



Fotografía
Jenny Marcela Moyano

¿CÓMO EVOLUCIONAN LOS ARGUMENTOS SOCIOCIENTÍFICOS ESCOLARES DEL ESTUDIANTADO DE SECUNDARIA?

How do Socio-scientific arguments Evolve among Secondary School Students?

Como os argumentos sociocientíficos evoluem entre estudantes do ensino médio?

José Luis Hernández-Sarabia¹ 

Fecha de recepción: 17 de octubre de 2025
Fecha de aprobación: 15 de junio de 2025

Cómo citar

Hernández-Sarabia, J. S. (2025). ¿Cómo evolucionan los argumentos sociocientíficos escolares del estudiantado de secundaria? *Bio-grafía*, 18(35), e22242. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.18.num35-22242>

Resumen

Con el objetivo de identificar la evolución de los argumentos del estudiantado en torno al asunto sociocientífico “Alimentos transgénicos”, se investigó a estudiantes de primero de secundaria en una escuela urbana del Estado de México. El problema es que tienen dificultades para desarrollar argumentos sociocientíficos. De acuerdo con Tashakkori y Teddlie (1998); Hernández Sampieri et al. (2014), la metodología fue de carácter mixto, que supone tratamiento tanto cuantitativo como cualitativo, con enfoque pragmático, lo cual permite usar el método más apropiado. Implicó la implementación de una secuencia didáctica que involucró a una profesora y cuatro de sus grupos de secundaria. Los productos elaborados por el estudiantado (notas del cuaderno e infografía) con acompañamiento docente, así como una entrevista semiestructurada aplicada a la docente y un cuestionario para alumnos fueron los insumos para el análisis de los resultados, donde el modelo argumentativo de Toulmin (2007) se usó como marco comparativo. Se encontró que, al buscar información con acompañamiento docente, es posible que los alumnos cambien sus argumentos respecto a sus saberes previos y que posteriormente los maticen. También que, al argumentar, los estudiantes sin darse cuenta de ello incluyen elementos del modelo de Toulmin como afirmaciones y datos. Sin embargo, la validación de afirmaciones y las refutaciones difícilmente son desarrolladas en la clase de ciencias. Se recomienda que los docentes trabajen con regularidad los procesos de indagación y argumentación científica con la finalidad de potenciar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Palabras clave: acompañamiento docente; argumentación sociocientífica; debate; indagación

¹ Magíster en Tecnología Digital para la Educación. Jefe de Departamento de Biología y Educación Ambiental, Secretaría de Educación Pública, Ciudad de México. jluish@nube.sep.gob.mx

Abstract

With the aim of identifying the evolution of the arguments of students regarding the socio-scientific issue of “genetically modified foods,” first-year secondary school students in an urban school in the State of Mexico were surveyed. The problem is that they struggle to develop socio-scientific arguments. In accordance with Tashakkori and Teddlie (1998); Hernández Sampieri et al. (2014), the methodology was mixed, involving both quantitative and qualitative approaches, with a pragmatic approach, that allows for the use of the most appropriate method. It involved the implementation of a teaching sequence involving a teacher and four of her secondary school groups. The student-produced products (notebooks and infographics) with teacher support, as well as a semi-structured interview with the teacher and a student questionnaire, were used as input for the analysis of the results, where Toulmin’s (2007) argumentative model was used as a comparative framework. It was found that, when searching for information with teacher support, students may change their arguments based on their prior knowledge and subsequently refine them. It was also found that, when arguing, students unwittingly include elements of Toulmin’s model, such as claims and data. However, the validation of claims and refutations are rarely developed in science classes. It is recommended that teachers regularly work on the processes of inquiry and scientific argumentation to enhance the teaching and learning processes.

Keywords: debate; inquiry; socio-scientific argumentation; teacher support

Resumo

Para identificar a evolução dos argumentos dos alunos sobre a questão sociocientífica dos “alimentos geneticamente modificados”, foi realizado um estudo entre alunos do primeiro ano do ensino médio de uma escola urbana no Estado do México. O problema é que eles têm dificuldade em desenvolver argumentos sociocientíficos. De acordo com Tashakkori e Teddlie (1998); Hernández Sampieri e outros (2014), a metodologia foi de natureza mista, que envolve tratamento quantitativo e qualitativo, com abordagem pragmática, que permite a utilização do método mais adequado. Incluiu a implementação de uma sequência de ensino envolvendo uma professora e quatro de suas turmas do ensino médio. Os produtos produzidos pelos alunos (cadernos e infográficos) com apoio do professor, bem como uma entrevista semiestruturada com a professora e um questionário para os alunos foram os insumos para a análise dos resultados, onde o modelo argumentativo de Toulmin (2007) foi utilizado como referencial comparativo. Foi constatado que, ao buscar informações com o apoio do professor, os alunos podem mudar seus argumentos com base em seus conhecimentos prévios e, posteriormente, refiná-los. Além disso, ao argumentar, os alunos involuntariamente incluem elementos do modelo de Toulmin, como afirmações e dados. Entretanto, a validação de alegações e refutações raramente são desenvolvidas nas aulas de ciências. Recomenda-se que os professores pratiquem regularmente processos de investigação e argumentação científica para aprimorar os processos de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: apoio pedagógico; argumentação sociocientífica; debate; investigação



Introducción

Estudios llevados a cabo por Driver *et al.* (2000), Bahamonde (2014), Revel *et al.* (2014), Faize *et al.* (2017), Revel-Chion *et al.* (2021) y Hernández-Sarabia (2023a) apoyan la idea de que la práctica oral y escrita de la argumentación sociocientífica brinda múltiples beneficios al estudiantado; por ejemplo, mejora el razonamiento, el pensamiento crítico, el debate y la toma de decisiones. Asimismo, puede fortalecer la confianza, la seguridad y la autoestima. Sin embargo, estos estudios mencionan que el estudiantado de secundaria presenta dificultades para desarrollar el proceso de argumentación.

