

# Uso de argumentación y analogías en los procesos de preparación para las Olimpiadas Internacionales de Biología y sus aportes a la promoción de competencias de pensamiento científico en estudiantes costarricenses

---

**Cortés-Muñoz, Irama; Porras-Araya, Melvin Steve; Pereira-Chaves, José; Jiménez-Sánchez, Susana**  
Uso de argumentación y analogías en los procesos de preparación para las Olimpiadas Internacionales de Biología y sus aportes a la promoción de competencias de pensamiento científico en estudiantes costarricenses  
Uniciencia, vol. 34, núm. 1, 2020  
Universidad Nacional, Costa Rica  
**Disponible en:** <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=475962995012>  
**DOI:** 10.15359/ru.34-1.12

## Artículo

# Uso de argumentación y analogías en los procesos de preparación para las Olimpiadas Internacionales de Biología y sus aportes a la promoción de competencias de pensamiento científico en estudiantes costarricenses

Use of arguments and analogies in preparation for the International Biology Olympics and their contributions to promotion of scientific thinking skills in Costa Rican students

Uso de argumentação e analogias nos processos de preparação para a Olimpíada Internacional de Biologia e suas contribuições para a promoção de habilidades de pensamento científico em estudantes costarriquenhos

Uniciencia, vol. 34, núm. 1, 2020

Universidad Nacional, Costa Rica

Recepción: 13 Marzo 2019  
Aprobación: 27 Julio 2019

DOI: 10.15359/ru.34-1.12

CC BY-NC-ND

Irama Cortés-Muñoz<sup>1</sup> [iramacortes@gmail.com](mailto:iramacortes@gmail.com)  
*Universidad Nacional, Costa Rica*

Melvin Steve Porras-Araya<sup>2</sup> [melporras11@gmail.com](mailto:melporras11@gmail.com)  
*Universidad Nacional, Costa Rica*

José Pereira-Chaves<sup>3</sup> [jose.pereira.chaves@una.cr](mailto:jose.pereira.chaves@una.cr)  
*Universidad Nacional, Costa Rica*

Susana Jiménez-Sánchez<sup>4</sup> [susana.jimenez.sánchez@una.cr](mailto:susana.jimenez.sanchez@una.cr)  
*Universidad Nacional, Costa Rica*

**Resumen:** La presente investigación tiene como propósito identificar las competencias de pensamiento científico, como la argumentación y el uso de analogías, fomentadas en el estudiantado costarricense participante en las Olimpiadas Internacionales de Biología. Es importante explorar las acciones de mediación del aprendizaje, en el proceso de entrenamiento de este alumnado, para representar al país en las diversas justas, sean la centroamericana, iberoamericana o mundial, considerando que se deben promover individuos integralmente formados, donde se potencian sujetos científicamente competentes, con el fin de que sean agentes transformadores, capaces de dar respuestas a diversas situaciones de un entorno que desconocen. La indagación se llevó a cabo de mayo a noviembre, 2018, y se trabajó con 16 estudiantes, al menos 1 de cada edición y 8 individuos del personal de tutoría o docente en alguna especialidad de biología. Entre las técnicas de recolección de datos se aplicaron entrevistas, estudios de caso y observación en el ambiente educativo. Los principales resultados indicaron el proceso de preparación y competencia en dichas olimpiadas, en las cuales se identifica la promoción de las competencias de pensamiento científico, el uso de la argumentación en las variadas interacciones de estudiantes y personal tutor, así como el empleo de analogías, principalmente por parte del estudiantado, como una manera de ir comprendiendo e interiorizando el contenido. Se concluye que la argumentación es promovida en la preparación estudiantil, como una de las formas de dar respuestas a lo que están aprendiendo; siempre se cuestionan la funcionalidad de lo que los grupos estudiantiles adquieren tanto en el ámbito personal como en el social. Por otra parte, las

analogías son figuras literarias que les facilitan poder comprender mejor el contenido, puesto que lo relacionan con lo que conocen.

**Palabras clave:** Competencia, pensamiento científico, argumentación, analogías, olimpiada, biología.

**Abstract:** This research was intended to identify scientific thinking skills such as argumentation and use of analogies that are emphasized in preparing Costa Rican students to participate in the International Biology Olympics. It is important to explore the types of instruction provided in the training process of students that represent the country in Central American, Ibero-American and World Olympics, since the creation of comprehensively trained individuals should be promoted to provide scientifically competent people who can become agents of transformation in diverse environments. The investigation was carried out between May and November of 2018, working with 16 students, at least 1 student of each edition, and 8 tutors or professors specialized in various areas of biology. Interviews, case studies and observation were used to collect data. The main results indicated that the preparation processes for competing in the International Biology Olympics promoted scientific thinking skills, and that the use of arguments in a variety of student-tutor interactions, as well as the use of analogies, mainly by the students, served as a way for students to better understand and internalize content. It is concluded that argumentation should be emphasized in the preparation of students as a way to better explain what they are learning; they always question the usefulness of what they learn in both personal and social terms. On the other hand, analogies are literary devices that enable better understanding of content by allowing students to relate what they are learning to what they already know.

**Keywords:** skill, scientific thinking, argumentation, analogies, Olympics, biology.

**Resumo:** O propósito desta pesquisa é identificar as competências do pensamento científico, como a argumentação e o uso de analogias, fomentadas nos estudantes costarriquenhos que participam da Olimpíada Internacional de Biologia. É importante explorar as ações de mediação da aprendizagem, no processo de formação desses alunos, para representar o país nas diversas feiras, sejam centro-americanas, latino-americanas ou mundiais, considerando que indivíduos integralmente treinados devem ser promovidos, em que sujeitos cientificamente competentes sejam potencializados com o objetivo de serem agentes transformadores, capazes de responder a várias situações em um ambiente que lhes é desconhecido. A investigação foi realizada no período de maio a novembro de 2018 com 16 alunos, sendo no mínimo 1 de cada edição e 8 tutores ou docentes em alguma especialidade em biologia. Dentre as técnicas de coleta de dados foram aplicadas entrevistas, estudos de caso e observação no ambiente educativo. Os principais resultados indicaram o processo de preparação e competência nestas Olimpíadas, nas quais se identificam a promoção das competências do pensamento científico, o uso da argumentação nas variadas interações de estudantes e tutores, bem como o uso de analogias, principalmente pelos alunos, como forma de compreender e internalizar o conteúdo. Conclui-se que a argumentação é promovida na preparação dos alunos, como uma das formas de dar respostas ao que eles estão aprendendo; sempre se questionando sobre a funcionalidade do que adquirem nas esferas pessoal e social. Por outro lado, as analogias são figuras literárias que lhes torna fácil a compreensão do conteúdo, já que o relacionam com o que conhecem.

