

Luces Verdes, Amarillas y Rojas al Innovar la Enseñanza de las Ciencias

Green, Yellow and Red Lights when Innovating Science Teaching

Melina Furman* y Mariana Luzuriaga

¹ Universidad de San Andrés, Argentina

DESCRIPTORES:

Ciencias naturales
Desarrollo profesional
Docencia reflexiva
Innovación
Participación

RESUMEN:

Fortalecer la educación científica es clave para formar ciudadanos competentes y comprometidos con el desarrollo sostenible. Esto implica promover prácticas de enseñanza innovadoras, que fomenten el desarrollo de competencias científicas y la participación activa de los estudiantes, cuya implementación puede ser desafiante. Realizamos un análisis temático del contenido de las reflexiones escritas de 49 docentes de Ciencias experimentados, que cursan un posgrado en educación, tras desarrollar una microclase con innovaciones como actividades de indagación, resolución de problemas, metacognición e inclusión de TICs. Caracterizamos los aspectos que identificaron como fortalezas, a revisar y a modificar en sus prácticas, en la rutina de pensamiento 'Luces verdes, amarillas y rojas'. Como 'luces verdes', los docentes destacaron los efectos positivos de las nuevas prácticas en la participación y aprendizaje de sus estudiantes. Como 'luces amarillas' mencionaron la insuficiente estimación del tiempo de clase y la tensión entre seguir lo planificado y sostener diálogos auténticos con los estudiantes. Como 'luces rojas' señalaron la falta de previsión de los recursos necesarios y de las dinámicas de trabajo apropiadas. Es necesario que los docentes en ejercicio implementen innovaciones y reflexionen sobre sus efectos y desafíos como elemento clave para su desarrollo profesional.

KEYWORDS:

Natural science
Professional development
Reflective teaching
Innovation
Participation

ABSTRACT:

Strengthening scientific education is crucial for shaping competent citizens committed to sustainable development. This involves promoting innovative teaching practices that foster the development of scientific competencies and active student engagement. However, their enactment can be challenging. We conducted a thematic content analysis of the written reflections that 49 science teachers who participate in a graduate Diploma in Education shared after conducting an innovative micro-class (i.e. including inquiry, problem-solving, metacognitive activities, or ICTs). We characterized the aspects they identified as strengths, aspects that demand further analysis and opportunities for improvement in their teaching practices, following the "Green, yellow and red Lights" visible thinking routine. As "green lights", teachers highlighted the positive effects that their new practices had on student participation and learning. As "yellow lights", they identified their difficulties to accurately estimate the time participatory activities require, and a tension between adhering to their plans and maintaining authentic dialogues with students. As "red lights", they pointed out the lack of foresight regarding necessary resources and appropriate work dynamics. Our results highlight the necessity for practicing teachers to implement innovations and reflect on their effects and challenges as a key element for their professional development.

CÓMO CITAR:

Furman, M. y Luzuriaga, M. (2024). Luces verdes, amarillas y rojas al innovar la enseñanza de las ciencias. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 13(1), 31-50.
<https://doi.org/10.15366/riejs2024.13.1.002>

1. Introducción

Los avances en la Ciencia, la Tecnología y el acceso a la información de las sociedades contemporáneas tienen potencial para favorecer el desarrollo sostenible, pero también nos enfrentan con escenarios inciertos, incluyendo cambios en el mercado laboral, el impacto de nuevas tecnologías como la ingeniería genética o la inteligencia artificial, emergencias sanitarias, el cambio climático y la escasez de recursos, y desafíos como la justicia social y la preservación del ambiente (Bernabé, 2021).

En este contexto, la alfabetización científica (Valladares, 2021) se erige como un “imperativo estratégico” para la formación de una ciudadanía informada y participativa, capaz de abordar dichos desafíos y promover el desarrollo sostenible (UNESCO, 2016). En particular, el desarrollo de competencias científicas, como plantear preguntas e hipótesis, evaluar información, resolver problemas, argumentar con fundamentos, identificar fuentes de información confiable y colaborar con otros, se presenta como una meta educativa clave (Colonia et al., 2021; Harlen, 2013).

En países como Argentina, Brasil, Colombia, Chile, España y Uruguay se impulsaron iniciativas pedagógico-curriculares destinadas a reformar la enseñanza del área (Cols et al., 2012; Ramos Araya et al., 2023; Roldán-Arcos et al., 2022), promoviendo prácticas innovadoras basadas en el consenso sobre las “buenas prácticas” de educación científica para contribuir a la justicia social y ambiental (Tan y Calabrese Barton, 2018). Esto es, trabajar con proyectos e indagaciones auténticas, resolución de problemas, el análisis de la historia de la ciencia, actividades metacognitivas e inclusión de tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs), contemplando las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (enfoque conocido CTSA) (Aduriz Bravo, 2020; Martínez Valdivia et al., 2023). Si bien estas prácticas son promovidas y estudiadas desde hace años, pueden considerarse innovadoras porque todavía son poco habituales en las aulas de Iberoamérica, donde persiste la predominancia de un enfoque transmisivo, con pocas oportunidades para la participación activa de los estudiantes, el abordaje de fenómenos y problemáticas complejas y el desarrollo de competencias (Furman, 2020).

Innovar en las formas tradicionales de enseñar es un proceso desafiante, que requiere brindar apoyo a los profesores desde la formación inicial y continua (Fullan, 2007). En este marco, la práctica reflexiva es un enfoque poderoso, que brinda herramientas efectivas para el mejoramiento y la innovación de la enseñanza (Darling-Hammond et al., 2017). Específicamente, los “dispositivos para la reflexión”, instrumentos que facilitan la autoevaluación y el análisis crítico de la práctica, contribuyen a que los docentes revisen sus creencias y experiencias previas y consoliden nuevos saberes y competencias.

Entre estos dispositivos, las “microclases” tienen un especial potencial. Son prácticas simuladas de corta duración (típicamente entre 10 y 40 minutos) en entornos controlados, frente a estudiantes o pares, orientadas a la puesta en acto de aspectos y habilidades profesionales específicas y a la reflexión posterior sobre sus implicancias y efectos (Anijovich et al., 2009). Por ello, también representan una valiosa fuente para comprender los procesos de transformación de las prácticas y las percepciones de los docentes sobre dichas transformaciones (Fabbi et al., 2013).

Este estudio indaga cómo los docentes reconfiguran sus prácticas, analizando sus reflexiones al innovar en la enseñanza de las Ciencias. Realizamos un análisis temático de contenido de las reflexiones escritas que 49 docentes de Ciencias Naturales de

diferentes niveles educativos que cursan un posgrado universitario de Educación en Ciencias realizaron tras planificar e implementar una microclase que incluyera elementos innovadores como actividades de indagación, resolución de problemas, metacognición o uso de TICs. Como detallaremos más adelante, dichas reflexiones se basaron en la rutina de pensamiento “Luces verdes, amarillas y rojas”, adaptada de Ritchhart y cols. (2014), en la que, utilizando el semáforo como analogía, los docentes debían indicar tanto los aspectos positivos que los alientan a seguir adelante, como los que los llevan a disminuir la velocidad porque les generan dudas y los que los llevan a detenerse porque desconfían de su efectividad o deseabilidad. Las preguntas de investigación son:

- ¿Sobre qué aspectos reflexionan los educadores en Ciencias Naturales tras planificar e implementar una microclase ‘innovadora’?
- ¿Cuáles son los aspectos que identifican como positivos y en los que se sintieron confiados (las ‘luces verdes’), los que les generaron dudas o consideran que deben analizar con mayor detenimiento (las ‘luces amarillas’) y los que identifican como negativos y harían de otras maneras (las ‘luces rojas’)?