Sadler y Donnelly (2006) señalan que los asuntos sociocientíficos refieren a temas sociales controvertidos que implican el uso de conceptos y procedimientos de la ciencia y la tecnología. Estos, además de brindar oportunidades para buscar, seleccionar y analizar información, también permiten debatir y evaluar opiniones contrapuestas, cuestionar la validez de las afirmaciones y presentar alternativas. Por ello, resultan relevantes en las clases de ciencias.

Ahora bien, de acuerdo con Osborne *et al.* (2004), Ruiz-Ortega *et al.* (2015) y Hernández-Sarabia (2023a), la argumentación científica escolar: alude a un proceso dialógico razonado, con crítica constructiva, debate, escucha activa y respeto por las ideas propias y ajenas; implica tomar decisiones frente a asuntos que pueden ser controversiales, como los sociocientíficos; involucra el uso de lenguaje científico explícito y evidencia proveniente de la indagación bibliográfica, experimental o de campo; y conlleva relaciones congruentes entre datos o evidencias y afirmaciones, con el fin de mantener, defender y convencer respecto de una postura o punto de vista.

Por otra parte, Osborne *et al.* (2004) y Pinochet (2015) mencionan que un argumento científico escolar refiere a discursos orales o escritos que el estudiantado construye para justificar sus afirmaciones o conclusiones, apoyado en evidencia científica escolar derivada de la indagación bibliográfica, práctica de laboratorio o de campo.

Asimismo, Toulmin (2007) señala que el argumento se emplea para defender o apoyar formalmente una afirmación o conclusión que será validada o refutada dependiendo de las evidencias o datos en los que se apoye. La estructura de un argumento se basa en elementos enlazados entre sí: afirmación o conclusión; datos o evidencia que sustentan la afirmación; garantías que proporcionan un vínculo entre los datos y la afirmación, y respaldos que apoyan la garantía; además de refuta-

ciones que señalan las circunstancias bajo las cuales la afirmación sería incorrecta. Los elementos esenciales del argumento de Toulmin son: afirmaciones, datos, garantías y respaldos.

Toulmin (2007) menciona que los científicos construyen explicaciones, modelos y teorías mediante argumentos que relacionan evidencias con afirmaciones, a las cuales arriban con el uso de garantías y respaldos. Con esta perspectiva, Erduran *et al.* (2004) proponen que la argumentación se enseñe explícitamente para que el estudiantado construya sus propias explicaciones, en este caso, sociocientíficas. Esto favorece la apropiación de las prácticas científicas y de su lenguaje.

Ahora bien, para examinar los argumentos de estudiantes de secundaria asociados a temas sociocientíficos relativos a la genética, se ha utilizado el modelo de Toulmin (Erduran *et al.*, 2004).

Por tanto, el modelo argumentativo de Toulmin constituye una herramienta poderosa para identificar la evolución de los argumentos relativos a los alimentos transgénicos construidos por el estudiantado.

Para este trabajo, el modelo de Toulmin no fue objeto de estudio por parte del alumnado; sin embargo, es relevante como marco teórico de referencia para identificar si sus elementos están presentes en los argumentos presentados por los estudiantes.

Por otra parte, Driver (1988) señala que los estudiantes desarrollan ideas sobre fenómenos naturales incluso antes de estudiar ciencias en la escuela. En algunos casos, estas ideas son congruentes con lo que aprenderán; en otros, difieren del conocimiento científico.

En este sentido, el estudiantado de secundaria puede ofrecer argumentos apoyados en los conocimientos que ya posee. Sin embargo, cabe la posibilidad de que se estancan en ideas previas que, si bien permiten abordar diversas situaciones de la vida cotidiana, con frecuencia carecen de características propias del conocimiento científico, como la coherencia, la objetividad, la racionalidad y la sistematicidad (Mora y Herrera, 2009).

Por lo tanto, conviene rescatar los saberes previos del estudiantado y posteriormente orientarlos en torno al proceso de indagación científica escolar, ya sea con base en bibliografía científica o documental (Itoiz, 2018; Barros y Turpo, 2017; Peña, 2010; Camacho *et al.*, 2008), o bien, mediante prácticas de laboratorio o de campo. Se puede partir de una pregunta, una inquietud o un problema para construir argumentos científicos propios.

Esto se puede desarrollar con base en:

Práctica de laboratorio: se lleva a cabo en la escuela e implica el planteamiento de preguntas o problemas que motiven al estudiantado a indagar, con el fin de proponer diseños experimentales que permitan encontrar posibles respuestas mediante el análisis de procesos y resultados (López-Rúa y Tamayo-Alzate, 2012).

Práctica de campo: en general, se realiza fuera de la escuela e implica la obtención de datos en el lugar donde ocurre el fenómeno de estudio; comúnmente, la información se analiza y procesa posteriormente.

Indagación documental: se puede desarrollar tanto en la escuela como fuera de ella. Implica que, ante una pregunta o problema, los estudiantes busquen y seleccionen información en fuentes bibliográficas, la lean, reflexionen en torno a las ideas allí expresadas, las comprendan, las expliquen, opinen sobre ellas y tomen decisiones (Barros y Turpo, 2017; Peña, 2010; Camacho *et al.*, 2008).

