

Las habilidades científicas en la escuela primaria: un estudio del nivel de desempeño en niños de 4^{to} año

María Florencia Di Mauro¹, Melina Furman², Bettina Bravo³

flordimauro@gmail.com, mfurman@udesa.edu.ar, bbravo@fio.unicen.edu.ar

¹ Departamento de Educación Científica. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3250, Mar del Plata. Argentina.

² CONICET - Escuela de Educación. Universidad de San Andrés, Vito Dumas 284, Victoria, Buenos Aires, Argentina.

³ CONICET – Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Av Del Valle 5737 Olavarría, Buenos Aires. Argentina.

Resumen

El desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes constituye una meta fundamental del currículo de ciencias naturales. Si bien se reconoce a la escuela primaria como una etapa fundacional para el aprendizaje de estas habilidades, en muchos países, incluida la región latinoamericana, las investigaciones y evaluaciones muestran que resta aún un largo camino por recorrer para alcanzar esta meta. Sin embargo, poco se conoce acerca de los puntos de partida y los procesos involucrados en el aprendizaje de estas habilidades. Este trabajo busca profundizar acerca del diagnóstico de habilidades científicas en niños de 4to año tomando como caso de estudio una escuela pública de la ciudad de Mar del Plata, Argentina, focalizando la mirada sobre las habilidades de diseño de experimentos e interpretación de resultados. Nuestro estudio revela que la habilidad de diseñar experimentos está prácticamente ausente en el grupo de niños evaluados, mientras que, para la habilidad de interpretación de resultados, existe una mayor variabilidad en el desempeño de los niños. Observamos también la fuerte presencia de teorías personales en los alumnos al momento de proponer un camino para responder a una pregunta investigable o fundamentar las conclusiones obtenidas. Estos datos resultan importantes para pensar estrategias y materiales de enseñanza acordes al punto de partida de los niños en relación a cada habilidad a enseñar, que les demanden confrontar sus teorías personales con nuevas evidencias y les permitan avanzar hacia niveles cada vez más complejos del pensamiento científico.

Palabras clave: habilidades científicas, análisis de resultados, diseño experimental, escuela primaria.

Scientific skills in primary school: a study of the level of performance in children of 4th grade.

Abstract

The development of scientific skills is an essential goal of the science curriculum in many countries. However, although the primary school years have been recognized as a foundation for the development of these skills, in many countries, including the Latin American region, research and assessments show that achieving this goal is still an elusive objective. Nevertheless, little is known about the processes involved in children's learning of these skills. This paper seeks to deepen our understanding on the development of scientific skills in 4th grade children, within the context of a public school in Argentina. It focuses on assessing children's performance in two basic scientific skills: experimental design and data analysis. Our study reveals that the ability to design valid experiments is virtually absent in the group of children tested, while there is greater variability in children's data analysis performance. We also noted that students use personal theories when supporting their conclusions from data and planning experiments. These results are important to inform the development of teaching strategies and curriculum materials that foster students' development of more advanced levels of scientific thinking.

Keywords: scientific skills, data analysis, experimental design, elementary school.

Les compétences scientifiques à l'école primaire: une étude du niveau de performance en 4e enfants de qualité

Résumé

Le développement des compétences de raisonnement scientifique chez les élèves est une partie essentielle du programme d'études de la science dans de nombreux pays. Alors que l'école primaire est reconnue comme une étape fondamentale pour l'apprentissage de ces compétences dans de nombreux pays, notamment en Amérique, des enquêtes et des évaluations latines montrent qu'il reste un long chemin à parcourir dans cette direction. Cependant on sait peu sur les points de départ et les processus impliqués dans l'apprentissage de ces compétences. Ce travail vise à approfondir le diagnostic des compétences scientifiques chez les enfants la prise de 4e année comme une étude de cas d'une école publique dans la ville de Mar del Plata, en Argentine, en se concentrant son regard sur la conception d'expériences et l'interprétation des résultats. Notre étude montre que la capacité à concevoir des expériences est pratiquement absente dans le groupe d'enfants évalué, alors que dans le cadre de la capacité d'interpréter les résultats il existe une plus grande variabilité dans la performance des enfants. Nous notons également la forte présence de théories personnelles sur les élèves quand conclusions basant obtenus ou de proposer un moyen de répondre à une question recherchables. Ces données sont importantes à penser à des stratégies d'enseignement et des matériaux en ligne au point de départ des enfants par rapport à chacune des compétences à enseigner, exigeant qu'ils confrontent leurs théories personnelles avec de nouvelles preuves et permettent de se déplacer vers des niveaux de plus en plus complexes de la pensée scientifique.

Mots-clés: compétences scientifiques, analyse des résultats, la conception expérimentale, école primaire.

Competências científicas no ensino fundamental: um estudo do nível de desempenho em crianças do 4º ano

Resumo

O desenvolvimento do pensamento científico em habilidades de estudantes é um objetivo fundamental do currículo de ciências naturais. Enquanto é reconhecido para a escola primária como uma etapa fundamental para aprender essas habilidades, em muitos países, incluindo América Latina, investigações e avaliações mostram que permanece ainda um longo caminho a percorrer para atingir esse objetivo. No entanto, pouco se sabe sobre os processos envolvidos na aprendizagem dessas habilidades e pontos de partida. Este trabalho pretende aprofundar sobre o diagnóstico de competências científicas no 4º ano as crianças tomando-se como um estudo de caso de uma escola pública na cidade de Mar del Plata, Argentina, focando o olhar as habilidades de design de experimentos e interpretação dos resultados. Nosso estudo revela que a capacidade de projetar experimentos é praticamente ausente no grupo das crianças avaliadas, enquanto que para a capacidade de interpretação dos resultados, há maior variabilidade no desempenho das crianças. Também observamos a presença de teorias pessoais na época de estudantes a proporem uma forma de responder a uma pergunta pesquisável ou explicar os resultados. Estes dados são importantes para pensar estratégias e material didático de acordo com o ponto de partida das crianças em relação a cada habilidade para ensinar, que exigem-lhes para confrontar suas teorias pessoais com novas provas e permitir-lhes a avançar para níveis cada vez mais complexos do pensamento científico.