**Palavras-chaves:** competência, pensamento científico, argumentação, analogias, olimpiada, biología.

## Introducción

Es necesario que existan espacios en los cuales se generen aprendizajes significativos sobre la ciencia, donde se promuevan actividades que le permitan al estudiantado, paulatinamente, establecer conexiones entre los conocimientos y experiencias previas, con nueva información (Acosta y Boscán, 2012). Además, que sean actividades que permitan potenciar las

competencias de pensamiento científico (CPC) en donde el alumnado sea formado integralmente, de acuerdo con las exigencias que demanda la sociedad en la que se desarrolla.

Existen diversas actividades que logran potenciar un aprendizaje significativo, una de ellas es la competencia cognitiva, donde se hace énfasis en actividades educativas como lo son las olimpiadas académicas. Este es el caso de La Olimpiada Costarricense de Ciencias Biológicas (OLICOCIBI).

Esta olimpiada es un proyecto que inició en el año 2007, con el esfuerzo de estudiantes de Enseñanza de las Ciencias en conjunto con la Escuela de Ciencias Biológicas (ECB) y otras instancias de la UNA (Pereira, Camacho y Muñoz, 2013). La olimpiada tiene por objetivo promover actitudes científicas y tecnológicas en estudiantes del III y IV ciclo de educación secundaria con interés y afinidad hacia las ciencias biológicas. La OLICOCIBI tiene gran significado y llega a todo el país mediante diversas acciones de las instancias organizadoras, tales como la visita a los centros educativos, actividades de capacitación o encuentros científicos educativos que organizan en coordinación con distintas instituciones para fomentar vocaciones científicas y afinidad hacia las ciencias biológicas en la educación secundaria y en la promoción de habilidades en la sociedad costarricense (Pereira-Chaves, Ulate y Arroyo, 2015).

Por petición de la UNESCO, en 1985, inicia la Olimpiada Internacional de Biología (IBO), cuyo objetivo fue incentivar el interés hacia las ciencias biológicas a nivel mundial y, por otro lado, que se generaran intercambios y experiencias didácticas pedagógicas en el saber disciplinar como lo es la biología y su aprendizaje. Desde su inicio se concibió como actividades cognitivas que favorecen en estudiantes la potenciación de habilidades y competencias en el estudio de dicha ciencia (Castro et al., 2015).

Costa Rica inició su participación en una olimpiada internacional de biología en el 2008, con la participación en la Iberoamericana de Biología en Río de Janeiro, Brasil; en el 2013 debutó en la Internacional de Biología en Bern, Suiza y en el 2018 participó en la I Olimpiada Centroamericana de Biología. Para este trabajo, el estudiantado participante en olimpiadas internacionales de biología participó en la Olimpiada Centroamericana de Biología (OLCECAB), Olimpiada Iberoamericana de Biología (OIAB) y la Olimpiada Internacional de Biología (IBO), las cuales se destacan por su demanda de gran conocimiento y desempeño y porque durante el proceso de preparación se adquieren nuevas destrezas y habilidades.

Sellés-Martínez (2014) señala que estudiantes y la sociedad en general deben conocer las áreas de la ciencia no solo por su interés académico, sino porque su vida cotidiana está estrechamente ligada a ellas; por consiguiente, el desarrollo de competencias cognitivas de biología a nivel internacional, no solo incentiva a aprender sobre la disciplina, sino que contribuye a desarrollar nuevas habilidades y, sobre todo, nuevas actitudes en temas críticos como el cuidado del medio ambiente, el uso de los recursos no renovables, la fisiología de los seres vivos, entre otros.

Ulate y Arroyo (2013) identificaron que hay factores motivacionales, socioeconómicos y académicos que enmarcan la participación y el proceso de aprendizaje del estudiantado que compite en OLICOCIBI; por otra parte, Campos y Bent (2016) determinaron que el trabajo en equipo es fundamental para el proceso de preparación en OLICOCIBI, lo que favorece el proceso de construcción y comprensión del conocimiento y potencialización de habilidades de los grupos de estudiantes que participan en las diferentes actividades de preparación.

Es importante señalar que una adecuada mediación pedagógica en todo proceso de formación y potencialización de habilidades debe tener la intencionalidad de buscar la construcción de mejores y nuevos conocimientos, para ello el personal docente debe ser guía que proponga actividades que generen conflictos cognitivos en sus estudiantes; y el estudiantado será el protagonista de su proceso, en el cual buscará soluciones a los conflictos, pensará, reflexionará y se formará un criterio propio, lo que le permitirá poder adquirir CPC (León, 2014).

Los métodos, formas y recursos para enseñar ciencias han evolucionado producto de una creciente necesidad de poder mediar conocimientos científicos cada vez más significativos, por lo tanto, la manera de concebir la educación científica ha cambiado de la mano con la forma en que esta se evalúa. Una de las nociones actuales que enmarcan la calidad de la educación científica son las CPC. Un sujeto competente presenta una serie de cualidades integradas que responden a las exigencias personales, culturales y sociales que se puedan presentar; entre ellas, el poder pensar, explorar, atender, manipular, tomar decisiones fundamentadas y establecer juicios de valor (Quintanilla, Izquierdo et al., 2014).

## Marco teórico

Las CPC son entendidas como la capacidad que tienen los individuos de poder adaptarse a diversos contextos, pero estos deben de ser interpretados mediante conocimientos, actitudes, valores desde una visión integral, donde la ciencia, tecnología y cotidianidad juegan un papel primordial; los espacios de mediación deben ser aprovechados de manera que se articule el nivel cognitivo con las prácticas y competencias sociales como discurso, comunicación, socialización, toma de decisiones, etc., de tal manera que se desarrolle habilidades para la vida.

