

Relación entre los procesos argumentativos y los modelos explicativos de la transmisión de caracteres hereditarios en el marco de las excepciones mendelianas

Relationship between Argumentative Processes and Explanatory Models of the Transmission of Hereditary Characters within the Framework of Mendelian Exceptions

Patricia Carolina Casas Martínez¹; Omar David Álvarez-Tamayo²
Secretaría de Educación. Villavicencio, Colombia¹. Grupo de Investigación Cognición y Educación. Manizales, Colombia.²
carolinacasasm@gmail.com¹; omardavid.alvarez.tamayo@gmail.com²

Recibido 20/10/2020 – Aceptado 12/04/2021

Para citar este artículo:

Casas Martínez, P.C. y Álvarez-Tamayo, O.D. (2021). Relación entre los procesos argumentativos y los modelos explicativos de la transmisión de caracteres hereditarios en el marco de las excepciones mendelianas. *Revista de Educación en Biología*, 24(2), 95-110.

Resumen

Fue propósito en la investigación comprender la incidencia de los procesos argumentativos en los modelos explicativos de un concepto de complejidad importante para estudiantes en Secundaria, como lo es la transmisión de los caracteres hereditarios en el marco postmendeliano. Se realizó un estudio de tipo cualitativo de orden comprensivo con perspectiva de estudio de caso. Incluyó la identificación y reconocimiento de cambios en los niveles argumentativos y modelos explicativos luego de una intervención didáctica orientada al fortalecimiento de los procesos argumentativos. Los resultados muestran una movilización hacia modelos explicativos postmendelianos, así como de los niveles argumentativos, indicando la incidencia de los procesos argumentativos en el aprendizaje del concepto mediado desde la construcción de argumentos en el aula.

Palabras clave: Argumentación; Procesos argumentativos; Modelos explicativos; Herencia postmendeliana

Abstract

The purpose of the research was to understand the incidence of argumentative processes in the explanatory models of a concept of major complexity for High School students, such as the transmission of hereditary characters in the post-Mendelian framework. A comprehensive qualitative study was conducted with a case study perspective. It included the identification and recognition of changes in the argumentative levels and explanatory models after a didactic intervention aimed at strengthening the argumentative processes. The results show a mobilization towards post-Mendelian explanatory models, as well as

argumentative levels, indicating the incidence of argumentative processes in the learning of the concept mediated from the construction of arguments in the classroom.

Keywords: Argumentation; Argumentative Processes; Explanatory Models; Post-Mendelian Inheritance

Introducción

La argumentación viene mostrando diversas perspectivas y aplicaciones que dan cuenta de sus bondades en el aprendizaje de las ciencias. Ha sido situada como un proceso dialógico (Tamayo, 2014; Sarda y Sanmartí, 2000) y cognitivo lingüístico (Revel Chion et al., 2005), adjudicándole un papel clave en la construcción de conocimiento científico y escolar.

Algunos autores plantean la necesidad de fomentar la argumentación en las clases de ciencias, ya que las prácticas argumentativas favorecen la aprehensión del conocimiento científico (Posada, 2015) y comprensiones más profundas, por lo que es importante impulsarlas en el aula (Tamayo, 2014)

Por su parte, los modelos explicativos constituyen un aspecto importante en los procesos de aprendizaje. Arzola, Muñoz, Rodríguez y Camacho (2011), analizando la naturaleza de la Biología, manifiestan la necesidad de promover su construcción. Orrego, López y Tamayo (2013) muestran su importancia para la identificación de obstáculos relacionados al uso del lenguaje especializado, del sentido común y aprendizajes previos.

La argumentación y los modelos explicativos se han vinculado en el aprendizaje de conceptos relacionados a la transmisión de caracteres hereditarios. Investigaciones de Deleón (2018), Bahos (2018), Cadavid y Giraldo (2018), Amaya y Pulido (2017) y Cardona (2008) muestran hallazgos en el uso de estructuras argumentativas y el aprendizaje que dan cuenta de una relación entre la argumentación y los modelos explicativos, así como de la descripción de obstáculos y de modelos explicativos relacionados a la herencia.

No obstante, en el aula, son poco reconocidos sus aportes al aprendizaje y la enseñanza, los cuales se vinculan a la comprensión y construcción de conceptos (Ruiz, Tamayo y Márquez, 2015), y a la comprensión, explicación y predicción de los sistemas físicos y sociales que interactúan con el sujeto (Orrego et al., 2013). Podemos decir que todo ello es muy útil en el aprendizaje de conceptos relacionados a la genética.

Es así que la argumentación no ha sido incorporada en el aula (Posada, 2015) y se presta poca atención a los lenguajes y representaciones elaborados por la comunidad científica y a su accesibilidad a personas ajenas a este ámbito, quienes los usan en la explicación de fenómenos de su cotidianidad. Por ello, es necesario promover procesos argumentativos y, según Arzola et al. (2011), la construcción de modelos propios coherentes con el conocimiento científico.

Asimismo, la promoción de los procesos argumentativos en el aula y el uso de otras habilidades cognitivas y lingüísticas en la formulación de argumentos podría influir en la comprensión de la transmisión de caracteres hereditarios en el contexto postmendeliano. Así como en la Didáctica la relación que se pueda establecer entre la argumentación y los

modelos explicativos de estudiantes en conceptos relacionados a la herencia postmendeliana, cuya complejidad es alta para estudiantes de secundaria, puede proporcionar datos frente al aprendizaje de conceptos y de patrones al interior de este.

Este escrito muestra los resultados de una Investigación que buscó comprender cómo inciden los procesos argumentativos en el cambio de los modelos explicativos del concepto “transmisión de caracteres hereditarios”, en el contexto postmendeliano. Se reflexiona en torno a los datos obtenidos antes y después de una intervención didáctica orientada a la promoción de los procesos argumentativos en estudiantes de noveno grado de la institución Rural Vanguardia.

