa https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jgh.167	Cuerpo- casa- ciudad
	Una huella que marca el cuerpo y el país	-Cannabis y el clima: La huella de carbono y el uso de energía del cultivo de cannabis de interior https://www.tni.org/files/2023-02/CPB2_TNI_sp_web.pdf	Planeta-país- ciudad

Nota. Elaboración propia basada en las características de las controversias asumiendo los entornos del buen vivir como articuladores de la controversia

6.2.2 Segunda fase: Diseño e implementación de la secuencia didáctica

Se diseña una secuencia didáctica basada en controversias socio-científicas y ambientales (CSCA) que articulan contenidos de bioquímica en la formación de docentes de química. Esta se organiza en dos formatos, la guía para el docente y para el estudiante (anexo 2), en esta se encuentra una presentación que indica el propósito de la secuencia y su pertinencia, tabla de contenido, los objetivos generales y los correspondientes a cada sesión. También se especifica la controversia socio científica a trabajar en cada sesión y los recursos necesarios para el desarrollo de cada actividad.

La secuencia está estructurada y diseñada con el propósito de analizar las capacidades cognitivas (pensamiento crítico, toma de decisiones, autoconocimiento) que desarrollan los profesores de química en formación inicial (grupo de énfasis alimentos bajo la lupa) de la Universidad Pedagógica Nacional al abordar controversias socio-científicas y ambientales relacionadas con el metabolismo del THC. Por lo cual, se organizan en cuatro sesiones que se desarrollan en clases de tres horas (tabla 10), estas cuentan con espacios de debate, juegos de rol, prácticas de laboratorio, modelos moleculares, elaboración de mapas, etc. con el propósito de fomentar en los futuros docentes de química una resignificación de su rol docente por medio de la integración del conocimiento científico con las realidades socioculturales.

Para el proceso de implementación, se presenta la secuencia (guía del docente-guía del estudiante) a un evaluador experto para que se realice la validación de este instrumento, por lo cual se diseña un documento que contiene los ítems a evaluar. Al recibir la aprobación del evaluador experto se procede a la implementación de la secuencia (anexo 3)

Tabla 10

Estructura general de la secuencia didáctica

Controversia central: ¿Cómo influye la forma de administración del cannabis en los procesos metabólicos del cuerpo y, en consecuencia, en los costos y beneficios de la experiencia de consumo?			
Sesión	Objetivo	Controversia CSCA	Actividades principales
Sesión 1: Explorando la controversia y fundamentos del metabolismo	Identificar los saberes previos de los estudiantes frente al consumo de cannabis, las concepciones que tiene acerca de su uso recreativo y terapéutico, así como el proceso metabólico que realiza según la vía de administración.	Cannabis en controversia: ¿medicina o sustancia ilegal?	Proceso argumentativo en Mentimeter. Debate relámpago en Padlet
Sesión 2: Ciencia detrás de la controversia – Metabolismo del THC y consumo	Comprender el metabolismo del THC y analizar su relación con el consumo de cannabis en contextos medicinales y recreativos.	La narrativa social divide el cannabis entre la “medicina” y la droga, una distinción que la planta misma no hace.	Galería de opiniones con frases polémicas. Micro presentación con fichas digitales. Uso de modelos moleculares y plataforma MolView para explorar la molécula del THC y Anandamida.

Sesión 3: Conociendo la planta de cannabis sativa e introducción al metabolismo del THC	Relacionar las características químicas de la planta Cannabis sativa con su metabolismo en el cuerpo, con el propósito de comprender cómo las vías de consumo influyen en los efectos del THC.	Vía de administración, vía de riesgo: La peligrosa paradoja del consumo del cannabis.	Observación de shorts sobre vías de consumo. Práctica de laboratorio Mapa argumentativo
	Evaluar las diferencias entre el consumo recreativo y terapéutico del cannabis y sus efectos en la salud, para integrar la información científica, ética y social sobre el uso del cannabis.	Cannabis recreativo vs el cannabis terapéutico: La realidad del alivio al dolor y la euforia, dos caras de la misma moneda química.	Visión del consumo de cannabis desde una postura científica, política y ambiental Comparación molecular THC vs CBD Construcción de una micro clase
Sesión 4: Metabolismo del THC _ consumo recreativo y terapéutico del cannabis	Evaluar las implicaciones ambientales que conlleva el cultivo de cannabis indoor y outdoor.	Una huella que marca el cuerpo, el país y el planeta.	Mural de impactos

Nota. Elaboración propia

6.2.3 Tercera fase: Análisis y evaluación de resultados

En primera instancia los resultados obtenidos en la fase de indagación y aplicación de la secuencia se sistematizan en Excel, cada pregunta y respuesta del profesor en formación se ubican en documentos individuales para lograr el análisis correspondiente al ingresar contenido al software.

Para el análisis del discurso, se elabora una matriz (tabla 11) que posibilita clasificar y cruzar las respuestas presentadas por los profesores en formación en cada actividad según los indicadores de las capacidades cognitivas de orden superior, de las CSCA y de los entornos del buen vivir, lo que posibilita evaluar sistemáticamente los elementos del discurso. Cabe mencionar, que los indicadores que se indican en este instrumento se retoman en del marco teórico con la profundidad que se requiere.

Ahora bien, la matriz mencionada y los datos sistematizados en Excel se ingresan al software de codificación Nvivo12 con el propósito de identificar patrones, tensiones, conflictos y formas de pensamiento emergentes que den cuenta del desarrollo de capacidades cognitivas en los participantes.

Tabla 11

Matriz con indicadores para el análisis del discurso

Capacidad Cognitiva	Subdimensión	Indicador	Características de las CSCA	Indicador	Entornos del buen vivir	Indicador
Pensamiento crítico	Solución de problemas	Identificación de la situación problemática	Opinión	Implica la formación de opiniones y la realización de lecciones personales	Cuerpo	Menciona prácticas de autocuidado
		Definición precisa y representación del problema				
		Exploración de posibles estrategias	Opinión informada/Base científica	Emplea datos o evidencia científica para respaldar o refutar un punto de vista	Casa	Hace referencia al hogar y los vínculos afectivos que establecen en este
	Razonamiento	Inductivo	Asumir posiciones ético-morales	Realiza intervenciones argumentadas que retoman valores, principios o normas para aceptar o condenar una acción	Ciudad	Hace referencia a la transformación del entorno natural y la responsabilidad del sujeto por el cuidado de su entorno urbano
		Deductivo				
		Cotidiano				
Toma de decisiones		Identificación de las opciones	Implicaciones sociales y ambientales	Menciona las posibles consecuencias que una decisión tiene sobre la sociedad y el ambiente. Puede involucrar consideraciones sobre la sustentabilidad	Escuela/Universidad	Hace referencia a la formación y educación para la vida, así como el fortalecimiento del pensamiento creativo y resolución de problemas
		Análisis de las opciones				
		Generación de alternativas	Relación costo-beneficio	Realiza un análisis de costo beneficio en el cual los riesgos interactúan con los valores	Trabajo	Realiza una relación emocional con su labor
Autoconocimiento		La creencia se debe poder expresar en primera persona (yo), por tanto, es consciente	Implicaciones tecnológicas en la sociedad y el ambiente	Involucran productos tecnológicos que tienen impacto en contextos sociales y ambientales	País	Identifica la relación del ciudadano con su territorio, reconociendo su diversidad natural/cultural para su cuidado y defensa.
		La creencia debe ser sobre estados mentales o psicológicos y no sobre hechos físicos	Divulgación en medios	Frecuentemente divulgados por los medios masivos de comunicación, destacando los intereses de los mismos		
		La creencia debe ser inmediata, es decir, no se requiere recabar evidencia	Problematicación a nivel local, nacional y global	Lidían con problemas locales, nacionales y globales en sus estructuras sociales y políticas	Planeta	Identifica como sus decisiones están directamente relacionadas con el espacio que considera ocupa en el planeta

Nota. Elaboración propia con base en Vendrell (2020), Prieto (2018) y Beltrán (2016).

7. Resultados y análisis

Este capítulo se dedica a la presentación de los resultados y análisis correspondientes de la aplicación de cada fase de la investigación. Con el propósito de evidenciar el impacto de la intervención y determinar el grado de alcance de los objetivos planteados se sistematizan los resultados obtenidos en cada fase de la secuencia didáctica en un Excel (anexo 4) y este se inserta en el software de codificación Nvivo12 para identificar los patrones, tensiones y conflictos, así como las variaciones, fortalezas y debilidades en el discurso de los profesores en formación.

Las nubes de palabras presentadas en este capítulo son realizadas por el software en mención, en estas se indican los términos dominantes y su frecuencia, con el propósito de identificar los focos conceptuales del discurso. Por medio de este mismo recurso se generan árboles y mapas ramificados que permiten identificar la conexión que establecen los conceptos al transformar el discurso en unidades de significado (Rodríguez, 2017).

Fase I: Caracterización e Indagación de conocimientos previos

La población objeto de esta investigación está conformada por 11 profesores en formación de la licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, quienes participan del énfasis Didáctico Alimentos bajo la lupa. Los docentes en formación presentan edades que oscilan entre los 22 y 30 años, de ellos 55% mujeres y 45% hombres quienes cursan entre noveno y décimo semestre de la licenciatura.

En la primera fase se realizó un cuestionario con el propósito de indagar los saberes previos de los profesores en formación frente al consumo de cannabis, los procesos metabólicos de sus componentes y las capacidades cognitivas de orden superior que trabajaban según sus intervenciones en el estudio de caso, sobre el consumo de marihuana en estado de embarazo, presentado en dicho instrumento. Por ende, las

respuestas de cada pregunta fueron organizadas en una tabla que se encuentra en el anexo 5.

Se identifica que los profesores en formación tienen nociones básicas sobre el término metabolismo y tienden a emitir opiniones sin base científica, sus intervenciones revelan un manejo superficial del concepto, a pesar de haberlo estudiado en semestres anteriores, dado que realizan las siguientes afirmaciones sobre el proceso “Lo entiendo como una digestión, como un procesamiento...” (caso 3); “Está elaborado por varias etapas entre ellas la digestión” (caso 7). Lo que permite identificar la necesidad de realizar una enseñanza de la química contextualizada y no desde la memorización-repetición.

Frente al proceso metabólico del THC 54.5% de los profesores en formación afirman no tener conocimiento sobre este tema, el caso 4 indica que el proceso “Está elaborado por varias etapas entre ellas la digestión” y el caso 7 “Solo sé que es un depresor del sistema nervioso con resultados psicoactivos”, lo que permite evidenciar la pertinencia del abordaje del tema de investigación con la población en cuestión. Cabe mencionar que un docente en formación, el caso 9, tienen cercanía con la temática de estudio, frente a esta pregunta indica que “Es como el cuerpo transporta, sintetiza y transforma el delta-9- tetrahidrocannabinol para cumplir su efecto psicodélico en el cuerpo” una afirmación que permite evidenciar un manejo conceptual.

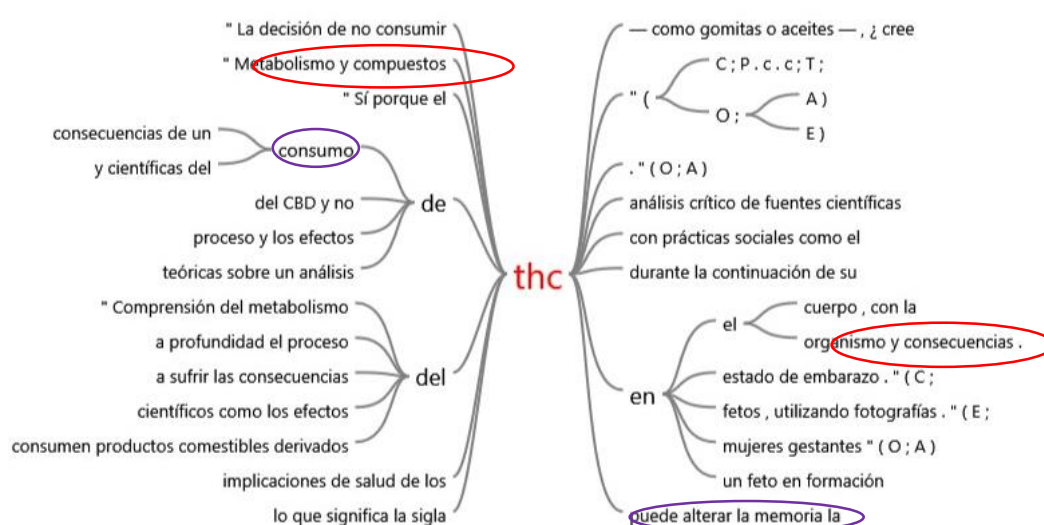
Por otro lado, retoman el término “ambiente” como el espacio natural del cual se obtienen recursos; sin embargo, no se consideran parte de este, dado que lo ven como un ente aislado, sin considerar que sus cuerpos y espacios de desarrollo continuo se enmarcan en la estructura, funcionamiento y relaciones sociales que se establecen en el ecosistema, ya que realizan afirmaciones como “...Y tiene implicaciones ambientales, porque los cultivos industriales o tradicionales tienen

incidencias en el medio ambiente, más que todo por los resultados de los agroquímicos”(caso 1).

Frente a las capacidades cognitivas trabajadas por parte de los docentes en formación en el marco del estudio de caso mencionado, se presenta de forma constante en el discurso el pensamiento crítico y la toma de decisiones. En cuanto al pensamiento crítico se observa en el árbol de palabras “THC” (figura 11) que los nodos discursivos relacionan el consumo de cannabis con los procesos metabólicos que se presentan en el cuerpo y los efectos o consecuencias que se pueden llegar a presentar en términos de salud, lo que permite identificar la subdimensión solución de problemas de esta capacidad.

Figura 11

Árbol de palabras_ Consumo de THC y efectos en la salud



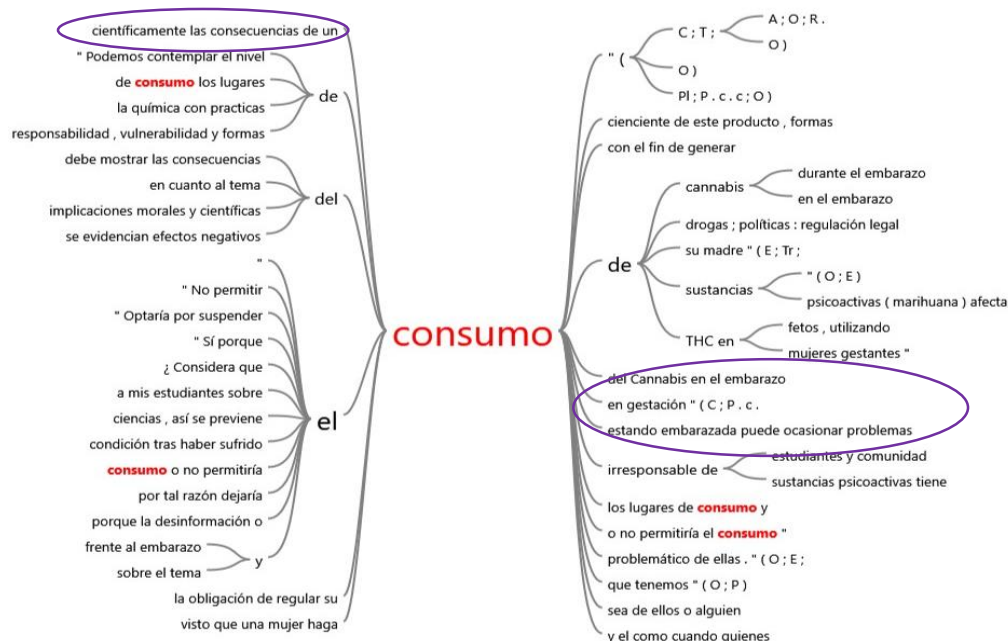
Nota. NVivo12 a partir del cuestionario de conocimientos previos

En cuanto a la toma de decisiones, en el árbol de palabras “consumo” (figura 12) se encuentra que los nodos discursivos relacionan el consumo de cannabis en estado de embarazo con los problemas que se pueden presentar en el desarrollo del feto, se

logra observar que en las líneas discursivas se insiste en no permitir o suspender el consumo. En las ramas del discurso que se presentan en el gráfico se evidencia la intervención del caso 2 al tomar el rol de mujer embarazada e indicar que “No consumiría, ya que se tiene una afectación directa en el feto y por mi salud no sería lo correcto” lo cual permite evidenciar un análisis sobre las implicaciones ambientales (entorno del cuerpo) para la toma de decisiones, siendo este un indicador de dicha capacidad.

