



FACULTAD DE EDUCACIÓN
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

**VALIDACIÓN DE UN INSTRUMENTO PARA MEDIR COMPRESIÓN LECTORA
DE TEXTOS CIENTÍFICOS MULTIMODALES
EN ESTUDIANTES CHILENOS DE 4° A 6° BÁSICO**

Katy Asem Quijada

Proyecto de Magister presentado a la Facultad de Educación
de la Pontificia Universidad Católica de Chile
para optar al grado de Magister en Educación Mención de Evaluación de los Aprendizajes

Profesora guía: Alejandra Meneses

Junio 2021
Santiago de Chile

Agradecimientos

A mis padres, por su constante apoyo en la decisión de seguir estudiando y perfeccionándome como ser humano y profesional. A John, que me ha acompañado, contenido y brindado ánimo durante todo este proceso.

Agradezco a mi profesora guía Alejandra Meneses por su calidez, sus conocimientos y por haber motivado a valorar la importancia de la lingüística al servicio de la educación. Quisiera agradecer también al profesor Maximiliano Montenegro por haberme apoyado en el dominio teórico y tecnológico de instrumentos estadísticos utilizados en este proyecto.

Para finalizar, agradezco a todos los miembros del equipo UMD-PUC 2018-2019 que participaron en la construcción del instrumento y en las etapas preliminares de su validación.

El presente proyecto de magíster se realizó con el apoyo del proyecto Seed Funding UMD-PUC “Language and Literacy in Science: Toward Reducing Learning Gaps” y de ANID/CONICYT FONDECYT Regular 1190990: “Multimodalidad y su relación con los desempeños en Ciencias: el rol de la alfabetización visual en el aprendizaje científico”.

Índice

| | |
|---|-----------|
| Agradecimientos | 3 |
| Índice | 4 |
| Índice de tablas | 6 |
| Resumen | 7 |
| Abstract | 8 |
| Introducción | 9 |
| Marco teórico | 12 |
| Comprensión lectora en textos científicos multimodales | 12 |
| Relación entre los modos semióticos verbal y visual en los textos multimodales | 13 |
| Niveles de comprensión lectora en textos multimodales | 16 |
| <i>Niveles de comprensión verbal</i> | 17 |
| <i>Niveles de comprensión visual</i> | 18 |
| Objetivos, preguntas e hipótesis de investigación | 22 |
| Metodología | 25 |
| Participantes | 25 |
| Descripción del instrumento | 26 |
| Proceso de diseño y validación del instrumento | 26 |
| Revisión de literatura y dimensionamiento de la prueba | 27 |
| Diseño del instrumento | 29 |
| Prepilotaje | 30 |
| Versión final del instrumento para su validación | 31 |
| Plan de análisis estadístico y psicométrico | 32 |
| Análisis de resultados | 37 |
| Confiabilidad de la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales” | 37 |
| Propiedades psicométricas de la prueba “Comprensión lectora de textos científicos multimodales” | 39 |
| <i>Dificultad del ítem</i> | 40 |
| <i>Discriminación de los ítems.</i> | 43 |
| <i>Distractores en los ítems de selección múltiple</i> | 46 |
| Dimensionalidad del constructo para la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales” | 46 |
| <i>Índices de ajuste y estudio de correlaciones lineales</i> | 47 |

| | |
|---|-----------|
| <i>Análisis de cargas factoriales.</i> | 48 |
| Versión validada del instrumento “Comprensión de textos científicos” | 55 |
| Desempeños lectores en la prueba validada Comprensión de textos científicos multimodales | 57 |
| Conclusiones y discusiones | 61 |
| Limitaciones y proyecciones | 65 |
| Referencias bibliográficas | 67 |
| Anexos | 74 |
| Anexo 1. Texto 1 “Transferencia de energía entre seres vivos” | 74 |
| Anexo 2. Texto 2 “Cambios de estado en la materia” | 75 |
| Anexo 3: Prueba “Comprensión de textos científicos multimodales” (forma A) | 76 |
| Anexo 4. Índice de dificultad de ítems en el prepiloteo de la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales” | 83 |
| Anexo 5: Discriminación de ítems en el prepiloteo de la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales” | 84 |
| Anexo 6: Análisis de distractores en el prepiloteo de la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales” | 85 |
| Anexo 7: Índices de dificultad y discriminación del Texto 1 (“Transferencia de energía entre seres vivos”) | 86 |
| Anexo 8: Índices de dificultad y discriminación del Texto 2 (“Cambios de estado de la materia”) | 87 |
| Anexo 9. Correlaciones entre factores en los modelos analizados (CFA) | 88 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Tipos de relación entre los modos verbal y visual (Daly y Unsworth, 2011)</i> | 14 |
| Tabla 2. <i>Dimensionamiento de ítems en las pruebas NAPLAN Reading Tests, 2015, 2016</i> | 15 |
| Tabla 3. <i>Descripción de la muestra</i> | 25 |
| Tabla 4 <i>Dimensionamiento de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales</i> | 27 |
| Tabla 5 <i>Distribución de los ítems en la versión preliminar de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales</i> | 29 |
| Tabla 6 <i>Distribución de los ítems en la versión final de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales</i> | 31 |
| Tabla 7 <i>Descripción de modelos para el Análisis Factorial Confirmatorio de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales</i> | 34 |
| Tabla 8 <i>Índice de confiabilidad para el instrumento Comprensión de textos científicos multimodales</i> | 37 |
| Tabla 9 <i>Coefficiente de Cronbach al eliminar un ítem</i> | 38 |
| Tabla 10 <i>Rango de dificultad de los ítems en la prueba Comprensión lectora de textos científicos multimodales</i> | 40 |
| Tabla 11 <i>Rangos para los índices de discriminación en la prueba Comprensión lectora de textos científicos</i> | 43 |
| Tabla 12 <i>Índices de ajuste de la estructura factorial de prueba Comprensión de textos científicos</i> | 47 |
| Tabla 13 <i>Cargas factoriales en el modelo 1 y modelo 4 de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales</i> | 49 |
| Tabla 14 <i>Matrices de correlación de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales</i> | 54 |
| Tabla 15 <i>Índice de confiabilidad para el instrumento validado “Comprensión de textos científicos multimodales”</i> | 56 |
| Tabla 16 <i>Índice de confiabilidad para las dimensiones de la prueba validada</i> | 57 |
| Tabla 17 <i>Puntajes obtenidos en la prueba validada</i> | 57 |
| Tabla 18 <i>Puntaje obtenido por variables género y nivel</i> | 58 |
| Tabla 19 <i>Prueba t para comparar medias en la variable género</i> | 58 |
| Tabla 20 <i>Análisis ANOVA para variable nivel</i> | 59 |
| Tabla 21 <i>Prueba Bonferroni para comparar medias en la variable nivel</i> | 60 |

Resumen

Si bien la comprensión lectora es una habilidad requerida para construir conocimiento en las distintas disciplinas escolares, poco se ha investigado sobre el desempeño de los estudiantes en la lectura de textos disciplinares, lo que se debe en parte porque no se cuenta con pruebas de comprensión lectora específicas por asignaturas. El objetivo de este proyecto es validar la interpretación de las puntuaciones de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* que mide la habilidad de comprensión de textos multimodales científicos en los niveles literal e inferencial, considerando los modos semióticos verbal, visual y verbal-visual. El instrumento fue aplicado en dos formas a 275 estudiantes de 4°, 5° y 6° básico de dos establecimientos de la Región Metropolitana. El análisis de confiabilidad presentó índices de Alpha de Cronbach de .89 (forma A) y .88 (forma B), ambos considerados apropiados para fundamentar su uso con propósitos de investigación en futuros estudios. Para la validez del constructo, se realizó un Análisis Factorial Confirmatorio que permitió concluir que la variabilidad de los puntajes se explica por la existencia de tres dimensiones: lenguaje verbal, lenguaje visual y lenguaje verbal-visual. La evidencia permite confirmar la validez y confiabilidad de las puntuaciones del instrumento, que puede ser replicado en otras instancias de evaluación de comprensión lectora multimodal de textos científicos.

Palabras clave: comprensión multimodal, textos científicos, niveles de comprensión lectora, literacidad disciplinar.

Abstract

Although reading comprehension is a skill required to build knowledge in the different school subject-matters, minimal research has been done on students' performance in reading disciplinary texts, which is partly due to the lack of subject-specific reading comprehension tests. The aim of this project is to validate the *Comprehension of Multimodal Science Texts* test that measures the skills to understand multimodal science texts at the literal and inferential levels considering verbal, visual, and verbal-visual languages. This test was applied in two forms to 275 students in 4th, 5th and 6th grade from two schools in the Metropolitan Region. The analyses yielded a Cronbach's Alpha .89 (form A) and .88 (form B); therefore, it is concluded that it is a reliable instrument for research purposes. To determine the dimensionality of the construct, was carried out a Confirmatory Factor Analysis that classifies the items according to the languages used for the construction of the coherent representation of what is read: verbal, visual and verbal- visual. The evidence allows to confirm the validity and reliability of the instrument, which can be replicated to other instances to measure multimodal understanding of science texts.

Keywords: multimodal comprehension, science texts, levels of reading comprehension, disciplinary literacy.

Introducción

El proceso de comprensión lectora ha sido y sigue siendo un tema ampliamente abordado desde el ámbito educativo por su relevancia en el desarrollo cognitivo y social de los estudiantes, especialmente en los primeros niveles de escolaridad (Gallego, Figueroa y Rodríguez, 2019). Según el modelo construcción-integración (*construction-integration*) propuesto por Kintsch (1998), en este proceso el lector integra activamente sus conocimientos previos con la información extraída desde el texto con el fin de construir una representación o modelo mental coherente (Van den Broek, Rapp y Kendeou, 2005).

En el contexto de evaluaciones internacionales, el marco teórico de la prueba PIRLS concibe la comprensión lectora como un proceso que integra cuatro niveles de comprensión: extracción de información literal, elaboración de inferencias directas, interpretación e integración de ideas y evaluación crítica del contenido y estructura de los textos (Mullis y Martin, 2015). A su vez, estos niveles de construcción de significado están presentes en distintos modos de organización y presentación de la información, desde textos construidos solo verbalmente, y con formato continuo, hasta aquellos que incluyen elementos visuales para complementar o incluso reemplazar el contenido de un texto verbal.

La prueba internacional PIRLS de 2016 mostró que los estudiantes chilenos de 4° básico alcanzaron un promedio general de comprensión lectora de 494 puntos, puntaje considerado bajo en relación con el promedio internacional de 511 puntos (Agencia de la Calidad de la Educación, 2017). Esta prueba también reflejó que existe una diferencia significativa entre los resultados de textos literarios (500 puntos) y de textos informativos (485 puntos), entre los que se encuentran textos de carácter histórico, social, geográfico y científico (Mullis y Martin, 2015).

En particular, en lo que respecta a los textos científicos, Kendeou y Van Den Broek (2007), así como McNamara et al. (2011), sostienen que los factores que más inciden en el desempeño lector de estos textos es el conocimiento previo sobre el tema, las características específicas de su estructura y la alta demanda en el conocimiento de vocabulario especializado (Graesser, León y Otero, 2002). Además, los textos científicos son, en gran parte, multimodales, pues requieren que el lector integre diferentes modos semióticos – verbales y visuales– para la construcción de significados y la adquisición del conocimiento.

Existen diversos estudios que abordan la multimodalidad en textos escolares y su importancia en el proceso de comprensión y construcción del conocimiento (Ainsworth, 2006; Bezemer y Kress, 2008; Chan y Unsworth, 2011; Krajcik y Sutherland, 2010; Schnotz y Bannert, 2003; Unsworth, Cope y Nicholls, 2019). Asimismo, investigaciones han mostrado que las imágenes en textos científicos favorecen la comprensión lectora (Chi, Feltovich y Glaser, 1981; Kriz y Hegarty, 2007 en Cromley et al., 2010) y que los lectores menos hábiles se benefician más de las ilustraciones que aquellos lectores más competentes (Meneses, Escobar y Véliz, 2018; Schnotz y Bannert, 2003). Por otra parte, algunos estudios sostienen que algunos elementos visuales –como diagramas y gráficos– dificultan la comprensión e interpretación del contenido del texto, pues requieren un mayor tiempo de procesamiento y decodificación (Ainsworth, 2006).

Pese a la variedad de estudios que abordan la incidencia de los recursos visuales en la comprensión de textos multimodales, existe poca literatura que evalúe la comprensión lectora desde un constructo que incorpore, además de los niveles de comprensión, los distintos modos semióticos que construyen los significados. En un análisis de pruebas sobre textos multimodales del programa NAPLAN (Australian National Assessment Program in Literacy and Numeracy), Unsworth, Cope y Nicholls (2019) ofrecen una codificación de ítems evaluando si las respuestas correctas se explican o no por la lectura de las imágenes y de qué manera estas contribuyen al proceso de respuesta. Sin embargo, el estudio realiza esta clasificación a partir de datos disponibles de pruebas aplicadas y no como parte del proceso de construcción y validación de una prueba de comprensión lectora multimodal.