Palavras-chave: competências científicas, análise de resultados, delineamento experimental, ensino fundamental.

1. INTRODUCCIÓN

Desde fines del siglo XIX, cuando la ciencia ganó su primer lugar en el currículo escolar, se esperaba que su enseñanza impactara beneficiosamente en la cultura y en la vida de las personas no sólo por el conocimiento aprendido, sino también por el desarrollo de habilidades del pensamiento científico. En su libro "Historia de las ideas en educación en ciencias", George DeBoer (1991) relata que la inclusión de las ciencias naturales en el currículo escolar se basó en su potencial relevancia a la hora de fortalecer el intelecto. Pensadores de la época como Thomas Huxley sostenían que

el valor de la enseñanza de las ciencias naturales residía en la posibilidad de desarrollar en los estudiantes mecanismos de razonamiento poderosos que les permitieran comprender el entorno (DeBoer, 1991).

En esta línea, desde hace algunas décadas diversos especialistas enfatizan la importancia del desarrollo de habilidades científicas desde los primeros años de escolaridad, entendidas como modos de conocer especialmente relevantes en el marco del proceso de generación de conocimiento en las ciencias naturales y vinculadas con el desarrollo del pensamiento creativo,

crítico y autónomo (Arons, 1977; Harlen, 1999; Zimmerman, 2007). En el presente trabajo, en línea con los autores antes mencionados, se entiende como habilidad científica a la facultad de una persona de aplicar procedimientos cognitivos específicos relacionados con las formas en las que se construye conocimiento científico en el área de las ciencias naturales.

Actualmente, los currículos de muchos países plantean como objetivo la enseñanza de una serie de habilidades científicas, tales como la capacidad de analizar datos, de diseñar investigaciones para responder a una pregunta o de interpretar y crear modelos explicativos (CFCE, 2004; NGSS Lead States, 2013). En particular, se subraya el papel de la escuela primaria como etapa fundacional para sentar las bases del pensamiento científico en los alumnos, y se sostiene que mucho del éxito o fracaso de su aprendizaje futuro en el área de las ciencias dependerá de estos primeros años de formación (Furman y Podestá, 2009; Harlen, 1999; UNESCO, 2009).

En Argentina, los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (acuerdos de contenidos básicos de enseñanza para todos los alumnos del país) especifican diferentes habilidades científicas que la escuela debe enseñar. Por ejemplo, en el segundo ciclo de la escuela primaria (que se extiende aproximadamente desde los 9 a los 12 años), se estipula que “la escuela ofrecerá situaciones de enseñanza que promuevan en los alumnos y alumnas [...] la planificación y realización de exploraciones para indagar acerca de los fenómenos naturales y sus alcances [...]. Frente a la ocurrencia de determinados fenómenos, la formulación de “hipótesis” adecuadas a la edad y al contexto, comparándolas con las de los distintos compañeros y con algunos argumentos basados en los modelos científicos, y el diseño de diferentes modos de ponerlas a prueba. La elaboración de conclusiones a partir de las observaciones realizadas, la información disponible, datos experimentales, debates y confrontación de ideas en clase dando las razones que permiten sostenerlas” (p. 56, CFCE, 2004).

Sin embargo, las evaluaciones nacionales e internacionales y los resultados de la investigación educativa realizada al respecto, muestran consistentemente que el objetivo de que los alumnos desarrollen habilidades de pensamiento científico está lejos de ser alcanzado y que se hace necesario un replanteo de la enseñanza de las ciencias a nivel de todo el sistema educativo (OCDE, 2010; UNESCO, 2009).

Los resultados de las últimas evaluaciones PISA, que se aplica a estudiantes de 15 años, revelan más del 50% de los alumnos argentinos se encuentra en el nivel I o menor de competencias científicas, muy por debajo del mínimo establecido para una alfabetización científica básica (OCDE, 2010). En un panorama bastante sombrío para América Latina, en países como Argentina, Brasil y Colombia más de la mitad de los alumnos no pueden reconocer la variable que se mide en un experimento, diferenciar entre un modelo y el fenómeno que se modeliza o sacar conclusiones de experimentos sencillos.

En el nivel primario, el componente de ciencias del Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE), que evalúa a alumnos de 3ro y 6to grado de Latinoamérica y el Caribe, mostró que en el total de la región, solamente el 11,4% de los estudiantes de sexto grado alcanzaron el nivel III de desempeño, definido por la capacidad de “explicar situaciones cotidianas basadas en

evidencias científicas, utilizar modelos descriptivos para interpretar fenómenos del mundo natural, y plantear conclusiones a partir de la descripción de actividades experimentales” (UNESCO, 2009).

Este estado de la cuestión pone en evidencia la importancia de mejorar la enseñanza de habilidades científicas en el nivel primario. Para ello, consideramos un paso relevante conocer los niveles de desempeño de los niños de distintas edades en relación a las habilidades científicas presentes en el currículo de ciencias, un conocimiento que resulta clave para elaborar el diseño de materiales curriculares, programas de enseñanza y de formación docente para tal fin. Sin embargo, si bien desde la investigación en la didáctica de las ciencias experimentales se han realizado numerosos trabajos sobre las concepciones de los alumnos que indagaban acerca de sus saberes conceptuales (Benloch, 1984; Giordan y De Vecchi, 1999), menos se conoce acerca de las habilidades científicas presentes en alumnos de distintas edades y los procesos por los cuales estas capacidades se desarrollan (Kuhn y Dean, 2005).

El presente trabajo se plantea con el fin de contribuir a la línea de investigaciones que buscan comprender el desarrollo de habilidades científicas en niños de escuela primaria. Puntualmente indagamos acerca del nivel de desempeño que presentan alumnos de 4º año de educación primaria en relación a dos habilidades científicas: el diseño experimental y la interpretación de resultados.

2. MARCO TEÓRICO

La ciencia se considera hoy una actividad humana (Izquierdo, 2000) que busca dar sentido al mundo que nos rodea mediante ideas teóricas pero también atravesada por expectativas, valores, ideologías, prejuicios y sesgos culturales (Adúriz Bravo, 2005). De esta forma, en este trabajo partimos de la concepción de que las ciencias constituyen tanto un producto, entendido como el cuerpo de conocimientos y conceptualizaciones que ha sido generado a lo largo de la historia de la humanidad, como un proceso, es decir, un saber hacer que incluye el conjunto de habilidades y formas de pensar mediante las cuales este conocimiento se ha construido (DeBoer, 1991).

