



FACULTAD DE EDUCACIÓN
Escuela de Investigación y Postgrado

**CREATIVIDAD MATEMÁTICA EN UN CONTEXTO DE VULNERABILIDAD ESCOLAR:
SU INCIDENCIA EN LA HABILIDAD MATEMÁTICA Y LAS TENSIONES
ARGUMENTATIVAS DE LA LITERATURA**

Tesina para optar al grado de Magíster en Educación Matemática

Autor: Samuel Olivares Ahumada
Profesor guía: Alex Montecino, PhD.

Enero, 2020

SANTIAGO - CHILE

Agradecimientos

*A las profesoras y todos los niños y niñas
del Liceo Antonio Hermida Fabres
que fueron parte de este estudio*

El autor.

Resumen

La investigación abordó la incidencia de la creatividad matemática en el desarrollo de la habilidad matemática. A partir de una revisión bibliográfica se identificaron tensiones argumentativas que permitieron matizar los resultados de la investigación. Así, el estudio dio luces de cómo enseñar, fomentar y evaluar la creatividad matemática en el aula. Lo que es una oportunidad para encontrar un camino que ofrezca alternativas al desarrollo del pensamiento matemático en los estudiantes de enseñanza básica en Chile. Para evaluar la creatividad matemática se analizaron tres parámetros: fluidez, flexibilidad y originalidad. Mientras que la habilidad matemática fue evaluada como el conjunto de conocimientos y saberes que son usados para resolver una tarea matemática. Se utilizó una metodología mixta para medir ambas variables en 53 estudiantes, correspondientes a dos cuartos básicos del Liceo Antonio Hermida Fabres de Peñalolén, de la Región Metropolitana. Los 53 estudiantes se distribuyeron en dos grupos. Un curso de 25 estudiantes en el que se trabajó la resolución de problemas de respuesta abierta con el fin de fomentar la creatividad matemática (Curso A) y en un curso de 28 estudiantes que fue establecido como grupo control (Curso B). Uno de los hallazgos de la investigación fue la mejora que mostró el grupo experimental en las dos variables: creatividad matemática y habilidad matemática. Otro descubrimiento fue evidenciar el comportamiento atípico de las variables al momento de discutir en torno a las tensiones argumentativas, reafirmando su carácter dicotómico. Sin duda, los hallazgos alcanzados revelan el valor de fomentar la creatividad matemática en el aula, ya que muestra bondades para mejorar la enseñanza y aprendizaje de la matemática, incidir positivamente en la percepción de la clase de matemática e inclusive sería un camino plausible para reducir el efecto de los factores de riesgos que se han establecido en torno al concepto del *low-performer*.

Palabras clave: creatividad matemática, habilidad matemática, tensiones argumentativas, educación matemática.

Abstract

This research looks for addressing the incidence of mathematical creativity in the development of mathematical ability. By deploying a literature review, in this thesis was identified argumentative tensions, which were used for contrasting research results. The study shows how mathematical creativity in the classroom could be taught, promoted and evaluated. Which becomes in a way of offering alternatives to the development of mathematical thinking in elementary school students from Chile. In order to evaluate mathematical creativity, in this study analyzes three parameters: fluency, flexibility and originality. In addition, mathematical ability was evaluated as the assemblage of knowledge that emerges to solve a mathematical task. A mixed methodology was used, measuring both variables in 53 students of fourth grades (9-10 years) at Liceo Antonio Hermida Fabres from Peñalolén, Metropolitan Region. 53 students are distributed as follows: experimental group, in 25 students (Course A) were promoted mathematical creativity through the open-ended approach; control group, 28 students (Course B). The principal research finding was the improvement that the experimental group shown in the two variables: mathematical creativity and mathematical ability. Moreover, it evidences an atypical behavior of the variables when they are used for rereading the argumentative tensions, which are reaffirming dichotomous character about the ideas displayed in the literature. Finally, it is plausible to assert that there is a value in the promoting mathematical creativity in the school classroom, since the promoting not only shows benefits to improve the learning of mathematics or to improve the student's perceptions of the mathematics class; it also has an effect on the risk factors that have been established around the concept of the *low-performer*.

Key concepts: mathematical creativity, mathematical ability, argumentative tensions, mathematical education.

Tabla de Contenido

ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES.....	6
INTRODUCCIÓN	7
1. CAPÍTULO 1: PROBLEMATIZACIÓN	10
1.1 Antecedentes teóricos.....	10
1.2 Problema y pregunta de investigación	14
1.3 Objetivos	16
1.3.1. Objetivo General	16
1.3.2 Objetivo Específicos.....	16
1.4 Hipótesis	17
1.5 Justificación	18
2. CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL	20
2.1 Creatividad Matemática	20
2.2 Habilidad Matemática	22
3. CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO	25
3.1 Enfoque investigativo.....	25
3.2 Diseño de la investigación	26
3.2.1 Momento 1	26
3.2.2 Momento 2	26
3.2.3 Momento 3	28
3.3 Participantes.....	29
3.4 Instrumentos.....	29
3.4.1 Test de creatividad matemática.....	29
3.4.2 Test de habilidad matemática.....	30
3.4.4 Notas de Campo.....	34
3.5 Validez y confiabilidad del estudio.....	34
4. CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1 Tests.....	36

4.2 Grupo Focal y Notas de Campo.....	41
4.3 Discusión	45
5. CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....	49
6. BIBLIOGRAFÍA	53
7. ANEXOS	61
7.1 Pretests y Rúbricas.....	61
7.1.1 Pretest de Creatividad Matemática.....	61
7.1.2 Pretest de Habilidad Matemática	64
7.2 Postests y Rúbricas	67
7.2.1 Postest Creatividad Matemática	67
7.2.2 Postest de Habilidad matemática	70
7.3 Transcripción Grupo Focal	75
7.3.1 Grupo Focal Curso A	75
7.3.2 Grupo Focal Curso B	77
7.4 Resultados Tests por Curso	79
7.4.1 Resultados Test Curso A	79
7.4.2 Resultados Test Curso B	79

ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES

Tabla 1: Resumen del diseño de investigación	28
Tabla 2. Puntajes tests de creatividad matemática	36
Tabla 3. Puntajes según dimensiones de la creatividad matemática por curso	37
Tabla 4. Puntajes tests de habilidad matemática	39
Tabla 5. Puntajes por género en el Curso A en los tests de habilidad matemática y creatividad matemática	40
Tabla 6. Puntajes por género en el Curso B en los tests de habilidad matemática y creatividad matemática	40
Tabla 7. Puntajes por género y dimensiones de la creatividad matemática en el Curso A	41
Tabla 8. Matriz para analizar la visión de la clase de matemática en ambos cursos	42
Tabla 9. Nota de campo; sesión n° 2, actividad n°2 (los pasteles)	43
Tabla 10. Matriz para analizar ¿qué es lo que más te gusta de las clases de matemática? en ambos cursos	43
Tabla 11. Matriz para analizar ¿qué cambiarías de la clase de matemática?	44
Tabla 12. Nota de campo: sesión n° 8, actividad n° 4 (perímetro)	45
Ilustración 1. Respuestas más frecuentes en el postest de ambos cursos	38
Ilustración 2. Respuestas más frecuentes en el postest del Curso A	38
Ilustración 3. Respuestas más originales en el postest del Curso A	38

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la creatividad ha cobrado un papel esencial en la educación, siendo considerada tan relevante como la alfabetización y la matematización (Lucas, Claxton y Spencer, 2013). Por lo que ha sido incorporada a los planes curriculares en diversos países como Australia, Gran Bretaña, Canadá y Corea del Sur, entre otros (Scott, 2015; Niss, Bruder, Planas, Tuner y Villa-Ochoa, 2016). Por su parte, la educación matemática también ha encontrado un campo fértil de estudio en este tema, indagando sus diversos alcances en este campo (Hersh y Jonh-Steiner, 2017; Singer, Sheffield y Leikin, 2017). No obstante, sus aristas no son solo de relevancia pedagógica o matemática, ya que el impacto de la creatividad se considera a nivel social (OECD, 2019).

Asimismo, la enseñanza y aprendizaje de la matemática ha cobrado una gran importancia en el siglo XXI (Mullis y Martin, 2018; OECD, 2003, 2012). La OECD (2014) ha afirmado que la matemática —junto a la lectura y las ciencias— es fundamental para el desarrollo de la sociedad. Lo que ha posicionado a la matemática como un recurso valioso para promover el progreso social y económico de la sociedad (Pais, 2017) y por ello semanalmente las escuelas disponen de varias horas para el estudio de esta área de conocimiento. Sin embargo, cada país o región —a la luz de las políticas económicas que adscribe— declara qué es lo que busca con el aprendizaje de la matemática; para así propiciar, la habilidad matemática.

La habilidad matemática se puede definir como un conjunto de habilidades, conocimientos y actitudes que son necesarias para resolver una tarea matemática (Frejd y Greiger, 2017; Vilkomir y O'Donoghue, 2009). Desde esta perspectiva, para el Ministerio de Educación (MINEDUC) el desarrollo de la habilidad matemática se logra a través del trabajo de cuatro habilidades: resolver problemas, representar, modelar y argumentar y comunicar; actividades que la escuela debe propiciar en las clases de matemática (MINEDUC, 2012). En esta línea, se considera que la creatividad matemática es un subdominio de la habilidad matemática y su fomento beneficiaría a esta última (Kattou, Kontoyianni, Pitta-Pantazi y Christou, 2012), por lo que es importante incorporar al aula estrategias que fomenten la creatividad (ver Kwon, Park y Park, 2006; Nohda, 2000).

A pesar de la importancia actual de la creatividad matemática poco se ha indagado en los países de Latinoamérica (Olivares y Montecino, enviado). Lo que contrasta con el resto del

mundo, ya que, en los últimos diez años, la creatividad matemática es uno de los temas de educación matemática más estudiados en habla inglesa (ver Leikin, 2013; Singer et al, 2017, Sriraman, 2017). De esta manera, la presente investigación busca abrir la discusión en la región desde dos perspectivas. La primera es determinar cómo el fomento de la creatividad matemática incide en el desarrollo de la habilidad matemática. Y la segunda, considera el factor social, dado que se busca analizar de qué forma las tensiones argumentativas presentes en la literatura se comportan en un contexto de alta vulnerabilidad escolar —las que también son releídas desde la perspectiva del *low-performer*¹—.

Es así, como el presente escrito se estructura en cinco capítulos, cuyo contenido de cada apartado se describe a continuación.

En el primer capítulo, se sitúa la investigación. La que tiene lugar en el año 2019 en dos cuartos básicos del Liceo Antonio Hermida Fabres, en la asignatura de matemática, con lo que se busca determinar la relación entre creatividad matemática y habilidad matemática. Para ello se trabajó con un grupo experimental y un grupo de control, para responder a la pregunta: ¿cómo el fomento de la creatividad matemática a través de la estrategia de resolución de problemas de respuesta abierta incide en el desarrollo de la habilidad matemática? Para sustentar el estudio, en este apartado también se presentan los datos teóricos y la revisión bibliográfica, los que a su vez permiten delinear los objetivos generales y específicos. Además, se presentan las hipótesis del trabajo, que responden a los posibles resultados de la investigación y la justificación de la importancia de que se lleve a cabo.

En el segundo capítulo se presentan los dos grandes conceptos teóricos que se indagan en la investigación: *Creatividad Matemática* y *Habilidad Matemática*. Para su definición se levanta bibliografía principalmente de artículos y revistas ligados a la educación matemática, como lo son ZDM, Educational Studies in Mathematics, Mathematical Thinking and Learning y Bolema entre otros. Además de la consideración de los marcos teóricos utilizados para el diseño de las pruebas PISA² y TIMSS³. Además de los respectivos reportes de resultados de dichas pruebas. Principalmente, se presenta de cada concepto

¹ Según la OECD (2016b) el *low-performer* son los factores de riesgo que explican el bajo rendimiento de los estudiantes.

² PISA por sus siglas en inglés: Programme for International Student Assessment.

³ TIMSS del inglés: Trends in International Mathematics and Science Study.

sus matices, complejidades y formas de ser evaluado, delineando tangencialmente los instrumentos y dimensiones a medir en la investigación.

El tercer capítulo muestra el enfoque investigativo, la metodología del estudio y el diseño de la investigación, por lo que se explican y respaldan los métodos que se proponen para encontrar respuesta a la disyuntiva planteada. Asimismo, se secuencian los momentos de la investigación en los que se explican los instrumentos, la finalidad de su uso y cómo se estructura cada parte del estudio. Además, en este apartado se señalan los participantes y la validación de los instrumentos que se utilizaron para recopilar la información que permitirá dar respuesta a la pregunta de investigación.

El cuarto capítulo comparte los resultados y la discusión. La información se presenta en forma resumida, principalmente en tablas e ilustraciones. La que es ordenada a partir de cada instrumento y concepto evaluado, complementándose entre sí en la medida que los datos se van presentando. Es en este apartado en donde tiene lugar la discusión, la que se enfoca en profundizar sobre las tensiones argumentativas de la literatura, revelando así los matices producidos por la naturaleza del grupo de estudio.

El quinto y último capítulo, considera las conclusiones, recomendaciones y proyecciones que ha alcanzado el estudio, en que se exponen las bondades del fomento de la creatividad en el aula y cómo dichas estrategias pueden mejorar la percepción de los estudiantes con respecto a la matemática. Además, se presentan los factores que explicarían el comportamiento de los resultados obtenidos y cómo el fomento de la creatividad matemática podría reducir la brecha de género.

CAPÍTULO 1: PROBLEMATIZACIÓN

1.1 Antecedentes teóricos

En las últimas décadas, diferentes organismos nacionales e internacionales han discutido y argumentado sobre la importancia de la creatividad dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje en las diferentes áreas de estudio que aborda la formación escolar (por ejemplo, MINEDUC, 2009, 2016a, 2016b; OECD, 2003, 2005, 2013; UNESCO, 2013). En relación con lo anterior, en un contexto nacional, MINEDUC (2009), al hacer referencia al subsector de matemática, señala que, si el estudiante toma conciencia de sus capacidades, intuiciones y creatividad, éste logrará desarrollar confianza y seguridad en sí mismo. En la misma línea, las actitudes científicas promovidas para 8vo básico, concernientes al área de las ciencias naturales, se declara como uno de sus Objetivos de Aprendizajes: “mostrar curiosidad, creatividad e interés por conocer y comprender los fenómenos del entorno natural y tecnológico, disfrutando del crecimiento intelectual que genera el conocimiento científico” (MINEDUC, 2016c, p. 47). Por otra parte, haciendo referencia a un estudio de la OECD, se ha posicionado la importancia de la creatividad dentro de medios de comunicación masiva, en específico en el diario *La Tercera*⁴, donde en una de sus notas se afirma que “la creatividad y la capacidad de iniciativa y de asumir riesgos son aptitudes que deberían primar en la educación para permitir que las personas puedan adaptarse a un mundo cambiante en el que la producción de conocimientos se acelera vertiginosamente”. En un contexto internacional, OECD (2019) afirma que el desarrollo del pensamiento creativo y crítico es valioso, no solo para el mercado laboral o para un mejor desarrollo personal, sino que su importancia va más allá de lo económico, dado que ambos contribuyen al bienestar humano y a la democracia. Así, el desarrollo de la creatividad pareciera tener asociada ciertas bondades y beneficios tanto a nivel personal como para la sociedad actual, tornándose tan esencial como la alfabetización y matematización dentro de la escuela del siglo XXI (Lucas, Claxton y Spencer, 2013; Leikin y Pitta-Patanzi, 2013).

Por su parte, la educación matemática, como campo de estudio, no ha quedado exenta de una discusión y argumentación sobre la importancia de la creatividad en la enseñanza y aprendizaje de la matemática (ver Niss et al., 2016). Desde fines del siglo pasado se han desarrollado trabajos en torno a la creatividad matemática (ver Leikin y Sriraman, 2017;

⁴ <https://www.latercera.com/noticia/la-creatividad-debe-primar-en-la-educacion-moderna-segun-informe-de-ocde/>

Leikin y Pitta-Pantazi, 2013; Kattou et al., 2012), los que la han diferenciado de la creatividad general, ya que la creatividad matemática es específica de su campo. Según Olivares y Montecino (enviado), dentro de la investigación en educación matemática existen cuatro grandes líneas argumentativas que dan forma al campo de estudio de la creatividad en educación matemática: (a) la creatividad es importante para la enseñanza y aprendizaje de la matemática (b) la creatividad se convierte en una habilidad o competencia que el ciudadano moderno debe tener y fomentar (c) la creatividad matemática debe ser parte de la formación y desarrollo profesional del profesor de matemática y (d) la creatividad está relacionada con la superdotación o talento del estudiante. Líneas que emergen al tratar de hacer frente a interrogantes como: ¿de qué forma se puede evaluar mejor la creatividad matemática?, ¿cuál sería el papel y relevancia de la creatividad matemática dentro del aprendizaje de la matemática escolar?, ¿cómo poder implementar la creatividad? o ¿cómo formar profesores que fomenten el desarrollo de la creatividad matemática en el aula? (ver Hersh y John-Steiner, 2017; Leikin, 2013; Leikin y Pitta-Pantazi, 2013; Mann; 2009; Niu, Zhou y Zhou; 2017).

La creatividad matemática ha sido ratificada como una de las habilidades claves a desarrollar en los estudiantes (Mann, 2006; OECD, 2019), la que se ha fomentado, mayoritariamente, mediante la resolución de problemas —en específico problemas de respuesta abierta y el planteamiento de problemas—. Dentro de la literatura se ha afirmado que la resolución de problemas juega un papel esencial para desarrollar la creatividad matemática, mejorar la participación de los estudiantes en las clases y generar un efecto positivo en sus actitudes hacia la matemática (Singer et al., 2017), con respecto a la resolución de problemas de respuesta abierta, Kwon et al. (2006), afirman que una de las ventajas a la hora de trabajar con problemas abiertos es que cada estudiante, ya sea aventajado o que tenga dificultades, puede tratar de encontrar sus propias respuestas dentro de sus posibilidades y limitaciones.

Si bien, se ha ligado la creatividad a otras habilidades como la innovación, el pensamiento divergente y la experimentación (Sriraman, 2017; Karwowski, Jankowska y Szwajkowski, 2016); el vuelco hacia el fomento de la creatividad matemática también se explica porque en la actualidad se considera que no es suficiente solo el manejo del contenido, sino que más bien se precisa que los estudiantes utilicen sus habilidades para ofrecer soluciones a problemas reales no resueltos (Pitta-Pantazi, Kattou y Christou, 2018). Por lo que la escuela necesita mejores formas de capacitar a los estudiantes para este mundo dinámico (Leikin,

2013). Además, educar para una mentalidad de crecimiento en el aprendizaje es crucial para el desarrollo de la creatividad, ya que la innovación va de su mano (Sriraman, 2017; Karwowski et al., 2016). De esta forma, la enseñanza de la matemática no se puede limitar a la adquisición de contenidos, técnicas y/o procedimientos. De hecho, diversas investigaciones han demostrado que existe una relación significativa entre el conocimiento matemático y la creatividad matemática, en la que la primera incide en la segunda (Kattou et al., 2012; Pitta-Pantazi et al., 2018; Schindler, Joklitschke y Rott, 2018; Singer y Voica, 2017).

Tomando en cuenta todo lo anterior, Chile, al igual que muchos países durante la última década, ha orientado sus reformas curriculares, considerando estas nuevas perspectivas de la enseñanza en educación matemática. Por ello el cambio curricular en Chile (del año 2012) estuvo basado en el desarrollo de habilidades; dejando atrás el anterior modelo centrado en la adquisición de conocimientos y para la asignatura de matemática específicamente se propuso el desarrollo de cuatro habilidades como elementos centrales: (a) resolver problemas, (b) modelar, (c) representar y (d) argumentar y comunicar. Habilidades que a su vez deben ser trabajadas en cinco ejes temáticos: (a) números y operaciones, (b) patrones y álgebra, (c) geometría, (d) medición y (e) datos y probabilidad. Además, de la inclusión de objetivos de aprendizajes ordenados por unidades temáticas con sus respectivos indicadores de evaluación (MINEDUC, 2012). En este contexto, MINEDUC (2012) afirma que mediante las matemáticas escolares los estudiantes deberán ser capaces de enriquecer su comprensión de la realidad, facilitar su selección de estrategias para la resolución de problemas y desarrollar su pensamiento crítico y autónomo. En resumen, lo que propone MINEDUC (2016a) es allanar el desarrollo de la habilidad matemática entendida esta como una gran habilidad compuesta por un conjunto de habilidades, conocimientos y actitudes que permiten aprender y desarrollar tareas y problemas matemáticos; planteando también que la creatividad puede ser desarrollada en las clases de matemática, dado que en sí misma esta disciplina es de carácter creativo (MINEDUC, 2012).