En este sentido, la relevancia del presente estudio radica en explorar la dimensionalidad del constructo de comprensión lectora multimodal, considerando los niveles de comprensión (literal e inferencial) y los modos semióticos (verbal y visual) utilizados para la construcción de significado durante la comprensión de textos científicos multimodales. De esta manera, se puede determinar si esta evidencia es adecuada para sugerir el uso de un instrumento para evaluar la comprensión lectora de textos multimodales para fines investigativos.

En relación con lo anterior, el propósito de este proyecto consiste en validar la interpretación de las puntuaciones del instrumento “Comprensión de textos científicos multimodales” para su uso en investigaciones, dando cuenta, además, de la caracterización de

los desempeños obtenidos en el instrumento validado.

El presente informe expone, en primer lugar, una revisión teórica de los conceptos fundamentales en que se basa este proyecto, vale decir, el proceso de comprensión de textos multimodales de ciencias y las relaciones que existen entre los modos semióticos y los niveles de comprensión literal e inferencial. En segundo lugar, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos, así como las preguntas e hipótesis que guían este proyecto. En tercer lugar, se presentan las características generales del instrumento y el proceso de diseño y validación llevado a cabo para la recolección y análisis de los datos. En cuarto lugar, se exponen y discuten los hallazgos a partir de los análisis de confiabilidad, el análisis de los reactivos a partir de la Teoría Clásica del ítem y el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) para determinar la validez asociada al constructo que se establece a partir de la literatura revisada. A partir de los análisis anteriores, se realizan las modificaciones pertinentes y se vuelve a calcular el índice de confiabilidad para corroborar si la versión validada es apta para su replicación en posteriores estudios e investigaciones.

Además, se muestran los desempeños obtenidos por los participantes a partir de validación de los puntajes de la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales” y, finalmente, se discute sobre los hallazgos del proyecto y sus limitaciones. Asimismo, se proponen estrategias para mejorar los índices de confiabilidad y validez de las puntuaciones del instrumento para futuros usos investigativos.

Marco teórico

Comprensión lectora en textos científicos multimodales

Existe consenso en resaltar la contribución de la literacidad en el aprendizaje de ciencias, pues los procesos de lectura y escritura ayudan a los estudiantes a conectar ideas con sus conocimientos previos, relacionando entre representaciones verbales y visuales para construir significados y familiarizarse con el discurso científico (Krajcik y Sutherland, 2010).

El proceso de comprensión lectora se concibe como la construcción de una representación mental coherente del texto, constituida por una red de relaciones semánticas entre los elementos textuales y el conocimiento previo del lector (van den Broek, Virtue, Everson, Tzeng y Sung, 2002 en De Mier, Amado y Benítez, 2015). Desde esta perspectiva, la comprensión del texto depende en parte del conocimiento del lector sobre el tema y de su competencia lingüística en general (Jouini, 2005). Además, en el proceso de comprensión incide el conocimiento sobre la estructura del texto, pues si el lector es capaz de identificar la secuencia textual predominante, activará un determinado esquema retórico para la organización y construcción de significados (Contreras y Covarrubias, 1999). Por ejemplo, en los textos narrativos, el lector anticipa la existencia de personajes, un clímax y un desenlace; por ende, actualiza sus esquemas conceptuales para identificar estos elementos (Cerchiaro, Paba y Sánchez, 2013).

En los textos explicativos, Duke (2000) señala que los niños y niñas han acumulado menor cantidad de experiencia con la lectura de textos explicativos en ciencias en comparación con los textos narrativos, lo que incide en un mayor grado de dificultad en la comprensión de dichos textos. A esto se suma el mayor nivel de abstracción sobre los procesos desarrollados (Graesser, McNamara y Louwerse, 2003) y mayor presencia de vocabulario especializado que plantea demandas específicas vinculadas con el dominio de conocimiento científico y académico, lo que conlleva una mayor densidad lingüística (Dori, Avargil, Kohen y Saar, 2018; Strain, Patterson y Seidenberg, 2000 en De Mier et al., 2015).

Las investigaciones sobre multimodalidad en textos científicos abordan nuevas maneras de interacción, donde el modo verbal – sea escrito u oral– no es suficiente para acceder al conocimiento ni construir significados, por lo que se hace necesario acudir a distintos sistemas

semióticos que permiten a los individuos construir y comunicar significados en contextos sociales y culturales específicos (Hodge y Kress, 1998 en Gladic y Cautín- Epifani, 2015).

El *National Science Education Standard* afirma que la literacidad en ciencias requiere la incorporación de elementos visuales que interactúen con los elementos verbales para la construcción de significados (Krajcik y Sutherland, 2010), tales como diagramas, gráficos, flechas, fotografías e ilustraciones. En esta misma línea, Lemke (1998), así como Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis (2001) afirman que los conceptos científicos son expresados mediante diversos modos semióticos que comunican e interactúan entre sí en la producción de sentido y adquisición del conocimiento.

La multimodalidad en ciencias permite ilustrar fenómenos y procesos que no pueden ser observados directamente, así como relaciones que difícilmente pueden ser descritas verbalmente (Cook, 2008, McTigue y Slough, 2010; Perales y Jiménez, 2002; Slough y McTigue, 2010, en Meneses et al., 2018); por lo anterior, se ha demostrado que la inclusión de elementos visuales en los textos científicos tiene un impacto positivo en los resultados obtenidos por los estudiantes (Chi, Feltovich y Glaser, 1981; Kriz y Hegarty, 2007 en Cromley et al., 2010).

Relación entre los modos semióticos verbal y visual en los textos multimodales

El estudio de los recursos visuales como medio de comunicación ha sido abordado en profundidad por Kress y van Leeuwen (2006), quienes sostienen que la comprensión de la imagen es un proceso autónomo, pues aun cuando puede estar conectada lenguaje escrito, es un mensaje organizado de manera independiente, con su propia coherencia y gramática. En este sentido, dos lógicas distintas operan en la construcción de significados según el tipo modo semiótico: mientras que el modo escrito está gobernado por la lógica de la secuencia temporal, en el modo visual domina la lógica de la simultaneidad y la relación espacial entre los elementos, en la cual la posición, tamaño y composición del contenido materializado en la imagen juegan un papel crucial en la construcción de significados (Liu, 2013).

Existe variada literatura que explica cómo diversos modos semióticos interactúan en un texto multimodal para construir significados y acceder al conocimiento. Ainsworth (2006) describe la relación entre los modos verbal y visual mediante el modelo *DeFT* (*Design,*

Functions, Tasks), que busca explicar el aprendizaje mediante múltiples representaciones (MERs) o modos semióticos. Según este modelo, los distintos modos se combinan y complementan según las necesidades del lector y el tipo de tarea demandada, cumpliendo tres funciones: *complementaria*, *restrictiva* y *constructiva*. En la función *complementaria*, los modos verbal y visual difieren en los procesos cognitivos involucrados o en la información que contienen; por lo tanto, el lenguaje visual aporta información al lenguaje verbal y viceversa. La función *restrictiva* tiene lugar cuando uno de los modos restringe la interpretación del otro; por ejemplo, cuando uno de ellos es seleccionado por el lector porque implica un menor grado de complejidad que el modo alternativo. Por último, en la función *constructiva*, los lectores integran la información de ambos modos para construir un significado más profundo y abstracto.

En las pruebas Basic Skills Test (2005-2007) que miden la comprensión multimodal en estudiantes australianos de educación primaria, Daly y Unsworth (2011) analizaron las relaciones entre los modos verbales y visuales de estas evaluaciones a partir de la categorización ilustrada en la tabla 1.

Tabla 1
Tipos de relación entre los modos verbal y visual (Daly y Unsworth, 2011)

| | |
|--|---|
| <p>Concurrencia Un modo semiótico contribuye al significado del otro, especificando o describiendo, pero no entrega información adicional.</p> | <p>Ejemplificación Uno de los modos semióticos entrega un ejemplo para respaldar el contenido del otro.</p> <p>Exposición Uno de los modos semióticos reformula el significado del otro en el mismo nivel de generalidad.</p> <p>Equivalencia El contenido es representado (total o parcialmente) simultáneamente por ambos modos semióticos.</p> <p>Homoespacialidad Los dos modos semióticos ocurren simultánea y homogéneamente en el espacio.</p> |
| <p>Complementariedad Un modo semiótico agrega un nuevo contenido al otro.</p> | <p>Aumento Un modo semiótico entrega una nueva información al otro.</p> <p>Distribución Ambos modos semióticos están yuxtapuestos y construyen significados conjuntamente.</p> <p>Divergencia Los modos semióticos entregan diferentes significados</p> |

Nota. Adaptado de Daly, A. y Unsworth, L. (2011)

En este estudio, Daly y Unsworth (2011) identificaron cuatro tipos de relaciones entre el modo verbal y el modo visual en las pruebas analizadas: *equivalencia*, *exposición*, *distribución* y *aumento*. A partir de un análisis aplicado a cinco pruebas, se obtuvieron los siguientes índices de dificultad para cada tipo de relación: *aumento* (1,4), *distribución* (0,5), *exposición* (-0,1), *equivalencia parcial* (-0,9) y *equivalencia completa* (-1,4). El tipo de relación *aumento* (perteneciente al grupo complementariedad) fue significativamente más difícil ($p < .05$), mientras que los tipos *equivalencia parcial* y *equivalencia total* fueron significativamente más fáciles ($p < .05$). Estos resultados permitieron concluir que los ítems que miden la relación *concurrancia* (donde un modo semiótico contribuye al significado del otro sin entregar información adicional) resultaron más fáciles de responder que los ítems que miden la relación *complementariedad* (donde un modo semiótico agrega un nuevo contenido al otro).

Al respecto, los autores concluyeron que en la categoría *concurrancia* los resultados fueron positivos porque los significados de ambos modos se refuerzan, mientras que en categorías como *aumento* y *distribución* el lector debe inferir cuál es la relación entre uno y otro modo semiótico (Daly y Unsworth, 2011). Además, es posible que, en los ítems contestados erróneamente, los estudiantes hayan interpretado las imágenes o el lenguaje verbal de manera autónoma, sin integrar ambos significados (Unsworth y Chan, 2009).

En una posterior investigación sobre el dimensionamiento de pruebas internacionales que contienen textos multimodales (NAPLAN Reading Tests, 2015, 2016), Unsworth, Cope y Nicholls (2019) categorizaron los ítems según la incidencia de la imagen en el proceso de respuesta. Esta clasificación se compone de seis categorías, presentadas en la tabla 2.

Tabla 2
Dimensionamiento de ítems en las pruebas NAPLAN Reading Tests, 2015, 2016

| Categoría | Descripción |
|------------------------|--|
| Sí | La respuesta al ítem se obtiene desde las imágenes del texto. |
| No | La imagen no contribuye al proceso de respuesta, aun si acompaña al modo verbal. |
| Apoyo | La respuesta se obtiene desde el modo verbal, pero la imagen puede ayudar en la obtención de la información. |
| Referencia | La información se obtiene desde la imagen, pero acudiendo al modo verbal para complementar detalles. |
| Imagen en la respuesta | En los casos de ítems de selección, las imágenes se encuentran en las opciones de respuesta. |
| No imagen | Las respuestas se obtienen solo a partir del modo verbal. |

Nota: Adaptado de Unsworth, Cope y Nicholls (2019)

Las clasificaciones mencionadas anteriormente contribuyen al dimensionamiento de la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales”, ya que la presencia de una imagen construye significados que se yuxtaponen e interactúan con aquellos proporcionados por el modo verbal, aportando a la interpretación global del texto multimodal (Chan y Unsworth, 2011). Por un lado, la taxonomía propuesta por Unsworth, Cope y Nicholls (2019), si bien no se refiere exclusivamente a textos científicos, respalda teóricamente la categorización de los ítems de la prueba estudiada, determinando si la respuesta se obtiene solo desde el modo verbal, solo desde el modo visual o desde ambos modos.

Por otra parte, en el caso de haber interacción entre ambos modos semióticos, los estudios de Daly y Unsworth (2011) y Ainsworth (2006) permiten comprender qué tipo de relación se presenta entre los lenguajes verbal y visual: *concurrente o complementaria* (Daly y Unsworth, 2011); y *complementaria, restrictiva o constructiva* (Ainsworth, 2006). Estas relaciones entre modos o lenguajes no serán analizadas psicométricamente en el presente estudio; sin embargo, constituyen un respaldo teórico para comprender los procesos al momento de clasificar los ítems según el o los modos semióticos presentes en los textos científicos multimodales y así poder posteriormente efectuar los análisis de validez de las puntuaciones del instrumento “Comprensión de textos científicos multimodales”.