Actualmente, se encuentra abundante información en internet, lo cual favorece la indagación, el intercambio y el procesamiento de datos, así como el diálogo de saberes que aporta a la construcción de la ciencia escolar y a los procesos educativos. Sin embargo, es relevante que los estudiantes consulten fuentes y bases de datos confiables para respaldar sus argumentaciones.

Para que una fuente de internet se considere confiable, deben tenerse en cuenta distintos aspectos, por ejemplo, la dirección electrónica, que incluya el autor, la institución de respaldo (educativa, científica, gubernamental, entre otras), el país y la fecha de publicación (Kriscautzky y Ferreiro, 2014).

Para lograr que el estudiantado desarrolle los procesos de indagación y argumentación, es importante que el docente considere: 1) planear sus clases, por ejemplo, a partir de secuencias didácticas; y 2) brindar acompañamiento, de manera que se propicie la reflexión del estudiantado respecto de la confiabilidad de las fuentes de información, entre otros aspectos.

De acuerdo con Tobón *et al.* (2010), Díaz-Barriga (2013) y Hernández-Sarabia (2023b), una secuencia didáctica se compone de diversas actividades articuladas para que el docente desarrolle un tema previamente definido en un determinado periodo de tiempo y, con ello, logre los propósitos educativos, como el desarrollo de la indagación y la argumentación científica escolar.

Por su parte, el acompañamiento docente es una práctica educativa cuyo propósito es fortalecer las capacidades del estudiantado. Implica actuar a su lado al plantear situaciones problema, de modo que reflexione sobre la confiabilidad de la información, y guiar sus actividades académicas para que aprendan conceptos, actitudes y valores, y se fortalezca el desarrollo de procesos como la indagación y la argumentación (Gil, 2016).

Esto ayuda al estudiantado a obtener información confiable y a potenciar diferentes habilidades, como analizar distintos puntos de vista, elaborar razonamientos y comunicar argumentos científicos con detalle (Larrain, 2009), lo cual permite construir y reconstruir conocimientos.

Planteamiento del problema

Como se mencionó inicialmente, el estudiantado de secundaria presenta dificultades para desarrollar la argumentación científica escolar.

Objetivos

- Identificar el efecto de la implementación de una secuencia didáctica y del acompañamiento docente sobre el desarrollo de la habilidad para construir argumentos científicos escolares en estudiantes de secundaria.
- Distinguir cómo evolucionan los argumentos científicos escolares de estudiantes de secundaria.
- Identificar elementos del modelo argumentativo de Toulmin en los argumentos construidos por estudiantes de secundaria.

Metodología

Este trabajo forma parte de una línea de investigación más amplia en torno a la argumentación asociada a los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia escolar.

La metodología implementada en este estudio fue de carácter mixto, pues, de acuerdo con Tashakkori y Teddlie (1998) y Hernández-Sampieri *et al.* (2014), se considera que la combinación de enfoques tanto cuantitativos como cualitativos implica la recolección de datos mediante procesos sistemáticos, reflexivos y analíticos que fortalecen la investigación. Asimismo, el apoyo epistemológico de este método ecléctico es el pragmatismo, ya que permite utilizar el método más apropiado según las características de cada estudio.

Por ejemplo, en la escuela secundaria, una investigación mixta puede considerar el enfoque cuantitativo, ya que

implica variables numéricas, constantes y gráficas, porque hay grupos, estudiantes y profesores; estos elementos son visibles y se pueden contabilizar. También puede integrar el enfoque cualitativo, en el que los estudiantes leen textos y escriben narrativas susceptibles de organizarse en categorías de estudio. Asimismo, los profesores pueden ofrecer acompañamiento y aplicar secuencias didácticas, en este caso, una relativa a un asunto sociocientífico en torno a los alimentos transgénicos.

Así, los métodos mixtos permiten caracterizar el objeto de estudio mediante la integración de ambos enfoques y recabar un rango amplio de evidencia para su comprensión.

La triangulación de evidencias permite profundizar en el objeto de estudio y proporciona mayor certeza sobre las conclusiones científicas.

Con esta perspectiva, una docente de una escuela urbana del Estado de México implementó una secuencia didáctica asociada a un asunto sociocientífico, titulada “Alimentos transgénicos: ¿beneficio, problema...?”, que, de manera general, incluyó los puntos mencionados en la Figura 1. Su aplicación permitió observar la evolución de los argumentos del estudiante, fundamentalmente con base en las actividades A.2, B.1, B.2 y C.1.

Figura 1.
Secuencia didáctica asociada a un asunto sociocientífico²

Alimentos transgénicos ¿beneficio, problema...?

Propósito: que los alumnos se apoyen con dispositivos y herramientas tecnológicas para la búsqueda de información en internet, o bien el libro de texto u otras fuentes de consulta, para buscar información sobre preguntas asociadas al tema de alimentos transgénicos, con la finalidad de desarrollar argumentos científicos que les permitan opinar durante un debate y tomar decisiones desde la perspectiva de la educación en ciencia escolar.

Actividades:

A. Inicio (una sesión de 110 minutos)

A.1 Introducción al tema.

A.2 Recuperación de ideas previas.

B. Desarrollo (dos sesiones de 110 minutos cada una, adicionalmente trabajo en casa)

B.1 Búsqueda de información, referente a alimentos transgénicos, en casa, tanto en materiales impresos (libros y revistas) como en internet con la finalidad de contestar en el cuaderno cuatro preguntas:

- ¿Qué son los alimentos transgénicos?
- ¿Es cierto que los alimentos transgénicos pueden estar presentes en la mesa donde comemos los mexicanos? Explica.
- ¿Qué efectos ambientales puede ocasionar la producción de alimentos transgénicos?
- ¿Qué tan saludable para la población es el consumo de alimentos transgénicos?

