

Capítulo 3. Discusión sobre la biodegradación de empaques para alimentos: una herramienta para desarrollar la argumentación científica

Julián Alberto Castillo Estupiñán

La presente investigación es producto de la intervención con un grupo de estudiantes de educación media de grado undécimo. Estos hicieron parte de una estrategia que permitió aportar al desarrollo de su competencia argumentativa científica; en su ejecución se abordó la problemática ambiental de la biodegradación de los empaques de alimentos, la cual está fundamentada en las características de una cuestión sociocientífica (CSC). En el diseño metodológico se empleó un modelo de investigación dirigida en el que los estudiantes, organizados por grupos de discusión y asesorados por el docente, construyeron y fortalecieron sus argumentaciones con base en evidencias científicas para participar en debates sobre la CSC. Los datos de la investigación se compilaron al extraer del material de grabación los argumentos de los estudiantes en dos debates aplicados antes y después de la estrategia. Los resultados demostraron que la aplicación de la actividad de investigación dirigida tuvo efectos positivos en el desarrollo de la competencia argumentativa. Al aumentar las frecuencias de las categorías de análisis empleadas para evaluar la calidad de la argumentación de los estudiantes, sus discursos revelaron una apropiación de conocimientos, habilidades de pensamiento crítico y un avance en la comprensión de la discusión científica.

Introducción

La formación científica en Colombia está establecida por la Ley 115 de 1994, artículos 5, 6 y 7, en la cual se describe el alcance que deben desarrollar las instituciones educativas en relación con las competencias científicas y con base en los lineamientos curriculares adoptados para fomentar una alfabetización científica, generar capacidades críticas, reflexivas, analíticas y propiciar la curiosidad para solucionar problemas contextualizados, según precisa el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 1994). En particular, en la educación media los derechos básicos de aprendizaje (DBA) determinan que el estudiante debe argumentar, con base en evidencias, sobre los efectos que tienen algunas de las actividades humanas en la biodiversidad y en su contexto socioeconómico (Colombia Aprende, 2016).

Según Buitrago *et al.* (2013), la argumentación en el contexto de las ciencias naturales se considera como la capacidad cognitiva y comunicativa necesaria para producir una explicación justificada y evaluar las afirmaciones que permiten construir conocimiento. Uno de los objetivos de desarrollar esta capacidad en los estudiantes es promover espacios para discutir y estimular el pensamiento crítico sobre cuestionamientos que involucren el saber científico (Jiménez, 2010). En este sentido, el proceso argumentativo se da mediante la consolidación del discurso —oral o escrito— en la justificación de explicaciones convenientes ante determinados hechos del mundo que son relevantes en la enseñanza de las ciencias.

Por tal motivo, la argumentación puede ser definida como una competencia que asocia tanto el lenguaje como la comunicación en la construcción del conocimiento científico, con la que se puede incidir de manera explícita y con profundidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en la evaluación de las ciencias (Jiménez-Tenorio *et al.*, 2020). Particularmente, Revel Chion y Adúriz-Bravo (2014) reconocen que la competencia argumentativa es fundamental en la enseñanza de las ciencias naturales y afirman que los educadores no fortalecen dicha competencia en las aulas de clase porque, desde su metodología, omiten evaluar la calidad de los aprendizajes adquiridos con base en el razonamiento y la argumentación.

En consecuencia, el proceso de aprendizaje, enseñanza y evaluación no siempre aporta a la construcción de una cultura científica basada en el análisis

y la solución de situaciones específicas (Buitrago, *et al.*, 2013). En el caso de la educación media, el horizonte en la consolidación argumentativa es la expresión oral de las ideas de los estudiantes con un discurso académico que haga uso de los conceptos básicos y esté soportado en datos y evidencias dentro de un espacio social que refuerce las competencias crítica y reflexiva (Carrillo García y Nevado Castellanos, 2017).

En el campo de la investigación y de la educación científica, el modelo argumentativo de mayor interés y apropiación es el de Toulmin (1958). En la mayoría de los casos se incluyen elementos del esquema, los cuales hacen parte del análisis de una comprensión sofisticada sobre cómo los estudiantes usan estos componentes en sus argumentos para ser orientados a participar en la discusión científica (Nam y Chen, 2017). García Grande *et al.* (2018) también sostienen que los elementos del esquema argumentativo de Toulmin (los datos, el calificador modal, las conclusiones, las garantías, las refutaciones y los sustentos) no dependen del campo del discurso. El modelo de Toulmin (1958) es, entonces, un adecuado mecanismo para analizar las características genéricas de un argumento, pues presenta una estructura que es aplicable en cualquier contexto.

Desde otra perspectiva, Jonassen y Kim (2010) sugieren que el modelo que demuestra una proyección en la argumentación científica es el esquema de razonamiento de Walton (1996), quien considera que la argumentación es un patrón particular de razonamiento lógico. Duschl (2008) señala que el marco de Walton deriva de manera parcial en el marco de Toulmin, pero con más modalidades para analizar diferentes tipos de razonamiento. En consecuencia, Nam y Chen (2017) recomiendan fusionar el modelo de Toulmin (1958) con el modelo de Walton (1996), ya que generan un marco más amplio para evaluar y analizar la calidad del argumento. Por lo tanto, en el presente trabajo se adoptan la estructura de Toulmin (1958) y el esquema de razonamiento de Walton (1996) como marco para analizar e interpretar la comprensión epistemológica de los argumentos de los estudiantes, la que se examinará mediante el uso de pruebas y habilidades de razonamiento científico durante la discusión.