2. Revisión de la literatura

Innovar en la enseñanza de las Ciencias supone un desafío considerable para los docentes, como sugieren los estudios que exploran la implementación de diferentes estrategias asociadas a las “buenas prácticas” en el área. Por ejemplo, en una revisión sistemática de la literatura, Chen y Xiao (2021) documentaron que las inseguridades en el manejo de contenidos y estrategias didácticas apropiadas se convierten en obstáculos cuando los docentes intentan adoptar el enfoque CTSA en sus clases. También Davis (2003) sostiene que “El cambio es difícil” al examinar los desafíos que enfrentan los docentes de Ciencias al intentar incorporar actividades de indagación y proyectos. En respuesta, propone que el desarrollo profesional docente puede beneficiarse de la capacitación en el diseño de actividades alineadas con los enfoques promovidos, su implementación en contextos auténticos y la retroalimentación y reflexión pedagógica posterior, incluyendo una revisión de sus creencias, actitudes y preocupaciones.

Efectivamente, la práctica reflexiva es valiosa para la innovación pedagógica. En particular, las microclases son un dispositivo eficaz para que los docentes observen, analicen y reflexionen sobre su propio desempeño, implicancias y efectos, contribuyendo a la comprensión y control sobre sus prácticas y acciones futuras hacia la mejora continua (Costa et al., 2020; Fabbi et al., 2013).

En una revisión de la literatura, Otsupius (2014) encontró que las microclases son efectivas para mejorar el desempeño de docentes noveles y experimentados, sostener sus aprendizajes y cambios de prácticas en el tiempo y reducir la ansiedad e inseguridades de los docentes en formación ante la tarea. Similarmente, en el área de Ciencias, Bakir (2014) mostró que haber llevado adelante microclases tuvo un efecto significativo en las habilidades de enseñanza de docentes en formación, en aspectos como la gestión de aula, la administración del tiempo y la planificación, la comunicación efectiva, así como también en su autoconfianza. Asimismo, hay evidencias sobre el impacto positivo de las microclases para incluir la tecnología en la enseñanza de las Ciencias.

En este marco, exploramos las experiencias de educadores de Ciencias de diferentes niveles en Iberoamérica, al implementar microclases innovadoras dentro de un

posgrado. Buscamos contribuir al campo de la enseñanza de las Ciencias y a la literatura sobre práctica reflexiva, proporcionando evidencia sobre el potencial de las microclases en el desarrollo profesional de docentes experimentados, un tema menos investigado.

3. Método

Se realizó un estudio descriptivo exploratorio basado en el análisis temático del contenido de las reflexiones escritas de 49 educadores en ejercicio que cursan un posgrado universitario de Educación en Ciencias Naturales, tras planificar e implementar una microclase con elementos innovadores.

Contexto del estudio

El estudio se llevó adelante en el contexto de “Análisis y Reflexión sobre la Práctica Educativa” (ARPE), una asignatura obligatoria anual de la “Especialización en Educación en Ciencias Naturales”, un posgrado en modalidad virtual de 18 meses de duración de una universidad en Buenos Aires, Argentina, destinado a educadores iberoamericanos de diversos niveles educativos (desde el infantil hasta el nivel superior) y contextos (escuelas, instituciones de formación docente, universidades, espacios de educación no formal y organismos de gobierno). Basada en el empoderamiento de enseñantes reflexivos, ARPE promueve el análisis, observación, diseño e implementación de propuestas de educación en Ciencias para transformar los modos tradicionales de enseñar y aprender. Las clases quincenales, asincrónicas a través del Campus Virtual de la Universidad, combinan teoría y práctica con herramientas como foros, murales colaborativos y talleres de retroalimentación.

Las producciones que se analizan en este artículo corresponden a una unidad de dicha materia, centrada en las microclases como dispositivo para la reflexión. A lo largo de seis clases, los participantes debían planificar, implementar y grabar una microclase de Ciencias de 30-45 minutos sobre la temática de su preferencia pero que incluyera elementos innovadores trabajados en el posgrado, como la enseñanza por indagación, el enfoque CTSA, el análisis de episodios de historia de la ciencia, la utilización de TICs o actividades metacognitivas, y luego analizar su filmación. Tras implementar la microclase en un contexto auténtico a elección (en general, con sus propios estudiantes), se les propuso a los participantes una actividad de reflexión sobre la experiencia mediante la adaptación de la rutina de pensamiento “Luces rojas, amarillas y verdes”, que describiremos más adelante y que constituye la principal fuente de datos del estudio.

Descripción de la muestra

La muestra del estudio está compuesta por los 49 cursantes de la cohorte 2022 del posgrado. 85 % son mujeres y 15 % hombres, con un promedio de edad de 39 años (SD=7,72). Como muestra el Cuadro 1, en su mayoría (81,6 %) son argentinos, principalmente de Ciudad de Buenos Aires y alrededores, pero también hay participantes de las demás provincias y de otros países de Iberoamérica. Típicamente, tienen formación en el campo pedagógico (77,6 %), ya sean títulos terciarios de formación docente o posgrados en educación, o en carreras universitarias científicas (20,4 %), como licenciaturas y doctorados en Biología, Química, Bioquímica, Física, Matemática, Veterinaria o Medicina. El 85,7 % de los participantes ejercen la docencia en diferentes niveles, mientras los restantes ocupan roles formativos o de

acompañamiento en otros ámbitos como la dirección de instituciones educativas, Ministerios de Educación o ONGs.

Cuadro 1

Datos demográficos de los participantes

<i>Género</i>		<i>Campo de formación</i>	
Mujeres	42 (85,7 %)	Pedagógico	38 (77,6 %)
Varones	7 (14,3 %)	Ciencias Naturales y Exactas	10 (20,4 %)
<i>País de residencia</i>		Humanidades y Ciencias Sociales	1 (2 %)
Argentina	40 (81,6 %)	<i>Ámbito</i>	
Chile	3 (6,1 %)	Docencia	42 (85,7 %)
España	1 (2 %)	Dirección de instituciones educativas	3 (6,1 %)
México	1 (2 %)	Ministerios de Educación	3 (6,1 %)
Perú	1 (2 %)	ONGs	1 (2 %)
Uruguay	3 (6,1 %)	<i>Tipo de innovación**</i>	
<i>Nivel educativo*</i>		Actividad de indagación	26 (53 %)
Educación infantil	2 (4,8 %)	Resolución de problemas	7 (14,2 %)
Primaria	7 (16,7 %)	Análisis de episodios de Ciencias	11 (22,4 %)
Secundaria	30 (71,4 %)	Uso de TICs	12 (24,5 %)
Formación docente	11 (26,2 %)	Rutinas de pensamiento	24 (49 %)
Universitario	9 (21,4 %)		

Notas. * Porcentaje calculado sobre el total de participantes que ejercían la docencia al momento del estudio (N=42). Se registraron todos los niveles donde ejercen la docencia. 40 % de los participantes ejercían la docencia en más de un nivel educativo. ** Se registraron todos los elementos innovadores implementados por cada docente. 53% de los participantes implementaron más de un elemento innovador en sus microclases.

Siguiendo la propuesta de la materia en la que se enmarca el estudio, los participantes incluyeron distintos elementos innovadores en sus microclases. Típicamente, éstas se centraron en una actividad de indagación, resolución de problemas o análisis de episodios de historia de las Ciencias, que además complementaron con el uso de TICs y/o rutinas de pensamiento (actividades breves de metacognición). En el Anexo 1 se detalla el contexto, temática y tipo de innovación de cada una de las microclases implementadas por los participantes, junto con sus datos demográficos.