Entre las habilidades que conforman ese saber hacer de las ciencias, algunas fundamentales son la identificación de problemas, la formulación de preguntas investigables, la formulación de hipótesis y predicciones, el diseño y la realización de experimentos (y con ello la observación, medición, clasificación y seriación, recolección de datos, interpretación de resultados, elaboración y comunicación de conclusiones) (Arons, 1977).

Klahr y Nigam (2004) plantean el diseño de experimentos como una estrategia clave en la educación científica, dado que está en el núcleo de una vasta gama de tópicos científicos y permite que los alumnos diseñen diferentes maneras de responder a preguntas acerca del funcionamiento del mundo natural. En general un experimento se define como un procedimiento mediante el cual se trata de contrastar una o varias hipótesis relacionadas con un determinado fenómeno, mediante la manipulación de una o más variables (Zimmerman, 2007). El diseño experimental se puede entender como la estructura lógica de un experimento, constituye una parte del proceso científico destinado a la planificación y análisis de una investigación experimental (Hidalgo, 2010).

A partir de las características de los diseños experimentales básicos sugeridos para trabajar con niños pequeños por Zimmerman (2007) y Harlen (2007) se han definido una serie de sub-habilidades involucradas en la habilidad de realizar un diseño experimental:

- Reconocer o formular una pregunta investigable que surge de un problema concreto
- Plantear una o más hipótesis, como posibles respuestas a la pregunta investigable planteada.
- Comparar grupos expuestos a distintas condiciones experimentales.
- Definir la población sobre la cual se realizará el experimento, la muestra y las unidades de análisis.
- Determinar la variable que se modificará entre las condiciones a fin de poder contestar la pregunta propuesta.
- Definir las variables que deben ser controladas para que la comparación sea válida.
- Definir los criterios utilizados para medir cuantificar y comparar los resultados,
- Inferir posibles resultados, es decir hacer predicciones teniendo presente la información disponible y la posible.

Existen algunos estudios que muestran resultados interesantes a la hora de pensar el punto de partida de los niños que no han tenido todavía una enseñanza focalizada en el desarrollo de habilidades científicas. Por ejemplo, los investigadores Chen y Klhar (1999) evaluaron la capacidad de los alumnos de los primeros años del nivel primario para planificar experimentos en los que debían comparar dos condiciones experimentales. Los autores encontraron que un bajo porcentaje de los alumnos de 2do, 3ro y 4to grado (26%, 34% y 48%, respectivamente), en contacto con materiales concretos tales como carritos y rampas, pudieron responder a las preguntas de los investigadores acerca de cómo afectaba la superficie de la rampa (lisa o rugosa) a la distancia de llegada del carrito, entre otras exploraciones sencillas.

Esta y otras investigaciones muestran consistentemente el carácter progresivo de construcción de esta habilidad científica a lo largo de los años (un resumen de estos trabajos puede verse en Zimmerman, 2007). En un estudio longitudinal con niños, los investigadores Bullock y Ziegler (1999) usaron problemas contados a modo de historias que involucraban manipular un número de variables para determinar cuáles eran importantes a la hora de producir un resultado particular (por ejemplo, la construcción del mejor avión). Los autores encontraron que, si bien los alumnos fueron capaces desde 3er grado de esbozar comparaciones para testear una variable (como el peso del avión), no fue hasta 5to grado que pudieron proponer experimentos controlados. A partir de 6to grado, su desempeño alcanzó un nivel máximo, comparable al de un grupo de adultos ante la misma tarea.

Las investigaciones muestran, también, que la contextualización de la tarea propuesta a los alumnos tiene una profunda influencia en el grado de éxito a la hora de llevarla a cabo. Zimmerman y Glaser (2001) investigaron con niños de la misma edad analizando si mostraban diferencias a la hora de diseñar un experimento para testear una variable cuyo efecto era negativo (por ejemplo, “el agua de la canilla es mala para las plantas”) versus otra con efecto positivo sobre el fenómeno (por ejemplo “las semillas de café en la tierra son buenas para las plantas”).

El estudio mostró un 79% de respuestas correctas cuando se enfrentaba a los alumnos a diseñar un experimento para poner a prueba una variable cuyo efecto era negativo. Sin embargo, cuando la hipótesis se presentaba de forma tal que se debía testear el efecto positivo de una variable, la tarea de diseñar un experimento para ponerla a prueba resultaba mucho más difícil para los niños, obteniendo solo un 25% de respuestas correctas.

Además del diseño de experimentos, resulta crucial para el desarrollo del pensamiento científico, la habilidad de interpretación de resultados, es decir, la capacidad de establecer inferencias válidas a partir de una serie de datos provenientes de un experimento sencillo (Kuhn, 1989).

Esta habilidad constituye un objetivo fundamental de la educación en ciencias en todos los niveles (CFCE, 2004) en tanto implica la capacidad de describir o resumir las tendencias de los datos, extraer conclusiones, efectuar inferencias válidas sobre la base de la evidencia y aplicar conclusiones a nuevas situaciones.

Al respecto, las investigaciones muestran que esta habilidad está, tanto en los niños como en muchos adultos, influida por sus teorías previas acerca de la plausibilidad o veracidad de los resultados que deben analizar. Por ejemplo, Kuhn (1989) desarrolló una investigación en la que les presentó a niños resultados relacionados con la influencia de distintas variables en la generación de resfriados. El estudio reveló que cuando los datos resultaban inconsistentes con las teorías previas de los niños acerca de las razones por las cuales se producen los resfriados, los niños sacaban conclusiones que no tenían que ver con los datos presentados.

Consistentemente con esto, el trabajo de Shaklee et al. (1988) revela que el análisis de datos presentados en tablas en las cuales se mostraba el efecto de variar una condición sobre un cierto resultado (por ejemplo, la salud/enfermedad de una planta y la presencia/ausencia de insecticida) resultó un desafío tanto para los niños como para los adultos, que utilizaban sus ideas previas acerca de las causas de este fenómeno para fundamentar las conclusiones que sacaban en lugar de priorizar los datos de la tabla.

