

---

---

## **¿Cómo explican conceptos científicos los profesores en formación en Chile? Un estudio comparativo entre futuros profesores de Física, Matemáticas, Biología y Ciencias Naturales**

Cabello, Valeria<sup>1</sup>

**Categoría 2.** Trabajo de investigación

### **Resumen**

Aunque la habilidad para explicar conceptos a audiencias no expertas es crucial para una enseñanza eficaz y vastamente utilizada, las oportunidades para desarrollarla durante la formación inicial docente son. La presente investigación caracterizó las explicaciones de conceptos científicos de profesores en formación diferenciando entre disciplinas (Biología, Física y Matemática y Ciencias Naturales). Los resultados arrojan patrones explicativos claros y levemente diferentes entre los grupos, lo cual permite identificar áreas a desarrollar y otras que se encuentran fortalecidas. Se discuten las oportunidades que entrega la formación de profesores para desarrollar habilidades críticas para una enseñanza efectiva, como lo es el hacer explícito los conceptos científicos a través de explicaciones.

### **Palabras clave**

Explicaciones, formación de profesores, conceptos

### **Objetivos**

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar las explicaciones de conceptos científicos de profesores en distintas disciplinas científicas. Además, buscó comparar e identificar posibles diferencias entre las disciplinas de enseñanza de los siguientes grupos: Profesores de Biología, Profesores de Física y Matemáticas, Profesores primarios que realizan docencia de Ciencias Naturales.

### **Marco Teórico**

---

<sup>1</sup> Centro de Investigación Avanzada en Educación, Universidad de Chile  
[Valeria.cabello@ciae.uchile.cl](mailto:Valeria.cabello@ciae.uchile.cl)

Hoy en día existe amplia discusión pública a nivel internacional sobre la formación docente (Lawson, Askill-Williams, & Murray-Harvey, 2009), algo que también involucra a Chile (Bitar, 2011). En este debate, se ha sugerido que para mejorar la formación inicial, los programas formadores deben incorporar diferentes tipos de retroalimentación que permitan a los futuros profesores mejorar sus competencias docentes a medida que las van adquiriendo (Cofré, 2010; Borman, Muenninghoff, Cotner, & Frederick, 2009; Avalos 2003). Una competencia crucial según el Sistema de Evaluación del Desempeño Profesional Docente chileno se relaciona con la habilidad de “explicar” (Manzi, González & Sun, 2011), la que en forma consistente es uno de los aspectos más deficientes en esta evaluación (Gobierno de Chile, 2010, 2013). Explicar está al centro del trabajo de enseñanza del profesor (Geelan, 2012), y es en Chile la estrategia más comúnmente usada por profesores de ciencia (Preiss, Alegría, Espinoza, Núñez, & Ponce, 2012). Las explicaciones de los profesores son una unidad coherente en la cual ellos vinculan analogías, metáforas, ejemplos, axiomas, etc. para generar en los estudiantes entendimiento y comprensión de los conceptos (Geelan, 2003).

A pesar de lo importante de esta competencia, los estudios sobre el tema son escasos (Dagher & Cossman, 1992, Geelan, 2012) ni de las matemáticas (Cantoral & Reséndiz, 2003; Yackel, 2001). La mayor parte de la investigación se ha centrado en las explicaciones que los estudiantes construyen para demostrar su conocimiento y no en las de los profesores (Geelan, 2009, 2012). Una meta-análisis sobre explicaciones recuperó 1.362 trabajos, de los cuales menos de 35 estaban centrados en explicaciones docentes. En éstos, no parecía existir consenso respecto a qué constituye una buena explicación para la escuela (Geelan, 2012).

En Chile, algunos estudios indican que se proporcionan pocas oportunidades para que los futuros profesores desarrollen habilidades para enseñar ciencias y matemáticas durante su formación inicial (Vergara & Cofré, 2008, Varas et al., 2008), y se desconocen estudios similares para la Enseñanza Media. Consecuentemente, el conocimiento sobre cómo desarrollar en profesores la habilidad para explicar es escaso (Cabello, 2012). Teniendo en cuenta este vacío en la investigación, Cabello (2012) desarrolló un instrumento para evaluar las explicaciones de profesores sobre conceptos científicos, basado en diez elementos propuestos por la revisión de la literatura sobre enseñanza de las ciencias y contenidos en marcos generales de enseñanza. Tras su aplicación en una muestra de profesores chilenos en formación, concluyó que su habilidad para explicar fue baja, pero dinámica en la medida que pudo ser significativamente mejorada.