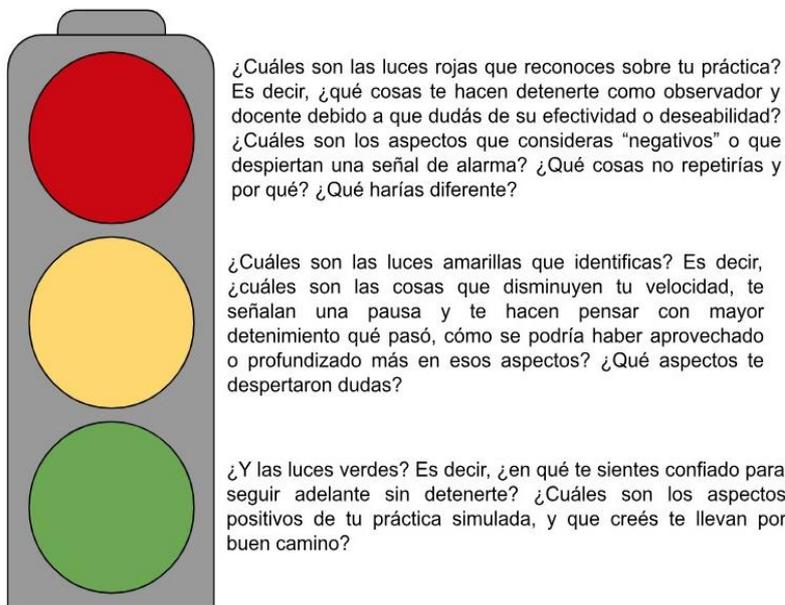
3.3. Recolección y análisis de datos

Se analizaron las 49 producciones escritas que los docentes compartieron en un Foro de intercambio tras haber implementado con su grupo de estudiantes la microclase que habían planificado, en respuesta a la rutina de pensamiento “Luces verdes, amarillas y rojas” (Richhart et al., 2014). Cada docente resolvió la rutina completa, cuya consigna se incluye en la Figura 1, indicando qué aspectos de su microclase asociaban con cada color de luz.

Se realizó un análisis temático del contenido de las reflexiones escritas, utilizando el enfoque de teoría fundamentada (Charmaz y Thornberg, 2021). Primero se leyeron las producciones de manera global, identificando las principales temáticas planteadas a través de una estrategia de codificación abierta. Luego, se realizó la codificación del contenido de los textos agrupados por color (verde, amarillo, rojo) para identificar patrones en la valoración de los aspectos señalados. Dentro de cada color, se identificaron temáticas comunes a través de un proceso de subcodificación, dando como resultado las categorías presentadas en el Cuadro 2.

Figura 1

Consigna rutina de pensamiento “Luces verdes, luces amarillas, y luces rojas”



Cuadro 2

Categorías resultantes del proceso de codificación y análisis

Dimensión	Categoría	Subcategoría
Luces verdes	Efectos positivos en los estudiantes	Motivación y curiosidad Nivel de participación en clase Aprendizaje
	Incorporación de elementos innovadores	Efectividad de los cambios/ nuevas estrategias y RR Repensar las prácticas habituales Deseo por sostener los cambios
Luces amarillas	Tiempo de clase	Dudas y errores en la estimación del tiempo al planificar Actividades demandaron más tiempo del previsto durante la implementación Actividades emergentes
	Respuesta ante la escasez de tiempo	Extender las actividades, desviándose de la planificación Diálogos apurados Coartar la participación
Luces rojas	Prever condiciones mínimas y planes alternativos	Problemas técnicos Disponibilidad de espacios
	Anticipar dinámicas de trabajo de laboratorio	Disponibilidad de recursos Prefiguración de dinámicas de trabajo

Para asegurar la validez y confiabilidad del análisis se llevó adelante un proceso iterativo de codificación en pareja, discutiendo los criterios utilizados hasta alcanzar un acuerdo del 100 % en los códigos y clasificaciones.

4. Resultados

El análisis de las reflexiones escritas reveló patrones respecto a lo que los docentes señalaron como luces verdes, amarillas y rojas en sus microclases, que aportan a comprender el proceso de planificación e implementación de innovaciones en la enseñanza de las Ciencias. A continuación, presentamos los resultados del estudio siguiendo la estructura de la rutina de pensamiento propuesta, incluyendo algunos

fragmentos de reflexiones que ilustran las tendencias identificadas en la totalidad de la muestra.

4.1. ‘Luces verdes’: Los efectos positivos en la motivación y los aprendizajes de los estudiantes marcan el camino

Entre las “luces verdes”, es decir, aquellos aspectos que los participantes valoraron de su microclase, lo primero que llamó la atención es que sistemáticamente hicieron referencia al impacto en sus estudiantes. En particular, según sus percepciones, la implementación de prácticas innovadoras generó efectos positivos en la motivación y curiosidad de los alumnos, en su nivel de participación en clase y en el aprendizaje. Esto los impulsó a repensar sus prácticas habituales y a querer sostener los cambios.

4.1.1. Cambios observados en los estudiantes

Muchos docentes hicieron hincapié en el aumento de la participación de los estudiantes en clase. Incluso, de aquellos que no suelen hacerlo habitualmente: “logré que participaran los chicos más conflictivos del curso” (docente 46) o “creo que dar espacio a que los alumnos expresen lo que les asombra da oportunidad a que intervengan alumnos que no suelen participar y que vean valorado su aporte” (Docente 12).

En esta línea, también hicieron referencia al interés y curiosidad que despertaron las propuestas en sus estudiantes. Un docente universitario, tras proponer una actividad de análisis de casos en equipos sobre la evolución, escribió: “Se los notó interesados y super curiosos sobre el tema. Lo pude observar durante la puesta en común y diálogo con el curso” (Docente 10).

Además, algunos manifestaron que tal interés y curiosidad trascendieron el aula, motivando a los estudiantes a seguir indagando sobre los fenómenos en otros contextos, tanto dentro como fuera de la escuela. Una docente de nivel secundario, tras programar una actividad experimental de análisis de la microbiología del suelo vinculado a su preservación, expresó:

La curiosidad que despertó en los chicos fue impresionante, instantáneamente querían realizar el experimento en otras partes de la escuela, así como también me dijeron que lo iban a repetir en sus casas. (Docente 21)

Además de los cambios de actitud, los docentes identificaron que sus propuestas, sobre todo cuando realizaron actividades de indagación, contribuyeron a enriquecer y consolidar las habilidades de pensamiento científico de sus estudiantes. Por ejemplo, en una clase de biología del profesorado, una docente implementó una actividad experimental sobre la fotosíntesis y luego compartió:

Sentí que los objetivos se cumplieron porque los alumnos pudieron reconocer las variables que manejaban, la importancia de los controles, del registro de datos. Algunos cuando les pregunté conclusiones preliminares según los resultados obtenidos se daban cuenta que no habían tomado un dato. (...) Quieren volver a intentarlo porque nos quedamos con la duda. (Docente 2)

4.1.2. La innovación en la enseñanza como motor de cambios

En general, los docentes asociaron explícitamente los cambios en las actitudes y aprendizajes de los estudiantes a la incorporación de elementos innovadores en sus prácticas. Por ejemplo, una docente de nivel primario planificó una clase centrada en la resolución de problemas vinculada a la preservación del ambiente, incorporando distintos recursos, y reflexionó sobre los efectos positivos que observó:

Me quedó resonando cómo se fueron generando distintos climas a lo largo de la clase. Empezamos con una pregunta que captó la atención, una película y

finalmente un momento de mayor “tensión” en el que reflexionaron sobre el impacto de nuestras acciones en la Tierra. Además me dio satisfacción que fueran apareciendo conceptos como esperaba. Ni que lo hubiera planificado. (Docente 7)

Algo similar apuntó un docente de nivel primario:

Creo que la forma de encarar la microclase (con videos, fotos y esquemas, discusión y puesta en común) fue dinámica, los estudiantes trabajaron mucho y muy bien, discutieron y expusieron ideas muy acertadas e interesantes. Esta forma de dar los contenidos (sin el famoso cuestionario aburrido) es mucho más potente y superadora. (Docente 13)