Los estudios anteriores describen aspectos importantes acerca de las habilidades científicas presentes en los niños. Sin embargo, buena parte de la investigación acerca de las habilidades científicas de los niños se ha realizado en el marco de la investigación clínica, con grupos pequeños y por fuera del contexto escolar.

En este marco, con el presente trabajo se intenta profundizar acerca del diagnóstico de estas habilidades dentro del contexto escolar, focalizando la mirada sobre dos habilidades clave del currículo de ciencias del segundo ciclo del nivel primario en Argentina: el diseño de experimentos sencillos para responder una pregunta investigable y la interpretación de resultados. Puntualmente se indagó acerca del nivel de desarrollo que presentan en relación a estas habilidades un grupo de alumnos de 4º año de una escuela pública de educación primaria de la ciudad de Mar del Plata. La escuela se encuentra ubicada en una zona urbana y céntrica de la ciudad de Mar del Plata, los alumnos que concurren a la institución corresponden a un nivel socioeconómico heterogéneo, bajo y medio.

A continuación se detallan las características metodológicas de la investigación implementada y se presentan los principales resultados obtenidos.

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño

Se implementó un estudio descriptivo - exploratorio en una escuela pública de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. Esta escuela pertenece al grupo de instituciones que participan del Programa "Laboratorios con ciencia" de la Universidad Nacional de Mar del Plata, un Programa de Extensión integrado por docentes, investigadores y estudiantes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales que viene trabajando desde el año 2004 con el objetivo de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales en diferentes escuelas públicas de contextos desfavorecidos de la ciudad.

3.2. Participantes

Se trabajó con un total de 68 alumnos de 4to grado pertenecientes a cuatro cursos, de entre 15 a 20 alumnos cada uno, de los turnos mañana y tarde. La muestra estuvo compuesta por 36 mujeres y 32 varones, con un rango de edades de entre 9 y 10 años. Se trabajó con alumnos de 4to año dado que en este momento comienzan el segundo ciclo de escuela primaria y las habilidades científicas evaluadas forman parte de los contenidos que deben ser enseñados durante esta etapa, por lo cual resulta aún más relevante conocer el punto de partida de los niños que inician esta etapa.

3.3. Instrumentos de evaluación

Para el presente estudio se diseñó e implementó una prueba de lápiz y papel, elaborada en base a las actividades y contenidos propuestos para este nivel por el Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires. Previamente, se realizó un ensayo piloto (con niños de la misma edad y en una escuela de contexto similar a la que participa de este trabajo) que permitió corregir y adecuar las actividades de la evaluación. Se presentan a continuación las actividades 1 y 2 de la evaluación:

Actividad 1: Boris quiere teñir una remera de tela blanca con colorante rojo. Le pidió ayuda a su amiga Clarita para averiguar si es conveniente usar agua o vinagre para disolver el colorante rápidamente. Ambos trabajaron toda la tarde y obtuvieron los resultados mostrados en la siguiente tabla:

Teñimos la tela con...	Tiempo en el que la tela se volvió roja
Colorante + agua	5 minutos
Colorante + vinagre	12 horas

Pregunta 1a: ¿Que conclusión puedes sacar del experimento?

Pregunta 1b: Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, ¿Le aconsejarías a Boris que disuelva el colorante con agua o con vinagre? ¿Por qué?

Actividad 2: Ahora Boris quiere averiguar si el colorante se disolverá mejor en agua caliente o fría. Y le propone a Clarita ponerlo a prueba con un experimento.

Pregunta 2a: ¿Qué experimento puede hacer Boris para averiguarlo?

Pregunta 2b: Dibuja el experimento en el recuadro indicando los materiales usados (recuerda tener en cuenta todos los detalles para hacer el experimento).

La prueba diseñada está conformada por dos actividades que presentan situaciones problemáticas relacionadas como historias simples y contextualizadas. Con la primera REIEC Volumen 10 Nro. 2 Mes Diciembre
Recepción: 05/05/2014

actividad se buscó conocer el grado de desarrollo de habilidades de interpretación de resultados, a partir de la capacidad de los alumnos para comparar datos presentados en una tabla de dos columnas, elaborar conclusiones en base a los datos presentados y aplicarlos en el contexto del problema planteado. En la segunda actividad se les pidió a los alumnos que plantearan el camino para resolver un problema mediante un experimento sencillo, solicitándoles que realizaran un dibujo y escribieran un breve párrafo explicativo detallando todos los materiales y pasos para resolver el problema. Con esta tarea se evaluó el nivel de desempeño de habilidades relacionadas con el diseño experimental.

La evaluación diseñada se administró durante una hora de clase de ciencias naturales. Se plantearon junto con la docente del curso los objetivos generales de la evaluación a toda la clase y se leyeron y explicaron las consignas en voz alta a todos los alumnos. Luego cada uno procedió a resolver las actividades de forma individual, en tanto se buscaba diagnosticar el nivel de habilidades científicas en cada niño.

Con el objetivo de profundizar en el análisis de las respuestas, se realizaron entrevistas semiestructuradas a 10 alumnos seleccionados al azar del grupo total de niños. Cada entrevista se realizó de forma individual con una duración de entre 20 y 35 minutos en la biblioteca de la escuela. Las conversaciones se grabaron en audio y luego se transcribieron *verbatim*.

3.4. Criterios de análisis

Con el fin de analizar las respuestas de los alumnos se establecieron diferentes niveles de desempeño de las habilidades científicas evaluadas, teniendo en cuenta los componentes de estas habilidades científicas descriptos por Zimmermann (2007).

En el caso de la habilidad de interpretar resultados, se analizaron las respuestas de la actividad 1 (ver anexo) y se plantearon 3 niveles de desarrollo (que se describen en la tabla 1): nivel 1: ausente, nivel 2: medio y nivel 3: avanzado. Se consideran dos aspectos clave de esta habilidad: la capacidad de sacar conclusiones válidas de una tabla sencilla de resultados en respuesta a una pregunta inicial, y la capacidad de utilizar dichas conclusiones en el contexto del problema planteado.