Figura 12

Árbol de palabras _ Consumo de THC en estado de embarazo



Nota. NVivo12 a partir del cuestionario de conocimientos previos

De igual forma se evidencia el autoconocimiento en los discursos de los docentes en formación al realizar reflexiones desde el “yo” como un individuo que se desarrolla en sociedad, pero también desde su rol docente donde indican la importancia de abordar estos temas por medio de la alfabetización científica y la construcción de un pensamiento crítico en sus estudiantes para la toma de decisiones, lo cual se evidencia en lo mencionado por el caso 4 al responder la pregunta ¿Qué estrategias

usaría para orientar este caso con sus estudiantes sin estigmatizar y promoviendo una conciencia crítica?

Análisis desde la química acerca de las implicaciones de salud de los THC en un feto en formación y la calidad de vida de la madre gestante, desde la alfabetización científica todos los dilemas de la sociedad pueden ser debatidos y acordados, esto aportará automáticamente una posición crítica en los estudiantes. (Caso 04,2025)

Finalmente, las respuestas permitieron evidenciar cómo los profesores en formación inicial articulan saberes bioquímicos con juicios éticos desde su rol como profesor. Sus intervenciones reflejan conciencia sobre la dimensión ética del consumo durante la gestación en afirmaciones como “claramente, alterar un ser diferente al mío es jugar con lo desconocido” (caso 2); de igual forma se denota la toma de decisión y postura pedagógica crítica en otra afirmación como “consideraría que abordando inicialmente qué es el cannabis se puede orientar sin prejuicio” (caso 9).

Fase II: Aplicación de la secuencia didáctica

Sesión I

En la primera sesión “Explorando la controversia y fundamentos del metabolismo” se identificaron los saberes previos de los profesores en formación frente al consumo de cannabis, las concepciones que tiene acerca de su uso recreativo y terapéutico, así como el proceso metabólico que realiza según la vía de administración.

En la actividad de apertura se realiza una lectura introductoria y a partir de esta se plantea la pregunta ¿El cannabis debe ser considerado principalmente una medicina o sustancia ilegal? los profesores en formación plasmaron sus respuestas en un mentimeter (figura 13) y se observa que relacionan el uso del cannabis con el contexto

o circunstancia en el que se emplee para denominarlo medicina o sustancia ilegal, de igual forma no se presenta una palabra central lo que indica que no hubo una respuesta predominante, por ende, se encuentra pluralidad en las posturas de los profesores en formación.

Figura 13

Nube de palabras_ Actividad de apertura de la primera sesión



Nota. Mentimeter

En la segunda actividad de desarrollo los profesores en formación, por grupos, observaron los vídeos indicados por el investigador y dieron respuesta en un Padlet (anexo 6) a cuatro interrogantes planteados desde la postura que planteaba el recurso audiovisual asignado. En el primer interrogante ¿Cómo influye la estigmatización social del cannabis en las decisiones de salud de los pacientes y en las políticas públicas que regulan su uso? El grupo 01 (G.1) indica que el consumo de cannabis está asociado a la práctica delincuencia. Por su parte, el grupo 02 (G.2) identifica que la estigmatización puede llegar a generar un retroceso en el proceso investigativo de la planta y sus usos medicinales.

En el segundo interrogante ¿Qué tensiones surgen entre la legalización del cannabis medicinal y las barreras que aún enfrentan pacientes y cultivadores para ejercer su derecho a la salud? el G.1 identifica dos nociones sobre el uso de cannabis, medicinal y recreativo, donde el primero puede presentar grandes beneficios para el tratamiento

de diferentes enfermedades, de igual forma, señala que la posible adicción es la tensión que se relaciona con la no legalización del consumo de cannabis. El G.2 señala que las tensiones que surgen están en el marco de la educación, adquisición, economía, consumo y uso adecuado de la planta.

En el tercer interrogante ¿De qué manera la desinformación mediática moldea la percepción social del cannabis frente a la evidencia científica disponible sobre su uso terapéutico? el G.1 señala que no existe una alfabetización en la que se aborde la ciencia y biología del cannabis, por su parte, el G.2 indica que la desinformación mediática permea los hábitos culturales, induce el mal manejo del consumo, genera problemas legales en el proceso de adquisición de la planta.

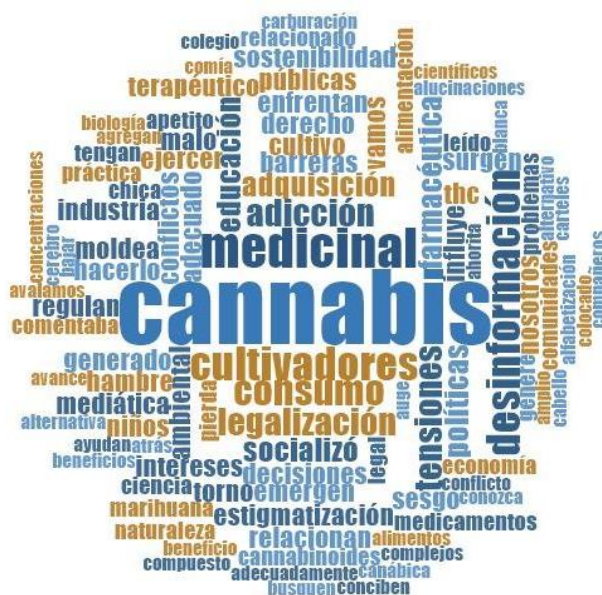
En el cuarto interrogante ¿Qué conflictos de intereses emergen entre pacientes, cultivadores, la industria farmacéutica y el Estado en torno al cannabis medicinal, y cómo se relacionan con la sostenibilidad ambiental de su cultivo? el G.1 menciona que los conflictos se pueden enmarcar en la falta de sustentabilidad y sostenibilidad, falta de leyes que amparen a los cultivadores de cannabis, falta de conocimiento sobre la medicina alternativa y la descontextualización del uso de cannabis solo como “droga”. El G.2 señala como centro del conflicto la adquisición económica por la distribución y el manejo útil de la tierra, así como la legalización, donde se lograría reducir el uso de recursos del estado para la erradicación de la planta.

Ahora bien, en las intervenciones realizadas por parte de los docentes en formación durante esta actividad predomina el uso términos como medicinal, cultivadores, consumo y adicción en torno al término central, cannabis, (figura 14). Esto permite identificar que los docentes en formación relacionan el término cannabis con adicción o droga dado su consumo recreativo; sin embargo, hacen hincapié en la desinformación que se presenta en la sociedad, ya que no se retoman los beneficios

de la planta a nivel medicinal o terapéutico, siendo esta problemática del consumo un punto de tensión, a nivel legal, para los cultivadores de cannabis.

Figura 14

Nube de palabras _Opiniones iniciales sobre el consumo de cannabis



Nota. NVivo12 a partir de las respuestas de los profesores en formación obtenidas en el Padlet.

En el desarrollo de esta sesión se logra identificar el fortalecimiento del pensamiento crítico en la subdimensión de solución de problemas, esto se evidencia en la intervención que realiza G.1 frente al cuarto cuestionamiento, indicando que “No hay sustentabilidad y sostenibilidad, no hay leyes donde no hay un beneficio hacia los cultivadores del cannabis, no hay un conocimiento de medicina alternativa sino una descontextualización de la "droga"(Grupo 01,2025), ya que están cumpliendo con en el indicador identificación de la situación problema, definición precisa y representación del problema. Esta es una intervención que se fundamenta la opinión informada, ya que los docentes en formación retoman lo indicado en los videos para respaldar su punto de vista frente a la temática en discusión.

De igual forma, se evidencia la interrelación que se establece entre el pensamiento crítico y los entornos del buen vivir como la ciudad y el cuerpo, ya que en el discurso del grupo hacen referencia a la transformación de su entorno natural, a las problemáticas que subyacen en este y a la falta de información sobre las posibles prácticas de autocuidado sobre el consumo de cannabis.

Sesión II

En la segunda sesión *“Ciencia detrás de la controversia – Metabolismo del THC y consumo”* se realizaron actividades para la comprensión del metabolismo del THC en relación con el consumo de cannabis en contextos medicinales y recreativos.

En la actividad de apertura se realiza una galería de opiniones (figura 15), cada profesor en formación da respuesta a las cuatro preguntas planteadas según las situaciones allí ubicadas (anexo 7), estas se pueden encontrar en la segunda sesión de la secuencia didáctica, esta se encuentra en el anexo 2.

Figura 15

Profesores en formación participando de la galería de opiniones



En la primera situación los profesores en formación mencionan que pueden abordar la temática por medio de evidencia científica en la que se indiquen los efectos reales que genera el consumo de cannabis a estas edades, también mencionan el abordaje por medio de estudios de caso para la prevención del consumo como lo indica el caso 3 “Con información verídica basada en la ciencia y en los efectos reales que pueden producir, al fin y al cabo, hay sustancias legales que generan peores efectos”. Esta respuesta permite evidenciar que el docente en formación se sitúa en el entorno del cuerpo, ya que retoma prácticas para el autocuidado en la estrategia que plantea y en el entorno de escuela-trabajo, ya que asume su rol como educador y enmarca la escuela como un espacio para la formación y educación para la vida.

Por otro lado, el caso 7 indica que es mejor no abordar esta temática con los adolescentes, sin embargo, no genera un proceso de argumentación a su respuesta, su intervención refiere solo una opinión y dado que no identifica el problema, no plantea una solución, no genera un proceso de pensamiento crítico y tampoco una toma de decisión informada, ya que no identifica o analiza las opciones para la generación de alternativas.

En la segunda situación indican que la desinformación es la que ocasiona que el consumo de cannabis solo se retome como droga psicoactiva y no se reconozcan sus propiedades medicinales, como lo menciona el caso 4 en su intervención “Se estigmatiza el uso de THC, sin conocer sus otros usos como el medicinal. También puede decirse que el mal manejo a la hora de producirlo genera efectos adversos”. Esta respuesta permite evidenciar el fortalecimiento del pensamiento crítico, ya que el docente en formación bajo un razonamiento cotidiano, logra la identificación de la situación problema y representación del mismo.

En la tercera situación presentan diferentes posturas, algunos mencionan que la problemática se debe a sus efectos, forma de absorción, el manejo de concentración

de THC en la comida, las reacciones con los ácidos gástricos o por un mayor atractivo, como lo afirma el caso 9 “Quizás porque está presente en los alimentos más apetecidos, fumar por primera vez no es cómodo ni agradable, comer un brownie es mucho mejor”. En el desarrollo del discurso frente a esta situación se logra identificar el autoconocimiento en la respuesta, ya que el sujeto logra expresar en primera persona su opinión y tiene la creencia inmediata en que la forma de iniciar el consumo de la forma más agradable es el brownie.

En la cuarta situación todos los docentes en formación concuerdan en que se debe abordar la temática por medio de un enfoque de prevención sustentado en evidencia científica, donde no se infunde el miedo y la estigmatización social y se fortalezcan los procesos de autonomía en los estudiantes, como lo menciona el caso 5 “Todo toca abordarlo desde la ciencia, da una perspectiva y visión real que le da autonomía, si el enfoque llega a su forma de pensar y tocas sus ideales e intereses puede impactar en el individuo”.

Frente a esta misma situación, se evidencia la toma de decisiones por parte del caso 1, ya que en un primer momento identifica y analiza las opciones que se le presentan al afirmar que “...al infundir miedo o restricción la persona va a sentirse atraída a probarlo” y luego realiza la generación de alternativas cuando indica que “... mientras que una prevención puede generar preguntas sobre la salud o peligro que lleva a una toma de decisiones más informadas”. De igual manera, en esta intervención nuevamente se observa como el profesor en formación se posiciona desde el entorno del cuerpo en el marco de la prevención de consumo de cannabis.

Frente a los datos obtenidos en el desarrollo de esta actividad se logra evidenciar en el mapa ramificado (figura 16) que los docentes en formación asocian la problemática del consumo de cannabis con la población más vulnerable en términos de salud, los adolescentes, y el THC, componente psicoactivo de la planta, como la característica

que predomina al dialogar sobre el consumo de cannabis recreativa en comparación con su uso medicinal.

Figura 16

Mapa ramificado sobre la galería de opiniones

cannabis	ciencia	información	problemática	benéficos	consumirlo	preguntas	actuación	ambiente	apetencia	aula	autonomía	biología	brownie	carbura
							adictivo	cerebral	concentra	concentra	concentra	concentra	concentra	concentra
		mal	problemático	bizcochos	estigma									
	consumo					psicoactiva	adolescente	científica	contexto	efectivo	emplaste	época	estigma	estómago
				cerebro	estigmatiza		adolora	cohibir	decisión	ética	información	información	innovación	interés
		malo	producir			abordarlo								
	desinformación			comida	marihuana		adversa	colectivo	decisión	extracción	investigación	métodos	miedos	náuseas
thc		medicinal	reacciones			absorción	afectación	comer	desconocimiento	fuma	medicina	negativa	neurociencia	neurona
				concientización	organismo	acabando								
	droga					aceites	agradable	comestible	digestiva	fumarla	metabolismo	negativo	notorios	paciente
adolescentes		miedo	recreativo	conocer	persona	actividad	alimento	comestible	dolor	hachís	metabolismo	nervioso	óvulos	peligro

Nota. NVivo12 a partir de las respuestas de cada profesor en formación en la galería de opiniones

En la actividad de desarrollo se realiza una explicación del recorrido histórico que presenta la planta de cannabis, se aborda por medio de diapositivas las características morfológicas y químicas de la planta de *Cannabis sativa*, las vías de administración de cannabis y su relación con el metabolismo y el sistema endocannabinoide.

Luego de esta explicación se pregunta a los profesores en formación: Si el THC produce tanto efectos terapéuticos como recreativos, ¿Por qué la sociedad insiste en verlo solo como una droga? Un cuestionamiento que responden en grupos por medio de en una micro presentación, la cual está sustentada en unas fichas de síntesis que contienen información sobre la presentación ya realizada.

En la micro presentación del G.1 se encuentra que los docentes en formación indican que la planta presenta una baja concentración de alcaloides, lo que incide en que el cannabis solo sea visto como una droga. Por su parte el G.2 indica que el desconocimiento sobre las bondades de la planta incide en que esta sea vista solo

como una droga y si se desea realizar un consumo, para aliviar dolores o relajarse, debe ser una decisión consciente.

Se observa que el G.2 en su respuesta realiza el desarrollo del pensamiento crítico para la solución de problemas, ya que logra identificar y definir la situación problema al indicar “Creo que es el desconocimiento y que realmente para obtener lo que quisieras, en este caso si fuera aliviar dolores o relajarte, tocaría hacer un consumo muy consciente...”(Grupo 02,2025) y realiza la exploración de las posibles estrategias para la solución del problema al plantear las preguntas “¿Cómo te lo vas a consumir? ¿A qué temperatura voy a vaporizar? ¿Para qué necesito?... (Grupo 02, 2025).

De igual forma se identifica en la nube de palabras (figura 17) que las intervenciones realizadas en esta actividad los docentes en formación emplean un vocabulario científico (alcaloides-concentración-farmacología) para dar respuesta a la pregunta indicada, por lo cual, el discurso comienza a realizar una transición de la opinión generalizada, ya que abandona sus apreciaciones personales a una opinión informada, dado que emplea datos o evidencia científica para respaldar su punto de vista.

Figura 17

Nube de palabras_ La estigmatización social sobre el THC



Nota. NVivo12 a partir de las micro presentaciones realizadas por los docentes en formación

En la actividad de cierre los profesores en formación realizan la estructura molecular de la anandamida y el THC, con modelos moleculares y en la plataforma MolView (figura 18). En el desarrollo de la actividad, los participantes logran realizar la distinción entre un cannabinoide y un endocannabinoide reconociendo las semejanzas y diferencias entre las estructuras de las moléculas mencionadas.