La argumentación y procesos argumentativos

Perspectivas de la argumentación como un proceso discursivo (Henaó y Palacio, 2013), cognitivo lingüístico (Revel Chion et al., 2005), dialógico y social (Ruiz et al., 2015) emergen de modelos vinculados a la lógica-estructural y/o la retórica. Dentro de ellos y situado en la lógica-estructural, se encuentra el modelo de Toulmin (2003). Este modelo adiciona a la argumentación un uso en distintos campos que permite su aplicación en la educación, al distinguir componentes comunes que la conforman y permitiendo analizar el evento mismo de la argumentación en el aula. Aunque no conceptualiza el proceso argumentativo, Toulmin (2003) reconoce similitudes de procedimiento en la formulación de dichos procesos.

Desde esta perspectiva, los procesos argumentativos vinculan etapas donde una proposición adquiere significación, requiriendo de la interacción comunicativa y de la presentación de argumentos válidos que permitan un consenso. Por ello se consideran a los procesos argumentativos o procesos en la argumentación como las interacciones que se producen en la construcción de estructuras argumentativas complejas, que admiten la exteriorización y formalización de razonamientos a partir del desarrollo de habilidades cognitivas, lingüísticas y sociales que permitirán la comprensión de conceptos científicos.

Modelos explicativos relacionados a la Herencia postmendeliana

En la enseñanza de las ciencias es una preocupación importante la manera en que estudiantes dan cuenta de sus conocimientos, tanto desde sus propias concepciones hasta los acercamientos que procuran explicar fenómenos desde contextos más científicos. De ese modo, toman importancia los modelos que utilizan para ello.

Entonces se direcciona la atención hacia la modelización entendida como la interacción del aprendizaje y la construcción, aplicación y modificación de modelos (Justi y Gilbert, 2002). Son pocos los trabajos que tratan en conjunto a la herencia postmendeliana. No obstante, Puig y Jiménez (2015), Ageitos y Puig (2016), Cisterna, Forbes y Roy (2019) y Fussero, Ocelli y Chiarani (2020) relacionan a la modelización y conceptos relacionados a este ámbito.

Ahora bien, dentro de los modelos que son usados para la representación de un proceso, encontramos los modelos conceptuales que son considerados representaciones

externas elaboradas por investigadores (Greca y Moreira, 1998) y los modelos mentales reconocidos como análogos estructurales, vinculados a las creencias de un sistema y a la interacción con el contexto (Tamayo, 2013)

Como parte de los modelos mentales encontramos a los modelos explicativos, considerados por Orrego et al. (2013) como un tipo de representación que aporta nuevos aspectos teóricos o imágenes provenientes de visiones propias del sujeto. Ellos permiten la comprensión, la explicación y la predicción del comportamiento de sistemas físicos y sociales que interactúan con el sujeto.

Entonces, consideramos a los modelos explicativos como representaciones de los sujetos frente a un determinado concepto, producto de su contexto socio cultural y adaptaciones de contextos teóricos que buscan explicar un fenómeno y/o su interacción con otros. En el contexto postmendeliano vincula a la transmisión de caracteres fenotípicos y genotípicos en situaciones que no son explicadas desde las leyes mendelianas.

Metodología

La Investigación se centró en el análisis de caso que proporciona perspectivas respecto al objeto de estudio, indicando el aporte de los procesos argumentativos en el cambio de los modelos explicativos relacionados a las excepciones mendelianas. Implican datos de orden cualitativo y un pequeño grupo de participantes (Tabla 1),

Tabla 1. Características del estudio. Fuente: elaboración propia.

Tipo de estudio	Cualitativo. Orden inductivo y holístico con perspectivas de uno o varios sujetos, interacción con instrumentos no preestablecidos y poblaciones pequeñas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).
Alcance	Comprensivo. Descripción, comprensión e interpretación de fenómenos desde percepciones y significados producidos por los participantes (Hernández et al., 2014).
Perspectiva	Estudio de caso. Exploración de uno o múltiples casos, con análisis individual, paralelo al colectivo buscando patrones con interés en el plano individual (Hernández et al., 2014).
Población	Intervención a 21 estudiantes de grado noveno de una institución rural; selección de 17 estudiantes teniendo en cuenta la asistencia a todas las sesiones, desarrollo de la totalidad de actividades e interés mostrado. selección al azar de 3 estudiantes para el análisis particular.
Instrumento	Lápiz y papel. Cuestionario de ocho preguntas con tipología de pregunta abierta. Unidad didáctica basada en Álvarez (2013) enfocada en la promoción de los procesos argumentativos ¹ .

Fuente: Elaboración propia.

El diseño de la Investigación se planteó en tres momentos. El primero, corresponde a la identificación de los modelos explicativos y modelos argumentativos iniciales. El segundo, a una intervención didáctica a partir de una Unidad Didáctica mediada por los

1 Documento completo en detalle en <http://repositorio.autonoma.edu.co/handle/11182/1096>

procesos argumentativos. El tercer momento corresponde a la identificación de modelos explicativos y niveles argumentativos finales y la reflexión sobre la incidencia de los procesos argumentativos en los modelos explicativos del concepto (Fig. 1).