A pesar de todas las certezas que se han establecido sobre creatividad y habilidad matemáticas, tras la indagación por la literatura sobre ambos temas también se han podido develar ciertas tensiones argumentativas que, por su recurrencia, se han comenzado a instalar como verdades. Esto se explica en algún grado, porque la investigación sobre la creatividad matemática, y su relación con otras variables, ha sido mayormente estudiada

en entornos homogéneos que no han observado particularmente factores económicos o sociales (Araya, Giaconi y Martínez, 2019); mientras que los estudios referidos a la habilidad matemática se han preocupado por efectuar grandes análisis de datos que se centran principalmente en los resultados, sin indagar en los factores que inciden en estos (OECD, 2016a; Leder y Forgasz, 2018). De esta manera se estima que hay tres ideas que presentan tensiones argumentativas al hablar sobre las variables en cuestión en el campo de la matemática.

Primero, *el género influye en la creatividad matemática*. Por un lado, según Baer y Kaufman (2008), hay muchas investigaciones que muestran que no existe una tendencia de mejores resultados en este tipo de test de acuerdo con el género, ya que hay igual número de estudios que reportan mejores resultados ya sea para uno u otro género. Aunque, existen diversas investigaciones que a la luz de sus resultados señalan que las mujeres son más creativas que los hombres (ver Evans, 1964; Mann, 2009; Araya et al., 2019). Por lo que hay una preponderancia de mejores logros por parte de las niñas y mujeres en las pruebas de creatividad y pensamiento divergente (Baer y Kaufman, 2008). Aunque cabe precisar que en su mayoría dichas investigaciones han sido realizadas con estudiantes de quinto grado en adelante (ver Baer y Kaufman, 2008; Evans, 1964).

Segundo, *mayor habilidad matemática será igual a mayor creatividad matemática*. Por una parte, varios investigadores han establecido a la creatividad matemática como un subcomponente de la habilidad matemática, por lo que una sólida formación matemática permite que la creatividad matemática aflore (Kattou et al., 2012; Mann 2009). Tal afirmación se apoya en que el conocimiento es un factor crucial para la creatividad matemática, ya que diversos estudios han concluido que entre mayor habilidad y conocimiento matemático tenga un individuo mayor podrá ser su creatividad matemática (Mann, 2006; Kattou et al., 2012; Bahar y Maker, 2011). Lo que también se condice con que los estudiantes talentosos o superdotados muestran por lo general altos resultados en las pruebas de creatividad (Goldin, 2017). Pero, por otra parte, existe una línea investigativa que propone que el conocimiento no es determinante para demostrar creatividad matemática, ya que cada individuo, según su conocimiento puede demostrar creatividad (ver Kwon et al., 2006) y que inclusive el fomento de la creatividad traería beneficios en el aprendizaje de la matemática (Nohda, 2000).

Tercero, *el género también influye en la habilidad matemática*. Una afirmación recurrente es que los hombres son mejores matemáticos que las mujeres (Sheffield, 2016), porque

obtienen mejores resultados en las pruebas estandarizadas como PISA y TIMSS —entre otras— y, en los países del primer mundo, hay más hombres cursando carreras que tienen relación con la matemática (Leder y Forgasz, 2018). Si bien las diferencias existen, la balanza a favor de los hombres se inclina solo en los niveles de alto rendimiento (Hyde y Mertz, 2009). Además, esta realidad no es extensiva en todas las culturas y en general responde a una creencia internalizada socialmente, que ha considerado durante mucho tiempo que las matemáticas son “masculinas” (Brandell, Leder y Nyström, 2007). De hecho, en los cursos de educación primaria no se observan mayores diferencias entre niños y niñas que permitan atribuir tales resultados a un asunto de género (Winkelmann, Heuvel-Panhuizen y Robitzsch, 2008). Incluso, en la mayoría de los países asiáticos de alto rendimiento en la prueba PISA, no se consigna una brecha según sexo (OECD, 2016a). Además, también existen países en los que las mujeres superan en desempeño a los hombres, como lo son el caso de Finlandia, Albania, Malasia, Qatar y Trinidad y Tobago, entre otros, por lo que las diferencias de género responden más bien a factores externos que deben ser estudiados (OECD, 2016a; Winkelmann et al., 2008).

En consecuencia, atendiendo a las tensiones argumentativas y al contexto chileno, es preciso ampliar el espectro investigativo. Tomando en cuenta, cómo el fomento de la creatividad matemática puede incidir en el desarrollo de la habilidad matemática, y considerando, cómo el contexto de vulnerabilidad escolar puede afectar a ambas variables; ya que esta investigación se realiza con estudiantes con un alto nivel de vulnerabilidad. Incorporando así, aspectos que hasta ahora no han sido mayormente observados en las investigaciones sobre este tema en particular.

1.2 Problema y pregunta de investigación

Desarrollar estrategias innovadoras que permitan trabajar colaborativamente, fomentar las instancias de comunicación a través de la discusión y/o propiciar espacios para la metacognición son actividades que se deben realizar en la escuela del siglo XXI (Scott, 2015). Cada maestro desde su experticia y asignatura debe contribuir a esta finalidad, en especial las áreas de estudio, como matemática, que se le dedican seis o más horas por semana y que se consideran de gran relevancia no solo en el desarrollo escolar, sino que también para el desarrollo personal y de la sociedad (Mullis, Martin, Ruddock, O’Sullivan y Preuschoff, 2009; Mullis y Martin, 2018).

Fue durante el año 2018 que tuve la oportunidad de ser parte de una investigación sobre los entornos didácticos que privilegian la creatividad matemática. Desde el primer momento, el tema llamó mi atención por lo que no dudé en ser parte de dicho proyecto. La participación constaba de la grabación de dos clases consecutivas y la aplicación de una prueba de creatividad matemática a estudiantes de quinto básico. Fue en dicha instancia en la que se despertó el interés por indagar más profundamente sobre este tema, ya que hasta ese entonces no había visto una evaluación de esas características, la que más bien parecía un desafío matemático, en estricto rigor una verdadera puesta a prueba de las habilidades y conocimientos. Ese primer paso me llevó a constatar que si bien, la investigación en creatividad matemática es de larga data, ha sido en los últimos años que esta ha alcanzado mayor notoriedad y trascendencia (Sriraman, 2017). Hasta ahora la investigación sobre el tema ha arrojado diversos beneficios para los estudiantes y profesores (ver Hoth et al., 2016). Sin embargo, en una revisión bibliográfica realizada —en el marco de este estudio— para conocer las formas de argumentar respecto a la creatividad matemática, las aproximaciones teóricas y metodológicas usadas en la investigación, Olivares y Montecino (enviado) concluyen que urge en la región —Latinoamérica— el desarrollo de investigaciones en educación matemática sobre la creatividad matemática y su trabajo (aplicabilidad) en el aula, ya que la mayoría de las investigaciones realizadas sobre el tema se han llevado a cabo en Europa, América del Norte y Asia. Derivando de esta forma en la presente investigación que establece como preguntas guía las siguientes interrogantes:

¿Cómo el fomento de la creatividad matemática a través de la estrategia de resolución de problemas de respuesta abierta incide en el desarrollo de la habilidad matemática en los estudiantes de dos cuartos básicos del Liceo Antonio Hermida Fabres?

¿Cómo la estrategia de resolución de problemas de respuesta abierta para fomentar la creatividad matemática beneficiará a los estudiantes?

¿Los resultados del fomento de la creatividad matemática se verán influenciados por el contexto de vulnerabilidad escolar⁵ que presenta el Liceo Antonio Hermida Fabres?

⁵ En este estudio se asocia la vulnerabilidad escolar a los posibles riesgos que puede correr un individuo o grupo de individuos, a partir de la interacción de diversos factores, que ocurren a lo largo de la vida de una persona y que se manifiestan en hechos de mayor o menor riesgo social, económico, psicológico, cultural, ambiental y/o biológico, en la que una mayor vulnerabilidad implica un mayor riesgo (Infante, Matus, Paulsen, Salazar y Vizcarra, 2013).

¿De qué forma se comportarán las tensiones argumentativas sobre creatividad y habilidad matemática, reportadas por la investigación, en un contexto de vulnerabilidad escolar?

¿Cómo el fomento de la creatividad matemática en el aula cambiará la percepción⁶ de los estudiantes con respecto a la clase de matemática?

¿El fomento de la creatividad matemática podría ser una vía para reducir los factores de riesgos propios de un entorno con alta vulnerabilidad escolar?

Dichas preguntas se entrelazan para aclarar la incidencia de la creatividad matemática en la habilidad matemática y cómo esta se puede fomentar en un contexto de vulnerabilidad, lo que a su vez es una oportunidad para discutir sobre las tensiones argumentativas que se han establecido sobre ambos conceptos.

1.3 Objetivos

Con base en las preguntas anteriores, se han demarcado seis objetivos, uno general y cinco específicos que se desprenden del objetivo principal. Los objetivos planteados son:

1.3.1. Objetivo General

Estudiar la manera en que el fomento de la creatividad matemática incide en el desarrollo de la habilidad matemática en los estudiantes de cuarto básico del Liceo Antonio Hermida Fabres.

1.3.2 Objetivo Específicos

1. Evaluar la creatividad y la habilidad matemática de los estudiantes de 4° básico.
2. Determinar la relación entre creatividad matemática y habilidad matemática de los estudiantes de 4° básico.
3. Mostrar las tensiones argumentativas que navegan en los discursos dominantes contrastándolos con los datos del estudio.
4. Releer críticamente las tensiones argumentativas para hacerlas dialogar con sus aspectos sociales, a la luz de los resultados obtenidos.

⁶ Si bien este estudio no tiene como foco principal desarrollar una indagación en las percepciones de los individuos. Al examinar la percepción de los estudiantes en torno a la clase de matemática se pretende tener una mejor comprensión desde las múltiples voces, para así entender la realidad desde su perspectiva (Huang y Normandia, 2009). En la que la percepción es una opinión válida del estudiante a partir de sus vivencias (Oviedo, 2004).

5. Reportar las bondades de fomentar la creatividad matemática dentro del aula a partir de lo experimentado en el estudio.

1.4 Hipótesis

En primer lugar, el objetivo principal del presente trabajo es estudiar cómo la creatividad matemática puede incidir en la habilidad matemática. Tal inquietud surge porque, según Mann (2009), el conocimiento matemático⁷ es vital para el desarrollo de la creatividad matemática, dado que los estudiantes requieren de una base de conocimientos y habilidades matemáticas para poder demostrar su pensamiento creativo (Kattou et al., 2012). Sin embargo, hay investigaciones que han demostrado que el conocimiento matemático profundo no es un predictor de la creatividad en sí misma (ver Kwon et al., 2006), por lo que se produce una dicotomía —que fue planteada anteriormente como una de las tensiones argumentativas que busca dilucidar la investigación—. Es así como se busca establecer una relación a la inversa entre ambas habilidades, es decir que fomentar la creatividad puede decantar en el desarrollo de la habilidad matemática. De esta forma, se presenta como primera hipótesis de trabajo:

-Hipótesis 1: El fomento de la creatividad matemática en el aula mejorará la habilidad matemática de los estudiantes.

En segundo lugar, también se busca contrastar los resultados de la investigación con lo reportado por la literatura, para de esta manera ver cómo desde un contexto vulnerable se comporta el fomento de la creatividad, dado que son escasos los estudios sobre el tema que hayan considerado las variables socioeconómicas. Asimismo, también se pretende problematizar en torno a las tensiones argumentativas sobre la creatividad matemática y la habilidad matemática que se han presentado, lo que decanta en la segunda hipótesis del estudio:

Hipótesis 2: El contexto propio del liceo Antonio Hermida Fabres matizará las tensiones argumentativas sobre la creatividad y habilidad matemática.

⁷ En el contexto anglosajón no se diferencia el conocimiento y saber, ya que se usa indistintamente *knowledge*. Por ende, Mann (2009) al hacer referencia al *knowledge*, no se limita solo al “conocimiento puro”.

1.5 Justificación

Desde finales del siglo pasado se ha desarrollado una línea investigativa en torno a la creatividad matemática (ver Hersh y John-Steiner 2017; Singer et al., 2017). La investigación en educación matemática ha logrado identificar qué actividades allanan el desarrollo de la creatividad matemática, como, por ejemplo: el planteamiento y resolución de problemas de respuesta abierta, entre otros (Luria, Sriraman y Kaufman, 2017; Pitta-Pantazi et al., 2018; Voica y Singer, 2013). Asimismo, se ha demostrado que desarrollar una clase de matemática centrada en la creatividad, le permite al profesor brindar oportunidades de exploración en lugar de mostrar una sola manera de encontrar una solución, valorando diferentes formas de razonar y dar respuesta a una problemática (Luria et al., 2017). De esta manera, el estudiante se convierte en un participante activo que a través de estas oportunidades es capaz de desarrollar conocimientos que puede aplicar mucho más allá de un problema matemático en particular (Ma, 1999). También, como se comentó anteriormente, algunas investigaciones sostienen que el conocimiento matemático y la creatividad matemática están directamente relacionados, siendo el primero un aliciente del segundo, afirmando de esta forma que a mayor conocimiento más creativas pueden ser las respuestas de los estudiantes (Singer y Voica, 2017; Schindler et al., 2018; Pitta-Pantazi et al., 2018).

Inclusive, algunos autores han planteado que la creatividad matemática es tanto o más importante que la adquisición misma del conocimiento matemático (Sheffield, 2016). Dado que, la creatividad matemática no solo contribuye a mejorar la comprensión de los alumnos sobre el contenido, sino que también prepara a los estudiantes para aplicar sus conocimientos del área en otros dominios escolares y extraescolares (Beghetto y Kaufman, 2009). Además, hay extensa evidencia sobre que la creatividad promueve la equidad en el aula, por lo que existe una necesidad imperiosa de incorporar las estrategias de enseñanza de la creatividad matemática en las clases (Sriraman, 2017) y la única forma de hacer que esta emerja es creando instancias que le permitan aflorar, para que así los estudiantes puedan demostrar todo su talento matemático (Sheffield, 2016). Asimismo, también se releva lo que se presentó en apartados anteriores, sobre la discusión y argumentación en torno a cómo la creatividad se perfila como una habilidad clave para la actualidad, dado que favorece el desarrollo personal y social.

A pesar de todo lo esgrimido, pareciera que en el contexto Latinoamericano el desarrollo e inclusión de la creatividad matemática se ve reducido a un asunto declarativo. Un ejemplo

de esto es lo que pasa en el contexto chileno. Las bases curriculares de Chile enuncian que la creatividad es una actitud que debe ser desarrollada en las clases de matemática (MINEDUC, 2012). Aunque en las consideraciones que trazan sus bases curriculares, no se observan objetivos o indicadores que evalúen o incentiven un trabajo sistemático con la creatividad, por lo que se carece de lineamientos claros que posibiliten la implementación, desarrollo y/o evaluación de la creatividad en las aulas de matemática de nuestro país. Así que es necesario investigar sobre la creatividad matemática desde la realidad Latinoamérica (Olivares y Montecino, enviado) para con ello aportar a la discusión académica sobre el tema.

Además, hay aristas investigativas que aún no se han logrado dilucidar, por ejemplo: si la relación entre habilidad y creatividad se puede dar a la inversa (Kattou et al., 2012), es decir, que fomentar la creatividad matemática permita el crecimiento de la habilidad matemática o el rol de lo social dentro del fomento de la creatividad, en otras palabras, desplazar algunas discusiones sobre creatividad a lo que se ha denominado como el *giro social* en educación matemática (Lerman, 2000) y así poder discutir sobre las tensiones argumentativas que se han presentado a partir de la revisión de la literatura.

CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL

2.1 Creatividad Matemática

Antiguamente la creatividad era atribuida a los grandes genios representantes de la música o el arte, siendo considerada una característica extraordinaria de las personas que explicaba su talento en las áreas de trabajo en las que se desenvolvían (Zazkis, 2016). Sin embargo, durante la segunda mitad del siglo pasado comenzaron a surgir los primeros acercamientos teóricos e investigativos con respecto a la creatividad (Schindler et al., 2018).

Según Leikin (2013) uno de los primeros estudiosos sobre el tema fue Guilford (1967) quien consideró que el proceso creativo era una combinación entre el pensamiento convergente y el pensamiento divergente. Si bien, el pensamiento divergente constituye una parte importante del potencial creativo, el que para manifestarse tiene a la base al pensamiento convergente, ya que así se pueden descubrir principios o propiedades y formular generalizaciones (Sriraman y Dickman, 2016). Las investigaciones más actuales han corroborado esta relación, ya que el pensamiento convergente permite encontrar una respuesta única, pero a partir de esta solución única y correcta puede surgir el pensamiento divergente para generar múltiples respuestas (Leikin, 2013); por lo que existiría un tándem entre ambos tipos de pensamientos que serían complementarios a la creatividad matemática (Sriraman, 2017; Tabach y Friedlander, 2016).

Otro investigador de la creatividad fue Torrance (1974) quien, a partir de las conceptualizaciones levantadas por Guilford (1967), definió la creatividad como un proceso en que la persona identifica los problemas, deficiencias o elementos faltantes; para buscar soluciones a través de conjeturas o mediante la formulación de hipótesis. Para luego, probar sus suposiciones una y otra vez, modificándolas y volviéndolas a probar si es necesario; para finalmente comunicar sus resultados (Kim, 2006; Torrance, 1974). Además de su conceptualización, Torrance (1974) estableció cuatro componentes (fluidez, flexibilidad, originalidad y elaboración) para poder evaluar la creatividad a partir de las producciones efectuadas. No obstante, según Pitta-Pantazi et al. (2018), los componentes que más ampliamente se han observado en las investigaciones son tres (ver, Kwon et al., 2006; Singer et al., 2017): (a) *Fluidez* o la cantidad de soluciones que un individuo presenta como respuestas a una situación, (b) *Flexibilidad* o cantidad de respuestas diferentes que el

individuo produce como respuestas a una situación y (c) *Originalidad* entendida como las estrategias atípicas para responder, en que se puntuarán más altamente las estrategias menos comunes, siendo esta última el rasgo más característico y determinante de la creatividad (Pitta-Pantazzi et al., 2018; Sriraman, 2017; Singer et al., 2017; Araya et al., 2019).

A pesar de que hay criterios acordados para evaluar la creatividad y modelos que han sido recurrentes en las investigaciones de dicho fenómeno, no existe hasta ahora una definición consensuada del concepto (Singer et al., 2017; Pitta-Patanzi et al., 2018). No obstante, según Sriraman (2017), la mayoría de los investigadores concuerdan en que la creatividad es una combinación de dos elementos centrales: el primero es que la creatividad está ligada a la novedad u originalidad y el segundo es que el producto creativo que emerge debe ser adecuado o útil a la necesidad que lo hace surgir.

Asimismo, según Leikin (2013), la creatividad matemática es una de las características más relevantes del pensamiento matemático avanzado, ya que a través de ella se puede observar la capacidad del individuo para formular objetivos matemáticos y descubrir relaciones. También cabe precisar que la creatividad matemática es una creatividad específica del área de trabajo que se refiere, siendo por tanto la creatividad una habilidad humana que permite la creación de nuevas ideas (Leikin, 2013; Araya et al., 2019). Por lo que entender la creatividad matemática como un dominio específico, permite establecer que una persona creativa en literatura no será también creativa en matemática o viceversa (Kattou et al., 2012).