A pesar de que en general los participantes tenían amplia trayectoria docente, sus experiencias previas en la implementación de actividades experimentales o rutinas de pensamiento eran limitadas o nulas. En la gran mayoría de los casos, resaltaron los cambios positivos que generó su incorporación. Por ejemplo, una docente de nivel secundario sostuvo:

Quedé impresionada en lo efectiva que son las rutinas de pensamiento y cómo, cambiando nuestra manera de vincularnos e interactuar con preguntas como ‘¿Qué te hace decir eso?’ ‘¿Me podrías dar un ejemplo?’, ayudamos a que se geste la cultura del pensamiento. Reconozco que es un gran desafío, pero es sumamente motivador cuando observas que, al hacer pequeños ajustes bien pensados, planificados y a conciencia ayudas a mejorar el aprendizaje. (Docente 20)

Los docentes también repensaron sus prácticas habituales, identificando cambios en aspectos familiares, como el uso de preguntas. A modo ilustrativo, un docente de nivel secundario expresó: “Empecé a poner atención al tipo de preguntas que realizo a diario y me di cuenta que pueden resultar muy potentes si les damos una vuelta de tuerca.” (Docente 44) Además, muchos manifestaron que se proponen sostener en el tiempo lo aprendido y las transformaciones en sus modos habituales de enseñar, como refleja este testimonio:

Pude incorporar muchas herramientas como el uso de simuladores y ejercicios de metacognición. Incorporé una rutina que pretendo seguir utilizando siempre porque fue una experiencia muy exitosa que habilitó la autorregulación de los grupos de trabajo y la gestión del aula. (Docente 4)

4.2. ‘Luces amarillas’: Revisar la estimación y gestión del tiempo para favorecer la participación activa y el aprendizaje de los estudiantes

Las “luces amarillas” representan los aspectos que les generaron dudas a los docentes sobre la microclase, o que requieren analizar con mayor detenimiento. El aspecto al que mayormente hicieron referencia fue al tiempo de clase. Por un lado, describieron sus dudas y errores en la estimación del tiempo al planificar de la clase, asociados a su falta de experiencia en propuestas innovadoras. Además, encontraron que en su implementación las actividades demandaron más tiempo del previsto y surgieron nuevas oportunidades de indagación y discusión. En respuesta, mientras algunos docentes dedicaron más tiempo del planificado a las actividades, otros reflexionaron acerca de las dificultades que encontraron para otorgar el tiempo suficiente para su desarrollo, especialmente para promover diálogos auténticos, favorecer la participación activa y el aprendizaje de sus estudiantes.

4.2.1. De lo planificado a su implementación: Dificultades en la estimación del tiempo para actividades con mayor protagonismo de los estudiantes

Los docentes destacaron que estimar con precisión el tiempo al planificar fue desafiante. En general, plantearon planes de clase demasiado ambiciosos en términos

de la cantidad y tipos de actividades propuestas y el tiempo disponible para su desarrollo. Un docente de secundario describió:

Planificar tres actividades en 30 minutos no fue lo más adecuado. Una rutina de pensamiento como actividad introductoria, una propuesta de análisis de casos y una actividad metacognitiva fue demasiado. Lo que identifiqué como algo urgente a mejorar es tener más noción del tiempo necesario para las actividades y el abordaje de contenidos. (Docente 10)

En muchos casos, la dificultad para anticipar el tiempo necesario para las actividades estuvo asociada a la inexperiencia de los docentes en propuestas que implicaran mayor participación de los estudiantes: “Me cuesta mucho darme cuenta si puedo abarcar las actividades en la clase o no” (Docente 13), expresó un profesor de nivel secundario.

Además, algunos plantearon que los estudiantes tampoco estaban familiarizados con este tipo de actividades, lo cual redundó en la dilatación de los tiempos de implementación. Por ejemplo, después de llevar adelante una actividad experimental sobre electrostática, una docente describió:

Considerando que son estudiantes de 1° año que nunca hicieron ningún tipo de experiencia práctica, manejar el nivel de ansiedad, de curiosidad, de interrogantes, fue atroz. Perdí alrededor de 5-7 minutos para organizar la clase, así que ya sabía que el tiempo estipulado sería extendido. (Docente 15)

La distancia entre lo planificado y su puesta en acto con relación al tiempo fue un aspecto en común sobre el que los docentes se detuvieron a reflexionar: “No pude cumplir con lo estipulado para el inicio de la clase. La discusión generada en torno a las observaciones también tomó más tiempo y restó espacio para las conclusiones” (Docente 31).

Como éste, muchos docentes indicaron que durante su implementación las actividades demandaron más tiempo del previsto. Como plantearon entre las luces verdes e ilustra el siguiente fragmento, esto estuvo asociado a que las actividades promovieron la participación e interés de los estudiantes:

La principal cuestión a revisar son los tiempos. Durante la implementación, los estudiantes tuvieron que dedicar más tiempo del planificado a cada actividad. Esto se debió fundamentalmente a su motivación y profundidad de análisis. (Docente 4)

Estos testimonios reflejan que, aunque podría considerarse evidente, aparece como novedad para los docentes que las propuestas participativas demandan más tiempo que métodos transmisivos tradicionales, lo que implica la necesidad de ajustar la planificación.

4.2.2. Entre la planificación como hipótesis de trabajo y los “diálogos apurados”: Tensiones al gestionar actividades participativas para promover el aprendizaje

Muchos docentes resolvieron la tensión entre la planificación y su implementación con cierta flexibilidad, optando por extenderse en la dedicación de tiempo prevista. Como expresó un docente de Biología de nivel secundario: “Durante mi clase seguir al pie de la letra el plan no fue una opción viable. Mis cursos son muy curiosos y, además de consultar, necesitaron más tiempo del pautado, extendiéndose la clase a casi 60 minutos” (Docente 10). Similarmente, otro colega compartió: “Tenía planificada una clase de 45 minutos y tardé hora y media. Si bien controlé los tiempos, como las actividades implicaban trabajo en grupo y puesta en común, les dí más tiempo para responder y discutir” (Docente 13).

Además, en algunos casos agregaron actividades a partir de las preguntas de profundización de los contenidos o propuestas para la experimentación de los

estudiantes. Por ejemplo, una docente improvisó parte de la actividad por demanda de sus estudiantes: “Cuando los estudiantes comenzaron a realizar la observación, me pidieron que colocase los vasos en la luz solar, lo cual no tenía previsto. La curiosidad de ellos me llevó a hacerlo, llevándome a destinar más tiempo a la actividad” (Docente 28).

En cambio, otros docentes reflexionaron acerca de las limitaciones que encontraron al sentirse apremiados por el tiempo. Algunos recortaron u omitieron ciertas actividades, como puestas en común: “Los grupos pudieron llegar a conclusiones, pero faltó tiempo para una puesta en común más entre pares. Siempre por falta de tiempo suelo recortar ese espacio para la creación de ideas, que es algo que tengo que mejorar” (Docente 21). Otros plantearon que desaprovecharon oportunidades para ahondar en las ideas de los estudiantes: “Me quedaron ganas de seguir repreguntando y desmenuzando algunas ideas de los estudiantes para resolver el desafío. La próxima vez dejaría el tiempo de lado y me detendría más en estos intercambios.” (Docente 26). En tercer lugar, ciertos docentes se dieron cuenta de que apuraron ciertos procesos, como la formulación de preguntas, que los estudiantes puedan pensar por sí mismos y generar diálogos auténticos a partir de la escucha de sus respuestas.

Los “diálogos apurados”, sin tiempo para que los alumnos puedan pensar las respuestas, aparecieron en varios relatos docentes: “Algo que me sorprendió, no precisamente de manera grata, es que algunos aspectos de mi forma de hablar, de preguntar, son un tanto acelerados.” (Docente 43). Otra colega apuntó: “¡No les di tiempo a los alumnos de contestar! ¡Contestaba todo yo! Hasta un alumno me dice: “profe, tranquila, espere a que pensemos y le respondemos. Está preguntando y contestando usted misma” (Docente 2).