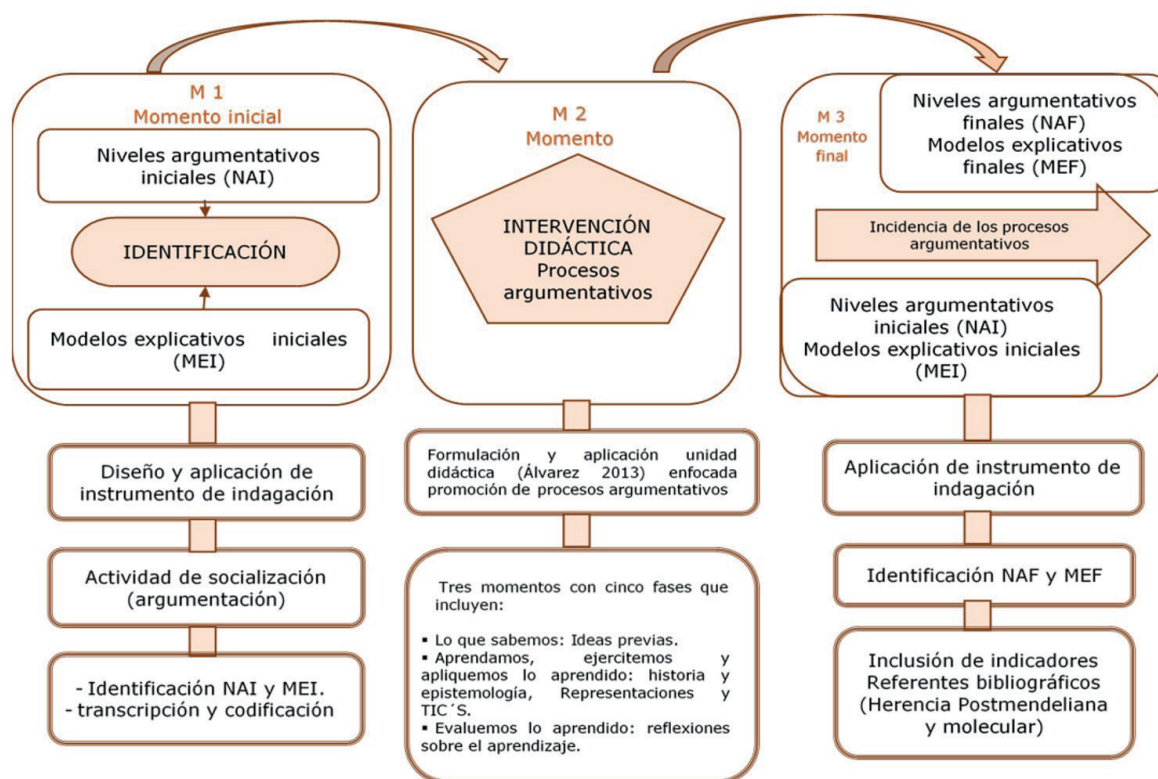


Figura 1. Diseño metodológico.

La validez de los instrumentos se determinó mediante juicios de personas expertas y la aplicación de una prueba piloto a estudiantes de la institución del mismo grado, pero de distinto curso. Se realizó una actividad práctica explicando el concepto de argumento y su estructura acorde al modelo de Toulmin. En la identificación de los niveles argumentativos iniciales y finales se usó el marco analítico propuesto por Erduran, Simon y Osborne (2004) mostrados en la tabla 2.

Tabla 2. Indicadores Niveles argumentativos.

NIVEL	DESCRIPCIÓN
Nivel 1	Argumentos que son una simple afirmación versus una contra afirmación o una afirmación versus afirmación
Nivel 2	Argumentos que consisten en una afirmación versus una afirmación con datos, garantías o respaldos, pero no contienen ninguna refutación
Nivel 3	Argumentos con una serie de afirmaciones o contra afirmaciones con datos, garantías o respaldos con alguna refutación débil ocasional
Nivel 4	Argumentos con una afirmación, con una refutación claramente identificable. Tal argumento puede tener varias afirmaciones y contra afirmaciones
Nivel 5	Argumento extendido con más de una refutación.

Fuente: Erduran, Simón y Osborne (2004).

Para la identificación de los modelos explicativos se usaron los indicadores propuestos por Cadavid y Giraldo (2018), mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Modelos explicativos relacionados a la transmisión de caracteres hereditarios. Fuente: Cadavid y Giraldo, 2018

MODELO	INDICADORES	CÓD.
Cotidiano	Los factores hereditarios están almacenados en la sangre.	C1
	La herencia se transmite por motivos místicos o religiosos.	C2
	La herencia está determinada por prevalencias sociales.	C3
	Las características hereditarias se determinan en el desarrollo embrionario.	C4
Preformista	El organismo ya viene preformado en los gametos.	P5
	El macho o la hembra aportan la esencia vital.	P6
Herencia mezcladora	Mezcla o combinación de características o gametos.	HM7
	Cada órgano o tejido del organismo del progenitor aporta partes (gémulas) para la formación de gametos.	HM8
Herencia de caracteres adquiridos	Las características adquiridas en vida del individuo son heredables a la progenie.	HCA9
	Un órgano se puede desarrollar con el uso y se puede atrofiar o desaparecer si no se usa.	HCA10
Mendeliano general	La información hereditaria está contenida en estructuras como ADN y genes.	MG11
	La información hereditaria se pasa de los progenitores a la descendencia.	MG12
	Las características son el resultado de la expresión de los genes.	MG13
Mendeliano específico	Existen características determinadas por genes recesivos y dominantes.	ME14
	Una característica está determinada por dos copias (alelos), cada una aportada por un progenitor.	ME15
	Existen características que no se manifiestan en la F1, pero sí en la generación F2.	ME16
Reproductivo	Los gametos contienen la información hereditaria	R17
	La fecundación es el proceso por el cual se transmiten las características hereditarias de padres a hijos.	R18
	En la herencia están involucradas estructuras tales como cromosomas, núcleo y gametos.	R19
Postmendeliano	Una característica puede estar determinada por más de dos alelos.	PM20

Fuente: Cadavid y Giraldo (2018),

Posteriormente, se utilizó la técnica de análisis de contenido la cual, en el ámbito cualitativo, no solo interpreta sino que profundiza en el contenido y en el contexto social donde se desarrolla el mensaje (Andréu, 2000). Se realizó la triangulación de los datos a partir de los supuestos hallados y los soportes teóricos buscando comprender la incidencia de los procesos argumentativos en los modelos explicativos del concepto

Resultados y Discusión

Se presentan los resultados inicialmente desde el análisis general del grupo y luego el análisis particular de una de tres estudiantes que fueron seleccionados al azar, considerando sus modelos explicativos y niveles argumentativos en el momento inicial y final luego de la intervención didáctica. Los resultados se analizaron en torno a las relaciones de los procesos argumentativos y los modelos explicativos del concepto.

Análisis de los modelos explicativos del grupo de estudiantes

Los modelos explicativos representativos antes de la intervención didáctica fueron el mendeliano general, el mendeliano específico y el cotidiano (Fig. 2) y, en menor representación, el reproductivo y herencia mezcladora. En este sentido, se observan coincidencias con Deleón (2018) y Amaya y Pulido (2017) en la aparición del modelo cotidiano entre los más predominantes, y con Cadavid y Giraldo (2018) en el mendeliano general y cotidiano en este momento inicial, así como de otros modelos con una menor

aparición en las respuestas como lo fue el reproductivo y herencia mezcladora. Además, no se observaron los modelos preformista, epigenista, ni caracteres adquiridos incluidos en algunas de estas investigaciones.