De esta forma, la creatividad matemática que puede surgir en contextos escolares consiste en la posibilidad de desarrollar ideas y/o preguntas novedosas desde la perspectiva de los estudiantes en la clase de matemática. En dicha instancia se pueden buscar soluciones novedosas a un problema dado o considerar nuevas perspectivas a problemas ya trabajados (Liljedahl y Sriraman, 2006; Araya et al., 2019). Este tipo de creatividad ha sido denominada *Little-creativity* y posee características propias que la diferencian de la creatividad de los matemáticos profesionales o genios matemáticos, que ha sido llamada *Big-creativity* (Liljedahl, 2016; Beghetto y Kaufman, 2009; Singer y Voica, 2017). No obstante, según Sternberg (2007), entre ambas creatividades hay aspectos en común, ya que los procesos mentales que desarrollan los individuos son psicológicamente equivalentes y lo que distingue a una de la otra es la interacción entre el resultado del

proceso creativo y el contexto en que se produce, por lo que solo difieren en el nivel de magnitud de las respuestas que surgen (Zazkis, 2016).

En específico, en este estudio se entenderá la creatividad matemática como una habilidad humana que puede ser fomentada y que está compuesta por un conjunto de elementos que ayudan a incluir la matemática en el proceso educativo para desarrollar un pensamiento flexible, el que a su vez puede incidir en la habilidad matemática (Vanegas y Giménez, 2018). Por lo que hacer matemática, entendida como una actividad, les reportaría a los estudiantes la posibilidad de despertar el proceso creativo en el aula a partir del descubrimiento (Hoth et al., 2016).

2.2 Habilidad Matemática

La importancia e implicancia de la matemática ha cobrado un valor inconmensurable en la sociedad moderna, dado que aprender matemática ya no solo se trata de desarrollar algoritmos y aprender fórmulas, sino que conlleva proveer a los ciudadanos de un saber necesario para alcanzar el bienestar (ver OECD, 2003, 2012; Mullis et al., 2009; Mullis y Martin, 2018). Esta relevancia se explica porque el progreso tecnológico y las invenciones están interrelacionados con el desarrollo de la matemática, dado que, los avances en esta área por lo general han sido los que han facilitado el desarrollo en las ciencias (Karwowski et al., 2016). De esta forma, es que algunas de las ideas de los antiguos científicos y grandes pensadores solo pudieron ver la luz luego de alcanzar logros significativos en matemática (Leikin y Pitta-Pantazi, 2013).

Desde esta perspectiva, se puede entender la matemática como parte del patrimonio cultural de la humanidad (Abrantes, 2001) y también como la capacidad de calcular y usar técnicas matemáticas formales, lo que transforma a la matemática en una herramienta necesaria para cada sociedad y su enseñanza no es inocente (Skovsmose, 1994). Cada currículum nacional o regional establece qué busca con la enseñanza y aprendizaje de la matemática, asomando diferencias entre sí que pueden estar justificadas por las influencias culturales, prioridades económicas y sociopolíticas de cada nación o por los marcos conceptuales que se adopten para definir qué es lo importante de aprender y de hacer en las clases de matemática (Frejd y Geiger, 2017). Sin embargo, se han establecido correlatos internacionales —por ejemplo, los basados en los resultados de la prueba PISA— que han estandarizado y normado el qué, para qué y por qué de la enseñanza y aprendizaje de la matemática.

De esta manera, se pueden encontrar programas curriculares que hablan de *competencia matemática (mathematical literacy)*, como el KOM⁸ danés que fue desarrollado a finales de 1990 y que más tarde sería tomado por la OECD para desarrollar el marco teórico de la prueba PISA (OECD, 2003, 2013) o los lineamientos curriculares de otros países como Noruega, Singapur o Sudáfrica, entre otros, que utilizan el concepto de *numeracy*, para referirse a un campo conceptual similar (Frejd y Geiger, 2017). Aunque cada uno de estos conceptos posee sus matices, también hay varios puntos en común en sus definiciones, ya que ambos entienden que la matemática está compuesta por distintas áreas del saber que hacen emerger diversas habilidades, las que en su conjunto configuran un gran *saber o competencia* (Niss y Højgaard, 2019; Frejd y Geiger, 2017).

Si bien las bases curriculares chilenas no utilizan directamente ninguna de las conceptualizaciones mencionadas anteriormente, sí se observan alcances que la acercan a la perspectiva adoptada por PISA (ver OECD, 2003), ya que según MINEDUC (2016a), el aprendizaje de la matemática es necesario porque ayuda a comprender la realidad y proporciona herramientas para desempeñarse día a día. Entonces, para alcanzar este propósito se parte desde la adquisición de acciones mentales básicas como los cálculos que implican las operaciones matemáticas para pasar a habilidades cognitivas más avanzadas como lo son seleccionar estrategias para resolver problemas, analizar la información de diversas fuentes y/o evaluar la veracidad de las respuestas obtenidas (MINEDUC, 2012). Todos estos procesos configurarían la *habilidad matemática*, que no sería una habilidad unitaria a la que podamos referirnos de forma unívoca (Carrol 1993, 1996).

Hasta ahora hay un conjunto de características que los investigadores han logrado identificar como parte de la habilidad matemática (Cai, 2002), por lo que se puede definir como la capacidad de aprender y dominar nuevas ideas matemáticas poniendo en acción un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes para enfrentar diversas tareas o desafíos, ya sean matemáticos o de la vida cotidiana (MINEDUC, 2012; Koshy, Ernest y Casey, 2009; Krutetskii, 1976; Vilkomir y O'Donoghue, 2009). De esta forma, entender la habilidad matemática como una gran habilidad conformada por diversas dimensiones (conocimientos, actitudes y habilidades) permite trabajar su aprendizaje no solo como un

⁸ KOM es una abreviatura de "Competencias y Aprendizaje de las Matemáticas" en danés (Niss y Højgaard, 2019).

saber, sino que también como un *saber hacer*; que sería la capacidad del estudiante de integrar, transferir y complementar los distintos aprendizajes en nuevos contextos (MINEDUC, 2012). Por lo que su adquisición según MINEDUC (2016a), se logra con el desarrollo de cuatro habilidades del pensamiento que son: modelar, representar, resolver problemas y argumentar y comunicar. El trabajo de estas habilidades contribuye al desarrollo de un pensamiento lógico, ordenado, crítico, autónomo; además de la instauración de actitudes como la rigurosidad, la constancia, la exactitud, la confianza en sí mismo y la creatividad (MINEDUC, 2012).

Si bien para MINEDUC la creatividad es una actitud, la revisión bibliográfica efectuada en el apartado anterior confirma esta como una habilidad, inclusive como una de las habilidades más potentes de trabajar en el aula (Scott, 2015). De esta forma, así como en la asignatura de lenguaje se propone que la lectura aportará no solo a mejorar la comprensión, sino que también reportará beneficios a la escritura —por ejemplo— a través del aprendizaje de nuevas palabras, lo que a la postre mejorará la habilidad comunicativa global (MINEDUC, 2018), es así como en este estudio se considera que el fomento de la creatividad matemática puede ser un aliciente para mejorar la habilidad matemática, entendiendo esta como su piedra angular, ya que se establece una relación de lógica recursiva entre ambas porque el desarrollo de la habilidad matemática incorpora habilidades creativas como lo son el uso de representaciones, evaluación de diversas estrategias de solución de problemas o visualización de objetos matemáticos, entre otras, distintas actividades del pensamiento que son esenciales para alcanzar un conocimiento matemático profundo (Kattou et al., 2012).

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque investigativo

Pareciera que existe una forma validada por la comunidad para estudiar la creatividad matemática, la que es aplicar un pretest, luego hacer una intervención corta para finalmente, aplicar un posttest—en la que ambos tests son mayormente de preguntas de respuesta abierta (ver Dr. Z) [...], para poder ubicar a los estudiantes en un nivel de creatividad, en función a un parámetro (ver Dr. Z). (Olivares y Montecino, Enviado).

Teniendo como principio lo declarado anteriormente, en primer lugar, para esta investigación se ha optado por utilizar un enfoque mixto (Hernández, Fernández y Baptista, 2010) y la información recopilada será articulada en tres momentos: Momento 1: pretest y posttest de creatividad matemática y habilidad matemática, Momento 2: intervención y notas de campo y Momento 3: grupo focal. A partir de estos tres momentos se busca hacer una triangulación de los datos recolectados en cada instancia para así poder dar respuesta a las preguntas que guían la investigación.

Con respecto al enfoque mixto, por un lado, se hará uso de la metodología cuantitativa, para recopilar información y datos numéricos que permiten medir las dos variables del estudio: creatividad matemática y habilidad matemática; y así encontrar regularidades o relaciones causales entre ambas para luego, poder analizarlas, por lo que será una investigación de tipo correlacional (Hernández et al., 2010; Ramos, 2015). El objetivo de utilizar esta metodología radica en que nos permite recolectar información sobre los cambios que se puedan generar en ambas variables tras la implementación de las estrategias que fomentan la creatividad matemática, debido a que se puede comparar una situación inicial, mediante un pretest y un estatus final, con un posttest. Lo que a su vez permitirá evaluar la incidencia de la estrategia en cuestión y, de esta forma, poder elaborar preposiciones precisas, y eventualmente esbozar recomendaciones específicas para futuros trabajos sobre el tema (Hernández et al., 2010).

Por otro lado, la investigación también involucrará una metodología de tipo cualitativa, con la que se busca interpretar, comprender y describir representaciones de documentos de trabajo producidos por la experiencia de los participantes (Hernández et al., 2010). Para recopilar información cualitativa con respecto a las posibles bondades de fomentar la

creatividad matemática se realizará un grupo focal al final de la intervención. Además, se registrarán notas de campo de las clases, para así poder comprender los fenómenos dentro de su contexto detallando eventos, comportamientos o situaciones observadas dentro del proceso de la investigación (Ramos, 2015).

3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 Momento 1

Esta instancia de la investigación considera la aplicación de los tests de creatividad matemática y por otra parte los tests de habilidad matemática (más adelante, en el apartado de Instrumentos se describen las características y formas de aplicación de cada uno) los que serán efectuados al inicio y al final de la intervención, respectivamente.

La importancia de este momento es poder recopilar información para conjugar las dos variables de estudio y determinar cómo estas se relacionan. Para el análisis de ello, se ha decidido tomar un curso al que se le aplicarán los instrumentos, pero no tendrá intervención con la estrategia que fomentan la creatividad matemática por lo que este será el grupo control y de ahora en adelante lo llamaremos Curso B. Este grupo será comparado con otro paralelo que será el grupo experimental y desde ahora en más denominaremos Curso A. En este grupo, además de los respectivos tests, se le aplicará deliberadamente un trabajo que según Nohda (2000) y Kwon et al. (2006) privilegia el pensamiento creativo (cuya estrategia se explicita en el Momento 2). Con esto se busca comparar los resultados de ambos cursos y así poder observar el posible impacto que pueda reportar el trabajo —el uso de la estrategia de resolución de problemas de respuesta abierta— con la creatividad matemática en el desarrollo de la habilidad matemática.

3.2.2 Momento 2

Este es el momento más extenso de la investigación, ya que es aquí en donde tuvo lugar la intervención. Este proceso se llevará a cabo durante ocho semanas, es decir durante 24 sesiones de 80 minutos cada una, aproximadamente. A lo largo de este tiempo se considera la implementación de una estrategia didáctica que fomenta la creatividad que es conocida como resolución de problemas abiertos o también llamada método de enfoque abierto (Leikin, 2013; Nohda, 2000). Esta estrategia, de larga data en la educación japonesa, tiene como objetivo que todos los estudiantes puedan aprender matemática según su propio saber matemático (Nohda, 2000), por lo que los estudiantes intentarán responder problemas de respuesta abierta, es decir, problemas que tienen múltiples soluciones o que

pueden ser resueltos de diferentes maneras de acuerdo con los conocimientos de cada individuo (Leikin, 2013; Araya et al., 2019). Según Nohda (2000) este método asume tres principios, los dos primeros relacionados directamente con el estudiante, ya que apunta a la (1) autonomía de las actividades que cada uno desarrolla, beneficiando así la (2) naturaleza evolutiva e integral del conocimiento matemático y el tercero, ligado intrínsecamente al docente, ya que es quien toma las decisiones frente a las respuestas inesperadas que surgen de los alumnos, por lo que debe (3) propiciar la comprensión y guiar el alcance de las ideas que emergen.

La implementación de la estrategia será a lo largo de toda la intervención y cabe precisar que su uso se dará solo en el grupo experimental y considerará dos formas, una es efectuando directamente actividades de problemas abiertos diseñados especialmente para fomentar la creatividad (ver Araya y Varas, 2013) y la otra es incorporando dentro de las lecciones momentos en que los estudiantes puedan desarrollar tareas de respuesta múltiple. Ambas maneras están ligadas con los contenidos y conocimientos que propone el currículum nacional para cuarto básico, por lo que la intervención considera el mismo orden que propone el plan de estudio a través de los libros de texto de matemática que facilita el MINEDUC para el nivel. Es así como al iniciar el segundo semestre escolar, tras los dos pretest que estipula la investigación, se da inicio al programa comenzando con el contenido de números y operaciones, durante cuatro sesiones, para luego pasar a la unidad de geometría durante 10 sesiones y terminar la intervención con la unidad de medición. En cada uno de los contenidos se irá desarrollando la estrategia de forma gradual y con un nivel de complejidad ascendente, es decir, pasando por los diversos modos de representación que propone MINEDUC (2012), partiendo de lo concreto, para transitar de lo pictórico y luego a lo abstracto.

Además, cabe señalar que a lo largo de toda la intervención las clases se desarrollarán bajo un entorno didáctico que permita el involucramiento activo de los estudiantes a la hora de trabajar con las ideas matemáticas de cada clase, facilitando la comunicación entre pares y con el docente, retroalimentando las ideas, inquietudes o preguntas de los estudiantes; es decir, entregándoles la responsabilidad a ellos mismos de la construcción del saber matemático (Hershkowitz, Tabach y Dreyfus, 2016) y utilizando tareas desafiantes a las cuales se les pueda ir variando la dificultad a medida que se avanza en las respuestas, ya que según Araya et al. (2019) este estilo de enseñanza permite a los alumnos generar

ideas, preguntas y estrategias matemáticas. En resumen, formas de pensar que impactan en su capacidad creativa (Kwon et al., 2006).

Por último, en este momento también se utilizarán las notas de campo, instrumento que busca recabar información relevante con respecto al funcionamiento de las actividades a través de registros escritos efectuados por el mismo investigador (Ramos, 2015). La finalidad de tales apuntes tiene relación con identificar la percepción de la clase a la hora de realizar las tareas que involucran el fomento de la creatividad explícitamente.

3.2.3 Momento 3

Esta es la instancia final de la investigación, en la que tiene lugar el grupo focal con los estudiantes de los dos cursos participantes del estudio (las especificaciones del grupo focal se detallan en el apartado Instrumentos). Con respecto al grupo experimental, su propósito es proporcionar información de tipo cualitativa para determinar los posibles beneficios o bondades desde la percepción de los estudiantes en relación con la estrategia que fomenta la creatividad. Mientras que con el grupo control, su finalidad es poder conocer su visión de la clase de matemática “típica” (sin intervención), para así poder contrastar sus percepciones con las del grupo que fue intervenido. En resumen, se busca relevar las múltiples voces de las aulas matemáticas que son parte del estudio.

A continuación, se presenta una tabla resumen que considera el momento, tipo de metodología, instrumento y dimensión que se evalúa.

TABLA 1: RESUMEN DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

MOMENTO	TIPO DE METODOLOGÍA	INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN	DIMENSIÓN PARA EVALUAR
1	Cuantitativa	Pretest y postest de creatividad matemática	-Fluidez -Flexibilidad -Originalidad
		Pretest y postest de habilidad matemática	-Habilidad matemática.
2	Cualitativa	Notas de campo	-Percepción del impacto de las estrategias de fomento de la creatividad matemática.
3	Cualitativa	Grupo focal	-Percepción de la clase de matemáticas.

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Participantes

Los participantes del estudio son 53 estudiantes de dos cuartos básicos que fueron escogidos entre un total de 113 alumnos del nivel. La elección de esta muestra responde a que en estos dos cursos hay realidades análogas, ya que poseen similar cantidad de estudiantes repitentes, igual cantidad de estudiantes con Necesidades Educativas Especiales (NEE) y el mismo número de estudiantes aventajados en la asignatura de matemática. Además, ambos cursos cuentan con un profesor diferente para la materia, lo que permite reducir el sesgo investigativo.

Los estudiantes cuyo curso recibe una intervención directa para el fomento de la creatividad matemática es de 25 alumnos, 13 niños y 12 niñas (Curso A). Mientras que los otros 28 estudiantes participantes de la investigación, 14 niños y 14 niñas corresponden al curso que funcionará como grupo de control (Curso B) y reciben una enseñanza tradicional de la matemática, es decir, basada en los procedimientos y mecanización de algoritmos (Tabach y Friedlander, 2013).

3.4 Instrumentos

A continuación, se presentan y describen los instrumentos de evaluación y las dimensiones a evaluar con el uso de cada uno.

3.4.1 Test de creatividad matemática

Para evaluar la creatividad matemática se elaboraron dos instrumentos. Uno para aplicar al inicio y otro al final de la investigación. Ambas pruebas se diseñaron a partir de una selección de preguntas presentes en pruebas de creatividad matemática usadas en otros estudios con estudiantes de educación básica (ver Sighn, 1987; Lee, Hwang y Seo, 2003; Kwon et al., 2006; Araya et al., 2019). De esta forma, los ítems escogidos para ambos instrumentos son dos tareas de solución múltiple en la que los y las estudiantes deben proporcionar: diversas soluciones (Kattou et al., 2012). Las preguntas fueron seleccionadas de acuerdo con su dificultad para el nivel, por lo que están alineadas con los contenidos trabajados durante las clases. Así, para cada prueba se determinó utilizar una pregunta referente al eje de Números y Operaciones (similar para ambos tests) y otra referida al eje de Geometría, que es distinta para cada prueba (ver Anexos 7.1.1 y 7.2.1).

Con respecto al análisis de las respuestas, se tomó la rúbrica elaborada por Kwon et al. (2006) que fue adaptada al español por Araya et al. (2019) en la que se consideran tres

dimensiones a evaluar de la creatividad matemática: fluidez, flexibilidad y originalidad, y a cada una se le asigna un puntaje diferente. Por ejemplo, para la fluidez se determina el puntaje según el número de respuestas correctas, para la flexibilidad se le otorga un puntaje de acuerdo con la diversidad de estrategias utilizadas, mientras que la originalidad se puntuó con base en la cantidad de distintas estrategias empleadas (ver Anexos 6.1.1 y 6.2.1). De esta forma, el puntaje final de la prueba se obtiene al sumar los valores alcanzados en cada dimensión. Por último, para cada una de las pruebas se otorgó 40 minutos para su desarrollo, considerando así un tiempo de 20 minutos por respuesta.

3.4.2 Test de habilidad matemática

Para medir la habilidad matemática se efectuaron dos instrumentos, uno para el comienzo y otro para el final de la intervención. Para elaborar ambos tests se extrajeron preguntas desde las pruebas TIMSS 2007 y 2011 que han sido liberadas para los países participantes del estudio. Se escogieron los ítems utilizados en este instrumento porque el currículo nacional vigente está alineado con los marcos curriculares de TIMSS (Agencia de Calidad de la Educación, 2012). De esta manera, la prueba TIMSS de cuarto básico busca evaluar los aprendizajes que los estudiantes debiesen alcanzar para ese nivel. Además, este es un instrumento probado y reconocido para medir la habilidad matemática como la entiende el MINEDUC. Por lo que para responder correctamente los alumnos tienen que estar familiarizados con el contenido matemático, pero también necesitan utilizar sus destrezas cognitivas, como resolver problemas, representar o modelar (Mullis y Martin, 2018; MINEDUC, 2012). Ambos instrumentos se componen por preguntas cerradas, que requieren que los estudiantes elijan la respuesta correcta entre distintas opciones, y de preguntas abiertas, que requieren que los estudiantes desarrollen su propia respuesta (Mullis et al., 2009).

Por un lado, para la confección del pretest se escogieron siete preguntas de alternativas y dos preguntas de respuesta abierta, las que correspondían a los ejes de Números y Operaciones y de Geometría (ver Anexo 6.1.2). La cantidad de preguntas seleccionadas para el primer test se determinó con relación a los Objetivos de Aprendizajes (OA) — declarados por el MINEDUC (2012)— abordados durante el primer semestre, los que a su vez responden a la cobertura curricular alcanzado por los cursos participantes. Es así como se seleccionó una pregunta para cada uno de los siguientes OA:

-OA 5: *Demostrar que comprenden la multiplicación de números de tres dígitos por números de un dígito.* (Pregunta 4).