---

---

## La alfabetización o competencia científica y matemática y el rol de explicar

En varios países incluyendo Chile la alfabetización científica se ha definido como el principal objetivo de la ciencia escolar (UNESCO-OREALC, 2005, Osborn & Dillon, 2008, Tytler, 2007). Esta es, según Navarro y Förster (2012) la capacidad de utilizar el conocimiento científico para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos y explicar fenómenos científicos (OECD, 2009). Similarmente, se ha definido como un nivel alto de competencia matemática el que los estudiantes puedan elaborar y comunicar explicaciones basados en sus interpretaciones de conceptos matemáticos (Bishop, 2000, Cantoral & Reséndiz, 2003, OECD, 2004). En vista esto, la presente investigación se funda en la importancia que tiene la explicación en la enseñanza para la comprensión de las ciencias y las matemáticas. Las explicaciones docentes modelan las de los estudiantes, pues éstos aprenden a argumentar sus ideas a partir de los modelos a los que son expuestos (Geelan, 2009, Sampson y Clark, 2007, Erduran et al., 2007, Jimenez & Diaz de Bustamante, 2003, Ogborn et al., 1996, Osborne, Erduran, & Simon, 2004, Treagust & Harrison, 1999).

### Metodología

La investigación tuvo un diseño exploratorio y usó metodología cuantitativa a través de análisis observacional categorizado. La muestra estuvo constituida por 49 profesores en formación de tres universidades chilenas, en los siguientes grupos:

**Tabla 1.** Descripción de la muestra

Grupo	Universidad	Disciplina en estudio	Número de participantes
1	1	Biología	22
2	2	Ciencias Naturales	13
3	3	Física y Matemáticas	14
		<b>Total participantes</b>	<b>49</b>

Cabe señalar que el grupo 1 corresponde a profesores en formación de Biología para secundaria, el grupo 2 fueron profesores generalistas que trabajarán en primaria y tenían una especialización en enseñanza de las Ciencias Naturales y el grupo 3 correspondió a profesores en formación de Física y Matemáticas para secundaria. El grupo completo aceptó voluntariamente participar en la realización de episodios de microenseñanza como parte de las actividades complementarias a sus cursos regulares, en el cual explicarían a sus pares un concepto científico de su elección tal como lo harían en su futura práctica docente. Estos episodios se videograbaron para facilitar el análisis, luego de

contar con el consentimiento de los participantes para su uso con fines investigativos.

Las explicaciones videograbadas se examinaron mediante una rúbrica que contenía diez criterios de apreciación y tres niveles de desempeño por criterio, como se resume en la tabla 2. Este instrumento que fue validado en un estudio anterior (Cabello, 2012) permitió identificar las características de las explicaciones de conceptos científicos desarrollados por los profesores en formación. Los criterios que incluía el instrumento fueron: claridad de la explicación para la audiencia, coherencia y cohesión de la explicación, secuencia en que es desarrollada, precisión conceptual, suficiencia en relación al objetivo planteado, conexión de la explicación con las ideas previas de los estudiantes, uso de representaciones visuales o ejemplos, uso de analogías, metáforas o demostraciones para poner a prueba los argumentos de la explicación, uso de lenguaje no verbal y tratamiento de los errores de los estudiantes en el entendimiento del concepto. El nivel de calidad de sus explicaciones se determinó a través del puntaje final del instrumento en los siguientes rangos; 0-7 baja calidad, 8-12 mediana calidad, 13-20 alta calidad.

**Tabla 2.** Identificación de los elementos de la rúbrica (Cabello, 2012)

1. Claridad	6. Conexión con las ideas previas de los estudiantes
2. Coherencia y Cohesión	7. Uso de representaciones visuales y ejemplos
3. Secuencia	8. Uso de metáforas, analogías, demostraciones
4. Precisión conceptual	9. Uso de lenguaje no verbal (gestos, voz)
5. Suficiencia	10. Tratamiento de los errores de los estudiantes

Para el análisis de los datos, tres investigadores aplicaron la rúbrica a los videos independientemente, y se calculó el acuerdo interjueces en un 10% de la evidencia que se doble marcó de manera ciega para apoyar la confiabilidad del análisis.