Así, los docentes adquirieron una nueva conciencia acerca de las oportunidades perdidas y las posibles consecuencias de desoír a los estudiantes o apresurar los diálogos. La noción de planificación como hipótesis de trabajo en permanente construcción y revisión, sujeta a preguntas y tensiones inherentes a toda práctica educativa, apareció, tal vez, como el mayor aprendizaje de la actividad reflexiva. Así lo planteó un participante:

Uno planifica como hipótesis de trabajo una propuesta, pero lo que realmente define la práctica es lo que sucede en el momento de interacción con los otros y el objeto de estudio. Siempre aparece esa tensión entre el tiempo de la clase, hasta dónde preguntar, qué respuestas dar y qué profundizar a partir de lo nuevo que va aconteciendo y de la dinámica durante la clase. (Docente 26)

4.3. “Luces rojas”: Lo “no planificado” y la necesidad de anticipar planes alternativos y dinámicas de trabajo

Las “luces rojas” remiten a los aspectos “negativos”, que les generaron alguna señal de alarma a los docentes y que no repetirían o harían de manera diferente. Uno de los docentes sintetizó elocuentemente lo que encontramos como tendencia en las reflexiones al respecto: “Lo no planificado” (Docente 13). Los docentes en general hicieron referencia a no haber previsto ciertas condiciones mínimas necesarias para desarrollar las actividades, incluyendo cuestiones técnicas, la disponibilidad de espacios y recursos y la anticipación de las dinámicas de trabajo en el laboratorio.

4.3.1 Sin “planes B”: Cuestiones técnicas y necesidad de espacios

Uno de los desafíos comunes al que varios docentes hicieron referencia en sus reflexiones fue el mal funcionamiento o la falta de disponibilidad de los recursos que

se proponían utilizar durante las microclases. Por ejemplo, fueron frecuentes las alusiones a problemas de conectividad a Internet, que se convirtieron en un obstáculo:

La propuesta era visualizar el cerebro humano mediante una herramienta de realidad aumentada, que funciona con conexión a internet. En clase no se pudo establecer la conexión, así que solo algunos alumnos que disponían de datos en sus dispositivos pudieron hacerlo. (Docente 20)

También hicieron referencia a otros problemas técnicos:

Las actividades planificadas consideraban herramientas digitales que no funcionaron como esperaba. Al utilizar muros virtuales, lo interesante es ir completando la información a medida que van trabajando, pero no funcionó el proyector. (Docente 4)

Además, se encontraron referencias a la falta de espacio como limitación para el desarrollo de las actividades y a la necesidad de pensar en escenarios alternativos: “El espacio es un tema a repensar cuando quiero hacer actividades en equipos. Si bien trabajaron con entusiasmo, por momentos estaban algo incómodos por la falta de espacio” (Docente 6). En términos similares, una colega de nivel superior escribió: “Lo que me detiene a pensar es el espacio disponible y su distribución. Tal vez podría realizar los talleres en lugares más abiertos” (Docente 36).

Estos testimonios sugieren que realizar actividades innovadoras puede ser desafiante en contextos de recursos insuficientes, como sucede en muchas instituciones educativas. Esto se acentúa cuando los docentes no tienen previstas alternativas ante eventuales problemas técnicos u otras limitaciones. Si bien garantizar la disponibilidad, adecuación y correcto funcionamiento de los recursos en los que se basa la clase puede parecer algo sabido, sobre todo para docentes experimentados, fue recién en la práctica y su reflexión posterior cuando se dieron cuenta de su importancia.

4.3.2. Anticipar las dinámicas del trabajo de laboratorio

Otro aspecto recurrente entre las “luces rojas” fue la falta de previsión de la disponibilidad de recursos y la prefiguración en detalle de las dinámicas de trabajo en actividades experimentales. Muchos docentes reflexionaron acerca de las dificultades que encontraron, frente a la escasez de materiales de laboratorio, al no haber planificado actividades que los estudiantes pudieran realizar en simultáneo mientras accedían por turnos a los materiales. Por ejemplo, tras implementar una experiencia centrada en la observación de la estructura celular, un docente de nivel secundario escribió:

Solo tengo dos microscopios y los estudiantes estaban ansiosos por usarlos, así que se generó cierto desorden. Todos los estudiantes se agolparon en la mesa de actividades para mirar por el microscopio y no siguieron las consignas. (Docente 5)

Otra docente describió las dificultades en la gestión de aula por la escasez, en este caso, de balanzas:

Para la actividad dividí a los estudiantes en 5 grupos de 6 integrantes. Solamente contábamos con una balanza, por lo que debían turnarse y esperar. Eso no favoreció la concentración, ya que mientras esperaban se distraían, y los grupos que terminaron primero se pusieron a jugar. (Docente 19)

Estas dificultades estuvieron asociadas a que mayoritariamente los docentes no estaban habituados a proponer actividades de indagación que, a diferencia de clases expositivas o experiencias demostrativas, demandan que los estudiantes manipulen y observen de manera directa los fenómenos.

Así, surge de las reflexiones que transformar las prácticas implica que los docentes aprendan a considerar aspectos que no habían tenido en cuenta antes. Pero, además, varios participantes plantearon que los estudiantes tampoco estaban habituados a estas prácticas, incluyendo el manejo de materiales de laboratorio y tecnologías digitales, lo que se presentó como un obstáculo y los detuvo a pensar:

La intención fue interactuar con algunas herramientas digitales. Al grupo con el que trabajé le costó manejar algunas de ellas, en especial el Miro para armar redes conceptuales. Quizás es algo que se deba trabajar antes o en otras asignaturas, para poder sacarle el jugo. (Docente 17)

El hecho de que aprender a usar herramientas nuevas (de cualquier índole) requiere tiempo y enseñanza intencional y sistemática apareció como revelación para los docentes al reflexionar sobre su microclase. Como planteó una docente: “Los chicos están bastante acostumbrados a que se les den todas las respuestas y les cuesta razonar solos. Necesitan tiempo para familiarizarse con las propuestas” (Docente 21).

Con todo, las reflexiones sobre las luces rojas hablan de la necesidad de trabajar con los docentes, aún aquellos experimentados, sobre la capacidad de representarse las situaciones de enseñanza durante la planificación, incluyendo la elaboración de planes alternativos contemplando posibles dificultades e imprevistos y lo que van a estar haciendo sus estudiantes en cada momento de la clase. Además, es importante considerar cuán habituados están tanto los docentes como sus estudiantes a los tipos de actividades y recursos que se proponen y brindarles el apoyo correspondiente.

5. Discusión y conclusiones

En este estudio, buscamos comprender los procesos de transformación de las prácticas de enseñanza de las Ciencias mediante el análisis de reflexiones docentes tras planificar e implementar una microclase con elementos innovadores, alineados con las buenas prácticas en el área para promover el desarrollo de competencias y la participación activa de los estudiantes (i.e. actividades de indagación, resolución de problemas, metacognición e inclusión de TICs). Realizamos un análisis temático de las reflexiones escritas de 49 educadores de Ciencias que cursan un posgrado universitario, identificando las fortalezas, áreas a analizar y aspectos a modificar de sus microclases mediante la rutina de pensamiento “Luces verdes, amarillas y rojas”.

Observamos que los docentes unívocamente destacaron, como “luces verdes”, los efectos positivos de sus microclases en las actitudes y aprendizajes de los estudiantes. Señalaron que las actividades prácticas y el abordaje de fenómenos cotidianos generaron creciente participación, interés y entusiasmo en sus estudiantes, que incluso se tradujeron en una disposición para seguir explorando y aprendiendo más allá del aula y la escuela, y contribuyeron a la comprensión de conceptos y al desarrollo de competencias científicas.