-OA 7: *Resolver problemas rutinarios y no rutinarios en contextos cotidianos que incluyen dinero, seleccionando y utilizando la operación apropiada.* (Pregunta 5).

-OA 16: *Determinar las vistas de figuras 3D, desde el frente, desde el lado y desde arriba.* (Pregunta 6).

-OA 19: *Construir ángulos con el transportador y compararlos.* (Pregunta 7).

Mientras que para el OA 1: *Representar y describir números del 0 al 10.000*, se escogieron 3 ítems (Preguntas 1, 2 y 9) y para el OA 3: *Demostrar que comprenden la adición y la sustracción de números hasta el 1.000*, se seleccionaron 2 tareas (Preguntas 3 y 8). Se tomó mayor cantidad de preguntas de los OA 1 y OA 3, ya que su desarrollo incluye mayor número de indicadores de evaluación en los planes y programas (ver MINEDUC, 2012) por ende su trabajo durante el semestre conlleva una gran cantidad de sesiones. Con respecto a la revisión del test, se utilizó la pauta de corrección que incluye la misma prueba TIMMS. Por lo que se asignó un punto para cada respuesta correcta desde la pregunta 1 al número 8. Mientras que a la pregunta número 9 se le asignaron dos puntos por respuesta totalmente correcta y un punto por respuesta parcialmente correcta (ver Anexo 6.1.2). De esta manera, el puntaje total de la prueba se obtiene a partir de la suma de respuestas acertadas.

Por otro lado, para la elaboración del postest se escogieron siete preguntas de alternativas y tres tareas de respuesta abierta. Los ítems seleccionados se enmarcan en los ejes de Geometría y Medición e incorporan OA de cursos previos como segundo y tercero básico, dado que había contenidos esenciales que no habían sido abordados en su momento. De esta forma, los OA de cuarto básico evaluados con una pregunta fueron:

-OA 15: *Describir la localización absoluta de un objeto en un mapa simple con coordenadas informales (por ejemplo: con letras y números) y la localización relativa con relación a otros objetos.* (Pregunta 2).

-OA 18: *Trasladar, rotar y reflejar figuras 2D.* (Pregunta 10).

-OA 21: *Realizar conversiones entre unidades de tiempo en el contexto de la resolución de problemas: el número de segundos en un minuto, el número de minutos en una hora, el número de días en un mes y el número de meses en un año.* (Pregunta 3).

-OA 22: *Medir longitudes con unidades estandarizadas (m, cm) y realizar transformaciones entre estas unidades (m a cm y viceversa) en el contexto de la resolución de problemas.* (Pregunta 1).

Mientras que para los siguientes OA se efectuaron dos preguntas por cada uno, determinación que responde a que dichos objetivos presentan mayor número de indicadores de evaluación.

-OA 16: *Determinar las vistas de figuras 3D, desde el frente, desde el lado y desde arriba.* (Pregunta 4 y 6).

-OA 17: *Demostrar que comprenden una línea de simetría.* (Pregunta 7 y 8).

El resto de los OA no corresponde al nivel. Es así como de segundo básico se tomó el OA 15: *Describir, comparar y construir figuras 2D (triángulos, cuadrados, rectángulos y círculos) con material concreto* (Preguntas 9); y de tercero básico se evaluó el OA 21: *Demostrar que comprenden el perímetro de una figura regular e irregular: midiendo y registrando el perímetro de figuras del entorno en el contexto de la resolución de problemas; determinando el perímetro de un cuadrado y de un rectángulo* (Pregunta 5).

Para revisar el postest también se utilizó la pauta de corrección que incorpora la misma prueba TIMSS. No obstante, en esta ocasión se asignó un punto para cada respuesta correcta (ver Anexo 6.1.2). De esta manera, el puntaje total del instrumento se calcula a partir de la suma de respuestas acertadas, teniendo ambos tests un máximo de diez puntos.

Cabe señalar, que tanto para el pretest como para el postest se escogieron ítems con distintos niveles de dificultad, establecidos según TIMSS 2007 y 2011 “para poder caracterizar las habilidades y conocimientos de los estudiantes” (Agencia de Calidad de la Educación, 2012, p. 8). De esta forma, se determinó dos preguntas de nivel de desempeño bajo, dos de nivel intermedio, cuatro tareas de nivel alto y dos preguntas de nivel avanzado —solo una en el pretest—. Por último, para la realización de cada una de las pruebas se otorgó 30 minutos a los estudiantes, considerando así un tiempo promedio de tres minutos por pregunta.

3.4.3 Grupo Focal

Según Krueger y Casey (2014), el grupo focal es un pequeño grupo de personas, quienes poseen ciertas características en común y que proporcionan datos cualitativos dentro de

una discusión focalizada, con el objetivo de dar antecedentes para comprender un tema. Esta técnica permite obtener información que otras estrategias de investigación no complementaron, debido a que busca que mediante la interacción entre los participantes se enriquezca la discusión y las respuestas a las preguntas generadas por el moderador (Juan y Roussos, 2010). Además, se obtiene directamente de los estudiantes información sobre lo que piensan y sienten, sin la intención de hacer un juicio de ello (Krueger y Casey, 2014). Relevando así las múltiples voces y los matices que presentan los grupos partícipes en la investigación, ya que a través de este instrumento se puede constatar cuál es la visión de la clase de matemática a partir de las experiencias que ha tenido cada grupo.

El grupo focal será aplicado luego de los postests y forma parte del *Momento 3* de la investigación. Para la aplicación de este instrumento se seleccionarán 4 estudiantes por curso, los que serán escogidos a partir de las medias de todas las evaluaciones efectuadas en la investigación. De esta forma, se escogerá un estudiante de cada género, de acuerdo con los niveles de sus puntajes, los que se categorizarán en alto o bajo. Quedando conformado el grupo focal por: un hombre y una mujer de alto desempeño y un hombre y una mujer de bajo logro.

Las preguntas para ambos grupos focales serán las mismas y se presentan a continuación:

- ¿Cómo es la clase de matemática?
- ¿Qué te ha gustado de las clases de matemática?
- ¿Qué cambiarías de la clase de matemática?
- ¿Cómo piensas que eres para la matemática, por qué?
- ¿Cómo te sentiste en los tests que se aplicaron?

Posterior a la realización del grupo focal, para facilitar el análisis de la información arrojada, se realizará una transcripción de las respuestas y conversaciones que se reciban por parte de los estudiantes de acuerdo con cada pregunta efectuada. De esta forma, se pretende hacer un análisis de discurso, técnica que implica seleccionar segmentos representativos para examinar las palabras o frases y así determinar cómo los y las estudiantes dan cuenta

de su visión en relación con las experiencias y acontecimientos en las clases de matemática (Onwuegbuzie, Dickinson, Leech y Zoran, 2011).

3.4.4 Notas de Campo

Según Taylor y Bogdan (1987) las notas de campo es un instrumento de registro de acontecimientos que ocurren en una actividad como una clase o una evaluación, entre otras y que se escribe en lenguaje cotidiano efectuado por el investigador, quien por medio de la escucha y la observación va anotando todo lo que puede ser interpretado cualitativamente. Estas notas tienen que ver con los acontecimientos experimentados de forma directa por lo que cada nota viene a representar un suceso o acontecimiento que se aproxima al quién, qué, cuándo y cómo de la acción observada, describiendo entornos, procesos o comentarios de lo observado (Mckernan, 2001).

Con base en lo anterior, las notas de campo serán realizadas por el investigador in situ de forma principalmente descriptiva y de manera más reflexiva tras las sesiones que se consideren ricas en información investigativa. De esta forma, las notas buscarán principalmente aportar información sobre interpretaciones, intuiciones, preconceptos investigativos o ideas, es decir, comentarios absolutamente subjetivos del contexto (Taylor y Bogdan, 1987).

3.5 Validez y confiabilidad del estudio

Los instrumentos de este estudio son de dos naturalezas. Por un lado, en particular los diferentes tests que se aplicaron, al ser extractos de otros instrumentos ya validados en otros estudios —como se declaró en la sección anterior— se puede considerar que cuentan con una pseudo validación, ya que es la forma en que la academia ha estudiado la creatividad matemática (con tales tipos de preguntas) en niveles de escolaridad similares o iguales al de la presente investigación. Por otro lado, los instrumentos que se elaboraron particularmente para este estudio, como lo son el grupo focal y el cuaderno de campo. Por la naturaleza propia de este último grupo de instrumentos, naturaleza dinámica que responde a la interacción y factores que no se pueden controlar por el investigador, no se buscó una validación directa de ellos.

Si bien se podría haber sometido los diferentes instrumentos al escrutinio de expertos, para con ello lograr una *validación desde expertos*⁹ —que al parecer es una de las decisiones más comunes en el área—, este estudio optó por una vía diferente, ya que se apuesta por la *triangulación metodológica* (Hernández et al., 2010). Con la que se recolectan datos con diferentes instrumentos —pre y post tests, grupo focal y notas de campos— con el objetivo de medir las mismas variables y su correspondencia, al analizar por separado los instrumentos y compararlos entre sí, se validan los hallazgos al encontrar correlatos que convergen (Valencia, 2000). Por otra parte, con respecto a la *fiabilidad de los instrumentos*¹⁰, se puede ver una consistencia o estabilidad en los resultados, ya que los datos obtenidos están en la misma línea que los resultados de los instrumentos originales.

Se optó por esto, ya que como lo declaran Okuda y Gómez-Restrepo (2005), la triangulación se constituye como una forma de enriquecer una investigación, confiriéndole al estudio rigor, profundidad, complejidad y consistencia, así como también se favorece la reducción de sesgos y al aumento de un fenómeno. De esta forma, se pretende lograr una mayor riqueza, amplitud y “objetividad” al entrecruzar diferentes instrumentos para recolectar información, al poder “analizar un mismo fenómeno a través de diversos acercamientos” (Okuda y Gómez-Restrepo, 2005, p. 120), usando diferentes técnicas —tanto cuantitativas como cualitativas—.

⁹ “Validez de expertos o *face validity*, la cual se refiere al grado en que aparentemente un instrumento mide la variable en cuestión, de acuerdo con “voces calificadas” (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 204).

¹⁰ La fiabilidad “de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales” (Best, 1992, p. 277).

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se exponen los resultados de la investigación, obtenidos a partir de la aplicación de los instrumentos para recabar información que se ha determinado usar para el estudio. Se presentan los datos a través de tablas y figuras, ya que estas permiten visualizar rápidamente las evidencias. A partir de estos resultados, se esbozan las principales conjeturas con respecto al alcance del trabajo con la resolución de problemas de respuesta abierta, su posible incidencia en la habilidad matemática y la visión de los estudiantes participantes en relación con las clases de matemática. También se presenta la discusión en torno a cómo se suscitan en este estudio las tensiones argumentativas observadas en la literatura.

4.1 Tests

Una de las primeras acciones de la investigación fue aplicar dos pretests a los estudiantes de ambos cursos, uno de habilidad matemática y otro de creatividad matemática. La finalidad de estos instrumentos es evaluar el nivel de cada una de estas habilidades de los estudiantes al comenzar el estudio. Para al final de la intervención volver a aplicar dos postests para observar los desplazamientos de cada una de las variables en análisis y con ello determinar si existe una correspondencia entre ambas.

La tabla 2 presenta los datos del pre y postest de creatividad matemática. Los resultados de las pruebas se obtuvieron a partir de una rúbrica que contaba con tres dimensiones a evaluar: fluidez, flexibilidad y originalidad. La suma de los puntajes de las tres dimensiones se tradujo en el puntaje de creatividad matemática que alcanzó cada individuo.

TABLA 2. PUNTAJES TESTS DE CREATIVIDAD MATEMÁTICA

Curso	N	<i>Pretest</i>		<i>Postest</i>	
		Media	S*	Media	S
A	25	10,04	3,89	13,84	4,61
B	28	9,36	4,80	12,89	4,69

Fuente: Elaboración propia.

*S: Desviación Estándar.

Los promedios de ambos grupos en el pretest presentan una diferencia de 0,68 puntos, lo que equivale a tener al menos una respuesta correcta más que sus pares en la evaluación. Así, se puede evidenciar una brecha inicial entre los cursos al momento de desarrollar las tareas que se relacionan con la creatividad matemática, la que es favorable al Curso A. Si bien ambos cursos aumentaron sus respectivas medias y también sus puntajes máximos (el Curso A subió de 17 a 29 y el Curso B aumentó de 18 a 23), tras la intervención, en el posttest el grupo experimental alcanza una mayor media que al comienzo, ya que esta es de 0,95 puntos, es decir, que ahora los estudiantes tienen prácticamente dos respuestas correctas más que sus pares. Además, presentan un delta de +3,80 versus +3,53 del Curso B, es decir, los estudiantes del Curso A fueron capaces de dar mayor cantidad y variedad de respuestas que sus compañeros del Curso B.

Ahora, al observar en particular cada una de las dimensiones de la creatividad matemática: fluidez, flexibilidad y originalidad, también se puede ver una mejora en ambos cursos, aunque siempre con un mayor delta del grupo intervenido.

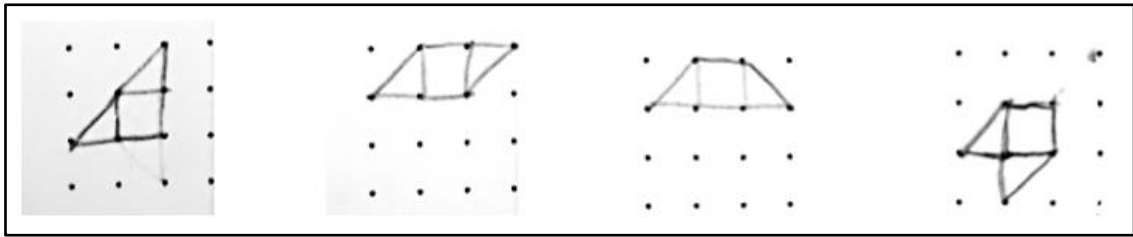
TABLA 3. PUNTAJES SEGÚN DIMENSIONES DE LA CREATIVIDAD MATEMÁTICA POR CURSO

		<i>Pretest</i>			<i>Posttest</i>		
Curso	N	Fluidez	Flexibilidad	Originalidad	Fluidez	Flexibilidad	Originalidad
A	25	4,44	3,68	1,92	5,20	4,92	3,72
B	28	4,32	3,50	1,54	4,68	4,57	3,64

Fuente: Elaboración propia.

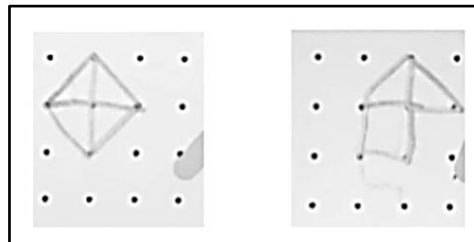
Si bien las diferencias de puntaje promedio y los desplazamientos entre una y otra prueba en el grupo experimental y de control son moderadas al analizar las respuestas de los estudiantes del Curso A se puede observar en sus producciones los matices que diferencian a un grupo del otro, ya que, sus respuestas en general, además de mostrar más fluidez, es decir, mayor número de respuestas correctas también presentan mayor flexibilidad, que se refiere a que los estudiantes utilizan distintas estrategias para responder. Las ilustraciones 1 y 2 muestran las producciones más comunes obtenidas en ambos cursos y las respuestas más reiteradas solo en el Curso A, respectivamente. La instrucción de la tarea era unir puntos para dibujar tantas figuras distintas como fuese posible para que cuya área fuera de 2 cm².

ILUSTRACIÓN 1. RESPUESTAS MÁS FRECUENTES EN EL POSTEST DE AMBOS CURSOS



Fuente: Tests de creatividad Cursos A y B.

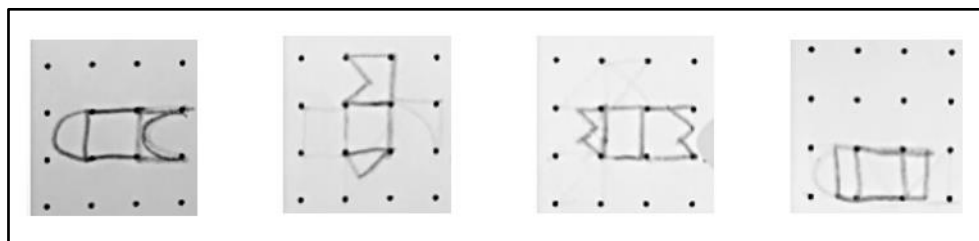
ILUSTRACIÓN 2. RESPUESTAS MÁS FRECUENTES EN EL POSTEST DEL CURSO A



Fuente: Tests de creatividad Curso A.

Al observar el tipo de respuesta de ambos grupos se puede determinar —de acuerdo con la rúbrica (ver Anexo 7.2.1)— que el uso de cuatro triángulos es el primer nivel de estrategias originales que se puede desarrollar para responder la tarea, por lo que las producciones del Curso A mostrarían más originalidad. Aspecto que se reafirma al observar las respuestas más originales alcanzadas por este mismo curso, en que se puede constatar el uso de los puntos medios de los cuadriláteros para formar nuevas figuras, además del uso de líneas curvas (ver Ilustración 3). Esta última, considerada como la estrategia más sofisticada para responder la tarea. Tales tipos de respuestas no se observaron en el grupo control, lo que en algún grado da cuenta del impacto del fomento de la creatividad en el Curso A.

ILUSTRACIÓN 3. RESPUESTAS MÁS ORIGINALES EN EL POSTEST DEL CURSO A



Fuente: Tests de creatividad Curso A.

Si bien ambos cursos aumentaron sus puntajes, trabajar con un grupo control permite explicar mejor los avances del grupo experimental, dado que a la hora de comparar sus resultados se pueden observar los matices y diferencias entre ambos cursos. Además, tal decisión también busca evitar un sesgo metodológico (ver Kwon et al., 2006). Igualmente, la prueba de creatividad matemática que se les aplicó a los participantes posee características que nutre de experiencias y aprendizajes al realizarla, es decir, los estudiantes pueden aprender a responder la prueba y así tener mejores resultados en la segunda oportunidad en que la desarrollen, lo que podría explicar el alza de puntajes en el grupo no intervenido. En la misma línea, podría ser que la aplicación de un test de creatividad matemática esté favoreciendo en sí mismo al fomento de la creatividad, al desafiar al estudiante a hacer algo “nuevo” —contestar una prueba en la que una pregunta tiene más de una respuesta—, sin embargo, faltaría indagar en ello.

Con respecto a las pruebas de habilidad matemática, en un comienzo la diferencia positiva estaba a favor del grupo control que alcanzaba +1,31 puntos que el grupo intervenido, es decir, en promedio tenían al menos una respuesta correcta más que sus pares. Aunque tras la intervención se invierten los lugares y la diferencia se vuelve favorable para el grupo en el que se fomentó la creatividad matemática. Asimismo, su delta es positivo (1,0 puntos), es decir, cada estudiante tuvo una respuesta correcta más que en la primera instancia de evaluación, ya que, la prueba considera un punto por respuesta acertada. Mientras que el delta de sus pares del Curso B es negativo (-0,61). Además, el Curso A se volvió un grupo más compacto, ya que también disminuyó su desviación estándar a 2,04 puntos.

TABLA 4. PUNTAJES TESTS DE HABILIDAD MATEMÁTICA

Curso	N	<i>Pretest</i>		<i>Postest</i>	
		Media	S	Media	S
A	25	4,80	2,14	5,80	2,04
B	28	6,11	2,50	5,50	2,27

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, si se observan los resultados del pre y postest en las dos variables, pero desagregándolos por género, se puede evidenciar que en casi todas las evaluaciones los niños obtienen mejores resultados que las niñas. La excepción se observa solo en el postest de creatividad matemática en el Curso B, ya que es el único promedio en que las mujeres superan a los hombres.

TABLA 5. PUNTAJES POR GÉNERO EN EL CURSO A EN LOS TESTS DE HABILIDAD MATEMÁTICA Y CREATIVIDAD MATEMÁTICA

Curso A		<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>	
Género	N	HM*	CM**	HM	CM
Hombres	13	5,62	11,31	6,31	14,38
Mujeres	12	3,92	8,67	5,25	13,25

Fuente: Elaboración propia.