La presencia de modelos mendelianos podría explicarse a partir de un acercamiento de índole académico antes de la intervención. No obstante, la presencia de modelos previos a la herencia mendeliana sugiere dificultades en su comprensión que, en este campo, han sido relacionadas a su naturaleza abstracta, la terminología, contenidos matemáticos, niveles macro y micro (Ageitos, Puig y Calvo, 2017), así como la comprensión en la interacción entre conceptos (Ageitos y Puig, 2016).

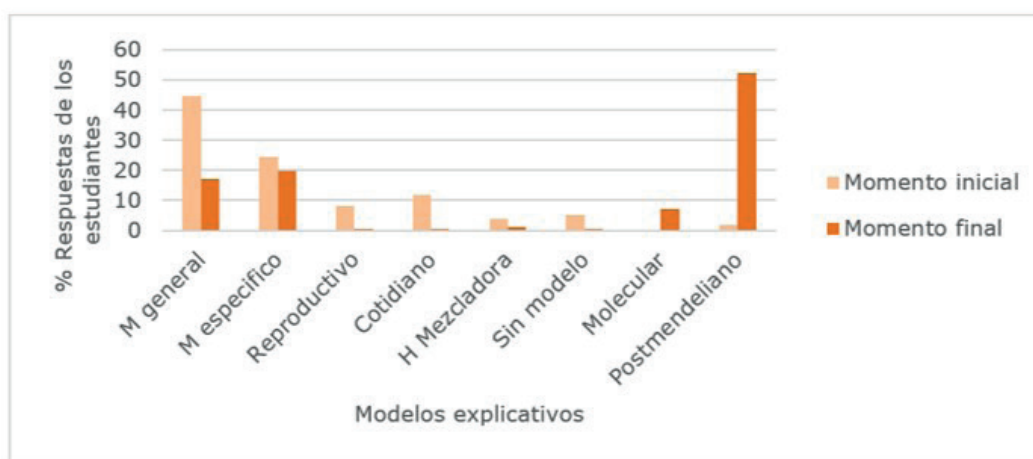


Figura 2. Modelos explicativos iniciales y finales del grupo de estudiantes.

Teniendo en cuenta algunas respuestas, para este momento inicial se hizo necesario incluir un indicador denominado "sin modelo de herencia referente" a declaraciones que no relacionan a la herencia donde generalmente se asumieron posturas personales.

En el momento final llamó la atención la aparición de un modelo que involucra aspectos de la Biología Molecular y la adaptación e inclusión de indicadores relacionados a la herencia postmendeliana. Emerge en las respuestas un modelo que se vincula a la herencia molecular cuyos indicadores de análisis surgieron del referente bibliográfico en Cardona (2008) donde, desde su descripción histórica de los modelos de herencia, se identificaron cuatro dimensiones que permitieron proponer cuatro indicadores (Tabla 4).

Tabla 4. Indicadores de análisis propuestos para el modelo molecular de herencia. Fuente: Elaboración propia.

DIMENSIÓN	INDICADOR	CÓDIGO
Estructura molecular del ADN	Las características son producto de una secuencia de nucleótidos determinada.	M1
Replicación	La información genética se transmite de una generación a otra a partir de la duplicación de su ADN.	M2
Síntesis de proteínas	Las características son producto de la información del ADN expresada en proteínas específicas cada una encargada de una función concreta.	M3
Aplicaciones de interés genético	Los genes o el ADN pueden ser manipulados por diversos métodos que influyen en la expresión de las características.	M4

Fuente: Elaboración propia

Este modelo tuvo una pequeña representación asociada a la pregunta P8 que indagó el poder determinar la presencia o ausencia de rasgos físicos y de enfermedades hereditarias. Las respuestas mostraron en su mayoría una relación entre la modificación del gen y la expresión de enfermedades, rasgos físicos y mutaciones. Dichas respuestas se consideran producto del ámbito escolar, originándose probablemente en asuntos sociocientíficos y conceptos que relacionaron ADN-gen-cromosoma que fueron tratados durante la intervención.

Además del modelo molecular de herencia, se realizó una adaptación e inclusión a los indicadores propuestos en Cadavid y Giraldo (2018) referentes al modelo de la herencia postmendeliana, asociando patrones de herencia que se involucran en este (Tabla 5).

Tabla 5. Indicadores del modelo postmendeliano. Fuente: Adaptación de indicadores basados en Cadavid y Giraldo, 2018.

INDICADOR	CÓDIGO
Una característica puede estar determinada por más de dos alelos	PM20
Dos alelos se expresan por igual de manera simultánea.	PM21
Dos alelos para una característica que se expresan de manera intermedia.	PM22
Condición hereditaria determinada por genes localizados en el cromosoma X o en el cromosoma Y en condición dominante o recesiva	PM23
Características controladas por la interacción de varios genes, que forman un espectro fenotípico en lugar de caracteres definidos.	PM24
Condición hereditaria determinada por genes localizados en los cromosomas autosómicos en condición dominante o recesiva.	PM25

Fuente: Adaptación de indicadores basados en Cadavid y Giraldo (2018)

Los indicadores con más ocurrencia fueron el PM23, PM21 y el PM22 respectivamente. El primero se relaciona a la herencia ligada a los cromosomas X e Y, donde hay relaciones de herencia complejas que fueron abordadas en casos puntuales, lo que probablemente permitió establecer una relación entre la expresión del gen, cromosoma y sexo. Los otros dos se vinculan a la codominancia y dominancia intermedia, donde en su mayoría identificaron la relación de dominancia de dos alelos y la expresión simultánea o intermedia a través de descripciones textuales, gráficas y cuadros de probabilidad.

Patrones como la poligénia (PM24) y alelos múltiples (PM20) tuvieron una menor aparición. La baja ocurrencia del PM24 pudo deberse a las interacciones alélicas y génicas, de expresividad, penetrancia y factores ambientales que acontecen en su interior y dificulta su comprensión. No obstante, fue vinculado en situaciones como la altura, color de ojos y piel, propias de este patrón. En cuanto al PM20, se observó que fue reemplazado frecuentemente por el modelo mendeliano específico indicando relaciones de dominancia y recesividad, con uso de cuadros de probabilidad. Esto hizo posible que se ofreciera a estudiantes una respuesta apropiada al interrogante y, por lo tanto, no trascendieran a un patrón postmendeliano.

