



EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN LA ESCUELA PRIMARIA: UNA INTERVENCION EN EL AULA PARA LA ENSEÑANZA DE ESTRATEGIAS DE PENSAMIENTO CIENTIFICO.

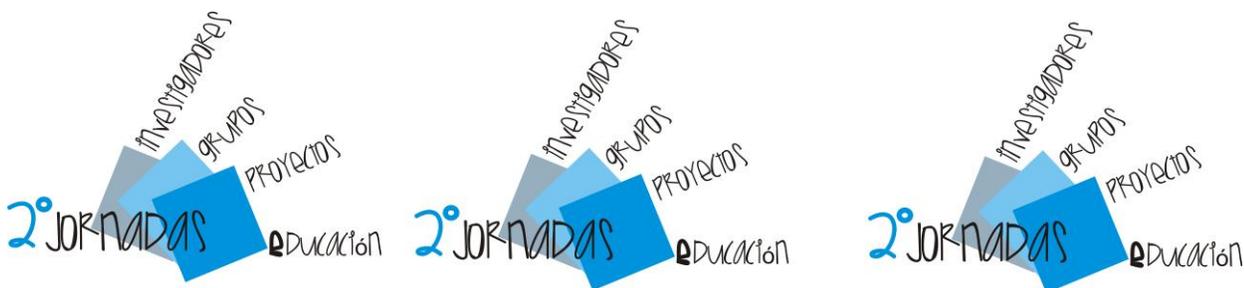
Di Mauro, María Florencia

Departamento de Educación Científica, FCEy N, UNMdP

mfdm82@gmail.com

Resumen

Uno de los problemas que enfrenta la enseñanza de la ciencia es el abismo entre las situaciones de enseñanza y aprendizaje y el modo en el que se construye conocimiento científico. Por lo que una de las propuestas para hacer frente a este problema se refleja en el modelo didáctico conocido como modelo por indagación que propone la utilización de una metodología de enseñanza que refleje algunos aspectos claves de la naturaleza de la ciencia, guiando a sus alumnos en la indagación sistemática del mundo natural. En este contexto, este trabajo tiene como finalidad presentar las primeras etapas de una investigación que analiza los resultados de la implementación de una propuesta didáctica que tiene por objetivo el desarrollo de estrategias de pensamiento científico vinculadas al diseño de experimentos e



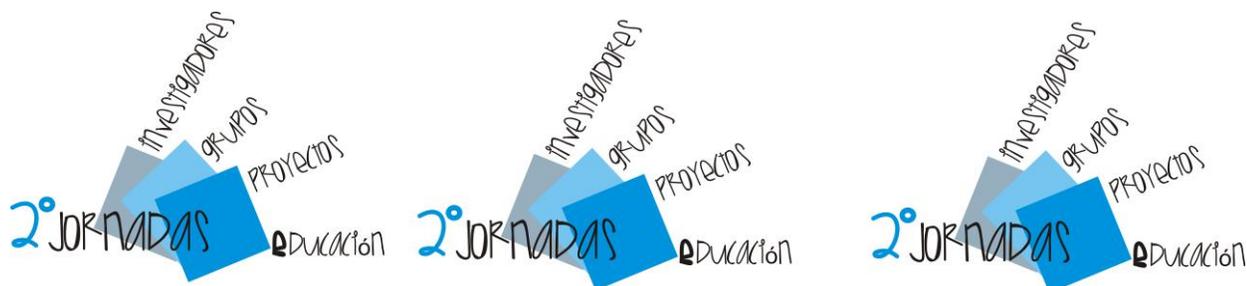
interpretación de resultados. El proyecto se realiza con alumnos de segundo ciclo de una escuela primaria de Mar del Plata, que participan en el diseño de experimentos para responder a una serie de preguntas investigables dadas por el docente a lo largo de ocho semanas de trabajo. Los datos se recolectan y se analizan mediante metodología mixta que combina aspectos cualitativos y cuantitativos. Algunos resultados preliminares de la etapa piloto muestran que este tipo de abordaje favoreció que los alumnos comenzaran a desarrollar estrategias propias para el diseño de experimentos válidos y el análisis de datos.

Palabras claves: indagación guiada; habilidades científicas; escuela primaria

Encuadre teórico

En los últimos años se ha planteado la educación en ciencias como un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo (Gil Pérez et al, 2005:15). En 2009, el Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE) de UNESCO en Latinoamérica señala como objetivos primordiales de la educación en nuestra región, una educación científica que permita que el ciudadano logre una amplia comprensión de las principales ideas científicas, familiarizado con los métodos por los cuales la ciencia construye teorías a partir de evidencias, que aprecie el valor de la ciencia y su contribución a la cultura, que sea capaz de comprometerse crítica e informadamente con asuntos y argumentos que involucran conocimientos científicos, así como de reconocer las implicaciones éticas y morales de la toma de decisiones en temas científico-tecnológicos. De esta forma, la alfabetización científica se ha convertido en un objetivo estratégico para muchos países, en tanto implica que todos los ciudadanos puedan estar en condiciones de interesarse e indagar sobre distintos aspectos del mundo natural y social (Declaración de Budapest, 1999).

