



## CONSTRUCCIÓN DE ARGUMENTOS BASADOS EN PRUEBAS EMPÍRICAS: UNA EXPERIENCIA DE FORMACIÓN DOCENTE

**Autores.** 1.Luisa Fernanda Oviedo Vallejo 2.María Valentina Palacio Bedoya 3.Miyerdady Marín Quintero, 1.Universidad del Valle; luisa.oviedo@correounivalle.edu.co, 2.Universidad del Valle maria.palacio@correounivalle.edu.co, 3.Universidad del Valle. miyerdady.marin@correounivalle.edu.co

**Tema.** Eje temático 7.

**Modalidad.** 1. Nivel educativo universitario.

**Resumen.** El estudio analiza los argumentos escritos de cuatro futuros profesores de ciencias a partir de la implementación de un trabajo práctico de laboratorio (TPL) orientada al estudio de algunos contaminantes atmosféricos generados por hornos crematorios y sus efectos en seres vivos. Los fundamentos sobre la argumentación se apoyan en Erdurán et al., (2004) y Jiménez (2010). La metodología de corte cualitativa y cuyo enfoque basado en investigación-acción, se configura en un ciclo de planificación, acción, observación y reflexión. Los resultados muestran que la capacidad argumentativa en ciencias y la construcción de argumentos basados en pruebas empíricas en los participantes se fortalece con el TPL basado en resolución de problemas contextualizados (Marín, 2010), además del uso del prototipo experimental para el estudio del fenómeno como estrategia innovadora en la formación docente.

**Palabras claves.** Argumentos, Uso de pruebas, Trabajos prácticos de laboratorio, Formación docente.

### Introducción

En la educación científica se ha reconocido que el dominio de la habilidad argumentativa es base para un aprendizaje científico de calidad en todos los niveles de educación básica y universitaria. Sin embargo, diversas investigaciones (Aguerri, M., y Bravo, B., 2017; Faz et al, 2014; Puig y Jiménez, 2013) coinciden en afirmar que los estudiantes universitarios, entre ellos, los futuros profesores se enfrentan con serias dificultades, algunas son: a) dificultades para escribir textos argumentativos de manera efectiva y apropiada a las demandas de sus respectivas disciplinas; b) limitaciones en el uso de pruebas en la construcción de argumentos, puesto que no coordinan pruebas con conclusiones o no utilizan criterios apropiados para evaluar la validez de una conclusión; c) dificultades para diferenciar hechos observables, registrar datos o identificar pruebas; considerando como pruebas únicamente los datos coherentes con sus ideas; d) dificultad en respaldar sus conclusiones con el número adecuado de pruebas e integrarlas en sus justificaciones.

Como alternativas de solución a dichas problemáticas Galvão, M. y de Castro, M., (2015) proponen el uso de actividades experimentales como estrategia didáctica para contribuir al desarrollo de las habilidades argumentativas en los estudiantes. Teniendo en cuenta lo anterior, coincidimos con Archila (2014) en pensar que se hace necesario estudiar y comprender las formas de argumentación de los profesores pues son ellos quienes juegan un papel determinante en promover la argumentación en los estudiantes (p. 705). Por ello, nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Cómo promover la construcción de argumentos basados en pruebas empíricas a partir de la implementación de un trabajo práctico de laboratorio contextualizado? El objetivo es valorar la construcción de argumentos basados en el uso de pruebas empíricas a partir de la implementación de un trabajo práctico de laboratorio (TPL) sobre la problemática de contaminación atmosférica generada por los hornos crematorios y el efecto en seres vivos.