Una herramienta que permite el desarrollo de la competencia argumentativa es el debate a partir de cuestiones sociocientíficas (CSC). La mayoría de las investigaciones realizadas hasta la fecha da cuenta de que los estudiantes

que participan en debates con estas características desarrollan aspectos de alfabetización científica. Por ejemplo, los estudios de Zohar y Nemet (2002) han informado sobre un progreso en la comprensión conceptual de la ciencia por parte de los estudiantes; así mismo, Sadler y Zeidler (2005) asocian habilidades de razonamiento informal y Lederman *et al.*, citados por Solli *et al.* (2019) muestran su comprensión de la naturaleza de la ciencia.

Por su parte, Nam y Chen (2017) reconocen las deficiencias que presentan los educandos al participar en prácticas argumentativas como el debate, cuando no se introducen evidencias de carácter científico para construir argumentaciones que respalden sus intervenciones. De esta manera, el debate se asocia simplemente a una discusión moral, ética y política. Por tanto, es fundamental incorporar una práctica de investigación auténtica que conduzca a los estudiantes a recolectar datos relevantes en la formulación de explicaciones y en la toma de decisiones apropiadas en espacios que generen controversia.

Con base en lo anterior, surge la necesidad de fortalecer la competencia argumentativa de los estudiantes del nivel de la media vocacional del Colegio Célestin Freinet (Bogotá). En particular, se propone la aplicación y evaluación de una estrategia didáctica apoyada por el modelo de investigación dirigida (Moya Segura *et al.*, 2011). Este modelo orientó a los estudiantes para recopilar información sobre la CSC relacionada con la biodegradación de los empaques para alimentos. La estrategia tenía como finalidad aproximar a los estudiantes a las bases conceptuales que hacen posible la consolidación de las explicaciones científicas necesarias para participar en las actividades propuestas durante la metodología, cimentadas en el debate con el enfoque de la CSC.

Estas CSC permiten a los estudiantes, además de reflexionar sobre las consecuencias generadas por la ineficiente absorción de tales residuos, aproximarse a comprender los contenidos científicos relacionados con la biodegradación de los polímeros que contienen los empaques de alimentos, recopilando las evidencias que les permiten construir los argumentos y brindar una posible solución. El carácter controvertido de la CSC dentro de la práctica educativa involucra a los estudiantes en escenarios de pensamiento crítico (González Picáns y Puig, 2017) para darle valor al análisis de pruebas

sustentadas de diferentes posturas y ejercer un rol caracterizado por la toma de decisiones individuales y colectivas sobre la situación ambiental que genera la baja biodegradación de los empaques acumulados en la institución.

Por tal razón, la discusión por medio del debate de la CSC desarrolla herramientas críticas en los estudiantes, dirigiendo el aprendizaje de la ciencia hacia la formación ciudadana. Esto se logra mediante la controversia y la complejidad para abordar aspectos que articulan los conceptos científicos en temas sociales y ambientales, enfocados en situaciones reales (Torres Merchán, 2014). Como resultado, se cambia el esquema de una clase instructiva; al proporcionar mayor dinamismo el estudiante adquiere un rol activo en los conocimientos que se asimilan con la posibilidad de acceder a estos de forma colaborativa.

De forma similar, Martínez (2014) considera que abordar la CSC en el aula por parte del profesorado no solo enriquece su desarrollo profesional, sino que contribuye a facilitar la formación crítica y argumentativa del estudiante. Particularmente, en el caso de la formación inicial de profesores de ciencias, la CSC, en escenarios argumentativos, permiten comprender el impacto de la ciencia y la tecnología que, en nuestros tiempos, constituyen elementos clave para la comprensión de la naturaleza de la ciencia asociada a implicaciones morales, éticas, sociales y ambientales que derivan en grandes polémicas cuya relevancia afecta e incide en la sociedad contemporánea y para lo cual el estudiante debe asumir una acción sociopolítica responsable.

Así, los objetivos de esta investigación van orientados a:

1. Identificar las competencias argumentativas de los estudiantes frente a la CSC asociada a la biodegradación de los polímeros que contienen los empaques de alimentos.
2. Reconocer las implicaciones que tiene el modelo de la investigación dirigida para el desarrollo de la competencia argumentativa.
3. Analizar los argumentos de los estudiantes.

Y guiados por la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo desarrollar la competencia argumentativa científica en estudiantes del nivel de la media vocacional, a partir de la cuestión sociocientífica asociada a la biodegradación de los empaques para alimentos?

Metodología

El desarrollo de este estudio se vincula con el enfoque de la investigación cualitativa, tal como lo plantean Hernández Sampieri *et al.* (2014), con una perspectiva naturalista por el contexto que asocia el entendimiento del problema desde la cotidianidad de quienes participaron y, por otro lado, desde la perspectiva interpretativa, puesto que los resultados obtenidos son producto del análisis de las interpretaciones y puntos de vista de los estudiantes que participaron sobre la CSC acerca de la baja biodegradación de los polímeros que contienen los empaques de alimentos. A su vez, se examinaron los resultados del estudio provenientes de las argumentaciones verbales que son producto de la interacción de los participantes en los debates propuestos y extraídas de grabaciones de video para su posterior categorización, codificación y análisis.

De esta forma, se propone trabajar una metodología que se desarrolle por medio de la investigación dirigida y el debate de la CSC. Bajo dicho método, el docente contextualiza a los estudiantes en la problemática general, de manera que pueden optar en grupos por diferentes temas de interés relacionados con la biodegradación. Se enfrentan así al desarrollo de dichos temas con la motivación de unas preguntas orientadoras que los acercan a su cotidianidad y que son formuladas también por el docente. Las respuestas se obtienen bajo parámetros científicos y tienen como finalidad la adquisición de conceptos asociados, brindando aportes por medio de explicaciones fundamentadas tanto teórica como argumentativamente, proceso que a su vez tiene el apoyo del docente.