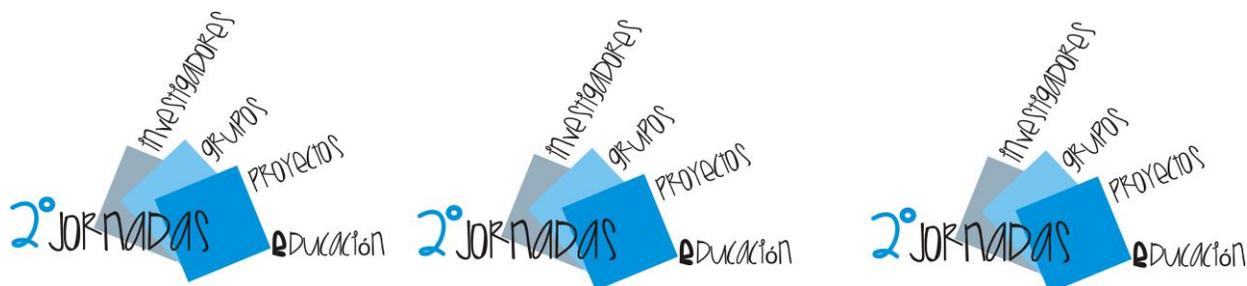
La necesidad de una formación en ciencias gradual y progresiva justifica la importancia de fortalecer la educación científica desde la escuela primaria (Fumagalli, 1993:13). Diversos autores reconocen que las primeras experiencias educativas en ciencias naturales son claves para la construcción



posterior de estos conocimientos y que mucho del éxito o fracaso de su aprendizaje futuro dependerá de los primeros años de formación (Furman y Podestá, 2009:23; Osborne *et al*, 2003:1049). Investigaciones recientes en desarrollo cognitivo plantean que los niños desde muy pequeños aprenden desplegando habilidades precursoras de pensamiento científico como por ejemplo testear hipótesis versus datos empíricos, hacer inferencias causales, entre otros (Gopnik, 2012:1623). Klahr, Zimmerman y Jirout (2011:971) proponen que en la escuela primaria se generen intervenciones capaces de favorecer el pasaje de estas habilidades de aprendizaje hacia hábitos de pensamiento más formales y de potenciar el interés por el conocimiento en ciencias que resulta espontáneo en los niños pequeños. Por lo tanto, la educación en ciencias en la escuela primaria se presenta como una etapa fundamental para potenciar las bases del pensamiento científico en los niños (Furman y Podestá, 2009:24).

La forma de pensar y construir ideas en ciencias ha sido uno de los fundamentos centrales de la inclusión de las ciencias en el curriculum debido a su potencial relevancia a la hora de *fortalecer el intelecto*; es decir, por la posibilidad de desarrollar en los estudiantes mecanismos de razonamiento poderosos para entender y modificar su entorno, brindado herramientas centrales del pensamiento crítico (DeBoer, 1991:23). En nuestro país, los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios del Área de Ciencias Naturales (Consejo Federal de Cultura y Educación -CFE-, 2004) especifican diferentes estrategias de pensamiento científico que la escuela debe promover en los alumnos, tales como la capacidad de hacerse preguntas sobre un fenómeno y anticipar respuestas, la realización de exploraciones sistemáticas guiadas por el docente o la realización y reiteración de sencillas actividades experimentales con la posibilidad de comparar sus resultados y confrontarlos con los de otros compañeros, entre otros.

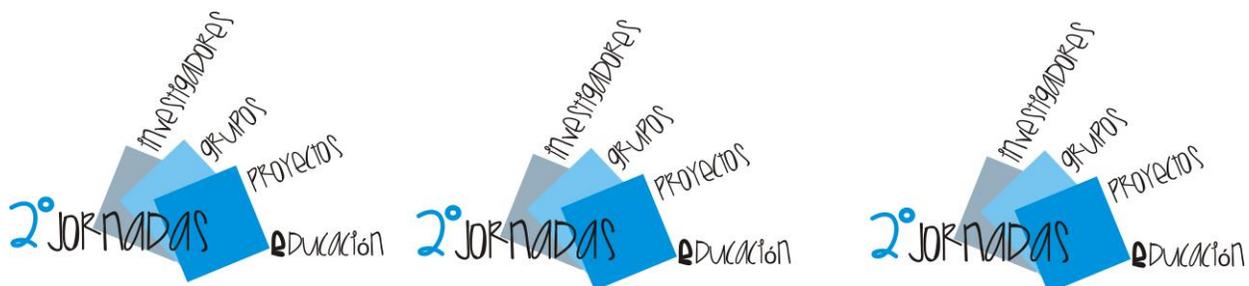
Sin embargo, numerosos estudios dan cuenta de que la enseñanza de las ciencias en la escuela primaria en nuestro país y la región Latinoamericana en general, sigue un modelo mayormente transmisivo, en el que los conocimientos científicos se presentan como acabados, dejando de lado los modos de pensamiento característicos de la ciencia y el modo en que dichos conocimientos fueron contruidos (Furman 2012:15; Valverde y Näslund Halley, 2010:32). En línea con las investigaciones, el componente de ciencias del Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE), que evalúa



a alumnos de 3° y 6° grado de América Latina y el Caribe, mostró que del total de la región, solamente el 11,4% de los estudiantes de 6° 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, 2009:60).