Niveles de comprensión lectora en textos multimodales

Para abordar el proceso de comprensión lectora de los textos científicos multimodales, este estudio se enfoca en los niveles de comprensión literal e inferencial, puesto que la evaluación de la comprensión de textos verbales diferencia entre los procesos de extracción y los procesos de integración de la información (Sánchez, García y Rosales, 2010). En el presente proyecto, estos procesos de la comprensión verbal se expanden y aplican a la comprensión de textos multimodales, ya que se asume que los procesos de extracción e integración se aplican no solo al lenguaje verbal, sino también al lenguaje visual y a la interacción entre estos.

Niveles de comprensión verbal

Nivel literal de la comprensión verbal. Desde una concepción verbal de la lectura, la comprensión literal involucra la recuperación directa de información a partir de palabras o sintagmas dentro del texto para alcanzar un propósito determinado, como focalizar la atención en ideas que confirman o contradicen representaciones elaboradas por el lector, o bien recuperar o localizar información explícita para responder a una determinada tarea o pregunta (Mullis y Martin, 2015). Entre las acciones específicas que realiza el lector al recuperar información explícita, se encuentra la identificación de significados de palabras, sintagmas u oraciones y la localización de ideas principales, eventos puntuales, comparaciones explícitas, secuencia de ideas y relaciones causa-efecto (Che Lah y Hashimah, 2014).

Nivel inferencial de la comprensión verbal. El nivel inferencial en el lenguaje verbal ha sido ampliamente estudiado en relación con su importancia en la comprensión lectora a nivel global (Grasser, Singer y Trabasso, 1994). La inferencia en la comprensión lectora se entiende como un proceso en el que se elabora una representación mental a partir de un “vacío cognitivo” que el lector debe completar integrando sus propios esquemas mentales con los datos entregados en el texto (Cassany, Luna y Sanz, 2000) y otorgando coherencia local y global a la representación mental que se va formando del significado (De Mier et al., 2015).

Al tratarse de un proceso de construcción de significado a partir de la interacción entre los conocimientos previos y los datos proporcionados por el texto, el proceso inferencial está presente tanto en el dominio local del procesamiento de oraciones como en el más global o contextual en el que sitúa el discurso (León y Escudero, 2010). Por lo tanto, el proceso inferencial debe ser abordado también desde un punto de vista pragmático, considerando la presencia de presuposiciones y sobreentendidos en cualquier acto de comunicación inserto en un contexto determinado (Calsamiglia y Tusón, 1999).

Específicamente en los textos explicativos, en particular en los textos científicos, el proceso inferencial se ve afectado por el menor grado de interacción entre los esquemas y conocimientos previos del lector y la nueva información entregada por el texto (Cromley et al., 2010). En un estudio sobre la generación de inferencias en la lectura de textos explicativos, Graesser, Singer y Trabasso (1994) sostienen que las operaciones inferenciales resultan ser más débiles debido a la ausencia de eventos descritos que dialoguen con las experiencias

inmediatas del lector.

Niveles de comprensión visual

Con el fin de abordar los niveles de comprensión para el lenguaje o modo visual, se hace necesario describir los modelos teóricos que explican la comprensión desde la teoría del aprendizaje multimedial. Si bien la multimodalidad y la multimedialidad no apuntan exactamente al mismo fenómeno, no se han encontrado modelos teóricos para explicar los niveles de comprensión lectora multimodal; por lo tanto, la propuesta de este proyecto se sustenta en teorías multimediales de procesamiento de la información, ya que comparten supuestos sobre la integración de información codificada a través de distintos modos y medios.

En primer lugar, la *teoría del código dual* propuesta por Paivio (en Gladic y Cautín-Epifani, 2015) sostiene que la información verbal y la información visual son procesadas y decodificadas en subsistemas cognitivos distintos. El primero de estos modelos corresponde a un subsistema de codificación verbal que captura y procesa la información lingüística y un subsistema de codificación no verbal que procesa y analiza la información no verbal o referente a eventos (Gladic y Cautín-Epifani, 2015). Siguiendo la teoría anterior, Mayer (2003) propone el *modelo de aprendizaje multimedia*, según el cual también existen dos sistemas cognitivos de información: un sistema verbal que procesa la información que ingresa en forma auditiva y un sistema visual que procesa la información verbal y no verbal a través de la visión.

Para el presente estudio, y con el fin de explicar los niveles de comprensión visual, nos basaremos en el modelo propuesto por Schnotz y Bannert (2003), que consiste en un sistema integrador de la comprensión de los modos verbales y los modos visuales (figura 1). En esta propuesta, los modos verbal y visual no se conciben como sistemas independientes, sino que constituyen, en conjunto, una representación integrada a partir de dos tipos de representación: “descriptiva” (*descriptive branch*), en el lado izquierdo del esquema, y “depictiva” (*depictive branch*), en el lado derecho del mismo:

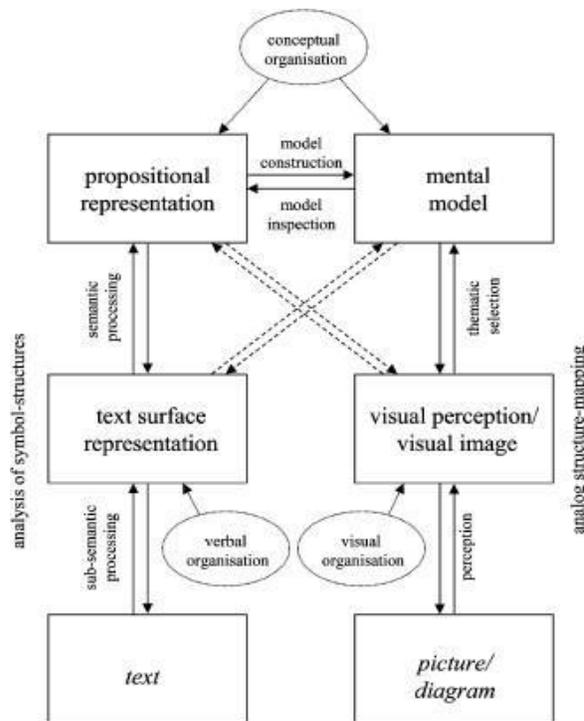


Figura 1. Modelo de Schnotz & Bannert (2003)

En la representación “descriptiva” (*descriptive branch*), el lector construye una representación proposicional (*propositional representation*) a partir del contenido semántico (*text surface representation*) del modo verbal (*text*). Este tipo de representación es simbólica, pues implica realizar construcciones a partir de una combinación de signos (*analysis of symbol-structures*) y también se requiere relacionar esta información con el contenido de lo descrito, mediante significados establecidos convencionalmente. Ejemplos de este tipo de representación son el lenguaje verbal (escrito u oral), las ecuaciones matemáticas y las expresiones lógicas.

Por otra parte, en la representación “depictiva” (*depictive branch*), de naturaleza icónica, se elabora un modelo mental (*mental model*) a partir de una percepción visual (*visual perception/visual image*) de la imagen (*picture/diagram*). Las representaciones depictivas se llevan a cabo mediante un proceso de mapeo (*analog structure-mapping*) donde se establecen relaciones entre los componentes de las ilustraciones o elementos gráficos, pero que no requieren un mayor nivel de decodificación como sí ocurre en la rama descriptiva. Ambas

ramas, descriptiva y depictiva, convergen en un esquema conceptual que integra la información de ambos modos semióticos (*conceptual organisation*).

Si bien la rama descriptiva se asocia al procesamiento del lenguaje verbal y la rama depictiva al procesamiento del lenguaje visual, esta relación se da solo a nivel externo: por un lado, los componentes del texto (*text*) se organizan semánticamente para construir la superficie textual (*text surface representation*) mediante un proceso sub-semántico (*sub-semantic processing*); por otro lado, los elementos de la imagen (*picture/diagram*) se organizan visualmente para elaborar una imagen visual (*visual perception/visual image*) mediante un proceso de percepción (*perception*). Sin embargo, a nivel interno, en la comprensión visual, por una parte, no basta la sola percepción, sino que también se requiere cierto nivel de decodificación para interpretarla, es decir, la información de representación proposicional de la rama descriptiva aporta a la construcción el modelo mental de la rama depictiva (*model construction*). De igual modo, a nivel interno, en la comprensión del lenguaje o modo verbal, el modelo mental de la rama depictiva puede proporcionar información a la representación proposicional de la rama descriptiva (*model inspection*).

Nivel literal de la comprensión visual. En el presente proyecto, el modelo propuesto por Schnotz y Bannert (2003) nos permite concebir los niveles de comprensión visual haciendo alusión al proceso descriptivo y depictivo, explicados anteriormente. No obstante, extenderemos los conceptos “literal” e “inferencial” relacionados a la comprensión verbal para referirnos a estos niveles: entenderemos como nivel “literal” del modo visual el proceso depictivo que se lleva a cabo solo hasta el nivel perceptual del modelo descrito (*visual perception/visual image*), es decir, aquellas percepciones inmediatas del objeto representado sin la intervención de relaciones a nivel simbólico entre sus elementos. Un ejemplo de ello es la comprensión de ilustraciones cuya estructura y características son análogas al objeto representado, pero solo a nivel perceptual, ya que no requiere un proceso de decodificación.

Por otra parte, concebiremos el nivel “inferencial” del modo visual el proceso que tiene lugar en el modelo mental (*mental model*), pues requiere no solo la percepción de la imagen, sino también la interacción con la representación proposicional de la rama descriptiva que otorga recursos semánticos; por lo tanto, se trata de un nivel mucho más abstracto de comprensión.

Nivel inferencial de la comprensión visual. El proceso inferencial en la comprensión de textos multimodales ha sido estudiado por Ainsworth (2006) y Cromley et al. (2010), quienes describen la elaboración de inferencias en textos multimodales como una estrategia de alto nivel cognitivo que se realiza, principalmente, en la interpretación de diagramas, donde se requiere establecer la relación implícita entre sus partes y también conectar con los significados del lenguaje verbal.

En un estudio sobre la función de las flechas dentro de un diagrama, Heiser y Tversky (2006) establecen dos niveles de organización para representar un sistema dado: un nivel estructural y un nivel funcional. El primero consiste en representar cómo los elementos o partes de un sistema están distribuidos u ordenados en el mundo representado; mientras que el segundo busca ilustrar las secuencias de acciones y eventos dinámicos mediante el uso de elementos geométricos para representar conexiones, secuencias, transformaciones, bifurcaciones, movimientos o fuerzas (Heiser y Tversky, 2006). Cualquiera sea el nivel de representación (estructural o funcional), lo cierto es que un diagrama, dada su naturaleza abstracta (Cromley et al, 2010), requiere de un fuerte componente inferencial para elaborar una representación del mundo, lo que implica interpretar aspectos como forma, posición, color, tamaño y distribución espacial de los elementos dentro de la imagen.

Los conceptos expuestos en este apartado permiten respaldar el dimensionamiento teórico para los niveles de comprensión de textos científicos multimodales. Para el lenguaje o modo verbal se establecen el nivel *literal* (Mullis y Martin, 2015) e *inferencial* (Grasser, Singer y Trabasso, 1994; León y Escudero, 2010); mientras que el modo visual se analizará desde un nivel depictivo y un nivel descriptivo (Schnotz y Bannert, 2003) para referir al nivel *literal e inferencial*, respectivamente. Para el modo verbal-visual se utilizará igualmente el nivel descriptivo del modelo de Schnotz y Bannert, 2003, incorporando los procesos inferenciales descritos por Ainsworth (2006), Cromley et al. (2010) y Heiser et al. (2006).

Objetivos, preguntas e hipótesis de investigación

En este proyecto de magister se busca contribuir teórica y metodológicamente en la validación psicométrica de los puntajes obtenidos de un instrumento que mide la comprensión lectora de estudiantes entre 4° y 6° básico en textos multimodales de ciencias. Para ello, se establecen los siguientes objetivos:

Objetivo general

1. Validar la interpretación de las puntuaciones del instrumento *Comprensión de textos científicos multimodales* en estudiantes chilenos de 4°, 5° y 6° básico para su uso en investigación, así como caracterizar los desempeños obtenidos por los estudiantes en la prueba con las puntuaciones validadas.