*HM: Habilidad Matemática

**CM. Creatividad Matemática.

TABLA 6. PUNTAJES POR GÉNERO EN EL CURSO B EN LOS TESTS DE HABILIDAD MATEMÁTICA Y CREATIVIDAD MATEMÁTICA

Curso B		<i>Pretest</i>		<i>Posttest</i>	
Género	N	HM	CM	HM	CM
Hombres	14	6,14	9,93	5,86	12,50
Mujeres	14	6,07	8,79	5,14	13,29

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, se puede afirmar que en las dos variables en el grupo intervenido son los niños los que presentan mejores resultados que las niñas, en especial en lo que respecta a creatividad matemática. No obstante, el mayor desplazamiento entre las dos pruebas y en ambas variables lo presentan las niñas del Curso A, ya que exhiben un delta de 1,33 puntos de su media en habilidad matemática y de 4,5 puntos en creatividad matemática, es decir, que las niñas fueron capaces de dar aproximadamente seis respuestas más que en la evaluación inicial mientras que los niños solo aumentaron en tres respuestas su desempeño, es decir, las mujeres prácticamente lograron equiparar la cantidad de producciones para la tareas presentadas en la prueba final. Asimismo, al observar por separado cada dimensión evaluada de la creatividad matemática, también se pueden evidenciar mayores deltas en los puntajes promedios de las niñas que de los niños.

TABLA 7. PUNTAJES POR GÉNERO Y DIMENSIONES DE LA CREATIVIDAD MATEMÁTICA EN EL CURSO A

Género	N	<i>Pretest</i>			<i>Posttest</i>		
		Fluidez	Flexibilidad	Originalidad	Fluidez	Flexibilidad	Originalidad
Hombre	13	4,62	4,00	2,69	5,23	5,00	4,15
Mujer	12	4,25	3,33	1,08	5,17	4,83	3,25

Fuente: Elaboración propia.

Al revisar la información de la Tabla 7, se puede corroborar que las mujeres suben 0,92 puntos en fluidez y 1,50 puntos en flexibilidad entre una y otra prueba, mientras que sus pares hombres presentaron un delta de 0,62 y 1,00 puntos, respectivamente. En originalidad, que si bien es el parámetro con las medias más bajas, es la dimensión en que más subieron las niñas, alcanzando un delta de 2,17 puntos versus 1,46 puntos que logran los niños. A pesar de que los puntajes promedio de las mujeres son levemente menores que las medias de los hombres, se estima que las niñas fueron más beneficiadas con el fomento de la creatividad matemática, dado que muestran un mayor aumento que sus pares en todas las dimensiones y habilidades evaluadas.

En resumen y en concordancia con lo anterior, se observa una mejora positiva y significativa en el Curso A, ya que sus promedios se han incrementado en relación a las primeras pruebas y también sus deltas han sido mayores que los del Curso B. Lo que muestra un impacto positivo del fomento de la creatividad matemática a través de la estrategia de resolución de problemas abiertos en el grupo intervenido, dado que se han identificado alzas en ambas variables del estudio.

4.2 Grupo Focal y Notas de Campo

Durante la intervención se llevaron a cabo notas de campo sobre las clases y actividades que resultaron más relevantes a lo largo del proceso. La finalidad de dichas notas es proveer información que no es posible de recabar a través de los tests, con respecto a las acciones observadas en los estudiantes en torno a las actividades de creatividad matemática. Las notas de campo se presentarán como información complementaria, con la finalidad de profundizar en lo declarado por los participantes en el grupo focal.

Para obtener información directa en relación con la visión de los estudiantes sobre la clase de matemática —entre ellas la estrategia para fomentar la creatividad matemática— y cómo

los participantes consideran que es su nivel de desempeño en esta área de conocimiento, se efectuó un grupo focal al finalizar la intervención para así levantar las múltiples voces de los grupos del estudio. La información será sometida a un análisis del discurso, seleccionando los pasajes más relevantes referidos a la clase de matemática en particular. La siguiente tabla muestra la visión de los y las estudiantes de ambos cursos con relación a cómo es la clase de matemática para cada uno de ellos.

TABLA 8. MATRIZ PARA ANALIZAR LA VISIÓN DE LA CLASE DE MATEMÁTICA EN AMBOS CURSOS

Curso	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4
A	Es divertida.	Sí, es divertida, es buena. Usted nos enseña cosas que otros profesores no nos enseñan. Yo quiero saber hartas matemáticas, porque cuando grande quiero ser ingeniero en construcción.	Es muy divertida porque te enseña para cuando grande seas algo mejor.	Divertida. Las fracciones propias, me gustan.
B	Es buena. Aprendimos cosas buenas.	Es buena. Uno aprende más cosas.	Aprendemos cosas, así como que si nos dan el vuelto no nos estafen.	Tenemos que aprender más.

Fuente: Elaboración Propia

Al observar las respuestas se puede apreciar una visión positiva con respecto a la clase de matemática de ambos grupos. Por un lado, los participantes del Curso A señalan que es *divertida*, lo que demuestra que consideran que aprender matemática es entretenido. Además de darles a la matemática una connotación relevante para su futuro. Por otro lado, en el Curso B, tres de los cuatro participantes declaran que la clase es *buena*, pero en contraposición con la visión de sus pares del Curso A, sus ideas no podrían ser asociados a otros conceptos que permitan apreciar en profundidad su visión de las clases de matemática. La idea de una clase, dinámica, divertida y desafiante expresada por el Curso A, se condice con las notas de campo registradas por el investigador en una de las primeras actividades de resolución de problemas de respuesta abierta.

TABLA 9. NOTA DE CAMPO; SESIÓN N° 2, ACTIVIDAD N°2 (LOS PASTELES)

<p>Enunciado:</p> <p>Una canasta de pasteles cuesta \$2.000 ¿Qué formas diferentes tienes para pagar los pasteles usando una cantidad justa de monedas y/o billetes?</p>
<p><i>Apenas vieron que en la clase utilizaríamos el set de billetes la disposición de los estudiantes fue positiva.</i></p> <p><i>En el desarrollo de la actividad, muchos/as no entendían por qué era preciso encontrar más de una respuesta. No obstante, cuando comenzaron a darse cuenta de que había muchas respuestas posibles su trabajo se mantuvo muy enérgico. Todos los estudiantes trabajaron, cada uno a su ritmo y la gran mayoría encuentra al menos cinco respuestas diferentes. Los aventajados rápidamente prescindieron del material concreto y se avocaron a los cálculos matemáticos, por lo que propusieron más de diez respuestas posibles.</i></p>

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 10. MATRIZ PARA ANALIZAR ¿QUÉ ES LO QUE MÁS TE GUSTA DE LAS CLASES DE MATEMÁTICA? EN AMBOS CURSOS

Curso	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4
A	Lo que más me ha gustado es aprender las fracciones. O sea, me ha gustado aprender lo que yo no sabía, pero aprender de una manera divertida.	Casi todo. Es que a usted lo encuentro uno de los profesores más simpáticos de matemáticas. Me gusta estudiar, aprender, me gustó mucho hacer la reflexión axial (...) trabajar con distintos materiales, distintos métodos de matemáticas.	Y usted nos da muchos ánimos cuando tenemos que hacer alguna cosa que no podemos y así a mí me sale fácil (...) me gustó representar $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$, eso.	Me ha gustado representar las fracciones.
B	Me gusta que la profesora nos haga desafíos. Como de ecuaciones, números mixtos.	Las actividades, sumar, restar; desafíos como tareas.	Me gustan las fracciones, los números mixtos.	(No responde).

Fuente: Elaboración Propia

Al analizar los relatos de los participantes, presentado en la tabla 10, se pueden evidenciar aspectos en común en los dos grupos, ya que ambos señalan contenidos específicos al momento de revelar qué es lo que les gusta de las clases. No obstante, el grupo intervenido —además de incluir respuestas más elaboradas— hacen referencia a métodos, materiales y tipos de representación, lo que da cuenta de diferentes dinámicas realizadas en el aula y presentan una visión de la clase de matemática en la que no solo es un espacio que involucra el aprendizaje de contenidos, sino que incorporan también las formas de hacer matemática dentro de sus ideas.

Con respecto a qué cambiarían de la clase de matemática, los estudiantes de ambos cursos fueron enfáticos que les gusta la clase tal cual es, aunque matizaron en algunos puntos. La tabla que se presenta a continuación exhibe las respuestas de los dos cursos.

TABLA 11. MATRIZ PARA ANALIZAR ¿QUÉ CAMBIARÍAS DE LA CLASE DE MATEMÁTICA?

Curso	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4
A	Yo dejaría la clase igual que como está. Antes era como aburrida, pero usted nos ha enseñado cosas más interesantes, nos sentimos más actualizados. Me gusta que la clase sea desafiante, aunque me cueste, pero voy aprendiendo de a poco.	Yo le agregaría una línea entera con todas las fracciones y las multiplicaciones en la sala, en las paredes. (...) me gusta que usted nos ponga pruebas, que nos vaya haciendo cosas más difíciles. Porque antes no sabía fracciones, pero ahora son totalmente fáciles, tiene que enseñarme algo nuevo.	Nada. Todo es divertido. (...) antes no era así. Cuando comenzamos el año teníamos un profesor que siempre me aburría. (...) la clase tiene que ser desafiante, porque así aprendo más cosas.	Antes era fácil. Cuando tengo un desafío pienso que igual lo puedo hacer.
B	Yo no cambiaría nada. Me gusta como es. Pero me gustaría que a los que se distraen, para que no estén perdidos, explicarles la materia para que lo hagan bien.	A mi igual (me gusta). Aunque podríamos hacer actividades más difíciles.	A los niños desordenados.	A mí me gusta como es. Aunque me gustaría hacer más actividades.

Fuente: Elaboración Propia

Nuevamente las respuestas del grupo intervenido son más elaboradas y aunque ambos cursos señalan que no cambiarían nada de la clase hay un punto que marca una diferencia entre ambos. El Curso A hace alusión a que antes la clase de matemática era aburrida, pero que esto ha cambiado y ahora la clase es *desafiante*, lo que es importante para aprender más —en palabras de ellos—. Mientras que, en el Curso B, algunos participantes creen que es necesario incorporar más actividades y aumentar la dificultad de estas mismas, por ende, consideran que podrían adquirir más aprendizajes. Tal idea, de la clase como un espacio de desafíos constantes que te llevan a aprender, coincide con las notas de campo del investigador.

TABLA 12. NOTA DE CAMPO: SESIÓN N° 8, ACTIVIDAD N° 4 (PERÍMETRO)

<p>Enunciado:</p> <p>Utilizando elásticos y el geoplano, encuentra todos los rectángulos que tengan el mismo perímetro del cuadrado (20 unidades).</p>
<p><i>A pesar de que el geoplano era un elemento nuevo en sus clases el uso de este fue entendido rápidamente.</i></p> <p><i>Para que lograsen encontrar el primer rectángulo de igual perímetro se tuvo que guiar a la gran mayoría. No obstante, luego de hallado el primero los siguientes fueron muchos más fáciles de encontrar y todos los estudiantes pudieron construir las figuras.</i></p> <p><i>Cuando se varía el enunciado a un perímetro de 16 unidades, los estudiantes están altamente motivados lo que se traduce en un trabajo rápido y efectivo. Cuando terminan, esperan el siguiente desafío con ansias.</i></p>

Fuente: Elaboración Propia

En conclusión, si bien ambos cursos manifiestan un interés y gusto por el aprendizaje de la matemática, el grupo experimental muestra un discurso más elaborado con respecto al porqué de su visión. Por lo que se deja entrever cómo las estrategias para fomentar la creatividad tienen un impacto positivo en la percepción de los participantes con respecto a la clase de matemática, lo que se condice con lo propuesto por Kwon et al., (2006) en torno a que estimular la curiosidad y la creatividad, decantará en una actitud positiva de los y las estudiantes en las clases.

4.3 Discusión

A partir de la revisión de la literatura en educación matemática de los últimos años sobre creatividad y habilidad matemáticas, se han logrado establecer variadas conclusiones que han decantado en las tensiones argumentativas que se señalaron previamente. Tomando en cuenta ello y a la luz de los resultados expuestos anteriormente, si bien es posible afirmar al igual que Kattou et al. (2012) que el fomento de la creatividad matemática beneficia a la habilidad matemática, existe un tejido complejo entre las diversas evidencias obtenidas de la literatura, que han decantado en distintas tensiones argumentativas y a continuación se discuten sus matices y bemoles dentro de esta investigación.

En primer lugar, la prueba para medir la creatividad matemática se preocupa de medir tres parámetros (fluidez, flexibilidad y originalidad) y si bien puede dar luces para el presente estudio del impacto de las estrategias de enseñanzas llevadas a cabo para el fomento de la creatividad matemática, tales resultados muestran solo una parte del fenómeno, dado que no existe un único instrumento que permita evaluar la creatividad de un individuo en su globalidad, es decir, que considere los procesos mentales y los factores ambientales (Pitta-Pantazi et al., 2018), por lo que esta medición sería solo de un cariz psicométrico (Sriraman,

2008). Asimismo, en relación con cada dimensión evaluada en la creatividad matemática, en el grupo experimental tanto las niñas como los niños pueden presentar variadas respuestas, que son diferentes entre sí y que muestran algún grado de originalidad. No obstante, en el posttest la desviación estándar aumentó y el rango también se incrementó, pasando de 14 a 24 puntos. Así que aún hay estudiantes que no logran proponer más de dos o tres respuestas ni producciones que denoten creatividad u originalidad. Con respecto a lo anterior, hay que considerar que por lo general las preguntas que se presentan en las clases de matemática tienen una sola respuesta. Entonces, es muy probable que los estudiantes no se motiven a explorar más de una idea (Kwon et al., 2006; Luria et al, 2017). De esta forma, el fomento de la creatividad, si bien ha alcanzado un impacto en términos generales —si se observan los promedios del posttest— aún hay avances por lograr en los estudiantes que presentan bajos puntajes, ya que, factores como la motivación, la personalidad, el entorno y la autoeficacia también afectan el desarrollo de la creatividad (Mann, 2009; Sriraman, 2008) y en este estudio no han sido considerados.

En segundo lugar y en torno a una de las tensiones argumentativas que emergen de la literatura, con respecto a que las mujeres son más creativas que los hombres. Hay diversos estudios en que las niñas superan a los niños, pero también existen investigaciones en que los resultados se dan a la inversa (Araya et al., 2019; Baer y Kaufman, 2008). En el presente estudio ocurre lo último, dado que, en el grupo experimental, en ambos tests de creatividad matemática, los niños obtienen mejores resultados que las niñas. No obstante, cabe precisar —como se observó en el apartado anterior— que fueron las mujeres quienes aumentaron más significativamente su media, presentado un delta de +4,58 puntos mientras que los niños subieron +3,07 puntos en promedio en la prueba de creatividad matemática, es decir, en general las mujeres fueron capaces de dar entre dos a tres respuestas correctas más que los hombres. Además, en el posttest la diferencia se reduce de tal manera que, prácticamente no es significativa en fluidez ni en flexibilidad. Solo se mantiene una brecha en la dimensión de originalidad —la única en la que los niños superarían de forma significativa a las niñas— a pesar de que es el parámetro en que las niñas anotan su mayor desplazamiento, ya que subieron en 2,17 puntos en promedio. Tal alza permite inferir que en general las mujeres aumentaron su creatividad, ya que la originalidad en sí misma es considerada como la característica más difícil de desplazar de la creatividad matemática, debido a que es interna, única y está supeditada a la flexibilidad y fluidez (Pitta-Pantazi et al., 2018). De esta forma, se considera que las niñas fueron más receptivas al fomento de la creatividad matemática, ya que presentan una mejor producción

creativa que al inicio de la investigación. Además, las niñas también alcanzaron mayores avances en habilidad matemática, lo que reafirma que el fomento de la creatividad reporta beneficios en el aprendizaje de la matemática. Por lo que se estima que, si las estrategias que involucran la creatividad matemática se desarrollarán de forma constante a lo largo del tiempo, se podrían obtener resultados menos dispares entre hombres y mujeres, lo que ayudaría a reducir la brecha de género que se produce por ejemplo en pruebas nacionales como el SIMCE (ver Agencia de la Calidad, 2019).

En tercer lugar, en relación con la tensión argumentativa de que a mayor habilidad matemática mayor será la creatividad matemática. Se puede señalar que existe una correspondencia directa solo entre los puntajes más elevados de creatividad matemática y habilidad matemática (ver Anexo 7.4), pero no se constata la misma reciprocidad de forma general, lo que es corroborado por el coeficiente de correlación de Pearson que se alcanza entre ambas variables considerando solo los postests, ya que es de 0,699 (correlación significativa) para los puntajes más altos mientras que para todo el grupo experimental es de 0,374 puntos. Por lo tanto, demostrar una mayor creatividad matemática estaría ligado a manifestar una mayor base de conocimiento matemático (Sternberg, 2007). No obstante, poseer una alta habilidad matemática no va a ser un predictor de creatividad matemática, ya que hay varios estudiantes que alcanzan el máximo puntaje en los tests de habilidad matemática, pero en la otra variable analizada sus puntajes están en la media de sus grupos, lo que según Haylock (1997) es común en este tipo de estudios. Asimismo, ocurre que estudiantes que obtienen puntajes levemente por sobre el promedio en creatividad matemática no logran altos puntajes en la otra variable. No obstante, si muestran avances entre una y otra prueba de habilidad matemática, es decir, que para poder desarrollar un mayor pensamiento creativo fue preciso contar con más conocimientos que le permitieron al estudiante traducir sus ideas de forma matemáticamente válidas (Mann, 2009; Tabach y Friedlander, 2013).

En cuarto lugar, sobre que los niños son mejores que las niñas en habilidad matemática, con base en los resultados obtenidos, se puede corroborar tal afirmación, ya que, en el grupo experimental, en ambas instancias de evaluación se produce una brecha favorable hacia los niños. No obstante, esta disminuye tras la intervención pasando de 1,70 a 1,06 puntos, en el que las niñas presentan un delta de 1,33 versus un 0,69 de los niños. Aunque cabe señalar, que la brecha de género que favorece a los hombres no es un problema innato de las capacidades que presentan niños y niñas (Sheffield, 2016), sino que más bien

es una dificultad de los sistemas educativos y sus culturas, ya que según OECD (2016a) los países de mejor desempeño en la prueba PISA, no solo son sistemas exitosos en términos de resultados en las pruebas estandarizadas, sino que en ellos no existen brechas de género, por lo que tanto niños como niñas pueden desarrollar todo su potencial para desenvolverse en la sociedad de la forma en que estimen (Sheffield, 2016). De esta manera, cobra más fuerza la incorporación de estrategias que fomenten la creatividad matemática, dado que pueden contribuir a mejorar la habilidad matemática.

Por último y tomando las tres tensiones argumentativas, se presenta la disyuntiva de que, si se considera lo que plantea Mann (2009) sobre que la creatividad está supeditada a la habilidad matemática, los niños y hombres debiesen tener mejores resultados que las niñas y mujeres en las pruebas de creatividad matemática. Sin embargo, esta relación no ocurre así, dado que las mujeres muestran predominantemente mejor desempeño en los tests de creatividad matemática. Por lo que se puede inferir que el tándem mayor habilidad es igual a mayor creatividad no es directo porque no siempre se presenta de la misma forma. Además, Haylock (1997) y Kattou et al. (2012) señalan que estudiantes con altos puntajes en habilidad matemática presentan resultados dispares en creatividad. De esta manera, se estima que cada tensión argumentativa más que responder únicamente al estudio que la avala, más bien da cuenta de las falencias o factores a mejorar en los sistemas educativos en que tiene lugar.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

El objetivo principal de la investigación era estudiar la manera en que el fomento de la creatividad matemática podría incidir en el desarrollo de la habilidad matemática dentro de un contexto de vulnerabilidad escolar. Tras el análisis de la información cuantitativa y cualitativa presentada en el apartado anterior es posible construir las principales conclusiones del estudio que se muestran a continuación.

Primero, como ya se esgrimió en la discusión, se determina que existe una correspondencia entre la creatividad y la habilidad matemáticas en que la primera puede contribuir a la segunda de forma directa, a pesar de que la creatividad matemática sea un subcomponente de la habilidad matemática (Kattou et al., 2012). Por lo que se considera que se ha alcanzado satisfactoriamente el objetivo principal de la investigación. De esta manera, así como se propone en el currículum nacional el trabajo de forma sistemática con habilidades como resolver problemas o representar (MINEDUC, 2012), se sugiere incorporar el fomento de la creatividad matemática para mejorar la habilidad matemática, ya que, si los estudiantes son capaces de enfrentar situaciones matemáticas con fluidez, flexibilidad y originalidad, estos serán competentes para usar la matemática en forma adecuada (Kattou et al., 2012).