Revisión y retroalimentación en clase.

B.2 Elaboración de un material digital o manuscrito (infografía) con base en la información indagada y procesada respecto a las cuatro preguntas anteriores.

Revisión y retroalimentación en clase.

C. Cierre (una sesión de 110 minutos)

C.1 Debate escolar. En este punto el alumnado responde las mismas preguntas planteadas con el uso de argumentos orales.

Fuente: elaboración propia.

La profesora la implementó con cuatro grupos de primer grado de secundaria: “A”, con 30 alumnos; “B”, con 29; “C”, con 31; y “D”, con 35. Asimismo, en cada grupo la llevó a cabo durante cuatro sesiones de 110 minutos cada una.

Antes de implementar la secuencia didáctica, la profesora fue informada sobre la relevancia de analizarla, así como de proporcionar acompañamiento docente a sus estudiantes.

Para facilitar el intercambio de información y asegurar la correcta implementación de la secuencia didáctica, se estableció un canal de comunicación directo con la docente a través de una aplicación de mensajería electrónica. Al finalizar la implementación, se le entrevistó de manera semiestructurada mediante videoconferencia. Asimismo, se aplicó un cuestionario al estudiantado referente a la fuente de consulta, el acompañamiento docente y las preguntas 2 a 4 del apartado II. a. de la Figura 1.

Con esta perspectiva, la profesora rescató los saberes previos de sus estudiantes a partir de la primera pregunta de la Figura 1. Posteriormente, les planteó las preguntas 2 a 4 con la intención de que buscaran información en diferentes fuentes. Con base en ello, les pidió

² Véase desarrollo completo en Hernández-Sarabia (2023b).

entregar notas en sus cuadernos, las revisó y ofreció retroalimentación con la finalidad de que las enriquecieran.

Entonces, los estudiantes volvieron a consultar sobre las mismas preguntas en diversas fuentes y, a partir de ello, construyeron infografías digitales o manuscritas, que fueron revisadas y retroalimentadas por la profesora. Lo anterior sirvió de insumo para que, con acompañamiento docente, los estudiantes finalizaran con un

debate en clase —cuyo audio fue grabado—, en el que respondieron oralmente las mismas preguntas mediante argumentos científicos.

Resultados y discusión

Los resultados de los argumentos elaborados por el estudiantado respecto de cada pregunta, en los distintos momentos de la secuencia didáctica, se presentan de manera sintética en la Tabla 1.

Tabla 1.
Concentrado de argumentos del estudiantado

Actividades	Argumentos a las preguntas			
	1.	2.	3.	4.
A.2	“Los alimentos transgénicos tienen diferentes características porque se les agrega algún producto químico”.	No se aplicó la actividad.	No se aplicó la actividad.	No se aplicó la actividad.
B.1	Son organismos genéticamente modificados. (No anota autor ni fuente consultada).	Sí. Un ejemplo es la soya. (No anota autor ni fuente consultada).	Dañan la fauna, dañan los insectos, contaminación genética. (No anota autor ni fuente consultada).	<ul style="list-style-type: none"> Eso no se sabe con certeza. Son 100% seguros para la salud. (No anota autor ni fuente consultada).
B.2	Es aquel que se ha producido mediante ingeniería genética, es decir, mediante manipulación genética. (Anota autor, fuente consultada y año)	Sí. El 85% del maíz es transgénico. Los mexicanos consumen calabaza, alfalfa, papa, plátano, papaya, tomate, entre otros. (Anota autor, fuente consultada y año).	Daña la fauna del suelo, afecta a otras especies de insectos beneficiosas. (Anota autor, fuente consultada y año).	<ul style="list-style-type: none"> No se sabe con certeza. Son 100% seguros para el consumidor, inocuos para la salud y no pueden provocar ningún tipo de toxicidad. Son una amenaza potencial para la salud, ya que pueden provocar toxicidad y generar cáncer de mama. (Anota autor, fuente consultada y año).
C.1	Los alimentos transgénicos se producen a partir de seres vivos modificados genéticamente en un laboratorio, mediante la introducción de genes de otras especies para obtener características que no se obtendrían de forma natural. (Se menciona fuente consultada).	Sí. Porque la siembra de alimentos transgénicos se ha permitido en México desde 1988. El 85% del maíz es transgénico. Otros alimentos son soya, algodón, calabaza, papa y maíz. (Se menciona fuente consultada).	Dañan la fauna del suelo. Afectan a otras especies de insectos beneficiosas. Es imposible prevenir la contaminación genética; no se puede contener el polen transportado por el viento o las abejas. Es imposible evitar que contamine sus equivalentes no transgénicos. (Se menciona fuente consultada).	<ul style="list-style-type: none"> Eso no se sabe con certeza. Se requiere mayor investigación. Son 100% seguros para el consumidor, inocuos para la salud y no provocan ningún tipo de toxicidad. Son una amenaza potencial para la salud, ya que pueden provocar toxicidad, generar cáncer de mama y causar la aparición de nuevas alergias. (Se menciona fuente consultada).

Fuente: elaboración propia.

En las Tablas 2 a 5 se presentan observaciones derivadas del análisis de los argumentos elaborados por el estudiantado (Tabla 1) en torno a las preguntas relativas a los alimentos transgénicos, tomando como base la

estructura del modelo argumentativo de Toulmin (2007). Las celdas en blanco indican que no hubo información respecto de los encabezados de la fila.