A continuación, se describen las fases de la metodología de trabajo:

Fase inicial. Diagnóstico

Se trabajó en dos sesiones que se caracterizaron mediante un debate con enfoque de la CSC sobre la problemática de la acumulación de los residuos plásticos en los mares, con el fin de identificar las capacidades argumentativas de los estudiantes que participaron.

En la primera sesión, el docente contextualizó con los estudiantes la información relacionada sobre la contaminación en los mares por los desechos provenientes del plástico, presentando un video introductorio y complementándolo

con un artículo relacionado con el contexto; con esos insumos, los estudiantes desarrollaron, en grupos de trabajo, un cuestionario relacionado con la temática y, por medio de este, prepararon el debate inicial con base en la información obtenida.

En la segunda sesión se llevó a cabo el debate inicial. El docente fue el moderador y organizó la práctica de acuerdo con las preguntas formuladas en el cuestionario de la sesión inmediatamente anterior. Se hizo un control del tiempo para las intervenciones que fueron grabadas con cámara de video. De allí se tomaron los registros de cada intervención y se valoraron en el análisis de las capacidades de argumentación de los estudiantes.

Fase intermedia. Desarrollo de la estrategia de investigación dirigida

La investigación dirigida se aplicó durante seis sesiones como recurso didáctico para conducir al desarrollo de la competencia argumentativa, estructurada en 4 fases (véase la figura 3.1) De entrada, el docente planteó a los estudiantes la pregunta de investigación: ¿Qué tan contaminantes son los empaques de alimentos para el ambiente? Se les permitió, en este sentido, enfocar el objetivo de la investigación.

Figura 3.1. Fases de la investigación dirigida



Fuente: elaboración propia.

Después, el docente socializó los temas propuestos de la investigación dirigida a los estudiantes. Ellos escogieron un tema de acuerdo con su interés particular y con base en los contenidos relevantes que se acoplan para ayudar a responder la pregunta de investigación formulada según la tabla 3.1. De esta manera, se establecieron ocho grupos de trabajo conformados de acuerdo con su consideración.

A cada grupo se le recomendaron fuentes bibliográficas específicas, en este caso, artículos relacionados con los contenidos por investigar que incluían métodos experimentales e innovaciones tecnológicas con respecto al tema de estudio. Además, los grupos fueron consultando material adicional que les permitiera compilar las evidencias científicas y que los ayudara a comprender mejor cada cosa.

Para elaborar las explicaciones, los estudiantes resolvieron las preguntas orientadoras formuladas por el docente. En esta etapa, se evaluaron los grupos en función de las evidencias recogidas, teniendo como horizonte el manejo conceptual de las informaciones bibliográfica y audiovisual consultadas por cada uno. Esto favoreció la realización de un balance del proceso de los estudiantes, sugiriéndoles, en gran parte, fortalecer la explicación adecuada de los conceptos científicos ligados al tema de investigación y señalando, también, las falencias donde debían mejorar.

Tabla 3.1. Temas de la investigación dirigida escogidos por grupo

Grupo		Tema
1	Biopolímeros	
2	Nanomateriales a partir de celulosa	
3	Polímeros convencionales	
4	Microplásticos en el ambiente marino	
5	Empaques totalmente biodegradables	
6	Biodegradación con microorganismos	
7	Aditivos oxobiodegradables en los empaques de alimentos	
8	Estrategias ambientales para reducir la problemática de la acumulación de los empaques de alimentos	

Fuente: elaboración propia.

La fase intermedia culmina preparando un debate de prueba para evaluar los argumentos iniciales de los estudiantes y revelar los avances de la investigación dirigida. Como parte de la preparación, el docente hizo un acompañamiento a los grupos dando los aportes suficientes para que mejoraran su investigación.

Fase final. Evaluación de la investigación dirigida y organización del debate final

El objetivo de este debate fue evaluar la argumentación científica de los participantes, quienes expusieron, ante el auditorio, sus posturas de acuerdo con el tema escogido en su investigación. También, se dieron a conocer los parámetros del debate dentro de un espacio académico denominado «Panel sobre la biodegradación de los empaques de alimentos». A este espacio asistieron los estudiantes que conforman la mesa ambiental de la institución y algunos alumnos de los colegios de la zona. Durante el debate se recopilaron los argumentos que emplearon los participantes, a manera de resultados, utilizando las grabaciones de video realizadas y determinando así el efecto de la estrategia propuesta.

Finalmente, con los resultados obtenidos se comparó el efecto de la investigación dirigida, antes y después, y se estableció el progreso argumentativo de los estudiantes.

Participantes

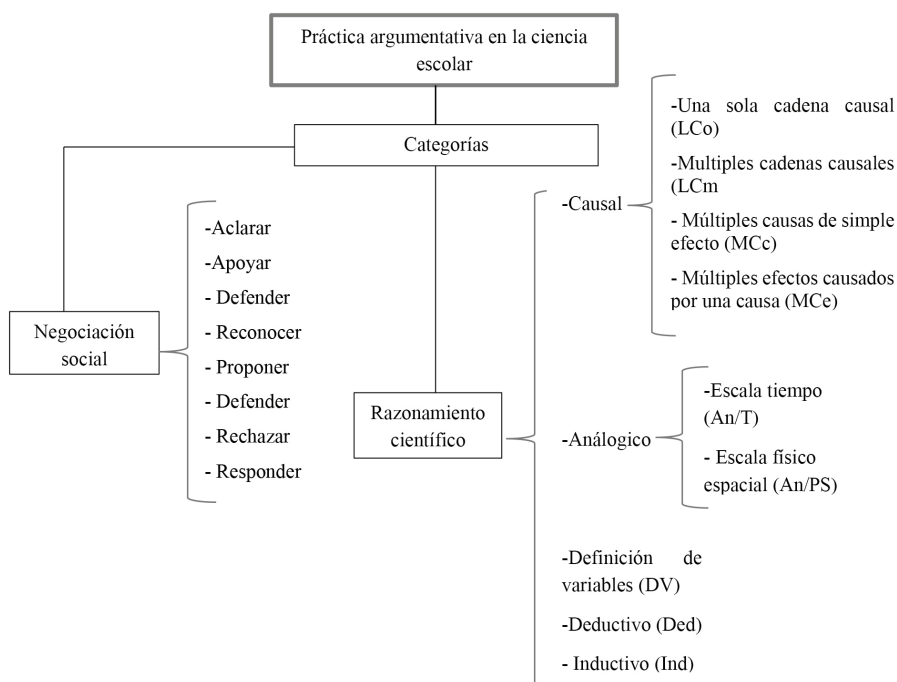
En el desarrollo de la metodología participaron 32 estudiantes del grado undécimo del Colegio Célestin Freinet. El propósito fue evaluar las capacidades críticas y de razonamiento en los argumentos transmitidos por los estudiantes y, además, mostrar los resultados para analizar el impacto de la estrategia aplicada en el desarrollo de la competencia argumentativa científica bajo el contexto CSC.