Segundo, es posible afirmar que el fomento de la creatividad matemática presenta bondades. Una de ellas es que su incorporación al aula considera un aprendizaje basado en conceptos que permiten aumentar la comunicación en la clase (Luria et al., 2017; Ma, 1999). Aprender de estas oportunidades de exploración, de acuerdo con Ma (1999) les permite a los estudiantes desarrollar conocimientos profundos que pueden aplicarse mucho más allá del problema matemático de una clase en particular. Además, a través de la exploración, el estudiante se convierte en un participante activo de su aprendizaje, ya que este tipo de enseñanza los introduce en la emoción de la novedad y hace emerger la creatividad a través de la participación en experiencias matemáticas reales (Luria et al., 2017) lo que explica por qué los miembros del grupo experimental valoran positivamente las clases de matemática tras la intervención —según lo declarado por ellos/as en el grupo focal—, dado que pueden participar de las sesiones y divertirse al aprender.

Tercero, otro valor agregado de implementar las estrategias para fomentar la creatividad es que por medio de ellas se promueve el desarrollo del pensamiento crítico y la comprensión

profunda de los conceptos matemáticos (Luria et al., 2017). Por lo tanto, son estrategias que se desmarcan del aula tradicional de matemática; basada por lo general en procedimientos en que los estudiantes aprenden el paso a paso para resolver problemas u operaciones, forma de enseñanza que puede inhibir o desfavorecer tanto la comprensión como la creatividad matemática de los estudiantes (Tabach y Friedlander, 2013). Por lo que pasar de la enseñanza de procedimientos a un enfoque centrado en el alumno, permite comenzar a desarrollar una comprensión de los conceptos más allá de los pasos necesarios para encontrar soluciones a problemas similares. El objetivo de este enfoque es que el estudiante pase de ser un observador pasivo a un solucionador activo de problemas, volviéndose un protagonista de su aprendizaje para que a la postre se vuelva capaz de analizar, generalizar y sintetizar (Luria et al., 2017).

Cuarto, relejendo críticamente desde los aspectos sociales, es preciso extenderse. Pareciera que los estudios sobre creatividad matemática hasta ahora no han presentado un vuelco hacia lo social. Lo que podría ser una afirmación cuestionable y que necesita más estudio, sin embargo, dentro de la revisión bibliográfica efectuada fueron casi nulos los estudios que buscaban abordar este ámbito —por ello esta investigación también intenta hacerse cargo de esta arista—. Para llevar a cabo esta relectura, se abrirá una discusión crítica desde la idea del *low-performer* y los factores de riesgos que ha levantado la OECD en torno a este concepto (Andrade-Molina, 2018), centrándose en tres de estos factores: nivel socioeconómico, género y estado migratorio.

Se entiende como *low-performer* a una fabricación que se sustenta en una racionalidad basada en los números, en que se caracterizan a los jóvenes “desfavorecidos en términos de factores que los hacen tener un mayor riesgo de fracasar” (Andrade-Molina, 2018, p. 10). De los factores de riesgos que favorecen el *low-performer*, se señala con respecto al *nivel socioeconómico* que a pesar de que los antecedentes sociales y demográficos de los estudiantes no determinan su rendimiento, si establecen las condiciones para sus oportunidades (OECD, 2016b; Andrade-Molina, 2018). Así que si se tiene presente el nivel del Índice de Vulnerabilidad Escolar (IVE)¹¹ de los estudiantes con los que se desarrolló

¹¹ El IVE clasifica a los escolares en tres niveles llamados “prioridades”. El primero corresponde a los alumnos en condición de extrema pobreza, el segundo es un grupo con menor vulnerabilidad socioeconómica, pero que presenta riesgos socioeducativos asociados a problemas de rendimiento académico, asistencia o deserción escolar y el tercero reúne a estudiantes con el mismo nivel de vulnerabilidad socioeconómica que la prioridad anterior, pero que no presentan los problemas identificados en la segunda prioridad. Para su cálculo se suman los estudiantes correspondientes a cada prioridad y se divide por el total de la matrícula del establecimiento (JUNAEB, 2017).

este estudio, que es del 93% en el Liceo Antonio Hermida Fabres, y que los estudiantes de bajo rendimiento pertenecen principalmente a las familias socioeconómicamente más desfavorecidas (OECD, 2016b), cabe preguntarse ¿cómo este factor podría estar afectando en el rendimiento de los tests aplicados? Además, si se considera el rendimiento en pruebas estandarizadas, en los últimos cinco años en cuarto básico el establecimiento ha tenido un puntaje SIMCE de 234 puntos promedio en matemática¹² (Agencia de la Calidad, 2019). Por lo que, al momento de promover el desarrollo de la creatividad y habilidades matemáticas, no se puede quedar indiferente a aquellas condiciones que (des)favorecen su desarrollo. A pesar de que en este estudio no se utiliza un grupo socioeconómico de otro nivel para poder contrastar los resultados con el grupo intervenido, sí se estima que los resultados son alentadores, ya que los estudiantes del Curso A muestran un promedio superior al 60% de logro en la prueba final de habilidad matemática, que en la lógica de TIMMS correspondería a un nivel intermedio de desempeño, lo que deja a los estudiantes en buen pie para poder seguir progresando con sus aprendizajes matemáticos en los cursos superiores.

Por otra parte, en lo relativo al factor *género*, se afirma que en matemática las niñas corren un mayor riesgo de *low-performance* (Andrade-Molina, 2018). En este estudio, a pesar de que se pudo ver que las mujeres en promedio tuvieron un menor rendimiento que los hombres en los diferentes tests, al desglosar las variables y observar los desplazamientos de cada una, las niñas muestran mayores avances, así que con el fomento de la creatividad matemática la brecha de género fue reducida. Lo que podría hacer pensar que al incorporar la creatividad matemática al trabajo en el aula puede aminorar este factor de riesgo, que además permitiría reconocer en las mujeres una habilidad considerada tremendamente valiosa en la actualidad (Mann, 2009; Araya et al., 2019).

En lo concerniente al *estado migratorio*, se afirma que la brecha entre estudiantes inmigrantes y originarios de un lugar equivale en ocasiones a casi un año de escuela formal, si se observan las diferencias en pruebas estandarizadas como PISA (OECD, 2016b). Sin embargo, “no todos los estudiantes de origen inmigrante tienen las mismas probabilidades de ser *low-performers*” (Andrade-Molina, 2018, p. 15). A partir de la naturaleza propia de los grupos estudiados, se puede ver que 3 de los 25 miembros del grupo experimental presentan antecedentes de inmigración, es decir provienen de otro país. Sin embargo, el

¹² El promedio nacional del año 2018 en matemática para Cuarto básico fue de 260 puntos (MINEDUC, 2019).

mejor puntaje promedio de todos los tests efectuados en las niñas es una estudiante proveniente del Perú ¿A qué se puede deber que esta estudiante en promedio alcance mejores resultados? Se podría especular diciendo que esto se debe a la buena actitud y comportamiento de la estudiante, ya que se caracteriza por sobresalir positivamente en el grupo, pero no se podría afirmar que esto se debe al fomento de la creatividad matemática, por lo que es necesario profundizar aún más en ello y sistematizar su estudio.

En línea con lo anterior y pensando en futuras investigaciones en el área, es preciso hacer dos recomendaciones. El presente estudio se centró solo en la relación entre la creatividad matemática y la habilidad matemática sin tener en cuenta otros aspectos que pueden influir en esta relación como lo son la inteligencia o la personalidad, por lo que se considera que también deben investigarse estos factores en combinación con las matemáticas para así tener un panorama más completo con respecto a la creatividad matemática. Por otro lado, tomando en cuenta lo acotado de esta investigación es que se estima necesario efectuar un estudio longitudinal que incorpore una mayor diversidad de estudiantes, de diversas edades y grupos sociales, para así poder validar la implementación de la estrategia propuesta en esta investigación para fomentar la creatividad matemática y además profundizar en si esta efectivamente incide beneficiosamente en reducir los factores de riesgos estipulados por el *low-performer*, en especial la brecha de género.

En síntesis, en la clase de matemática cada estudiante debería tener la oportunidad de desarrollar la habilidad matemática familiarizándose en un nivel adecuado con las ideas y métodos fundamentales de la asignatura, para así apreciar su valor y naturaleza (Abrantes, 2001). Por lo que enseñar matemática sin proporcionar creatividad niega a todos los estudiantes la oportunidad de apreciar la belleza de la matemática, además de no brindar a estos la oportunidad de desarrollar todo su potencial (Mann, 2006; Sheffield, 2016), ya que a través de las estrategias que fomentan la creatividad los estudiantes pueden mejorar no solo su habilidad matemática, sino que su percepción de las matemáticas en general.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrantes, P. (2001). Mathematical competence for all: Options, implications and obstacles *Educational Studies in Mathematics*, 47(2), 125-143.
- Agencia de Calidad de la Educación (2012). *TIMSS estudio internacional de tendencias en matemática y ciencias Marco de evaluación, preguntas y ejemplos de respuestas de la prueba Volumen I: Matemática*. Ministerio de Educación, Santiago. Chile.
- Agencia de Calidad de la Educación (2019). *Resultados Educativos 2018*. Ministerio de Educación, Santiago. Chile.
- Andrade-Molina, M. (2018). OECD'S dominant discourses of the low-performer and the production of subjects. *Reflexão e Ação, Santa Cruz do Sul*, 26(2), 9-26.
- Araya, P., Giaconi, V. y Martínez, M.V. (2019). Pensamiento matemático creativo en aulas de enseñanza primaria: Entornos didácticos que posibilitan su desarrollo. *Calidad en la Educación* 50, 319-356.
- Araya, P. y Varas, L. (2013). *Resolución de problemas de final abierto en clases de matemática*. Santiago de Chile: Maval Editores.
- Baer, J. y Kaufman, J. (2008). Gender differences in creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 42(2), 75-105.
- Bahar, A. K. y Maker, C. J. (2011). Exploring the relationship between mathematical creativity and mathematical achievement. *Asia-Pacific Journal of Gifted and Talented Education*, 3(1), 33-48.
- Beghetto, R. A. y Kaufman, J. C. (2009). Intellectual estuaries: Connecting learning and creativity in programs of advanced academics. *Journal of Advanced Academics*, 20, 296-324.
- Best, J. W. (1992). *Cómo investigar en educación*. Madrid: Ediciones Morata.
- Brandell, G., Leder, G. y Nyström, P. (2007). Gender and Mathematics recent development from a Swedish perspective. *ZDM*, 39(3), 235-250.
- Cai, J. (2002). Assessing and understanding U.S. and Chinese students' mathematical thinking. *ZDM* 34(6), 278-290.
- Carrol, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor analytic studies*. New York: Cambridge University Press.
- Carrol, J. B. (1996). Mathematical abilities: Some results from factor Analysis. En R. J. Sternberg y T. Ben-Zeev (Eds.), *The nature of mathematical thinking* (pp. 19-42). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

- Evans, E. W. (1964). Measuring the ability of students to respond in creative mathematical situations at the late elementary and early junior high school level. *Dissertation Abstracts International*, 25(12), 7-107.
- Frejd P. y Geiger V. (2017) Exploring the Notion of Mathematical Literacy in Curricula Documents. En G. Stillman, W. Blum W. y G. Kaiser. (Eds.), *Mathematical Modelling and Applications. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (pp. 255-263). Cham: Springer.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Goldin, G. A. (2017). Mathematical creativity and giftedness: perspectives in response. *ZDM*, 49(1), 147-157.
- Haylock, D. (1997). Recognizing mathematical creativity in schoolchildren. *ZDM*, 29(3), 68-74.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores.
- Hersh, R. y John-Steiner, V. (2017). The origin of insight in mathematics. En R. Leikin y B. Sriraman (Eds.), *Creativity and giftedness: Interdisciplinary perspectives from mathematics and beyond* (pp. 135-146). Switzerland: Springer.
- Hershkowitz, R., Tabach, M. y Dreyfus, T. (2016). Creative reasoning and shifts of knowledge in the mathematics classroom. *ZDM*, 49(1), 25-36.
- Hoth, J., Kaiser, G., Busse, A., Döhrmann, M., König, J. y Blömeke, S. (2016). Professional competences of teachers for fostering creativity and supporting high-achieving students. *ZDM*, 49(1), 107-120.
- Huang, J. y Normandia, B. (2009). Students' perceptions on communicating mathematically: A case Study of a secondary mathematics classroom. *International Journal of Learning*, 16(5), 1-21.
- Hyde, J. S. y Mertz, J. E. (2009). Gender, culture, and mathematics performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(22), 8801-8807.
- Infante, M., Matus, C., Paulsen, A., Salazar, A. y Vizcarra, R. (2013). Narrando la vulnerabilidad escolar: performatividad, espacio y territorio. *Literatura y lingüística*, (27), 281-308.
- Juan, S. y Roussos, A. (2010). *El focus groups como técnica de investigación cualitativa*. Belgrano: Universidad de Belgrano.
- JUNAEB. (2017). *Indicadores de vulnerabilidad*. Santiago: Junaeb Abierta. Recuperado de <http://junaebabierta.junaeb.cl/catalogo-de-datos/indicadores-de-vulnerabilidad/>

- Karwowski, M., Jankowska, D. M. y Sz wajkowski, W. (2016). Creativity, Imagination, and Early Mathematics Education. En R. Leikin y B. Sriraman (Eds.), *Creativity and Giftedness* (pp. 7-22). Cham: Springer.
- Kattou, M., Kontoyianni, K., Pitta-Pantazi, D. y Christou, C. (2012). Connecting mathematical creativity to mathematical ability. *ZDM*, 45(2), 167-181.
- Kim, K. H. (2006). Can we trust DT tests?: A review of the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT). *Creativity Research Journal*, 18(1), 3-14.
- Koshy, V., Ernest, P. y Casey, R. (2009). Mathematically gifted and talented learners: theory and practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40(2):213-228
- Krutetskii, V.A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in school children*. Chicago: University of Chicago Press.
- Krueger, R. A. y Casey, M. A. (2014). *Focus groups: A practical guide for applied research*. 5th Edition. Los Angeles: Sage publications.
- Kwon, O. N., Park, J. H. y Park, J. S. (2006). Cultivating divergent thinking in mathematics through an open-ended approach. *Asia Pacific Education Review*, 7(1), 51-61.
- Leder, G. C. y Forgasz, H. J. (2018). Measuring who counts: gender and mathematics assessment. *ZDM*, 50(4), 687-697.
- Lee, K., Hwang, D. y Seo, J. (2003). A development of the test for mathematical creative problem solving ability. *Journal of the Korea Society of Mathematical Education*, 7(3), 163-189.
- Leikin, R. (2013). Evaluating mathematical creativity: The interplay between multiplicity and insight. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 55(4), 385-400.
- Leikin, R. y Pitta-Pantazi, D. (2013). Creativity and mathematics education: the state of the art. *ZDM*, 45(2), 159-166.
- Leikin, R. y Sriraman, B. (Eds). (2017). *Creativity and Giftedness: Interdisciplinary perspectives from mathematics and beyond*. Advances in Mathematics Education Series. Switzerland: Springer.
- Lerman, S. (2000). The social turn in mathematics education research. En J. Boaler (Ed.), *Multiple perspectives on mathematics teaching and learning* (pp. 19-44). Westport, CT: Ablex.
- Liljedahl, P. y Sriraman, B. (2006). Musing on mathematical creativity. *For the Learning of Mathematics*, 26(1), 20-23.

- Liljedahl, P. (2016). Building thinking classrooms: Conditions for problemsolving. En P. Felmer, E. Pehkonen y J. Kilpatrick (Eds.), *Posing and solving mathematical problems* (pp. 361-386). New York: Springer.
- Lucas, B., Claxton, G. y Spencer, E. (2013), Progression in Student Creativity in School: First Steps Towards New Forms of Formative Assessments. *OECD Education Working Papers, No. 86*, OECD Publishing.
- Luria, S. R., Sriraman, B. y Kaufman, J. C. (2017). Enhancing equity in the classroom by teaching for mathematical creativity. *ZDM, 49(7)*, 1033-1039.
- Ma, L. (1999). *Knowing and teaching elementary mathematics: Teachers' Understanding of Fundamental Mathematics in China and the United States*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mann, E. (2006). Creativity: The essence of mathematics. *Journal for the Education of the Gifted, 30(2)*, 236-260.
- Mann, E. (2009). The search for mathematical creativity: Identifying creative potential in middle school students. *Creativity Research Journal, 21(4)*, 338-348.
- Mckernan, J. (2001). *Investigación y currículum*. 2ª ed. Madrid: Ediciones Morata.
- MINEDUC. (2009). *Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Básica y Media*. Santiago, Chile: Ministerio de Educación.
- MINEDUC. (2012). *Bases curriculares de Educación Básica* (Primera Edición). Santiago, Chile: Ministerio de Educación.
- MINEDUC. (2016a). *Programa de estudios: Matemática, Segundo Medio. Unidad de Currículum y Evaluación*. (Primera Edición). Santiago, Chile: Ministerio de Educación.
- MINEDUC. (2016b). *Programa de estudios: Ciencias Naturales, Primero Medio*. Unidad de Currículum y Evaluación. (Primera Edición). Santiago, Chile: Ministerio de Educación.
- MINEDUC. (2016c). *Programa de estudios: Ciencias Naturales, Octavo Básico*. Unidad de Currículum y Evaluación. (Primera Edición). Santiago, Chile: Ministerio de Educación.
- MINEDUC. (2018). *Programa de estudios: Lenguaje y comunicación, Cuarto Básico*. Unidad de Currículum y Evaluación. (Segunda Edición). Santiago, Chile: Ministerio de Educación.
- MINEDUC. (2019). *Resultados Simce 2018: "Esfuerzo, altas expectativas de los estudiantes y asistencia a clases mejoran el aprendizaje*. Santiago, Chile: Ministerio

- de Educación. Recuperado de <https://www.mineduc.cl/2019/05/16/resultados-simce-2018/>
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Ruddock, G.J., O'Sullivan, C., y Preuschoff, C. (2009). *TIMSS 2011 assessment frameworks*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Centre, Boston College.
- Mullis, I.V.S. y Martin, M.O., (2018). *TIMSS 2019 Assessment Frameworks*. MA: TIMSS & PIRLS International Study Centre, Boston College.
- Niss, M., Bruder, R., Planas, N., Turner, R. y Villa-Ochoa, J. A. (2016). Survey team on: conceptualization of the role of competencies, knowing and knowledge in mathematics education research. *ZDM*, 48(5), 611-632.
- Niss, M. y Højgaard, T. (2019). Mathematical competencies revisited. *Educational Studies in Mathematics* , 102(1), 9-28.
- Niu, W., Zhou, Z. y Zhou, X. (2017). Understanding the Chinese approach to creative teaching in mathematics classrooms. *ZDM*, 49(7), 1023-1031.
- Nohda, N. (Julio de 2000). Teaching by open-approach method in Japanese mathematics classroom. *Proceedings of the 24th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education PME*, Hiroshima, Japan.
- OECD. (2003). *The PISA 2003 Assessment framework—mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. Paris: OECD.
- OECD. (2005). *Definition and selection of key competencies: Executive summary*. Paris: OECD. Recuperado de <http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf> [June 2012].
- OECD. (2012). *Panorama de la Educación: Indicadores de la OCDE 2012*. Recuperado de <https://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/panorama2012.pdf?documentId=0901e72b81415d28>
- OECD. (2013). *The PISA 2012 assessment and analytical framework. mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2014). *Education at a glance 2014: OECD indicators*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2016a), *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2016b). *Low-Performing Students: Why They Fall Behind and How to Help Them Succeed*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2019). *Fostering Student's Creativity and Critical Thinking: What Means in School*. Educational Research and Innovation. Paris: OECD.