Niveles	Descripción
Nivel 1 Ausente	No se plantea una conclusión coherente con los datos,
Nivel 2 Medio	Se concluye de forma coherente con los datos mostrados pero no se logra aplicar los resultados en el contexto del problema y para fundamentar la respuesta se utilizan otros datos o experiencias personales.
Nivel 3 Avanzado	Se concluye de manera coherente con los datos (en este caso, respondiendo que le conviene disolverla con agua) y se logra aplicar las conclusiones elaboradas en el contexto del problema, fundamentando correctamente el razonamiento a partir de los datos de la tabla.

Tabla 1: Niveles de habilidades de interpretación de resultados

Para la habilidad de diseño experimental, se plantearon 4 niveles de desempeño (que se describen en la tabla 2): nivel 1: ausente, nivel 2: incipiente, nivel 3: en desarrollo y nivel 4: avanzado, las cuales se describen en la tabla 2.

Para esta habilidad se tuvo en cuenta la capacidad de los niños de elaborar comparaciones entre dos condiciones que

diferían en la variable a evaluar, la mención a un modo de evaluar el efecto de dicha variable y/o un método de medición, y la referencia a otras variables o condiciones experimentales que debían permanecer constantes para que el diseño fuera válido.

Niveles	Descripción
Nivel 1 Ausente	No plantea una comparación entre dos condiciones ni un camino coherente para resolver el problema. Es decir que no identifica ninguna variable del experimento.
Nivel 2 Incipiente	Plantea una comparación entre dos situaciones entre las que se modifica una variable. Es decir, que identifica la variable independiente.
Nivel 3 En desarrollo	Además de lograr plantear lo definido en el nivel precedente propone una estrategia de medición de la variable dependiente.
Nivel 4 Avanzado	Además de lograr plantear lo definido en el nivel precedente menciona factores que deben ser iguales entre las condiciones a comparar, es decir que plantea un control de variables.

Tabla2: Niveles de habilidades de diseño experimental

Una vez recolectados los datos y consensados criterios de análisis, dos observadores independientes, autores del trabajo, clasificaron las respuestas elaboradas por los niños, en cada una de las categorías definidas y mostradas en las Tablas 1 y 2.

4. RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos al analizar las respuestas que los niños elaboraron ante cada problemática planteada.

4.1. Desempeño en la habilidad de interpretación de resultados

Los resultados hallados revelan una gran heterogeneidad en la capacidad de los niños de interpretar resultados. En tal sentido, y tal como lo muestra el gráfico 1, el 31% de los alumnos no pudo plantear una conclusión a partir de los datos mostrados en una tabla sencilla (nivel 1); el 32% presentó un nivel de desempeño medio (nivel 2) que implicó plantear una conclusión pero no lograr aplicarla en el contexto del problema y el 37% restante mostró ser capaz de concluir de manera coherente a partir de los datos y aplicar dichas conclusiones en el problema planteado, desplegando un nivel de desempeño avanzado (nivel 3).



Gráfico 1: Porcentaje de alumnos categorizados en 3 niveles según el desarrollo de la habilidad científica de interpretación de resultados

En el grupo de alumnos categorizados en el nivel 1 de desempeño, es decir, aquellos que no mostraron indicios de la habilidad de interpretar datos hallamos dos grandes tipos de respuestas. El primer grupo involucra aquellas que

implicaron la elaboración de conclusiones opuestas a las que se deducirían de los datos y la aplicación de esta conclusión errónea para solucionar el problema (en este caso aconsejar a Boris). Este fue el caso, por ejemplo, de los alumnos A1 y A2:

A1: "El vinagre tarda 5 minutos, en cambio el colorante y el agua tarda mucho más". "Boris tendría que usar vinagre"

A2: "El colorante más vinagre es mejor". "Es porque es mejor para el experimento"

Este hecho daría indicios de la dificultad que presenta para los alumnos comprender y comparar las columnas de una tabla simple de medidas.

El segundo grupo recoge aquellas respuestas que conllevaron la elaboración de conclusiones no relacionadas con los datos y el uso de creencias u opiniones propias para resolver el problema (tal fue el caso de los alumnos A3 y A4, por ejemplo)

A3 "Boris tiene razón con agua y con vinagre se tiñe de otro color". "Boris con agua porque si no se arruina más de lo que estaba y queda feo"

A4: "Es muy científico, es muy natural y es difícil y tiene muchos materiales". "Con colorante porque se colorean bonitas rojo, azul y verde"

Es interesante notar que la fundamentación de las conclusiones obtenidas a partir de teorías y experiencias personales se dio también dentro del grupo de los alumnos con un nivel medio de desempeño (nivel 2). En este caso más de la mitad de los niños (54,5 %) aconsejaron a Boris según sus creencias u opiniones sin tener en cuenta los resultados mostrados en la tabla, a pesar de haber planteado correctamente la conclusión en la primera respuesta. Las respuestas del alumno A5 y A6 reflejan lo dicho.

A5: "Puedo sacar la conclusión de que es conveniente usar colorante + agua" "Si le aconsejaría porque si no lo disuelve se pega en la parte de abajo y después no se hace el experimento"

A6: "Es mejor usar agua porque te tarda menos tiempo". "Disuelva las camisetas de tela blanca con agua y vinagre"

Finalmente, un grupo de alumnos fue capaz de concluir de manera correcta y de aplicar la evidencia científica proveniente de la tabla al aconsejarle a Boris (nivel 3). Estos alumnos elaboraron respuestas como las siguientes:

A8: "Es mejor con colorante y agua tarda 5 minutos". "Porque con agua tarda 5 minutos y con vinagre 12 horas"

A9: "La conclusión es que el agua tarda 5 minutos y el vinagre 12 horas". "le aconsejaría que Boris disuelva el colorante con agua porque ahorra tiempo"

Los resultados hallados indican, por un lado, que el desempeño de los alumnos en la habilidad de interpretación de resultados fue muy heterogéneo, siendo solo alrededor de un tercio de la población testeada capaz de elaborar conclusiones correctas de una tabla de resultados sencilla y de aplicar este nuevo conocimiento en el problema planteado.