Recolección y análisis de datos

Los datos en el presente estudio fueron recopilados de las grabaciones de video en los debates inicial y final. Posteriormente, se extrajeron las argumentaciones de los estudiantes, las cuales fueron transcritas como fuente principal en la categorización, codificación y análisis de los resultados.

Los registros tomados de cada intervención se valoraron en el análisis de las capacidades de argumentación de los estudiantes, bajo el método de las dimensiones de la práctica argumentativa en la ciencia escolar, ilustrado en la figura 3.2 (Nam y Chen, 2017).

Figura 3.2. Dimensiones de la práctica argumentativa en la ciencia escolar



Fuente: Nam y Chen (2017).

Cuestiones éticas

Con el grupo de estudiantes que participaron del presente estudio se establecieron acuerdos previos, mediante los cuales tenían pleno conocimiento sobre la estructura de las fases de metodología, principalmente los tiempos y espacios por emplear. En este aspecto, las actividades se trabajaron en los horarios de contrajornadas asignadas por la institución, como complemento de las jornadas académicas. Para ello, los padres de familia fueron informados y notificados. En cuanto a la información de los datos recopilados, los estudiantes aprobaron que fueran grabados durante las sesiones de debate, con la responsabilidad por parte del investigador de proteger sus identidades, manteniendo en el anonimato a cada estudiante.

Resultados y discusión

Los resultados que se obtuvieron de las intervenciones grabadas de los estudiantes en los debates aplicados durante la fase inicial (antes de la estrategia) y final (después de la estrategia) se analizaron desde las categorías de negociación social y razonamiento científico. Posteriormente, fueron interpretados para examinar y comparar los alcances de la estrategia didáctica en cada fase y analizar el progreso de la capacidad argumentativa de estos en dos procesos: con evidencia (CE) y sin evidencia (SE).

Tabla 3.2. Frecuencia en los argumentos categoría de negociación social

Subcategoría	Fase inicial		Fase final	
	% Frecuencia (SE)	% Frecuencia (ce)	% Frecuencia (se)	% Frecuencia (ce)
Aclarar	47.62	9.52	33.33	66.7
Apoyar	47.62	0.00	6.67	20.0
Desafiar	9.52	0.00	26.67	20.0
Reconocer	33.33	14.29	20.00	46.7
Proponer	23.81	19.05	33.33	40.0
Defender	19.05	0.00	13.33	33.3
Rechazar	23.81	9.52	0.00	0.0
Responder	61.90	9.52	13.33	66.7

Fuente: elaboración propia.

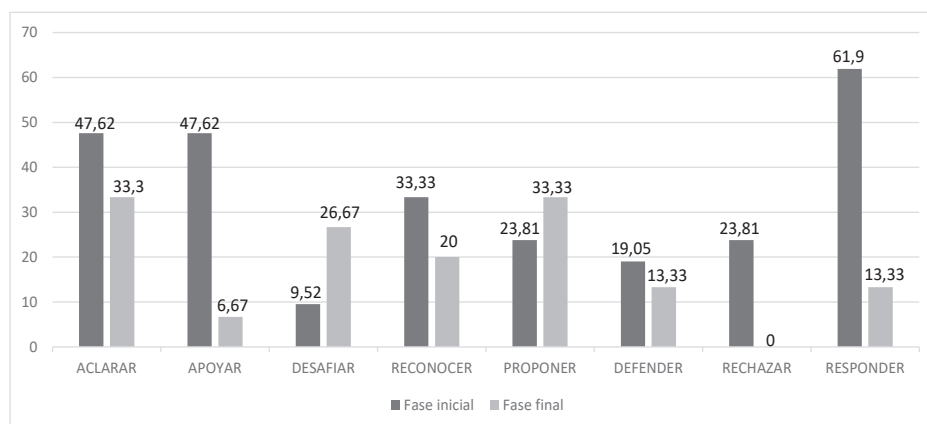
El uso de la evidencia (CE) en los argumentos de los estudiantes se incrementó significativamente después de la intervención didáctica, como lo muestra la tabla 3.2. Se fortalecieron las categorías, así: Aclarar, inicialmente 9,52 % y posteriormente 66,7 %; Responder, inicialmente 9.52 % y posteriormente 66.7 %; Reconocer, inicialmente 14.29 % y posteriormente 46.7 %; y Proponer, inicialmente 19.05 % y posteriormente 40 %. En consecuencia, era de esperar que el no uso de la evidencia (SE) decreciera en la frecuencia del uso de los argumentos en las categorías de negociación social con respecto al debate final.