## Referente teórico

Los fundamentos teóricos que orientaron este estudio se enmarcan en perspectivas complementarias sobre la argumentación y el trabajo práctico de laboratorio (TPL) en la enseñanza de las ciencias naturales. Destacamos los siguientes aportes de diversos autores:

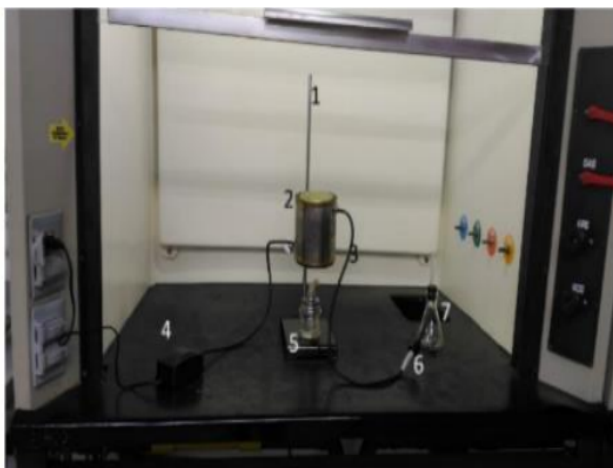
- La argumentación es entendida como la capacidad de evaluar enunciados con base a pruebas, siendo éstas, datos de naturaleza empírica o teórica que sirven para apoyar una conclusión, dichas pruebas se pueden obtener a través de la observación y experimentación. Por tanto, implica obtención de datos que se han transformado en pruebas con las que justificar los argumentos. Los argumentos son el contenido y el producto de la argumentación, y su estructura se compone de una afirmación, datos, pruebas y conclusión con su respectiva justificación (Jiménez, 2010).
- La argumentación como proceso social y dialógico de presentación de evidencias, está afectado por los modelos mentales de los sujetos que se implican en los debates, por el contexto en el cual ellos suceden y por la finalidad que se persigue con la presentación y justificación de las evidencias (Ruiz, Tamayo y Márquez, 2013).
- Debe ser enseñada de manera explícita, a través de una formación adecuada, de tareas estructuradas, de procesos de modelización (Erdurán et al., 2004), experimentación y asuntos socio-científicos (Ruiz et al., 2013).
- La importancia de acercar a los estudiantes a las prácticas científicas radica en que, por medio de los datos reportados de los experimentos, construyen argumentos. Por eso, existe una alta influencia de los datos empíricos en el aprendizaje de los estudiantes que trabajan en grupos en un laboratorio (Pereira y Trivelato, 2009).
- El trabajo práctico de laboratorio basado en la resolución de problemas (Marín, 2010) es un ambiente propicio en el que los estudiantes tienen la oportunidad de enfrentarse a tareas abiertas y ejercitarse como científicos que resuelven problemas y en cuyo proceso de resolución ponen en juego conocimientos y habilidades científicas.

Así, con base en estos supuestos, se investigó la construcción de argumentos basados en pruebas empíricas elaborados por futuros profesores de ciencias al realizar un trabajo práctico de laboratorio relacionado con la problemática de la contaminación atmosférica generada por la actividad crematoria y sus efectos en los seres vivos. La cremación es una actividad que consiste en la calcinación de restos humanos, bajo condiciones de alta temperatura, y de la cual se aportan diversos compuestos inorgánicos al aire entre ellos, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, orgánicos persistentes, específicamente dioxinas y furanos, como también partículas de distinto diámetro ( $PM > 10$  y  $PM < 10$ ). Los hornos crematorios generan impactos ambientales por los malos olores que emanan y por la emisión de gases y partículas al aire que suponen una afectación del ambiente y de la comunidad en general, especialmente por su ubicación urbana (Ortiz, 2019 p 4).

Dada las dificultades de diversa índole que involucran estudiar la actividad crematoria, y la necesidad de acercar la experimentación al contexto educativo se propone como estrategias la realización de experimentos y el diseño y construcción de un prototipo didáctico experimental (figura 1), el cual es pensado como un modelo físico analógico que permitirá aproximarnos al estudio del fenómeno de calcinación de muestras biológicas en el laboratorio como ocurre en los hornos crematorios. Para el reconocimiento de algunos de los productos de calcinación (gases y partículas) se utilizan métodos como la absorción en el que la emisión de los productos se hace pasar a través de un filtro, donde es retenido el material particulado (sólido) y luego se burbujea en un frasco que contiene  $H_2O_2$  que mediante una reacción química se

formaría  $H_2SO_4$  para la identificación de  $SO_2$ . Además, se usa la bioacumulación de  $SO_2$  en líquenes y el uso de un sensor de monóxido de carbono en aire.