Figura 18

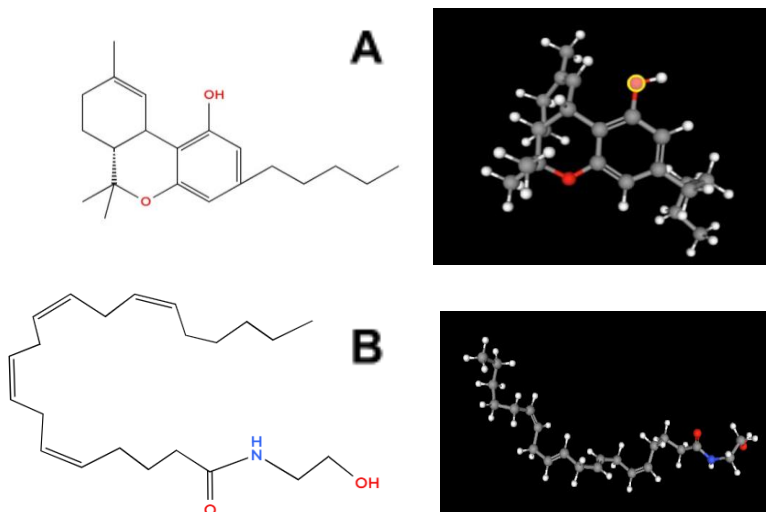
Profesores en formación realizando la estructura molecular del THC y anandamida con modelos moleculares y la plataforma MolView



Cuando los profesores en formación realizan la estructura de cada molécula en la plataforma reconocen que la anandamida tiene una estructura lineal y el THC una estructura rígida y cíclica (figura 19).

Figura 19

Trabajo comparativo del THC y anandamida en la plataforma MolView

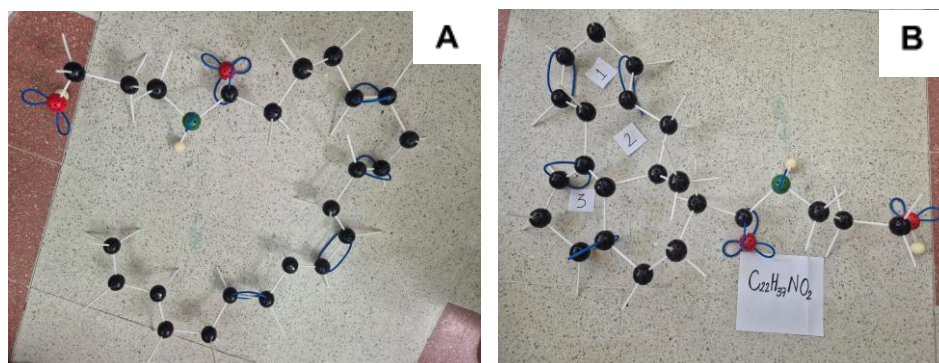


Nota. El registro presenta en a) *Estructura química del THC* b) *Estructura química de la anandamida*. Elaborado por los profesores en formación, participantes de la investigación, MolView, 2025

Esto les permite cuestionar por qué este cannabinoide y endocannabinoide se unen al mismo receptor en el sistema endocannabinoide (SEC), si al parecer tiene una estructura química muy distinta en términos de esqueleto, este ejercicio dio paso a que los docentes en formación realizaran en el modelo molecular de la anandamida una serie de movimientos y pliegues en la cadena de ácido araquidónico en los dobles enlaces (figura 20) y de esta forma identificaran que en este punto cuando la anandamida se va a unir al receptor CB1 se pliega y se asemeja al THC (figura 21), por ende, las dos moléculas logran acoplarse a dicho receptor y generar los efectos propios de cada una.

Figura 20

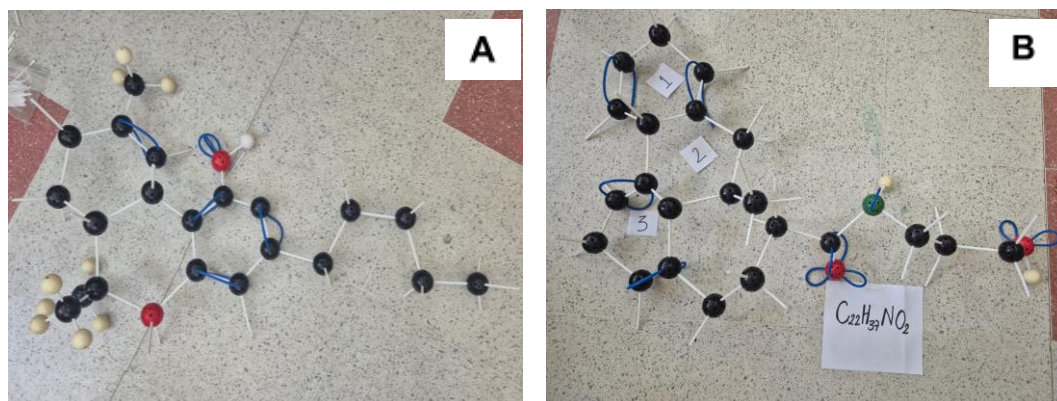
Pliegues que realizan los profesores en formación sobre la estructura de la anandamida



Nota. El registro presenta en a) Estructura lineal de la anandamida b) estructura de la anandamida con pliegues en la cadena de ácido araquidónico en los dobles enlaces, se presenta la similitud con el THC. Elaborado por los profesores en formación, participantes de la investigación, 2025

Figura 21

Similitud estructural del THC con la anandamida plegada



Nota. El registro presenta en a) Estructura del THC b) Estructura plegada de la anandamida. Elaborado por los profesores en formación, participantes de la investigación, 2025

En el desarrollo de esta actividad los profesores en formación logran reconocer la estructura química del THC y su similitud con la anandamida, estableciendo la relación con el SEC, de igual forma, identifican las características morfológicas y químicas de la planta de *Cannabis sativa*, así como sus usos recreativos y medicinales.

Frente a la comprensión inicial del proceso metabólico del THC, se identifica un cambio en el manejo conceptual del mismo, dado que en la caracterización inicial el 54.5% de los docentes en formación señalaron que desconocían este proceso y en el cierre de esta sesión logran identificar que según la vía de administración varía el proceso de metabolización y por ende el tiempo en los efectos que causa el consumo de cannabis.

Cabe resaltar el caso 9, docente en formación tiene cercanía con el tema, en el desarrollo de la sesión realizó aportes significativos frente a las características químicas del THC y a la relación que se establece entre las vías de administración de cannabis y el metabolismo de este xenobiótico. Se identifica que en el discurso de este docente en formación se fortalece el proceso de opinión informada, ya que sus intervenciones las está sustentando con el contenido teórico que se proporciona y no solo desde su propia experiencia.

Sesión III

En la tercera sesión “*Conociendo la planta de cannabis sativa e introducción al metabolismo del THC*” se realizaron actividades que le permitieron a los profesores en formación relacionar las características químicas de la planta con el proceso metabólico que presenta el THC al ser ingerido de forma medicinal o recreativa.

En la actividad de apertura los profesores en formación se organizan en dos grupos de trabajo y cada equipo observa un short sobre las vías de administración del cannabis, luego dan respuesta a un cuestionamiento que está relacionado con este contenido.

En el primer short se aborda el tema del consumo de cannabis desde la perspectiva de un usuario, el interrogante planteado es ¿Este es un tema de experiencia y profesionalismo en el consumo o de farmacocinética?

El G.1 frente a esta pregunta menciona lo siguiente:

Este es un tema de experiencia por consumo de personas del diario común, que tienen una experiencia prolongada pero no hay un conocimiento científico que permita explicar las reacciones de consumir y el metabolismo que este conlleva. Él se sitúa desde su experiencia, él específicamente dice que no sabe cuándo te va a pasar, como te va a reaccionar. No se menciona nada científico y en el video que menciona el “profesionalismo”, ¿es necesario ser profesional para consumir? La palabra “profesional” se refiere al tiempo que lleva consumiendo, le dicen profesional a una persona que lleva mucho tiempo consumiendo, porque no son científicos o médicos. Ellos no dicen hoy voy a consumir THC. (Grupo 01,2025)

En esta intervención los docentes en formación cuestionan el contenido de video y la palabra “profesional” que se está manejando alrededor del tema de consumo, de igual forma reconocen que las afirmaciones realizadas por el usuario no tienen un sustento científico y radican en la experiencia que el sujeto ha tenido alrededor del consumo de cannabis. Por lo cual, se evidencia que el grupo fortalece el desarrollo del pensamiento crítico cuando identifica y define de forma precisa del problema que se enmarca en el video presentado, realizando un razonamiento cotidiano de la situación; sin embargo, se debe fortalecer la exploración de las posibles estrategias para la solución de dicha problemática.

En el segundo short se presenta una argumentación científica que indica los motivos que hacen a los comestibles a base de cannabis más fuertes, el interrogante

planteado en este contexto es ¿Qué datos son relevantes para no caer en simplificaciones frente a las dosis, metabolismo y estructura del alimento?

El G.2 frente al cuestionamiento menciona lo siguiente:

Cuando se consume $\Delta 9$ -THC ya sea vía vaporización o fumado esta sustancia no sufre cambio en su estructura, pero al consumirlo vía oral este es metabolizado por el hígado donde agrega grupos hidroxilo a la molécula sintetizando el 11-hidroxil-THC, que es mucho más potente que el $\Delta 9$ -THC.

(Grupo 02,2025)

En esta intervención los docentes en formación logran identificar como dato relevante sobre el consumo de cannabis oral el cambio que se presenta en la molécula del THC al ser metabolizado por el hígado. Una intervención que permite identificar la construcción que los docentes continúan realizando frente a la temática del metabolismo del THC, donde inician el reconocimiento de las diferencias metabólicas que se presentan según la vía de administración del cannabis. De igual forma identifican el órgano en el que se realiza el proceso metabólico (hígado) y el cambio que se presenta en la molécula inicial gracias al proceso de hidroxilación, siendo esta la primera fase del metabolismo del THC.

En la actividad de desarrollo se realiza la práctica de laboratorio, en primera instancia se abordó el componente biológico de la planta *Cannabis sativa*, por ende, se realizó una descripción morfológica de la misma, los docentes en formación identificaron sus partes y la funcionalidad de estas.

Luego se realizó una observación de la flor en estereoscopio, ellos hidrataron la flor en agua hirviendo, dado que era un material seco, luego identificaron los tricomas y reconocieron la importancia que estas estructuras presentan para la obtención de cannabinoides de la planta y por último reconocieron que esta era una inflorescencia

dado que realizaron un corte longitudinal y encontraron el pedúnculo que sostiene la flor (figura 22)

Figura 22

Observación de la flor de la planta Cannabis sativa en estereoscopio



En un segundo momento los docentes en formación realizaron la extracción de cannabinoides a partir de hielo seco, para esta actividad se organizaron tres grupos de trabajo, el primer y segundo equipo realizaron la extracción a partir de hojas-tallo y el último a partir de la flor.

Los grupos de trabajo realizaron el macerado del material vegetal y tomaron su masa, luego procedieron a la extracción con hielo seco y al tamizaje para la obtención de resina que será empleada en la identificación de cannabinoides por ensayo de color (figura 23). Frente al rendimiento de la extracción, los datos obtenidos por cada equipo de trabajo se encuentran en la tabla 12.

Tabla 12

Resultados del rendimiento de la extracción de cannabinoides a partir de hielo seco

Grupo	Pesaje de muestras	(g)
01	Materia prima_ Hojas de <i>Cannabis sativa</i>	9,817
	Resina obtenida	2,141
	Rendimiento (%)	21,80%
02	Materia prima_ Hojas de <i>Cannabis sativa</i>	7,052
	Resina obtenida	1,325
	Rendimiento (%)	18,78%
03	Materia prima_ Flor de <i>Cannabis sativa</i>	19,138
	Resina obtenida	3,702
	Rendimiento (%)	19,34%

Nota. Autora, con base a los datos obtenidos por cada grupo participante de la investigación

Figura 23

Proceso de extracción de cannabinoides a partir de hielo seco realizado por los docentes en formación



En tercera instancia con la resina obtenida cada grupo realizó la identificación de cannabinoides por medio del ensayo de color (Ensayo Duquenois-Levine). El G.1 y G.2 presentan resultados positivos en la detección del compuesto químico en mención, dado que la prueba arrojó el color violeta como se indicaba en la literatura (figura 24). Por su parte, el grupo 03 (G.3) presenta un resultado negativo, lo que conlleva a cuestionar si el método de descarboxilación fue el correcto, ya que si no se realiza con la temperatura y tiempo adecuado los ácidos precursores (delta-9-tetrahidrocannabinólicos A y B) no se activan para transformarse en THC, un resultado que les permitió identificar la importancia de este proceso en la elaboración de alimentos a base de cannabis en el marco del consumo recreativo.

Figura 24

Resultado positivo de la prueba de ensayo de color para la identificación de cannabinoides



Frente a esta prueba por ensayo de color los profesores en formación mencionan que una de sus limitaciones es la precisión y solventes en la realización de la práctica, como lo indica el G.2 “Hay que ser precisos para la realización de la prueba debido a que si no se hace de la manera adecuada no habrá cambio de coloración, lo cual puede arruinar la prueba...Requiere tiempo, solventes y estándares de referencia” El G.2 y G.3 mencionan que la prueba genera una ambigüedad, ya que puede generar falsos positivos con otras sustancias fenólicas como: eugenol o resinas naturales. Es una prueba que no es cuantificable, esta solo confirma presencia o ausencia, no

concentración. Como utilidades mencionan que la práctica “Es rápida, económica y útil en contextos de campo o educativos...Ideal en laboratorios de investigación o control forense para confirmar resultados” (Grupo 02,2025).

En la última fase del laboratorio se realiza un cuestionario y un mapa argumentativo en relación a la práctica realizada. Frente a la pregunta ¿Qué relación existe entre la composición química de la planta y el proceso metabólico que realizan en el cuerpo? Los tres grupos de trabajo concuerdan en que la composición química de la planta influye en la respuesta metabólica del organismo y en la interacción con el SEC, donde el THC actúa como agonista de los receptores CB1 y CB2 del SEC.

En cuanto al mapa argumentativo los docentes debían realizar un esquema que contrastara evidencia científica (metabolismo, biodisponibilidad), narrativas sociales (medicina vs droga), y la dimensión ética y política (legalización, acceso, estigmatización), los resultados obtenidos se presentan a continuación (figura 25)

Figura 25

Mapa argumentativo realizados por los docentes en formación



Nota. Elaborado por los profesores en formación, participantes de la investigación.

En estos mapas los docentes en formación retoman en el componente de evidencia científica las propiedades farmacocinéticas al mencionar que “el metabolismo hepático del THC y CBD producen metabolitos activos que modulan efectos dependiendo de las enzimas hepáticas y variabilidad genética entre los individuos”(Grupo 02,2025); el G.1 y G.3 indica que la biodisponibilidad varía según la vía de administración, el G.3 menciona la importancia de las enzimas del citocromo P450 en el metabolismo del THC y CBD.

En el aspecto de narrativa social el G.1 retoma el uso terapéutico en enfermedades como la epilepsia, en el dolor crónico y la ansiedad, de igual forma menciona que hay una estigmatización frente al consumo de cannabis por su componente psicoactivo. El G.2 también retoma la estigmatización sobre el consumo de cannabis indicando que “los medios suelen asociar cannabis con drogas ilegales, disminuyendo la viabilidad de sus usos terapéuticos...”. Por su parte el G.3 indica que a nivel social “el cannabis se encuentra en tensión entre su reconocimiento médico y su pasado como sustancia ilícita...” Se logra evidenciar en la intervención de los grupos frente a este aspecto el reconocimiento que realizan sobre el manejo de la temática en los medios masivos de comunicación, lo que permite corroborar que esta cumple la característica *divulgación en medios* para retomarse como una controversia sociocientífica y ambiental.