Se utilizó el programa SPSS para explorar la consistencia interna del instrumento en esta aplicación a través del indicador Alfa de Cronbach, la descripción de las frecuencias y relaciones entre los elementos presentes en las explicaciones de los profesores en formación a través de correlaciones de Pearson, y posibles diferencias entre los grupos estudiados usando análisis de la varianza (ANOVA).

Cabe señalar que todos los aspectos éticos propios de la investigación con personas fueron resguardados en este estudio.

---

---

## Resultados

En términos de validez y confiabilidad, la rúbrica presentó un adecuado comportamiento. La consistencia interna del instrumento en esta aplicación fue moderada-alta de acuerdo a la definición del indicador Alfa de Cronbach. De la misma manera, el acuerdo interjueces fue alto según los parámetros internacionales (Topping & Jindal-Snape) lo cual soporta su confiabilidad. El instrumento fue capaz de identificar distintos niveles de desempeño en los diez criterios, por lo cual se afirma que es sensible y discriminatorio ante las diferencias. Las correlaciones entre elementos fueron moderadas, lo cual apoya la idea de estar analizando elementos distintos pero complementarios en la explicación.

En relación a los elementos identificados, se revela un patrón común entre las disciplinas; los profesores en formación explican en su mayoría con una secuencia lógica adecuada y progresiva, usan ejemplos y representaciones visuales en alta frecuencia. En menor medida presentan precisión conceptual en sus explicaciones y claridad, principalmente por un uso de terminología científica sin describir qué se entiende por dichos términos. En general identifican las ideas previas de los estudiantes pero no las integran o ponen a prueba en la explicación. Por otro lado, aquellos elementos que presentaron una baja frecuencia fue el uso de metáforas, analogías o demostraciones, así como el tratamiento de los errores de los alumnos. Se identificaron algunas diferencias entre los grupos, por ejemplo, los profesores en formación de Biología tienden a explicar utilizando más gestos representativos de las propiedades de los conceptos, mientras que los profesores en formación de Física y Matemáticas tienden a tener una mayor precisión conceptual que los otros.

## Conclusiones

Al explorar cómo explican conceptos científicos los profesores en formación en Chile, se evidencian patrones específicos que son de gran relevancia a discutir. Los profesores de todos los grupos logran desarrollar explicaciones con una adecuada secuencia entre sus elementos y la mayoría de ellos ejemplifica los conceptos. En menor proporción los profesores desarrollan explicaciones conectadas explícitamente con las ideas previas de los estudiantes, pues, aunque varios indagan en éstas, no las integran o las transforman como elementos enriquecedores de la explicación. Por otro lado, entre los aspectos más débiles se encuentra el uso de analogías, modelos, metáforas y demostraciones, aspecto preocupante ya que se ha demostrado que éstos elementos ayudan a avanzar en el

desarrollo de habilidades de pensamiento en los estudiantes. Lo mismo ocurre con el tratamiento de los errores comunes de los estudiantes en el entendimiento de los conceptos. Los profesores no integran en su explicación una indagación en las causas del error o ni tampoco ayudan a los estudiantes a entender el error como una fuente de exploración de las concepciones alternativas y por ende, un recurso para el aprendizaje. Se encontraron diferencias entre los grupos, lo cual apoya la discusión en relación a las oportunidades que entrega la formación de profesores de las distintas disciplinas para desarrollar estas habilidades en la enseñanza.