Así, una competencia podría ser valorada como un conocimiento complejo que promueve, en los individuos, la integración de aspectos disciplinares, éticos y estéticos que, inmersos en una sociedad, deben interpretarse en el mismo contexto, de tal manera que se le dé sentido a los fenómenos o elementos simples que los rodean o, en su efecto, poder interpretarlos para darles solución a problemas cotidianos (Adúriz-Bravo, 2012; Quintanilla, 2006).

Coll (2007) menciona el hecho de que a una persona competente no le es suficiente adquirir una serie de conocimientos, retenerlos e incluso memorizarlos, ya que es necesario poder integrarlos y utilizarlos sabiamente cuando las condiciones lo ameritan. Para el autor, es así

como se van adquiriendo las competencias, poniendo a prueba los conocimientos en la tarea de afrontar los problemas que la realidad propone. En el caso de las ciencias, las competencias constituyen culturas en permanente transformación (Henao y Stipicich, 2008).

De igual forma Chamizo e Izquierdo (2007) indican que, si la competencia tiene que ver con la ciencia, la situación es tal que moviliza conocimientos que no pueden ser de libro, sino que corresponden a una actividad científica. Así, no se puede aislar el saber científico de la vida, de sus aplicaciones, de sus implicaciones, de su significado en relación con otras materias. Llegan, así, a un punto crucial: “la ciencia no empieza en los hechos, sino en las preguntas; y las preguntas dependen del marco teórico desde el cual se formulan” (Chamizo e Izquierdo, 2007, p. 13).

La educación de la ciencia, desde el abordaje de CPC, busca que los actores principales de la educación (estudiantes) puedan, de forma autónoma, criticar los fenómenos del mundo natural en el que habitan. Esto se logrará solo si el conocimiento científico se ha adquirido de forma significativa, ya que es un proceso de formación y de construcción activo y protagónico de cada persona en relación con el contexto social y cultural en que se desenvuelve y ahí es donde sus competencias adquieren importancia. Resultan de gran relevancia, como punto de partida, las concepciones previas o preexistentes en sus estructuras cognoscitivas, para poder integrarlas con los conocimientos nuevos y, de esa forma, ir adquiriendo las competencias (Camacho y Pereira, 2012; Daza et al., 2011).

Para Quintanilla, Solsona, García y Alvarez (2014), las CPC deben involucrar correctamente los tres tipos de saberes: el saber hacer, el saber estar y el saber ser. Todos estos saberes se deben relacionar y potenciar de manera integrada, para permitir generar experiencias valiosas, ya que el saber por sí solo y sin contexto no es de gran importancia para enfrentar las situaciones cotidianas. En el campo educativo, el saber se relaciona con el saber hacer, lo cual es relevante, puesto que el hacer, en el campo educativo, se visualiza como la base para adquirir conocimientos. De acuerdo con estos autores, existen diversas actividades que se relacionan con el saber hacer, como “... la confección de gráficos, resolución de problemas, realización de experimentos, elaboración de informes científicos, utilización del microscopio o instrumentos de laboratorio escolar, la observación de las normas de seguridad, la confección de mapas conceptuales ...” (p. 61).

El saber ser se relaciona con una serie de necesidades individuales y colectivas, también se refiere al desarrollo de la responsabilidad y del afecto, a la actitud positiva y participativa, comprensión hacia las experiencias, vivencias y opiniones de los semejantes. (Quintanilla, Solsona et al., 2014). Por su parte, Bustos y Richmond (2007) visualizan el saber ser como una integración de todos los elementos de la competencia, el cual ayuda a que la persona en proceso de aprendizaje pueda tener un desarrollo global en cuanto a su inteligencia, sensibilidad, espiritualidad, entre otras.

La argumentación como proceso de secuencias que busca explicar y dar buenas razones para aceptar y entender lo que se aborda y aprende en el aula favorece el desarrollo de habilidades para la vida. Santibáñez (2012) señala que es importante comprender que la práctica argumentativa misma está epistemológicamente orientada cuando se relaciona lo que se busca conocer, tanto con la creencia justificada como con las condiciones de verdad.

En el aprendizaje de las ciencias, la investigación en didáctica hace importantes reflexiones en relación con algunas inquietudes sobre la labor docente. Entre ellas, la revisión de las competencias científicas que poseen, como la argumentativa, y que esta sea promovida en sus estudiantes para un aprendizaje científico de calidad, pues el dominio de dicha competencia favorece el aprendizaje de los contenidos escolares. Esto es, la competencia argumentativa es fundamental en la enseñanza y el aprendizaje, para ello se debe tener experiencias de aprendizaje diseñadas, reflexionadas con tiempos propios (Revel y Adúriz, 2014).

Raviolo (2009) visualiza una analogía como una comparación de estructuras o funciones entre dominios, uno conocido y un dominio nuevo de conocimiento. Las analogías comprenden: una determinada situación no familiar, una cuestión conocida para la persona que tiene la intención de adquirir los conocimientos, y no menos importante, la interconexión entre lo desconocido y lo conocido que es el fin de toda analogía.

Las analogías actúan como un puente que acorta la distancia entre aquello que el personal docente quiere que el estudiantado aprenda y lo que el estudiantado realmente comprende; su utilización requiere de la exploración adecuada de su valor cognitivo, alcances y limitaciones; es decir, el empleo extensivo de esta actividad que genera competencias de pensamiento científico conduce al estudiantado a la percepción de las analogías como el centro de lo que debe aprender y no como una herramienta para la comprensión. En este aspecto, los cuerpos docentes deben prever las posibles dificultades de sus estudiantes y diseñar estrategias para contribuir en su resolución (Felipe, Gallarreta y Merino, 2006).

## Metodología

Esta investigación se enmarcó en el paradigma naturalista y al enfoque cualitativo, debido a que se trabajó con las experiencias y vivencias de estudiantes costarricenses que participaron en las olimpiadas internacionales de biología y cómo estas actividades lograron ser un espacio para la potenciación de CPC mediante la argumentación y las analogías.

Este trabajo se llevó a cabo de mayo a noviembre del 2018, la muestra estuvo conformada por dieciséis estudiantes que participaron en las olimpiadas internacionales, para ello se consideró, al menos, una persona participante por año. En el caso del personal mediador del proceso, se contó con la colaboración de ocho especialistas en ciencias biológicas,

quienes se eligieron intencionalmente por su experiencia y colaboración durante el proceso.