Esto es relevante, por un lado, porque habla de la generación de un clima de clase favorable, asociado a estilos de enseñanza innovadores, que fomentan la participación y emociones positivas en los estudiantes, como caracteriza Villanueva (2020), quien además señala la importancia de abrir espacios para la reflexión docente incluyendo estas dimensiones. También es un hallazgo alentador, consistente con otros estudios que indican que la incorporación de metodologías activas y el abordaje de cuestiones sociocientíficas mejora las actitudes y comprensión de los estudiantes (Queiruga-Dios, 2020), considerando la importancia de fomentar actitudes positivas hacia las Ciencias y las carreras científicas y fortalecer la alfabetización científica para la formación de una ciudadanía activa y competente en el contexto actual y futuro (UNESCO, 2016) y los

desafíos que usualmente implica promoverla en los sistemas educativos de muchos países del mundo (Furman, 2020).

Además, resulta significativo que los docentes asociaron los efectos percibidos en los estudiantes directamente con los cambios que introdujeron en sus modos de enseñar habituales, como pruebas de su desarrollo profesional y motor para sostener lo aprendido y seguir repensando sus prácticas. A partir de la implementación de la microclase y su reflexión posterior, reconocieron que son capaces de transformar de manera efectiva y con buenos resultados sus prácticas, en sus contextos reales de trabajo. Esto es importante, porque la percepción que tienen los docentes sobre sus habilidades para llevar adelante una tarea, alcanzar un objetivo o superar desafíos, conocida como “autoeficacia” (Bandura, 1977), impacta en que efectivamente lo logren, en su motivación, resiliencia e innovación (Gil Flores, 2016). Es decir, es posible que los docentes participantes estén más confiados y proclives a sostener este tipo de prácticas innovadoras.

No obstante, de las reflexiones docentes también surge que innovar implica desafíos y contratiempos. Entre las “luces amarillas”, plantearon sus dudas e inseguridades respecto a la estimación del tiempo de clase y las tensiones entre lo planificado y lo implementado al llevar adelante actividades participativas. Como “luces rojas”, señalaron la falta de previsión de planes alternativos ante eventuales problemas técnicos y en contextos de escasez de recursos y las dificultades que encontraron al no haber anticipado las dinámicas de trabajo.

Si bien cada color de luz tiene su particularidad, en conjunto apuntan a la identificación de errores o dificultades en la instancia de planificación, llevando a problematizar su función y la importancia de brindar mayor apoyo a los docentes sobre este aspecto. Frecuentemente, la planificación no representa un instrumento de trabajo real sino una formalidad para otros, una instancia burocrática de control. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que utilizada en el marco de un dispositivo de implementación y reflexión estructurada puede constituirse en herramienta de trabajo profesional.

El análisis de las reflexiones de los docentes reveló que, incluso aspectos que parecían muy básicos, como la gestión del tiempo o los recursos, no habían sido considerados en la planificación y esto les trajo problemas. Recién en la práctica y su reflexión posterior pudieron identificarlos y advertirlos, sobre todo al considerar cómo pueden perjudicar el desarrollo de las actividades y la consecución de sus objetivos. Por ende, este resultado da cuenta de la importancia de exponer a docentes a instancias de ensayo situadas en sus propios contextos de trabajo, con reflexiones posteriores que les permitan darse cuenta de aquello no planificado (incluso lo pequeño, lo aparentemente trivial) y su impacto en el resultado de una clase, así como la necesidad de darles el espacio para anticipar modos de resolver las dificultades en una futura instancia.

Una limitación de este estudio, basado en una estrategia cualitativa, es que no analiza la posible incidencia de factores asociados a las características y procesos de innovación de la enseñanza, como el género, edad, tipo de formación y antigüedad de los docentes, ni variables institucionales, que otros estudios han señalado como elementos fundamentales que determinan la innovación docente (Monge y Gómez, 2023). Si bien los patrones entre los aspectos que los docentes de la muestra en su conjunto identificaron para cada color de luz fueron claros y contundentes, contemplar dichos factores puede ser una interesante línea para profundizar la investigación en el futuro.

Otra limitación, como en otras investigaciones que parten de las reflexiones de los participantes, es que nuestros datos surgen de textos que elaboraron los docentes en primera persona y por ende desde su punto de vista. No se analizaron otras evidencias

acerca de los modos en que se llevaron adelante las prácticas ni los efectos en los estudiantes.

Aun así, aporta importantes conclusiones acerca de los procesos de reconfiguración de las prácticas. Entender la innovación desde la perspectiva de los docentes, agentes esenciales de cualquier proceso de transformación de la enseñanza, identificando lo que les sucede en las aulas, es esencial para cerrar la brecha entre la teoría y la práctica, con implicancias relevantes para el desarrollo profesional docente y la inclusión de innovaciones pedagógicas, tanto en cuanto a los contenidos como los dispositivos de trabajo. Respecto a los contenidos, muestra la importancia de dar orientaciones y apoyo sobre aspectos que podrían parecer elementales para docentes en ejercicio, como la planificación cuidadosa de los tiempos, la organización del espacio, la gestión del aula y las dinámicas de trabajo y la disponibilidad y distribución de los materiales, especialmente cuando se trata de introducir actividades novedosas.

En cuanto a la forma, nuestro estudio contribuye a la literatura que da evidencias del valor de la práctica reflexiva como enfoque potente para la formación inicial y continua de los docentes. En particular, habla del potencial de las microclases para favorecer la transformación de las prácticas de manera paulatina y concienzuda, focalizándose en la adquisición y puesta en acto de saberes y competencias profesionales en situaciones controladas. Sobre todo, porque habilitan que los docentes observen, analicen y reflexionen sobre su propio desempeño, implicancias y efectos, contribuyendo a la comprensión y control sobre sus prácticas y acciones futuras hacia la mejora continua (Anijovich et al., 2009).

En este sentido, nuestros hallazgos dialogan con otros antecedentes a nivel internacional y local. Por ejemplo, en una investigación en la que participaron 97 docentes de Ciencias en formación de una universidad de Turquía, Bakir (2014) encontró que las microclases tuvieron efectos positivos en sus estudiantes y en la autoconfianza de los docentes, así como también en habilidades de enseñanza específicas, incluyendo la gestión del aula, del tiempo y la planificación, que en nuestro caso se presentaron como especialmente desafiantes. Con algunos interesantes puntos en común, Pujol-Cols y cols. (2023) dan cuenta del poder de las microclases para favorecer el conocimiento profesional de futuros profesores, incluyendo nuevamente un especial énfasis en la planificación y la gestión del tiempo, a partir del análisis del diario de formación de un futuro docente de Química de una universidad argentina. También Fabbi y cols. (2013) brindan evidencias acerca del potencial de las microclases para explorar las experiencias de enseñanza de manera consciente, según reconocen los propios practicantes del profesorado en Psicología que participaron de la investigación.

Al respecto, más allá de las similitudes y algunas diferencias en los hallazgos de las diferentes investigaciones, cabe resaltar que la literatura que indaga sobre las características y efectos de las microclases están mayormente centradas en la formación inicial. Así, nuestro estudio contribuye a expandir la exploración de este dispositivo de práctica reflexiva en el desarrollo profesional de docentes en ejercicio (incluso con años de experiencia en el aula) para la transformación de sus prácticas.