Antes de la estrategia, la categoría Rechazar (CE) registró una frecuencia inicial de 9.52 % en el uso de los argumentos y una final del 0 % debido a que, en el debate inicial, se identificó que los estudiantes no poseen la construcción epistémica de los saberes involucrados para argumentar acerca de las alteraciones ambientales que produce la baja degradación de los polímeros presentes en los

empaques de alimentos. De esta forma, la competencia argumentativa científica en ellos se ve afectada porque predominan en sus discursos razonamientos informales caracterizados por valoraciones personales para cuestionar las posiciones de algunos grupos. Sin embargo, en el debate final los estudiantes no se centraron en rechazar las intervenciones de los demás, pues se intentó dar prioridad a posiciones fundamentadas en datos y evidencias.

Después de evaluar la estrategia de investigación dirigida en el debate final, el análisis de la comprensión epistémica presenta un cambio de frecuencias en los argumentos expuestos por los estudiantes, aumentando en cada subcategoría de negociación social el uso de la evidencia (CE), como se muestra en las figuras 3.3 y 3.4. De esta manera, se corroboran los planteamientos que propone Toulmin (1958) en su esquema argumentativo: los estudiantes solucionan interrogantes recolectando evidencias que demuestren datos adecuados para obtener conclusiones.

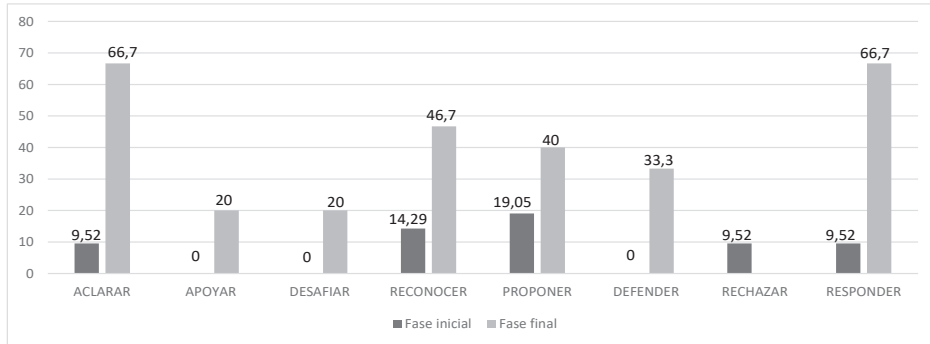
Figura 3.3. Frecuencia de argumentos en subcategorías de negociación social (SE) antes y después de la investigación dirigida



Fuente: elaboración propia.

Durante el proceso de investigación dirigida los estudiantes mejoraron sus capacidades de pensamiento crítico y demostraron, con evidencias, sus explicaciones documentadas en los resultados de trabajos vinculados a su tema de estudio, exponiendo soluciones viables para reducir el impacto de la acumulación de los empaques de alimentos.

Figura 3.4. Frecuencia en los argumentos en las subcategorías de negociación social (CE) antes y después de la investigación dirigida



Fuente: elaboración propia.

A partir del mismo enfoque de análisis de la categoría de negociación social, se introdujeron los resultados de las fases inicial y final para la categoría de razonamiento científico. Los resultados representan con claridad el cambio en las subcategorías de razonamiento científico (véase la tabla 3.3), incrementándose el porcentaje de frecuencia del uso de los argumentos en cada subcategoría, de acuerdo con el patrón de análisis correspondiente.

Tabla 3.3. Frecuencia en los argumentos, categoría de razonamiento científico

	Fase inicial	Fase final
Subcategoría	% Frecuencia	% Frecuencia
Linear (Loc)	42.86	60.00
Lineal (Lcm)	0.00	13.33
Múltiples causas de simple efecto (Mcc)	23.81	40.00
Múltiples efectos causados por una sola causa (Mce)	14.29	26.67
Escala tiempo (An/T)	0.00	33.33
Escala físico-espacial (An/Ps)	14.29	40.00
Definición de variables (Dv)	14.29	86.67
Razonamiento deductivo (Ded)	9.52	46.67
Razonamiento inductivo (Ind)	14.29	53.33

Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, la subcategoría de razonamiento causal en la subcategoría (Loc) fue la de mayor dominio en las frecuencias de los argumentos, tanto

al inicio con un 42,86 % como al final de la estrategia con un 60 %; esto, por la interpretación que tuvieron los estudiantes de una sola cadena causal para comprender que los desechos provenientes de los alimentos empaquetados, que afectan los ambientes marinos, surgen por el mal uso y manejo de estos materiales por parte de los actores sociales. En segundo lugar, la subcategoría (Mcc) incrementó en la frecuencia de uso de los argumentos planteados por los estudiantes pasando de un 23,81 % a un 40 % dado que asumen que las múltiples causas son generadas por un simple efecto, por ejemplo, la baja degradación de los plásticos convencionales.

Los resultados relacionados con la frecuencia del uso de los argumentos por los estudiantes, categoría de razonamiento analógico en la subcategoría (An/T) aumentaron del 0 % al 33,33 %, ya que al inicio los estudiantes no tenían en cuenta la escala temporal por desconocer los factores de degradación en los diferentes materiales a base de plásticos, característica que se incrementó durante el desarrollo de su investigación. Varios de los participantes usaban la analogía temporal para describir lo que sucede con un material polimérico comparándolo con otros en su proceso de biodegradación.