Figura 1. Prototipo experimental de horno crematorio



Partes

1. Soporte universal
2. Tarro de hojalata
3. Manguera
4. Bomba de oxígeno
5. Mechero de alcohol
6. Filtro
7. Erlenmeyer con desprendimiento lateral (liquen)

Fuente. Propia.

El uso del prototipo experimental facilita la experimentación por medio de la cual se permite la obtención de datos experimentales y su interpretación para poder inferir o deducir aspectos del fenómeno observado y sacar conclusiones. También, es posible contrastar los resultados empíricos (datos experimentales) con los resultados teóricos que corresponden al modelo que explica el fenómeno, mostrando la capacidad argumentativa necesaria para dar respuesta a preguntas problema asociadas a la generación de contaminantes atmosféricos por la actividad de hornos crematorios y sus efectos en líquenes. Se usa el liquen, dadas sus características como bioindicador por presentar sensibilidad a los contaminantes aéreos.

### Metodología

La metodología de corte cualitativa y el enfoque se sitúa sobre los lineamientos de la investigación – acción señalada por Kemmis y MacTaggart (1988), se caracteriza porque se construye desde la práctica y para la práctica, pretende su mejora a través de su transformación y la comprensión de la misma, los sujetos se implican y participan de forma colaborativa en cada una de las fases del proceso investigativo, el cual se configura en un ciclo de planificación, acción, observación y reflexión.

Los participantes fueron cuatro profesores en formación inicial de sexto semestre de un programa de licenciatura en ciencias naturales y educación ambiental en una universidad pública que cursaban una asignatura que comprendía como contenido la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales, su participación fue voluntaria y la duración de la intervención fue de 8 sesiones de 3 horas cada una y se realizó en el segundo periodo académico de 2019.

Como se ha indicado anteriormente se implementó un TPL basado en resolución de problemas, el cual comprendió tres fases didácticas: pre-trabajo experimental, trabajo experimental, post-trabajo experimental. La tabla 1 muestra la relación

entre el proceso de la investigación y el proceso de TPL basado en resolución de problemas. Se utilizan técnicas basadas en la observación y el análisis de documentos que corresponden a las producciones escritas (textos argumentativos) individuales obtenidos en las valoraciones inicial (diagnóstica) y final que se aplicaron antes y después de la implementación del trabajo práctico de laboratorio (TPL) sobre la problemática contextualizada seleccionada.

Tabla 1. Proceso investigativo de la investigación-acción y el TPL basado en resolución de problemas

Proceso investigativo de la investigación-acción		Trabajo práctico de laboratorio basado en resolución de problemas	
Etapas	Propósito	Proceso de resolución del problema	Fases didácticas del TPL
PLANIFICACIÓN (diagnóstico, fundamentación teórica, definición del modelo de trabajo práctico de laboratorio, diseño de las actividades)	Identificar necesidades formativas respecto a la construcción de argumentos escritos basados en pruebas. (antes del TPL)	Exploración de conocimientos iniciales	Pre- trabajo experimental
	Fundamentar sobre el trabajo práctico de laboratorio basado en resolución de problemas, la construcción de argumentos basados en el uso de pruebas	Planteamiento de la situación problema contextualizada y formulación de hipótesis	
	Diseñar y construir el prototipo experimental de horno crematorio y planificar las actividades con base en su uso	Presentar contenidos y realización de actividades experimentales	Trabajo experimental
ACCIÓN Y OBSERVACIÓN (Aplicación, observación, recolección de información)	Realizar las actividades experimentales	Solución a la situación problema y planteamiento de nuevos problemas	Post-trabajo experimental
	Analizar y comunicar los resultados obtenidos del TPL		
REFLEXIÓN sobre los resultados y la experiencia pedagógica	Valorar los argumentos basados en el uso de pruebas empíricas elaborados por los profesores en formación inicial. (Después del TPL)		

