

Habilidades Argumentativas en Profesores en Formación Continua: el Contexto de la Enfermedad de Chagas

Tatiana Iveth Salazar-López , Nallely Jiménez-Taboada , María Teresa Guerra-Ramos 

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Monterrey, Nuevo León, México.

tatiana_salazar@cinvestav.mx, nallely.jimenez@cinvestav.mx, tguerra@cinvestav.mx

[Recibido: 4 junio 2020. Revisado: 2 septiembre 2020. Aceptado: 11 octubre 2020]

Resumen: Se presenta el análisis de textos argumentativos producidos por profesores de biología en el contexto de una secuencia didáctica que planteaba el desafío de determinar si la chinche que les fue asignada era vector de la Enfermedad de Chagas. Los textos argumentativos provenían de dos actividades escritas y fueron identificados como momentos 1 y 2 en la elaboración de sus argumentos. Desde la perspectiva del análisis del contenido, se construyó un sistema de 8 categorías agrupadas en cuatro dimensiones (respaldo relevante, datos observables, lenguaje científico y conclusión). Los profesores tendieron a incluir información de respaldo para construir garantías teóricas que sustentaran la aseveración concluyente. Aunque no fue posible detectar tendencias grupales o relacionadas con la formación académica previa, se identificó que a nivel individual los profesores tuvieron avances significativos en sus argumentos. En el momento 2, algunos lograron incorporar el uso de instrumentos de observación para identificar aspectos morfológicos relevantes, así como una aserción contundente elaborada con lenguaje científico, garantías empíricas y garantías teóricas. Se identificó que en muy pocos casos las garantías empíricas sustentan el argumento. Finalmente, se discuten las implicaciones de los hallazgos y se plantea la necesidad de continuar promoviendo el desarrollo de las habilidades argumentativas en la formación de profesores de biología.

Palabras clave: Argumentación, Formación Continua de Profesores, Construcción de Pruebas, Enfermedad de Chagas

Argumentative Skills in service teacher training: the Context of Chagas Disease

Abstract: This study presents the analysis of argumentative texts produced by biology teachers in the context of a sequence of activities asking them to determine if an assigned bug was vector of Chagas disease. Argumentative texts were obtained from two writing tasks and identified as moments 1 and 2 in the elaboration of their argument. Based on a content analysis perspective, we developed 8 categories grouped in 4 dimensions (relevant warrant, observational data, scientific language and conclusion). Student-teachers tended to include information to build theoretical warrants in order to support their concluding assertion. Although it was not possible to detect clear group tendencies or related to previous academic education, we identified that at an individual level, student-teachers made significant progress in their arguments. In the moment 2, some of them mentioned the use of observation instruments to identify relevant morphological aspects, as well as a concluding assertion integrating relevant scientific language, empirical and theoretical warrants. In rare occasions they used empirical warrants to maintain their argument. Finally, we discuss the implications of these findings and the need to promote the development of argumentative skills in Biology teacher education.

Keywords: Argumentation, In service teacher training, Evidence construction, Chagas disease

Para citar este artículo: Salazar-López T. I., Jiménez-Taboada N. y Guerra-Ramos M. T. (2021) Habilidades argumentativas en profesores en formación continua: el contexto de la Enfermedad de Chagas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(2), 2602. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2602

Introducción

En las clases y en materiales educativos se tiende a mostrar a la Biología como un cuerpo acabado de conocimientos que actúa como un discurso autoritario, en el que está ausente la discusión sobre las pruebas y cómo éstas justifican lo que se sabe (Newton, Driver y Osborne, 1999). Dado que, las prácticas educativas en clase de biología no han estado centradas en la argumentación, es necesario diseñar y poner en práctica actividades que orienten a los profesores en la generación y justificación de enunciados argumentativos, a semejanza de las prácticas discursivas de las

personas dedicadas a las ciencias. Coincidimos con la idea de que la actividad científica escolar se caracteriza por pensar, hacer y hablar ciencia (Izquierdo *et al.*, 1999).

Autores como Mosquera y Furió-Más (2008) defienden la postura de que los conocimientos no se descubren, sino que se construyen a partir de la observación, el bagaje teórico, las ideas y creencias personales, y principalmente, las propias experiencias de aprendizaje formales e informales que viven los docentes durante su formación. En consecuencia, la formación de maestros debe ocurrir en ambientes que les permita vivenciar actividades de aprendizaje críticas y cargadas de los resultados de investigación del área de la Didáctica de las Ciencias como una apuesta para que el docente diversifique y enriquezca sus futuras prácticas de enseñanza (Cabello y Topping, 2014).

El estudio que se reporta buscó analizar las habilidades argumentativas de profesores de biología en el contexto de actividades de relevancia personal y social. Asumimos que en la medida en que los profesores puedan desarrollar sus propias habilidades argumentativas, será más probable que puedan modelarlas ante sus estudiantes e involucrarlos en su práctica.

Antecedentes en el Estudio de las Habilidades Argumentativas

La argumentación es un tipo de razonamiento que consiste en relacionar datos, pruebas y conclusiones; esto es, evaluar enunciados a la luz de datos empíricos o procedentes de otras fuentes y elaborar un conocimiento o punto de vista propio bien fundamentado y, en ocasiones, utilizable para persuadir a otros (Driver, Newton y Osborne, 2000). La argumentación se ha relacionado con el pensamiento crítico pues, requiere de un razonamiento cuidadoso que implica habilidades específicas como reconocer información relevante, usar términos y significados, manejar datos, reconocer patrones y tendencias, recurrir a ideas abstractas, entre otras (Archila, 2015; Chion, Meinardi y Adúriz-Bravo, 2014). Por lo anterior, en este trabajo hablamos de habilidades argumentativas.

Las habilidades argumentativas en educación en ciencias han recibido una atención sostenida por más de dos décadas. Tanto Erduran y Jiménez (2007) como Khine (2012) recuperan contribuciones emblemáticas. Archila (2012) y Faize *et al.* (2018) ofrecen revisiones amplias sobre la investigación empírica y el desarrollo teórico en esta área que reflejan la diversidad de perspectivas y finalidades de investigación. Para los fines del presente trabajo centramos la atención en algunos estudios que permiten comprender lo que ciertas actividades demandan de los estudiantes en cuanto al uso y construcción de pruebas a partir de datos como habilidades específicas; así como las particularidades de los textos argumentativos.