En la dimensión ética y política el G.2 menciona que en los modelos regulatorios las “políticas públicas efectivas requieren diálogo entre científicos, comunidades afectadas y legisladores...”.El G.1 también retoma el aspecto de la legalización y el acceso regulado vs la prohibición, de igual forma indica que el acceso al tratamiento médico con cannabinoides presenta una desigualdad social y menciona la existencia de barreras sociales y legales entre los pacientes y el medicamento a base de cannabis. Por su parte, el G.3 indica que “La legalización del cannabis medicinal en América Latina ha abierto debates éticos sobre el derecho al acceso a tratamientos

alternativos...” En las intervenciones realizadas para esta dimensión se reconoce que los docentes bajo los indicadores pertinentes, se sitúan en el entorno ciudad-país-planeta, ya que identifican como sus decisiones están directamente relacionadas con el espacio que consideran ocupan en el planeta, sin dejar a un lado su responsabilidad como sujeto al establecer una relación con su territorio y las problemáticas que se presentan en este.

Se logra identificar en los mapas realizados por los docentes en formación un gran avance en la capacidad de pensamiento crítico, ya que están realizando procesos de identificación de problemas, análisis y delimitación de los mismos, lo que se evidencia en sus intervenciones en el aspecto de narrativa social, dado que contrastan el uso terapéutico del cannabis con la estigmatización por sus componentes psicoactivos. De igual forma, logran señalar las desigualdades sociales en el acceso a un tratamiento médico a base de cannabis y la existencia de las barreras sociales y legales que se presentan en este proceso. Asimismo, se reconoce la construcción de una base racional y ética para la futura toma de decisiones informadas en el marco de su rol docente, donde van a tener la capacidad de identificar y analizar las opciones que se presentan, así como generar alternativas frente a la situación que se presente.

En la actividad de cierre se presentan dos videos que abordan un proceso de debate sobre el consumo de cannabis y casos de la vida real de personas que consumen cannabis de forma medicinal a pesar de ser ilegal en contextos como Sudáfrica, con base a estos los docentes en formación respondieron el cuestionamiento ¿Las vías de administración son solo un asunto farmacológico o también reflejan desigualdades sociales, legales y culturales?

Frente a esta pregunta y con base a los videos trabajados, los docentes en formación indican que las vías de administración de cannabis no es solo un asunto farmacológico y lo señalan al retomar en su discurso los factores legales, sociales y culturales (figura

26) que influyen en el consumo de cannabis, cómo se logra evidenciar en lo mencionado por el caso 1 en su intervención:

Dando respuesta a la pregunta, pues el cannabis no solamente es un asunto farmacológico sabemos que el CBD, aunque tiene buenos factores para ayudar enfermedades tiene ciertos problemas sociales debido a que el mal uso o la desinformación en su consumo hace que estos reflejen en los asuntos legales haciéndola una droga ilícita. Pero desde los contextos culturales como lo mencionaba el video de 12 minutos hay factores como el CBD que sí se pueden utilizar pero lo que pasa es cuando se desinforma y se da el mal uso, cuando empieza el consumo desde adolescentes ese es el problema, porque impide el proceso de formación de nuevas neuronas lo cual hace que sea un asunto que ante el Estado ante lo legal se deba discutir porque ¿Quién regula el consumo de los menores? y en este caso aunque hablaban de las drogas que son legales como el alcohol el tabaquismo, todas estas generan aun así enfermedades, pero qué es lo que lo hace aun así peligroso, la cantidad. Pero en el caso de la marihuana la experta explica que, aunque no consuma varias cantidades como lo haría alguien que se consume un cigarrillo el daño que genera en el sistema nervioso es grande, por esa razón si se aprobara el consumo legal de la marihuana generaría una mayor adicción lo cual daría procesos a nuevas enfermedades, por eso es un tema controversial que no solo remite a lo farmacológico, sino que también a lo social cultural y legal.

(Caso 1,2025)

De igual forma, retoman la influencia de los medios de comunicación sobre la percepción que tiene la sociedad en general sobre el consumo de cannabis, un asunto que trasciende a el manejo de las políticas públicas y los prejuicios sociales ya

Lo que sucede es que las vidas de administración del cannabis no se limitan tanto a un tema farmacológico, también se evidencian algunas desigualdades sociales, tanto legales como culturales. Lo que sucede es que en el debate que se muestra en Argentina, se observa cómo la marihuana está rodeada de algunos estigmas relacionados con la ilegalidad, la adicción y bueno, como todo ese tabú que es visto desde el lado malo. Pero digamos que en Sudáfrica se muestra que, aunque el uso del cannabis como parte medicinal, si se puede realizar de manera controlada, bien sea vía oral o en fármacos, sigue siendo aún penalizado por la ley. Entonces esto genera algunas tensiones entre la necesidad del paciente y las restricciones legales. Entonces la forma de consumir el cannabis no solo se determina en los efectos, también se ve desde la manera en la que la sociedad lo juzga y lo regula y se reflejan algunas diferencias de acceso o aceptación, e incluso lo mismo como que sea legal o no, pues todo también depende del contexto tanto cultural y normativo en el que se esté. (Caso 9,2025)

Nube de palabras_ Las vías de administración de cannabis no solo es un asunto farmacológico



103

En el discurso desarrollado en esta actividad se encuentra un gran avance en el desarrollo del pensamiento crítico, ya que en sus respuestas se evidencian los indicadores de la capacidad cognitiva mencionada. Los docentes en formación por medio de un razonamiento cotidiano logran identificar la problemática central y frente a esta realizar los respectivos análisis y exploración de posibles estrategias para la solución del problema. Esto se evidencia en los cuestionamientos que plantean sobre la relación farmacológica y social en el consumo de cannabis, en la interpretación y confrontación que realizan sobre las temáticas que se abordan en los debates, en el análisis que establecen frente a la influencia que tienen los medios de comunicación sobre la percepción y estigmatización que se presenta en la sociedad sobre el consumo de cannabis y en la interpretación que establecen sobre las vías de administración como un reflejo de las desigualdades sociales que se presentan frente al consumo, un análisis que se encuentra en lo mencionado por el caso 3 en su intervención:

Bueno, mi respuesta a la pregunta de las vías de administración no son sólo un asunto farmacológico, también reflejan desigualdades sociales, legales y culturales. Bueno, pues complementando con los vídeos y con lo que hemos venido hablando en las clases, yo creería que es más allá de un asunto farmacológico, porque pues si hablamos de la eficacia y de la seguridad y el control que puede haber desde la farmacología, algunas vías requieren supervisión médica, porque hay implicaciones en nuestro cuerpo, al momento de absorber y procesar la sustancia, pero más allá de eso, un tema de debate siempre va a ser lo que son las desigualdades sociales y legales, porque sabemos que no todas las personas tienen acceso a vidas más seguras y eficaces, pues sabemos que hay una criminalización selectiva, como pues el uso de estas drogas, como lo es la marihuana, entonces eso no reflejaría ya lo

que son los juicios morales y algunas políticas como punitivas, que afectan poblaciones vulnerables. Y acá es donde se va incrementando la estigmatización de ciertos grupos de personas que pueden ver la marihuana de forma recreativa, de forma medicinal. También es importante hablar de lo de las culturas, de lo que hablaba hoy mi compañero Carlos, de los afros, que ellos ven la medicina, este tipo de droga como medicina y más que todo ellos se inclinan por lo religioso, por sus creencias sobre la percepción que puede haber en el cuerpo, que viene desde la madre naturaleza, que se pueden hacer rituales, ejemplo algunos indígenas también, les tienen algún significado a ciertas plantas. Entonces, pues como, en resumen, las vidas de administración pues en sí no son neutras, sería como un espejo de nuestra sociedad, de poder cómo distribuir ese poder y ese acceso que se tiene. (Caso 3,2025)

Frente a la toma de decisiones se logra evidenciar en el discurso de los docentes en formación un fortalecimiento en el desarrollo de esta capacidad, por medio del alcance de los indicadores de la misma, dado que sobre las situaciones problema que se desarrollan en los videos logran identificar y analizar las opciones que se presentan y sobre estas generan alternativas para su abordaje o solución.

Esto se hace evidente cuando los docentes en formación asumen una postura informada al considerar las implicaciones culturales, sociales y legales frente al consumo de cannabis, también se denota cuando proponen un proceso de reflexión sobre el consumo de cannabis terapéutico y las tensiones que se establecen con el ámbito legal. De igual forma, se hace evidente esta capacidad cuando realizan un análisis crítico y posición ética antes de realizar un juicio moral, como se evidencia en lo mencionado por el caso 6 en su intervención:

Respecto a la pregunta creo que es un asunto farmacológico porque como vimos hoy la acción del cannabis en el cuerpo depende de la administración y

si refleja desigualdades yo creo que sí, refleja desigualdad social en el sentido de que no se promueve la investigación y no se trata en los colegios por ejemplo y por qué hablo de colegios, pues porque digamos que la parte perjudicial según la experta del consumo recreativo es más crítico en adolescentes y jóvenes que son los que más lo consumen y aunque en Colombia hay material de investigación en lo medicinal siempre se habla de lo recreativo y los jóvenes lo consumen por el efecto recreativo. Además que con la falta de legalización se está privando a personas que hayan alivio a enfermedades bajo las propiedades del cannabis y como muestra el vídeo del niño con el síndrome de Costello, también refleja una desigualdad legal porque aunque en Colombia es legal el uso medicinal también es legal el alcohol y el tabaco pero la marihuana no y lo peor es que en parte es más por estigmatización que por salud pública, como decía el moderador del debate se habla más de consumo responsable del alcohol y el cigarrillo pero no de la marihuana entonces si hay posibilidad de generar conciencia social respecto a su consumo...(Caso 6, 2025)

En cuanto al autoconocimiento también logra evidenciar en el discurso de los docentes en formación un fortalecimiento en el desarrollo de esta capacidad, por medio del alcance de los indicadores de la misma, ya que logran expresar sus afirmaciones en primera persona y de forma inmediata, las cuales están sujetas a sus ideas o perspectiva general de la temática en desarrollo.

Esto se evidencia cuando los docentes en formación logran expresar conciencia sobre los prejuicios personales que tienen frente a la temática y la confrontación que se presenta al realizar el análisis del contenido de los videos, donde su visión o perspectiva inicial, sujeta a discursos populares, tiende a cambiar a una reflexión propia bajo los argumentos expuestos por expertos. De igual forma, realizan un

proceso de reflexión sobre su rol como educador, indicando la importancia de promover la comprensión y formación crítica en sus estudiantes, para que ellos tomen una decisión informada sobre el consumo y no se continúe trabajando bajo el discurso del miedo y la sanción, como se evidencia en lo mencionado por el caso 8 en su intervención:

También está el otro lado que es sobre las personas que consumen con fines recreativos, entonces es más sobre un tema de educación, educación temprana en los chicos, hacerles ver que realmente si hay problemas con el uso temprano de estas sustancias que puede traer enfermedades graves cuando sean adultos o cuando decidan tener bebés o algo así, van a haber realmente consecuencias, pero en el caso de las personas que realmente lo necesitan por aprovechar las bondades del CBD, pienso que sí hay desigualdad porque por ejemplo en una persona de escasos recursos y que su cuerpo necesite este medicamento paliativo, se va a encontrar con un alto costo en los productos que realmente le funcionan y que sean obviamente de buena calidad, que sean con buenos procesos, entonces se van a ir de acuerdo con sus recursos, se van a ir con algo que sea más asequible para ellos. No importa la procedencia, entonces pienso que para las personas que realmente necesitan o sea con prescripción médica, sería muy bueno que quitaran las restricciones para que ellos puedan aprovechar y sentir algo de alivio más cuando son enfermedades terminales y los dolores son muy fuertes, sí sería bueno, pero también hay que hacer esfuerzos para educar bien a los chicos, a los niños, en que realmente si es una droga, si tiene consecuencias a nivel neurológico en nuestro cerebro.(Caso 8,2025)

Sesión IV

En la cuarta sesión “*Metabolismo del THC _ consumo recreativo y terapéutico del cannabis*” se realizaron actividades que le permitieron a los profesores en formación evaluar las diferencias entre el consumo recreativo y terapéutico del cannabis y los impactos que estas presentan a nivel ético, social y ambiental cuando se establecen diálogos sobre su consumo.

En la actividad de apertura se organizan tres equipos de trabajo y a cada uno se le asigna un video que sostiene una postura científica, política o cultural sobre el consumo de cannabis, con base a este recurso los docentes en formación dieron respuesta a la pregunta ¿Cómo se pueden gestionar las experiencias personales positivas de los pacientes que consumen cannabis para aliviar el dolor con los riesgos para la salud mental identificados por la comunidad científica? según la postura indicada por el docente investigador.

El G.1 que aborda la pregunta desde una postura científica, menciona que el cannabis en el ámbito de la ciencia y la salud el cannabis no se ve como una cura o medicamento; sin embargo, afirmaron que este “puede ser usado por pacientes con condiciones altas paliativas, pero en sentido inhibitorio, no como cura” (Grupo 01,2025)

El G.2 a quienes les correspondió la postura política, indicaron que en este ámbito se realiza una distinción entre el uso medicinal y recreativo del cannabis, pero dado que en la población no hay conciencia sobre el consumo se presenta un limbo normativo entre estas formas de uso. De igual forma retoman las ventajas y desventajas que se presentan tanto en el consumo medicinal como en el recreativo, donde el primero posibilita la “disminución de dependencia de fármacos para tratar enfermedades” (Grupo 02,2025) y el segundo no tiene una “políticas de prevención en la educación frente a la edad del consumo” (Grupo 02,2025)

El G.3 trabajó bajo la postura cultural, indicaron que para el consumo de cannabis se deben considerar factores como la edad paciente y si este presenta un dolor crónico, por lo cual, plantearon un caso hipotético sobre el consumo de cannabis por parte de personas con trastorno alimenticio como la anorexia, donde dicho consumo tenía la finalidad de generar en el paciente una sensación de hambre. También retomaron las posibles creencias que puede tener el consumidor, ya que si pertenece a grupos como el Rastafarismo va a venerar la planta y no la emplea en prácticas recreativas, ya que establece una relación espiritual con esta.

En las intervenciones realizadas por los docentes en formación se logra identificar que en la construcción de sus respuestas retoman diferentes conceptos que se han abordado durante la secuencia didáctica, por lo cual su discurso presenta una marcada transición entre la opinión y la opinión informada, ya que emplean datos o evidencia científica para respaldar sus intervenciones. Se puede observar en la figura 27 el tema central que abordó cada grupo para dar solución al interrogante, estas nubes de palabras permiten comparar los puntos de referencia que cada uno retomó según la postura asignada y observar las capacidades cognitivas que continúan desarrollando en su discurso.

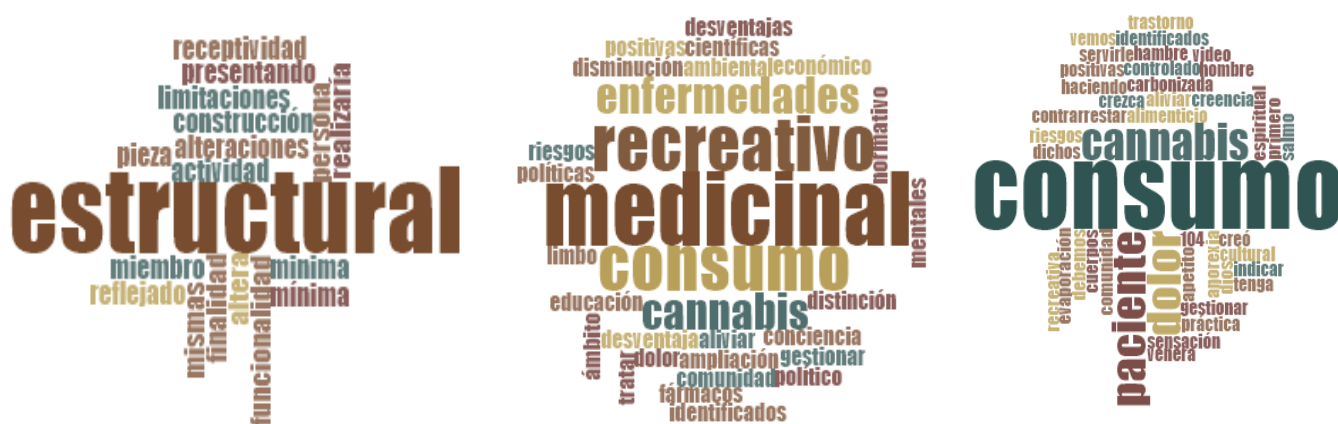
El G.1 fundamenta su respuesta en la estructura que presenta el THC y el sentido inhibitorio que puede presentar en los pacientes cuando se consume de forma terapéutica, lo que permite evidenciar que los participantes logran reconocer las propiedades farmacológicas de este compuesto psicoactivo. De igual forma en el discurso se identifica la toma de decisiones por parte de los docentes en formación al establecer la estrategia de gestión para abordar la problemática, donde el consumo se puede realizar por parte de pacientes con enfermedades crónicas, una afirmación que permite evidenciar la relación costo- beneficio que están evaluando los participantes.