En cuanto a la subcategoría (An/Ps) aumentó el porcentaje de frecuencia del uso de los argumentos por parte de los estudiantes de un 14,29 % a un 40 %, sugiriendo que el razonamiento de este aspecto se vio favorecido por el contexto físico-espacial, como son los ecosistemas marinos, para contextualizar el impacto del problema en cuestión. Así mismo, algunos de los estudiantes llegaron a comparar las estructuras de varios plásticos y el tamaño de sus partículas, por ejemplo, los microplásticos y los nanomateriales a base de celulosa, comprendiendo por qué una molécula más compleja puede reducirse a otra más simple. Un ejemplo del uso del contexto temporal es que uno de los factores que más trascendió en la investigación dirigida fue el tiempo de degradación en los materiales que conforman los empaques de alimentos. Una estudiante del Grupo 2 respondió, ante una de las preguntas del auditorio, la siguiente afirmación:

Dependiendo del producto que se quiera desarrollar, por ejemplo, si quieres desarrollar un yogurt y envasarlo, el envase se podría biodegradar dentro de unos trece meses si es posible, otros que son solamente bolsas plásticas necesariamente se pueden degradar durante las primeras 50 horas o aproximadamente

una semana. (Participante del Grupo 2. Transcripción de grabación de video, abril del 2019)

En el siguiente fragmento, un estudiante del Grupo 4 cuyo tema de investigación fue el impacto producido por los microplásticos en las redes tróficas marinas, de manera analógica, hace referencia a la similitud de las composiciones química y estructural entre la hormona tiroxina y el aditivo tetrabromobisfenol A para explicar lo que ocurre al ingresar este tipo de sustancias en un organismo y afectar su proceso endocrino. En este apartado también se muestra el uso del razonamiento causal porque se especifican los efectos endocrinos en los organismos marinos como resultado de lo que ocasionan los microplásticos en las redes tróficas.

Entonces, ¿qué sucede? Los aditivos como el BPA liberados por los microplásticos afectan la glándula tiroidea; lo que va a hacer es que se interrumpa su actividad endocrina; si entran microplásticos a los organismos pequeños durante su maduración se van a ver afectados de muchas formas, incluso puede llegar a que sus conductas de supervivencia sean distintas por las alteraciones en su locomoción, haciéndolos vulnerables para ser depredados y, como resultado, se genera la pérdida de los cardúmenes. (Participante del Grupo 4. Transcripción de grabación de video, abril del 2019)

La categoría de definición de variables en la subcategoría (Dv) fue la de mayor dominio al aumentar la frecuencia de uso de los argumentos por parte de los estudiantes, pasando del 14,29 % al 86,67 %. Los resultados expresan que en el debate inicial los estudiantes no llegaron a definir variables por no tener el conocimiento específico que involucra el problema de los empaques de alimentos desde el contexto científico, centrándose únicamente en definir los problemas sociales y económicos que intervienen en el uso de las bolsas plásticas. En el desarrollo de la investigación dirigida cada grupo fue accediendo a este razonamiento, al identificar y reconocer las múltiples variables que inciden en fenómenos de mayor complejidad, permitiendo el fortalecimiento de los conceptos científicos y transmitiéndolos de forma coherente en la argumentación. En el siguiente ejemplo un estudiante del Grupo 1 explicó las condiciones necesarias por las cuales ocurre el proceso de biodegradación en la estructura del almidón:

La biodegradación del almidón de papa se lleva a cabo mediante la radiación ultravioleta, el calor y el oxígeno atmosférico para que se pueda fragmentar la estructura del almidón y así la bacteria pueda terminar de realizar el proceso de biodegradación. (Participante del Grupo 1. Transcripción de grabación de video, abril del 2019)

Finalmente, las frecuencias de uso del argumento presentadas por los estudiantes dentro de la categoría de razonamientos deductivo e inductivo, en la subcategoría (Ded), se incrementaron del 9,52 % al 46,67 %. Ellos argumentaron orientando el problema ambiental de los océanos a situaciones específicas. Por ejemplo, partiendo del mal manejo que se les da a los residuos provenientes de los empaques de alimentos se explicaron, de manera concreta, los efectos que se producen cuando se acumulan tales residuos en cantidades considerables en los ecosistemas marinos. Un estudiante del Grupo 3, quien estuvo a favor de mantener el uso de los empaques plásticos en la conservación de alimentos, deduce en el siguiente fragmento que el problema ambiental en los océanos se origina por la falta de conciencia de reciclar por parte de quienes consumen y producen estos empaques.

Algo que debemos tener en cuenta en este proceso es ¿qué tanto reciclan las personas? En el mundo se producen alrededor de 78 millones de toneladas de plástico al año de los cuales solo el 9 % es reciclable. Por otro lado, se debe identificar cómo llega el plástico a los vertederos y se dirige hacia las zonas marinas; en algunos puntos se han concentrado las islas de la basura formadas por la aglomeración de desechos no biodegradables y por el influjo de las corrientes marinas, también llamadas giros oceánicos, donde las corrientes de agua se concentran y hacen que la basura quede acumulada. (Participante del Grupo 3. Transcripción de grabación de video, abril del 2019)

En cambio, en la subcategoría (Ind), ese incremento fue del 14,29 % al 53,33 %. Los estudiantes aplicaron las ideas generales a contextos específicos y, a su vez, ideas específicas a contextos más amplios, con el propósito de consolidar las evidencias recogidas y dar un sentido lógico a sus argumentos, proponiendo soluciones viables encaminadas al desarrollo de innovaciones tecnológicas y científicas. En el primero de los siguientes apartados un estudiante del Grupo 2 propuso la

alternativa de utilizar la nanotecnología en la innovación de los empaques a base de fibras de celulosa; en el segundo, un estudiante del Grupo 3 define los resultados de un mecanismo biotecnológico para biodegradar materiales como el PET en tiempo óptimos mediante el uso de una enzima recombinante.