Objetivos específicos

1. Determinar la confiabilidad de las puntuaciones de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* en estudiantes de 4°, 5° y 6° básico.
2. Analizar los índices de dificultad y discriminación de los reactivos de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* en estudiantes de 4°, 5° y 6° básico.
3. Analizar las evidencias de validez asociada al constructo de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* en estudiantes de 4°, 5° y 6° básico mediante Análisis Factorial Confirmatorio.
4. Caracterizar los desempeños obtenidos por los estudiantes en la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* con las puntuaciones validadas en estudiantes de 4°, 5° y 6° básico según género y nivel educativo.

Preguntas de investigación

1. ¿Las puntuaciones obtenidas en el instrumento *Comprensión de textos científicos multimodales* son confiables para replicar su uso en posteriores investigaciones?
2. ¿Los ítems que componen el instrumento *Comprensión de textos científicos multimodales* poseen índices de dificultad aceptables para fines investigativos?
3. ¿Los ítems que componen el instrumento *Comprensión de textos científicos multimodales* poseen índices de discriminación adecuados para diferenciar entre estudiantes de alto y bajo desempeño en la medición del constructo?
4. ¿Los ítems que componen el instrumento *Comprensión de textos científicos multimodales* poseen distractores adecuados para desviar la atención de la respuesta correcta?
5. ¿Los resultados obtenidos en la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* permiten fundamentar la existencia de las dimensiones *literal verbal*, *literal visual*, *inferencial verbal*, *inferencial visual* e *inferencial verbal-visual*?
6. ¿Existen diferencias significativas en los resultados obtenidos para la variable *género* a partir de los puntajes validados de la prueba?
7. ¿Existen diferencias significativas en los resultados obtenidos para la variable *nivel educativo* a partir de los puntajes validados de la prueba?

Hipótesis de investigación

Las hipótesis están relacionadas con lo que se espera encontrar en los análisis de datos del pilotaje y en relación con las preguntas de investigación:

1. Las puntuaciones de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* son confiables para posteriores usos investigativos.
2. Los ítems que componen la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* poseen índices de dificultad que se encuentran dentro de parámetros aceptables para su uso en investigaciones.
3. Todos los ítems que componen la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* poseen índices de discriminación adecuados para diferenciar entre

estudiantes de alto y bajo desempeño del rasgo medido.

4. Todos los ítems que componen la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* poseen distractores adecuados para desviar la atención de la respuesta correcta.
5. Las puntuaciones de los estudiantes se agrupan en torno a cinco dimensiones: *literal verbal*, *literal visual*, *inferencial verbal*, *inferencial visual* e *inferencial visual-verbal*.
6. Las puntuaciones de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* reflejan que no existe una diferencia significativa para la variable *género*.
7. Las puntuaciones de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* reflejan que existe una diferencia significativa para la variable *nivel educativo*.

Metodología

La validación de la interpretación de las puntuaciones de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* es parte del proyecto Seed Funding UMD PUC 2018-2019, cuyos objetivos eran determinar cuánto varía el aprendizaje en ciencias de estudiantes entre 4° y 6° básico en tareas receptivas y productivas, determinando cómo los factores cognitivos y lingüísticos contribuyen en la comprensión lectora en ciencias más allá del conocimiento previo. El análisis de los datos se ha realizado en el contexto del proyecto FONDECYT REGULAR 1190990.

Participantes

En el estudio de validación de las puntuaciones del instrumento participaron 275 alumnos de 4°, 5° y 6° básico, provenientes de dos colegios particulares subvencionados de la Región Metropolitana: el primero está ubicado en la comuna de Puente Alto y corresponde al grupo socioeconómico (GSE) medio¹; mientras que el segundo se ubica en la comuna de Cerro Navia y corresponde a un GSE medio-bajo. Del total de estudiantes, un 45,5% está compuesto por hombres y un 55,5% por mujeres. En cuanto a los niveles de escolaridad, un 34,9% del total pertenece al nivel 4° año básico, un 33,8% al nivel 5° año básico y un 31,3% al nivel 6° básico (ver tabla 3).

Tabla 3
Descripción de la muestra

| | | Masculino | % | Femenino | % | Total | % |
|-------|----|-----------|------|----------|------|-------|------|
| Nivel | 4° | 40 | 32,0 | 56 | 37,3 | 96 | 34,9 |
| | 5° | 48 | 38,4 | 45 | 30,0 | 93 | 33,8 |
| | 6° | 37 | 29,6 | 49 | 32,7 | 86 | 31,3 |
| Total | | 125 | 45,5 | 150 | 54,5 | 275 | 100 |

Para este proyecto se cuenta con los asentimientos de los estudiantes y con los consentimientos de las personas responsables de su cuidado, así como con la aprobación del comité de ética de la universidad del marco del proyecto Seed Funding UMD PUC 21019.

Descripción del instrumento

La prueba de *Comprensión de textos científicos multimodales* es un instrumento de lápiz y papel de aplicación grupal. Posee un formato de selección única y está compuesto por dos textos multimodales de ciencias: “*Transferencia de energía entre seres vivos*” y “*Cambios de estado de la materia*” (ver anexos 1, 2 y 3). Para la aplicación de esta prueba se establecieron dos formas: una forma A que presenta en primer lugar el texto 1 y luego el texto 2, y una forma B que presenta en primer lugar el texto 2 y luego el texto 1. Se mantuvo el orden de los ítems para cada uno de los textos en las dos formas. El puntaje para esta evaluación se obtuvo asignando 1 punto a las respuestas contestadas correctamente y 0 puntos a las respuestas erróneas. En cuanto a las respuestas omitidas, estas no fueron contabilizadas en el cálculo de los puntajes, con el fin de obtener resultados más precisos sobre la variabilidad captada en las respuestas contestadas.

Proceso de diseño y validación del instrumento

La prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* corresponde en parte a la adaptación de una versión piloteada en el marco del proyecto VRI Interdisciplinario 17/2013, cuyo objetivo era determinar la efectividad de pruebas de alta facilitación multimodal en comparación con las de baja facilitación. La figura 2 resume las etapas en que se llevó a cabo en este nuevo proyecto para la adaptación y validación del instrumento:

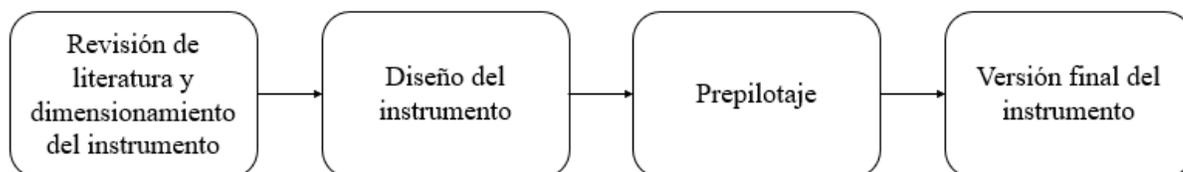


Figura 2. Proceso de diseño y validación del instrumento Comprensión lectora de textos científicos

Revisión de literatura y dimensionamiento de la prueba

A partir de la literatura revisada, los ítems de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* fueron clasificados según dos criterios: (1) nivel de comprensión lectora, vale decir, el tipo de resultado de la comprensión a partir de un proceso literal o inferencial; (2) modo semiótico o lenguaje, determinando si el significado se construye a partir del lenguaje verbal, visual o la interacción entre verbal-visual. A partir de lo anterior se establecieron cinco dimensiones (tabla 4): *literal verbal, literal visual, inferencial verbal, inferencial visual, inferencial verbal-visual*.

Tabla 4

Dimensionamiento de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales

| Modo semiótico | Nivel de comprensión | Ejemplos de ítems |
|---|--|---|
| Verbal Las respuestas se obtienen solo a partir del modo verbal, aun si acompaña al modo verbal (Unsworth, Cope & Nicholls, 2019) | Literál: requiere localizar información explícita para responder a una determinada tarea o pregunta (Mullis & Martin, 2015). | T101: <i>¿Qué organismos obtienen directamente la energía del Sol para producir nutrientes?</i> T204: <i>¿En qué estado la materia tiene una forma y volumen constantes?</i> |
| | Inferencial: se construye el significado a partir de la interacción entre los conocimientos previos y los datos proporcionados por el texto (Graesser, Singer & Trabasso, 1994; León, 2010). | T111: <i>¿Por qué la cadena alimentaria permite dar cuenta de las relaciones entre los seres vivos?</i> T207: <i>¿Qué ocurre si un objeto A con mayor temperatura entra en contacto con un cuerpo B a menor temperatura?</i> |
| Visual La respuesta al ítem se obtiene desde las imágenes del texto (Unsworth, Cope & Nicholls, 2019). | Literál: involucra una percepción inmediata del objeto representado sin la intervención de relaciones semánticas o simbólicas entre sus elementos (Schnotz & Bannert, 2003). | T105: <i>¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario?</i> T210: <i>En las imágenes del texto, ¿de dónde obtiene calor el agua que está hirviendo?</i> |
| | Inferencial: requiere la percepción de la imagen y también la interacción de sus elementos a nivel simbólico para construir significados más abstractos (Schnotz & Bannert, 2003). | T102: <i>¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario?</i> T208: <i>¿Qué ocurre en el proceso llamado fusión?</i> |
| Verbal-visual Un modo semiótico contribuye a la comprensión del otro (Unsworth, Cope & Nicholls, 2019). | Inferencial: el lector construye significado a partir de la relación entre ambos modos. Esta relación puede ser <i>concurrente</i> o <i>constructiva</i> (Daly & Unsworth, 2011; Ainsworth, 2006), <i>complementaria</i> (Daly & Unsworth, 2011; Ainsworth, 2006) o <i>restrictiva</i> (Ainsworth, 2006). | T108: <i>¿Cuál es la primera fuente de energía en una cadena alimentaria?</i> T211: <i>En la figura de la página 2, ¿qué representan las flechas azules?</i> |

Para distinguir los ítems que evalúan los niveles de comprensión literal e inferencial en el lenguaje verbal, se analizó si el reactivo solicitaba recuperar información directa de las secuencias verbales, o bien si exigía establecer una relación implícita entre los elementos verbales del texto. Por ejemplo, en el ítem T101 (*¿Qué organismos obtienen directamente la energía del Sol para producir nutrientes?*) la respuesta correcta (*plantas*) puede ser localizada desde el fragmento verbal “*las plantas utilizan la energía del Sol para fabricar su propio alimento*”; por lo tanto, el reactivo se codificó como “literal-verbal”. Para responder el ítem T206 (*¿Por qué se derrite un hielo en un vaso de agua?*), la respuesta correcta (*porque el hielo absorbe calor del agua*) se puede deducir relacionando la explicación verbal “*toda la materia que encontramos en la naturaleza puede sufrir cambios en su estado debido a la absorción de calor*” y el ejemplo dado en el mismo texto “*el hielo, que es agua sólida, recibe el calor de la mano y cambia a estado líquido*”; por esta razón, el ítem se clasificó en la categoría “inferencial-verbal”.

Para clasificar los ítems según el nivel (literal o inferencial) a partir del modo visual, el reactivo se consideró “literal-visual” si la imagen consultada ilustra directamente el concepto o idea a nivel perceptual, sin necesidad de establecer relaciones abstractas. Por ejemplo, en el ítem T210 (*En las imágenes del texto, ¿de dónde obtiene calor el agua que está hirviendo?*) la respuesta correcta (*del quemador de una cocina*) se obtiene observando la imagen que ilustra directamente una tetera sobre un quemador de cocina. Por otra parte, los reactivos de la dimensión “inferencial-visual” corresponden a aquellos que solicitan establecer una relación implícita entre elementos visuales (diagramas, flechas, imágenes, ilustraciones) y una idea más abstracta que no se ilustra directamente en la imagen. Por ejemplo, en el ítem T102 (*¿Cuál de los siguientes organismos puede ser un consumidor primario?*) se puede acceder a la respuesta correcta (*herbívoros*) observando la fotografía de una cebra consumiendo césped y, a partir de ahí, inferir la relación entre la imagen del césped y el concepto “*herbívoro*”.

También se agregó la dimensión “inferencial verbal-visual” para clasificar aquellos ítems en los que se establece una relación implícita entre elementos visuales y secuencias verbales, con el fin de construir un nuevo significado. Este proceso se presenta, por ejemplo, en el ítem T108 (*¿Cuál es la primera fuente de energía en una cadena alimentaria?*), cuya respuesta (*el Sol*) puede provenir del diagrama que presenta la cadena alimentaria, donde aparece la imagen del Sol y palabras como “energía” presentes dentro de las flechas.