Fuente. Propia

Las tareas consistieron en la solicitud de construcción de argumentos escritos a partir de dar respuesta a dos preguntas que hacen referencia a los contaminantes atmosféricos generados por la actividad crematoria y los efectos en los seres vivos. En la prueba inicial se presentó la problemática real desde el uso de noticias a través de dos titulares publicados en medio digital: "Contaminación del aire, mayor problema ambiental para los colombianos. Cierran tres de los cuatro hornos crematorios de Cali por incumplir normas ambientales" (Colprensa, 2012; Medio Ambiente, 2018), las preguntas fueron: 1. ¿la actividad crematoria genera emisión de contaminantes atmosféricos?, 2. ¿los gases emitidos en los hornos crematorios tienen efectos negativos en los seres vivos? Construye argumentos. En ese sentido, se consideró los aportes brindados por los PFI en cuanto al diseño del prototipo, la obtención y análisis de los resultados con el mismo. Por su parte, la prueba final se aplicó después del TPL y por ello se reformulan las preguntas iniciales de la siguiente manera: 1. ¿Los productos generados en la calcinación de las muestras biológicas en el prototipo son contaminantes atmosféricos?, 2. ¿Los gases

obtenidos con el prototipo a partir de la calcinación de las muestras biológicas son nocivos para el líquen? Construye argumentos.

Para valorar los argumentos escritos construidos por cada uno de los profesores en formación inicial (PFI) antes y después del TPL se analizan atendiendo a dos aspectos: (1) la calidad de los argumentos, desde un análisis estructural de los argumentos utilizando categorías propuestas por Erdurán et al. (2004), quienes presentan cinco niveles argumentativos (tabla 2).

Tabla 2. Niveles argumentativos

Nivel	Características
Nivel 1	Comprende los argumentos que son una descripción simple de la vivencia.
Nivel 2	Comprende argumentos en los que se identifican con claridad los datos y una conclusión.
Nivel 3	Comprenden argumentos en los cuales se identifican con claridad los datos, conclusiones y justificación.
Nivel 4	Comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones y justificaciones, haciendo uso de cualificadores o respaldo teórico.
Nivel 5	Comprende argumentos en los que se identifican datos, conclusión(es), justificación(es), respaldo(s) y contraargumento(s).

Fuente. Erdurán et al., (2004)

Y (2) el uso de las pruebas, para ello se examinan tres aspectos: el tipo de prueba (prueba teórica/prueba experimental), su articulación con un contenido disciplinar (modelo teórico simple/complejo) y la justificación usada en la construcción de los argumentos (relación entre pruebas y conclusiones). Planteamos un sistema de puntuación en escala de 0 a 2, en función de los indicadores específicos, aplicada para cada aspecto examinado (tabla 3). Posteriormente, las puntuaciones obtenidas en los tres aspectos anteriores se combinan para dar lugar a la puntuación que corresponde al uso de pruebas en la construcción de los argumentos correspondiente a un valor comprendido entre 0 y 6.

Tabla 3. El uso de pruebas en la construcción de los argumentos.

El uso de las pruebas en la construcción de los argumentos		
Aspecto	Escala	Indicadores
Tipo de prueba	0	No presenta pruebas en los argumentos. Confunde datos y pruebas.
	1	Utiliza pruebas teóricas obtenidas de fuentes como libros de texto, entre otros.
	2	Utiliza además de pruebas teóricas, pruebas empíricas obtenidas de la experiencia (observación y experimentación)
Articulación de las pruebas con un contenido disciplinar	0	No muestra articulación de las pruebas con un modelo teórico.
	1	Muestra articulación entre las pruebas con un modelo teórico simple
	2	Muestra articulación entre las pruebas con un modelo teórico complejo
Relación entre pruebas y conclusiones (justificación)	0	Los enunciados no establecen relación entre pruebas y conclusiones
	1	Los enunciados establecen relación entre pruebas teóricas y conclusiones
	2	Los enunciados establecen relación entre pruebas (teóricas/empíricas) y conclusiones

Fuente. Propia

Finalmente, el resultado de la valoración de cada argumento escrito elaborado se obtiene de los marcadores en los dos aspectos evaluados: la calidad de los argumentos desde el análisis estructural (valor entre 1 a 5, siendo 1 nivel bajo, 2-3 nivel medio y 4-5 nivel alto) y del uso de las pruebas en la construcción de los argumentos (valor entre 0 y 6, siendo 1-2 nivel bajo, 3-4 nivel medio y 5-6 nivel alto).