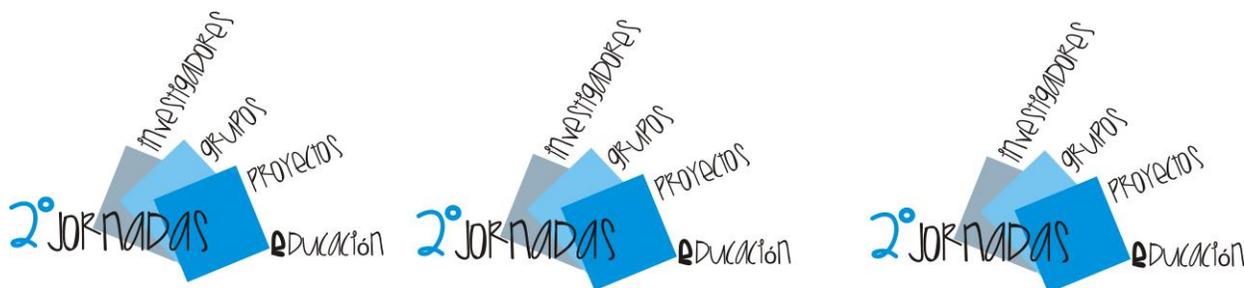
Bajo el paradigma constructivista conviven diferentes modelos de enseñanza de la ciencia y las investigaciones en didáctica demuestran que la organización de las actividades o estrategias que conducen al aprendizaje significativo está lejos de ser evidente o unívoca (Campanario y Moya, 1999:179). Sin embargo según Gil (1994:17) uno de los mayores problemas que enfrenta la enseñanza de la ciencia es el abismo entre las situaciones de enseñanza y aprendizaje y el modo en el que se construye conocimiento científico. Por lo que una de las propuestas para hacer frente a este problema de la enseñanza de las ciencias se refleja en el modelo didáctico conocido como modelo por indagación (*Inquiry-based instruction*) o investigación dirigida y propone el aprendizaje de las ciencias como una investigación dirigida de situaciones problemáticas de interés (Gil, 1994:17) fomentando el desarrollo de estrategias de pensamiento científico integradas con el aprendizaje de conceptos de las disciplinas y situando a los alumnos en un lugar de activos generadores de conocimiento escolar, bajo la guía cercana del docente (Furman y Podestá 2009:25; Harlen, 2000; Porlán, 1999). De esta forma se proponen estrategias de enseñanza que tengan puntos de anclaje en los modos auténticos de producir ciencia, reflejando aspectos claves de la naturaleza de la ciencia y guiando a los alumnos en la indagación del mundo natural (Brown, 1992:141; Furman y Podestá, 2009), de modo tal de propiciar una construcción gradual y progresiva de una “manera” de conocer coherente con la de la ciencia.

Gil (1994:17) considera los siguientes tres elementos que deben estar presentes en una propuesta de indagación: a) sugerir situaciones problemáticas abiertas, b) propiciar el trabajo científico en equipos de estudiantes y las interacciones entre ellos, c) asumir por parte del profesor una tarea de experto/director de investigaciones. El modelo de indagación representa un amplio abanico de posibilidades de instrucción. Una de las posibilidades de variación de estas propuestas se relaciona con



lo que Schwab (1966) ha llamado *nivel de apertura*; es decir, el nivel de decisión del alumno en la realización de la investigación. Por lo que, en relación a quién toma la decisión sobre: a) la pregunta a investigar, b) el camino a seguir para contestar la pregunta, c) los datos a recolectar y su análisis, se han clasificado las propuestas de indagación en tres grandes grupos: indagación estructurada, indagación guiada o indagación abierta (Herron, 1971:171). En la indagación estructurada el docente brinda paso a paso las instrucciones para realizar la indagación. Los estudiantes deben decidir qué registrar para contestar la pregunta y luego analizar los datos obtenidos. En la propuesta de indagación guiada se suma el diseño por parte de los alumnos de cómo contestar la pregunta de investigación dada; es decir, la planificación del proceso por el cual obtendrán datos para responder la pregunta. Por último, en la indagación abierta los estudiantes toman casi todas las decisiones por sí mismos, el docente propone un tema y los alumnos deciden la pregunta, el proceso y qué datos recolectar.