Diseño del instrumento

El instrumento se construyó a partir de una versión piloteada en el marco del proyecto VRI Interdisciplinario 17/2013, cuyo objetivo era determinar la efectividad de pruebas de alta facilitación multimodal en comparación con las de baja facilitación. En el marco de dicho proyecto, el contenido de la prueba fue validado por dos lingüistas y tres expertos en Ciencias. La confiabilidad de las puntuaciones del instrumento fue aceptable para el carácter exploratorio del estudio que se realizó: la prueba *baja facilitación multimodal* obtuvo un alpha de Cronbach de .60 y la prueba *de alta facilitación multimodal* obtuvo un alpha de Cronbach de .66 (Meneses et al., 2018). Para construir la prueba del presente proyecto, fueron considerados los textos de *alta facilitación multimodal* de la prueba anterior. Se revisaron los contenidos de los textos, tanto el lenguaje verbal como el visual, y se incluyeron, así como se clasificaron, los ítems para medir explícitamente el lenguaje verbal, visual y verbal-visual. Además, se construyeron nuevos reactivos para medir la comprensión literal e inferencial. En la elaboración y adaptación de reactivos se procuró resguardar los criterios de calidad, teniendo presente la concordancia gramatical, la calidad de las preguntas, del estímulo, de las alternativas y las imágenes utilizadas (Förster, Núñez y Zepeda, 2017). Esta versión preliminar del instrumento estuvo constituida por 20 ítems por texto, dando un total de 40 ítems y un puntaje total de 40 puntos. La tabla 5 da cuenta de la distribución de los ítems para esta versión preliminar de la prueba, considerando las dimensiones a las que cada reactivo pertenece.

Tabla 5
Distribución de los ítems en la versión preliminar de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales

| Dimensión | Texto 1 | | Texto 2 | | Total | |
|---------------------------|-----------|----|-----------|----|-----------|------------|
| | Nº | % | Nº | % | Nº | % |
| Literal verbal | 5 | 25 | 3 | 15 | 8 | 20,0 |
| Literal visual | 3 | 15 | 4 | 20 | 7 | 17,5 |
| Inferencial verbal | 3 | 15 | 5 | 25 | 8 | 20,0 |
| Inferencial visual | 3 | 15 | 4 | 20 | 7 | 17,5 |
| Inferencial verbal-visual | 6 | 30 | 4 | 20 | 10 | 25,0 |
| Total | 20 | | 20 | | 40 | 100 |

Prepilotaje

Para el prepilotaje, la prueba se aplicó a una muestra de 40 estudiantes de un colegio de GSE medio de la Región Metropolitana. La confiabilidad de las puntuaciones del instrumento arrojó un alpha de Cronbach de .751 para el texto 1 (*Transferencia de energía entre seres vivos*) y de .775 para el texto 2 (*Cambios de estado en la materia*), siendo ambos valores “aceptables” según los parámetros propuestos en Hogan (2015), considerando que la interpretación de estos puntajes no tiene consecuencias irreversibles para los individuos y que los ítems del instrumento aún están sujetos a mejoras.

Asimismo, se calculó el índice de dificultad (I. Dif.) y de discriminación (I. Dis.) de los ítems a partir de los parámetros establecidos por Hogan (2015) y Muñiz (2005). Para el índice de dificultad (anexo 4) se obtuvo que un 2,6% de los ítems resultaron “muy fáciles” (I. Dif. < 0.75), un 2,6% “fáciles” ($0.55 < \text{I. Dif.} < 0.75$), un 26,3% “normales” ($0.45 < \text{I. Dif.} < 0.55$), un 26,3% “difíciles” ($0.25 < \text{I. Dif.} < 0.45$) y un 42,1% “muy difíciles” (I. Dif. < 0.25). No obstante, se decidió no eliminar reactivos a partir de este análisis, sino más bien modificar la redacción y aspectos formales de los reactivos que resultaron ser muy difíciles de responder.

En cuanto a los índices de discriminación (anexo 5), y siguiendo la clasificación de Hogan (2015), se observó que 10 ítems discriminaron “muy bien” (I. Dis. > .50), 17 ítems discriminaron “bien” ($.30 < \text{I. Dis.} < .50$), 8 ítems “no discriminaron bien” ($.00 < \text{I. Dis.} < .30$) y que 5 ítems “no discriminaron” (I. Dis. < .00). Para la versión final de la prueba, se decidió eliminar los cinco reactivos de índice negativo (tres ítems del texto 1 y dos ítems del texto 2) y también cinco reactivos de índice < .30 (dos ítems del texto 1 y tres ítems del texto 2), pues se concluyó que estos no eran aptos para diferenciar entre estudiantes de alto y bajo desempeño en los resultados de la prueba completa.

En el análisis de distractores (anexo 6), García et al. (2015) señalan que un buen distractor es aquel que desvía la atención de la respuesta al presentarse como una posible alternativa si no se conoce cuál es la respuesta correcta. Para lo anterior, el distractor debe ser seleccionado por al menos por el 5% de los individuos. En la prueba aplicada en el prepilotaje, 12 reactivos presentaron distractores cuyos porcentajes de respuesta no superaron el 5% recomendado. A partir de lo anterior, se decidió realizar modificaciones en la redacción y planteamiento de los distractores que resultaron ser muy fáciles de descartar y también aquellos que podían provocar confusión y ambigüedad con respecto a la alternativa correcta.

Versión final del instrumento para su validación

A partir de los resultados del prepiloteo, la versión final de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* (tabla 6) quedó compuesta de 30 ítems de selección única (ver anexo 3). De la totalidad de reactivos, 15 preguntas corresponden a la evaluación del texto 1 (“Transferencia de energía entre seres vivos”) y 15 preguntas corresponden al texto 2 (“Cambios de estado de la materia”).

Tabla 6

Distribución de los ítems en la versión final de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales

| Dimensión | Ítems | Nº |
|---|--|----|
| Literal verbal | T101 ¿Qué organismos obtienen directamente la energía del Sol para producir nutrientes? | 7 |
| | T103 ¿Como obtienen la energía los animales si no pueden captarla directamente desde el Sol? | |
| | T106 ¿Por qué los animales son llamados consumidores? | |
| | T107 Según el texto ¿qué representa la cadena alimentaria? | |
| | T201 ¿Cuándo la materia absorbe calor? | |
| | T203 ¿Por qué se derrite el hielo? | |
| Literal visual | T204 ¿En qué estado la materia tiene una forma y volumen constantes? | 6 |
| | T105 ¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario? | |
| | T109 ¿Qué organismo obtiene su energía directamente del Sol? | |
| | T115 ¿De dónde proviene la energía que necesitan los descomponedores? | |
| | T202 ¿Qué es la fusión? | |
| | T210 En las imágenes del texto, ¿de dónde obtiene calor el agua que está hirviendo? | |
| Inferencial verbal | T213 ¿Qué es la vaporización? | 4 |
| | T111 ¿Por qué la cadena alimentaria permite dar cuenta de las relaciones entre los seres vivos? | |
| | T113 ¿Cómo se relaciona el concepto de interdependencia con el de transferencia de energía? | |
| | T206 ¿Por qué se derrite un hielo en un vaso de agua? | |
| Inferencial visual | T207 ¿Qué ocurre si un objeto A con mayor temperatura entra en contacto con un cuerpo B a menor temperatura? | 4 |
| | T102 ¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario? | |
| | T112 ¿En cuál de las siguientes tramas alimentarias los descomponedores están ubicados correctamente? | |
| | T208 ¿Qué ocurre en el proceso llamado fusión? | |
| Inferencial verbal visual | T215 ¿Cuál de estos procesos es verdadero? | 9 |
| | T104 ¿De dónde obtiene su energía un consumidor secundario? | |
| | T108 ¿Cuál es la primera fuente de energía en una cadena alimentaria? | |
| | T110 ¿Qué tipo de organismo será un animal que se come a otro animal? | |
| | T114 Si desaparecen los productores en un ecosistema, ¿cómo afectaría a la trama alimentaria? | |
| | T205 Cuando el agua hierve en una tetera, ¿qué le está sucediendo al agua? | |
| | T209 ¿Por qué en el texto aparece una imagen de una mano? | |
| | T211 En la figura de la página 2, ¿qué representan las flechas azules? | |
| T212 ¿Por qué el vapor que sale de la tetera se dibuja como una nube? | | |
| T214 ¿Qué ocurre en el proceso llamado vaporización? | | |
| Total | | 30 |

Plan de análisis estadístico y psicométrico

Para alcanzar el objetivo general del proyecto (*Validar la interpretación de las puntuaciones del instrumento Comprensión de textos científicos multimodales en estudiantes chilenos de 4°, 5° y 6° básico para su uso en investigación, así como caracterizar los desempeños obtenidos por los estudiantes en la prueba con las puntuaciones validadas*) se realizaron los siguientes análisis en coherencia con los objetivos específicos (OE) planteados:

OE 1. Determinar la confiabilidad de las puntuaciones de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales en estudiantes de 4°, 5° y 6° básico*. Para determinar la confiabilidad de las puntuaciones del instrumento, es decir, la relación de varianzas del puntaje verdadero respecto de la varianzas del puntaje observado (AERA, APA y NCME, 2018), se calculó la consistencia interna de las puntuaciones mediante el alpha de Cronbach, que permite evaluar el grado en que están relacionados recíprocamente los reactivos o ítems del instrumento (Brown, 1980, en Quero, 2010). Para llevar a cabo este análisis se utilizó el programa *SPSS Statistics Version 25*. Se calculó la consistencia interna a partir de las formas por separado: la forma A, donde se presenta en primer lugar el texto 1 (transferencia) y luego el texto 2 (cambios); y la forma B, donde se presenta en primer lugar el texto 2 (cambios) y luego el texto 1 (transferencia). Lo anterior nos permitirá dilucidar si el orden en que se presentan los textos tiene incidencia en la confiabilidad de los puntajes obtenidos por los estudiantes. Adicionalmente, se calculó la confiabilidad de las puntuaciones en ambas formas según la eliminación de ciertos ítems, con el fin de establecer qué reactivos aportan menos a la consistencia interna para eventuales modificaciones del instrumento.

Para la interpretación de estos resultados, se toma como referencia teórica los criterios propuestos en Hogan (2015), donde un coeficiente de confiabilidad mayor a .90 se considera “excelente”; un coeficiente entre .80 y .89 se condiera “bueno” y un coeficiente entre .70 y .79 es “adecuado”. Por otra parte, si el coeficiente se sitúa entre .60 a .69 deberá limitarse su uso, por ejemplo, solo a la investigación (Hogan 2015), mientras que si está por debajo de .60, se debe cuestionar la confiabilidad de las puntuaciones del instrumento.

OE 2. Analizar los índices de dificultad y discriminación de los reactivos de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales en estudiantes de 4°, 5° y 6° básico*. Se entiende por índice de dificultad de un ítem la proporción de individuos que responden correctamente un reactivo de la prueba, definición que implica una relación inversa, pues a mayor dificultad del ítem, menor será su índice (Backhoff et al., 2000). Para analizar los índices de dificultad se utilizaron los parámetros propuestos por Muñiz (2005, en García, González y Ballesteros, 2015) quien propone distintos rangos de dificultad y los porcentajes que cada uno de estos debiese presentar en el instrumento.

En cuanto al índice de discriminación, este permite concluir si un reactivo tiene la capacidad de diferenciar entre quienes tienen más o menos del rasgo medido, mediante el cálculo de la correlación entre el desempeño obtenido en el reactivo y la puntuación total de la prueba. Para Hogan (2015), un índice de discriminación es apropiado cuando sus valores se sitúan entre .30 y .50, mientras que los índices cercanos a cero no contribuyen a la medición del rasgo. En cuanto a los índices con valor negativo, estos deben ser evitados, puesto que indicaría que los individuos con menor desempeño en la prueba tienen mayor dominio para responder el ítem que aquellos individuos con mayor desempeño, lo que contradice el sentido del índice (Hurtado, 2018).

Además, se realizó un análisis de distractores para evaluar si estos desvían adecuadamente la atención de la respuesta correcta en el caso que esta sea desconocida por el estudiante (García, González y Ballesteros, 2015). Para todos estos análisis (dificultad, discriminación y análisis de distractores) se utilizó el programa *Jmetric Version 4.1.1*.

OE 3. Analizar las evidencias de validez asociadas al constructo de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales en estudiantes de 4°, 5° y 6° básico* mediante Análisis Factorial Confirmatorio. Para este análisis se efectuó un Análisis Factorial Confirmatorio (AFC), por medio del programa R Studio Version 3.6.3. La razón por la que se utilizó este tipo de análisis (y no el exploratorio) es porque se pretende comparar las matrices de covarianza de modelos teóricos establecidos (a partir de la literatura revisada) con las matrices de covarianza de los datos empíricos (Everitt y Hothorn, 2011). De esta manera, se pretende corroborar si las variables latentes propuestas en el dimensionamiento

teórico explican la varianza de las puntuaciones reales de los ítems.