El G.2 enfoca su respuesta en el consumo medicinal vs el recreativo y las diferentes tensiones que se establecen sobre este, se logra evidenciar en el discurso un fortalecimiento del pensamiento crítico ya que logran identificar y analizar los problemas legales y sociales que subyacen frente a las formas de consumo y exploran posibles estrategias para el abordaje del mismo, como es suscitar una conciencia sobre el consumo dado el limbo normativo que existe sobre estos.

El G.3 centra su intervención en el consumo de cannabis terapéutico dado el grado de dolor y edad del paciente, una respuesta que permite identificar el abordaje de la temática desde el autoconocimiento y la toma de decisiones, ya que están aceptando las necesidades o limitaciones que puede llegar a tener el cuerpo frente a una enfermedad o las posibles creencias que tenga el consumidor; sin embargo, el pensamiento crítico está menos desarrollado en el discurso, ya que no presentan las posibles soluciones a las tensiones que se establecen entre los riesgos del consumo(datos científicos) con las creencias o necesidades personales del consumidor.

Figura 27

Nube de palabras_ Comparación de los discursos según la postura

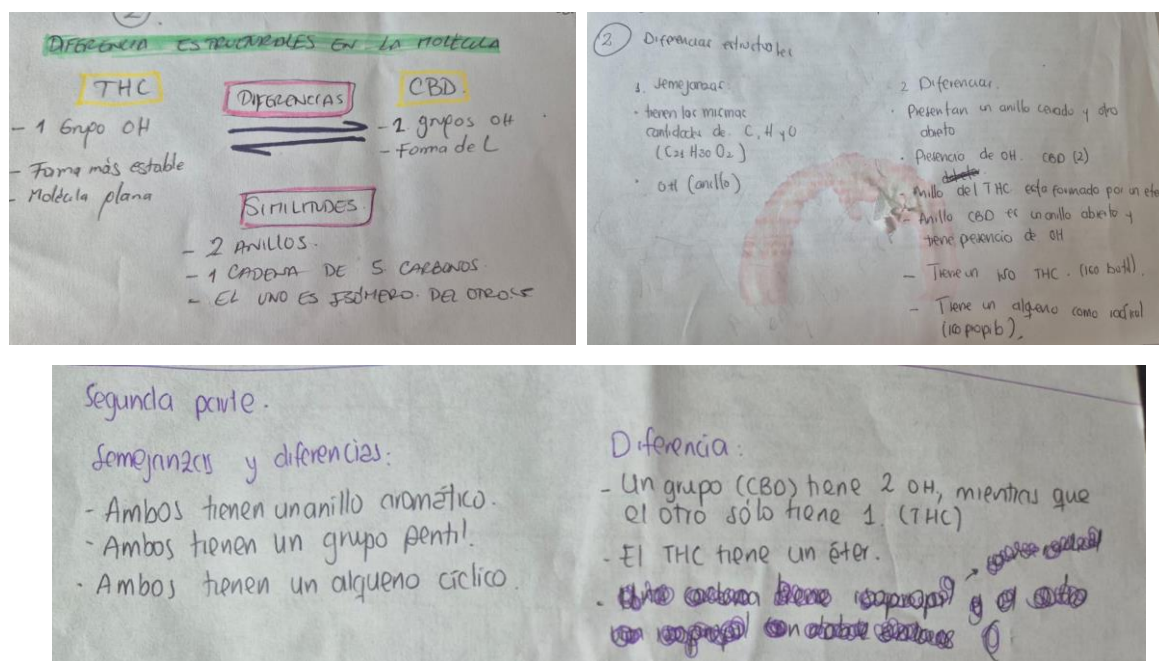


Nota. Nvivo12 a partir de la postura científica, política y cultural que presentan los profesores en formación sobre el consumo de cannabis

En la actividad de desarrollo por grupos se realizó un reto de observación, en este debían ver por 1 min la estructura del THC y CBD e identificar las semejanzas y diferencias de estas moléculas (figura 28), para dar respuesta a la pregunta *¿Cómo puede una mínima diferencia estructural generar efectos tan distintos en el cuerpo y en la sociedad?*

Figura 28

Semejanzas y diferencias entre el THC y CBD identificadas por los docentes en formación



Nota. Elaborado por los profesores en formación, participantes de la investigación, 2025

Los docentes en formación indican que estas diferencias estructurales implican diferentes efectos en el cuerpo, lo que conlleva a que la sociedad asocie el uso medicinal del cannabis solo con el CBD y no retome las propiedades que el THC también aporta en este aspecto, ya que en el transcurso de los años este compuesto se ha asociado con las drogas, el daño a la salud mental y física del sujeto.

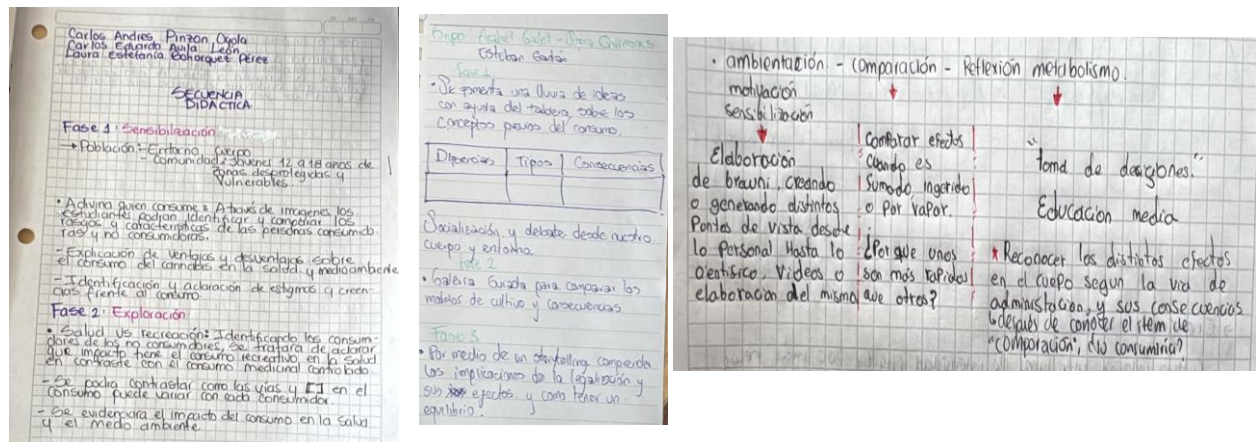
En un segundo momento se realizó por medio de diapositivas la explicación final sobre el proceso metabólico del THC al ser consumido por la vía oral, en esta etapa los docentes en formación indicaron que el metabolismo era un proceso que presentaba diferentes fases y uno de sus objetivos era la obtención de energía para el cuerpo. Frente al proceso metabólico del THC, indicaron que nunca habían escuchado el metabolismo de xenobióticos y como en este se logran enmarcar diferentes sustancias químicas que ingresan al cuerpo.

También realizaron diferentes preguntas sobre el proceso, el caso 9 y 6 cuestionaban el hecho de que al ingerir un brownie a base de cannabis la planta de ya había pasado por un proceso de descarboxilación, por ende, era posible que lo ingerido no fuese THC sino 11-OH-THC (el metabolito activo). Frente a esta intervención se retoma lo indicado en el trabajo de laboratorio, ya que la finalidad de dicho proceso es la activación de los ácidos precursores (delta-9-tetrahidrocannabinólicos A y B) para la conformación del THC.

Luego los docentes en formación, por los grupos de trabajo, plantearon una micro clase sobre el consumo de cannabis para adolescentes (figura 29), con el fin de fomentar el desarrollo de las capacidades cognitivas como el pensamiento crítico, el autoconocimiento y la toma de decisiones en sus estudiantes.

Figura 29

Evidencias de las micro clases planteadas por los docentes en formación



En las micro clases planteadas los tres grupos concuerdan en abordar la temática desde el entorno del cuerpo y por medio de las actividades a desarrollar llevar el diálogo hasta el entorno del país o planeta para abordar el impacto ambiental que genera el consumo de cannabis. Se evidencia que los docentes en formación retoman los aspectos teóricos abordados durante la secuencia, elaboran actividades similares a las trabajadas y en la fase de cierre de las clases buscan que el estudiante realice un análisis crítico sobre el consumo de cannabis y tome decisiones informadas. De igual forma trabajan el autoconocimiento en los espacios de sensibilización cuando invitan a sus estudiantes a realizar procesos de reflexión frente al consumo

Las actividades propuestas por los docentes en formación se encuentran visualizan en la tabla 13.

Tabla 13

Micro clases propuestas por los docentes en formación

Grupo	Entorno (E) y población (P)	Fase 1	Fase 2	Fase 3
1	E: Cuerpo-Planeta P: Jóvenes de 12 a 18 años de zonas desprotegidas y vulnerables	Sensibilización 1. <u>Adivina quién consume</u> : A través de imágenes los estudiantes podrán identificar y comparar los rasgos y características de las personas consumidoras y no consumidoras 2. Explicación de ventajas y desventajas sobre el consumo de Cannabis en la salud y medio ambiente 3. Identificación y aclaración de estigmas y creencias frente al consumo	Exploración <u>Salud vs recreación</u> : Identificando los consumidores de los no consumidores se tratará de aclarar qué impacto tiene el consumo recreativo en la salud en contraste con el consumo medicinal controlado. Se podrá contrastar cómo las vías y reacciones en el consumo pueden variar con cada consumidor Se evidenciará el impacto del consumo en la salud y el medio ambiente	Análisis crítico <u>La carrera del THC y su metabolismo</u> : Explicación de la metabolización del THC y CBD en el cuerpo, esto se evidenciará a través de estaciones metabólicas que evidencian el cambio corporal en las fases de consumo.
2	E: Cuerpo-Planeta P: Jóvenes	-Se implementa una lluvia de ideas con ayuda del tablero sobre los conceptos previos del consumo (diferencias, tipos y consecuencias). -Socialización y debate de nuestro cuerpo y entorno.	-Galería guiada para comparar los modelos de cultivo y consecuencias	-Por medio de un storytelling comprender las implicaciones de la legislación y sus efectos y cómo tener un equilibrio Evaluación: Emplear una rúbrica de evaluación. criterios de evaluación-niveles-calificación numérica de 1 a 5

3	E: Cuerpo P: Jóvenes	Motivación o sensibilización: Elaboración de un brownie creando o generando distintos puntos de vista desde lo personal hasta los científicos, videos o elaboración del mismo.	Comparación: Comparar efectos cuando es fumado, ingerido o por vapor ¿Por qué unos son más rápidos que otros?	Reflexión-metabolismo: Toma de decisiones Reconocer los distintos efectos en el cuerpo según la vía administración y sus consecuencias. Después de conocer el ítem de comparación, ¿lo consumiría?
---	-------------------------	--	---	--

Nota. Elaboración propia con base a la información proporcionada por los docentes en formación.

En la actividad de cierre los profesores en formación por grupos de trabajo realizan un mural de impactos sobre el consumo de cannabis en los entornos del buen vivir. En este trabajo por medio de frases cortas y gráficos indicaron, bajo un sustento teórico, las repercusiones ambientales de su consumo, trabajando como eje central el entorno de ciudad-país-planeta (figura 30).

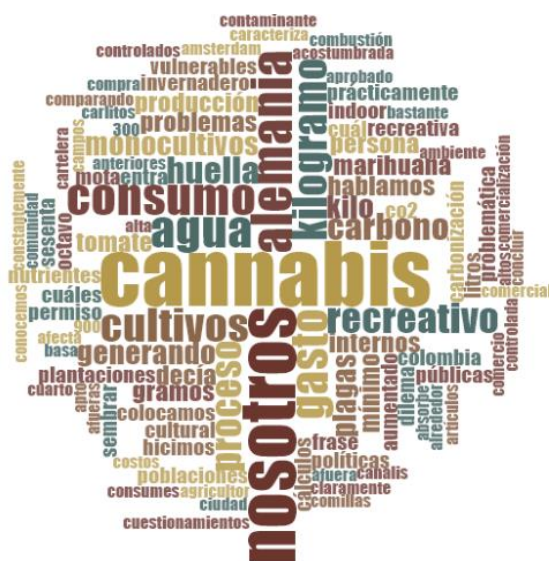
Figura 30

Mural de impactos realizado por los docentes en formación



El G.1 en su mural ubica como frase central “*si consumes mota, conoce lo que denota*” ya que según los integrantes del grupo “la mota es como una parte, una forma, como se le dice también a la marihuana” (G.1,2025). Su mural trabaja sobre el entorno del país y marca como ejes centrales de impacto el contexto ambiental, social, económico, político, cultural y de la salud como se puede evidenciar en la figura 31

Nube de palabras Discurso G.1 referente al mural de impactos



Nota. NVivo12 a partir de la explicación del G.1 sobre el mural de impactos

En el primer eje retoma los impactos ambientales que tiene el cultivo de cannabis indoor y outdoor (invernadero-aire libre) considerando la huella de carbono, el gasto de agua, energía eléctrica y deforestación. En el aspecto social y económico, menciona la desigualdad que se encuentra en los permisos de producción y la monopolización del mercado por parte de países como Alemania, quienes pueden realizar los cultivos de forma legal indicando que:

El problema es que Alemania no se caracteriza por ser un país agricultor entonces les paga a otros países para su producción... y de esta forma está generando, entre comillas, un tratado de libre comercio con el cannabis... En la ley, los únicos que tendrían la monopolización de este mercado, pues, siempre van a ser los que tienen más poder en las políticas públicas. (Grupo 01, 2025)

En el ámbito legal mencionan las diferencias políticas que existen entre Colombia y Alemania, y cómo estas afectan aspectos como el cultivo, exportación del producto y

el consumo medicinal, ya que el consumo recreativo se continúa dando, aunque no esté aprobado. En el aspecto cultural, retoma las creencias que tienen los usuarios en torno a su consumo, como el caso del rastafarismo y en el eje de la salud, realizan una serie de comparaciones entre los efectos del uso medicinal y recreativo.

En el discurso de este grupo de docentes en formación se evidencia el desarrollo de las capacidades cognitivas como el pensamiento crítico, toma de decisiones y autoconocimiento. Se evidencia el fortalecimiento del pensamiento crítico, bajo el indicador de solución de problemas y razonamiento cotidiano, cuando analizan las políticas públicas de Alemania y Colombia y como estas generan consecuencias en los cultivadores y consumidores, cuando realizan cuestionamientos sobre la visión reduccionista del consumo de cannabis, ya que integran factores políticos, socioeconómicos, ambientales y de salud para fortalecer y ampliar su discurso. También se denota la interrelación de esta capacidad con la relación costo-beneficio (característica de las CSCA) cuando realizan una comparación entre la huella de carbono del cultivo de cannabis con cultivos de legumbres, dónde los riesgos interactúan con los valores, como se evidencia a continuación:

Entonces, para la primera pregunta, pues nosotros hicimos algunos cálculos y bueno...un kilogramo de cannabis, más o menos, produce una huella de carbono de 2.300 a 5.200 kilogramos de CO₂...comparación con otros cultivos, de cultivos de lechuga, cultivos de tomate, pues la huella de carbono en cuanto al cannabis es bastante alta, o sea, eso no lo vamos a negar. Estábamos hablando de un kilogramo, yo les decía a ellos que un kilo de cannabis es mucho. O sea, si uno dice cómo, no, una persona consume un kilo de cannabis al mes, pues eso es muchísimo, o sea, realmente es imposible...Entonces, más o menos un kilogramo, que son mil gramos, eso equivale a un año prácticamente de consumo. Para una persona que, digamos, dice uno

consume todos los días constantemente. Entonces, en comparación, digamos, a otros tipos de cultivos, donde, no sé, el tomate yo lo consumo diariamente...en comparación, digamos, a la huella de carbono, en un kilogramo de cannabis es apto, pues en comparación al consumo que se hace... (Grupo 01,2025)

Frente a la toma de decisiones se evidencia el fortalecimiento de esta capacidad, bajo el indicador de identificación-análisis de las opciones y generación de alternativas, cuando los profesores en formación realizan el proceso de discusión sobre la sostenibilidad de los cultivos indoor y outdoor, ya que identifican y analizan cuáles son las mejores opciones para llevar a cabo un cultivo de cannabis y exploran las alternativas sobre el mismo, señalando las ventajas y desventajas de cada uno al asumir el rol de cultivador.