Por otro lado, revelan la fuerte influencia de teorías propias al momento de fundamentar las conclusiones obtenidas de la tabla (tanto las que resultaron correctas como las incorrectas). En tal sentido se observó que la mayoría de los alumnos que presentaron un desempeño medio, es decir aquellos que dedujeron correctamente la conclusión de la tabla de datos, al momento de tomar una decisión sobre la problemática planteada se basaron en conocimientos

provenientes de su propia experiencia en lugar de en la evidencia científica presentada.

4.2. Desempeño en la habilidad de diseñar experimentos.

En relación con el desempeño de los alumnos en la habilidad de diseño experimental, los resultados revelan (tal como lo muestra el gráfico 2) que la mayor parte de los niños no pudo plantear ni siquiera una comparación elemental en su diseño (56%, nivel 1). Casi la mitad de los alumnos mostró un desarrollo incipiente en esta habilidad, es decir, lograron comparar entre dos situaciones (43%, nivel 2). Sólo una alumna planteó una comparación y una posible medición para poder establecer el resultado (nivel 3) y ningún niño mostró la habilidad de diseñar un experimento considerando una comparación, la necesidad de medir el resultado y el control de al menos una variable en ambas situaciones a comparar (nivel 4).

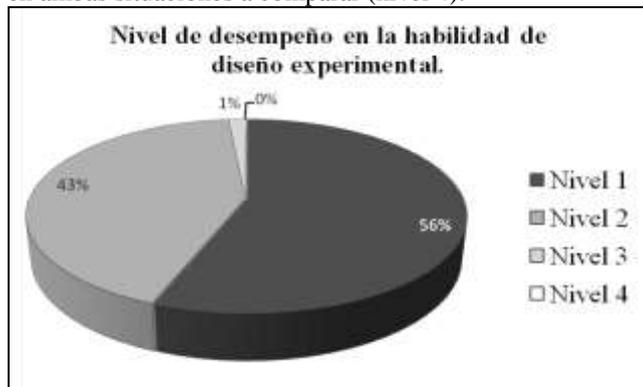


Gráfico 2. Porcentaje de alumnos categorizados en 4 niveles según el grado de desarrollo de habilidades científicas relacionadas con el diseño experimental

Haciendo un análisis más exhaustivo de los resultados obtenidos hallamos que el 50 % el grupo de alumnos pertenecientes al nivel 1 (ausente), planteó directamente un resultado según sus creencias o experiencias anteriores, sin proponer un camino para resolver el problema como demandaba la consigna. Nuevamente, las teorías propias de los alumnos tuvieron un rol preponderante en la respuesta a esta pregunta. Ante la pregunta “¿Qué experimento puede hacer Boris para averiguarlo (si el colorante se disuelve mejor en agua caliente o en agua fría)?”, algunas respuestas de este tipo fueron:

A10: “Con agua fría, porque se destiñe más rápido”

A11: “Yo pondría la camiseta en agua caliente y después le pondría el colorante y ya está” (Figura 1).



Figura 1. Respuesta de un alumno representativa del Nivel 1

A fin de interpretar con mayor riqueza estos resultados se analizaron las entrevistas realizadas. En la siguiente transcripción se puede observar cómo el niño plantea el resultado que a él le parece correcto, sin proponer un camino para responder la pregunta. A pesar de que el entrevistador reformula la pregunta más de una vez, el alumno deja muy en claro que a él le parece que Boris debería usar agua fría para su experimento:

Investigador: A ver, charlémoslo un poco. Estás en tu casa, tenés una camiseta blanca y la querés teñir de color rojo. Entonces le pedís a alguien de tu casa una camiseta blanca y decís, bueno, voy a probar a ver con qué se tiñe mejor, ¿con agua caliente o agua fría?

A10: Con agua fría.

I: ¿Por qué?

A10: Me parece

I: A ver, ¿cómo lo probarías? ¿Qué harías para averiguarlo?

A10: Pondría la camiseta y agua fría.

Por su parte, los alumnos con habilidad incipiente (nivel 2) fueron capaces de plantear una comparación básica entre dos condiciones, como se evidencia en las siguientes respuestas:

A12: “En el dibujo A puse agua caliente y una camiseta blanca, en el B puse agua fría y una camiseta blanca” (Figura 2).

En este grupo de alumnos también se consideraron aquellos que fueron capaces de esquematizar la comparación mediante un dibujo, aunque no la hayan podido expresar por escrito.

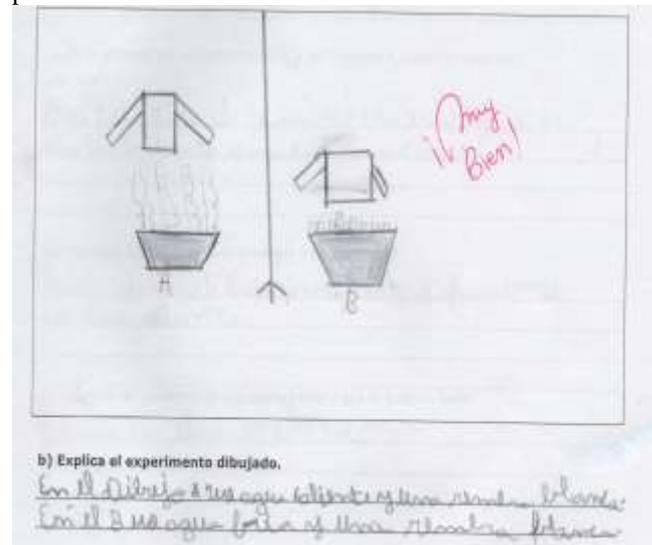


Figura 2. Respuesta de un alumno representativa del Nivel 2

Esta situación se presentó en el 41,4 % de los alumnos de este grupo, como se observa en la Figura 3, en la cual se muestra una clara comparación en el dibujo y en el texto dice:

A13: “Se trata de que el chico quiere pintar una camiseta blanca a rojo y hace un experimento para que quede color rojo”.