También se evidenció la disminución en el uso del modelo mendeliano general y aumento del mendeliano específico, el cual incluyó el uso de lenguaje propio del modelo,

cuadros de probabilidad y explicaciones que dan cuenta de la comprensión de relaciones alelo-gen-expresión, dominancia-recesividad y de segregación. Esto implicaría lo que para Sarda y Sanmartí (2000) sería una consolidación de las ideas, ya que tales explicaciones se acompañaron de un lenguaje formal, preciso, impersonal y riguroso.

Análisis de los niveles argumentativos del grupo de estudiantes

En el momento inicial sus respuestas se hallaron en su mayoría ubicados en el nivel de argumentación 1 de acuerdo a Erduran et al. (2004), con argumentos con conclusiones o en su mayoría con conclusiones y datos (Fig. 3).

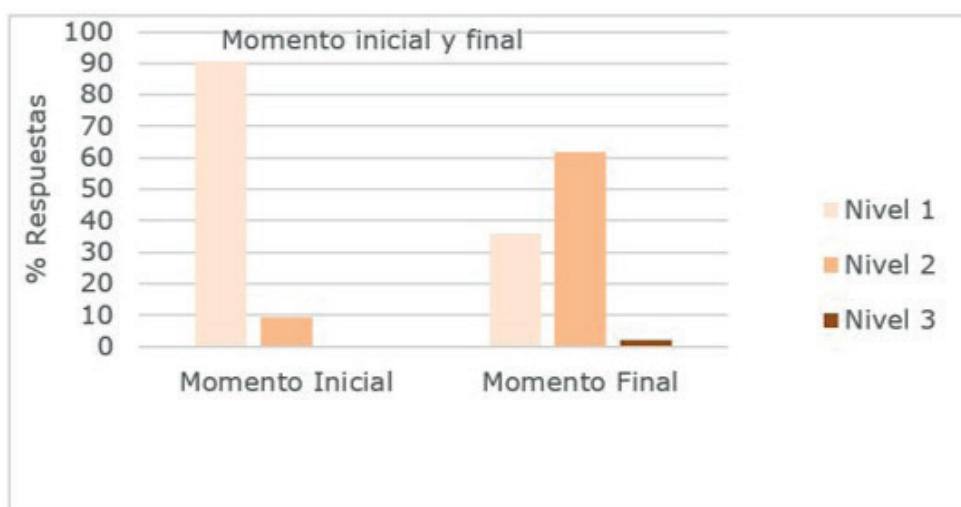


Figura 3. Niveles argumentativos iniciales y finales del grupo de estudiantes.

Estas declaraciones de carácter simple coinciden con las investigaciones de Amaya y Pulido (2017) y Bahos (2018) quienes reportan el nivel argumentativo 1 y Cardona (2008) que describe la presencia de elementos comunes como conclusiones y datos.

Se observaron conclusiones y datos que vinculan hechos observables, experiencias propias, la interpretación de imágenes, textos y modelos de herencia desde declaraciones que de acuerdo a Pozo y Gómez (1998) son de origen escolar, sensorial y cultural. Algunas presentaron lenguaje tautológico coincidiendo con Sarda y Sanmartí (2000) en una dificultad en distinguir los datos y el nivel de teoría que los lleva a la conclusión.

Para el momento final, el nivel argumentativo más representativo fue el 2, seguido del 1 (Fig. 3) lo que coincide con resultados de Cadavid y Giraldo (2018) frente al uso principalmente de datos, justificación y conclusión y en la tendencia de argumentos con más elementos que, en este caso incluyeron, en algunos, refutación, datos y/o garantía.

Las garantías, en su mayoría, vincularon el dato apoyados desde modelos de herencia postmendeliana y mendeliana y, en menor ocurrencia, tenían apenas un acercamiento usando someramente modelos de herencia. Lo anterior muestra un avance importante considerando que según Sarda y Sanmartí (2000), para la elaboración de estas garantías, se requiere hallar razones pertinentes entre sus conocimientos. Lo que en este caso implicó

relacionar diversas fuentes y patrones de herencia en un concepto de alta abstracción.

También se observaron estructuras argumentativas con contraconclusiones representadas en posibles excepciones relacionadas al contexto que vincula a la conclusión inicial, cuya complejidad es evidenciada en la articulación del contexto y en la claridad en los modelos de herencia, a tal punto de ser comparados y vinculados con otros.

En este momento, junto al aumento de elementos en las estructuras argumentativas apoyadas su mayoría en modelos de herencia postmendeliana y mendeliana, hubo argumentos más extensos, un mayor uso de lenguaje científico escolar y una disminución de tautologías. Se notó que persistió una comprensión somera del patrón de herencia y limitaciones en la expresión escrita, lo cual según Sarda y Sanmartí (2000) muestran un desconocimiento del patrón temático y estructural.

Modelos explicativos y niveles argumentativos de un caso específico

A continuación, se presentan los resultados y el análisis realizado a una de los tres estudiantes del análisis particular que denominamos Karen ². En el caso de los modelos explicativos, para el momento inicial en sus respuestas, se observó un mayor empleo del modelo mendeliano general y en menor proporción del específico (Tabla 6).

Tabla 6. Modelos explicativos usados por Karen en el momento inicial. Fuente: Elaboración propia.

MODELO	PREGUNTA (P)	INDICADOR	PORCENTAJE
Mendeliano general solo o complementado con otros modelos	1	MG12-R17	50
	7	MG12-R	
	8	MG12-C2	
Mendeliano específico	2	MG13-PM22	25
	3, 6	ME 14	
Reproductivo	4	R 17	12.5
Modelo herencia ausente	5	SM	12.5

Fuente: Elaboración propia.