En cuanto al autoconocimiento, se evidencia esta capacidad cuando identifican su cambio de perspectiva frente a la temática en desarrollo, dado el proceso de análisis de datos y debates que se han desarrollado a lo largo de la secuencia y justifican la frase central de su mural con la siguiente afirmación:

Nosotros colocamos esta frase “si consumes mota conoce lo que denota” ... ¿por qué colocamos esta frase principal? Porque durante todo lo que vimos con Giselle, ha sido cuestionamientos políticos, de salud, del ambiente, ha sido referente a todo, y entonces nosotros dijimos, como bueno, si bien uno consume a veces de forma recreativa o a veces uno se va muy sesgado en el área de la salud, no conocemos el trasfondo todavía de lo que implica el cultivo del cannabis o la comercialización de este mismo o como en lo cultural, con lo del rastafarismo. (Grupo 01,2025)

Este mural trabaja sobre el entorno de cuerpo-país y marca como ejes centrales de impacto el efecto de consumo de cannabis en el cuerpo, las problemáticas ambientales, sociales y legales que subyacen del cultivo de cannabis y los mensajes de prevención sobre la decisión de un consumo recreativo, como se puede evidenciar en la figura 32

Nube de palabras Discurso G.2 referente al mural de impactos



119

En el primer eje, efecto de consumo de cannabis en el cuerpo, el grupo retoma la alteración de los reflejos, la percepción, la coordinación, el juicio y la capacidad de respuesta ante estímulos externos, de igual forma hace énfasis en las consecuencias físicas que se presenta en el consumidor al indicar “Y dentro de las consecuencias que pueden surgir si se consume cannabis, se encuentran obviamente las enfermedades, también esas vías de administración como ingresan a nuestro cuerpo, cómo se metabolizan y finalmente cómo desencadenan esas enfermedades que nos preocupan”(Grupo 02,2025). En el ámbito de prevención y cuidado el grupo de docentes en formación enfatizan en la responsabilidad personal que el sujeto tiene sobre la decisión del consumo recreativo y aún más en los adolescentes, argumentando su posición desde el área de la salud como se menciona en su intervención:

Bueno, en el mural también ubicamos los efectos del consumo de cannabis, como las arritmias, efectos cardiovasculares. También hay una tendencia, hacia el comportamiento, hay una asimilación física, el consumo de cannabis también se puede ver en el físico de la persona. Entonces, hay que tener cuidado, pues, con el tipo de consumo. ¿Cómo lo consumes? Aquí, en el mural hay una frase “Cuidado con este desvío, complica el camino de tu vida”. (Grupo 02,2025)

Frente a las problemáticas ambientales, sociales y legales que subyacen del cultivo de cannabis retoma la problemática de sostenibilidad de los cultivos clandestinos, el alto consumo energético y la contaminación que genera este cultivo en comparación con otros como el café o cacao, como se evidencia en su intervención:

Como decía nuestra compañera... de 100 a 2.500 kilogramos de CO₂, ósea, es un montón y si se hace una comparación por ejemplo un kilogramo de café solo produce 7 kilogramos de CO₂. Entonces,

podemos hacer la comparación, y es una cantidad abismal. Incluso el cacao puede producir solo 20 kilogramos de CO2 ¿La conclusión? No es sostenible.

En el discurso de este grupo de docentes en formación también se evidencia el desarrollo de las capacidades cognitivas como el pensamiento crítico, toma de decisiones y autoconocimiento, bajo los indicadores ya mencionados en la matriz para el análisis del discurso (tabla 9). Frente al pensamiento crítico, se evidencia su fortalecimiento cuando realizan procesos de comparación cualitativa entre los impactos ambientales del cannabis con otros cultivos, ya que logran un proceso de análisis por medio del contraste de datos y una argumentación fundamentada. Así mismo, logran identificar múltiples factores (ambiental, social, legal) en el marco del consumo de cannabis, abandonando la visión superficial y reducida de la temática en desarrollo.

En cuanto al autoconocimiento y toma de decisiones se evidencia su fortalecimiento en el planteamiento del título del mural, los profesores en formación invitan a los adolescentes a tomar una decisión informada sobre los riesgos del consumo de cannabis recreativo, lo que permite identificar en su discurso una dimensión ética en su rol como educador, donde reconoce que desde su posición puede generar procesos de reflexión y análisis crítico en sus estudiantes.

También se denota a toma de decisiones y la interrelación que establece con la relación costo-beneficio de las características de las CSCA en la evaluación de ventajas y desventajas sobre los cultivos de cannabis indoor y outdoor, con la finalidad encontrar la opción más amigable con el ambiente, como se evidencia en su intervención:

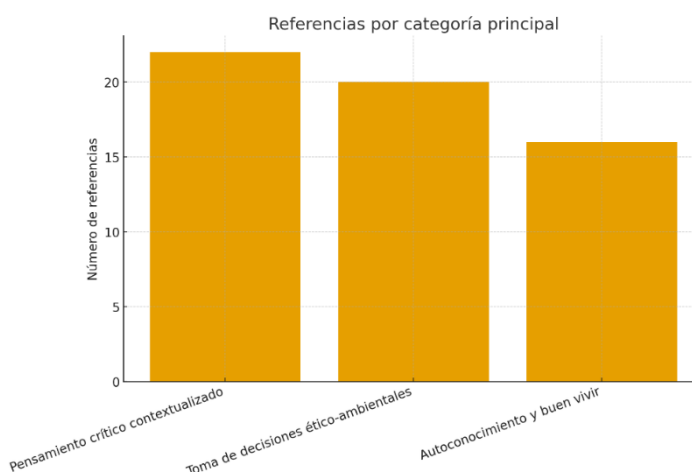
...Entonces la mejor opción sería el exterior o el uso de invernaderos; sin embargo, depende de las condiciones de donde se esté sembrando, el problema es que en Colombia es ilegal y digamos, que, al aire libre, el tema de los pesticidas, pues es un problema. (Grupo 02, 2025)

Análisis de la progresión de las capacidades cognitivas

En el desarrollo de la secuencia didáctica se analizaron los procesos de desarrollo y fortalecimiento de las capacidades cognitivas (pensamiento crítico, toma de decisiones, autoconocimiento) de los profesores en formación según el cambio que iban presentado en su discurso. Gracias al análisis que realiza el software Nvivo 12 se logra identificar que la categoría principal (capacidades cognitivas) más desarrollada fue pensamiento crítico con 22 referencias, seguida de la toma de decisiones con 20 referencias y autoconocimiento con 16 referencias (figura 33) lo que permite identificar en el discurso de los profesores en formación un tránsito desde la comprensión científica de la temática hacia un proceso de reflexión ética y ambiental.

Figura 33

Referencias por capacidad cognitiva desarrollada

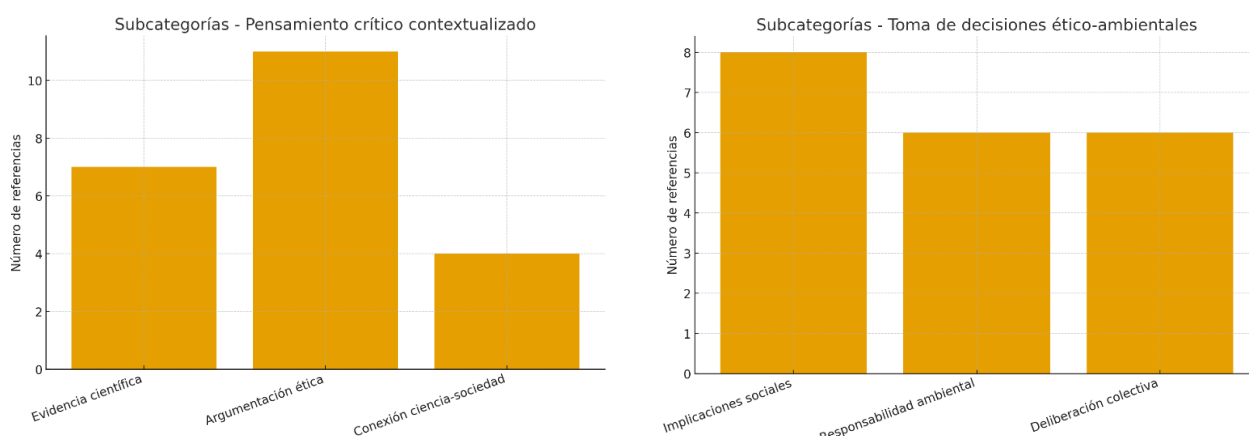


Nota. NVivo12 a partir del compendio de intervenciones realizadas por los docentes en formación

Ahora bien, el software con base a la matriz con indicadores que se ingresó para el análisis del discurso presenta una serie de subcategorías que emergen desde la capacidad cognitiva de pensamiento crítico y toma de decisiones. Como se observa en la figura 34 la subcategoría con mayor número de referencias en el pensamiento crítico es la argumentación ética seguida de la evidencia científica; por su parte, en las subcategorías de toma de decisiones se encuentra un mayor número de referencias en implicaciones sociales seguido de responsabilidad ambiental.

Figura 34

Subcategorías del pensamiento crítico y la toma de decisiones

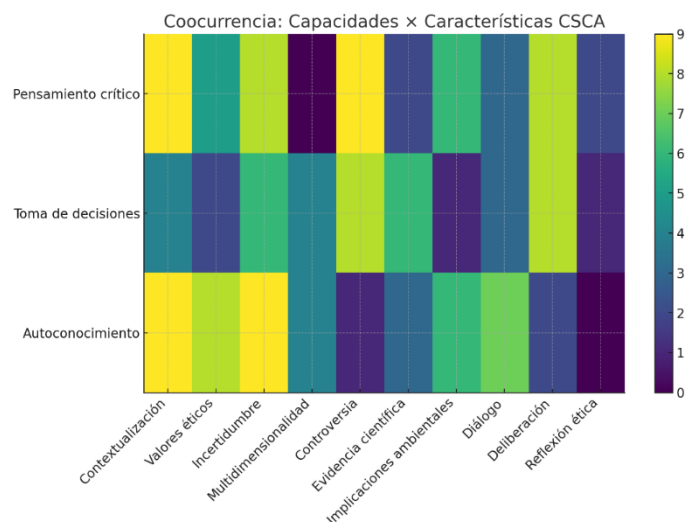


Nota. NVivo12 a partir del compendio de intervenciones realizadas por los docentes en formación

En la figura 35 se observa un mapa de coocurrencia que permite identificar la conexión que se establecen entre las capacidades cognitivas y las características de las CSCA abordadas en cada sesión, ya que mide la densidad de la relación entre estos códigos. Se observa en las celdas (intersección de una capacidad con una característica) un color que indica el número de veces que esos dos códigos tienen una proximidad en el discurso.

Figura 35

Matriz de coocurrencia entre las capacidades cognitivas y las características de las CSCA



Nota. Nvivo12 a partir del compendio de intervenciones realizadas por los docentes en formación

Se identifica que los puntos con mayor densidad de coocurrencia del pensamiento crítico con las características de las CSCA se establecen con la contextualización, valores éticos, incertidumbre, implicaciones ambientales y deliberación. En la toma de decisiones el rango de ocurrencias más alto se establece con incertidumbre, evidencia científica y deliberación; por su parte, en el autoconocimiento se establece esta alta coocurrencia con contextualización, valores éticos, incertidumbre y diálogo.

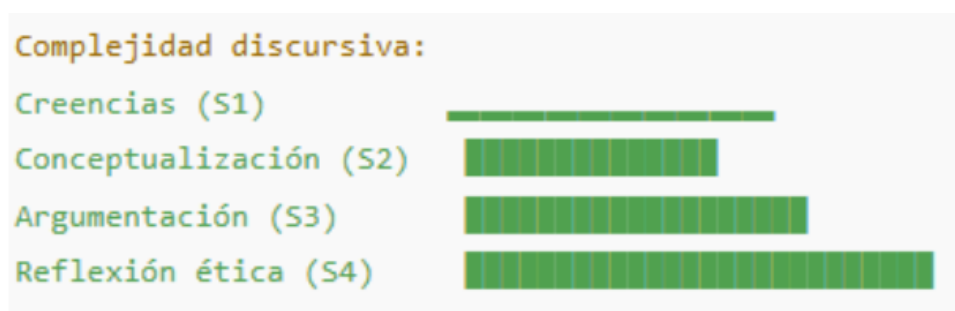
Por lo anterior, se logra identificar que el pensamiento crítico es la capacidad cognitiva que alcanza un proceso de fortalecimiento alto en la dimensión conceptual de la temática, la toma de decisiones se vincula con la valoración de opciones y alternativas frente a la problemática y desde el autoconocimiento los profesores en formación logran establecer discursos reflexivos.

En la figura 36 se observa la evolución temporal del discurso de los docentes en formación, se evidencia un fortalecimiento progresivo en la complejidad y profundidad argumentativa en sus intervenciones, ya que logran pasar afirmaciones u opiniones a

una argumentación basada en datos o evidencia científica para respaldar su punto de vista.

Figura 36

Evolución temporal del discurso



Nota. Nvivo12 a partir del compendio de intervenciones realizadas por los docentes en formación

Finalmente, el análisis del discurso permite evidenciar que la secuencia didáctica implementada logra promover el desarrollo y fortalecimiento integral del pensamiento crítico, la toma de decisiones y el autoconocimiento, capacidades cognitivas que se encuentran estrechamente relacionadas. Con base a los resultados obtenidos se encuentra que el autoconocimiento efectivamente es un componente clave para el desarrollo del pensamiento crítico en el sujeto, lo que conlleva a encontrar verídica la afirmación de Prieto (2018) al indicar que:

A nuestro modo de ver la teoría del pensamiento crítico elaborada por el MPC asume o presupone el autoconocimiento inmediato e infalible; de hecho, sería una base fundamental para su teoría y por ello lo proponen como un elemento necesario del pensador crítico, aunque lo denominen con varios términos. Por ejemplo, Alec Fisher lo nombra como metacognición y la define como “reflexionar en el pensamiento que usted lleva cuando llega a una decisión”; y añade que “la manera de mejorarla [la reflexión] es pensar en cómo es que usted lo hace habitualmente” (Prieto, 2018, p.184)

8. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos se identifica que el uso y abordaje de CSCA sobre el metabolismo del THC posibilita el desarrollo de capacidades cognitivas en la formación inicial de profesores de química debido a la complejidad conceptual y controversias socioambientales que se desarrollan en el marco de la temática. Esto posibilita integrar saberes disciplinares, ambientales, éticos, morales y sociales en el desarrollo de las clases, lo que contribuye la construcción de un discurso que trasciende la opinión y fomenta la toma de decisiones informadas en la población objeto de estudio.

Igualmente, se identifica la importancia del fortalecimiento del pensamiento crítico, la toma de decisiones y el autoconocimiento en el proceso de formación de los futuros docentes en química para que en su práctica docente descarten los procesos de memorización-repetición y promuevan la enseñanza de una química contextualizada, configurándose así en un agente de cambio y mediador entre la ciencia y la sociedad.