### Referencias bibliográficas

- Avalos, B. (2003). La formación docente inicial en Chile. IESALC-UNESCO (Ed.) Retrieved from [http://www.oei.es/docentes/info\\_pais/informe\\_formacion\\_docente\\_chile\\_iesalc.pdf](http://www.oei.es/docentes/info_pais/informe_formacion_docente_chile_iesalc.pdf)
- Bitar, S. (2011). Formación docente en Chile. (1st ed.). Santiago de Chile: PREAL.
- Borman, K. M., Mueninghoff, E., Cotner, B. A., & Frederick, P. B. (2009). Teacher preparation programs. In L. J. Saha & A. G. Dworkin (Eds.), *International Handbook of Research on Teachers and Teaching* (Vol. 21, págs. 123-140): Springer US.
- Cabello, V. (2012). *How to assess science teacher explanations?: A rubric to explore the development of scientific concepts*. Poster presented at the Encuentros 2012: Knowledge for Economical and Social Development, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France. 4-6 July. Paper proceedings retrieved from [http://www.encuentros2012.org/f/Poster\\_book\\_FINAL\\_c.pdf](http://www.encuentros2012.org/f/Poster_book_FINAL_c.pdf)
- Cantoral, R., & Reséndiz, E. (2003). El papel de la variación en las explicaciones de los profesores: un estudio en situación escolar. *RELIME. Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 6(2), 133-154.
- Cofré, H. (Ed.). (2010). *Cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile: Perspectivas internacionales y desafíos nacionales*. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez.
- Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jimenez, J., Santibanez, D., & Vergara, C. (2010). La educación científica en Chile: Debilidades de la enseñanza y futuros desafíos

---

de la educación de profesores de ciencia. *Estudios Pedagógicos*, 36(2), 289-303.

Dagher, Z., & Cossman, G. (1992). Verbal explanations given by science teachers: Their nature and implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 361-374.

Erduran, S., Dagher, Z., Pintó, R., & Couso, D. (2007). Exemplary Teaching of Argumentation: A Case Study of Two Science Teachers. *Contributions from Science Education Research* (pág. 403-415): Springer Netherlands.

Geelan, D. (2003). Teacher expertise and explanatory frameworks in a successful physics classroom. *Australian Science Teachers Journal*, 49(3)(3), 22-32.

Geelan, D. (2012). Teacher explanations. In B. J. Fraser (Ed.), *Second international handbook of science education* (pág. 987-999). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Gobierno de Chile. (2010). *Resultados evaluación docente 2009*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación.

Gobierno de Chile. (2013). *Resultados nacionales de la evaluación docente 2012*. Santiago de Chile: Ministerio de Educación.

Jimenez, M., & Diaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: Cuestiones técnicas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.

Lawson, M. J., Askill-Williams, H., & Murray-Harvey, R. (2009). Dimensions of quality in teacher knowledge. In L. J. Saha & A. G. Dworkin (Eds.), *International Handbook of Research on Teachers and Teaching* (Vol. 21, pág. 243-257): Springer US.

Manzi, J., González, R., & Sun, Y. (2011). La evaluación docente en Chile. Santiago de Chile: MIDE UC.

Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., & McGillicuddy, K. (1996). *Explaining Science in the Classroom*. London: Open University Press.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.

- 
- Preiss, D., Alegría, I., Espinoza, A. M., Núñez, M., & Ponce, L. (2012). *¿Cómo se enseña la ciencia en la escuela? Evidencia de un estudio audiovisual en aulas de escuelas públicas chilenas.* Paper presented at the Segundo congreso interdisciplinario de investigación en educación, Santiago, Chile.
- Sampson, V., & Clark, D. (2007). Incorporating scientific argumentation into inquiry-based activities with online personally seeded discussions. *Science Scope*, 30(6), 43-47.
- Treagust, D., & Harrison, A. (1999). The genesis of effective scientific explanations for the classroom. In J. Loughran (Ed.), *Researching teaching: Methodologies and practices for understanding pedagogy*. London: Routledge.
- Vergara, C., & Cofré, H. (2008). La enseñanza de las ciencias en la educación básica Chilena: Un camino por recorrer. *Revista Foro Educativo*, 14, 85-104.
- Varas, M. L., Felmer, P., Gálvez, G., Lewin, R. A., Martínez, C., Navarro, S., . . . Schwarze, G. (2008). Oportunidades de preparación para enseñar matemáticas de futuros profesores de educación general básica en Chile. *Calidad en la Educación*(29), 63-88.
- Yackel, E. (2001). *Explanation, justification and argumentation in mathematics classrooms.* Paper presented at the PME Conference.