Existe una larga trayectoria de investigaciones que apuntan a identificar puntos claves de las distintas estrategias de enseñanza de habilidades de pensamiento científico. Investigadores del campo de la psicología cognitiva han realizado numerosos estudios que apuntan al desarrollo de habilidades específicas (como por ejemplo el control de variables) en situaciones controladas que sirven de base para la aplicación y análisis en contextos reales de aulas (Zimmerman, 2007:172). Zimmerman (2007:172) sostiene que el pensamiento científico involucra una serie de complejas habilidades cognitivas y metacognitivas y que el desarrollo y consolidación de estas habilidades requiere de una gran práctica y ejercitación, por lo tanto deben profundizarse los estudios relacionados con prácticas que las potencien. Metz (2004:219) afirma que el desarrollo del pensamiento científico es un proceso lento, con avances y retrocesos que dependen del contexto y de los modelos de enseñanza que se utilicen. Por lo que es necesario realizar propuestas que den cuenta del impacto de distintos niveles de apertura de las intervenciones, del grado de estructuración de las propuestas, del énfasis en el análisis metacognitivo por parte del alumno, entre otros. Este estado de la cuestión pone en evidencia la importancia de desarrollar investigaciones que permitan comprender mejor el proceso de diseño e implementación de propuestas de



enseñanza que favorezcan el desarrollo de pensamiento científico en los alumnos en el contexto real de la escuela primaria.

Objetivo General

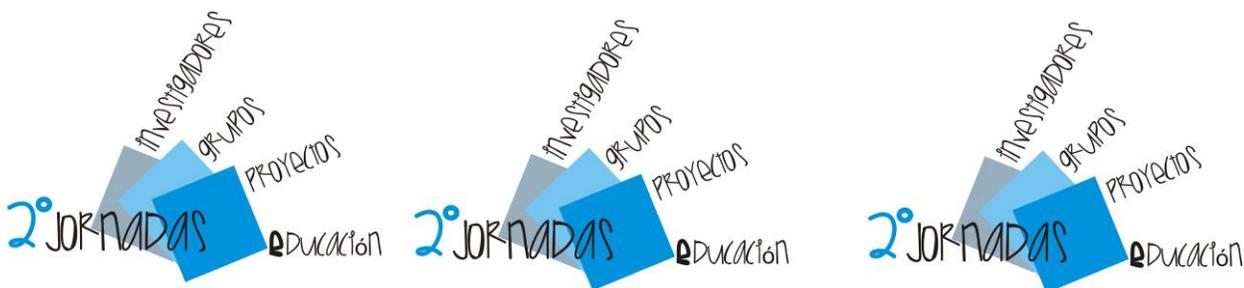
Analizar el efecto de una propuesta de indagación guiada en el aprendizaje de habilidades de pensamiento científico en alumnos de segundo ciclo de escuela primaria tomando como caso de estudio un grupo de alumnos de 4to año de una escuela primaria de gestión pública de la ciudad de Mar del Plata, Argentina.

Objetivos particulares

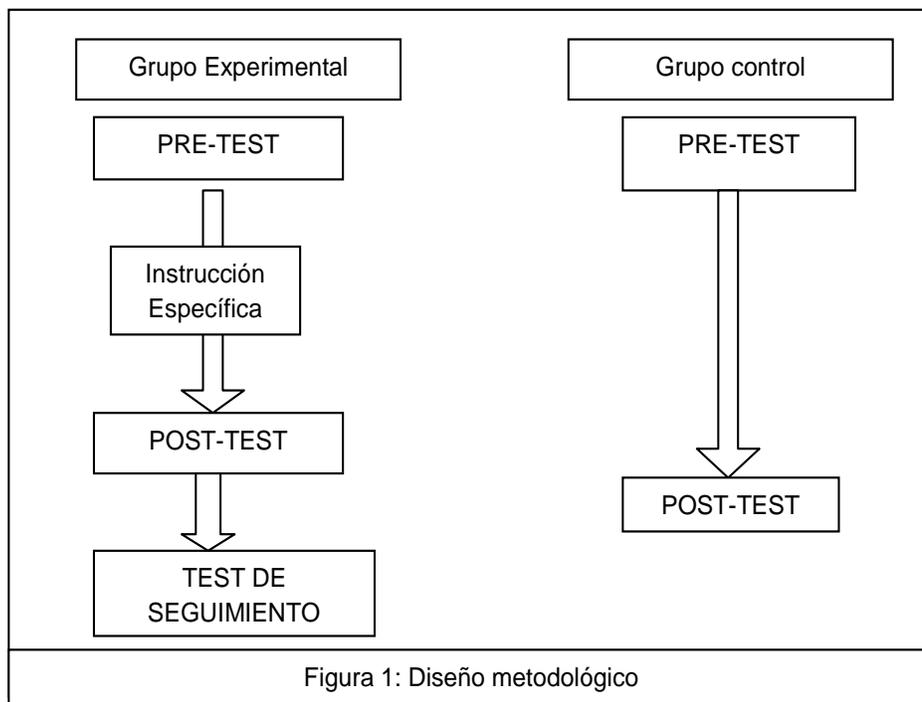
1. Evaluar el grado de desarrollo de habilidades científicas, en particular la planificación de diseños experimentales sencillos y la interpretación de evidencias empíricas presentes en un grupo de alumnos de 4to año de una escuela pública.
2. Diseñar e implementar una propuesta de enseñanza de indagación escolar guiada en el contexto real del aula.
3. Analizar el efecto de la propuesta de indagación en el desarrollo de las habilidades para elaborar diseños experimentales sencillos e interpretar evidencias empíricas en el grupo de alumnos participante.