Identificamos investigaciones en las que estudiantes evalúan y usan pruebas de fuentes diversas empleándolas en la elaboración de sus argumentos. Por ejemplo, Jiménez-Aleixandre y Pereiro (2002) analizaron las conversaciones de estudiantes de 16-17 años, quienes debían tomar decisiones y argumentarlas en el contexto de un tema ambiental. En este caso, los datos y pruebas se presentan a los estudiantes para ser evaluados, determinar su coherencia con modelos o teorías y tomar decisiones. Por otro lado, hay estudios en que los estudiantes se involucran primero en observaciones, experimentación o registro para generar los datos, que son la referencia para construir pruebas y usarlas en sus argumentos. Por ejemplo, Blanco y Díaz de Bustamante (2014) analizaron el discurso argumentativo mediante el cual estudiantes de bachillerato justifican sus conclusiones, en una actividad que les planteaba esclarecer lo ocurrido después de extraer información al observar una imagen de patrones de huellas. De forma similar, Duschl y Ellenbogen (2009), analizaron estudiantes de sexto grado (11 años) en el contexto de una actividad denominada "ejercicio para un corazón sano". Los estudiantes debían recopilar datos de pulso en condiciones de reposo, cambio de ritmo y cambios de peso. Posteriormente, elaboraron una nota a favor o en contra de declaraciones (e. g. "Importa el lugar donde tomas el pulso.")

proporcionando la razón y las pruebas para apoyar su posicionamiento. La distinción entre el uso de pruebas y la construcción de pruebas nos fue relevante porque permitió esclarecer la demanda que hacían las actividades que diseñamos. Se trató de un contexto que combinó tanto la construcción como el uso de pruebas, partiendo de un proceso de indagación empírica y documental.

Un aspecto que orientó nuestro análisis de los argumentos tiene que ver con el tipo de pruebas empleadas por los estudiantes, ya sean empíricas o teóricas. Varela, Blanco y Díaz (2020) analizaron las líneas argumentativas desarrolladas por los estudiantes en el contexto de reacciones enzimáticas. En su análisis distinguieron entre el uso de pruebas que procedían directamente de los datos y las que provenían de elaboraciones complejas e informadas por otras fuentes. Por su parte, Hug y McNeill (2008) examinaron si el discurso argumentativo de estudiantes de 12-13 años variaba en función de si se basaban en datos que ellos mismos habían colectado o en datos generados por otra persona. Los estudiantes repararon en problemas asociados a la toma de datos y fueron menos críticos con las pruebas aportadas al percibirla como una fuente autoritativa. Estos estudios nos aportaron elementos para reconocer en nuestros propios datos cuando los profesores priorizaban un tipo de prueba sobre otra.

Otra consideración que contribuyó a dar forma al contexto argumentativo que empleamos fue notar que varios autores han señalado las particularidades de la argumentación en textos escritos (Sardá y Sanmartí, 2000; Kim y Song, 2006). Kelly y Takao (2002), subrayan la importancia de acercar a los estudiantes a la argumentación escrita como una práctica epistémica y recomiendan que la tarea de generar un texto argumentativo debe ser auténtica para que se aprecie como una forma de comunicar y sustentar ideas.

Consideramos que tanto el uso de pruebas, su construcción o una combinación de ambas resultan demandantes para los estudiantes, y el diseño de contextos argumentativos debe procurar la mayor relevancia e involucramiento posible, por su efecto en la motivación e interés por argumentar. En consecuencia, diseñar ambientes de aprendizaje que favorezcan la argumentación no es una tarea trivial y requiere de una selección cuidadosa de contextos relevantes y actividades estimulantes que capturen el interés, lleven a los aprendices a socializar e interiorizar ideas y culminen con el reconocimiento de la labor intelectual involucrada en la argumentación.

Objetivo

Analizar las habilidades argumentativas en los textos de un grupo de Estudiantes-Profesores (EP) antes y después de obtener datos y construir pruebas empíricas y teóricas en el contexto de una secuencia didáctica relacionada con las chinches vectores de la Enfermedad de Chagas (EC).

Metodología

El presente trabajo tuvo una naturaleza descriptiva en que el centro de atención fue el avance o mejoría posible en las habilidades argumentativas. A continuación, describimos el contexto en que fueron colectados los datos objeto de análisis y sobre los cuales se construyeron inferencias.

El Contexto de la Colecta de los Datos: La Secuencia Didáctica “El caso de las chinches”

Los textos que fueron objeto de análisis se desarrollaron durante la asignatura de Trabajo Práctico en Biología I (TPBI) en el marco de una maestría profesionalizante para profesores de Biología en el Cinvestav Monterrey (México). En la asignatura se presentó una secuencia de actividades con la finalidad de apoyar a los EP a elaborar un argumento. Para ello debían utilizar pruebas empíricas y teóricas que debían construir para determinar si un espécimen de chinche que les fue asignado de manera individual era o no vector de EC.

Para la creación de un escenario estimulante y retador partimos de la EC que es transmitida por un vector siendo el protozoario *Trypanosoma cruzi*, el causante de la enfermedad. Éste se encuentra en las heces de insectos como las chinches, causando una reacción inflamatoria e infecciosa, de la cual, si la persona infectada no recibe tratamiento puede desarrollar afecciones cardíacas y digestivas. De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (2006) la EC es un problema de salud que afecta a regiones de América Latina, en especial a población marginada por su situación socioeconómica. Entre las causas por las que presenta altas tasas de contagio en México, se encuentran las malas condiciones de vivienda, sumado a que es una enfermedad silenciosa, pues puede ser asintomática, pero una vez que se presentan los síntomas llega a ser mortal (Martínez, 2014).

En el caso de México se han reportado 31 especies de chinches, de las cuales 21 son hospederas potenciales de *T. cruzi* (OPS, 2006). Las chinches o *triatóminos* son insectos hemimetábolos, cuyo desarrollo se lleva a cabo en 7 etapas: huevo, 5 estadios ninfales y el adulto que presenta dimorfismo sexual (Campos *et al.* 2017). De acuerdo con Crocco, Catalá y Martínez (2002) y Martínez (2014), para que una chinch sea considerada vector de la EC debe: a) pertenecer a la subfamilia *Triatominae* y, b) ser hematófago, es decir, contar con una estructura bucal característica que le confiera la posibilidad de alimentarse de la sangre del hospedero.