El modelo general se acompañó del reproductivo (P1 y P7) y del cotidiano (P8). Estas respuestas se ubicaron en el indicador MG12 al sugerir el rol de los genes. En ellas no hay claridad en el origen de las características (religioso y/o antecesor), de los procesos que allí ocurren y del rol de la meiosis ni su nominación conceptual. La participación del modelo reproductivo muestra un uso sin una significación aparente que pudo vincularse desde temáticas anteriores como la reproducción. Esta es una idea anterior a la instrucción y de, acuerdo a Cadavid y Giraldo (2018), pudo surgir en la distribución genética explicada en este tópico. En el caso del cotidiano, al igual que en Bahos (2018), se percibe la influencia de creencias religiosas en su respuesta.

² De acuerdo a los lineamientos del código de ética de la investigación se emplea un seudónimo para proteger la identidad del estudiante.

En el modelo específico (P6 y P3), adicional al rol de los genes y del genotipo y fenotipo, se identifican criterios de recesividad coincidiendo en esto con Cardona (2008), Amaya y Pulido (2017) y Bahos (2018) en cuyas investigaciones se hallaron relaciones de herencia entre generaciones, dominancia recesividad y expresión.

En este primer momento, el modelo mendeliano (general y específico) se evidenció en la identificación de características transmitidas de una generación a otra, en la expresión genotípica y fenotípica, en el rol del gen como portador de información y en menor proporción de las condiciones de dominancia y recesividad. El apoyo de otros modelos es considerado producto de conocimientos previos o, de acuerdo a Mora (2002), ideas anteriores que se han convertido en obstáculos. Estos pudieron originarse según Pozo y Gómez (1998) por presentaciones simplificadas de los conceptos que ocasionaron una distorsión en la comprensión de los conceptos.

En el momento final (Tabla 7) hubo una importante representación del modelo postmendeliano, desde patrones como la poligénia, herencia ligada al cromosoma X e Y, codominancia y dominancia intermedia, así como una pequeña aparición del modelo mendeliano específico y del modelo molecular de la herencia.

Tabla 7. Modelos explicativos usados por Karen en el momento final. Fuente: Elaboración propia.

MODELO	PREGUNTA (P)	INDICADOR	PORCENTAJE
Postmendeliano	1	PM 24	75
	4	PM 21	
	2	PM 22	
	3,5	PM 23	
	6	PM25	
Mendeliano específico	7	ME 15 ME16	12.5
Molecular	8	M4	12.5

Fuente: Elaboración propia

Patrones del modelo postmendeliano se muestran, por ejemplo, en la P2 asociada al indicador PM22 al sugerir la expresión simultánea de alelos dominantes y la expresión fenotípica intermedia representada en el color gris. También se observa en la P5, vinculada al indicador PM23, al relacionar a la hemofilia al cromosoma X y a su vez a la recesividad indicándose en estas un patrón de herencia intermedia y ligado al cromosoma X. Del mismo modo, se observaron expresiones que muestran confusiones de tipo conceptual, percibida desde el uso de algunos términos sin una clara significación. Por ejemplo, relacionar a la poligénia con adaptación al hábitat, cuando en su descripción indicaba factores ambientales.

El modelo Mendeliano específico vinculado a la respuesta de la P7 mostró un patrón de segregación. Sin embargo, no identificó interacciones y variantes alélicas en los grupos sanguíneos, relacionadas al alelismo múltiple, donde consideramos hubo una comodidad en su explicación que obstaculizó la transición a una visión postmendeliana.

Producto de sus respuestas, se admitió un cambio hacia el modelo postmendeliano mediado desde el uso de elementos conceptuales, el empleo en su mayoría de patrones correspondiente con cada interrogante y de un uso de lenguaje propio del modelo.

En cuanto a los niveles argumentativos en el momento inicial, se halló en el nivel 1 de acuerdo a Erduran et al. (2004) con argumentos que incluyeron en su estructura una conclusión (C) o conclusión (C) y datos (D) que apoyaron la conclusión (Fig. 4)

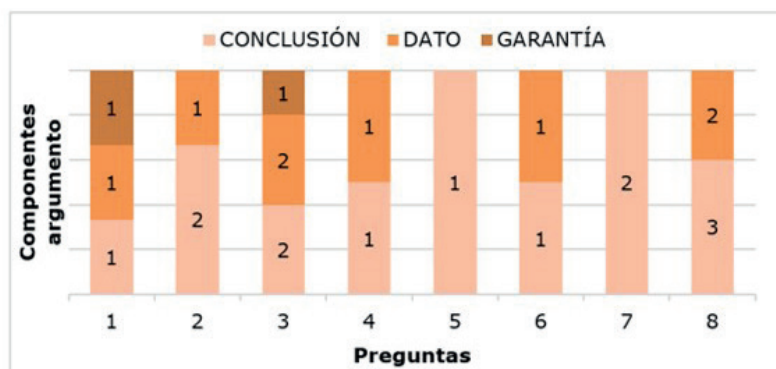


Figura 4. Estructura argumentativa de Karen en el momento inicial.

La estructura del argumento en este nivel se ejemplifica en las respuestas a las preguntas P4 y P5 (Tabla 8). Allí, en la P4, apuntó a un proceso reproductivo con poco uso de lenguaje científico escolar vinculando aspectos de su entorno y conceptuales que no se ajustan al concepto indagado. En la P5 evidenció lo que Sarda y Sanmartí (2000) indican como lenguaje tautológico al usar elementos de la pregunta para su respuesta.