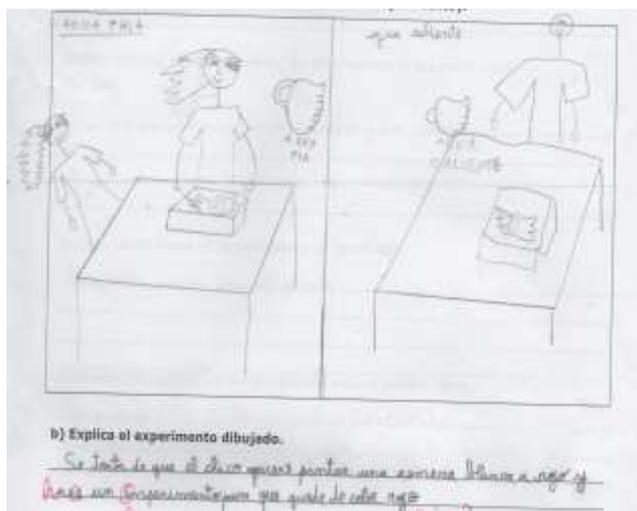


Figura 3. Respuesta de un alumno representativa del Nivel 2

En la entrevista realizada a un alumno que planteó una comparación entre dos situaciones “dos ollas y en una pone agua caliente y en otro agua fría” (nivel 2), se evidencia su dificultad para pensar más allá de esta comparación inicial y proponer una posible manera de medir los resultados obtenidos:

Investigador (lee la consigna): Ahora Boris quiere averiguar si el colorante se disolverá mejor en agua caliente o fría. ¿Que experimento puede hacer Boris para averiguarlo? Bien, ¿qué pusiste?

A14: Agarro dos ollas y en una pone agua caliente con colorante y en otro agua fría con colorante para ver en cuál de los dos se seca más rápido

I: ¿Se seca o qué?

A14: Cuál se disuelve mejor

I: Excelente, ¿y cómo te vas a dar cuenta cuál se disuelve mejor?

A14: Haciendo el experimento.

I: ¿Y cómo se hace?

A14: Agarro dos ollas, una con agua caliente y colorante una con agua fría y colorante y espero los resultados.

I: ¿Y cómo te darías cuenta cuál es mejor, si el agua caliente o fría?

A14: De los resultados, cuál es el mejor.

Finalmente, solo una alumna propuso un diseño experimental en el que planteó una comparación y una forma de medición para poder llegar a resolver el problema (nivel 3, en desarrollo). Su respuesta se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Respuesta de una alumna representativa del Nivel 3

En la entrevista se muestra que la alumna tiene muy clara la idea de comparación entre situaciones en las cuales modifica un factor (en este caso, la temperatura) aunque aún no logra expresar que es lo único que debe variar y que el resto de las condiciones deben permanecer constantes. Pero sí es evidente el planteo de mediciones para obtener el resultado del experimento, dado que propone analizar el tiempo en el que la tela se vuelve roja en ambas condiciones.

Investigador: ¡Contame qué hiciste!, mirando el dibujo de la evaluación. ¡Contame bien qué harías!

A15: Pondría en un tarro de agua caliente, fría e intermedia, que no es ni tan caliente ni tan fría, pongo el colorante y ahí tengo en cuenta si me sale bien con caliente y bien en fría.

I: ¿Cómo harías para darte cuenta si te sale bien en agua caliente o bien en fría?

A15: Agarro el colorante. Lo pongo en caliente, luego en fría, espero un momento, luego miro a ver cuánto, en cuánto tiempo tarda para hacerse bien roja.

En síntesis, como se mencionó los datos hallados revelan, que la mayor parte de los niños no pudo plantear ni siquiera una comparación elemental en su diseño. A su vez, y del mismo modo que en el marco de la habilidad de análisis de resultados, que las respuestas de de la mayoría de alumnos (44%) se relacionan con creencias y experiencias previas, independientemente del nivel alcanzado.

5. DISCUSIÓN

Los datos obtenidos en este estudio permitieron observar que los alumnos de 4to grado de escuela primaria con los que se trabajó, presentan diferentes niveles de desempeño en las dos habilidades científicas evaluadas. En tal sentido, se observó una gran heterogeneidad en la capacidad de los niños de interpretar resultados, con alumnos que pudieron realizar la tarea planteada de manera exitosa, es decir que demostraron un nivel de desempeño avanzado, pudiendo concluir de forma coherente con los datos y otros alumnos que no fueron capaces de elaborar conclusiones coherentes con los datos mostrados en tablas. En tanto, en relación a la habilidad de diseño experimental, se observó, un desempeño general muy bajo dado que casi ninguno de los alumnos fue capaz de elaborar un diseño experimental completo (nivel 4) de acuerdo a los criterios utilizados.

Un dato significativo fue el alto porcentaje de alumnos que, en ambas tareas, elaboraron conclusiones y tomaron decisiones en base a sus experiencias y teorías propias sin considerar las evidencias aportadas por los resultados de experiencias concretas o los que podrían surgir de la experiencia que debían planificar. Estos resultados son coincidentes con los hallados en investigaciones realizadas por otros autores (Kuhn, 1989 y Zimmermann, 2007) que muestran cómo, tanto en niños como en adultos, influyen las teorías y experiencias propias al momento de analizar situaciones, volviéndose “ciegos” a la evidencia contradictoria. En estos casos las teorías previas son usadas como marco para interpretar situaciones nuevas, activándose “razonamientos basados en la teoría” en lugar de “basados en la evidencia” (Kuhn, 1989).

Otro hecho significativo que se observó tiene relación con la dificultad de los alumnos de interpretar la información aportada por la consigna y/o los datos involucrados en la problemática. En tal sentido se halló que los alumnos, ante la pregunta: ¿Qué experimento puede hacer Boris para averiguarlo? intentan dar una respuesta correcta al problema en lugar de proponer un camino para llegar a esa respuesta, como demanda la consigna. Este dato podría estar relacionado con el hecho de que los alumnos estén familiarizados con preguntas, problemas y ejercicios de evaluación en los cuales se espera que puedan brindar las respuestas correctas a los interrogantes planteados, pero rara vez estén expuestos a situaciones en las cuales se espera que puedan proponer caminos para llegar a dichas respuestas. Otros niños dan conclusiones propias sin tener en cuenta los datos o información presentada como insumos para pensar, y la mayoría presenta dificultades para interpretar correctamente la información proveniente de tablas de entrada simples.