En este contexto, la secuencia didáctica propuso a los participantes el desafío de determinar si la chinch que les había sido asignada era o no un vector de la EC. Ésta incluía 17 actividades estructuradas en 4 fases: Exploración de conocimientos, Introducción de nuevos conocimientos, Síntesis y Aplicación (Sanmartí, 2005). Para la implementación de la secuencia didáctica se utilizaron 3 sesiones con una duración de 3 horas. En la tabla 1 se presenta una descripción general de las actividades.

Tabla 1. Descripción general de la secuencia didáctica «El caso de las chinches»

Fase	Actividades
Contexto	1. Presentación del problema: ¿Existen individuos vectores de la EC en la muestra recogida?
Exploración de conocimientos	2. Ideas iniciales sobre las chinches 3. Reconocimiento morfológico para la identificación taxonómica 4. Observación y descripción de individuos taxidermizados asignados sin ningún instrumento de apoyo
Introducción de nuevos conocimientos	5. Búsqueda y sistematización de información para identificar a chinches vectores de la EC 6. Conclusión en la que se indica si el individuo asignado era vector de la EC* 7. Observación del individuo con lista de cotejo 8. Descripción y observación del ejemplar asignado con estereoscopio y lupa 9. Elaboración de un dibujo del ejemplar 10. Toma de fotografías del ejemplar 11. Exposición de 2 estudiantes de maestría y doctorado con proyectos de tesis sobre chinches y el <i>T. cruzi</i>
Síntesis	12. Conclusión final en la que se indica si el individuo asignado era vector de la EC* 13. Identificación de todos los individuos vectores asignados al grupo
Aplicación	14. Reflexión sobre la investigación actual acerca de las chinches 15. Reflexión sobre las posibilidades de usar la secuencia didáctica en distintos grados 16. Reflexión sobre los aprendizajes 17. Evaluación de la secuencia didáctica.

En la tabla 1 se señala con un asterisco (*) la actividad 6 y 12 indicando que estas fueron empleadas para analizar las habilidades argumentativas de los EP. La selección de ambas actividades se debió a que eran aquellas en que se solicitaba la elaboración de un argumento para indicar si su espécimen era vector o no de la EC. Asimismo, tenían estrecha relación pues para la actividad 12 se debía contrastar lo contestado en la actividad 6. A continuación, se presenta el perfil de los EP participantes.

El perfil de los Estudiantes-Profesores (EP)

En el curso de TPB1 participaron 12 EP que provenían de programas de diversa naturaleza. De acuerdo con la formación académica previa los agrupamos de la siguiente manera:

Licenciatura en Biología o áreas afines (LBA): Cinco EP se formaron como profesionales en Biología o áreas cercanas en instituciones universitarias mexicanas, por lo que inferimos que sus estudios previos estuvieron fuertemente centrados en el contenido disciplinario.

Licenciatura en Educación (LE): Dos EP tenían formación inicial en escuelas normales mexicanas formadoras de docentes, con programas que enfatizan asignaturas de pedagogía general para un nivel educativo y pedagogía en áreas específicas, sin una formación disciplinaria en biología muy sólida.

Licenciatura en Educación en Ciencias (LEC): Cinco EP contaban con formación inicial en una institución universitaria colombiana como profesores con énfasis en alguna disciplina. Esto implicó que sus estudios previos estuvieran constituidos por un programa centrado en disciplinas de ciencias naturales, pedagogía y didáctica. Inferimos que el contenido disciplinario y pedagógico estaba equilibrado.

En la tabla 2 se describe la formación inicial de los participantes, se indica el nombre ficticio para proteger su identidad, los años de experiencia docente y el nivel escolar en que impartían clases.

Tabla 2. Descripción del perfil de los Estudiantes Profesores de acuerdo con su formación académica.

Formación académica		Nombre y código	Experiencia docente (Años)	Nivel educativo en que laboraba
LBA <i>Licenciatura en Biología o áreas afines</i>	Químico Bacteriólogo Parasitólogo	Germán [LBA_Germán]	10	Secundaria
	Biólogo	León [LBA_León]	1	Secundaria
	Bióloga	Rosalía [LBA_Rosalía]	1	Secundaria y bachillerato
	Ingeniera en Sistemas Costeros	Isaura [LBA_Isaura]	3,5	Bachillerato
	Químico Farmacobiólogo	Damián [LBA_Damián]	Sin experiencia docente	--
LE <i>Licenciatura en Educación</i>	Licenciatura en Educación Secundaria Especialidad en Biología.	Edgar [LE_Edgar]	5	Secundaria
	Licenciada en Educación Preescolar	Mayra [LE_Mayra]	4	Preescolar

Tabla 2. Continuación.

Formación académica		Nombre y código	Experiencia docente (Años)	Nivel educativo en que laboraba
LEC Licenciatura en Educación en Ciencias	Licenciada en educación básica primaria con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental	Jenny [LEC_Jenny]	3	Secundaria
	Licenciado en educación básica primaria con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental	Yair [LEC_Yair]	4	Secundaria
	Licenciado en Biología	Dante [LEC_Dante]	3	Secundaria
	Licenciado en Biología	Cristopher [LEC_Cristopher]	1,5	Secundaria
	Licenciada en Biología	Carola [LEC_Carola]	3	Secundaria

Sistematización de los Datos

El análisis de los datos fue realizado considerando la propuesta del análisis del contenido (Bardin, 2002). El *corpus* estuvo constituido por las producciones individuales de los EP en las actividades 6 y 12 (Ver tabla 1). Las respuestas a la pregunta 6 las consideramos como el Momento 1, pues son elaboradas a partir de la observación de su ejemplar sin instrumentos y apoyados en una primera búsqueda de información sobre vectores de la EC. Las respuestas a la pregunta 12 se consideraron el Momento 2, que son influenciadas por la observación de sus ejemplares utilizando lupas y/o estereoscopios (observación más fina) y una lista de cotejo de características relevantes a observar en los ejemplares (incluido el aparato bucal). Otra actividad crítica entre los momentos 1 y 2, por la introducción de información relevante, fue la exposición por parte de investigadores en formación sobre chinches Triatominos. Los textos de las actividades 6 y 12 fueron las respuestas a las siguientes preguntas específicas:

Momento 1

¿Consideras que el individuo que te fue asignado es un vector que transmite la enfermedad de Chagas? Sustenta tu respuesta.