Tabla 8. Ejemplo respuestas de Karen en el momento inicial y final (Fuente: Elaboración propia)

P	RESPUESTA ESTUDIANTE
P4	"Creo que se presenta esta coloración en las plantas del jardín de la abuela de Santiago es un intercambio de polen (C) que fue extraído por una abeja de una flor roja y fue cruzada a una amarilla (D)"
P5	"Creo que la hemofilia afecta mas a los hombres ya que es una enfermedad que afecta el desarrollo genético de los hombres en el mundo (C)".
P3	"Sandra no puede presentar esta enfermedad (C) porque la descendencia de la hipetricosis auditiva viene del abuelo (D) lo cual los varones la heredan (G) ya que esta enfermedad solo la expresan los hombres (G) porque es una herencia ligada al sexo que depende del cromosoma Y (R), a menos que dependiera del cromosoma X (CO)"
P8	"Estoy de acuerdo con la modificación de genes ya que reactiva y desactiva enfermedades hereditarias esta comprobado científicamente, en china y en estado unidos han practicado experimentos en laboratorios en los cuales se han tratado diversos temas (C), esto ocurre en el ADN el cq es el que busca la secuencia de la enfermedad y al ubicarla la retira (G). Esto fue inspirado por Emanuel y Jhenifer en el 2007 y fue creado por Mojica (R)" a menos que en la modificación de genotipos se utilizara para crear niños con mentalidades superiores y físicas estaría en desacuerdo (RE), como podemos ver el caso de las niñas gemelas las cuales el científico chino quien las tomo como experimento el cual quería que el cq eliminara al CCR5 para protegerlas del virus del VIH, el cual al cortar afectaría otras organismo, hay mas probabilidades de que sean propensas a infecciones como virus de gripa y estas niñas quedaron una sin el virus y la otra solo elimino uno y el otro no (D), esta niñas van a estar afectadas en sus generaciones (G) y el científico se desapareció por irresponsable."

Fuente: Elaboración propia

Para el momento final, la mayoría de las respuestas se hallaron en el nivel 2, encontrándose como se observa en la Fig. 5, estructuras con elementos como conclusión (C)-dato (D)-garantía(G)-contra conclusión (CO) y en uno del nivel 3 refutación (R) y respaldo (RE).

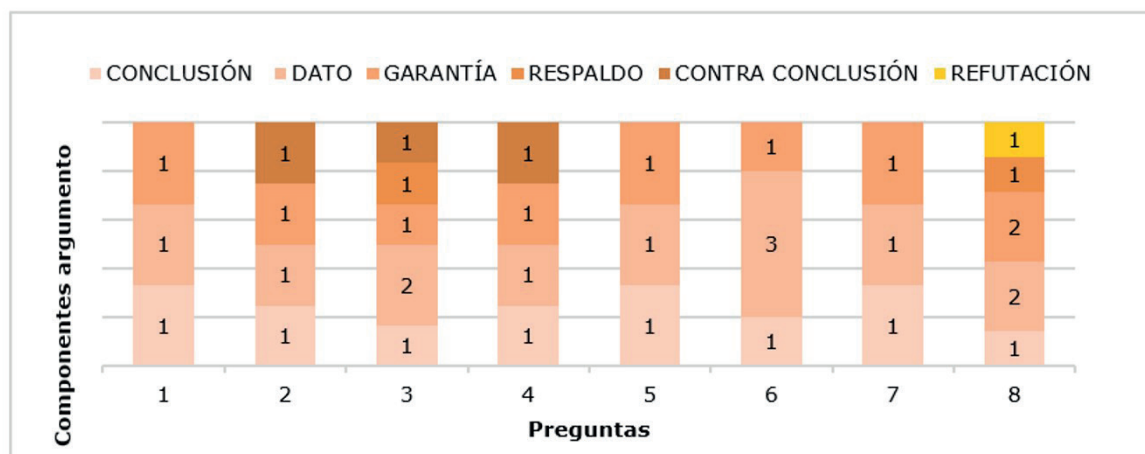


Figura 5. Estructura argumentativa de Karen en el momento final.

Este nivel 2 ejemplificado en la P3 (tabla 8) se muestra una conclusión (C) apoyada por un dato (D), proveniente del interrogante, dos garantías (G) vinculadas al dato en relación al genotipo en varones y su expresión, respaldadas (R) por un patrón de herencia, con una contraconclusión (CO) que cambiaría su posición inicial pero que no profundiza.

Por su parte, el argumento nivel 3, relacionado a la P8 (tabla 8) presenta una estructura argumentativa con conclusiones (C), garantías (G) y hace uso de un respaldo (R) que tiene origen en temáticas planteadas durante la intervención. Es importante indicar que la estudiante continúa haciendo uso de una refutación (RE), apoyada con dato (D) y garantía (G) donde se vinculan aspectos de la herencia molecular y mendeliana, éticos y tecnológicos. Se asocia un asunto sociocientífico el cual y de acuerdo a Díaz, Caparrós y Sierra (2019) es un contexto efectivo que favorece la construcción de conocimientos y alfabetización científica, en este caso la construcción del argumento y la inclusión de aspectos de la herencia molecular.

Al final, sus argumentos no presentaron un lenguaje tautológico, fueron extensos y con más componentes en su argumento, contienen un lenguaje con elementos de la herencia mendeliana y postmendeliana; asocia datos provenientes de diversas fuentes (enunciados, textos, vivencias) o formulados desde cuadros de probabilidad e interpretación de imágenes; vincula otros fenómenos relacionados a la herencia, llegando a proponer excepciones que indican una diferenciación clara entre patrones de herencia.

Conclusiones

Frente al posible aporte de los procesos argumentativos a los modelos explicativos del concepto “transmisión de caracteres hereditarios en el contexto postmendeliano”, propósito central de la investigación, se mostró que en el momento inicial se encontraron modelos explicativos representativos como el cotidiano, sin modelo, reproductivo y mendeliano general y en menor proporción el específico. Respecto a la argumentación, los argumentos que se hallaron se encontraban en el nivel 1, con pocos elementos en la estructura argumentativa y se apoyaron en experiencias o fenómenos observados a su alrededor y de modelos de herencia.

Luego de la intervención didáctica, orientada a fortalecer los procesos argumentativos, los argumentos se ubicaron en su mayoría en el nivel 2 incluyendo más elementos en su estructura, así como el uso en su mayoría de modelos explicativos postmendelianos y mendelianos específicos y en menor proporción el molecular.

Se observó un avance paralelo en la argumentación y el uso de modelos explicativos mendelianos y postmendelianos mediados por una intervención que promovió los procesos argumentativos individuales y colectivos a través de una unidad didáctica con tipologías de preguntas orientadas a la argumentación y por el acompañamiento docente.