Encuadre Metodológico

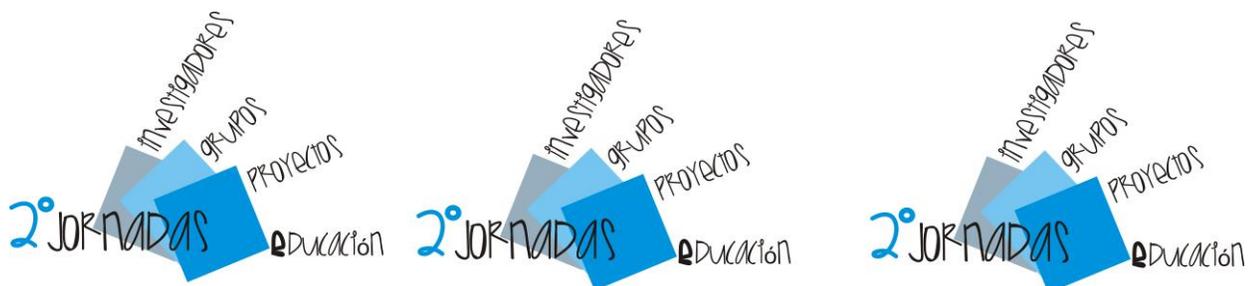
Con el objetivo de conocer el impacto de la propuesta de indagación guiada sobre el aprendizaje de habilidades de pensamiento científico de los alumnos, se realizó un estudio cuasi-experimental y longitudinal con componentes cuantitativos y cualitativos, tomando como caso de estudio un grupo de alumnos de 4to grado de una escuela pública primaria de la ciudad de Mar del Plata. Se llevó adelante un diseño pre-post con grupo cuasi-control, ya que la división en dos grupos no es aleatoria, sino que queda establecida por el grupo de alumnos pertenecientes a una u otra clase (León y Montero, 2002:34).



En esta investigación se evaluó el nivel de desarrollo de habilidades científicas de un grupo de alumnos (grupo experimental) antes y después de una intervención educativa, diseñada específicamente para promover el desarrollo de la habilidad de planificar experimentos científicos y de interpretar resultados. En paralelo se evaluaron estas habilidades en un grupo de niños (grupo control) de la misma escuela, del mismo año y en los mismos tiempos que el grupo experimental, con el objetivo de comparar el nivel de desarrollo de las habilidades evaluadas en ambos grupos. Además se realizó una evaluación de seguimiento en el grupo experimental para indagar el sostenimiento de los aprendizajes en el tiempo; es decir, si los niveles de habilidades alcanzados se modifican luego de 8 meses. Se esquematiza el diseño descrito en la Figura 1.



Para evaluar la habilidad de planificar experimentos se utilizaron problemas de ciencias naturales, con resolución abierta, relatados como historias simples y contextualizadas en situaciones cotidianas, cercanas a la realidad de los alumnos, en los que se incluye una pregunta a investigar. Se les



pidió a los alumnos plantear un camino para responder la pregunta investigable mediante un dibujo y un pequeño párrafo explicativo detallando todos los materiales y pasos para resolverla.

Participantes: Se trabajó con 2 grupos de alumnos, de edades comprendidas entre 9 y 10 años (4° grado) pertenecientes a una escuela primaria de gestión pública de la ciudad de Mar del Plata. Esta institución fue elegida por ser una escuela perteneciente al Proyecto de Extensión Laboratorios conciencia de la Universidad de Mar del Plata (UNMDP), lo que implica un compromiso institucional en la mejora de la enseñanza de las ciencias naturales en el marco del Proyecto mencionado.

Se trabajó en paralelo con dos grupos de alumnos, uno denominado grupo experimental (n=30) al que se aplicó la intervención educativa (es decir, que trabajaron con la secuencia didáctica durante 8 semanas) y otro denominado grupo control, (n =30) en el que los alumnos siguieron trabajando de manera habitual en el área de ciencias naturales.

Análisis de resultados: para conocer el impacto de la propuesta en el desarrollo de la habilidad de diseño experimental se establecieron 4 niveles de desempeño: nivel 1: ausente, nivel 2: incipiente, nivel 3: en desarrollo y nivel 4: avanzado (Tabla 1). Dichos niveles surgieron de un análisis preliminar de las respuestas de los alumnos en las evaluaciones diagnósticas, combinado con la identificación de aspectos clave que forman parte de la habilidad de diseño experimental (Zimmerman, 2007:172). El nivel avanzado (nivel 4) es nuestro nivel de referencia, es decir que es el nivel óptimo al que, de acuerdo a la investigación y los marcos curriculares, se espera que puedan llegar los alumnos de esta edad. Este nivel implica la capacidad de los niños de elaborar comparaciones entre dos condiciones que diferían en la variable a evaluar, junto con la mención a un modo de evaluar/medir el efecto de dicha variable, y la referencia a otras variables o condiciones experimentales que debían permanecer constantes para que el diseño fuera válido. Dos observadores independientes clasificaron las respuestas de los niños luego de consensuar los criterios. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SPSS (Statistical Package for the

Social Sciences).