Se aplicaron cuatro estudios de casos a 16 estudiantes que han participado en olimpiadas internacionales de biología, con el propósito de identificar las actividades que generan CPC. Cada estudiante respondió dos casos; uno de ellos sobre el cáncer y el otro relacionado con el uso de primates en investigaciones científicas. Cada caso contenía cuatro preguntas y una tabla de cotejo con la que se evaluaron las respuestas del estudiantado, para identificar cada actividad generadora de CPC, como la argumentación y las analogías.

Se realizaron ocho observaciones para describir la realidad de aula o de espacios de mediación e interacción entre estudiantes y personal tutor durante las capacitaciones, se hizo el registro de los procesos de entrenamiento y de actividades que generan CPC, además durante 5 días se registraron, mediante la observación participante en la Olimpiada Centroamericana de Biología, las acciones que promovían la argumentación y el uso de metáforas; por último se hizo una entrevista semiestructurada a 10 estudiantes y a 8 personas tutoras para determinar los aportes a las CPC que los procesos de entrenamiento promueve en sus participantes.

Los datos se sistematizaron mediante reducción y se fueron agrupando según categorías de análisis para determinar los principales hallazgos y, con base en ello, proceder a describir y teorizar según lo encontrado y desarrollado en estudios similares; para tal fin, después de ello se elaboraron tablas y descripciones en prosa.

## Resultados y análisis

A continuación, se presentan los resultados obtenidos y su análisis, con respecto a las actividades que generan CPC. Primeramente, se presentan los que tienen relación con la argumentación y luego las referidas al uso de analogías.

En la Tabla 1 se describen los resultados obtenidos por medio de las entrevistas a estudiantes, respecto al desarrollo de la argumentación en el proceso de preparación. Los sujetos participantes de las olimpiadas internacionales de biología señalan que la argumentación es una actividad que sí se realiza con frecuencia en los procesos de entrenamiento, destacaron que debían fundamentar muy bien las ideas que expresaban en los espacios de preparación para la olimpiada, así como en el momento de responder las preguntas realizadas por el equipo tutor. La argumentación hace que el estudiantado tenga una formación significativa, en donde pueda criticar, con seguridad, los fenómenos de la ciencia y también aquellos de la vida cotidiana. En esta línea, Sardá y Sanmartí (como se citó en Ruiz, Tamayo y Márquez, 2015) indicaron que argumentar es un proceso social que se da en cualquier campo o escenario de la vida. Para estos autores, la actividad argumentativa también es sinónimo de cualificación en el uso de los lenguajes, donde al practicarla genera en el individuo habilidades muy valoradas como las cognitivas, sociales

y emocionales y hacen un ser humano crítico, capacitado para tomar decisiones como ciudadano.

**Tabla 1**  
*Uso de la argumentación por parte de estudiantes participantes de Olimpiadas Internacionales de Biología del 2008 al 2017*

Elementos de la argumentación	Respuestas
Fundamentación de ideas	El personal docente nos ponía a pensar y siempre debíamos argumentar lo que dijéramos o las ideas que teníamos. La fundamentación teórica era muy frecuente. Se realizaba constantemente la fundamentación teórica, ya que, al equipo tutor le gustaba que todo lo que se dijera fuera bastante argumentado, explicado y relacionado por nuestra parte.
Respuesta a preguntas	Por lo general el equipo tutor siempre lo cuestionaba todo, no era solo de dar simples respuestas. Sino que debíamos justificar nuestras respuestas. Investigar las respuestas a tantas preguntas nos dejó con la costumbre de analizar las cosas e intentar actuar de la manera más lógica posible.
Uso de la teoría y la práctica	Había docentes que dejaban leer los capítulos y luego se sentaban a explicar, pero permitían que sus estudiantes participaran aportando ideas al respecto; y estas debían ser fundamentadas con la teoría. En fisiología animal era muy común que nos dieran casos y entre todos debíamos resolverlos, posterior a eso se tenían que fundamentar muy bien nuestras respuestas al caso y siempre la profesora nos hacia otras preguntas para que realizáramos aún más.
Criticidad en los fenómenos biológicos	Argumentábamos por medio de discusiones. Por ejemplo, discutir los diferentes mecanismos evolutivos que pudieron dar origen a la esencialidad en hormigas. Uno desarrolla habilidades para criticar las cosas y los fenómenos biológicos e incluso de la vida cotidiana.

Nota: Fuente propia de la investigación.

La Tabla 1 muestra que, de acuerdo con la opinión de estudiantes, la argumentación es una actividad que se promueve durante el proceso de preparación, pues esta es de utilidad en el momento de la competencia. Este elemento se evidencia también en las opiniones brindadas por el grupo tutor, quienes concuerdan con los datos obtenidos del estudiantado, tal como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2**  
*Uso de la argumentación por parte de estudiantes participantes de Olimpiadas Internacionales de Biología del 2008 al 2017*

Caracterización de la argumentación	Respuestas
Fundamentación de ideas	El estudiantado fundamenta bastante, incluso hay estudiantes con conocimientos más avanzados que sus docentes. La mayoría de estudiantes fundamenta y se ve que indaga mayores cosas de las que se les da en la clase.
Capacidad de análisis crítico	Se dan un poco de tiempo a la hora de responder las preguntas o expresar las ideas, se ve que sí analizan lo que van a decir. Tienen bastante análisis crítico y además entre todo el grupo se ayuda para ver qué texto científico es bueno y qué artículo no sirve para nada; aparte de proponer ideas para mejorarlo.
Uso de la teoría para argumentar fenómenos biológicos	El estudiantado es muy crítico, en biología tiene que haber un fundamento teórico fuerte para poder emitir criterio de cualquier fenómeno biológico. El comentario crítico de textos es valioso para la formación de estudiantes.

Nota: Fuente propia de la investigación.

La mayoría del personal tutor mencionó que el estudiantado era muy crítico y que un grupo, por el nivel de conocimiento que tenían,

fundamentaban las ideas incluso mejor que el mismo cuerpo tutor. Como bien lo menciona un tutor, estudiantes que participan en estos eventos tienen un especial interés por las ciencias biológicas; por lo tanto, tienen iniciativa para buscar conceptos y explicaciones de los fenómenos biológicos en diversas fuentes de información, lo cual les provee de un amplio vocabulario para sostener y argumentar sus explicaciones.