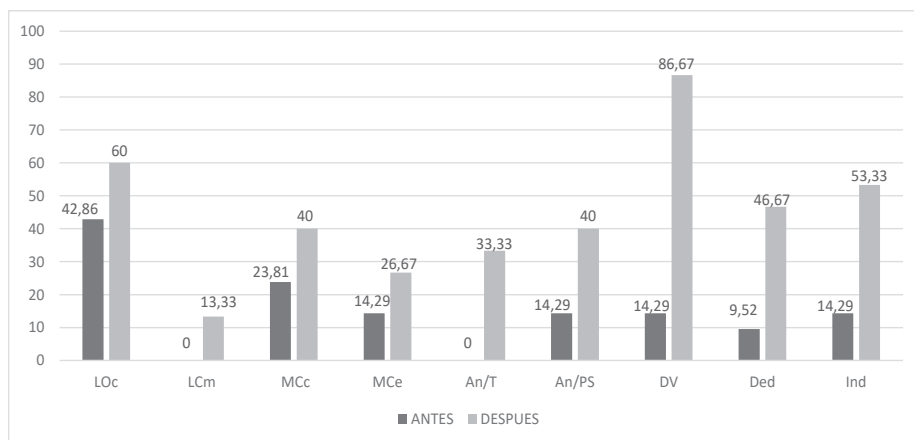
Los materiales diseñados con nanocompuestos de celulosa, además de ofrecer unas óptimas condiciones en el empaque de alimentos como la durabilidad, propiedades de barrera, disminución de costos y consumo de energía, son capaces de reducir el impacto ambiental gracias a su biodegradación. Por tanto, la nanotecnología es una buena opción para innovar los empaques de la próxima generación con materiales ecológicos y sostenibles. (Participante Grupo 2. Transcripción de grabación de video, abril del 2019)

Utilizando el hongo *Aspergillus nidulans* y agregando la levadura *Pichia pastoris* se puede generar una enzima recombinante que permite cortar las cadenas y los enlaces C, H y O que existen dentro del PET por medio de un proceso biocatalítico, que significa utilizar las enzimas para degradar y oxidar los compuestos que hay dentro del plástico, permitiendo reacciones químicas a temperatura ambiente, por lo cual no necesitan estar a temperaturas muy altas o en condiciones muy específicas para funcionar; simplemente, temperatura entre 16 °C y 25 °C, es suficiente en la optimización del proceso. Esto permite que haya una mayor degradación del plástico, ya que antes se decía que las botellas del PET podían durar casi 400 años en degradarse y, con este proceso, fácilmente se pueden degradar en 15 días; entonces, esto muestra un gran avance para la degradación del plástico; además de eso podemos ver que generaría un impacto ambiental positivo. (Participante del Grupo 3. Transcripción de grabación de video, abril del 2019)

De esta forma, era de esperar que el uso de frecuencia en los argumentos de los estudiantes correspondientes a las subcategorías de razonamiento científico aumentara satisfactoriamente después de la estrategia (véase la figura 3.5). Los resultados de este proyecto demostraron que la competencia argumentativa científica se intervino de manera positiva; esto, debido a la fase de investigación dirigida que promovió la construcción del pensamiento crítico y la capacidad de razonamiento para analizar y evaluar una solución, con responsabilidad social, frente a la problemática de la baja biodegradación de los

empaques de alimentos. La frecuencia en los argumentos de los estudiantes, en el debate final, se incrementa en los patrones de comprensión epistémica y razonamiento científico, con respecto al debate inicial, gracias a que sus discursos fueron consolidados por la apropiación de los conocimientos basados en pruebas científicas, aportando, con este método, a los procesos de argumentación desde la enseñanza de las ciencias naturales.

Figura 3.5. Frecuencia en las subcategorías de razonamiento científico antes y después de la investigación dirigida



Fuente: elaboración propia.

Según Nam y Chen (2017), cuando los estudiantes incrementan los patrones de razonamiento científico en la argumentación pasan de solo determinar los beneficios o consecuencias de una cuestión sociocientífica, desde el enfoque de la negociación social, a identificar en el problema las variables científicas que se deben considerar para reducir el impacto producido por los empaques de alimentos en los ecosistemas.

El marco de las dimensiones de la práctica argumentativa en la ciencia escolar es una herramienta adecuada para evaluar y juzgar la calidad del argumento de los estudiantes. Los elementos de este marco permiten examinar con amplitud los razonamientos en sus discursos con justificaciones apoyadas en evidencias, categorizando los diferentes tipos de argumentos y agrupando los esquemas argumentativos de Toulmin (1958) y de Walton (1996).

Adicionalmente, se reconoce que el diseño de actividades experimentales es fundamental para dar una mejor aproximación a los contenidos teóricos, obteniendo datos y resultados que proporcionen apoyo a las argumentaciones formuladas en la comprobación de las evidencias científicas.

Conclusiones

La revisión bibliográfica y audiovisual fue fundamental para que los estudiantes comprendieran el problema de la biodegradación de los empaques de alimentos. La consulta de los diferentes textos, y su respectivo estudio, les permitió una explicación conceptual; allí constataron datos certeros de estos procesos científicos y construyeron una explicación coherente que les condujo a desarrollar argumentos. Además, esta revisión generó un interés en los estudiantes por ampliar sus conocimientos y aplicarlos en problemas específicos, fortaleciendo, aparte de la competencia argumentativa, la indagación, la explicación de fenómenos y la apropiación del conocimiento científico; estas competencias son evaluadas en la prueba Saber dentro del componente de Ciencias Naturales.

La competencia argumentativa científica en los estudiantes del nivel de la media vocacional se desarrolla adecuadamente teniendo como alternativa el debate CSC en las clases de Ciencias porque ofrece un escenario para las intervenciones personales de diferentes entes sociales sobre una problemática real, como lo es el estudio de la biodegradación de los empaques de alimentos, que permite en los estudiantes promover el pensamiento crítico, divulgar conocimientos, justificar con evidencias, defender posturas, elaborar ideas y organizarlas.