Niveles	Descripción
Nivel 1 Ausente	No plantea una comparación correcta entre dos situaciones ni un camino coherente para resolver el problema
Nivel 2 Incipiente	Plantea sólo una comparación correcta (en este caso: colorante con agua caliente y con agua fría), pero no incluye otros aspectos del experimento.
Nivel 3 En desarrollo	Plantea una comparación correcta, y agrega solo uno de los siguientes parámetros: una estrategia de medición o identifica alguna variable que debe permanecer constante.
Nivel 4 Avanzado	Plantea una comparación correcta una estrategia de medición (ej. ver cuánto tiempo tarda en colorearse el agua o la camiseta) e identifica al menos alguna variable que debe mantenerse constante (ej. la cantidad de agua).

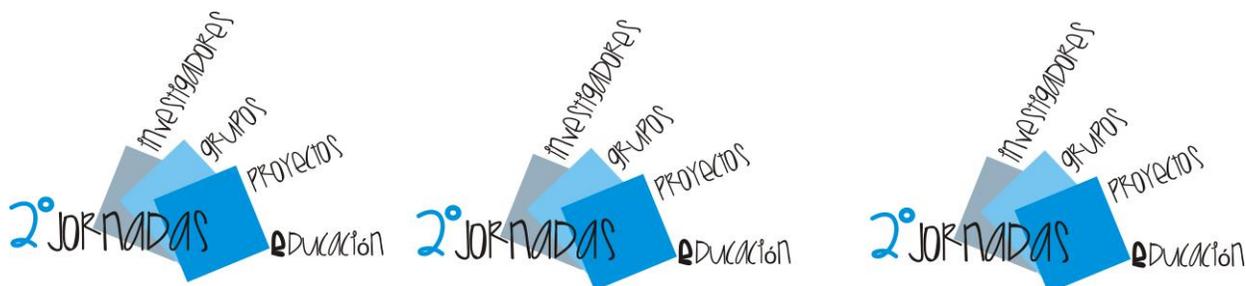


Tabla 1: Niveles de habilidades de diseño experimental. Con el fin de analizar las respuestas de los alumnos se establecieron diferentes niveles de desempeño para la habilidad de diseño experimental.

Resultados preliminares

En esta instancia se muestran los resultados preliminares analizados. Por el momento nuestros resultados muestran que la secuencia didáctica basada en el modelo de indagación guiada permitió un avance significativo en el desarrollo de los alumnos de habilidades científicas específicas de diseño experimental (Figura 2). En el grupo control no hubo diferencias significativas entre los niveles de desempeño de los alumnos en las evaluaciones pre y post (Figura 2a) mostrando, por un lado, que el trabajo habitual de los niños en las clases de ciencias no tuvo incidencia en el desarrollo de la habilidad evaluada, y confirmando un nivel similar de dificultad para las evaluaciones tomadas al inicio y al final de la intervención.

Por su parte, como se observa en el Figura 2b, el grupo experimental, que trabajó con las secuencias guiadas, mostró cambios significativos en el desempeño de los alumnos luego de la intervención. Un 66,3% de alumnos alcanzaron los niveles 3 (en desarrollo) y 4 (avanzado). Estos datos muestran que el trabajo con las secuencias propuestas permitió a los alumnos aprender aspectos



fundamentales de las habilidades científicas de diseño experimental. Un dato relevante en este sentido es que sólo el grupo de alumnos que participaron de la instrucción con secuencias guiadas fueron capaces de plantear un diseño de nivel avanzado (nivel 4), pudiendo planificar caminos lógicamente correctos para responder a una pregunta de investigación sencilla. Esto muestra que lograron pensar en una forma de comparación entre dos situaciones en las que se modifica una única variable, pudieron realizar una medición para establecer las diferencias entre ambas y plantearon el control de algunas de las variables en ambas situaciones. Esto es interesante de remarcar dado que este nivel de desempeño estuvo ausente tanto en el grupo experimental al inicio de la investigación como en el grupo control, tanto al inicio como al final.