Ahora bien, las controversias socio- científicas y ambientales vinculadas al metabolismo del THC que favorecen el desarrollo de las capacidades cognitivas se encuentran en estudios bioquímicos sobre el consumo de cannabis según su vía de administración; en debates en medios de comunicación sobre los efectos del consumo terapéutico y recreativo del cannabis; en los dilemas éticos entorno a su legalización; en las problemáticas locales y globales sobre los cultivos ilegales de cannabis y su huella de carbono. Cabe mencionar que estas controversias posibilitan que el sujeto en formación fortalezca en su discurso la toma de decisiones informadas y analice la relación costo-beneficio, sin dejar a un lado el buen desarrollo del concepto químico en cuestión.

De igual forma, se reconoce que en la formación inicial de profesores de química se hace necesario incorporar estrategias didácticas, como la secuencia didáctica, que fomenten la alfabetización científica crítica, que le permita al docente en formación realizar su proceso de aprendizaje desde una química en contexto. Ahora bien, para diseñar e implementar una secuencia didáctica basada en CSCA que logre articular los contenidos de bioquímica en la formación inicial de docentes de química, en primera instancia se deben seleccionar con cuidado las controversias a trabajar ya que estas deben cumplir con las características correspondientes a una CSCA, de igual forma, las sesiones que se planteen deben sostener una coherencia y articulación entre estas, donde las preguntas que se indiquen en cada espacio fomenten el proceso de reflexión, debate y análisis crítico.

Así mismo, se identifica que la secuencia didáctica es un instrumento que permite el abordaje estructurado y coherente en el desarrollo de una temática, ya que todas las sesiones deben estar conectadas y orientadas a un mismo propósito. Por ende, le permite al docente conocer con detalle los avances y tropiezos que se pueden estar presentado en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto conlleva a que la secuencia se convierta en un recurso para la investigación en el aula, ya que a partir de los resultados obtenidos en cada sesión el docente investigador logra realizar procesos de reflexión sobre la evolución de la práctica y la toma de decisiones fundamentada gracias a las conexiones que logra establecer entre el conocimiento práctico y disciplinar, de igual forma, propicia en el investigador la reflexión y el desarrollo de niveles descriptivos, analíticos y explicativos del proceso de investigación (Martín & Porlán 1997).

Ahora bien, a partir de los datos obtenidos en la investigación se encuentra que el uso de la secuencia didáctica tiene una alta incidencia en el proceso de fortalecimiento del pensamiento crítico, toma de decisiones y el autoconocimiento dada la linealidad y estructura que esta maneja. Por medio de las actividades que en esta se plantean los educandos, sesión a sesión, logran fortalecer su discurso presentando así una evolución en el mismo, ya que en las actividades planteadas no realizan ejercicios de repetición, sino procesos de análisis y reflexión que les permite hilar sus conocimientos previos, con los interrogantes planteados y el concepto químico en estudio (Díaz, 2013).

Ahora bien, los resultados de la presente investigación son consistentes con lo documentado por Contreras 2016 al indicar en su investigación que por medio de una estrategia didáctica que vincule la ciencia, sociedad y ambiente en el abordaje de contenidos químicos los educandos muestran un mayor interés por el aprendizaje de la química y se fortalece la formación para la ciudadanía, donde los estudiantes son capacitados en la toma de decisiones y actitud crítica sobre las problemáticas actuales. Este investigador, hace hincapié en el uso de actividades contextualizadas con enfoque CTS “que incluyan situaciones controversiales con las cuales los estudiantes puedan relacionar el mundo que los rodea con la naturaleza de las ciencias...” (Torres, 2011 como se citó en Contreras,2016).

De igual forma, se presenta una convergencia con lo documentado por Moreno 2024 en la investigación titulada, Desarrollo del pensamiento crítico a través de una cuestión sociocientífica relacionada con el cannabis y los fitocannabinoides. En esta el docente investigador aborda la temática por medio de una secuencia de actividades en relación con la CSC frente a la legalización del cannabis en Colombia en el marco de sus usos, propiedades, efectos fisicoquímicos y aplicaciones, concluyendo que efectivamente se presenta un progreso en las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes, donde “La secuencia de actividades diseñada e implementada generó mejoras en las habilidades evaluadas. Los estudiantes mostraron progresos en su capacidad para argumentar y tomar decisiones fundamentadas a lo largo del desarrollo de cada una de las actividades...” (Moreno,2024, p.76). Los resultados obtenidos presentan una marcada correlación con la presente investigación y se logra concluir que efectivamente, el uso de CSCA en el marco del consumo de cannabis fomentan el desarrollo de capacidades cognitivas de orden superior como lo es el pensamiento crítico.

Por otro lado, se reconoce como limitación de este trabajo de investigación la transición que se logre realizar de la temática a la educación secundaria, ya que su enseñanza se relaciona con una predisposición al consumo de cannabis recreativo en los adolescentes. Este es un cuestionamiento que se tuvo en dos congresos en los que se realizó la ponencia de este trabajo investigativo y aunque es un tema que se puede vincular con la educación para la salud y la sostenibilidad ambiental, su acogida en los colegios puede resultar un gran desafío.

Los resultados de este trabajo frente a las capacidades cognitivas desarrolladas al emplear el metabolismo del THC como controversia socio-científica y ambiental permiten realizar una proyección a un trabajo relacionado con la didáctica de las ciencias y las transformaciones que se pueden lograr en los primeros semestres de la

licenciatura en química si se retoman situaciones de la vida real para la enseñanza de los contenidos indicados en la malla curricular.

Se recomienda para futuras investigaciones incluir en el desarrollo de la secuencia didáctica el uso de un esquema o juego sobre el proceso metabólico del THC, para que los educandos logren identificar con mayor claridad las diferencias que se presentan en este según la vía de administración del cannabis y alcancen una mayor comprensión de los componentes y procesos bioquímicos esenciales que se presentan.

Finalmente, se sugiere a los formadores de formadores continuar y fortalecer la enseñanza de una química en contexto desde los primeros semestres de la licenciatura, ya que este proceso conlleva al desarrollo de capacidades cognitivas de orden superior en los educandos y una mayor apropiación de las temáticas y contenidos químicos.

9. Referencias

- Alfonso, K. L. (2023). *La construcción de relaciones entre los dominios disciplinares de la Biología, la Bioquímica, la Química Orgánica y la Fitoquímica - Estudio de caso Cannabis Sativa*. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/19491>
- Amariles, P. (2023). Legalización del consumo de cannabis recreativo en adultos y problemas de salud mentales. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 64(4), 348-358.
- Ángeles López, Guadalupe Esther, Brindis, Fernando, Cristians Niizawa, Sol, & Ventura Martínez, Rosa. (2014). Cannabis sativa L., una planta singular. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 45(4), 1-6.
- APF Español (10 de agosto de 2017). *¿Remedio o droga? Uso del cannabis causa debate en Sudáfrica*. [Archivo de video]. <https://youtu.be/PFtKSsxQkM8?si=JSIsyz5EXBGotzME>
- Arias, I. X. (2014). Articulación de las Cuestiones Sociocientíficas al Currículo de Ciencias: Aportes y Limitaciones para la Formación de Profesores en la Interfaz Universidad-Escuela. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*.
- Avetisian, J., & Stone, R. (2022). Higher education: Trends and issues in university cannabis programming. Council for Federal Cannabis Regulation.
- Balcells Olivero, M. (2000). Toxicología del cannabis. *Adicciones (Palma de Mallorca)*, 169-174.
- Barreto Cárdenas, J. W. (2014). *El trabajo por proyectos CTSA como motivador del interés hacia las ciencias naturales en secundaria* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia].

- Bastidas, J. A. & Guerra, J. A. (2016). *Contribución del modelo argumentativo de Weston en el debate sobre el uso de agrotóxicos como cuestión sociocientífica*.
- Beltrán, J. C. (2013). *Argumentación en clases de Química, a partir de una Cuestión Sociocientífica Local (CSCL)*.
- Benavides, Mayumi Okuda, & Gómez-Restrepo, Carlos. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(1), 118-124.
- Bermúdez, O. (2016). *Educación ambiental, valores y prácticas sustentables: Una guía para educadores del siglo XXI*. Editorial UNAL.
- Carlini, B., & McGraw, E. (2023). High THC policy: Final report: Exploring policy solutions to address public health challenges of high THC products. Washington State Health Care Authority.
- Carroll, J. B. (1993). *Habilidades cognitivas humanas: Un estudio de estudios factorial-analíticos (n.º 1)*. Cambridge University Press.
- Contreras, L. C. (2016). *Abordaje de controversias socioambientales con profesores de Química en formación inicial: el caso del Glifosato en Colombia*. [Tesis pregrado, Universidad Pedagógica Nacional Colombia].
- Covarrubias-Torres, N. (2019). Uso medicinal de la Marihuana. *Anestesia en México*, 31(2), 49-58.
- Delgado, M.D. (s. f). *BIOQUIMICA-1º de medicina* [Apuntes de clase]-Departamento de Biología Molecular, Universidad de Cantabria.

- Díaz Moreno, N., & Jiménez-Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1) pp. 54-70
- Díaz, Á. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica*. Comunidad de conocimiento. UNAM
- Díaz, J. A., Manassero Mas, M. A., & Vázquez Alonso, Ángel. (2002). Nuevos retos educativos: hacia una orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica. *Pensamiento Educativo*, 30(1), 15–34.
- Donato, M. T. (2004). ¿Qué es el citocromo P-450 y cómo funciona? *Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia*.
- Elmes, M., Prentis, L., McGoldrick, L., Giuliano, J., Sweeney, M., Joseph, M & Kaczocha, M. (2019). FABP1 controla el transporte hepático y la biotransformación del Δ^9 -THC. *Scientific Reports* , 9 (1), 7588.
- Escobar Toledo, I. E., Berrouet Mejía, M. C., & González Ramírez, D. M. (2009). Mecanismos moleculares de la adicción a la marihuana. *Revista colombiana de psiquiatría*, 38(1), 126-142.
- Feduchi Canosa, E., Romero Magdalena, C., Yáñez Conde, E., & García-Hoz Jiménez, C. (2021). *Bioquímica. Conceptos esenciales 3a edición*. Medica panamericana.
- Fundación CANNÁ. (s. f). *El sistema endocannabinoide*. Recuperado de <https://www.fundacion-canna.es/sistema-endocannabinoide>
- Galagovsky, L. R. (2005). La enseñanza de la química pre-universitaria: ¿ Qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes? *Química viva*, 4(1), 8-22.

- Gómez-García, D. M., & García-Perdomo, H. A. (2022). Cannabis medicinal: puntos críticos para su uso clínico. *Biomédica*, 42(3), 450-459.
- González Cuellar, L. T. (2023). *Implicaciones didácticas del ABPr en la construcción del concepto oxidación*. [Tesis pregrado, Universidad Pedagógica Nacional Colombia].
- Horton, H. R. (2008). *Principios de bioquímica*.
- Huestis, M. A. (2007). Cannabis (marijuana) in the human body. *Therapeutic Drug Monitoring*, 29(3), 371-384. <https://doi.org/10.1097/FTD.0b013e31804f8b1a>
- Izaguirre, D. B., & Silverio Niño Gutiérrez, N. (2025). Las cuestiones socialmente vivas: una reflexión sobre este modelo didáctico para abordar problemas sociocientíficos con estudiantes universitarios. *Páginas de Educación*, 18(1). <https://doi.org/10.22235/pe.v18i1.4272>
- Kochen, S. (2022). Cannabis medicinal. *Salud colectiva*, 18, e3991.
- Labrine, M. (2012). El desarrollo de las habilidades cognitivas superiores: una propuesta de intervención didáctica en el aula. *Educación y Tecnología*, (2), 56-68.
- Lo LA, Christiansen A, Eadie L, Strickland JC, Kim DD, Boivin M, Barr AM, MacCallum CA. Cannabidiol-associated hepatotoxicity: A systematic review and meta-analysis. *J Intern Med*. 2023 Jun;293(6):724-752. doi: 10.1111/joim.13627. Epub 2023 Mar 13. PMID: 36912195.
- Lo que tú digas. (27 de febrero de 2025). *Así Afecta el CANNABIS (Marihuana) Al Cerebro y el Cuerpo- Manuel Guzmán*. [Archivo de video]. https://youtu.be/Nn2yvw4AsTw?si=H_Jr0N4R1MS06sN8

- Mansilla Sepúlveda, Juan, & Beltrán Véliz, Juan. (2013). Coherencia entre las estrategias didácticas y las creencias curriculares de los docentes de segundo ciclo, a partir de las actividades didácticas. *Perfiles educativos*, 35(139), 25-39.
- Manterola, Carlos, del Sol, Mariano, Ottone, Nicolás, & Otzen, Tamara. (2017). Anatomía Quirúrgica y Radiológica del Hígado. Fundamentos para las Resecciones Hepáticas. *International Journal of Morphology*, 35(4), 1525-1539. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000401525>
- Martín, J., & Porlán, R. (1997). El diario del profesor. *Un Recurso para la Investigación en el Aula*. Díada Editora.
- Martínez, A. (2025). *Enseñanza de la química y educación ambiental crítica: una mirada situada* [Documento inédito, Universidad Pedagógica Nacional].
- Martínez, L. F. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (36), 77-94.
- Marulanda, C. O. (2019). La educación CTS: un espacio para la cooperación iberoamericana. *CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, 14(42), 99-114.
- Merchán, N. Y. T. (2011). Enfoque CTSA desde una perspectiva freireana: contribuciones a una educación para el desenvolvimiento sustentable. *Educación y ciencia*, (14), 1-12.
- Ministerio de Consumo. (2022). *Tetrahidrocannabinol (THC)*. https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/THCpdf.pdf
- Monés i Pujol-Busquets, J. (2006). *La educación en el siglo XX*.

- Morancho, V. I., & Rodríguez Mantilla, J. M. (2020). Pensamiento Crítico: conceptualización y relevancia en el seno de la educación superior. *Revista de la educación superior*, 49(194), 9-25.
- Moreno, J. S. (2024). *Desarrollo del pensamiento crítico a través de una cuestión sociocientíficas relacionada con el cannabis y los fitocannabinoides*. [Tesis maestría, Universidad Pedagógica Nacional Colombia].
- Munarriz, B. (1992). *Técnicas y métodos en investigación cualitativa*.
- Murray, R. K., Bender, D. A., & Botham, K. M. (2013). *Bioquímica ilustrada*. In Harper bioquímica ilustrada (pp. 676-682).
- Navarrete, J. M. (2004). Sobre la investigación cualitativa. Nuevos conceptos y campos de desarrollo. *Investigaciones sociales*, 8(13), 277-299.
- NIDA. (2019). *La marihuana como medicina – DrugFacts*. <https://nida.nih.gov/es/publicaciones/drugfacts/la-marihuana-es-un-medicamento>
- Observatorio Español de las Drogas y las Adicciones. Monografía Cannabis. (2022). *Monografía Cannabis 2022: Consumo y consecuencias*. Madrid: Ministerio de Sanidad. *Delegación del Gobierno para el Plan Nacional sobre Drogas, 2022*. 126 p.
- OpenAI. (2025). *ChatGPT*. [Modelo de lenguaje de gran tamaño]. <https://chatgpt.com/?hl=es-CO>
- Orellana Guevara, C. (2017). La estrategia didáctica y su uso dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje en el contexto de las bibliotecas escolares. *E-Ciencias de la Información*, 134-154.

- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2018). *Efectos sociales y para la salud del consumo de cannabis sin fines médicos*.
<https://iris.paho.org/handle/10665.2/49638>
- Ouzzine M, Gulberti S, Ramalanjaona N, Magdalou J y Fournel-Gigleux S (2014) Las UDP-glucuronosiltransferasas de la barrera hematoencefálica: su papel en el metabolismo y la desintoxicación de fármacos. *Front. Cell. Neurosci.* 8 :349. doi: 10.3389/fncel.2014.00349
- Prieto Galindo, F. H. (2018). El pensamiento crítico y autoconocimiento. *Revista de filosofía*, 74, 173-191.
- Proyecto Happiness (19 de marzo de 2025). *Rastafarismo: La religión que venera la planta del Conocimiento*. [Archivo de video].https://youtu.be/wD8MJ2qHM10?si=59rgd_1EMTL2JISx
- Rodríguez González, Julio César, & Rodeiro Guerra, Idania. (2014). El sistema citocromo P450 y el metabolismo de xenobióticos. *Revista Cubana de Farmacia*, 48(3), 495-507.
- Rodríguez Hernández, B., & Martínez Pérez, L. F. (2017). Conocimiento profesional del profesor de ciencias al abordar cuestiones sociocientíficas: un estudio de caso de un grupo de investigación en la interacción universidad-escuela. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 2931-2936.
- Rodríguez, R., Casas J. A., & Martínez, D. E. (2020). Laboratorio de química bajo contexto: insumo para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (47), 33-52.