Según lo señalado por el personal tutor, el estudiantado se encuentra en una constante búsqueda de nueva información necesaria para los procesos de apropiación y aprendizaje, lo que les facilita razonar y criticar los fenómenos biológicos, ya que, al tener una participación activa en la construcción del conocimiento y una actitud indagatoria, genera un proceso significativo en el desarrollo de competencias para la vida y la comprensión de los contenidos biológicos (Hernández, 2012).

Por otra parte, el estudiantado realizó constantes argumentaciones durante los momentos de preparación, tal y como se documentó en esta investigación en las observaciones de las clases teóricas y prácticas que reciben, con el propósito de prepararse hacia las Olimpiadas Internacionales de Biología. En estas observaciones fue posible identificar que siempre buscan argumentar científicamente cada una de las interrogantes que el personal tutor o estudiantes pares plantean.

Asimismo, los grupos de estudiantes utilizaron los conocimientos adquiridos previamente para fundamentar sus ideas o para abordar una temática, de ser necesario. A manera de ejemplo: el tutor cuestionó en un momento determinado la relación entre el consumo de agua y el color de la orina, en respuesta un estudiante opina que en una ocasión tuvo que realizar una caminata larga y no tenía suficiente agua para ingerir y como estaba caminando rápido sudaba frecuentemente, menciona que cuando llegó a orinar, notó que la orina era muy amarilla. Como se ve, argumenta según su experiencia y conocimientos previos, que lo más probable es que al perder agua por la sudoración y no ingerir más líquido, los componentes de desecho en los riñones, como la urea, no pudieron disolverse, por tanto, la coloración se debe a la concentración de estas sustancias de desecho en la orina.

Lo señalado anteriormente concuerda con lo descrito por Ardac, Erduran y Yakmacı-Guzel (2006), quienes establecen que cuando se está inmerso en procesos de argumentación se facilita en mayor medida la explicación de las representaciones internas que presenta el estudiantado sobre los fenómenos que se estudian o investigan, así como el aprendizaje de los principios científicos y biológicos, como en este caso.

También en los estudios de caso aplicados a estudiantes, se encontraron respuestas donde se evidenció la presencia de la argumentación, las cuales se incluyen en la Tabla 3. Dichas respuestas reflejan la destreza que tienen para identificar situaciones correspondientes a la rama de la biología y, además, la habilidad para dar las explicaciones a dichos casos respaldando con la teoría y argumentando cada una de sus ideas.

**Tabla 3**  
*Uso de la argumentación por parte de los estudiantes participantes  
de olimpiadas internacionales de Biología del 2008 al 2017.*

Estudiantes	Respuestas
1	El uso de modelos de primates presenta problemas éticos, no por el hecho de ser la especie más próxima al ser humano, sino por el hecho de ser animales. Como humanos, seres con inteligencia superior y razón, no tenemos el derecho de violar la vida de otros animales, sea un roedor o un primate. Los animales tienen que tener sus derechos de bienestar animal.
2	Estos son vertebrados superiores y de características más evolucionadas que otros vertebrados, incluyendo su ciclo vital el cual es mucho más complejo y difícil de llevar a cabo, por lo que constituyen sujetos de prueba que pudieron vivir muchísimo más de no haber sido por estas investigaciones, a diferencia del corto ciclo de vida de una mosca. Ya que una enfermedad genética inicia siempre a escala celular, se podría llevar a cabo la investigación de estas enfermedades a escala microscópica, con tal de observar cómo se comporta una célula afectada genéticamente por la enfermedad.
3	Me imagino que recurren a utilizar primates para el estudio debido a su alta correlación genética con los seres humanos, pero se olvidan que esto implica además una alta capacidad cognitiva por parte de estos animales en relación con otras especies, por tanto, aunque se dice que los animales no sienten, ni piensan, ni sufren, más que por instinto, considero que el verse sometidos a una situación de tanto estrés a la fuerza, como lo es ir perdiendo poco a poco sus capacidades cognitivas, no es justo para ningún especímen.
4	Si bien hay una necesidad de estudiar las causas y consecuencias de las enfermedades que afectan al ser humano para poder desarrollar una medicina que las contrarresten, es sabido que usualmente las medicinas experimentales tienen efectos secundarios nocivos para el organismo y, si bien podrían curar los síntomas iniciales, pueden conllevar a una reacción indeseada. Por esto, las pruebas clínicas realizadas en animales son consideradas crueles por los grupos de defensa animal como PETA, ya que generalmente reducen sus expectativas y calidad de vida de manera muy considerable. Por ende, no pueden ser considerados éticos en un entorno pro-vida.
5	Un cáncer como tal implica la proliferación exacerbada de células, estas han dejado de pasar por ciertos procesos de regulación de división celular con los que cuenta la célula. Así, entran en mitosis constantemente y como consecuencia se dividen muy rápido. Muchos de los tratamientos de la quimioterapia apuntan a inducir mutaciones en las células cancerosas para que las funciones de las células se vean alteradas hasta un punto tal que mueran o dejen de reproducirse. El problema es que al dividirse tan rápido, tienen una alta tasa de mutación, esto aumenta la probabilidad de que surja alguna célula en la cual el efecto del fármaco sea nulo. Así, el mismo tratamiento terminaría funcionando como factor de selección para una cepa de células resistentes a este mismo.
6	No todos responden de igual manera al tratamiento con tumoxifeno porque no todos los tumores son iguales, algunos son más dependientes de las hormonas y en esos casos el fármaco surte su efecto de manera óptima, sin embargo, si el cáncer no es tan dependiente de estas puede no ser igual de efectivo. Además, cada persona tiene características propias que hacen que el fármaco se elimine más rápido, que permanezca más tiempo dentro del cuerpo o que se transforme en otra sustancia, por lo cual la terapia debe ser ajustada al caso de cada paciente y no se puede generalizar.

Nota: Fuente propia de la investigación.

Los grupos participantes de las Olimpiadas Internacionales de Biología requieren saber argumentar, debido al alto grado de especificidad de las pruebas a las que se someten durante el proceso de preparación. Como lo indica Leitão (2007), la argumentación es un mediador de los procesos de construcción de significados, es decir, gracias a este se pueden tener las bases para comprender situaciones biológicas; por lo tanto, es necesario que estos jóvenes aprendan revisando teorías para que puedan fundamentar sus respuestas durante las pruebas.