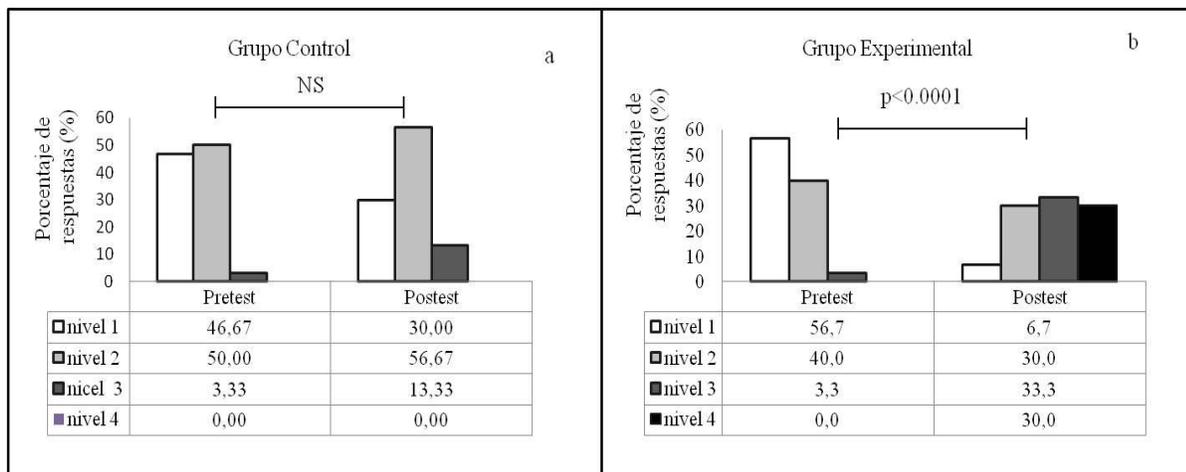
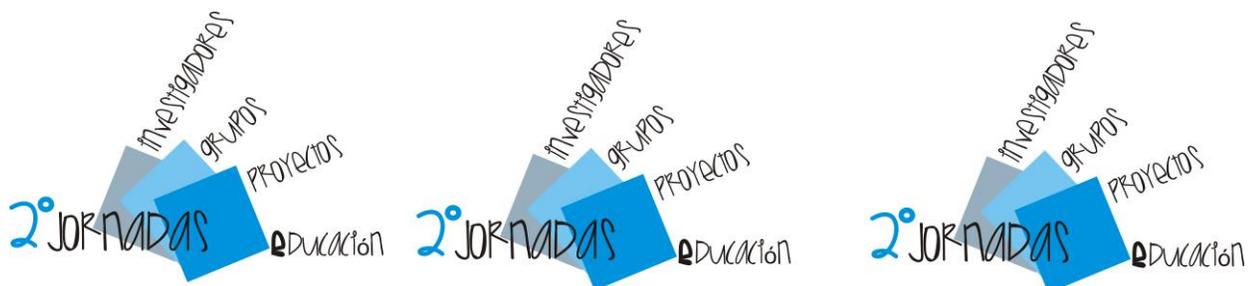


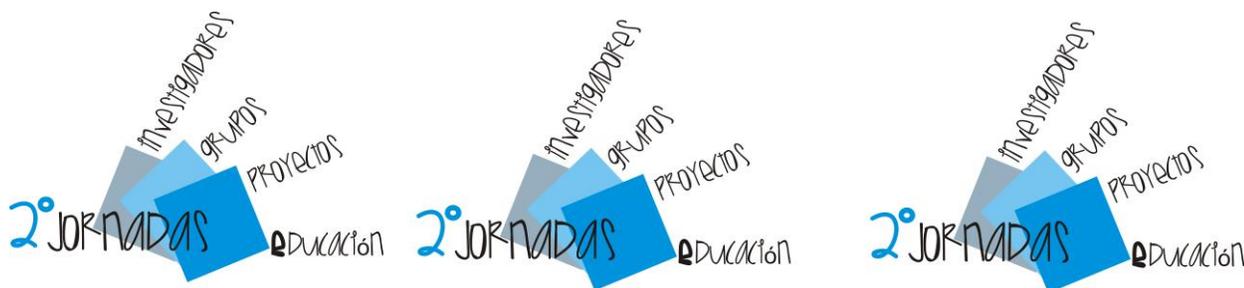
Figura 2: Nivel de desempeño en la habilidad de diseño experimental. Porcentaje de respuestas de los alumnos categorizadas en 4 niveles según el grado de desarrollo de habilidades científicas relacionadas con diseño experimental. Nivel 1: Ausente. Nivel 2: Incipiente. Nivel 3: En desarrollo. Nivel 4: Avanzado. a: Resultados obtenidos en el grupo control (n=30). No presentan diferencias significativas entre el pretest y postest. b: Resultados obtenidos en el grupo experimental (n=30), presenta diferencias significativas entre la instancia pretest y postest ($\chi^2=28.634$, $p < 0.001$).



El estado inicial de ambos grupos, instancia pretest del grupo control e intervención, no presentó diferencias significativas ($\chi^2=0.624, p=0.732$).

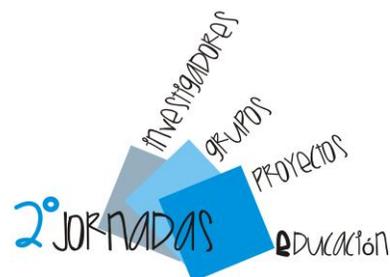
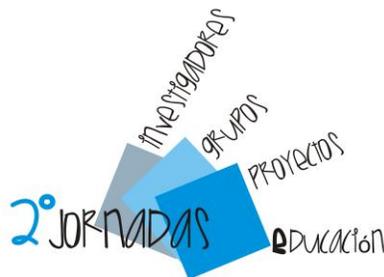
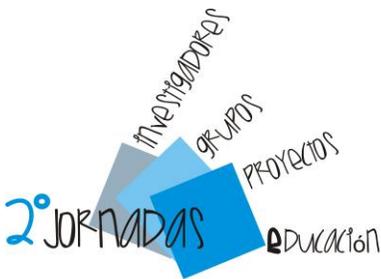
Consideraciones finales