Momento 2

¿Qué puedes decir sobre el chinche que observaste? ¿Es un vector de la enfermedad de Chagas?

Este *corpus* fue sometido a intensas lecturas y revisiones con el propósito de encontrar sentidos. En ese proceso dialéctico entre la lectura de las producciones de los EP y los referentes teóricos de la investigación emergieron las categorías de análisis. Con éstas fue posible establecer inferencias sobre la construcción y uso de pruebas para producir argumentos.

En la tabla 3 se describen las 4 dimensiones y 8 categorías de análisis. Resaltamos que las dimensiones parten de retomar el Modelo de Argumentación de Toulmin (1958) y las discusiones sobre la construcción y uso de pruebas a partir de la información presentada en los antecedentes. En ese sentido, la dimensión 1 da cuenta de la relevancia del respaldo utilizado en el argumento, la dimensión 2 hace referencia a la construcción de datos observables por parte de los EP. Y la dimensión 4 se refiere a las pruebas que elaboran los EP

a partir de los datos para construir sus argumentos. Cuando las pruebas se sustentan desde la construcción de datos observables son consideradas Garantías Empíricas, y cuando provienen de información obtenida de investigación documental son consideradas Garantías Teóricas. En ese sentido, las pruebas están constituidas por las garantías que pudieron derivar de datos particulares.

Tabla 3. Descripción de las dimensiones y categorías de análisis de la Secuencia Didáctica «El caso de las Chinches»

Dimensión Analítica	Categoría	Descripción
1 Respaldo relevante	(R) Relevancia de la información	La respuesta incorpora información relevante para contestar la pregunta poniendo atención en la morfología del ejemplar para respaldar si es o no es vector.
2 Datos Observables	(Dg) Descripción general del ejemplar	Descripción explícita de características anatómicas o morfológicas presentes en la cabeza, tórax o abdomen del ejemplar asignado. Puede o no incorporar características cualitativas (color, textura, estadio del ciclo de vida) y cuantitativas (tamaño).
	(Db) Descripción del aparato bucal	Descripción del aparato bucal del ejemplar observado. Si solo menciona que es un aparato bucal chupador, pero no describe por qué lo cataloga así, no cuenta en esta categoría.
	(I) Instrumentos	Mención o alusión a algún instrumento de observación usado para identificar la parte anatómica o morfológica que describe para sustentar la prueba empírica.
3 Lenguaje	(Lc) Lenguaje científico	La respuesta incorpora terminología científica como: nombre de las especies/familias/subfamilias. Criterios de sistematización taxonómica (cabeza, tórax, abdomen, ocelos, probóscide, aparato bucal, entre otros). Hábitos alimenticios (fitófago/hematófago).
4 Conclusión	(A) Aserción	Aserción concluyente sobre si su chinche es o no vector de la Enfermedad de Chagas. Si ofrece un carácter probabilístico o de incertidumbre en su respuesta, no cuenta en esta categoría.
	(Gt) Garantía teórica	Se hace referencia a lo investigado para justificar si la chinche es o no vector. Puede o no citar a los autores o la fuente.
	(Ge) Garantía empírica	Cuando el EP hace referencia a lo observado para justificar si su chinche es o no vector. Debe incluir las 2 características críticas con las que cuente su ejemplar: Explicitar el tipo de aparato bucal/hábito alimenticio <i>hematófago</i> (3 segmentos largos/chupador); <i>fitófago</i> (4 segmentos largos) o <i>predador</i> (3 segmentos pequeños). Explicitar otras características taxonómicas como color, tamaño del cuerpo, cabeza de forma alargada, patas largas en comparación con el cuerpo.

Con el sistema de categorías se procedió al análisis del *corpus* de datos y en tablas de presencia/ausencia se registraron los elementos que componían las respuestas de los EP para los momentos 1 y 2. La codificación fue realizada de manera independiente por las tres autoras de este artículo. Como resultado se obtuvo una triple codificación ciega y se calculó el coeficiente de confiabilidad interjueces utilizando el indicador propuesto por Miles y Huberman (1994):

Coeficiente de confiabilidad interjueces = Número de acuerdos/(Número de acuerdos + Número de desacuerdos)

En un primer momento de socialización de los resultados de las codificaciones independientes se consideró un acuerdo, cuando las tres codificadoras coincidían en señalar ausencia o presencia de la categoría en una respuesta específica. De esta manera, se obtuvieron 152 acuerdos en un total de 192 oportunidades de codificación (8 categorías x 12 estudiantes x 2 momentos) obteniéndose un coeficiente de confiabilidad de 0.79 indicando que hubo una alta prevalencia de acuerdos en la codificación de las producciones de los EP. Posteriormente, se procedió a discutir los casos de desacuerdo. La dimensión 4 y particularmente la categoría Ge (Garantía empírica) fue ajustada debido a que se encontraron 9 desacuerdos de 24 ítems de análisis. Esto nos orientó a replantearla y a realizar un nuevo ejercicio de categorización. En esta segunda ronda de diálogo hubo solo 2 desacuerdos en los 24 ítems, que nuevamente se superó mediante discusión entre las codificadoras. A continuación, presentamos los resultados del análisis.

Resultados y Discusión

En la figura 1 se presenta una síntesis de los resultados a partir del sistema de categorías. En ésta se muestran las dimensiones y categorías analíticas (tabla 3) en el eje X y la presencia/ausencia de éstas en el Momento 1 (M1) y Momento 2 (M2) en el eje Y. De acuerdo con el perfil profesional de los EP se les asignó una figura geométrica: *triángulo* para los EP con formación en LBA, *cuadrado* para EP con formación en LE, y *círculo* para los EP con formación en LEC. Al interior de cada figura se señala el número de EP que incluyeron en sus respuestas los elementos de dicha categoría. En los casos en que los argumentos no incorporaron alguna de las categorías (e. g. instrumentos) se colocó una figura transparente y con el perímetro punteado.