Tabla 2.
Argumentos pregunta 1 vs. elementos de modelo de Toulmin

	Afirmación	Datos	Garantías	Respaldos	Refutación	Observaciones
A.2	erróneas	erróneos				No hay argumentos asociados al modelo de Toulmin. Prevalecen ideas distintas del conocimiento científico, de acuerdo con Driver (1988).
B.1	✓					Se encontró un cambio radical respecto de sus saberes previos, pues se presenta una afirmación, aunque no se incluye autor, lo cual es acorde con el modelo de Toulmin (2007).
B.2	✓					La información se acerca más al conocimiento científico. Se continúa presentando una afirmación, pero más precisa, e incluyen autor y fuentes de consulta.
C.1	✓	✓	✓			Hubo un cambio importante, pues, además de afirmación, se presentaron datos y elementos que pueden considerarse garantías.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.
Argumentos pregunta 2 vs. elementos de modelo de Toulmin

	Afirmación	Datos	Garantías	Respaldos	Refutación	Observaciones
A.2						No se aplicó la actividad.
B.1	✓	✓				Al comparar las respuestas con el modelo argumentativo de Toulmin (2007), se encontró que todos anotaron la afirmación sí. Algunos anotaron un dato.
B.2	✓	✓				Prácticamente repitieron las mismas respuestas. Incluyeron afirmación y evidencia, de acuerdo con el modelo de Toulmin (2007).
C.1	✓	✓	✓	✓		Presentaron afirmación e información que podría considerarse evidencia, aunque también puede asumirse como garantía o respaldo. Esto refleja la dificultad de análisis mencionada por Erduran <i>et al.</i> (2004); sin embargo, la información enriquece la argumentación de los estudiantes, por lo que se considera relevante. No hubo refutaciones.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.
Argumentos pregunta 3 vs. elementos de modelo de Toulmin

	Afirmación	Datos	Garantías	Respaldos	Refutación	Observaciones
A.2						No se aplicó la actividad.
B.1	✓	✓				Presentaron conclusiones e integraron en ellas datos. Esto genera algo de confusión, de acuerdo con Erduran <i>et al.</i> (2004).
B.2	✓	✓				Prácticamente repitieron las mismas respuestas.
C.1	✓	✓	✓	✓		Repitieron parte de las mismas respuestas, aunque también se observó información que podría considerarse evidencia, garantía o respaldo. Esto reitera la dificultad de su análisis, como indican Erduran <i>et al.</i> (2004). No hubo refutaciones.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.
 Argumentos pregunta 4 vs. elementos de modelo de Toulmin

	Afirmación	Datos	Garantías	Respaldos	Refutación	Observaciones
A.2						No se aplicó la actividad.
B.1	✓	✓				Presentaron conclusiones opuestas.
B.2	✓	✓				Nuevamente presentaron conclusiones opuestas y agregaron una tercera opción distinta.
C.1	✓	✓	✓	✓		Presentaron tres opciones. Ante la diversidad de argumentos, se esperaba que los estudiantes discutieran al respecto; sin embargo, cada uno conservó sus argumentos y no hubo refutaciones ni validación de sus afirmaciones, por lo que no lograron acuerdos.

Fuente: elaboración propia.

Se encontró que los argumentos elaborados por el estudiantado en torno a cada una de las preguntas presentaron algunos de los elementos mencionados en el modelo de Toulmin (2007), como la afirmación, los datos, la garantía y el respaldo.

Durante el debate relativo a las cuatro preguntas no hubo discusión entre el estudiantado, pues se limitaron a presentar la información encontrada por su equipo. En este sentido, las discusiones y las polémicas no fueron asumidas por el estudiantado como una parte esencial de la ciencia escolar, ni tampoco lo fue la validación de sus afirmaciones. Por tanto, estos aspectos requieren atención especial.

En relación con esto, conviene orientar al estudiantado para que plantee y responda con argumentos sólidos preguntas controversiales como: ¿si los alimentos transgénicos son saludables para el ser humano, por qué dañan al medio ambiente?; ¿si los alimentos transgénicos causan daño al ambiente, por qué se permite su cultivo?; o ¿si aún falta investigar sobre los alimentos transgénicos, por qué se permite su consumo?

Un aspecto importante es que, en la actividad B.1, el estudiantado omitió anotar autor y fuente consultada; sin embargo, en las actividades B.2 y C.1 sí lo hicieron o al menos lo mencionaron. Esto resalta la relevancia de acompañar a los estudiantes en la búsqueda de información confiable que les permita discutir el problema en cuestión, la cual representa, además, una garantía de sus argumentos, de acuerdo con Toulmin.

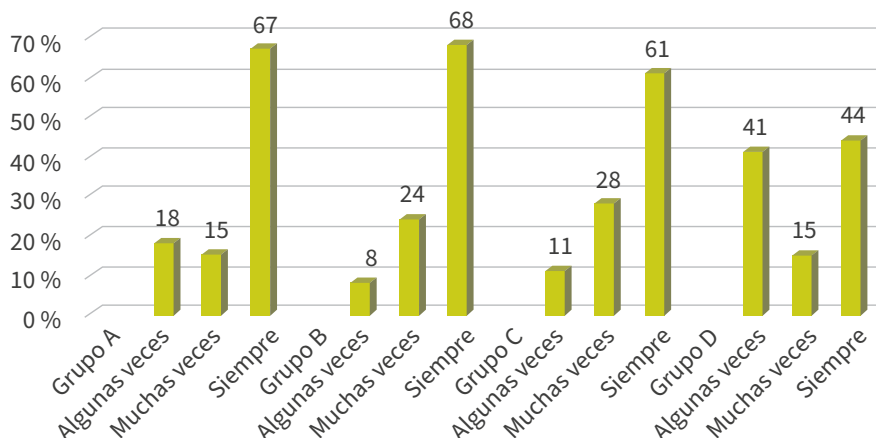
Sobre el proceso de comunicación y entrevista a la profesora, se identificó lo siguiente:

1. La aplicación de secuencias didácticas con acompañamiento favorece que el estudiantado desarrolle la indagación y la argumentación científica escolar (Tobón *et al.*, 2010; Díaz-Barriga, 2013; Hernández-Sarabia, 2023b).
2. El acompañamiento docente posibilita que el alumnado amplíe su conocimiento respecto del tema de estudio; desarrolle habilidades de indagación con base en fuentes de consulta; identifique si la información proviene de una institución académica o educativa que ofrezca confiabilidad; cambie sus argumentos, al principio de manera radical y posteriormente con matices; e incorpore al ámbito educativo el uso de internet.
3. El libro de texto es la fuente de consulta más limitada, pues contiene poca información en comparación con internet.

Los resultados del cuestionario aplicado a los estudiantes se muestran en las Figuras 2 a 6.

En la Figura 2 se aprecia que, en promedio, el 60% de la población estudiantil fue siempre acompañada por la docente; el 20,5% considera que muchas veces fue acompañada; y el 19,5% corresponde a quienes afirman haber recibido acompañamiento docente solo algunas veces. Estos datos respaldan el proceso y la evolución de los argumentos elaborados por el estudiantado.

Figura 2.
¿Cuándo ocurrió el acompañamiento docente?

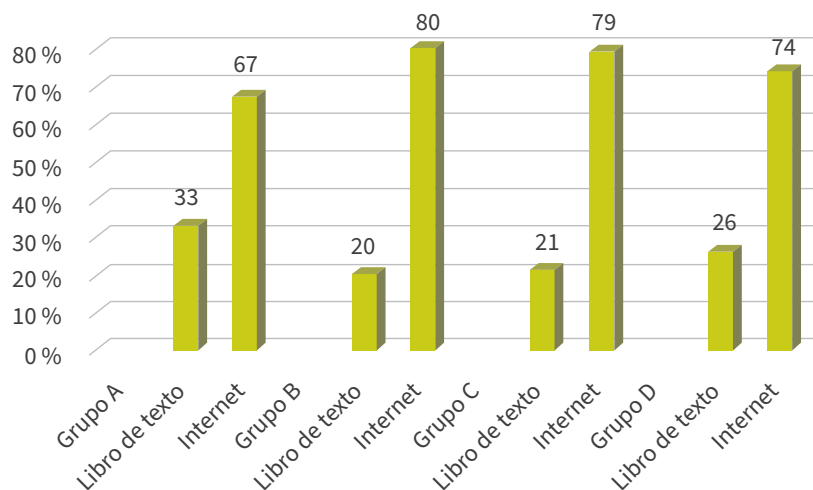


Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3 se observa que, en promedio, el 75 % de la población estudiantil consultó internet para buscar información sobre el tema de los alimentos transgénicos,

mientras que, en promedio, el 25 % utilizó el libro de texto. Esto coincide con los resultados obtenidos a partir de la entrevista realizada a la profesora.

Figura 3.
¿Cuál es la principal fuente de consulta?



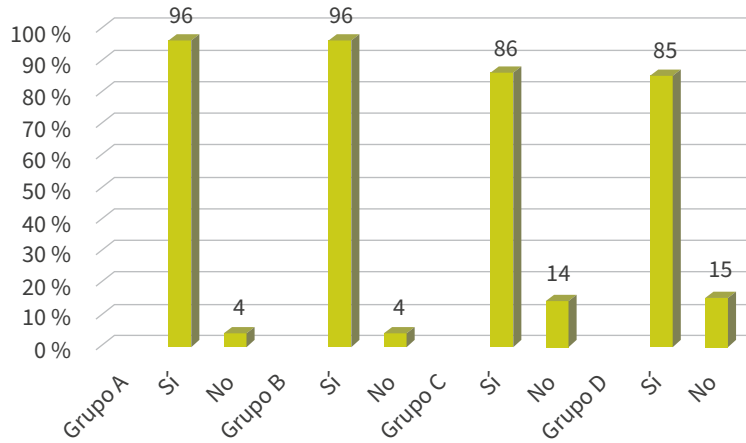
Fuente: elaboración propia.

Respecto a la posibilidad de consumir alimentos transgénicos en casa (Figura 4), el 90,75% del alumnado investigado afirmó que sí, mientras que el 9,25% señaló lo contrario.

Estos datos difieren ligeramente (9,25%) respecto del concentrado de argumentos del estudiantado, ya que en la Tabla 1 se observa que todos los estudiantes describie-

ron que sí es posible consumir alimentos transgénicos en casa. Una posible explicación podría estar relacionada con el escaso acompañamiento docente (Figura 2) recibido por algunos estudiantes, o con la poca atención o el limitado compromiso académico por parte del alumnado. No obstante, se requiere mayor investigación para identificar las causas.

Figura 4.
¿Es posible el consumo de alimentos transgénicos en casa?



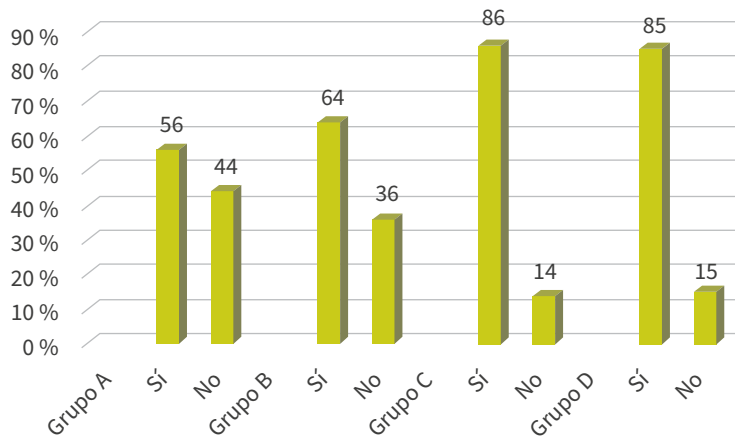
Fuente: elaboración propia.