- Okuda, M. y Gómez-Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(1), 118-124.
- Olivares, S. y Montecino, A. (Enviado). Tendencias en los estudios sobre creatividad matemática: Un focus group con “6 expertos”.
- Onwuegbuzie, A. J., Dickinson, W. B., Leech, N. L., y Zoran, A. G. (2011). Un marco cualitativo para la recolección y análisis de datos en la investigación basada en grupos focales. *Paradigmas*, 3, 127-157.
- Oviedo, G. (2004). La definición del concepto de percepción en psicología con base en la teoría Gestalt. *Revista de Estudios Sociales*, 18, 89-96.
- Pais, A. (2017). Mathematics Education as a Matter of Economy. En M. A. Peters (Ed.), *Encyclopedia of Educational Philosophy and Theory* (pp. 1399-1403). Singapore: Springer Singapore.
- Pitta-Pantazi, D., Kattou, M. y Christou, C. (2018). Mathematical Creativity: Product, Person, Process and Press. En F. M. Singer (Ed.), *Mathematical Creativity and Mathematical Giftedness* (pp. 27-53). Cham: Springer.
- Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. *Avances En Psicología*, 23(1), 9-17.
- Schindler M., Joklitschke J. y Rott B. (2018). Mathematical creativity and its subdomain-specificity. Investigating the appropriateness of solutions in multiple solution tasks. En F. M. Singer (Ed.), *Mathematical Creativity and Mathematical Giftedness* (pp. 115-142). Cham: Springer.
- Scott, C. L. (2015). *El futuro del aprendizaje 2 ¿Qué tipo de aprendizaje se necesita en el siglo XXI?* Investigación y Prospectiva en Educación UNESCO, París. [Documentos de Trabajo ERF, No. 14].
- Sheffield, L. J. (2016). Dangerous myths about “gifted” mathematics students. *ZDM*, 49(1), 13-23.
- Singer, F. M. y Voica, C. (2017). When mathematics meets real objects: How does creativity interact with expertise in problem solving and posing? En R. Leikin y B. Sriraman (Eds.), *Creativity and giftedness: Interdisciplinary perspectives from mathematics and beyond* (pp. 75-103), *Advances in Mathematics Education*. Cham, S.L.: Springer.
- Singer, F. M., Sheffield, L. J. y Leikin, R. (2017). Advancements in research on creativity and giftedness in mathematics education: introduction to the special issue. *ZDM*, 49(1), 5-12.

- Singh, B. (1987). The development of tests to measure mathematical creativity. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 18(2), 181-186.
- Skovsmose, O. (1994). Towards a critical mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 27(1), 35-57.
- Sriraman, B. (2008). The characteristics of mathematical creativity. *ZDM*, 41(3), 13-27.
- Sriraman, B. (2017). Mathematical creativity: psychology, progress and caveats. *ZDM*, 49(7), 971-975.
- Sriraman, B. y Dickman, B. (2016). Mathematical pathologies as pathways into creativity. *ZDM*, 49(1), 137-145.
- Sternberg, R.J. (2007). Finding students who are wise, practical, and creative. *Chronicle of Higher Education*, 53(44). B11-12.
- Tabach, M. y Friedlander, A. (2013). School mathematics and creativity at the elementary and middle-grade levels: how are they related? *ZDM*, 45(2), 227-238.
- Tabach, M. y Friedlander, A. (2016). Algebraic procedures and creative thinking. *ZDM*, 49(1), 53-63.
- Taylor, S. y Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Paidós.
- Torrance, E. P. (1974). *Torrance tests of creative thinking*. Bensenville, IL: Scholastic Testing Service.
- UNESCO. (2013). *Intercultural Competences: Conceptual and Operational Framework*. París: UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/00219/219768e.pdf>
- Vanegas, Y. y Giménez, J. (2018). Creativity and Problem Solving with Early Childhood Future Teachers. En N. Amado, S. Carreira y K. Jones (Eds.), *Broadening the Scope of Research on Mathematical Problem Solving. Research in Mathematics Education* (273–300). Cham: Springer.
- Valencia, M. M. A. (2000). La triangulación metodológica: sus principios, alcances y limitaciones. *Investigación y educación en enfermería*, 18(1), 13-26.
- Vilkomir, T. y O'Donoghue, J. (2009). Using components of mathematical ability for initial development and identification of mathematically promising students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40(2), 183-199.
- Voica, C. y Singer, F. (2013). Problem modification as a tool for detecting cognitive flexibility in school children. *ZDM*, 45(2), 267-279.

- Winkelmann, H., Heuvel-Panhuizen, M. y Robitzsch, A. (2008). Gender differences in the mathematics achievements of German primary school students: results from a German large scale study. *ZDM*, 40(4), 601-616.
- Zazkis, R. (2016). Lesson Play tasks as a creative venture for teachers and teacher educators. *ZDM*, 49(1), 95-105.

7. ANEXOS

7.1 Pretests y Rúbricas

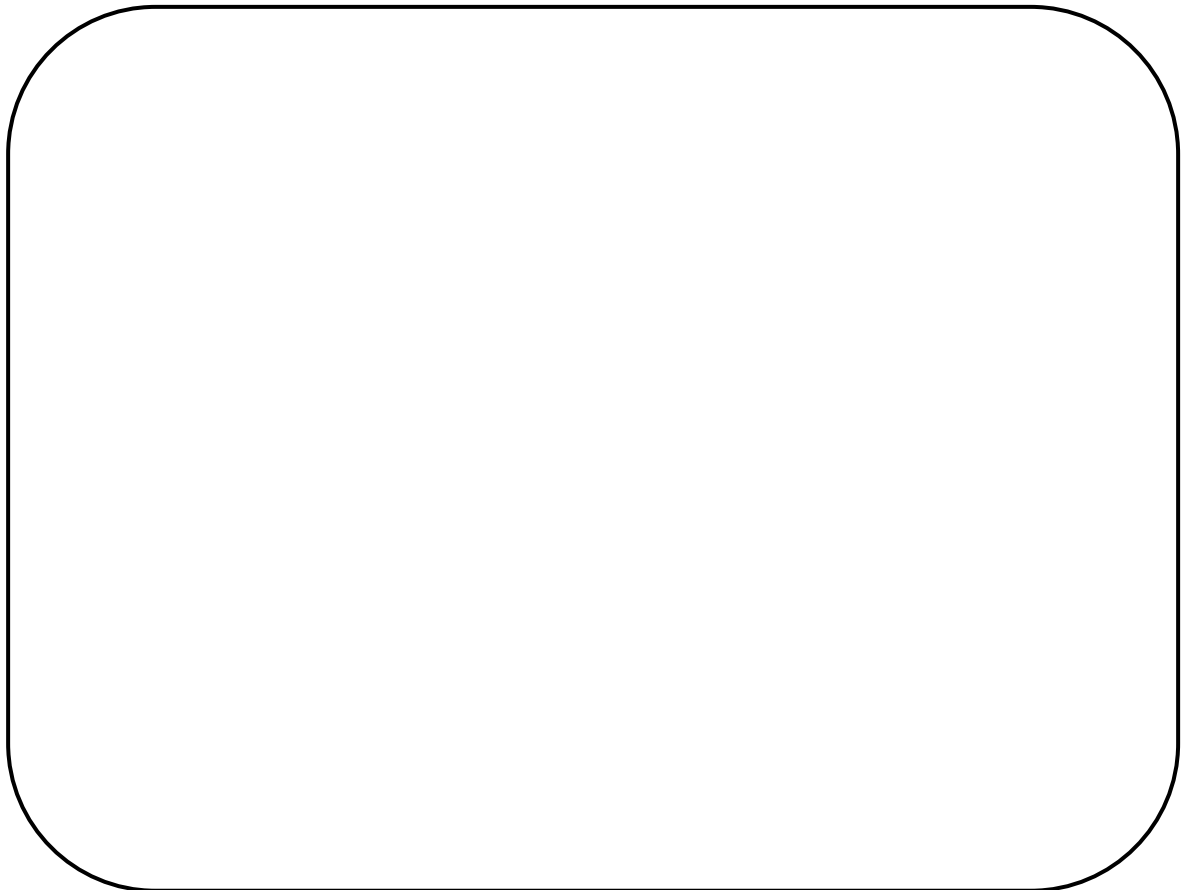
7.1.1 Pretest de Creatividad Matemática

1. Utilizando los números que aparecen en el rectángulo propone cálculos cuyo resultado final sea 30. Escribe tantas respuestas distintas como puedas.

18	2	10	12
15	48	3	20

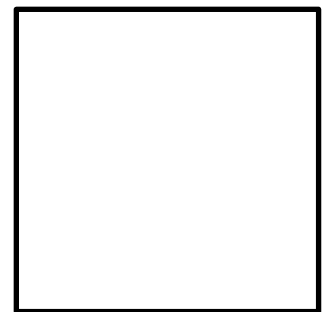
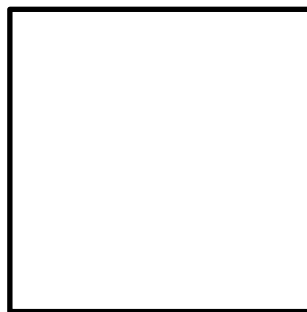
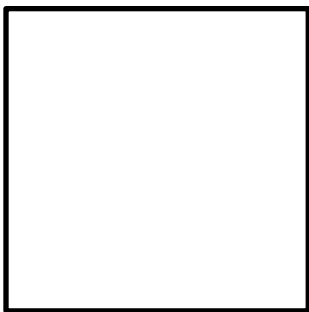
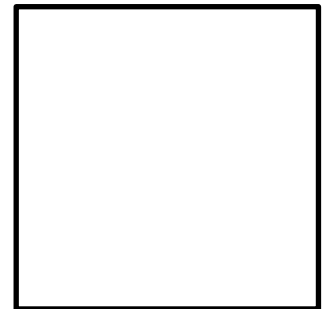
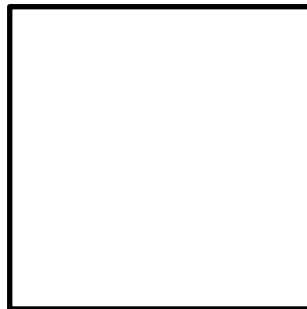
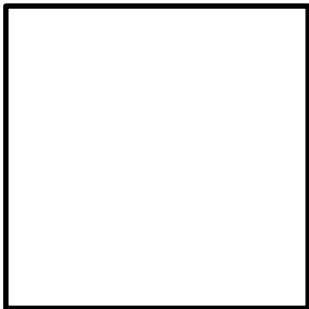
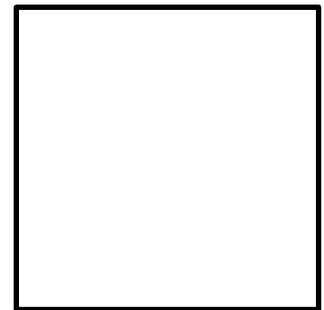
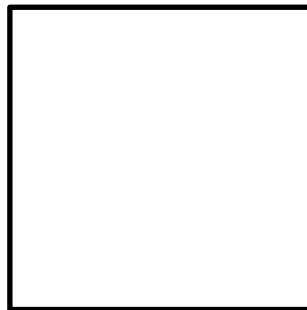
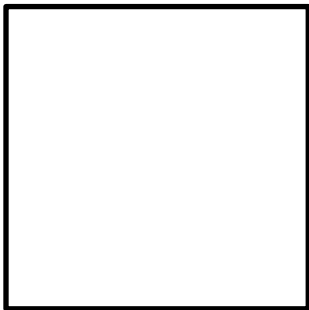
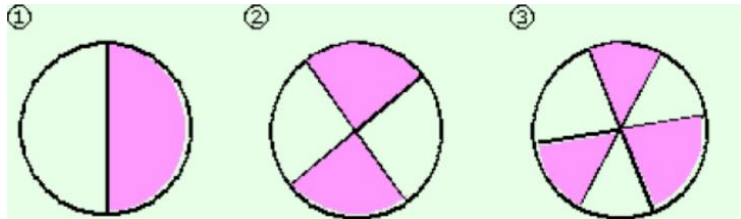
Por ejemplo: $10 + 10 + 10$ y $10 + 20$

Respuestas:



2. Divide un cuadrado y colorea algunas de sus partes, de manera tal que lo coloreado y lo no coloreado tengan el mismo tamaño.

Pista: El siguiente ejemplo muestra un círculo. Tú debes aplicar la instrucción a un cuadrado.



Rúbrica

Item	Fluidez	Flexibilidad	Originalidad
1	0: 0 respuestas correctas 1: 1 o 2 respuestas correctas 2: 3 o 4 respuestas correctas 3: 5 o 6 respuestas correctas 4: 7 u 8 respuestas correctas 5: 9 o 10 respuestas correctas 6: 11 o más respuestas correctas	Suma de las distintas estrategias empleadas E1: Usa 3 números o menos E2: Usa 4 números o más E3: Usa 3 operaciones matemáticas o más en un mismo ejercicio. E4: Usa símbolos distintos de las 4 operaciones básicas.	0: No emplea estrategias e3 ni e4 3: la estrategia más sofisticada es e3 4: la estrategia más sofisticada es e4
2	0: 0 respuestas correctas 1: 1 o 2 respuestas correctas 2: 3 o 4 respuestas correctas 3: 5 o 6 respuestas correctas 4: 7 u 8 respuestas correctas 5: 9 respuestas correctas	Suma de las distintas estrategias empleadas E1: Soluciones parecidas al ejemplo E2: Divide el cuadrado en partes iguales y pinta la mitad de ellas. E3: Divide el cuadrado en partes de distinta área E4: Divide el cuadrado usando líneas zigzagueantes. E5: Usa punto medio y líneas quebradas. E6: Usa punto medio y líneas curvas.	0: No emplea estrategias e3, e4, e5 ni e6 2: la estrategia más sofisticada es e3 o e4 4: la estrategia más sofisticada es e5 o e6

7.1.2 Pretest de Habilidad Matemática

I. Lee atentamente cada pregunta y selecciona solo la alternativa que consideres correcta.

1) ¿En cuál de los siguientes números el 8 tiene el valor de 800?

- A) 1.468
- B) 2.587
- C) 3.809
- D) 8.634

2) ¿Qué número es 100 unidades mayor que 5.432?

- A) 6.432
- B) 5.532
- C) 5.442
- D) 5.433

3) Juana tenía 12 manzanas. Se comió algunas y le quedaron 9. ¿Qué expresión numérica describe lo que sucedió?

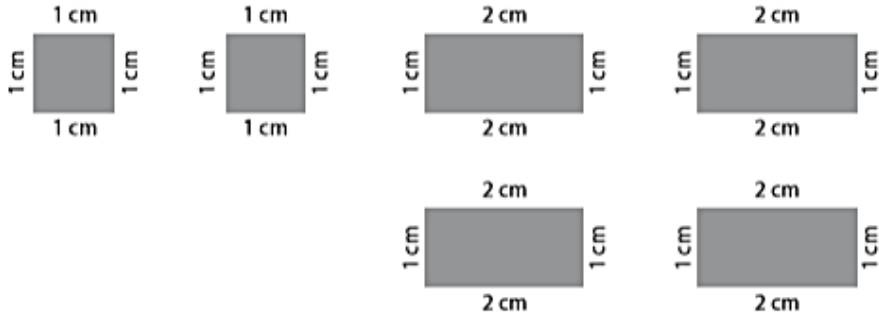
- A) $12 + 9 = \square$
- B) $9 = 12 + \square$
- C) $12 - \square = 9$
- D) $9 - \square = 12$

4) La pintura viene en tarros de 5 litros. Sergio necesita 37 litros de pintura. ¿Cuántos tarros tiene que comprar?

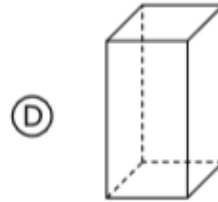
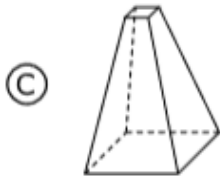
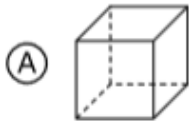
- A) 5
- B) 6
- C) 7
- D) 8

5) La escala de un mapa indica que 1 centímetro del mapa representa 4 kilómetros en la realidad. En el mapa, la distancia entre dos ciudades es de 8 centímetros. ¿A cuántos kilómetros de distancia están estas dos ciudades?

- A) 2 kilómetros.
- B) 8 kilómetros.
- C) 16 kilómetros.
- D) 32 kilómetros.



6) Susana tiene los 6 pedazos de cartón que se muestran en la imagen de arriba. ¿Cuál de las siguientes formas podría hacer usando los 6 pedazos sin recortarlos?



7) Uno de los siguientes ángulos es un ángulo recto. ¿Cuál es?



II. Responde las siguientes preguntas en el lugar indicado.

a) $5.631 + 286 =$

Respuesta: _____

b) Tres mil entradas para un partido de fútbol están numeradas del 1 al 3.000. Las personas que tienen entradas que terminan en 112 ganan un premio. Escribe todos los números que ganan premio.

Números que ganan premios: _____

PAUTA DE CORRECIÓN

Ítem 1

Número Pregunta	Respuesta correcta
1	C
2	B
3	C
4	D
5	D
6	D
7	A

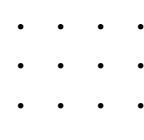
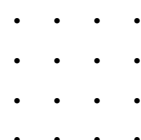
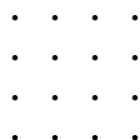
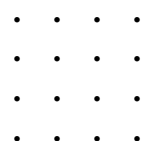
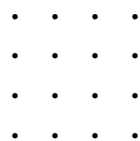
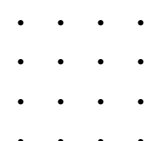
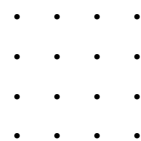
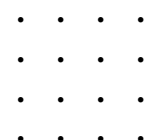
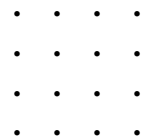
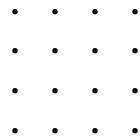
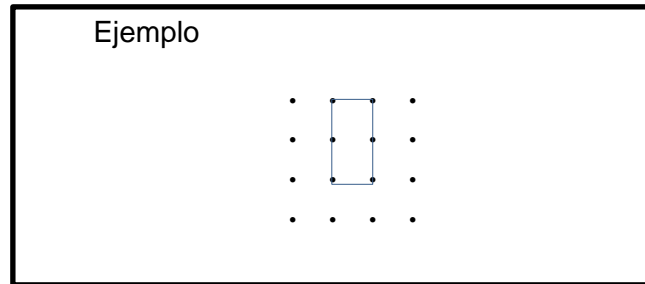
Ítem 2

Pregunta	Respuesta correcta	Respuesta incorrecta
a)	5.917	Incorrectas (incluyendo respuestas tachadas, borradas, marcas desordenadas, ilegibles o no relacionadas con la tarea).
b)	112, 1112, 2112	112, 1112, 2112 con un adicional incorrecto o una o dos correctas, sin incorrectas u otras incorrectas (incluyendo respuestas tachadas, borradas, marcas desordenadas, ilegibles o no relacionadas con la tarea).

7.2 Postests y Rúbricas

7.2.1 Postest Creatividad Matemática

1. A continuación, hay 16 puntos dispuestos a 1 cm de distancia uno de otro. Forma figuras cuya área sea 2 cm^2 uniendo puntos. Dibuja tantas figuras distintas como sea posible.