La hipótesis 5 de este proyecto (*Las puntuaciones de los estudiantes se agrupan en torno a cinco dimensiones: literal verbal, literal visual, inferencial verbal, inferencial visual e inferencial visual-verbal*) se plantea a partir de la revisión teórica sobre textos multimodales. Para corroborar esta hipótesis, se establece que el constructo de la prueba posee cinco factores asociadas al nivel de comprensión y al modo semiótico. Para confirmar lo anterior, se proponen cuatro modelos: el modelo 1 (unidimensional), que plantea la existencia de un solo factor (*comprensión de textos científicos*); el modelo 2 (multidimensional) que responde a la hipótesis planteada en este proyecto y que aborda cinco factores asociados al nivel de comprensión y al modo semiótico; el modelo 3 (bidimensional), que establece dos factores correspondientes a los niveles de comprensión; y el modelo 4 (tridimensional) que plantea la existencia de tres factores asociados a los modos semióticos. La tabla 7 entrega especificaciones acerca de los modelos propuestos y la hipótesis subyacente a cada uno de ellos:

Tabla 7
Descripción de modelos para el Análisis Factorial Confirmatorio de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales

| | Modelo | Factores | Hipótesis |
|---|-------------------------------------|--|---|
| 1 | Comprensión de textos científicos | Comprensión de textos científicos | La varianza de todos los ítems se explica por una estructura unidimensional que involucra simultáneamente los niveles literal e inferencial y modos verbal, visual y verbal-visual. |
| 2 | Nivel – Lenguajes o modos semiótico | Literal Verbal Literal Visual Inferencial Verbal Inferencial Visual Inferencial Verbal -Visual | La varianza de los ítems se debe a la existencia de cinco factores asociados al proceso de comprensión lectora (literal o inferencial) junto al lenguaje o modo semiótico (verbal, visual o verbal-visual). |
| 3 | Nivel | Literal Inferencial | Los puntajes obtenidos en las variables observadas responden solo al proceso de comprensión lectora (literal o inferencial). |
| 4 | Lenguajes o modos semiótico | Verbal Visual Verbal- visual | Se afirma que la varianza de las puntuaciones de los ítems se explica solo por el lenguaje o modo semiótico (verbal, visual o verbal- visual). |

Para este estudio, se asume que en los modelos 2, 3 y 4 todos los factores están correlacionados entre sí, pues se pretende confirmar las dimensiones del constructo a partir de la literatura revisada sobre los textos multimodales, en los que distintos modos semióticos se comunican e interactúan entre sí en la producción de sentido (Kress et al., 2001).

Para evaluar qué modelo es el más adecuado para representar los datos obtenidos, se calculó el valor del Chi-cuadrado (χ^2), que mide la diferencia entre las matrices de covarianza de los datos de la muestra y las matrices de los modelos propuestos (Hooper, Coughlan y Mullen, 2008). También se estimó el RMSEA (*Root Mean Square Error of Approximation*), que hace referencia a la cantidad de varianza, por grado de libertad, no explicada por el modelo (Herrero, 2010).

Algunos autores (Brown, 2015; Hooper et al. 2008) sostienen que el χ^2 implica ciertas restricciones y exigencias, como es su sensibilidad al tamaño de la muestra y la suposición de que $S = \Sigma$, es decir, que la matriz de varianza-covarianza de los datos observados (S) es igual a la matriz de varianza-covarianza propuesta por el modelo (Σ). Para minimizar el impacto que tiene el tamaño de la muestra sobre el Chi cuadrado, se calculó el estadístico *Relative/ Normed Chi-Square* (χ^2/df), cuyo valor se considera óptimo cuando el valor es igual o inferior a .20 (Schreiber et al., 2006). En relación con el RMSEA, se tomó como referencia un valor $\leq .05$, que indica un buen ajuste si el intervalo de confianza al 90% se sitúa entre 0 y .05 (Herrero, 2010).

Complementando los índices anteriores, se estimó el CFI (*Comparative Fit Index*) para comparar el valor del χ^2 del modelo propuesto con el de un modelo independiente (*Baseline model*), cuya hipótesis es que no existe relación entre las variables del modelo. Se considera que este valor debe ser superior a .95 para concluir que el modelo explica adecuadamente los datos (Herrero, 2010). Posteriormente, se estudió la saturación de los ítems en los factores de los modelos seleccionados, tomando como referencia un valor superior a .03 (Brown, 2015), para analizar por qué los ítems cargan con más fuerza en determinado factor por sobre otro. Lo anterior se realizó con el fin de seleccionar con mayor precisión el o los modelos más adecuados para describir el dimensionamiento de la prueba.

OE 4. Caracterizar los desempeños obtenidos por los estudiantes en la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales con sus puntuaciones validadas en estudiantes de 4º, 5º y 6º básico para las variables género y nivel.* Una vez realizados los análisis de confiabilidad, de los ítems y de la validez asociada al constructo, se realizaron las modificaciones pertinentes para la obtener el instrumento validado. Para abordar este objetivo, se utilizaron los estadísticos descriptivos mediante el programa *SPSS Statistics Version 25*. Con el fin de determinar si existe una diferencia significativa en los puntajes para las variables *género* y *nivel educativo*, se aplicó la *prueba t* para comparación de medias. También se calculó la *prueba post-hoc de Bonferroni* para evaluar la variabilidad que captan las puntuaciones de la prueba, estimando si las diferencias entre los promedios son significativas para las variables *género* y *nivel educativo*.

Análisis de resultados

A continuación, se expone el análisis de los resultados siguiendo el orden de los objetivos propuestos en este proyecto:

Confiabilidad de la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales”

En relación con el objetivo específico 1 (*Determinar la confiabilidad de las puntuaciones de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales en estudiantes de 4º, 5º y 6º básico*) se calcularon los índices de confiabilidad obtenidos en cada forma por separado, con el fin de estimar si el orden de los textos tiene incidencia en la confiabilidad de las puntuaciones del instrumento en sus dos formas. Los resultados arrojados se ilustran en la tabla 8:

Tabla 8
Índice de confiabilidad para el instrumento Comprensión de textos científicos multimodales

| Escala | Nº ítems | Alfa de Cronbach |
|---------|----------|------------------|
| Forma A | 30 | .89 |
| Forma B | 30 | .88 |

Nota: Hogan (2015) propone los siguientes criterios: $\alpha > .90$ es “excelente”, $.08 < \alpha > .89$ es “bueno”, $.70 < \alpha > .79$ es “adecuado”, $.60 < \alpha > .69$ es “cuestionable”.

Por un lado, el análisis de consistencia interna para la forma A arrojó un $\alpha = .89$; mientras que para la forma B se obtuvo un $\alpha = .88$. De acuerdo con los parámetros de Hogan (2015), en ambos casos estos valores son “buenos” para los usos investigativos que se pretende dar al instrumento. Se infiere, además, que el orden en que se presentan los textos no parece afectar la confiabilidad de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes, lo que permite asegurar que ambas formas son aptas para ser replicadas en evaluaciones que midan la comprensión de textos científicos multimodales. Con el fin de estimar en qué grado cada ítem contribuye a la confiabilidad de las puntuaciones del instrumento, la tabla 9 ilustra los índices de confiabilidad obtenidos en ambas formas si se elimina un determinado reactivo.

Tabla 9
Coeficiente de Cronbach al eliminar un ítem

| Texto/ ítem | Enunciado | Alfa de Cronbach si se elimina el ítem | |
|----------------|--|---|---------|
| | | Forma A | Forma B |
| T1 01 | <i>¿Qué organismos obtienen directamente la energía del Sol para producir nutrientes?</i> | .886 | .879 |
| T1 02 | <i>¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario?</i> | .884 | .878 |
| T1 03 | <i>¿Cómo obtienen la energía los animales si no pueden captarla directamente desde el Sol?</i> | .891 | .875 |
| T1 04 | <i>¿De dónde obtiene su energía un consumidor secundario?</i> | .884 | .880 |
| T1 05 | <i>¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario?</i> | .885 | .879 |
| T1 06 | <i>¿Por qué los animales son llamados consumidores?</i> | .885 | .881 |
| T1 07 | <i>Según el texto ¿qué representa la cadena alimentaria?</i> | .892 | .880 |
| T1 08 | <i>¿Cuál es la primera fuente de energía en una cadena alimentaria?</i> | .890 | .879 |
| T1 09 | <i>¿Qué organismo obtiene su energía directamente del Sol?</i> | .885 | .878 |
| T1 10 | <i>¿Qué tipo de organismo será un animal que se come a otro animal?</i> | .882 | .876 |
| T1 11 | <i>¿Por qué la cadena alimentaria permite dar cuenta de las relaciones entre los seres vivos?</i> | .887 | .877 |
| T1 12 | <i>¿En cuál de las siguientes tramas alimentarias los descomponedores están ubicados correctamente?</i> | .884 | .881 |
| T1 13 | <i>¿Cómo se relaciona el concepto de interdependencia con el de transferencia de energía?</i> | .896 | .876 |
| T1 14 | <i>Si desaparecen los productores en un ecosistema, ¿cómo afectaría a la trama alimentaria?</i> | .888 | .874 |
| T1 15 | <i>¿De dónde proviene la energía que necesitan los descomponedores?</i> | .891 | .880 |
| T2 01 | <i>¿Cuándo la materia absorbe calor?</i> | .888 | .880 |
| T2 02 | <i>¿Qué es la fusión?</i> | .886 | .876 |
| T2 03 | <i>¿Por qué se derrite el hielo?</i> | .883 | .883 |
| T2 04 | <i>¿En qué estado la materia tiene una forma y volumen constantes?</i> | .887 | .876 |
| T2 05 | <i>Cuando el agua hierve en una tetera, ¿qué le está sucediendo al agua?</i> | .883 | .875 |
| T2 06 | <i>¿Por qué se derrite un hielo en un vaso de agua?</i> | .890 | .878 |
| T2 07 | <i>¿Qué ocurre si un objeto A con mayor temperatura entra en contacto con un cuerpo B a menor temperatura?</i> | .890 | .880 |
| T2 08 | <i>¿Qué ocurre en el proceso llamado fusión?</i> | .884 | .881 |
| T2 09 | <i>¿Por qué en el texto aparece una imagen de una mano?</i> | .885 | .877 |
| T2 10 | <i>En las imágenes del texto, ¿de dónde obtiene calor el agua que está hirviendo?</i> | .884 | .877 |
| T2 11 | <i>En la figura de la página 2, ¿qué representan las flechas azules?</i> | .883 | .880 |
| T2 12 | <i>¿Por qué el vapor que sale de la tetera se dibuja como una nube?</i> | .888 | .879 |
| T2 13 | <i>¿Qué es la vaporización?</i> | .885 | .883 |
| T2 14 | <i>¿Qué ocurre en el proceso llamado vaporización?</i> | .885 | .877 |
| T2 15 | <i>¿Cuál de estos procesos es verdadero?</i> | .890 | .877 |

Según se expone en la tabla 9, se observa que la confiabilidad de las puntuaciones en la forma A ($\alpha = ,89$) aumenta si se eliminan los ítems 3, 7, 13 y 15 del texto 1. Por otra parte, las puntuaciones de la prueba en la forma B ($\alpha = ,88$) presentan mayor índice de confiabilidad si se eliminan los ítems 3 y 13 del texto 2.

Hasta este punto, las diferencias percibidas al eliminar los reactivos señalados no implican su eliminación inmediata de la prueba, puesto que no alteran de manera drástica el índice de confiabilidad original. Sin embargo, se sugiere retener como antecedente el resultado obtenido en el ítem 13 del texto 1 (*¿Cómo se relaciona el concepto de interdependencia con el de transferencia de energía?*), pues es el reactivo que menos aporta a la confiabilidad de las puntuaciones de la prueba en la forma A (su eliminación implica un aumento de un $\alpha = ,890$ a un $\alpha = ,896$.)

En síntesis, se confirma la hipótesis 1 de este proyecto, es decir, que las puntuaciones de la prueba *Comprensión de textos científicos multimodales* son confiables para posteriores usos investigativos; puesto que en ambas formas las puntuaciones presentan coeficientes de confiabilidad adecuados para los usos investigativos del instrumento.

Propiedades psicométricas de la prueba “Comprensión lectora de textos científicos multimodales”

Para alcanzar al objetivo específico 2 (*Analizar los índices de dificultad y discriminación de los reactivos de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales en estudiantes de 4º, 5º y 6º básico*) se calculó el índice de dificultad de los reactivos (I.Dif.) para estimar el porcentaje de respuestas correctas. También se estimó el índice de discriminación (I.Dis.), que permite establecer si el ítem tiene la facultad de distinguir entre los individuos que poseen un alto grado del constructo de aquellos que no lo tienen. Además, se realizó un análisis de distractores para identificar las alternativas que son fácilmente descartables y que, por ende, facilitan el proceso de respuesta.