En cuanto al daño que los alimentos transgénicos pueden causar al medio ambiente (Figura 5), en promedio, el 72,75% de la población consideró que sí lo hacen, mientras que el 27,5% respondió que no.

Estos datos también difieren respecto del conjunto de argumentos del estudiantado, ya que en la Tabla 1 se muestra que los estudiantes siempre refirieron que sí hay daño al ambiente.

La explicación podría basarse nuevamente en el poco acompañamiento docente (Figura 2) que recibieron algunos estudiantes o en la escasa atención o compromiso académico del estudiantado. Sin embargo, también en este caso se requiere mayor investigación para identificar las causas.

Figura 5.
¿Los alimentos transgénicos dañan el ambiente?



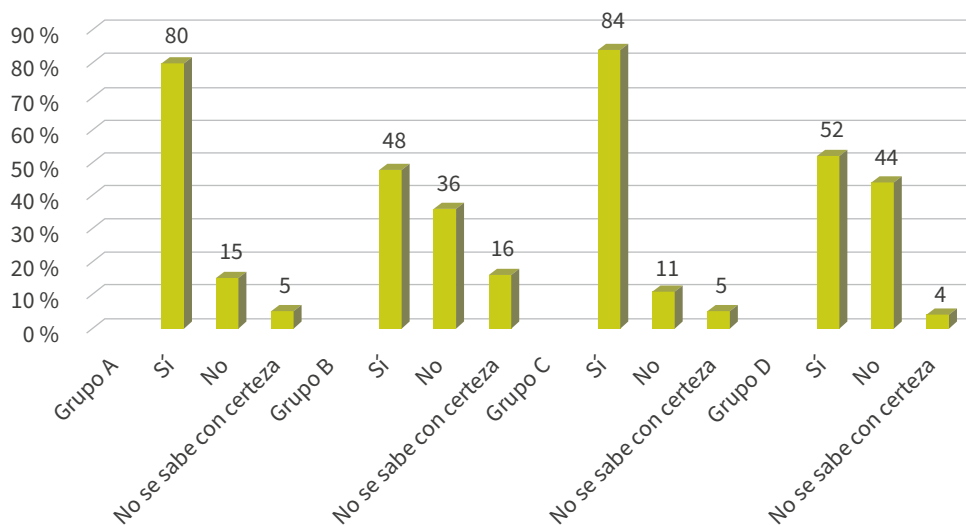
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 6 se observa que, respecto del consumo de alimentos transgénicos, en promedio, el 66% del estudiantado anotó que sí es saludable consumirlos; el 26,5% indicó lo contrario; y el 7,5% afirmó que no se

sabe con certeza, es decir, que se requiere mayor investigación. Estos resultados coinciden con la información contenida en la Tabla 1.

Figura 6.

¿Son saludables los alimentos transgénicos?



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Se puede concluir que la planeación y aplicación de una secuencia didáctica que incluya actividades asociadas a la indagación y la argumentación, así como el acompañamiento docente, posibilitan en el estudiantado el desarrollo de argumentos y favorecen su evolución (Camacho *et al.*, 2008).

De acuerdo con los resultados, el cambio más radical se observó entre las respuestas dadas durante la exploración de los saberes previos y aquellas entregadas en el cuaderno después de la indagación documental. Posteriormente, se identificaron cambios menores, pero sustanciales, entre los resultados anotados en el cuaderno, la infografía y el debate.

Por ello, en consonancia con Driver (1988), es importante considerar los saberes previos del estudiantado para identificar qué tan diferentes o próximos son respecto del conocimiento científico, y recuperarlos al final para evidenciar la evolución de sus argumentos. Esto puede constituir un referente de la calidad de sus aprendizajes.

Al trabajar por primera vez la argumentación en clase, es conveniente hacerlo de manera iterativa, pues, aunque pueda parecer una repetición, se pueden provocar cambios significativos en los argumentos del estudiantado.

Con el acompañamiento docente es posible que los estudiantes superen las dificultades que enfrentan para desarrollar los procesos de indagación y argumentación, al tiempo que aprenden nuevos conceptos y amplían sus habilidades para redactar mejor sus textos, así como para expresarlos oralmente (Gil, 2016; Larrain, 2009).

Otro aspecto relevante es acompañar al estudiantado para que valore el uso de los datos bibliográficos como respaldo de sus argumentos, ya que si la información proviene de una institución académica o educativa, esta otorga credibilidad y certeza científica. Además, permite reconocer el trabajo intelectual de los autores y aprender a evitar el plagio.

Con respecto al modelo de Toulmin, se encontró que el alumnado investigado tiende a reportar elementos como afirmaciones, datos y respaldos, incluso sin conocer el modelo formalmente. No obstante, es recomendable que el docente de secundaria conozca en qué consiste el modelo de Toulmin y trabaje con su alumnado, de manera explícita y profunda, las afirmaciones y los datos o evidencias que expresan en sus argumentaciones. Posteriormente, podrá abordar de forma paulatina las garantías y los respaldos.