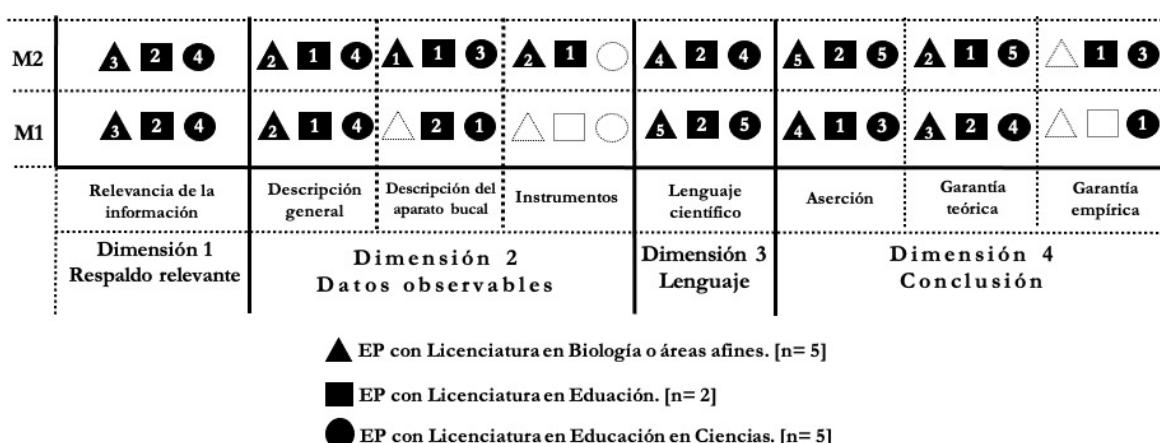


Figura 1. Resultado de los Estudiantes-Profesores en las dimensiones y categorías de análisis en el Momento 1 y 2.

A continuación, describimos y discutimos los hallazgos en función de las categorías de análisis considerando la formación inicial de los EP.

Estudiantes-Profesores (EP) con Licenciatura en Biología o áreas afines (LBA)

El análisis de las producciones indica que en el caso de la selección de información de respaldo (R), Germán, Rosalía y Damián eligieron información que sí atendía a la pregunta planteada en la actividad; situación que se mantuvo en el M1 y M2. Isaura y León presentaron información que a pesar de tener relación con la EC, no presentaba elementos morfológicos para determinar si el ejemplar se trataba de un vector o no. Esta información irrelevante la

interpretamos como un intento de los EP por mostrar al interlocutor el conocimiento previo que tenían sobre las chinches y la EC.

En el M1 solo dos EP presentaron una descripción general (Dg) de su ejemplar (Germán y Damián), pero ninguno describió la estructura bucal (Db) como criterio determinante para saber si era o no vector. En el caso del M2, ya con apoyo de instrumentos de observación, la situación fue similar 2/5 EP (nuevamente Germán y -ahora- Rosalía) estructuraron su argumento incorporando una Dg de la chinche. Para el M2 Damián sí describió el aparato bucal.

Respecto a la dimensión Instrumentos (I) Damián y León destacan la importancia del uso de estos para poder elaborar su aserción.

«Partiendo del hecho en que la observación que realicé en la estructura bucal, mi individuo no es un vector, debido a que en dicha estructura se presentan 4 segmentos que pueden corresponder a un fitófago. Con respecto a mi respuesta en el punto 6, dista mucho, porque yo había considerado el color (rayas pardas) para determinar si era o no vector, además me guíe por otra forma de abordar el problema (delimitando si era posible que en Nuevo León mi especie se había reportado como vector). Otra situación es el uso del equipo, ya que al tener información y tener los instrumentos como la lupa y el microscopio, se pueden observar estructuras que difícilmente se lograrían a simple vista» (LBA_Damián_M2).

Este hallazgo nos da indicios de que no hubo un ejercicio en el que los EP al participar de la construcción de los datos reflexionaran sobre las limitaciones que se presentan. En particular sobre el uso de los instrumentos para observar con más detalles el ejemplar asignado. Este resultado es opuesto al de Hug y McNeil (2008) quienes reportan que construir el dato propicia reflexiones sobre la naturaleza de esta acción.

La mayoría de los EP (4/5 en el M1 y 5/5 en el M2) usó lenguaje científico (LC) como un elemento recurrente en sus respuestas, haciendo evidente la familiaridad con el vocabulario científico; ya sea por su formación, o por la revisión de referentes teóricos específicos. No obstante, el uso de las palabras científicas (nombre de las especies o estructuras anatómicas) no necesariamente nos indica que para los EP estas tienen significado y sentido para apoyar la elaboración de argumentos en el contexto en que se solicitaba (Toulmin, 1972).

Sobre la aserción (A) encontramos que solo Damián en el M1 no logra afirmar contundentemente que su ejemplar sí era vector, situación que fue superada en M2. Este resultado es razonable, puesto que la estructura de la secuencia didáctica iba dirigida a que fueran construyendo pruebas para presentar una aserción definida y sustentada desde las garantías teórica y empíricas.

«Probablemente no lo sea por el hecho de que no presenta una coloración distinta a la de color negro (no hay presencia de rayas amarillecas o pardas). Sin embargo, puede mostrar cierta similitud con *T. protracta*. Por lo que sería necesario realizar algún frotis o alguna otra prueba serológica para su confirmación. Por otra parte, las características como el pelo en partes bucales podrían permitir descartar o confirmar, sin embargo, a una primera visualización sin algún instrumento es difícil detectarlos [...]» (LBA_Damián_M1)

A la vez, la mayoría de los EP hicieron énfasis en ambos momentos en que la teoría (Garantía teórica; Gt) fue la que les permitió hacer un comparativo con su chinche para determinar si era o no vector (3/5 en el M1 y 2/5 en el M2). Esto último resulta relevante porque, aunque

también contaban con el dato proveniente de su observación, optaron por priorizar el *criterio de autoridad* para elaborar su aserción, descartando la Garantía empírica (Ge) como un elemento más para estructurar el argumento.

«Basándose en las claves taxonómicas proporcionadas por Weirauch *et al.* (*s.f.*) se concluye que el individuo es un miembro de la tribu Triatomini, en la cual se encuentra el género *Triatoma* [...], observando las imágenes que se encontraron de en la plataforma de Naturalista se identifica a este individuo como posible *Triatoma gerstaeckeri*. En la página de “Kissing bugs & Chagas Disease in United States” de la Universidad de Texas (TAMU), muestran una imagen con 10 especies de este género [...] En un estudio realizado por Molina, Mercado, Molina y Galaviz (2015), se reporta la captura de 118 individuos de esta especie y 37 se encontraban infectados con *Trypanosoma cruzi*, por lo que, además de considerar el trabajo de Fernández (1987), se concluye que el individuo observado es un vector de Chagas» (LBA_Germán_M2).