Actualmente entre los contenidos mínimos de ciencias naturales que la escuela primaria debe promover se destacan los modos de pensar que se ponen en juego en la construcción de conocimiento en esta área. En este sentido, diferentes autores convergen en la necesidad de generar investigaciones que permitan dar evidencias sobre el tipo de estrategias didácticas que favorecen el desarrollo del pensamiento científico desde la escuela primaria y enriquecer así el actual debate acerca de cuán guiadas deben ser las propuestas de trabajo con los niños, sobre cuál debe ser el contenido de dichas propuestas, sobre la edad adecuada para el aprendizaje de las diferentes habilidades o sobre los tiempos de instrucción necesarios para generar un aprendizaje significativo, entre otros (Zimmerman, 2007:172). Nuestros resultados colaboran en la búsqueda de respuestas a estos interrogantes, permitiéndonos afirmar que el trabajo a partir de una secuencia guiada en la que se parte de situaciones problemáticas de ciencias naturales cercanas a la realidad de los alumnos permitió un avance hacia niveles más complejos de pensamiento científico en alumnos de escuela primaria. Este trabajo, también toma relevancia en tanto nos muestra evidencias de la posibilidad de llevar a cabo, en contextos reales de aula, una propuesta de enseñanza de habilidades científicas que puede desarrollarse en un tiempo acorde con las demandas del currículo escolar, dando resultados alentadores en términos del aprendizaje de los alumnos de una habilidad científica fundamental como el diseño experimental. Esta relevancia aumenta si lo consideramos en el marco de un currículo como el de la provincia de Buenos Aires, jurisdicción donde se realizó la investigación, que apuesta a la enseñanza de los modos de conocer de la ciencia como parte de las situaciones de enseñanza que la escuela debe generar, ya que permite avanzar con el diseño de secuencias de trabajo ancladas en distintos temas del currículo que respondan a esta necesidad. Actualmente se está trabajando en el análisis de las entrevistas realizadas a los alumnos de manera tal de profundizar la evaluación de los resultados presentados aquí.



Referencias

- Brown, A. L. (1992). "Design Experiments: theoretical and Methodological Challenges in creating complex interventions in classroom settings", en: *The Journal of the learning Sciences*, Vol. 2.
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). "¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas", en: *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 17, N° 2.
- 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.
- Declaración de Budapest (1999). Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico. Hungría: Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso.
- Fumagalli, L. (1993). *El desafío de Enseñar Ciencias Naturales*, Buenos Aires, Troquel.
- Furman, M. y Podestá, M. E. (2009). *La aventura de enseñar ciencias naturales*, Buenos Aires, Aique.
- Furman, M. (2012). "¿Qué ciencia estamos enseñando en contextos de pobreza?" en: *Revista Praxis y Saber*, Vol. 3, N° 5.
- Gil Pérez, D.; Macedo, B.; Martínez-Torregrosa J.; Sifredo, C.; Valdés, P. y Vilchez, A. (2005) *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* Santiago de Chile, UNESCO-OREALC.
- Gil, D. (1994). "Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico" en: *Investigación en la Escuela*, Vol. 23.
- Gopnik, A. (2012). "Scientific thinking in young children. Theoretical advances, empirical research and policy implications" en: *Science*, Vol. 337.
- Harlen, W. (2000). *The Teaching of science in primary Schools*. Londres: David Fulton Publishers.
- Herron, M. D. (1971). "The nature of scientific enquiry", en: *School Review*, Vol. 79, N° 2.
- Klahr, D; Zimmerman, C. y Jirout, J. (2011). "Educational interventions to advance children's scientific thinking", en: *Science*, Vol. 333.



León, O. G. y Montero, I. (2002). *Métodos de investigación en Psicología y Educación*. Madrid, McGraw-Hill.

Metz, K. E. (2004). “Children’s understanding of scientific inquiry: Their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design”, en: *Cognition and Instruction*, Vol. 22.

Osborne, J.F., Simon, S., y Collins, S. (2003). “Attitudes towards Science: A Review of the Literature and its Implications”, en: *International Journal of Science Education*, Vol. 25, N°9.

Porlán, R. (1999). “Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias por investigación”, en: Kaufman M. y Fumagalli L. (Eds.), *Enseñar ciencias naturales: Reflexiones y propuestas didácticas*. Buenos Aires, Paidós.

Schwab, J. (1966). *The Teaching of Science*. Cambridge, Harvard University Press.

UNESCO (2009). Aportes para la enseñanza de las ciencias naturales: Segundo estudio Regional Comparativo y Explicativo. Santiago de Chile: Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe.

Valverde, G. y Näslund-Hadley E. (2010). *The State of Numeracy Education in Latin America and the Caribbean*. IDB Technical Note No. 185. Washington, DC: Inter-American Development Bank.

Zimmerman, C. (2007). “The development of scientific thinking skills in elementary and middle school” en: *Developmental Review*, Vol. 27.