Dificultad de los ítems

En cuanto a los parámetros esperados para estos índices, Muñiz (2005, en García, González y Ballesteros, 2015) propone una clasificación que agrupa cinco rangos (*muy difíciles, difíciles, normales, fáciles y muy fáciles*) y sugiere el porcentaje que debiese estar presente para cada una de estas categorías. De acuerdo con lo anterior, la tabla 10 muestra la distribución de los reactivos de la prueba *Comprensión lectora de textos científicos multimodales* en cada uno de los rangos señalados.

Tabla 10

Rango de dificultad de los ítems en la prueba Comprensión lectora de textos científicos multimodales

| Rango dificultad | Categoría | Texto 1 | Texto 2 | Total | % | % sugerido |
|-------------------------|------------------|--|---|--------------|----------|-------------------|
| I.Dif. < 0.25 | Muy difícil | 11 –14 | 01 – 09 | 4 | 13.3 | 10 |
| 0.25 < I.Dif. < 0.45 | Difíciles | 02 – 03 – 04 – 05 – 08 – 09 –10 –12 – 15 | 02 – 03 – 04 – 05 – 06 – 08 –10 – 11 – 12 –15 | 19 | 63.3 | 20 |
| 0.45 < I.Dif. <0.55 | Normales | 06 | 14 –13 | 3 | 10 | 40 |
| 0.55 < I.Dif. <0.75 | Fáciles | 01 – 07 – 13 | 07 | 4 | 13.3 | 20 |
| I.Dif. > 0.75 | Muy fáciles | | | 0 | 0 | 10 |

Nota. Adaptado de García, J.; González, M.A. & Ballesteros, B. (2015)

Como se puede apreciar, la cantidad de ítems considerados *difíciles* es tres veces mayor que lo recomendado, mientras que el porcentaje de ítems *normales* es una cuarta parte de lo propuesto en García et al. (2015). A continuación, se analizará un grupo de ítems considerados *difíciles*, en los cuales sus porcentajes de aciertos son inferiores a los porcentajes de la selección de sus distractores. Esto último para determinar si este alto nivel de dificultad contribuye a la medición del constructo (comprensión de procesos científicos) o si responde a un problema en la elaboración del ítem que pudiese alterar el proceso de respuesta.

Para el texto 1 (ver anexo 7), en el ítem 2 (*¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario?*) un 39% de los estudiantes contestó la opción correcta “C) *Herbívoros*” frente a un 42% que optó por el distractor “D) *Bacterias*”. Es probable que haya incidido una noción errónea del concepto “*primario*”, asociado más bien al tamaño pequeño

de los organismos como las bacterias. Este posible error en la concepción del término se repite en el ítem 5 (*¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario?*) donde un 45% optó por el distractor “B) Bacterias” y solo un 39% de los estudiantes respondió correctamente “C) Cebra”; y también en el ítem 8 (*¿Cuál es la primera fuente de energía en una cadena alimentaria?*), donde un 30% contestó correctamente “C) El Sol” y un 38% seleccionó el distractor “A) Las bacterias”. Es posible que estas respuestas se deban a conocimientos previos erróneos sobre el tema y no necesariamente a un bajo nivel en la comprensión lectora de los textos.

En el ítem 3 (*¿Cómo obtienen la energía los animales si no pueden captarla directamente del Sol?*) un 35% contestó correctamente “A) Todos los animales obtienen la energía a través de los procesos nutricionales” y un 46% optó por el distractor “C) Todos los animales obtienen la energía alimentándose de otros animales”. Por un lado, es posible que exista una deficiente comprensión de conceptos abstractos como “procesos nutricionales”, lo que lo convierte en un buen reactivo para abordar la capacidad de abstracción y comprensión del léxico en textos científicos (Graesser et al. , 2003). Por otra parte, resulta interesante el alto porcentaje de respuesta en la alternativa “C) Todos los animales obtienen la energía alimentándose de otros animales”, lo que induce a pensar que algunas imágenes tuvieron una incidencia negativa en la comprensión del texto. Por ejemplo, en la primera página del texto 1 (anexo 7), aparece la imagen de una leona consumiendo carne, y al lado, aparece una cebra que aparentemente está consumiendo pasto, pero este elemento (el pasto) es parte del paisaje, y su rol de “alimento” no es tan evidente como la imagen de la carne.

En el ítem 11 (*¿Por qué la cadena alimentaria permite dar cuenta de las relaciones entre los seres vivos?*), un 24 % de los estudiantes escogió la opción correcta “D) Porque es una representación de la transferencia de energía entre distintos seres vivos en una comunidad” y un 45% seleccionó el distractor “A) Porque permite visualizar cómo conviven los seres vivos de una comunidad”. Esto puede deberse a que en el texto se menciona “los organismos dentro de una comunidad dependen unos de otros”, y, por ende, se interpretó el concepto “relación” en términos de “comunidad” y no de “transferencia de energía”. Pese a lo anterior, se considera que es un buen reactivo porque exige comprender el texto para establecer la diferencia entre las ideas mencionadas.

En el ítem 14 (*Si desaparecen los productores en un ecosistema, ¿cómo afectaría a la trama alimentaria?*), solo un 20% del grupo contestó la opción correcta “D) Los organismos gradualmente desaparecerían por falta de fuente de energía”, mientras que un 50% seleccionó el distractor “B) Los consumidores secundarios deberían buscar otras fuentes de alimentación”. Se considera un buen ítem por su alta exigencia en la comprensión inferencial a nivel global, pues la respuesta correcta se obtiene elaborando una hipótesis a partir de la relación entre segmentos textuales, imágenes y los diagramas que explican los procesos de alimentación.

En cuanto al texto 2 (ver anexo 8), en el ítem 1 (*¿Cuándo la materia absorbe calor?*) la opción correcta “D) Cuando la materia pasa de una temperatura menor a una mayor” fue contestada solo por un 19% de los estudiantes, mientras que un 65% se inclinó por el distractor “A) Cada vez que la materia sufre cambios de temperatura”. Es probable que, para esta respuesta, los estudiantes se hayan basado en fragmentos como “por lo tanto, toda la materia que encontramos en la naturaleza puede sufrir cambios en su estado debido a la absorción de calor”, lo que otorga cierto grado de plausibilidad al distractor mencionado. Es necesario revisar esta alternativa, ya que su selección no implica necesariamente un bajo nivel de comprensión lectora y puede generar ambigüedad.

En el ítem 09 (*¿Por qué en el texto aparece una imagen de una mano?*) un 24% seleccionó la opción correcta “D) Para demostrar que el cubo de hielo absorbe calor de la mano para cambiar de estado”, frente a un 40% que seleccionó el distractor “C) Para demostrar que la mano le entrega calor al agua líquida para cambiar su estado”. Si se revisa dicha imagen, que corresponde a un diagrama, se observa una flecha (con el texto “fusión”) que parte desde un cubo de hielo hasta un vaso de agua, y bajo esta flecha se presenta la imagen de una mano. Esto pudo haber generado la interpretación de que la mano transmite calor al vaso de agua, y no que el hielo absorbe calor del agua para transformarse en líquido. Pese a su dificultad, se concluye que es un buen ítem para evaluar la comprensión de textos multimodales, pues exige articular elementos visuales, como las flechas, para construir significados más abstractos.

En el ítem 10 (*En las imágenes del texto, ¿de dónde obtiene calor el agua que está hirviendo?*) un 35% contestó correctamente “D) Del quemador de una cocina” mientras que un 44% respondió erróneamente “A) De la mano”. Para contestar este ítem se requiere

observar dos imágenes: la primera consiste en el dibujo de una tetera sobre una cocina a gas, mientras que la segunda es el diagrama que presenta elementos (hielo, mano, vaso, quemador de cocina, tetera) de manera aislada, sin el contexto (la cocina). Si los estudiantes solo pusieron atención a la imagen de este diagrama, es probable que no hayan reconocido la forma del quemador ilustrado y que, en su lugar, hayan interpretado que la fuente del calor proviene de la mano, cuya imagen es más fácil de reconocer. Es recomendable, entonces, cambiar la imagen del quemador de cocina dentro del diagrama, por algún otro ícono, por ejemplo, una llama de fuego.

A partir del análisis anterior, se descarta la hipótesis 2 del estudio (*“los ítems que componen la prueba Comprensión de textos científicos multimodales poseen índices de dificultad que se encuentran dentro de parámetros aceptables para su uso en investigaciones”*); puesto que la proporción de ítems difíciles excede lo recomendado. Sin embargo, muchos de ellos son pertinentes para medir la comprensión de textos científicos multimodales, por lo tanto, se decide no eliminar ítems a partir de estos resultados.

Discriminación de los ítems

Tomando los criterios de Hogan (2015) para interpretar el índice de discriminación de los ítems, la tabla 11 ilustra la categoría en que se sitúan los reactivos según su capacidad de diferenciar entre individuos de alto y bajo desempeño del rasgo medido (ver detalles en anexos 7 y 8).

Tabla 11

Rangos para los índices de discriminación en la prueba Comprensión lectora de textos científicos.

| Índice de discriminación | Categoría | Ítems T1 | Ítems T2 | N° T1 | N° T2 | N° Total |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|--------------|-----------------|
| I.Dis. > .50 | Discrimina muy bien | 1-2-4-5-6-9-10-11-12-14 | 2-3-4-5-8-9-10-11-13-14 | 10 | 10 | 20 |
| .30 < I.Dis. < .50 | Discrimina bien | 3-8 | 1-6-12 | 2 | 3 | 5 |
| .00 < I.Dis. < .30 | No discrimina bien | 15 | 7-15 | 1 | 2 | 3 |
| I.Dis. < .00 | No discrimina | 7-13 | | 2 | 0 | 2 |

Nota: - T1: Texto 1 (Transferencia de energía entre seres vivos)

- T2: Texto 2 (Cambios de estado de la materia)

De acuerdo con los resultados obtenidos, se obtiene que de los 30 ítems que componen la prueba, cinco reactivos “discriminan bien” y veinte reactivos “discriminan muy bien” entre los estudiantes que poseen mayor grado del constructo y los que poseen un menor grado de este. Se reportan solo tres reactivos que “no discriminan bien” (ítem 15 del texto 1 e ítems 7 y 15 del texto 2). En cuanto a los valores negativos, se observa que los ítems 7 y 13 del texto 1 no poseen la capacidad de discriminar, es decir, no existe una correlación positiva entre el desempeño en el ítem y el desempeño en la prueba completa. A continuación, se examinan los reactivos de bajo índice de discriminación.

En el texto 1 (ver anexo 7), el ítem 15 (*¿De dónde proviene la energía que necesitan los descomponedores?*) presenta un índice de discriminación de .04; por lo tanto, no discriminó adecuadamente. Cabe señalar que este ítem resultó difícil para los estudiantes (I.Dif.: .39), probablemente, por otras razones que no están asociadas a la comprensión del texto. Si se revisan las alternativas de este reactivo, se puede ver que son muy similares en su construcción (A: *De los productores y de los consumidores primarios y secundarios*; B: *De los productores y los consumidores primarios*; C: *De los consumidores primarios y secundarios*; D: *De los productores y los consumidores secundarios*). Lo anterior pudo haber requerido un esfuerzo adicional solo en la comprensión y diferenciación de las alternativas, más que en la comprensión del texto. En este sentido, se sugiere replantear la redacción y el vocabulario utilizado en las opciones para facilitar su comprensión, y así asegurar que el ítem mide el constructo propuesto y no otro proceso mental.

En el texto 2 (ver anexo 8), el ítem 7 (*¿Qué ocurre si un objeto A con mayor temperatura entra en contacto con un cuerpo B de menor temperatura?*) presenta un índice de discriminación .20, por ende, no discriminó bien. Al revisar su grado de dificultad, se observa que la opción correcta “A) *El objeto A transferirá calor al objeto B*” fue seleccionada por el 63% de los estudiantes, mientras que los porcentajes de selección de sus distractores fueron bajos: 15% para la opción B (*El objeto B transferirá calor al objeto A*), 11% para la opción C (*Ambos objetos disminuirán su temperatura*) y solo un 8% para la opción D (*Ambos objetos mantendrán su temperatura*). Se concluye que los distractores fueron fácilmente descartables y, por ende, el ítem resultó fácil de contestar; por tanto, se sugiere elaborar distractores con mayor capacidad de desviar la atención de la respuesta correcta.