Al comprar las garantías teóricas (Gt) con las garantías empíricas (Ge) identificamos que estas últimas no son empleadas para argumentar si la chinche era o no vector. Podemos interpretar que los EP no aprovecharon la oportunidad de observar los ejemplares y partir de este ejercicio para construir pruebas que establecen un diálogo entre la Ge y Gt. Tal situación ha sido reportada como falta de confianza por parte de los estudiantes, respecto a la prueba obtenida por ellos mismos (Varela *et al.* 2020).

Estudiantes-Profesores (EP) con Licenciatura en Educación (LE)

Sobre el proceso argumentativo desarrollado por los EP con esta formación encontramos que en los dos momentos analizados presentan información relevante (R) para elaborar su argumentación. De este resultado inferimos que para estos EP el ejercicio realizado en la actividad 6 y 12 de la secuencia didáctica (Ver tabla 1) lo realizaron con un filtro teórico que les permitió seleccionar información pertinente y posibilitó que estructuraran su argumentación con información de respaldo.

En el M1 Edgar presentó un argumento caracterizado por la descripción general (Dg) de su ejemplar, la descripción de la estructura bucal (Db) y una gran carga teórica (Gt). Para el M2, pese a que ya tenía conocimiento de que el aparato bucal era crucial para identificar vectores de la EC, Edgar no incorporó esta descripción a partir de lo que pudo observar en su insecto. Por su parte, Mayra en el M1 realizó un énfasis en la Db de su chinche, sin describir otras características morfológicas generales de su insecto (Dg). Esto era previsible ya que orientó la búsqueda de información directamente al aparato bucal como un aspecto de relevancia científica para identificar un vector, aunque por la falta de instrumentos de observación, aún no podía observarlo con precisión.

«Considero que el individuo que elegí para esta actividad de investigación si es un vector que transmite la enfermedad de Chagas, puesto que al observarlo [...] me percaté que su aparato bucal cumple con las características de una chinche hematófaga, su “pico” está conformado por tres segmentos (Crocco *et al.*, 2002) los cuales están doblados hacia dentro del cuerpo cuando la chinche está en reposo. [...] investigando encontré que las chinches hematófagas se alimentan de sangre desde que son ninfas, por lo que desde muy jóvenes pueden convertirse en vectores, así que descarté el tamaño o la edad como una característica definitoria de la transmisión del Chagas [...]» (LE_Mayra_M1)

Sobre la categoría Instrumentos (I) para Mayra fue importante utilizarlos, pues con ellos en el M2 logró incorporar a su descripción detalles micro y macro del ejemplar observado. Ella fue

consiente de lo importante que fue realizar observaciones mediadas por estos instrumentos. Lo anterior, no fue reportado por Edgar en ninguno de los momentos argumentativos.

Sobre el lenguaje es posible inferir que la revisión bibliográfica les permitió reconocer el lenguaje científico pertinente para el contexto de la actividad y lo utilizaron para construir su argumento en el M1 y M2. Este uso del lenguaje científico también lo interpretamos como un recurso retórico para convencer a su interlocutor sobre su aserción. En esta dimensión los resultados coinciden con los analizados en el grupo de los EP con formación en LBA.

Respecto a la categoría de la aserción (A), el uso de instrumentos fue fundamental para que Mayra aseverará que su chinche no era vector de la EC.

«Después de realizar observaciones más precisas y específicas en el individuo que elegí, esto con ayuda de lupas, fotografías y estereoscopios, me di cuenta de que mi chinche no es un vector de la enfermedad de Chagas, sino que es una chinche fitófaga. [...] pude notar una última división, la cual es de color más oscuro y se encuentra muy unida al tórax y abdomen de la chinche, razón por la cual era difícil identificarla sin ningún instrumento de observación. [...] En el caso de mi individuo el pico es casi cuatro veces la longitud de su cabeza, además que está dividido en 4 segmentos, mientras que en las chinches hematófagas su pico está conformado por 3 segmentos» (LE_Mayra_M2).

Esta construcción de la garantía empírica (Ge) sumada al apoyo de la garantía teórica (Gt) derivados de la búsqueda de información (actividad 5 y 11), permitió a Mayra revisar su aserción inicial y reconocer en el M2 que se había equivocado en M1. Es decir, mediante la comparación de ambos tipos de garantías, pasó de considerar que su chiche sí era vector, a determinar que se había equivocado y tenía un ejemplar que no podía ser considerado vector debido a la presencia de 4 segmentos en su estructura bucal que observó, y le permitió categorizarlo como un individuos con hábitos alimenticios fitófagos.

En cuanto a Edgar en el M1 vemos que no fue contundente al aseverar si el espécimen asignado era un vector de la EC o no. Esta situación fue superada en el M2 pues mostró mayor seguridad para identificar que su chiche si era un posible vector, basado principalmente en las Gt.

«Puedo decir que [...] que efectivamente es un vector infeccioso de la enfermedad de Chagas. La forma del pico lo sitúan como un organismo hematófago y las demás características físicas que tiene como la posición de las antenas, largo de alas y segmentos de pico permiten clasificarlo como un espécimen de la especie *Triatoma infestans*.» (LE_Edgar_M2)

Identificar garantías teóricas en la argumentación de ambos EP nos da indicios de que consideran importante sustentar sus aseveraciones con otros autores y que este es otro mecanismo retórico para convencer a su interlocutor. Esta situación nuevamente coincide con los EP con formación inicial en LCN. En resumen, Edgar da un mayor énfasis a las Garantías Teóricas que presenta en su argumentación y Mayra logra establecer un diálogo entre la garantía teórica y la empírica para estructurar su argumento y presentar su aseveración. Nuestros resultados coinciden con los hallazgos y conclusiones de autores como Hug y McNeill (2008) y Varela *et al.* (2020); quienes reportan la influencia tanto positiva como negativa de involucrar a los estudiantes en la toma de datos en los contextos argumentativos.