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos del análisis a los argumentos construidos por los participantes antes de la implementación del TPL, dan cuenta de un nivel muy básico en la construcción de los mismos teniendo en cuenta los dos aspectos evaluados como lo muestra la tabla 4. Respecto al nivel argumentativo, se encontró que tres (PFI1, PFI2, PFI4) de los cuatro están en el nivel 1, ya que presentan argumentos caracterizados por ser descripciones simples. A modo de ejemplo se presenta el argumento elaborado por PFI4: *“Durante mucho tiempo, hasta la actualidad los hornos crematorios han cumplido una función determinada en la sociedad al hablar de temas como la muerte, donde este método brinda otra manera de poder darle un descanso o permitir trascender de la vida terrenal a una persona y por esto la cremación como se ve hoy en día se ha limitado a concebirlo como un simple método más para darle descanso y cierre a la vida, sin percibir las acciones y consecuencias que esta actividad puede llegar a provocar”*. Mientras que PFI3 en el nivel 2 dado que reconoce con claridad los datos y una conclusión. Respecto al uso de pruebas, todos los participantes se valoran con un nivel 0, ya que otorgan mayor relevancia a la prueba teórica y son ausentes el uso de pruebas empíricas, además, no presentan en los argumentos articulación entre pruebas y el contenido disciplinar y tampoco presentan justificaciones. Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones previas en cuanto a algunas necesidades formativas en los PFI documentadas en la literatura como lo son, dificultades en la escritura de textos argumentativos de manera apropiada con la disciplina científica; el uso de pruebas en la construcción de argumentos, en este caso la empírica y la no coordinación de dichas pruebas con conclusiones.

Por otro lado, los resultados del análisis de los argumentos escritos construidos después del TPL, se halló que todos los PFI se encontraban en el nivel 3 (medio) respecto al nivel argumentativo, al presentar con claridad los datos relacionados a la calcinación y los efectos nocivos en el líquen, conclusiones y justificación en cuanto a las relaciones establecidas entre los contaminantes atmosféricos caracterizados, las muestras biológicas usadas y el estudio de la problemática contextualizada.

Tabla 4. Resultados de las valoraciones de los argumentos en PFI antes y después del TPL

Resultados de las valoraciones de los argumentos en PFI antes y después del TPL																	
Categorías	subcategorías	PFI 1				PFI2				PFI3				PFI4			
		Aa		Ab		Aa		Ab		Aa		Ab		Aa		Ab	
		Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf
Calidad del argumento	Nivel argumentativo	1	3	1	3	1	3	1	3	2	3	2	3	1	3	3	1
El uso de pruebas	Tipo de prueba	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1
	Articulación de la prueba con el contenido disciplinar	0	2	0	2	0	2	0	2	1	0	1	2	0	2	0	2
	Relación entre	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	2