Al aplicar el modelo de investigación dirigida como recurso didáctico en este trabajo, se hace posible que los estudiantes encuentren las evidencias científicas necesarias en la producción de sus argumentos. Haciendo una revisión bibliográfica orientada por el docente, quien les asesora durante el proceso en el fortalecimiento de la apropiación de conceptos y construcción de las explicaciones relacionadas al tema de investigación, se comprueban los avances y dificultades a medida que se aproximan a entender el problema de los empaques de alimentos con base en su biodegradación; por tanto, este proceso les facilita a los estudiantes mejorar la comprensión de la discusión científica.

Con esta propuesta se logra concientizar de forma pedagógica y reflexiva a los estudiantes sobre su responsabilidad social con el medioambiente y su comunidad. Al identificar dicha responsabilidad reconocen la importancia de apropiar los contenidos científicos tratándolos con un lenguaje adecuado, no solamente abordándolos con una postura crítica, sino también construyendo procesos de razonamiento científico.

De acuerdo con lo anterior, es fundamental incluir en el currículo de la educación ambiental contenidos aplicados en la solución de problemas dentro de un marco social que genere compromisos del individuo en formación y los transmita a su comunidad. Los contenidos deben ser relevantes y contextualizados en las perspectivas global y local de los estudiantes, fundamentados a partir de sus concepciones previas y orientados por medio de una metodología transversal en el ámbito sociocientífico.

Finalmente, en la formación profesional docente deben incluirse con mayor regularidad los objetivos pedagógicos de la educación ambiental, una de cuyas principales falencias es que no conducen a la práctica los conocimientos transmitidos de un marco conceptual que se ve muy reducido al no generar en los estudiantes acciones que propicien espacios de análisis y reflexión con alternativas para incentivar una concientización sobre el cuidado del medioambiente. En consecuencia, los planes de estudio carecen de congruencia cuando los proyectos transversales, como los PRAE, no se fortalecen por la ausencia de didácticas efectivas que impliquen no aprovechar oportunidades para motivar a los estudiantes a desarrollar competencias argumentativas y de pensamiento crítico que les permitan adquirir la condición de agentes ambientales.

Referencias

- Buitrago, A., Mejía, N., y Hernández, R. (2013). La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias. *Innovación educativa*, 13(63), 17-39. <http://bit.ly/3XIHBKi>
- Carrillo García, S., y Nevado Castellanos, K. (2017). El debate académico como estrategia didáctica para la formación de competencias argumentativas y la aproximación al diálogo científico. *Rastros Rostros*, 19(34), 18-30. <https://doi.org/10.16925/ra.v19i34.2145>

- Colombia Aprende. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje. Ciencias Naturales*. <https://bit.ly/3gz697G>
- Duschl, R. A. (2008). Quality argumentation and epistemic criteria. En S. Erduran; M. P. Jiménez-Alexandre (editors) *Argumentation In Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 159-175). Springer.
- García Grande, C. M., Manrique Pardo, M. C., y Ramírez Pretel, A. (2018). *La argumentación como estrategia para fortalecer la toma de decisiones en los estudiantes de grado quinto y octavo de la IED El Carmen de Guachetá* [tesis de maestría, Universidad de la Sabana]. <http://hdl.handle.net/10818/35123>
- González Picáns, A., y Puig, B. (2017). Analizar una problemática ambiental local para practicar la argumentación en clase de Ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 16(2), 280-297. <http://bit.ly/3OBgzQI>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª edición). McGraw-Hill.
- Jiménez, M. (2010). *Diez ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Jiménez-Tenorio, N., Vicente Martorell, J. J., Aragón Núñez, L., y Oliva Martínez, J. M. (2020). Fomentar la argumentación en clases de ciencias a través de una controversia sociocientífica en futuros docentes. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4 (1), 79-86. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.4639>
- Jonassen, D. H., & Kim, B. (2010). Arguing to Learn and Learning to Argue: Design Justifications and Guidelines. *Educational Technology Research and Development*, 58(4), 439-457. <https://rdcu.be/c0p9k>
- Ley 115 de 1994. Por la cual se expide la Ley General de Educación. 8 de febrero de 1994. D. O. 41214.
- Martínez, L. F. (2014). Cuestiones sociocientíficas en la formación de profesores de ciencias: aportes y desafíos. *Tecné, Episteme, Didaxis: TED*, (36), 77-94. <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted77.94>
- Moya Segura, A., Chaves Sibaja, E., y Castillo Rodríguez, K. (2011). La investigación dirigida como un método alternativo en la enseñanza de las ciencias. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 6(1), 115-132. <https://doi.org/10.15359/rep.6-1.7>
- Nam, Y., & Chen, Y. C. (2017). Promoting Argumentative Practice in Socio-Scientific Issues through a Science Inquiry Activity. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3431- 3461. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00737a>

- Revel Chion, A., y Adúriz-Bravo, A. (2014). La argumentación científica escolar: Contribuciones a una alfabetización de calidad. *Pensamiento Americano*, 7(13), 113-122. <http://hdl.handle.net/11336/41644>
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138. <https://doi.org/10.1002/tea.20042>
- Solli, A., Hillman, T., & Makitalo, A. (2019). Navigating the Complexity of Socio-scientific Controversies-How Students Make Multiple Voices Present in Discourse. *Research in Science Education*, (49), 1595-1623. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9668-5>
- Torres Merchán, N. (2014). *Pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas: un estudio en escenarios de formación docente* [tesis de doctorado, Universidad de Valencia]. <http://hdl.handle.net/10550/36116>
- Toulmin, S. E. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge University Press.
- Walton, D. N. (1996). *Argumentation Schemes for Presumptive Reasoning*. Routledge.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62. <https://doi.org/10.1002/tea.10008>