Además, nuestro estudio apunta al potencial del uso de herramientas de reflexión estructuradas, como la rutina “Luces verdes, amarillas y rojas”. Este tipo de herramientas, de uso sencillo, permite abordar la complejidad de una situación de enseñanza, poniendo énfasis en sus claroscuros, sus aspectos positivos y aquellos que requieren una revisión más profunda. Como revelan los resultados, innovar puede generar frustraciones en los docentes, que los desanimen a seguir probando nuevas

prácticas con sus alumnos. Así, el análisis usando la rutina del semáforo (particularmente con el color amarillo, que habilita identificar dudas y aspectos a revisar, pero sin considerarlos fracasos), ayuda a salir de una concepción binaria de “éxito o fracaso” de una práctica, da la posibilidad de seguir intentando y potencialmente favorecer el hábito de la reflexión sobre la práctica. En palabras de una docente del estudio:

El hecho de saber que hay cosas por mejorar, reconocer nuestras debilidades y fortalezas, ser conscientes de aquello que no se debería repetir creo que son los aspectos que me llevan por buen camino, es importante saber hacia dónde queremos llegar, trabajar sobre las partes difíciles, errar y acertar muchas veces hasta lograr una verdadera transformación de nuestras prácticas de enseñanza.

Estamos en un momento de cambios sociales y ambientales profundos, que requieren compromiso y acción. Retomando el inicio de este artículo, la necesidad de lograr una población científicamente alfabetizada que pueda participar de manera plena y consciente de los debates y desafíos actuales que se generan en la íntima conexión entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente, requiere de cambios profundos en la enseñanza. Por eso, comprender los procesos de transformación pedagógica de los docentes para acompañarlos hacia una práctica más desafiante, participativa y que logre el aprendizaje de las competencias necesarias para la ciudadanía en el siglo XXI es una cuestión fundamental y urgente. Este trabajo pretende aportar a la construcción de ese camino.

6. Referencias

- Aduriz Bravo, A. (2020). *Innovative strategies for science teaching*. Nova Science Publishers.
- Anijovich, R., Cappelletti, G., Mora, S. y Sabelli, M. (2009). *Transitar la formación pedagógica. Dispositivos y estrategias*. Paidós.
- Bakır, S. (2014). The effect of microteaching on the teaching skills of pre-service science teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 13(6), 789-801.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioural change. *Psychological Review*, 84, 191-215. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.2.191>
- Bernabé, D. (2021). *Ya estábamos al final de algo. El origen de la crisis de la posmodernidad*. Bruguera.
- Charmaz, K. y Thornberg, R. (2021). The pursuit of quality in grounded theory. *Qualitative Research in Psychology*, 18(3), 305-327. <https://doi.org/10.1080/14780887.2020.1780357>
- Chen, L. y Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review*, 32, 100377. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100377>
- Colonia, S. C., Fuster-Guillén, D., Castro, A. S., Leyva, H. W. M. y Ramírez, T. V. C. (2021). Scientific literacy: A key part of school contexts. *Revista Tempos e Espaços em Educação*, 14(33), e15611. <https://doi.org/10.20952/revtee.v14i33.15611>
- Cols, E., Amantea, A., Basabe, L. y Fairstein, G. (2012). La definición de propósitos y contenidos curriculares para la enseñanza de las ciencias naturales: Tendencias actuales y perspectivas. *Praxis Educativa*, 10, 50-67.
- Costa, S. L. R., Broiatti, F. C. D. y Passos, M. M. (2020). The levels and nature of pre-service chemistry teachers' reflections in a public university in southern Brazil. *Problems of Education in the 21st Century*, 78(2), 147-162.
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E. y Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.
- Davis, K. S. (2003). Change is hard: What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices. *Science Education*, 87(1), 3-30.

- Fabbi, M.V., Lescano, M. y Palacios, A. (2013). Una aproximación a la microclase como dispositivo para la formación de profesores. En VVAA. (Coords.), *Memorias del V Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología* (pp. 142-144). Universidad de Buenos Aires.
- Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change*. Routledge.
- Furman, M. (2020). *Aprender ciencias en las escuelas primarias de América Latina*. UNESCO.
- Gil Flores, J. (2016). Variables asociadas a la autoeficacia percibida por el profesorado de ciencias en educación secundaria. *Revista de Educación*, 373, 85-108.
- Harlen, W. (2013). Inquiry-based learning in science and mathematics. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 7(2), 9-33. <https://doi.org/10.26220/rev.2042>
- Martínez Valdivia, E., Pegalajar Palomino, M. C. y Burgos García, A. (2023). Metodologías activas para el desarrollo sostenible en la formación docente. Análisis bibliométrico. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 12(2), 191-211. <https://doi.org/10.15366/riejs2023.12.2.011>
- Monge, C. y Gómez, P. (2023). Diferencias en factores de innovación en profesores de ciencias y matemáticas en ESO. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 21(4), 87-109. <https://doi.org/10.15366/reice2023.21.4.005>
- Otsupius, I. A. (2014). Micro-teaching: A technique for effective teaching. *African Research Review*, 8(4), 183-197.
- Pujol-Cols, T. H., García, M. B. y Cutrera, G. (2023). Desarrollo Profesional en el contexto de la formación docente inicial. Un estudio de caso centrado en la microclase como dispositivo formativo. *Revista Binacional Brasil-Argentina: Diálogo entre as Ciências*, 12(01), 340-361.
- Queiruga-Dios, M. Á., López-Iñesta, E., Diez-Ojeda, M., Sáiz-Manzanares, M. C. y Vázquez Dorrió, J. B. (2020). Citizen science for scientific literacy and the attainment of sustainable development goals in formal education. *Sustainability*, 12, 4283. <https://doi.org/10.3390/su12104283>
- Ramos Araya, M. C, Castillo Castillo, B. y Godoy Villanueva, C. M. (2023). Science for citizenship: Advances to face the challenges of training scientifically literate citizens in Chile. *Educación*, 32(63), 5-20. <https://doi.org/10.18800/educacion.202302.a001>
- Ritchhart, R., Church, M. y Morrison, K. (2014). *Hacer visible el pensamiento. Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes*. Paidós.
- Roldán-Arcos, S., Pérez Martín, J. M. y Esquivel-Martín, T. (2022). Educación para la justicia ambiental: ¿Qué propuestas se están realizando? *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 11(2), 12-27. <https://doi.org/10.15366/riejs2022.11.2.001>
- Tan, E. y Calabrese Barton, A. (2018). Towards critical justice: Exploring intersectionality in community-based STEM-rich making with youth from non-dominant communities. *Equity & Excellence in Education*, 51(1), 48-61. <https://doi.org/10.1080/10665684.2018.1439786>
- UNESCO. (2016). *Declaración de Incheon y marco de acción para la realización del objetivo de desarrollo sostenible 4*. UNESCO.
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation. *Science & Education*, 30, 557-587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- Villanueva, R. K. (2020). Clima de aula en secundaria: Un análisis entre las interacciones de estudiantes y docentes. *Revista Peruana de Investigación Educativa*, 12(12), 187-216. <https://doi.org/10.34236/rpie.v12i12.178>

Anexo

Cuadro A.1

Contexto, temática y tipo de innovación de las microclases implementadas según datos demográficos de los participantes del estudio