En general, la validación de afirmaciones, así como las discusiones y polémicas, no son asumidas como parte esencial del debate en la ciencia escolar, pues difícilmente

se llevan a cabo en el aula. Por ello, es recomendable trabajar la validación de afirmaciones y las refutaciones cuando el alumnado tenga cierto dominio de los elementos argumentativos.

En conclusión, y con la finalidad de potenciar el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje, se recomienda trabajar con regularidad y mayor atención tanto la indagación como la argumentación.

Finalmente, se plantean algunas preguntas que podrían ser consideradas en futuras investigaciones. ¿Cómo robustecer el proceso de indagación con base en las prácticas de laboratorio y de campo, así como con la investigación documental? ¿Cómo fortalecer los procesos de indagación y argumentación con un enfoque constructivista? ¿Qué elementos del modelo de Toulmin son esenciales para desarrollar argumentos? ¿Cómo desarrollar argumentos basados en algunos elementos del modelo de Toulmin? ¿Cómo impulsar el desarrollo de validación de afirmaciones y refutaciones en un debate escolar? ¿Cuál es la enseñanza referente a los procesos de indagación y argumentación que reciben los docentes en formación? ¿Cuál es la actualización referente a los procesos de indagación y argumentación que reciben los docentes en servicio?

Agradezco a la profesora Jaqueline Carlón Molina por implementar la secuencia didáctica en el aula y compartir los productos.

Referencias

Bahamonde, N. (2014). Pensar la educación en biología en los nuevos escenarios sociales: la sinergia entre la modelización, naturaleza de la ciencia, asuntos sociocientíficos y multirreferencialidad. *Bio-grafía*, 7(13), 87-98. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia87.98>

Barros, C. y Turpo, O. (2017). La formación en el desarrollo del docente investigador: una revisión sistemática. *Revista Espacios*, 38(45), 11-20. <https://n9.cl/vntbh>

Camacho, H., Casilla, D. y Franco, M. de. (2008). La indagación: una estrategia innovadora para el aprendizaje de procesos de investigación. *Laurus*, 14(26), 284-306. <https://n9.cl/7dys>

Díaz-Barriga, Á. (2013). Guía para la elaboración de una secuencia didáctica (documento interno de trabajo no publicado). UNAM. <https://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20>

Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas_Angel%20D%C3%ADaz.pdf

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 109-120. <https://lc.cx/pzzu9s>

Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3)

Erduran, S., Simon, S. y Osborne, J. (2004). TAPPING into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933. <https://doi.org/10.1002/sce.20012>

Faize, F., Husain, W. y Nisar, F. (2017). A Critical Review of Scientific Argumentation in Science Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 475-483. <https://doi.org/10.12973/ejmste/80353>

Gil, C. (2016). El acompañamiento educativo como estrategia de cercanía impulsadora del aprendizaje del estudiante. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (49), 1-6. <https://lc.cx/NSxsUT>

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

Hernández-Sarabia, J. (2023a). Apoyo de la enseñanza virtual de la biología para el desarrollo de la argumentación en estudiantes de secundaria. *Bio-grafía*, (número extraordinario), 2747-2756. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/18448>

Hernández-Sarabia, J. (2023b). Diseño e implementación de una secuencia didáctica relativa a un asunto sociocientífico. *Bio-grafía*, 17(32), 80-92. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.17.num32-20436>

Itoiz, M. (2018). El acceso digital a la bibliografía científica. *Revista de la Asociación Odontológica Argentina*, 106(3), 77-79. <https://raoa.aoa.org.ar/revistas/?roi=1063000035>

Kriscautzky, M. y Ferreiro, E. (2014). La confiabilidad de la información en internet: criterios declarados y utilizados por jóvenes estudiantes mexicanos. *Educação e Pesquisa*, 40(4), 913-934. <https://doi.org/10.1590/s1517-97022014121511>

- Larrain, A. (2009). El rol de la argumentación en la alfabetización científica. *Estudios Públicos*, 116(4), 167-193. <https://lc.cx/hm6H-9>
- López Rua, A. y Tamayo-Alzate, Ó. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134129256008>
- Mora, C. y Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3688983>
- Osborne, J., Erduran, S. y Simon, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Peña, L. (2010). *Proyecto de indagación. La revisión bibliográfica* [documento interno de trabajo]. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Psicología. <https://lc.cx/gn0VKT>
- Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciência & Educação*, 21(2), 307-327. <https://lc.cx/Zlpa2P>
- Revel-Chion, A., Díaz-Guevara, C. y Adúriz-Bravo, A. (2021). Argumentación científica escolar y su contribución al aprendizaje del tema “salud y enfermedad”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(3), 3101-3120. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3101
- Revel, A., Meinardi, E. y Adúriz-Bravo, A. (2014). La argumentación científica escolar: contribución a la comprensión de un modelo complejo de salud y enfermedad. *Ciência & Educação*, 20(4), 987-1001. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000400014>
- Ruiz-Ortega, F., Tamayo-Alzate, O. y Márquez-Bargalló, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educação e Pesquisa*, 41(3), 629-645. <https://www.redalyc.org/pdf/298/29841640004.pdf>
- Sadler, T. y Donnelly, L. (2006). Socioscientific Argumentation: The Effects of Content Knowledge and Morality. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1463-1488. <https://doi.org/10.1080/09500690600708717>
- Tashakkori, A. y Teddlie, Ch. (1998). *Mixed Methodology. Combining Qualitative and Quantitative Approaches*. Sage.
- Tobón, S., Pimienta, J. y García, J. (2010). *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*. Pearson-Prentice Hall.
- Toulmin, S. (2007). *Los usos de la argumentación* (trads. M. Morrás y V. Pineda). Península.