Este mismo autor establece que el argumentador desenvuelve dos procesos: por un lado, el de revisión de la teoría y, por otro, el de reflexión de esta. El primero será el que facilitará una posible transformación en los conocimientos, que ya el estudiantado ha construido. Por su parte, el segundo complementa al anterior, en tanto colabora en el reconocimiento de los alcances de las propias concepciones de los nuevos conocimientos que se adquirieron. Así mismo, se observa en la Tabla 3 que el estudiantado argumenta con términos teóricos de biología (mitosis, mutación, vertebrados, cepa de células, entre otros) y hacen una reflexión del porqué no es ético experimentar con animales o también por qué un medicamento destinado a curar un tipo de cáncer funciona en una persona y en otra no lo hace.

Con la información presentada en las Tablas 1, 2 y 3, y las observaciones realizadas, se deja en evidencia que la argumentación es una de las actividades que más se desarrolla y promueve en el proceso de preparación para las olimpiadas. Tal como se refleja en las respuestas, el estudiantado tiene la destreza para explicar, de manera sencilla y entendible, sus ideas contrastándolas con la teoría, es decir, argumentando. Los contextos de alta demanda cognitiva como lo son las pruebas de las Olimpiadas Internacionales de Biología, habitualmente ofrecen la posibilidad de imaginar, de elaborar explicaciones posibles con base en las propias ideas y validan el proceso de razonar y de argumentar (Quintanilla, 2014).

Con respecto al uso de una figura literaria como la analogía, descrita como una acción que promueve individuos competentes por el nivel de complejidad de interacción y relación para interiorizar conceptos, se obtuvo en las entrevistas realizadas, donde la mayoría de estudiantes concuerda en que el uso de esta figura literaria es frecuente durante el proceso de preparación en olimpiadas de biología; la mayoría entiende de una mejor manera y es importante señalar que, si se utilizan correctamente este tipo de actividades, se genera la competencia del pensamiento científico, porque incentiva, en el estudiantado, reflexionar, analizar, relacionar y hasta aplicar lo que está aprendiendo tal cual se cita en el siguiente hallazgo: “Nosotros sí utilizamos relaciones de los conceptos biológicos con cosas de la vida cotidiana; esto en ciencias biológicas ayuda mucho por la naturaleza teórica de la disciplina” (Estudiante 3); “Cuando estudiábamos en grupo utilizamos frecuentemente analogías. Por ejemplo, relacionamos procedimientos complejos de laboratorio o términos muy técnicos con nombres de personas, de plantas comunes” (Estudiante 1). Según lo menciona Lawson (citado por Felipe, Gallarreta y Merino, 2006), las analogías son asociaciones que emplean las personas para hacer algo que conocen se relacione con aquello que desconocen y así darle significado a ese algo nuevo. Facilitan, así, la comprensión de aquellos elementos de una nueva conceptualización para incorporarlos a su estructura mental, esto es, relacionarlos con los que tienen registrados en su memoria.

Hay que resaltar que no en todas las áreas de la biología se utilizan analogías como forma de comprensión de los conceptos biológicos. Las que se mencionaron mayoritariamente son botánica, zoología y fisiología, pues, según los sujetos participantes, son las disciplinas en donde hay conceptos más complejos de aprender, por lo que se requieren de analogías para facilitar el conocimiento. Así lo mencionó el Estudiante 3, quien dice “En clases de botánica y zoología se hacían comparaciones con cosas de la vida cotidiana. A nosotros se nos facilitaba hacer esto porque cuando se debe aprender algo con un alto vocabulario científico la mejor forma de hacerlo es relacionarlo con cosas más simples”, también el Estudiante 4 opinó de manera similar mencionando que “Utilizamos un montón de analogías, por ejemplo, en fisiología era muy útil para las partes del cerebro y también en botánica por el tipo de vocabulario”.

Las ciencias biológicas, por su naturaleza propia, requieren de una alta capacidad cognitiva para analizar los fenómenos naturales, porque

son muy abstractos. Justamente, en este sentido, Unas (2012) señala que los modelos analógicos se implementan mayoritariamente cuando ayudan a explicar un fenómeno poco o nada observable. El estudiantado participante de olimpiadas internacionales recurre a las analogías para simplificar el alto vocabulario científico-técnico con el que debe trabajar.

El uso de analogías se presentó con más frecuencia durante la etapa de preparación, debido a que es muy utilizada para que el estudiantado comprenda las situaciones biológicas que el personal tutor propone en las clases. Las analogías actúan como un puente entre todo el aprendizaje que cada docente promueve en sus estudiantes, el cual debe aprender, y comprender (Felipe, Gallarreta y Merino, 2006). Al respecto el Estudiante 5 señaló: “Sí recuerdo que se utilizan analogías, principalmente en el proceso de preparación. Con eso uno se ayudaba a hacer relaciones porque muchas cosas eran de pura memoria”.

En el estudio de casos realizado también fue evidente cómo el estudiantado explicaba algunas preguntas haciendo uso de analogías con la finalidad de que cualquier otra persona de su entorno inmediato pudiera comprender. Por ejemplo, se les cuestionó sobre cómo explicarían el proceso del cáncer y algunas cuestiones relacionadas con este, a lo que un estudiante respondió:

El cáncer ocurre cuando las células de su cuerpo se vuelven locas. No tienen control sobre lo que hacen y terminan haciéndose “rebeldes”. Por esto, empiezan a hacer un alboroto y terminan dividiéndose como locas. Esto hace que su tumor crezca rápido y le haga daño a su cuerpo. Como tal, los puede ver como criminales dentro de su cuerpo. Para poder controlarlos ocupamos usar varias medicinas, ya que estos criminales son inteligentes y se pueden adaptar a un solo tipo de estrategia. Sin embargo, la “policía” o medicina puede pasarse de mano y hacerle daño a usted también, por lo que es necesario tener paciencia para ver cómo se desarrolla la enfermedad y cómo responde su cuerpo a la medicina. (Estudiante 1)

En el ejemplo anterior, fue evidente el uso de analogías en la explicación sobre el cáncer. Inicialmente el estudiante hace una relación entre las células cancerígenas con los criminales, las cuales hacen daño al cuerpo humano. Posteriormente realiza una analogía entre los medicamentos para tratar dicha enfermedad y la policía que, evidentemente, atacan a los criminales o células cancerígenas. De esta forma, el estudiante logra relacionar un proceso biológico, con palabras o representaciones menos complejas para su correcto entendimiento.