Posiblemente ello aportó a superar obstáculos relacionados al papel del gen en la transmisión de caracteres hereditarios y la identificación de las relaciones alélicas, génicas, patrones de herencia y la interacción alelo-gen-expresión fenotípica. Del mismo modo, abonó el avance en el uso del lenguaje científico, una disminución de lenguaje tautológico, la vinculación de datos y garantías desde elementos propios de modelos mendelianos y postmendelianos e inclusión de elementos como contraconclusión y refutación que se relacionan con una mayor comprensión del modelo de herencia.

Por consiguiente, los procesos argumentativos podrían apoyar el cambio hacia modelos explicativos mendelianos y postmendelianos a partir de actividades intencionadas que involucren la construcción de argumentos en diversos escenarios. Su producción requiere de elementos característicos que demandan el uso del lenguaje científico escolar y de fenómenos propios del modelo, jalonando procesos de aprendizaje de manera gradual en contextos individuales y colectivos.

Como conclusión, partiendo desde los resultados de la investigación y sus reflexiones, podemos afirmar que los procesos argumentativos promovidos desde la intervención didáctica aportaron al cambio de los modelos explicativos y, en este caso, implicó la movilización a modelos explicativos postmendelianos y mendelianos específicos, así como en los niveles argumentativos.

Referencias Bibliográficas

- Ageitos, N. y Puig, B. (2016). Modelizar la expresión de los genes para el aprendizaje de enfermedades genéticas en secundaria. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 18 (1): 65-84.
- Ageitos N., Puig B. y Calvo Peña. X. (2017). Trabajar genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (1): 86-97.
- Álvarez, O.D. (2013). Las unidades didácticas en la enseñanza de las Ciencias Naturales, Educación Ambiental y Pensamiento Lógico Matemático. Las unidades didácticas en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Itinerario Educativo*, 27(62): 115-135.
- Amaya, G. A. y Pulido, M. P. (2017). *Desarrollo de la competencia argumentativa cuando se trabajan situaciones problemas contextuales en el campo de las leyes de Mendel*. [Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Manizales, Colombia.] <http://repositorio>.

- autonoma.edu.co/jspui/handle/11182/687
- Andréu, J. A. (2000). Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada. *Fundación Centro Estudios Andaluces, Universidad de Granada*, 10 (2): 1-34.
- Arzola, N., Muñoz, T., Rodríguez, G y Camacho, J. (2011). Importancia de los modelos explicativos en el aprendizaje de la biología. *Ciencia Escolar: enseñanza y modelización*, 1(1): 7-16.
- Bahos, C.A. (2018) *Incidencia de los procesos argumentativos sobre la movilización en los modelos explicativos de los estudiantes del Grado octavo de la institución educativa rural Cauca en relación al concepto genética y herencia*. [Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Manizales, Colombia.] <http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/bitstream/11182/854/1/>
- Cadavid, J.G. y Giraldo, J.M. (2018) *Relación entre la argumentación y los cambios de los modelos explicativos del concepto de herencia genética en estudiantes de secundaria*. [Tesis de Maestría. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.] <http://hdl.handle.net/11059/9547>
- Cardona, D. (2008). *Modelos de argumentación en ciencias: una aplicación a la genética*. [Tesis Doctoral. Centro de Estudios Avanzados en Niñez y Juventud alianza de la Universidad de Manizales y el CINDE. Manizales, Colombia.] <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/alianza-cinde-umz/20130710071412/>
- Cisterna, D. Forbes, C y Roy, R. (2019) Model-based teaching and learning about inheritance in third-grade science. *International Journal of Science Education*, 41 (15): 2177-2199. <https://doi/10.1080/09500693.2019.1663561>
- Deleón, Y. A. (2018). *Identificación de los niveles argumentativos y sus relaciones con los modelos explicativos que presentan los estudiantes del grado noveno en torno al concepto mutaciones*. [Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Manizales. Manizales, Colombia.] <http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/handle/11182/786>
- Díaz, N. Caparrós, E y Sierra, E. (2019). Las controversias sociocientíficas como herramienta didáctica para el desarrollo de la alfabetización científica. *International Journal of Educational Research and Innovation (IJERI)*, 12: 261-281.
- 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
- Fussero, G. Occelli, M y Chiarani, M. (2020). Pensamiento Computacional en la Modelización de la Ingeniería Genética. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 7 (2): 97-103.
- Greca, I. M. y Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Caderno Brasileiro Ensino Física*, 15 (2): 107-120.
- Henao, B. L. y Palacio, L. V. (2013). Formación científica en y para la civilidad: desafíos y posibilidades de la educación en ciencias. En A. E. Romero., B. L. Henao y J. F. Barros (Eds). *La argumentación en la clase de ciencias: Aportes a una educación en ciencias en y para la civilidad fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias* (pp. 23-70). Medellín, Colombia: Editorial Artes y Letras S.A.S.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Sexta edición. México, D. F. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A

- Justi, R. S. and Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modeling in learning science. *The International Journal of Science education*, 24: 1273–1294.
- Mora, A. (2002). Obstáculos epistemológicos que afectan el proceso de construcción de conceptos del área de ciencias en niños de edad escolar. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 3 (5): 75-89.
- Orrego, M. López, A. M. y Tamayo, O. E. (2013). Evolución de los modelos explicativos de fagocitosis en estudiantes universitarios. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 1 (9): 79–106.
- Posada, J. L. (2015). La argumentación y su rol en el aprendizaje de la ciencia. *Revista Tesis Psicológica*, 10 (1): 146-160.
- Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Puig, B. y Jiménez, M.P. (2015). El modelo de expresión de los genes y el determinismo en los libros de texto de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12 (1): 55-65. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92032970004>
- Revel Chion, A. F., Couló, A. Erduran, S. Furman, M. Iglesia, P. Adúriz, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, (Número extra): 1-5.
- Ruiz, J.F., Tamayo, O.E. y Márquez, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educacao Pesquisa*, São Paulo, 41 (3): 629-646.
- Sarda, J. y Sanmartí, N. (2000) Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3): 405-422.
- Tamayo, O.E. (2013). Modelos y modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *IX congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, 3484-3487.
- Tamayo, O.E. (2014). Pensamiento crítico dominio específico en la didáctica de las ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (36): 25-45. <https://doi.org/10.17227/01203916.4686>
- Toulmin, S. (2003). Los usos de la argumentación. Barcelona, España: Ediciones península.