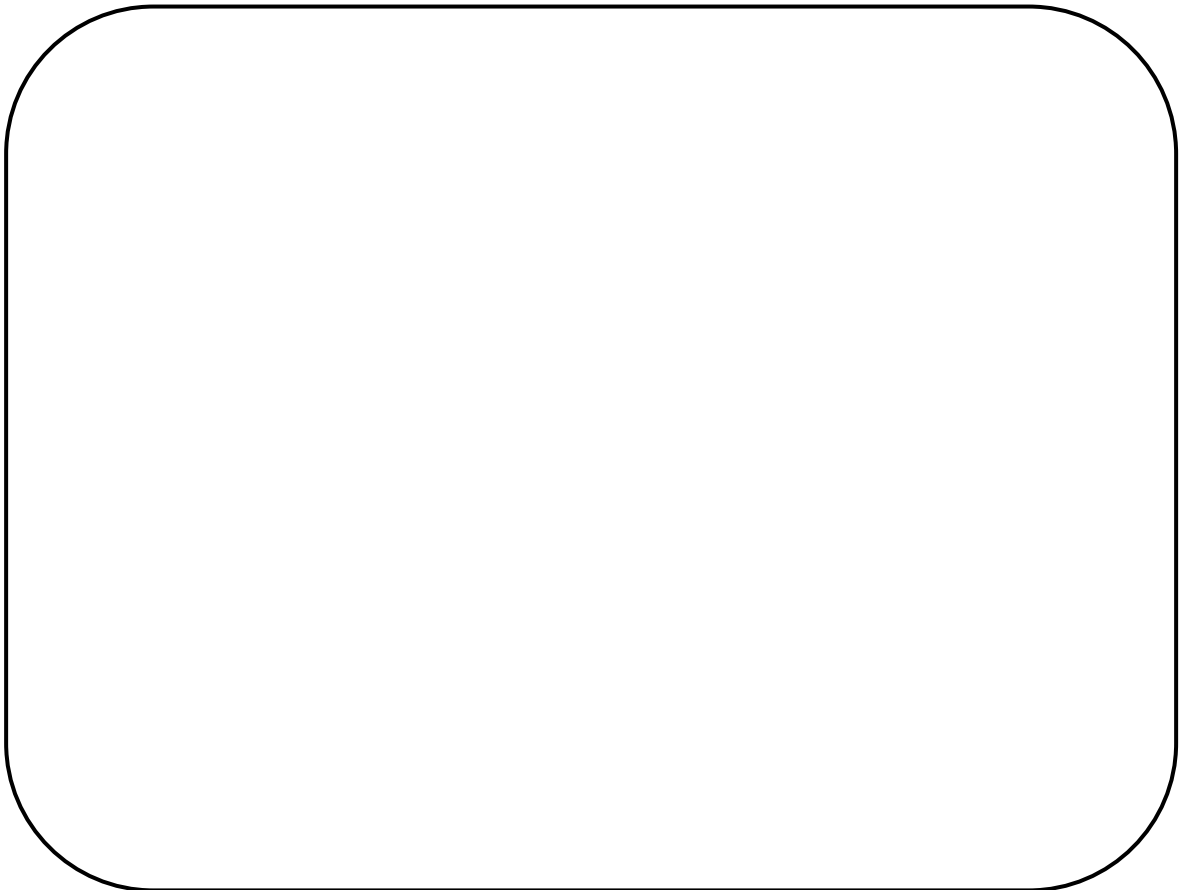


2. Utilizando los números que aparecen en el rectángulo propone cálculos cuyo resultado final sea 25. Escribe tantas respuestas distintas como puedas.

18	2	10	12
15	50	3	5

Por ejemplo: $10 + 10 + 5$ y $10 + 15$

Respuestas:



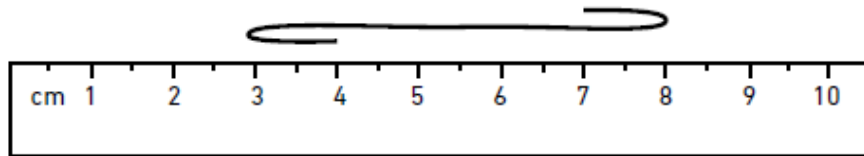
Rúbrica

Item	Fluidez	Flexibilidad	Originalidad
1	0: 0 respuestas correctas 1: 1 o 2 respuestas correctas 2: 3 o 4 respuestas correctas 3: 5 o 6 respuestas correctas 4: 7 u 8 respuestas correctas 5: 9 o 10 respuestas correctas 6: 11 o más respuestas correctas	Suma de las distintas estrategias empleadas. E1: Triángulos básicos. E2: Unión de dos cuadrados. E3: Cuadriláteros. E4: Figuras obtenidas a partir de juntar cuatro triángulos. E5: Triángulos no triviales. E6: Usando puntos medios de los cuadrados. E7: Usando líneas curvas.	0: No emplea estrategias e4, e5, e6 ni e7 3: la estrategia más sofisticada es e4 4: la estrategia más sofisticada es e5 5: la estrategia más sofisticada es e6 6: la estrategia más sofisticada es e7
2	0: 0 respuestas correctas 1: 1 o 2 respuestas correctas 2: 3 o 4 respuestas correctas 3: 5 o 6 respuestas correctas 4: 7 u 8 respuestas correctas 5: 9 o 10 respuestas correctas 6: 11 o más respuestas correctas	Suma de las distintas estrategias empleadas E1: Usa 3 números o menos E2: Usa 4 números o más E3: Usa 3 operaciones matemáticas o más en un mismo ejercicio. E4: Usa símbolos distintos de las 4 operaciones básicas.	0: No emplea estrategias e3 ni e4 3: la estrategia más sofisticada es e3 4: la estrategia más sofisticada es e4

7.2.2 Postest de Habilidad matemática

I. Lee atentamente cada pregunta y selecciona solo la alternativa que consideres correcta.

1) Si se estira la cuerda en la imagen de abajo, ¿cuál será la medida más cercana a su longitud?

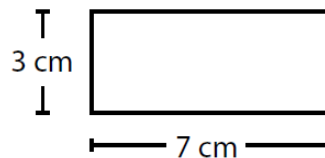


- A) 5 cm
- B) 7 cm
- C) 8 cm
- D) 9 cm

2) Un tren salió de Santiago a las 8:45 a.m. Llegó a San Fernando 2 horas y 18 minutos más tarde. ¿A qué hora llegó a San Fernando?

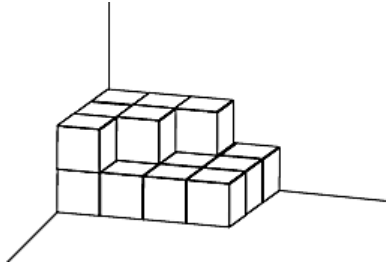
- A) 10:53 am
- B) 11:03 am
- C) 11:13 am
- D) 11:15 am

3) ¿Cuál es el perímetro de este rectángulo?



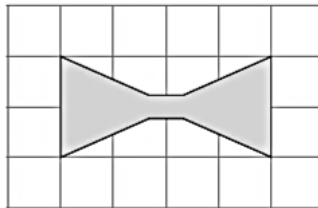
- A) 7 cm
- B) 10 cm
- C) 20 cm
- D) 21 cm

4) Ana apiló estas cajas en el rincón de la pieza. Todas las cajas son del mismo tamaño. ¿Cuántas cajas usó?



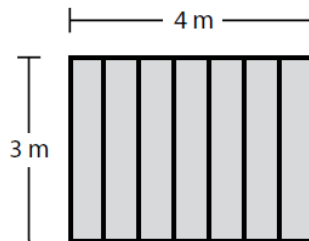
- A) 25
- B) 19
- C) 18
- D) 13

5) ¿Cuántos ejes de simetría tiene la siguiente figura?



- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4

6) Joaquín está pintando un portón de madera. El portón mide 4 metros de largo y 3 metros de alto. ¿Cuál es el área que tiene que pintar Joaquín?



- A) 4
- B) 7
- C) 12
- D) 14

7) Diego primero viajó 4,8 km en auto y luego viajó 1,5 km en bus. ¿Cuántos km viajó Diego?

- A) 6,3 km
- B) 5,8 km
- C) 5,13 km
- D) 4,95 km

II. Responde las siguientes preguntas en el lugar indicado.

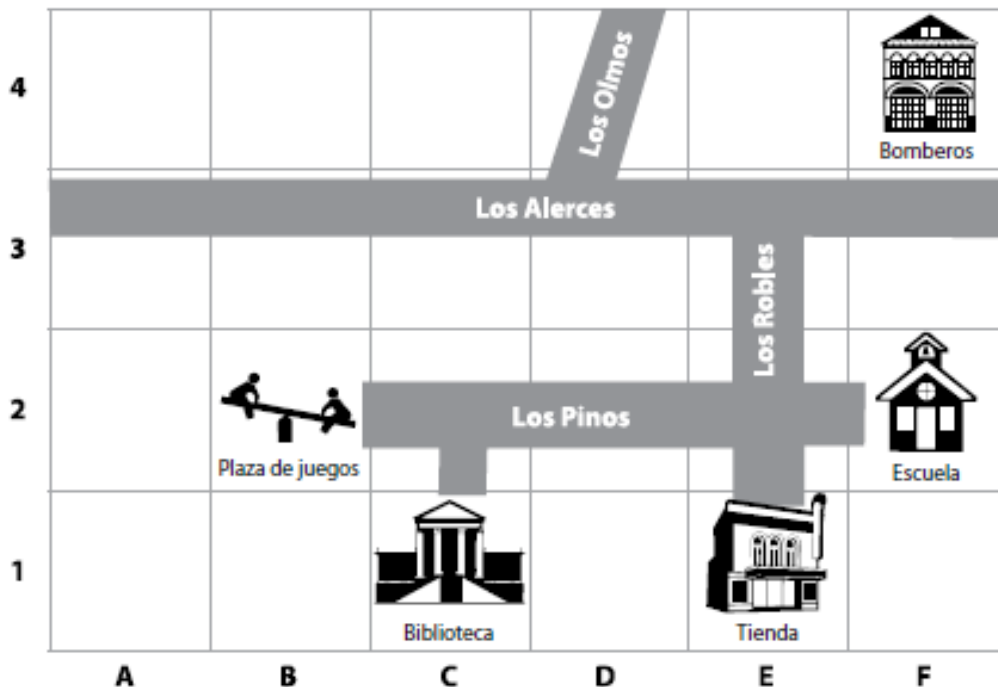
a) Jaime se ha gastado $\frac{3}{10}$ de su dinero en un bolígrafo y $\frac{5}{10}$ en un libro.

¿Qué fracción de su dinero se ha gastado?

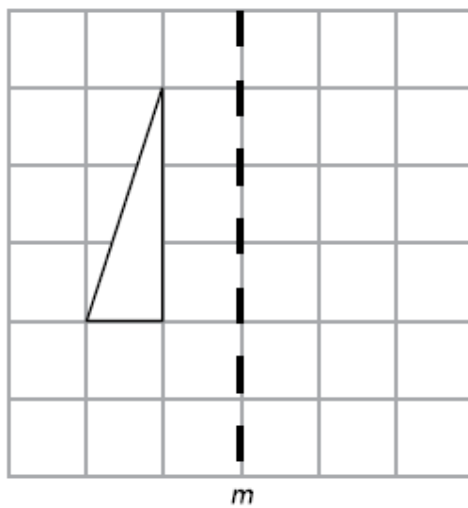
Respuesta: _____

b) Completa la tabla para mostrar donde se encuentran los lugares. Como ejemplo, el primero se ha completado para ti.

Lugares	Cuadrícula
Plaza de juegos	B2
Escuela	
Esquina de las calles Los Alerces y Los Robles	



c) Dibuja el reflejo del triángulo. La línea m es el eje de reflexión.

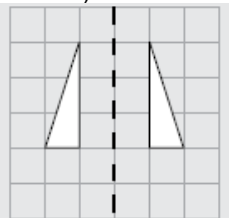


PAUTA DE CORRECIÓN

Ítem 1

Número Pregunta	Respuesta correcta
1	B
2	B
3	C
4	C
5	B
6	C
7	A

Ítem 2

Pregunta	Respuesta correcta	Respuesta incorrecta
a)	$\frac{8}{10}$ o equivalente	$\frac{8}{20}$ u otras respuestas incorrectas (incluidas respuestas tachadas/ borradas, marcas fuera de su sitio, respuestas ilegibles o inapropiadas).
b)	Ambos lugares están correctos: la escuela (F2) Y las calles Los Arces/Los Robles (E3). No se acepta 2F o 3E.	Solo está correcto la escuela (F2) o solo está correcto Los Arces/Los Robles (E3) o ambas incorrectas (incluyendo respuestas tachadas, borradas, marcas desordenadas, ilegibles o no relacionadas con la tarea
c)	Dibujo de la figura correcta (cada vértice debería estar a menos de 2 mm de la posición correcta). 	Incorrectas (incluyendo respuestas tachadas, borradas, marcas desordenadas, ilegibles o no relacionadas con la tarea).

7.3 Transcripción Grupo Focal

7.3.1 Grupo Focal Curso A

1 ¿Cómo es la clase de matemática?

Niño 1: Es divertida.

Niño 2: Es divertida, es buena. Usted nos enseña cosas que otros profesores no nos enseña.

Niña 1: Es muy divertida porque te enseña para cuando grande seas algo mejor.

Niña 2: Divertida. Las fracciones propias, me gusta.

Niño 2: Yo quiero saber hartas matemáticas porque cuando grande quiero ser....

Niño 1: (no responde).

¿Qué es lo que más te gusta de las clases de matemática?

Niño 2: Casi todo. Es que a usted lo encuentro uno de los profesores más simpáticos de matemáticas.

Niña 1: Y usted nos da muchos ánimos cuando tenemos que hacer alguna cosa que no podemos y así a mí me sale fácil.

Niño 1: Lo que más me ha gustado es aprender las fracciones. O sea, me ha gustado aprender lo que yo no sabía, pero aprender de una manera divertida.

Niño 2: Me gusta estudiar, aprender.

Niña 2: Me ha gustado representar las fracciones.

Niña 1: a mí también me gustó representar $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$, eso.

Niño 2: A mí me gustó mucho hacer la reflexión axial.

¿Pero qué es lo que más le ha gustado hacer?, ¿con qué hemos trabajado o qué hemos hecho?

Niño 1: A veces hacemos actividades para reforzar.

Niño 2: pero trabajamos con distintos materiales, distintos métodos de matemáticas.

¿Cómo te sentiste realizando las pruebas?

Niño 2: Me gustó porque tenía las cosas que usted nos ha enseñado. Así que yo me entretuve cuando la hice.

Niña 1: Esa prueba me pareció muy divertida y era fácil.

Niño 2: La prueba de hacer muchas respuestas, fue muy divertida, porque fue un reto para mí, porque era complicada.

Niña 1: Esa prueba era de descubrir maneras de responder.

Niña 2: A mí al principio me asusté, pero después la pude responder. Yo usé todos los números. Era más fácil eso sí calcular que dibujar.

Niño 1: Dibujar era más difícil porque tenías que pensar y la única respuesta que se te venía a la mente era hacer a misma figura en otro lugar. Aunque no parecía una prueba, era como una guía normal.

Niña 1: Para mí era una prueba, porque había algunas cosas que estaban difíciles y tenía que pensar y entonces no podía pensar que era una guía.

Niño 2: En algunas cosas era como una prueba, porque nos ponía a prueba, había que multiplicar, ocupar las tablas...

¿Qué le cambiarías a la clase de matemática?

Niña 1: Nada. Todo es divertido.

¿Pero siempre ha sido así?

Niña 2: antes era fácil.

Niña 1: No, antes no era así. Cuando comenzamos el año teníamos un profesor que siempre me aburría. Pero después llegó usted y se volvió más fácil la clase.

Niño 2: Yo le agregaría una línea entera con todas las fracciones y las multiplicaciones en la sala, en las paredes.

Niño 1: yo dejaría la clase igual que como está.

Niña 1: Si, yo la dejaría así. El otro año le diría al profesor que nos enseñe divertido como nuestro anterior profesor.

Niño 2: Pero si nos toca con usted de nuevo va a ser súper.

Niño 1: antes era como aburrida, pero usted nos ha enseñado cosas más interesado, nos sentimos más actualizados.

Niña 1: La clase tiene que ser desafiante, porque así aprendo más cosas.

Niña 2: Cuando tengo un desafío pienso que igual lo puedo hacer.

Niño 1: Me gusta que la clase sea desafiante, aunque me cueste, pero voy aprendiendo de a poco.

¿Cómo crees que aprendes mejor matemática?

Niño 1: a mí no me importa, solo sé que aprendo. Porque que veo algo que no sabía antes y luego sé responder, como por ejemplos hacer una imagen o algo.

Niño 2: A mí me gusta que usted nos ponga pruebas, que nos vaya haciendo cosas más difíciles. Porque antes no sabía fracciones, pero ahora son totalmente fáciles, tiene que enseñarme algo nuevo.

¿Cómo consideras que eres para la matemática?

Niña 2: Más o menos, porque no práctico tanto.

Niña 1: soy buena, porque se me hace fácil casi todo lo que me hacen.

Niño 2: yo soy bueno, porque usted me ha enseñado hartas cosas y he aprendido hartas cosas. Entonces ahora soy bueno. Antes era más o menos, pero fui mejorando con el tiempo. Antes no sabía nada de lo que me decía.

Niño 1: soy bueno porque ahora sé responder, como por ejemplo las sumas se me hacen más fáciles que antes. Igual siento que soy bueno porque me han enseñado harto, pero no en la casa. Yo si tengo una duda le pregunto a mi hermana o instalo cosas en el computador para aprender.

Niña 1: a mí me han enseñado de chica en la casa.

Niña 2: a mí también, pero me ha servido más o menos.

7.3.2 Grupo Focal Curso B

1 ¿Cómo es la clase de matemática?

Niño 1: Es buena. Aprendimos cosas buenas.

Niño 2: Es buena. Uno aprende más cosas.

Niña 1: aprendemos cosas, así como que si nos dan el vuelto no nos estafen.

Niña 2: tenemos que aprender más.

¿Qué es lo que más te gusta de las clases de matemática?

Niño 2: las actividades, sumar restar.

Niña 1: me gustan las fracciones, números mixtos.

Niño 1: me gusta que la profesora nos haga desafíos. Como ecuaciones, números mixtos.

¿Qué le cambiarías a la clase de matemática?

Niña 1: A los niños desordenados.

Niño 1: Yo no cambiaría nada. Me gusta como es.

Niña 2: a mí me gusta como es. Aunque me gustaría hacer más actividades.

Niño 2: a mi igual. Actividades más difíciles.

Niño 1: me gustaría que a los que se distraen, uno tomarlo y explicarle la materia para que lo hagan bien.

¿Cómo consideras que eres para la matemática?

Niño 2: a veces pienso que soy bueno. Porque escucho a la profesora y pienso la respuesta y esa era. Pero a veces me distraigo y me pierdo.

Niña 2: soy casi buena. Me falta aprender más, tengo que aprender más.

Niño 1: cuando hay algo nuevo, me cuesta aprenderlo, pero luego cuando ya se la materia lo puedo hacer.

Niño 1: a mí a veces me complica un poco, porque a veces hay cosas que no entiendo. Creo que soy más o menos. Creo que podría mejorar escuchando, poniendo más atención.

¿Cómo te sentiste respondiendo la prueba?

Niño 2: Es prueba era bacán.

Niña 2: me gusta que había que hacer formas y cálculos.

Niño 1: me gustó porque era desafiante, había que pensar en las operaciones y los dibujos. Era como una guía.

Niño 2: Era como más una actividad.

Niña 1: Cada vez encontraba más respuestas sentía alegría. Como que me iba a sacar a un siete.

Niño 2: era una prueba fácil.

7.4 Resultados Tests por Curso

7.4.1 Resultados Test Curso A

Estudiante	Creatividad Matemática		Habilidad Matemática	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest
1	15	29	9	10
2	9	18	5	6
3	6	18	4	8
4	12	18	8	7
5	17	17	6	7
6	13	16	8	10
7	12	16	5	5
8	6	16	7	4
9	14	15	5	8
10	13	14	3	3
11	6	14	3	6
12	7	14	6	5
13	14	14	5	5
14	11	13	5	3
15	7	13	4	5
16	13	12	6	6
17	10	12	2	1
18	7	12	3	4
19	3	12	1	5
20	9	11	5	6
21	5	11	2	6
22	5	11	2	5
23	15	9	8	7
24	8	6	3	6
25	14	5	5	7

Blanco: Mujer/ Gris: Hombre

7.4.2 Resultados Test Curso B

Estudiante	Creatividad Matemática		Habilidad Matemática	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest
1	9	23	10	6
2	18	21	7	8
3	18	20	8	10
4	17	19	10	9
5	6	19	4	6
6	13	17	8	6
7	9	17	5	4
8	4	16	8	7
9	11	14	9	7
10	10	14	3	3
11	18	13	6	6
12	15	13	9	8
13	13	13	10	7
14	9	12	5	5
15	7	12	4	5

16	5	12	4	3
17	8	11	4	4
18	4	11	6	6
19	14	11	9	8
20	6	10	5	5
21	4	10	7	7
22	2	10	3	1
23	6	9	3	3
24	3	9	4	3
25	11	9	2	7
26	7	6	5	2
27	7	5	8	2
28	8	5	4	6

Blanco: Mujer/ Gris: Hombre