Estudiantes-Profesores (EP) con Licenciatura en Educación en Ciencias (LEC)

Sobre estos EP encontramos que 4/5 de ellos incorporan información de respaldo para elaborar su argumentación en el M1 y M2 lo que indica que establecieron una relación entre la

teoría y el desafío planteado en la secuencia didáctica. Solo Jenny tanto en el M1 y M2 presenta información, que a pesar de que tiene relación con la EC, no proporciona elementos para responder a si su chinche es vector. Esta situación llama la atención pues, se esperaba que para el M2 lograra identificar que la estructura bucal era la clave para la determinación de chinches vectores. La presentación de la información poco relevante la interpretamos como un mecanismo retórico en el que intenta mostrar a su interlocutor que ha investigado sobre la temática objeto de estudio.

«[...]dadas las circunstancias y condiciones ambientales (zonas rurales donde abunda la insalubridad a nivel domiciliar, presencia de objetos/enseres viejos, condiciones de la casa que favorecen la presencia y reproducción del insecto, actividad nocturna de la chinche). Sus picaduras no generan dolor y no se puede apreciar a simple vista la presencia de las heces que se expulsan, por lo cual, si alguien es picado por el insecto seguramente se rascará la zona afectada tras notar la roncha o marca de picadura». (LEC_Jenny_M1)

Respecto a la categoría de la Descripción General (Dg), nuevamente Jenny no incorpora datos morfológicos descriptivos de la chinche para elaborar su argumentación en ningún momento. Presentar los elementos morfológicos da indicios de que la observación a detalle de la chinche es el camino para construir las garantías empíricas (Ge) al plantear la aseveración del argumento. En consecuencia, interpretamos que para ella la observación sistemática de la chinche no generó insumos para construir pruebas derivadas de la construcción de los datos y estructurar su argumento.

Por otro lado, en el M1 solo Carola describe la estructura bucal (Db). De este resultado interpretamos que la actividad de búsqueda de información en la actividad 5, permitió que Carola localizará referentes en los que se presenta la estructura bucal como una clave para categorizar a las chinches como vector de la EC.

«[...] Las características de su aparato bucal no pertenecen a las descritas anteriormente dado que el sistema bucal del asignado es corto y no se identifican las tres secciones [...]» (LEC_Carola_M1)

Para el M2 ni Jenny ni Christopher presentan la Db. En Jenny este resultado es coherente con el M1. Pero en el caso de Christopher el sustento de su argumento lo basó en la Descripción general (Dg) de su ejemplar mencionando vagamente el aparato bucal:

«Aunque hay características que pueden indicar la posibilidad de que sea un vector (por ejemplo, las manchas sobre el abdomen) hay más elementos para confirmar que el individuo que me asignaron no tiene características de ser vector de *T. cruzi*, pues difiere de la forma de la cabeza alargada y las genas sobrepasando el ápice del clípeo, y el aparato bucal (chupador) sugiere que es un individuo fitófago Además, las coloraciones son más pardas y no hay una evidente distinción entre manchas claras y oscuras.» (LEC_Cristopher_M2)

Sobre la categoría Instrumentos (I) encontramos que ninguno de los EP de este grupo los menciona en sus argumentos como mediadores importantes para apreciar características macro y micro de las chinches con más detalles. Este resultado nos indica que no hubo conciencia por parte de ellos sobre la mediación de los instrumentos en la observación de la chinche asignada y la oportunidad que ofrecen para construir garantías empíricas (Ge).

Respecto al uso de lenguaje científico para todos fue un recurso discursivo utilizado para estructurar el argumento y presentar su conocimiento sobre la anatomía del insecto, solo Yair en el M2 utilizó un lenguaje común para elaborar su argumento.

«[...] Al revisar detenidamente su boca, se evidenció que esta era segmentada en tres secciones y la posición de las antenas aportaron fuertes pruebas de que se constituyera como uno de los vectores de la enfermedad». (LEC_Yair_M2)

Este resultado indica que para los tres tipos de perfiles profesionales que participaron de la secuencia didáctica, el uso de tecnicismos es considerado un elemento persuasivo para convencer al interlocutor sobre la aseveración que presentan en su argumento.

Respecto a la categoría de la aserción encontramos que en el M1 Yair y Christopher no son contundentes en plantear si su chinche es o no vector de la EC. Esta situación es superada en el M2 en que 5/5 EP argumentan presentando una aserción contundente. Inferimos que este cambio es un efecto del transitar por las otras actividades de la secuencia didáctica.

Los argumentos de este grupo de EP se caracterizan por presentar la Garantía teórica como un elemento fundamental para sustentar la aseveración. Encontramos que 4/5 EP emplearon Gt en el M1 y 5/5 EP en el M2.

«A partir de este ejercicio de observación y clasificación, confirme mi información previa debido a que la principal característica para clasificar un vector es partir de su aparato bucal y el contorno de su cabeza. En este caso, mi chinche presenta una cabeza corta y ensanchada y sus antenas parten cerca de los ojos. Así mismo, su aparato bucal es alargado, pero sus segmentos son bifurcados por lo cual estaría más relacionado a un organismo de tipo fitófago». (LEC_Dante_M2)

En el caso de la Garantía empírica (Ge) en el M1 solo la utiliza Carola, pero en el M2, Christopher y Dante la incorporan para sustentar su argumento. Percibimos que para sustentar la aserción del argumento, la Ge tiene un menor énfasis que la Gt, y son pocos los EP que logran establecer un diálogo entre ambas; tal vez por las pocas oportunidades que han tenido para realizar observaciones y la posible tradición de legitimar la teoría como único tipo de prueba válida para argumentar (Varela *et al.* 2020). Lo ideal era que lograran contrastar la Gt y compaginarla con su experiencia de observación.

Conclusiones

El análisis de los datos se centró en reconocer las características cualitativas de la argumentación interpretando dos actividades, que demandaban explicitar si la chinche asignada era un vector de la EC. De manera que, se obtuvieron dos producciones textuales en dos momentos de la secuencia didáctica. Se esperaba que para el M2 los textos argumentativos de los EP presentaran avances sobre dicha habilidad. Al respecto, encontramos que fue difícil identificar tendencias grupales, en función de la formación inicial. Pero, a nivel individual algunos EP tuvieron avances en sus argumentos al incorporar en el M2 el uso de instrumentos de observación para identificar aspectos morfológicos relevantes, así como una aserción contundente que integrara un diálogo entre Garantías empíricas (Ge) y Garantías teóricas (Gt). Este resultado invita a desarrollar propuestas argumentativas en las que de forma explícita se trabaje con los estudiantes los elementos que constituyen un argumento, así como la construcción y uso de pruebas. Investigaciones previas como la de Duschl y Ellenbogen (2009) destacan la relevancia de que los aprendices se involucren tanto en la toma de datos como en la construcción de pruebas.