- Rodríguez-Yzquierdo, G. A., Patiño-Moscoso, M. A., & Betancourt-Vásquez, M. (2021). Caracterización fisiológica en plantas de Cannabis medicinal durante distintas etapas fenológicas bajo estrés biótico. *Agronomía Mesoamericana*, 823-840.
- Roldán Reyes, E. (2016). *Introducción a la toxicología*.
- Salinas Salazar, M. L., & Rodríguez Gómez, H. M. (2011). *Toma de decisiones*. Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported.
- Sandiego Villaverde, P. (2020). *Técnicas de extracción y caracterización de cannabinoides a partir de la planta de cannabis sativa L.*
- Sedan, DY, Malaissi, L., Vaccarini, CA, Bugvila, CD y Andrinolo, D. (2023). *Cannabis terapéutico: procesos fisiológicos involucrados y características de las principales vías de administración de derivados del cannabis*.
- Silbergeld, E. K. (1998). *Toxicología. Herramientas y enfoques*. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.
- Sinclair, C. (s. f). *Guía clínica de intervención psicológica en adicciones*. Socidroalcohol.
- Soto, M., Uribe, R., Ibarra, I. G., & Valenzuela, M. (2021). *Intervenir e Investigar En El Aula: Estrategia Didáctica Para Aprender Química*. European Scientific Journal, ESJ, 17(7), 31. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n7p31>
- Tapias, S. F., Mono, C. A. M., Bonilla, Y. P. P., Gómez, M. M., González, D. C., Mora, D. S., & Ortiz, M. S. (2023). *Usos y potencialidades del Cannabis sativa L.* Editorial Corporación Universitaria del Huila (CORHUILA).
- Torres Merchán, N. Y. (2011). Las cuestiones sociocientíficas: una alternativa de educación para la sostenibilidad. *Luna Azul*, (32), 45-51

- Torres Merchán, N., Pedreros Benavides, E & Valderrama, D. A. (2023). Abordaje de cuestiones sociocientíficas en Colombia: Una revisión sistemática 2010-2020. *Zona Próxima*, (39), 5-33.
- Transnational Institute (2022). *Cannabis y clima: La huella de carbono y el uso de energía del cultivo de cannabis de interior*. Transnational Institute(TNI). https://www.tni.org/files/2023-02/CPB2_TNI_sp_web.pdf
- Transnational Institute. (2022, octubre). *Cannabis and climate: The carbon footprint and energy use of indoor cultivation* (Policy Brief № 2).
- Turner, S. (2022). *Los efectos del cannabidiol en la salud equina mayor*.
- Ujváry, I., & Grotenhermen, F. (2020). *11-Nor-9-carboxi-Δ9-tetrahidrocannabinol, un ubicuo cannabinoide aún bajo investigación: Una revisión de la literatura*. iKem BT, Budapest, Hungría; nova-Institut, Hürth, Alemania.
- Vendrell I., Morancho, Mireia, & Rodríguez Mantilla, Jesús Miguel. (2020). Pensamiento Crítico: conceptualización y relevancia en el seno de la educación superior. *Revista de la educación superior*, 49(194), 9-25
- Woolf, S. H., & Aron, L. (2022). The health impacts of cannabis: A public health perspective. *Public Health Reports*, 137(4), 564-569.
- Yang, G., Ge, S., Singh, R., Basu, S., Shatzer, K., Zen, M., Liu, J., Tu, Y., Zhang, C., Wei, J., Shi, J., Zhu, L., Liu, Z., Wang, Y., Gao, S., & Hu, M. (2017). Glucuronidation: driving factors and their impact on glucuronide disposition. *Drug metabolism reviews*, 49(2), 105–138. <https://doi.org/10.1080/03602532.2017.1293682>
- Zabala, A. (2000). *La práctica educativa: cómo enseñar*. Graó.

Anexos

Anexo 1. Cuestionario de caracterización de conocimientos previos

El proyecto “Metabolismo del THC, controversia socio-científica y ambiental: una estrategia para promover capacidades cognitivas en la formación inicial de profesores de química”; esta investigación surge en el marco de la necesidad de plantear posibles propuestas de enseñanza de la química que responda a la apropiación de conceptos complejos como el metabolismo mediante estrategias que articulen el saber disciplinar con problemáticas reales, como el caso del tetrahidrocannabinol (THC), compuesto psicoactivo del cannabis, desde una perspectiva ética, social y ambiental.

Por lo cual, se invita a los profesores en formación que están leyendo el presente cuestionario a participar de este estudio, respondiendo de manera objetiva y sincera, dado que su contribución es fundamental para el buen desarrollo y éxito de la investigación; además, los datos serán utilizados exclusivamente con fines académicos y se mantendrá la confidencialidad de la información.

I. DATOS GENERALES

Edad: _____

Género:

Masculino_____ Femenino_____ Prefiero no mencionarlo _____

Semestre que cursa: _____

II. Conceptos previos sobre metabolismo y TCH

¿Qué entiende por metabolismo? Dé un ejemplo.

¿Qué sabe sobre el metabolismo del THC en el cuerpo humano?

¿Qué tipo de reacciones químicas reconocen que están implicadas en el proceso metabólico?

III: Estudio de caso (Lea el siguiente estudio de caso)

Consumo de cannabis en estado de embarazo

Una mujer embarazada de 28 años, en la semana 14 de gestación consume cannabis inhalado, 1 a 2 cigarrillos por día, para aliviar el dolor de cabeza y náuseas. La inhalación del cannabis posibilita que el Tetrahidrocannabinol (THC), principal compuesto psicoactivo, se vincule fácilmente en el torrente sanguíneo lo que conlleva a un aumento de la concentración de THC en el cuerpo, lo que le permite experimentar sensación de bienestar, euforia, reducción de náuseas o vómito y alivio del dolor de cabeza.

Este compuesto psicoactivo después de ingresar al torrente sanguíneo pasa al hígado, para ser metabolizado gracias a las enzimas que hacen parte del citocromo P450 (CYP450) y es transformado en el 11-OH-THC, metabolito que será eliminado por medio de la orina y heces; sin embargo, antes de ser eliminado el THC afecta directamente el feto, ya que tiene la capacidad de cruzar la placenta y acceder a este, lo que puede afectar su proceso de crecimiento y desarrollo, generando así algunas consecuencias como un bajo peso del bebé al nacer, un parto prematuro, problemas de desarrollo cognitivo y conductual en la infancia del niño.

Fuente: Metz, T. D., et.al (2023). Cannabis exposure and adverse pregnancy outcomes related to placental function; Modificación del estudio de caso OpenAI (2025); Autoría propia.

Análisis del caso

- a) ¿Qué proceso químico permite el metabolismo del THC y que función cumplen en el cuerpo? ¿Se puede concluir sobre el proceso de metabolismo? ¿Cuál es su finalidad?
- b. ¿Cómo actúa el THC en el cuerpo desde su ingreso hasta su eliminación?
- c. ¿Qué dilemas ético-morales se evidencian?
- d. Si usted fuera la mujer embarazada del caso (si es mujer) o tuviera incidencia en la decisión de la mujer del caso ¿Qué decisión tomaría? Justifique.
- e. Como docente, ¿Qué estrategias usaría para orientar este caso con sus estudiantes sin estigmatizar y promoviendo una conciencia crítica?

IV. Caracterización de la controversia CSCA

- a) ¿Considera esta problemática una controversia socio-científica y ambiental? ¿Por qué?
- b) ¿Qué dimensiones están en juego? (ética, social, científica, ambiental, política, otras...justifique)
- c) ¿Cree que hay suficiente evidencia científica para decidir sobre este tema? (justifique)
- d) ¿Qué valores están en juego? ¿Qué tensiones identifica?
- f) En una escala de 1 a 5 ¿Cuán importante cree que es abordar temas controversiales como este en la enseñanza de la química? (1=nada importante, 5=muy importante)

V. Autoconocimiento y disposición profesional

- a) ¿Cómo se ha sentido al reflexionar sobre este tema? ¿Le ha generado alguna inquietud o aprendizaje personal? (justifique)

b) ¿Ha trabajado temas como este en su práctica docente? ¿Cómo lo vivió?

d) ¿Qué aprendizajes considera que podrían surgir al trabajar esta controversia con estudiantes?

e) ¿Cómo articula esta controversia con los estándares curriculares y los derechos básicos de aprendizaje en química o los conocimientos priorizados?

f) ¿Considera que el consumo de sustancias psicoactivas (marihuana) afecta el proceso de aprendizaje en los estudiantes? ¿Por qué?

VI. Pregunta de cierre (integración ambiental y docente)

En un contexto educativo donde algunos estudiantes o docentes consumen productos comestibles derivados del THC —como gomitas o aceites—, ¿cree usted que esta práctica debería ser abordada en el aula de química? ¿Qué haría si esta situación genera afectaciones no solo en el aprendizaje, sino también en la convivencia escolar, la salud del cuerpo y el cuidado del entorno comunitario y ambiental? ¿Qué impactos cree que puede tener esta práctica en los distintos entornos del habitar (cuerpo, escuela, comunidad, planeta) ¿Cuál sería su postura frente a este hecho como educador?

Agradezco el tiempo dispuesto para el desarrollo de este cuestionario.

Anexo 2. Secuencia didáctica

Guía del docente

https://www.canva.com/design/DAGyuozRV9Q/NFdJJDCO6-V13DtEktcL7Q/edit?utm_content=DAGyuozRV9Q&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Guía del estudiante

https://www.canva.com/design/DAGzXK424Ew/jK2wQKTWeA8715ASRbonwg/edit?utm_content=DAGzXK424Ew&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Anexo 3. Validación de la secuencia por un experto

<https://drive.google.com/file/d/1yb2ssm8a4abMEGKvenNrIDjMRv5KWg1S/view?usp=drivesdk>

Anexo 4. Sistematización los resultados obtenidos en cada fase de la secuencia didáctica en Excel.

<https://drive.google.com/drive/folders/1Op4jWU7OmrC1i9BBTPnLK65AlyrN0m11?usp=sharing>

Anexo 5. Tabla con las respuestas del cuestionario de conocimientos previos

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1EdB-AJ3jmZuokvw2hYTd9xFhISO-ZPKV/edit?usp=sharing&oid=108979319861414148884&rtpof=true&sd=true>

Anexo 6. Respuestas por grupos-Actividad del Padlet (sesión I)

Giselle Combita • 23d

Cannabis y sus controversias

G Giselle Combita
hace 2 meses

¿Cómo influye la estigmatización social del cannabis en las decisiones de salud de los pacientes y en las políticas públicas que regulan su uso?

0 2

Grupo 2
hace 2 meses

La estigmatización genera que las investigaciones sobre el uso de la planta en los tratamientos medicinales tengan políticas públicas que legalicen su uso, control, dosis, manipulación, especie... Generando un retroceso en el avance de la ciencia frente al cuidado de la salud y el poder tratar la planta de forma efectiva y medicinal para los pacientes.

Reliable Dragonfly
hace 2 meses

Siempre se ha relacionado al consumo de carburación (porro) esto asociado a la práctica delincuencia

+ Añadir comentario

G Giselle Combita
hace 2 meses

¿Qué tensiones surgen entre la legalización del cannabis medicinal y las barreras que aún enfrentan pacientes y cultivadores para ejercer su derecho a la salud?

0 2

Reliable Dragonfly
hace 2 meses

Se tienen dos nociones; el uso medicinal del CBD lo avalamos ya que estamos de acuerdo que tiene grandes beneficios para el tratamiento alternativo de distintas enfermedades que los medicamentos tradicionales no pueden solucionar.

Desde una segunda perspectiva, una de las tensiones que puede llegar a la no legalización del cannabis es si mismo es la posible adicción, esto como relacionado a que el cerebro puede generar una dependencia

Grupo 2
hace 2 meses

Educación, adquisición, economía, consumo y uso adecuado de la planta.

+ Añadir comentario

G Giselle Combita
hace 2 meses

¿De qué manera la desinformación mediática moldea la percepción social del cannabis frente a la evidencia científica disponible sobre su uso terapéutico?

0 2

Reliable Dragonfly
hace 2 meses

No existe una alfabetización en dónde se ponga en práctica la ciencia y la biología del cannabis

Grupo 2
hace 2 meses

Permea los hábitos culturales, induce a un mal manejo del consumo, tener problemas legales para la adquisición y costos de la planta grupo 2.

+ Añadir comentario

G Giselle Combita
hace 2 meses

¿Qué conflictos de intereses emergen entre pacientes, cultivadores, la industria farmacéutica y el Estado en torno al cannabis medicinal, y cómo se relacionan con la sostenibilidad ambiental de su cultivo?

0 2

Reliable Dragonfly
hace 2 meses

1. No hay sustentabilidad y sostenibilidad.
2. No hay leyes donde no hay un beneficio hacia los cultivadores del cannabis.
3. No hay un conocimiento de medicina alternativa sino una descontextualización de la "droga"

Grupo 2
hace 2 meses

El conflicto de interés principal es la adquisición económica por la distribución, además del manejo útil de la tierra. La legalización permite bajar recursos del estado para manejo de la erradicación de la planta.

+ Añadir comentario

Anexo 7. Respuestas de los profesores en formación en la galería de opiniones (sesión II)

1

- * Evidencias para generar procesos benéficos y no benéficos, como actividad de concientización.
- * Es mejor no abordarlo.
- * Con información verídica basada en la ciencia y en los efectos reales que pueden producir, al fin y al cabo, hay sustancias legales que generan peores efectos.
- * Se puede abordar desde el punto de Prevención desde la ciencia y biología.
- * Desde análisis neurocientíficos en adolescentes ver la problemática que se produce en el cerebro.

2

- * La desinformación es lo que ocasiona que solo se produzca el uso del cannabis como una droga psicoactiva, sin tener en cuenta las demás propiedades de la planta que sirven en el uso medicinal.
- * Desde el principio siempre se disfrutó y gusta, se evidencian solamente el efecto recreativo, las sociedades que viven lo viven negativamente, a esto ayuda la desinformación mediada por la televisión, radio. Los mismos pueden ser el abridor, empezando a los ojos de ellos.
- * La sociedad distingue los efectos notorios en un ambiente social.
- * Se estigmatiza el uso del THC, sin conocer sus otros usos como el medicinal. También puede decirse que el mal manejo a la hora de producir genera efectos adversos.
- * Por la falta de conocimiento y tabú ya que si se le da otro uso siempre será con base a la droga y no como algo innovador.

3

- * Por el tema de la concentración de los compuestos que se encuentra en la comida y su medio de metabolización hace que se aproveche.
- * Debido a los procesos biológicos pueden producirse distintas reacciones por ejemplo en nuestro estómago encontramos HCl, lo cual con el cannabis puede producir distintos efectos en nuestro organismo.
- * Puede ser problemática debido al mal manejo de concentraciones de THC en la comida.
- * Por sus efectos.
- * Por la adicción.

4

- * Sí, pues al intentar medir o restringir la persona va a sentirse atada a probarle, mostrar que una prevención puede generar preguntas sobre la salud pública que lleva a una toma de decisión más informada.
- * Sí, puesto que siempre será mejor enseñar desde lo técnico, ya que ahí se podrán responder la mayoría de preguntas; mientras que si se le dice que no o se impone, surge el interés con base a querer probarlo.
- * Sí, totalmente de acuerdo, siempre es mejor sustentar la información desde bases sólidas - Científicas, que infundar miedos en ellos sin ninguna base, solo guiándolos desde el estigma social.
- * No el miedo no permite cohesionar en la toma de decisiones.

por Carlos Andrés P.

- * Todo bien abordado desde la ciencia, da una perspectiva y visión real de lo que ocurre, y si al alguien le da a si forma de pensar y tener, ideas, ideas e ideas, puede mejorar mejor en el individuo.