Con base en los datos obtenidos de las observaciones en las clases teóricas y prácticas, se logró identificar que muy pocas personas docentes utilizan analogías; más bien, de acuerdo con lo que el tutor explica, es el estudiantado quien tiene la iniciativa de proponer este tipo de actividad para facilitar sus propios procesos de aprendizaje. Estos hallazgos difieren con lo descrito por Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001), quienes afirman que docentes son las personas que generan las analogías debido a que son los especialistas en el tema y sabrán cómo transmitir el conocimiento, de acuerdo con el sentido común; a su vez mencionan que pocos son los casos de estudiantes que generan modelos analógicos a partir de haber estudiado un tópico científico. Los datos obtenidos en esta investigación

evidencian que estudiantes que participan en un proceso de olimpiadas internacionales son capaces de formular sus propias analogías como forma de relacionar el contenido que deben interiorizar con lo que conocen cotidianamente.

Como ejemplo de lo citado anterior, es claro que el estudiantado hacía analogías en conjunto sobre el sistema circulatorio, donde relacionaban las arterias y venas con los sistemas de tubería que hay en las casas; en otra ocasión relacionaron la capacidad de carga de una población con un vaso lleno de bolinchas (canicas) que hacía alusión a los individuos, en el cual, si se ponían más bolinchas y se presionaban iba a alterar al resto de bolinchas, semejando la competencia intraespecífica. Tanto estos dos ejemplos como otros fueron propuestos por el estudiantado participante, pero, en los procesos de observación de clases, no se evidenció que el personal tutor usara este tipo de actividad.

## Consideraciones finales

Los principales hallazgos de esta investigación evidencian que durante el proceso de estudio, entrenamiento e interacción de estudiantes que participan en un proceso de Olimpiadas Internacionales de Biología, al final del proceso adquieren habilidades, destrezas y competencias que les favorecen en su vida cotidiana, pues se potencian las competencias del pensamiento científico, lo cual serán herramientas para la vida, tal como se señala en los diversos estudios y que se describió y se señaló en esta investigación, donde las actividades de medicación generaron CPC en el estudiantado que participó en las Olimpiadas Internacionales de Biología del 2008 al 2017.

El uso de la argumentación en el proceso de entrenamiento fue evidenciado por estudiantes y personal tutor. Se resalta la importancia y el papel que cumple la articulación del razonamiento argumentativo para dar respuestas alternativas y explicaciones a diversas situaciones que enfrentan; por ello, la pertinencia, naturaleza y habilidad de hacer significativo el contenido para interiorizarlo y aplicarlo en diversos contextos de su accionar es fundamental.

Se evidenció el uso de la analogía en el proceso de entrenamiento y participación en la Olimpiada Internacional de Biología, dicha figura literaria promueve en el estudiantado habilidades que le permiten ejercitarse sus estructuras mentales y modelos preestablecidos de su vida cotidiana o del ámbito científico, mediante las diversas experiencias. Aquí señalaron lo importante que es el uso de las analogías, debido a que les facilita comprender el contenido que abordan al establecer las relaciones entre lo nuevo y lo conocido, así, dichas relaciones comunes, pero potentes para su proceso de formación, hacen que se interioricen, de una manera sencilla y práctica, los nuevos conceptos aprendidos. Es importante que los cuerpos docentes de biología promuevan las competencias del pensamiento científico en sus estudiantes, como una forma de potenciar individuos integralmente formados con una capacidad de

relación, análisis y reacción a las diversas acciones de su ámbito personal, estudiantil, social y laboral.

## Referencias

- Acosta, S. y Boscán, A. (2012). Estrategias cognoscitivas para la promoción del aprendizaje significativo de la biología, en la Escuela de Educación. *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 14(2), 175-193. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/993/99323311002.pdf>
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Competencias metacientíficas escolares dentro de la formación del profesorado de ciencias. En E. Badillo., L. García., y M. Briceño (Coords.), *El desarrollo de competencias en la clase de ciencias y matemáticas* (pp. 43-67). Recuperado de [http://www.academia.edu/27773973/El\\_Desarrollo\\_de\\_Competencias\\_en\\_la\\_Clase\\_de\\_Ciencias\\_y\\_Matem%C3%A1ticas](http://www.academia.edu/27773973/El_Desarrollo_de_Competencias_en_la_Clase_de_Ciencias_y_Matem%C3%A1ticas)
- Ardac, D., Erduran, S. y Yakmacı-Guzel, B. (2006). Learning to teach argumentation: Case studies of pre-service secondary science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), 1-14. doi: <https://doi.org/10.12973/ejmste/75442>
- Bustos, I. y Richmond, V. (2007). Fundamentos del enfoque de competencias para la vida y de la transversalidad en el Ministerio de Educación Pública. *Educare*, 11(2), 45-61. Recuperado de <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/1334>
- Camacho, S. y Pereira, J. (2012). Construcción de la dimensión cognitiva de alfabetización científica en el estudiantado, a través de las Olimpiadas Costarricenses de Ciencias Biológicas. *Educare*, 16(2), 217-236. Recuperado de <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/article/view/3943>
- Campos, L. y Bent, A. (2016). *Factores que influyen en la construcción de conocimiento en las ciencias biológicas de los estudiantes que participan en la IX Olimpiada Costarricense de Ciencias Biológicas (OLICOCIBI)* (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Castro, L., Iglesias, R., Benito, E., Míguez, J., Muñoz, C., Reboreda, J. y Tortosa, M. (2015). Olimpiadas de Biología. *Revista de la Facultad de Biología*, 7(5), 16-17. Recuperado de [http://revbigo.webs.uvigo.es/images/revbigo/2015/Revbigo\\_2015.pdf](http://revbigo.webs.uvigo.es/images/revbigo/2015/Revbigo_2015.pdf)
- Chamizo, J. y Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Educación Química*, 18(1), 6-11. doi: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2007.1.65971>
- Coll, C. (2007). Competencias clave, competencias básicas: Una encrucijada para la educación escolar. *Cuadernos de pedagogía*, 370, 19-23. Recuperado de [http://www.academia.edu/1137986/Competencias\\_clave\\_competencias\\_b%C3%A1sicas\\_una\\_encrucijada\\_para\\_la\\_educaci%C3%B3n\\_escolar](http://www.academia.edu/1137986/Competencias_clave_competencias_b%C3%A1sicas_una_encrucijada_para_la_educaci%C3%B3n_escolar)
- Daza, S., Quintanilla, M., Muñoz, E. y Arrieta, J. (2011). La ciencia como cultura y cultura de la ciencia: Su contribución en el desarrollo de pensamiento científico en los niños. En S. Daza y M. Quintanilla (Comp.), *La enseñanza de las ciencias naturales en las primeras edades: Su contribución a la promoción de competencias de pensamiento científico* (pp. 33-58). Santiago de Chile, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado

- de [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/LIBROMQSFIN.pdf](http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/LIBROMQSFIN.pdf)
- Felipe, A., Gallarreta, S. y Merino, G. (2006). Aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias: Ejemplos en biología del desarrollo. *Revista iberoamericana de educación*, 37(6), 2-4. Recuperada de <http://rieoei.org/deloslectores/1233Felipe.pdf>
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242. Recuperado de <https://www.rao.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21735/21569>
- Henao, B. y Stipcich, M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: La perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la *Enseñanza de las Ciencias* experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 47-62. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2581245>
- Hernández, C. (2012). *Utilización de la indagación para la Enseñanza de las Ciencias en la E.S.O.* (Tesis inédita de maestría). Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
- Leitão, S. (2007). Argumentación y el desarrollo del pensamiento reflexivo. *Psicología: la reflexión y la crítica*, 20(3), 454-462. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/prc/v20n3/a13v20n3.pdf>
- León, G. (2014). Aproximaciones a la mediación pedagógica. *Calidad en la Educación Superior*, 5(1), 136-155. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5580842>
- Pereira, J., Camacho, S. y Múñoz, N. (2013). La Olimpiada Costarricense de Ciencias Biológicas y su papel en la comunidad educativa nacional mediante la integración del competir, compartir, convivir y aprender. *Uniciencia*, 27(1), 245-265. Recuperado de <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/4953>
- Pereira-Chaves, J., Ulate, A. y Arroyo, S. (2015). Factores que influyen en la participación y el desempeño académico de los estudiantes que compiten en la VII Olimpiada Costarricense de Ciencias Biológicas (OLICOCIBI). *Revista Calidad en la Educación Superior*, 6(2), 1-22. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/287215466\\_FACTORES\\_QUÉ\\_INFLUYEN\\_EN\\_LA\\_PARTICIPACION\\_Y\\_EL\\_DESEMPEÑO\\_ACADEMICO\\_DE\\_LOS\\_ESTUDIANTES\\_QUÉ\\_COMPITE\\_N\\_EN\\_LA\\_VII\\_OLIMPIADA\\_COSTARRICENSE\\_DE\\_CIENCIAS\\_BIOLÓGICAS\\_OLICOCIBI](https://www.researchgate.net/publication/287215466_FACTORES_QUÉ_INFLUYEN_EN_LA_PARTICIPACION_Y_EL_DESEMPEÑO_ACADEMICO_DE_LOS_ESTUDIANTES_QUÉ_COMPITE_N_EN_LA_VII_OLIMPIADA_COSTARRICENSE_DE_CIENCIAS_BIOLÓGICAS_OLICOCIBI)
- Quintanilla, M. (2006). Identificación, caracterización y evaluación de competencias científicas desde una imagen naturalizada de la ciencia. En M. Quintanilla y A. Adúriz-Bravo (Coords.), *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas* (pp.17-42). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/285277474\\_Identificación\\_caracterización\\_y\\_evaluación\\_de\\_competencias\\_científicas\\_desde\\_una\\_imagen\\_naturalizada\\_de\\_la\\_ciencia](https://www.researchgate.net/publication/285277474_Identificación_caracterización_y_evaluación_de_competencias_científicas_desde_una_imagen_naturalizada_de_la_ciencia)
- Quintanilla, M., Izquierdo, M. y Adúriz, A. (2014). Directrices epistemológicas para promover competencias de pensamiento científico en las aulas de ciencias. En M. Quintanilla (Comp.), *Las competencias de pensamiento científico desde las 'emociones, sonidos y voces' del aula* (pp. 15-30). Santiago de Chile, Chile: Belleterra. Sociedad Chilena de Didáctica, Historia y

- Filosofía de la Ciencia. Recuperado de <http://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Libro-CPC-2-Volumen-8.pdf>
- Quintanilla, M., Solsona, N., García, Á. y Álvarez, M. (2014). Uso de la historia de la química como dispositivo teórico y praxiológico para promover competencias de pensamiento científico. En M. Quintanilla (Comp.), *Las competencias de pensamiento científico desde 'las emociones, sonidos y voces' del aula* (pp. 53-96). Santiago de Chile, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile Recuperado de <http://www.sociedadbellaterra.cl/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Libro-CPC-Vol.1.pdf>
- Raviolo, A. (2009). Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química. *Educación Química*, 20(1), 55-60. doi: [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30007-7](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30007-7)
- Revel, A. y Adúriz-Bravo, A. (2014). La argumentación científica escolar. Contribuciones a una alfabetización de calidad. *Pensamiento Americano*, 7(13), 113-122. Recuperado de <http://oaji.net/articles/2015/2339-1439503408.pdf>
- Ruiz, F., Tamayo, O. y Márquez, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educação e Pesquisa*, 41(3), 629-646. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-9702201507129480>
- Santibáñez, C. (2012). Teoría de la argumentación como epistemología aplicada. *Cinta moebio*, 43(1), 24-39. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-554X2012000100003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-554X2012000100003)
- Sellés-Martínez, J. (2014). La 6<sup>a</sup> Olimpiada Internacional de Ciencias de la Tierra en Argentina: Crónica de una experiencia compleja. *Terrae didatica*, 10(3), 260-273. doi: <https://doi.org/10.20396/td.v10i3.8637334>
- Ulate, A. y Arroyo, S. (2013). *Factores que influyen en la participación y el desempeño académico de los estudiantes que compiten en la IV Olimpiada Costarricense de Ciencias Biológicas (OLICOCIBI)* (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Unas, Y. (2012). *Uso de las analogías como una estrategia para la enseñanza-aprendizaje de reacción química* (Tesis inédita de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Menizales, Colombia.