Consideramos que la construcción de la Ge se presenta como un elemento difícil de construir, a pesar de que la categoría de Descripción General (Dg) y Descripción de la estructura bucal (Db) son un primer paso para la construcción de ésta. Este hallazgo trae como implicación que los argumentos se sustentan en la mayoría de los casos en Gt. De lo anterior,

interpretamos que los EP se sienten más seguros en sostener sus aseveraciones en referentes teóricos como fuentes autoritativas. Este hallazgo coincide con los de Hug y McNeill (2008). Además, indica que deben propiciarse más experiencias de observación y descripción para que los EP desarrollen esta habilidad y sientan más confianza para construir la Ge y poder estructurar argumentos más robustos que establezcan un diálogo entre estos dos tipos de garantías.

Otras reflexiones derivadas de los hallazgos nos remiten a cuestionar las mejoras sobre la estructura de la secuencia didáctica y las producciones seleccionadas para el análisis. Una de ellas es que las interpretaciones realizadas sobre las habilidades argumentativas se efectuaron solo sobre producciones textuales, situación que podría complementarse de dos formas: una entrevista que permita recabar información desde el lenguaje oral; o profundizar sobre el desarrollo de habilidades argumentativas de forma grupal pues, aunque enfatizamos un análisis a partir del perfil profesional de los EP, podría ser favorable un análisis desde el contexto grupal en el que se desarrolló la actividad. Lo anterior, porque percibimos que durante las clases, los EP dialogaban entre sí como parte de su ejercicio de observación de la chinche. Con esa propuesta sería posible estudiar el razonamiento que siguieron durante su observación y considerar el contexto interactivo entre EP con diferente grado de experiencia sobre la temática abordada, como sugieren Kelly y Takao (2002).

Finalmente, identificamos que la actividad diseñada tiene potencial para promover el desarrollo de habilidades argumentativas, aunque requiere de ajustes y del planteamiento de oportunidades sistemáticas para llevar a cabo un proceso sostenido y perdurable de las mismas. Una implicación de este trabajo va en la dirección que Archila (2012) propone de incorporar la argumentación desde la formación inicial hasta los procesos de formación continua, esperando que esta práctica epistémica se transfiera en la generación de contextos argumentativos con sus estudiantes.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por el apoyo con una cátedra en el CINVESTAV.

Referencias

- Archila, P. A. (2012). La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9 (3), 361-375.
- Archila, P. A. (2015) ¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación?: Lo que sugieren los avances actuales de investigación. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado* 20 (3), 399-432.
- Bardin, L. (2002). Análisis de contenido. Madrid, España: Akal
- Blanco Anaya, P. y Díaz de Bustamante, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las Ciencias* 32 (2), 35-52.
- Cabello, V. M. y Topping, K. J. (2014). Aprender a explicar conceptos científicos en la formación inicial docente: un estudio de las explicaciones conceptuales de profesores en formación, su modificabilidad y su transferencia. Pensamiento Educativo. *Revista de Investigación Educational Latinoamericana* 51 (2), 86-97.
- Campos, A., Ortiz, M., Martínez, T., Hernández, L., Martínez, S. y Manning, R. (2017). Enfermedad de Chagas: vectores. *Ciencia* 68 (1), 30-33.

- Chion, A. F. R., Meinardi, E. y Adúriz, A. (2014). La argumentación científica escolar: contribución a la comprensión de un modelo complejo de salud y enfermedad. *Ciencia & Educação (Bauru)* 20 (4), 987-1001.
- Crocco, L., Catalá, S. y Martínez, M. (2002) Enfermedad de Chagas. Módulo de actualización. 1^a Edición. Universitas. Córdoba, Argentina.
- Driver, R., Newton, P., y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education* 84 (3), 287–312.
- Duschl, R. y Ellenbogen, K. (2009). Argumentation and Epistemic Criteria: Investigating Learner's Reasons for Reasons. *Educación Química* 20 (2), 111-118.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research. New York: Springer Netherlands.
- Faize, F. A., Husain, W., & Nisar, F. (2018). A critical review of scientific argumentation in science education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 14(1), 475-483.
- Hug, B. y McNeill, K.L. (2008). Use of First-hand and Second-hand Data in Science: Does data type influence classroom conversations? *International Journal of Science Education* 30 (13), 1725-1751.
- Izquierdo, M., Sanmartí N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias* 17 (1), 45-59.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Pereiro C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education* 24 (11), 1171-1190.
- Kelly, G. J. y Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education* 83 (3), 115-130.
- Khine, M. S. (Ed.). (2012). Perspectives on scientific argumentation: Theory, Practice and Research. New York: Springer Netherlands.
- Kim, H., y Song, J. (2006). The features of peer argumentation in middle school students' scientific inquiry. *Research in Science Education* 36(3), 211–233
- Martínez, J. G. (2014). Seroprevalencia y vectores de la enfermedad de Chagas en la región carbonífera de Coahuila, México (tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León.
- Miles, M. B. y Huberman, A. M. (1994). Qualitative data analysis an expanded sourcebook. Thousand Oaks. California: SAGE.
- Mosquera, J. C. y Furió-Más, C. (2008). El cambio didáctico en profesores universitarios de química a través de un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales* (22), 115-154.
- Newton, P. Driver, R. y Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21 (5), 553-576.
- Organización Panamericana de la Salud (2006). Estimación Cuantitativa de la enfermedad de Chagas en las Américas. <http://ops-uruguay.bvsalud.org/pdf/chagas19.pdf>
- Sanmartí, N. (2005). La unidad didáctica en el paradigma constructivista, en Couso, D. (Eds.). Unidades didácticas en ciencias y matemáticas, Bogotá, Magisterio, pp. 13-58.

- Sardá, N.; Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 18(3), 405-422.
- Toulmin, S. (1958). The uses of argument. Nueva York: Cambridge University Press.
- Toulmin, S. (1972). Human understanding: Vol. 1. The collective use and development of concepts. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Varela Caamiña, M.P., Blanco Anaya, P. y Díaz de Bustamante, J. (2020). Establecimiento de líneas argumentativas en la resolución de un problema con enzimas. *Enseñanza de las ciencias* 38 (2), 163-180.