G	País	Campo	Ámbito	Contexto	Temática	Tipo de innovación
M	Argentina	Ciencias Naturales y Exactas (PhD Química)	Nivel universitario	Posgrado universitario en Biología	Fuerzas.	Historia de las Ciencias. Rutinas de pensamiento.
M	Argentina	Pedagógico (Profesorado en Cs.Naturales)	Formación Docente	3º año	Fotosíntesis. Control de variables	Indagación. Uso de TICs.
M	Argentina	Pedagógico (Profesorado en Biología)	Nivel secundario y Formación Docente)	6º año	Genética. Biotecnología y producción agropecuaria	Rutinas de pensamiento
M	Uruguay	Pedagógico (Profesorado en Ciencias Naturales)	Nivel secundario	2º año	Soluciones. Análisis de datos	Resolución de problemas, Uso de TICs, Rutinas de pensamiento
M	Argentina	Ciencias Naturales y Exactas (Lic. en Biología)	Nivel secundario, universitario, Formación Docente y Jóvenes y Adultos	3º año	Materiales de laboratorio	Indagación
M	Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Nivel universitario	5º grado	Microorganismos. Levaduras. Diseño experimental	Indagación
M	Argentina	Pedagógico (Profesorado en Nivel Primario)	Nivel primario	6º grado	La Tierra y el Universo. Sistema solar	Resolución de problemas, Uso de TICs, Rutinas de pensamiento
M	Chile	Pedagógico (Lic. en Educación)	Nivel primario y Formación Docente	2º grado	Clasificación de animales	Indagación
M	Argentina	Ciencias Naturales y Exactas (Lic. en Bioquímica)	Nivel primario y universitario	7º grado	Energía. Rozamiento. Formulación de hipótesis	Resolución de problemas, Uso de TICs
V	Argentina	Pedagógico (Profesorado en Biología)	Nivel secundario	2º año	Evolución	Rutinas de pensamiento
M	Argentina	Ciencias Naturales y Exactas (Lic. en Biología)	Nivel universitario	Nivel universitario	Microbiología del aire y superficies	Indagación
M	Argentina	Ciencias Naturales y Exactas (Lic. en Biología)	Nivel primario y secundario	1º año	Respiración celular	Historia de las Ciencias.
V	Argentina	Ciencias Naturales y Exactas (Lic. en Biología)	Nivel secundario y universitario	2º año	Ciclo celular; Mitosis y meiosis	Indagación, Rutinas de pensamiento

M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Ciencias de la Educación)	Nivel primario	Maestría en Educación	Didáctica de las Ciencias Naturales	Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Nivel secundario, Formación Docente y universitario	Nivel secundario	Electroestática	Indagación
V Chile	Ciencias Naturales y Exactas (Ingeniería en Agronomía)	Formación de formadores	Nivel universitario	Didáctica de las Ciencias Naturales	Indagación, Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Ciencias Naturales)	Nivel secundario	2º año	Evolución. Origen de las especies	Uso de TICs
M España	Ciencias Naturales y Exactas (Lic. en Biología)	ONG	3-6º grado	Fotosíntesis	Indagación, Rutinas de pensamiento, Uso de TICs
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Nivel secundario	2º grado	Principio de conservación de la masa	Indagación
M Argentina	Pedagógico (Profesorado Biología)	Nivel secundario)	3º año	Sistema nervioso	Resolución de problemas, Uso de TICs, Rutinas de pensamiento
M Uruguay	Pedagógico (Profesorado en Química)	Nivel secundario	2º año	Microbiología del suelo	Indagación, Rutinas de pensamiento
V Argentina	Pedagógico (Profesorado en Biología)	Nivel secundario	4º año	Utilización y transformación de la materia y la energía	Historia de las Ciencias, Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Educación infantil)	Dirección de institución educativa	Educación Infantil	Flotación	Uso de TICs
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Ciencias Naturales)	Nivel secundario	4º año	Soluciones	Indagación
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Nivel secundario	1º año	El agua. Propiedades. Potabilización	Resolución de problemas, Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Equipo técnico	1º año	Uniones químicas. Diseño experimental	Indagación
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Biología)	Formación Docente	2º año	Ciclo celular; interfase	Resolución de problemas, Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Biología)	Nivel secundario	1º año	Características de los seres vivos. Fotosíntesis	Indagación
M Argentina	Ciencias Naturales y Exactas (Lic. y Dirección	Nivel universitario	5º año	Ley de conservación de la masa.	Historia de las ciencias, Rutinas de pensamiento

	en Bioquímica)	de institución educativa		Estequiometría de reacción	
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Nivel Primario)	Nivel primario y Formación Docente	5° grado	Alimentación saludable	Resolución de problemas, Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Nivel secundario	3° año	Reacciones químicas. Combustión. Diseño experimental	Indagación, Uso de TICs
M Chile	Pedagógico (Lic. en Ciencias de la Educación)	Docencia (Educación infantil)	Profesora do en Educación Infantil	Astronomía. Historia de la ciencia	Historia de las Ciencias, Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Formación Docente	2° año	Estados de la materia (líquido). Densidad y viscosidad. Hipótesis	Indagación
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Nivel secundario y Jóvenes y Adultos	5° año	Soluciones	Indagación
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Nivel secundario y Formación docente	2° año	Sistemas materiales. Transformaciones físicas y químicas	Indagación, Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Ciencias de la Educación)	Nivel secundario y Formación docente	4° año	Sonido.	Resolución de problemas
M Uruguay	Pedagógico (Profesorado en Biología)	Nivel secundario	6° año	Circulación sanguínea	Historia de las ciencias, Rutinas de pensamiento
M México	Pedagógico (Lic. en Ciencias de la Educación)	Nivel primario, secundario y universitario	3° año	Propiedades de la materia. Diseño experimental	Indagación, Rutinas de pensamiento
M Perú	Humanidades y Ciencias Sociales (Lic. en Psicología)	Formación de formadores	6° grado	Materia y energía. Calor.	Indagación
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Biología)	Nivel secundario y Formación docente	3° año	Metabolismo celular. Fermentación. Diseño experimental	Indagación
V Argentina	Pedagógico (Profesorado en Ciencias Naturales)	Nivel secundario	1° año	Tratamiento de residuos	Resolución de problemas
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Nivel secundario	3° año	Historia de la ciencia	Historia de las ciencias, Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Biología)	Nivel secundario	3° año	Evolución	Uso de TICs, Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Biología)	Nivel secundario	3° año	Reproducción y respiración	Indagación, Rutinas de pensamiento

				Levaduras. Diseño experimental	
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Química)	Formación Docente	Secundaria para Jóvenes y Adultos	Conservación de la masa. Oxidación.	Historia de las ciencias, Rutinas de pensamiento
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Biología)	Nivel secundario	5º año	Vacunas	Historia de las ciencias, Rutinas de pensamiento
V Argentina	Ciencias Naturales y Exactas (Veterinaria)	Nivel secundario	6º año	Diseño experimental	Indagación
V Argentina	Pedagógico (Profesorado en Física)	Nivel secundario	2º año	Electricidad	Indagación, Uso de TICs
M Argentina	Pedagógico (Profesorado en Ciencias Naturales)	Nivel secundario	4º año	Alimentación saludable. Trastornos y enfermedades alimenticios	Resolución de problemas, Rutinas de pensamiento

Breve CV de las autoras

Melina Furman

Licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad de Buenos Aires y Magíster y Doctora en Educación de la Universidad de Columbia. Profesora Investigadora de la Escuela de Educación de la Universidad de San Andrés e investigadora del CONICET. Codirectora de la Especialización en Educación en Ciencias Naturales de la UdeSA. En los últimos 20 años viene escribiendo, coordinando programas, enseñando, formando docentes e investigando sobre cómo generar entornos que potencien la curiosidad, la creatividad y el pensamiento crítico desde la infancia hasta la vida adulta, trabajando con escuelas, Ministerios de Educación y organizaciones de toda América Latina. Tiene una extensa trayectoria en la popularización de la ciencia y la educación, y es autora de numerosas publicaciones académicas y libros de su especialidad. Email: mfurman@udesa.edu.ar

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9610-6082>

Mariana Luzuriaga

Licenciada y Profesora en Ciencias de la Educación de la Universidad de San Andrés. Actualmente es candidata a doctora en Educación como becaria CONICET. Integra el equipo del Programa de Educación en Ciencias desde 2014, participando en diversos proyectos de investigación y desarrollo profesional docente vinculados a la enseñanza de las Ciencias Naturales en todos los niveles educativos. Es coautora del libro *Aprender Ciencias en el jardín de infantes* (Aique, 2019), de artículos académicos y recursos didácticos en el área. Se desempeña como profesora en la Especialización en Educación en Ciencias de la UdeSA. Email: mluzuriaga@udesa.edu.ar

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4677-0097>