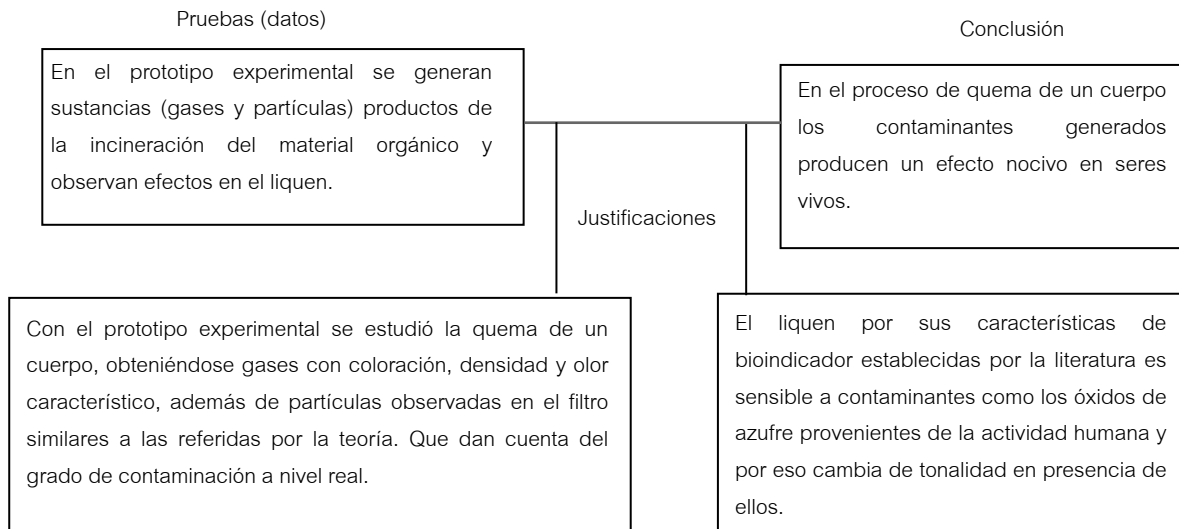
Resultados de las valoraciones de los argumentos en PFI antes y después del TPL																	
Categorías	subcategorías	PFI 1				PFI2				PFI3				PFI4			
		Aa		Ab		Aa		Ab		Aa		Ab		Aa		Ab	
		Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf	Vi	Vf
	enunciado y prueba en justificación																
Valoración del uso de pruebas		1	5	2	4	1	5	1	5	2	2	2	5	1	4	2	5

Fuente: propia

Convenciones. PFI: profesor en formación inicial; Valoración inicial (Vi) el argumento antes del TPL y Valoración final del argumento después del TPL; Argumento A (Aa) refiere al argumento sobre los contaminantes atmosféricos generados por la actividad crematoria y el Argumento B (Ab) sobre los efectos de los mismos en el ser vivo.

Lo que muestra avances significativos en el fortalecimiento de la capacidad argumentativa de los PFI al plantear sus argumentos como lo muestra el siguiente ejemplo (figura 2).

Figura 2. Estructura del argumento elaborado por PFI4.



Fuente. Propia

En cuanto al uso de pruebas en la construcción de los argumentos los resultados muestran en los participantes un avance obteniendo puntuaciones de 4 (nivel medio) y 5 (nivel alto), puesto que la mayoría utiliza pruebas teóricas basados en datos de artículos de fuentes válidas. Además, usan pruebas empíricas obtenidas de los resultados del TPL cuando identifican algunos contaminantes y los cambios en el líquen a través de los métodos usados (absorción y bioindicación). De igual modo, emplean conceptos asociados a la contaminación atmosférica, ecología, botánica y funcionamiento de un horno crematorio. Todo ello, para justificar que la incineración del cuerpo es fuente contaminante y sus productos afectan a seres vivos (líquen). Dicho eso, los aspectos positivos giran en torno al uso no solo de la prueba teórica sino también pruebas

empíricas facilitada por la experimentación que permitió establecer un mayor número de relaciones y razones para justificar la conclusión planteada. La tabla 5 ejemplifica cómo se identifica el uso de pruebas y sus relaciones en el argumento del PF14.

Tabla 5. Análisis del uso de pruebas en el argumento de PF14.

<p><i>“En el proceso de calcinación del hueso, cabello y tejido blando llevado a cabo en el prototipo se liberan sustancias contaminantes en forma de gases que presentan una coloración blanquecina densa y olor fuerte característico, también se reconoce las partículas oscuras recogidas en el papel filtro, similares a las referidas desde la literatura científica que se producen debido a los componentes químicos como el azufre y el carbono del material orgánico utilizado. Lo que permite inferir que la actividad crematoria al nivel real es una fuente potencial de contaminación atmosférica y puede generar afectaciones de orden respiratorio teniendo en cuenta las características encontradas. Ahora bien, desde la literatura se reconoce que el líquen es un bioindicador comúnmente empleado en estudios de la calidad del aire. Debido a su morfología y a la ausencia de estructuras excretoras que permiten la retención de sustancias (gases) de un ambiente contaminado. En particular, son muy sensibles a los óxidos de azufre que se asocian a su cambio de coloración en un tiempo corto. Todo ello, se reconoce también durante la quema del material orgánico en el prototipo, cuando se observa la presencia de gases derivados de azufre, primero por el olor característico (fuerte) que libera establecido igualmente por la teoría y segundo por el efecto (cambio de coloración) que causa en el líquen usado como ser vivo presente en cualquier espacio y de fácil manipulación. Lo que indicaría que en el proceso de cremación el líquen está siendo sometido y afectado por gases contaminantes de orden atmosférico”</i></p>	<p>Prueba empírica</p> <p>Prueba teórica</p> <p>Relación entre prueba y modelo teórico</p> <p>Relación entre pruebas y conclusiones</p>
--	---