Estos resultados dejan en evidencia el bajo nivel de desarrollo de las habilidades científicas en un grupo de alumnos de nivel primario de la ciudad de Mar del Plata. Asimismo consiste en un diagnóstico específico que posibilita planificar estrategias de enseñanza acordes al punto de partida de los niños, para promover el desarrollo de estas habilidades hacia niveles más complejos.

CONCLUSIONES

Los resultados hallados revelaron bajos niveles de desempeño en las dos habilidades analizadas en este trabajo. Sin embargo para la habilidad de interpretación de datos los resultados arrojaron una mayor heterogeneidad en los niveles de desempeño de los niños, para la habilidad de diseñar experimentos el desempeño fue más parejo mostrando como tendencia grupal que la habilidad está prácticamente ausente en el grupo de niños evaluados.

En particular, mientras que para la habilidad de interpretación de resultados, alrededor de un tercio de los niños mostraron un nivel ausente, otro tercio fueron categorizados en el nivel medio y el tercio restante en el nivel avanzado, es decir que fueron capaces de utilizar las conclusiones obtenidas en el marco del problema planteado inicialmente, para la habilidad de diseño experimental prácticamente la totalidad del grupo no logra plantear un diseño experimental considerando al menos dos variables involucradas en el mismo, demostrando un nivel de desempeño ausente o incipiente.

Otro resultado interesante fue que la gran mayoría de los niños buscan encontrar una respuesta única al problema

planteado, aunque esto no es lo solicitado en la consigna de las evaluaciones, la cual apunta al proceso, es decir a diseñar estrategias para buscar respuestas. Por ejemplo en el caso de elaborar diseños experimentales se solicita solo planificar un posible camino para buscar la respuesta al problema y en muchos casos los niños arriesgan por una respuesta coherente con su experiencia. En estos casos es en los que se evidenciaron respuestas basadas en creencia personales.

Estos resultados y los diagnósticos generales mencionados en el marco teórico resultan información clave a la hora de planificar secuencias didácticas para promover el desarrollo de las habilidades científicas en los niños de segundo ciclo de primaria.

En este sentido, el diagnóstico realizado, consistió en el primer paso de un proyecto de investigación más amplio que se propuso elaborar propuestas didácticas para promover el desarrollo de habilidades científicas en alumnos de nivel primario. En particular, actualmente se está evaluando el efecto de la implementación de una secuencia didáctica de indagación guiada implementada en un grupo de niños de 4° año de educación primaria, que tiene como objetivo promover el desarrollo de las habilidades de diseño experimental e interpretación de resultados. Estos resultados serán presentados en un próximo trabajo.

REFERENCIAS

- Adúriz Bravo, A. (2005). *Una Introducción a la Naturaleza de la Ciencia*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Arons, A.B. (1977). *The various languages*. New York: Oxford University Press.
- Benloch, M. (1984). *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias*. Madrid: Visor.
- Bullock, M., & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. En F.E. Weinert y W. Schneider (Eds.). *Individual development from 3 to 12: Findings from the Munich Longitudinal Study* (pp.38-54). Cambridge: Cambridge University Press.
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). “All Other Things being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy”, *Child Development*, 5, 1098-1120.
- Consejo Federal de Cultura y Educación (2004). *Núcleos de Aprendizaje Prioritarios*. Buenos Aires, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología.
- DeBoer, G. (1991). *A History of Ideas in Science Education*. New York: Teachers College Press.
- Furman, M. & Podestá, M.E. (2009). *La aventura de enseñar ciencias naturales*. Buenos Aires: Aique.
- Giordan A. & De Vecchini G. (1999). *Los orígenes del saber de las concepciones personales a los conceptos científicos*. España: Díada Editora S.L.
- Harlen, W (2007). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Ediciones Morata, 6° edición.
- Harlen, W. (1999). *Effective Teaching of Science: A Review of Research*. Edinburgh: Scottish Council for Research in Education.
- Hidalgo, V. H. (2010). Diseños experimentales: breve semblanza de su importancia en las ciencias naturales. *Ciencia y Mar*, XIV (40), 45-52.

- Izquierdo M. (2000) Fundamentos Epistemológicos. En F. J., Perales y P. Cañal (Eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales: Teoría y Práctica de la enseñanza de las ciencias*. España: Marfil.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661-667.
- Kuhn, D. & Dean, D. (2005). Is developing scientific thinking all about learning to control variables? *Psychological Science*, 16, 866-870.
- Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2010). *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do: Student Performance in Reading, Mathematics and Science* (Volume 1).
- Shaklee, H., Holt, P., Elek, S., & Hall, L. (1988). Covariation judgment: Improving rule use among children, adolescents, and adults. *Child Development*, 59, 755-768.
- UNESCO. (2009). *Aportes para la enseñanza de las ciencias naturales: Segundo estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE)*. Santiago de Chile: Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27, 172-223.
- Zimmerman, C., & Glaser, R. (2001). *Testing positive versus negative claims: A preliminary investigation of the role of cover story in the assessment of experimental design skills*. Los Angeles: CA, UCLA National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing.

DI MAURO, MARIA FLORENCIA

Di Mauro María Florencia es Licenciada y Profesora en Ciencias Biológicas por la Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina) y Especialista en Enseñanza de las Ciencias Experimentales por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As. (UNICEN). Actualmente está finalizando su tesis del Programa de Maestría ofrecido por la Facultad de Ingeniería en la UNICEN dirigida por las Doctoras Melina Furman y Bettina Bravo, coautoras del presente trabajo de investigación. Se desempeña como docente en materias del tramo pedagógico de los Profesorados en Biología, Química, Física y Matemática y como investigadora en el Departamento de Educación Científica, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de Mar del Plata. Desde el año 2007 trabaja en Extensión Universitaria en el Programa Laboratorios conciencia, realizando capacitaciones docentes, talleres de formación permanente y elaboración de secuencias didácticas en el marco del modelo de indagación para los niveles primario y medio en el Partido de General Pueyrredón. Además se ha desempeñado como profesora de Biología en escuelas secundarias de la ciudad de Mar de Plata.