Fuente: Propia

Finalmente, en la habilidad de respaldar sus conclusiones con el número adecuado de pruebas e integrarlas en sus justificaciones se encuentran dificultades, lo que indica que son procesos graduales y requieren ser promovidos con este tipo de trabajos prácticos.

### Conclusiones

Se puede concluir que los profesores en formación inicial fortalecen la capacidad argumentativa al demostrar avances en la habilidad de construir argumentos escritos para evaluar los enunciados que explican la generación de contaminantes atmosféricos (gases y partículas) derivados de la calcinación de muestras biológicas y los efectos negativos en los seres vivos (líquenes), considerando no sólo pruebas teóricas sino también el uso de pruebas empíricas basadas en los resultados (datos observacionales y experimentales) obtenidos con el prototipo en la realización del Trabajo práctico del laboratorio como estrategia didáctica que aborda el estudio de problemas contextualizados como la contaminación atmosférica ocasionada por la actividad de los hornos crematorios.



## Referencias bibliográficas

- Aguerri, M., Bravo-Torija, B. (2017). El uso de pruebas en la resolución de problemas reales en 4º de ESO: ¿debemos dragar el río Ebro? *Revista Eureka*, 14 (2), 302-316.
- Archila, P. A. (2014). La argumentación de profesores de Química en formación inicial (“Práctica Profesional Docente II”): un estudio de caso en Colombia. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 705-706.
- Puig Mauriz, B., y Jiménez Aleixandre, M. P. (2013). Uso de pruebas sobre el modelo de expresión de los genes en distintos contextos auténticos. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 2843-2846.
- Colprensa (13 de Junio de 2012). Cierran tres de los cuatro hornos crematorios de Cali por incumplir normas ambientales. *El País*. Recuperado de <https://www.elpais.com.co/calif/>
- Erduran, S., Simon, S. y Osborne, J. (2004) TAPping into Argumentation Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. *Science Education*, 88, 915– 933.
- Faz, G., López, N., Valladares, A., Amaro, E., y Zamarripa, B. (2014). La argumentación escrita en las disciplinas: retos de alfabetización de los estudiantes universitarios. *SOCIOTAM*, 24(2), 29-52.
- Galvão, I. C. M., Monteiro, M. A. A., da Rosa Capri, M., y de Castro Monteiro, I. C. (2015). Atividades experimentais e o Desenvolvimento da argumentação dos Alunos. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC, Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015
- Jiménez -Aleixandre, M.P. (2010). 10 Ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó.
- Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*, Barcelona: Laertes.
- Marín, Q. M. (2010). El trabajo experimental en la enseñanza de la química en contexto de resolución de problemas. *Educyt*, 1, 37-52.
- Medio Ambiente (15 de Febrero de 2018). Contaminación del aire, mayor problema ambiental para los colombianos. *El Tiempo*. <http://www.eltiempo.com/>
- Pereira, R. y Trivelato, S. (2009). A argumentação a partir da leitura e interpretação de dados experimentais. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 1296-1300.
- Ruiz, F., Tamayo, Ó., y Márquez, C. (2013). La enseñanza de la argumentación en ciencias: un proceso que requiere cambios en las concepciones epistemológicas, conceptuales, didácticas y en la estructura argumentativa de los docentes. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9(1), 29-52.
- Ortiz, J. M. (2019). Evaluación del impacto en la calidad del aire de las actividades de un horno de cremación de un camposanto en la zona urbana del municipio de Santiago de Cali (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).