El ítem 15 del texto 2 (*¿Cuál de estos procesos es verdadero?*) presenta un índice de discriminación deficiente (.08); por tanto, no se considera adecuado para discriminar entre individuos. Al revisar su grado de dificultad se observa que el ítem resultó difícil para los estudiantes, pues solo un 34% seleccionó la opción correcta “*D) el hielo para transformarse en vapor debe absorber calor*”. Al examinar los distractores, se observa que existe bastante similitud en la redacción y el vocabulario (*A: el hielo para transformarse en agua debe entregar calor; B: el agua para transformarse en vapor debe entregar calor; C: el vapor para transformarse en hielo debe absorber calor*), lo que pudo haber exigido esfuerzo adicional en distinguir una opción de otra.

En cuanto a los índices de discriminación negativos, el ítem 7 del texto 1 (*Según el texto ¿qué representa la cadena alimentaria?*) obtuvo un índice - .04; por lo tanto, no es apto para discriminar entre individuos de alto rendimiento y los de bajo rendimiento en la prueba. Si a esto se suma su alto porcentaje de respuestas correctas (.71), se puede deducir que la opción correcta “*la transferencia de energía entre seres vivos a través de la alimentación*” resultó demasiado evidente para los estudiantes, posiblemente porque contiene el título del texto (“*Transferencia de energía entre seres vivos*”). En función a lo anterior, es necesario estudiar la selección de vocabulario en la opción correcta para evitar que sea seleccionada con demasiada facilidad.

En el mismo texto 2, el ítem 13 (*¿Cómo se relaciona el concepto de interdependencia con el de transferencia de energía?*) también presentó un índice de discriminación negativo (- .32), el más bajo del instrumento. Esto podría estar relacionado a su grado de dificultad, pues resultó fácil de responder: un 61% contestó correctamente “*Los organismos dependen entre ellos para obtener energía para sus procesos vitales*”, mientras que un 12% optó por el distractor “*B) Los organismos dependen de la energía del Sol para realizar sus procesos vitales*”, un 15% optó por “*C) La energía que utilizan los organismos para sus procesos viene directamente del Sol*”, y un 10% optó por “*D) La energía es producida por los organismos y los organismos almacenan esta energía*”. El índice de discriminación de este ítem fue extremadamente bajo (- .32), lo que permite concluir que los estudiantes que poseen menor desempeño en la prueba completa son los que obtienen un mejor resultado en este ítem, lo que contradice el sentido del índice de discriminación.

Si bien la mayoría de los reactivos de la prueba discriminan bien, se descarta la hipótesis 3 (“*todos los ítems que componen la prueba Comprensión de textos científicos multimodales poseen índices de discriminación adecuados para diferenciar entre estudiantes de alto y bajo desempeño del rasgo medido*”), pues cinco de ellos se sitúan bajo el límite aceptable, y de estos, dos poseen un valor negativo, es decir, que son contestados correctamente por quienes poseen un menor grado del constructo “comprensión de textos científicos multimodales”.

Distractores en los ítems de selección múltiple

Siguiendo los parámetros establecidos por Muñiz (2005, en García et al., 2015), se concluye que los ítems 02 y 03 del texto 1 poseen distractores inadecuados para desviar la atención de la respuesta correcta, pues presentan un porcentaje de respuesta inferior a 5% (ver anexo 7). En el ítem 02 (*¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario?*) el distractor más débil es la opción “D) *carnívoros*” (4% de respuesta). En el ítem 03 (*¿Cómo obtienen la energía los animales si no pueden captarla directamente desde el Sol?*) el distractor más deficiente es la opción “D) *todos los animales obtienen la energía al alimentarse de los cuerpos en descomposición de otros seres muertos*” (4% de respuesta).

A partir de lo anterior, se descarta la hipótesis 4 del proyecto (“*todos los ítems que componen la prueba Comprensión de textos científicos multimodales poseen distractores adecuados para desviar la atención de la respuesta correcta*”), por lo que se sugiere cambiar estas opciones por otras que impliquen un mayor grado de dificultad.

Dimensionalidad del constructo para la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales”

Para responder al objetivo específico 3 (*Analizar las evidencias de validez asociadas al constructo de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales en estudiantes de 4°, 5° y 6° básico mediante Análisis Factorial Confirmatorio*) se establecieron cuatro modelos para determinar la validez asociada al constructo medido en el instrumento. El modelo 1 es

unidimensional y mide el constructo *comprensión de textos científicos* (en adelante *CTC*). El modelo 2 es multidimensional y responde la hipótesis 3 del proyecto, que establece que el constructo se compone de cinco factores asociados a los niveles *comprensión literal* y *comprensión inferencial* y según los modos semióticos *lenguaje verbal*, *lenguaje visual* y *lenguaje verbal-visual*. El modelo 3 es bidimensional y propone dos factores según el nivel: *comprensión literal* y *comprensión inferencial*. Por último, el modelo 4 propone un constructo tridimensional que diferencia entre modos semióticos: *lenguaje verbal*, *lenguaje visual* y *lenguaje verbal-visual*.

A través del análisis factorial confirmatorio, se busca determinar mediante los índices de ajuste si los modelos son apropiados para representar los datos reales de la muestra. Posteriormente, se estudia la saturación de los ítems tomando como referencia una carga aceptable superior a .30 (Brown, 2015), para luego analizar aquellos reactivos cuya saturación se encuentra por debajo de ese parámetro. Finalmente, se revisan los reactivos de carga superior a .30 para determinar qué factores se presentan con más fuerza en los modelos estudiados y concluir si la prueba mide un solo constructo o si es posible desagregar las variables según el nivel de comprensión (literal e inferencial) y/o lenguaje o modo semiótico utilizado (verbal, visual y verbal-visual).

Índices de ajuste y estudio de correlaciones lineales

La Tabla 12 muestra que el valor de χ^2 / df es aceptable (Schreiber et al., 2006) en todos los modelos, pero dado que esta medida es sensible a muestras superiores a 200 casos (Hair et al., 1999), el análisis se complementa con la estimación de índices de ajuste absoluto (RMSEA y SRMR) y de ajuste incremental (CFI y TLI).

Tabla 12

Índices de ajuste de la estructura factorial de prueba Comprensión de textos científicos

| Modelo | χ^2 | df | χ^2 / df | RMSEA | CFI | TLI | SRMR |
|--------------------------------|----------------------------|-----------|---------------------------------|--------------|------------|------------|-------------|
| 1. CTC | 431 | 405 | 1.06 | .017 | .99 | .99 | .095 |
| 2. Nivel comprensión- Lenguaje | 416 | 395 | 1.05 | .015 | .99 | .99 | .095 |
| 3. Nivel comprensión | 428 | 404 | 1.06 | .016 | .99 | .99 | .095 |
| 4. Lenguaje | 426 | 402 | 1.06 | .016 | .99 | .99 | .095 |

Nota:

Los parámetros teóricos para los índices de ajuste son: $\chi^2 / df \leq 2.0$ (Schreiber et al., 2006); RMSEA y SRMR $\leq .05$; CFI $> .95$ (Herrero, 2010; Hooper, Coughlan & Mullen, 2008).

En cuanto a los ajustes absolutos, el índice de RMSEA es adecuado para los cuatro modelos (los valores son menores a .05), no así los valores de SRMR (que son superiores a .08). Los índices de ajuste incremental (CFI y TLI) son aceptables para los cuatro modelos pues son mayores a .95. Por lo tanto, se concluye que todos los modelos presentados son adecuados para explicar y representar las matrices de covarianza obtenidas de la muestra empírica.

Sin embargo, al examinar las correlaciones entre factores de los modelos 2, 3 y 4, se encontró que el modelo 2 (*nivel comprensión-lenguaje*) y el modelo 3 (*nivel comprensión*) presentan valores de correlación mayores a 1.0 (ver anexo 9), por lo tanto, sobrepasan los parámetros definidos para la relación lineal entre variables (Ferrero y López, 2019). Si bien estos modelos (2 y 3) poseen índices de ajuste adecuados para representar las matrices de covarianza de los datos obtenidos, se concluye que son menos apropiados para la explicación de estas, dada la presencia de valores inverosímiles en sus coeficientes de correlación lineal.

Por lo tanto, se analizarán solo las cargas factoriales del modelo 1 (*CTC*) y el modelo 4 (*Lenguaje*).

Análisis de cargas factoriales

En la tabla 13 se exponen las cargas factoriales obtenidas por los ítems en el modelo 1, que asume la existencia de un solo factor (*CTC*) y en el modelo 4, que plantea tres factores: *lenguaje verbal*, *lenguaje visual*, *lenguaje verbal-visual*. Posteriormente, se examinan las cargas factoriales “no aceptables” ($< .03$) y los valores “aceptables” ($> .03$), según los parámetros de Brown (2015).

Tabla 13
Cargas factoriales en el modelo 1 y modelo 4 de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales

| | Modelo 1 Comprensión de textos científicos | Modelo 4 Lenguajes | | |
|------|---|-----------------------|--------|---------------|
| | | Verbal | Visual | Verbal-Visual |
| T101 | .65 | .68 | | |
| T102 | .80 | | .81 | |
| T103 | .29 | .30 | | |
| T104 | .70 | | | .70 |
| T105 | .81 | | .82 | |
| T106 | .61 | .63 | | |
| T107 | .32 | .33 | | |
| T108 | .43 | | | .43 |
| T109 | .64 | | .65 | |
| T110 | .82 | | | .82 |
| T111 | .50 | .51 | | |
| T112 | .59 | | .60 | |
| T113 | .10 | .10 | | |
| T114 | .64 | | | .64 |
| T115 | .42 | | .43 | |
| T201 | .54 | .56 | | |
| T202 | .72 | | .73 | |
| T203 | .77 | .80 | | |
| T204 | .49 | .51 | | |
| T205 | .83 | | | .83 |
| T206 | .40 | .42 | | |
| T207 | .39 | .40 | | |
| T208 | .70 | | .71 | |
| T209 | .67 | | | .67 |
| T210 | .72 | | .73 | |
| T211 | .78 | | | .78 |
| T212 | .45 | | | .45 |
| T213 | .81 | | .82 | |
| T214 | .75 | | | .75 |
| T215 | .40 | | .41 | |

Análisis de cargas factoriales no aceptables. En el texto 1 (*Transferencia de energía entre seres vivos*) solo los ítems 03 y 13 tienen una baja carga factorial en ambos modelos. Por otra parte, en el texto 2 (*Cambios de estado de la materia*) todas las cargas son aceptables (superiores a .30). A continuación, se analizan los ítems de baja carga factorial.

El ítem 03 del texto 1 (*¿Cómo obtienen la energía los animales si no pueden captarla directamente del Sol?*) obtuvo una carga factorial deficiente en ambos modelos (.29 en el modelo 1 y .30 en el modelo 4). Como se mencionó en el análisis de reactivos, este ítem resultó difícil para los estudiantes (solo un 35% contestó correctamente), probablemente porque el concepto “procesos nutricionales” exigió una demanda adicional de dominio de vocabulario académico. Esta dificultad pudo haber ocasionado que su carga factorial no haya sido adecuada en ninguno de los dos modelos, es decir, no midió el factor *CTC* del modelo 1 ni los factores *verbal*, *visual* y *verbal-visual* del modelo 4. Pese a lo anterior, se decide mantener el ítem, ya que el valor de su carga se encuentra en el límite de lo aceptable.

El ítem 13 del texto 1 (*¿Cómo se relaciona el concepto de interdependencia con el de transferencia de energía?*) tuvo una carga factorial .10 en ambos modelos, el valor más bajo del instrumento completo, por lo tanto, se infiere que no está midiendo el factor *CTC* del modelo 1, ni tampoco los factores asociados al modo semiótico (*lenguaje*) del modelo 4. Paralelamente, su índice de discriminación fue negativo (-.32), y el más bajo del instrumento. A raíz de esto, se decide eliminar del instrumento “Comprensión de textos científicos”.

Análisis de cargas factoriales aceptables. Para estimar qué factores saturan con más fuerza en los modelos preseleccionados (modelo 1 y modelo 4) y así establecer si la prueba mide un factor (*CTC*) o tres factores (*verbal*, *visual*, *verbal-visual*), se descarta el análisis de los reactivos de baja carga factorial (ítems 3 y 13 del texto 1). A continuación, y a partir de lo expuesto en la tabla 13, se revisan las cargas factoriales de las variables en ambos modelos.

Los resultados arrojaron que los ítems clasificados como *verbal-visual* en el modelo 4 poseen una carga factorial idéntica al factor *CTC* del modelo 1. Es el caso del ítem 4 (.70), ítem 8 (.43), ítem 10 (.82) e ítem 14 (.64) del texto 1; y el ítem 5 (.83), ítem 9 (.67), ítem 11 (.78), ítem 12 (.45) e ítem 14 (.75) del texto 2. A continuación, se realiza una revisión de estos reactivos.

En el texto 1 (ver anexo 1 y 3), los ítems 4, 8, 10 y 14 se responden interpretando el diagrama que representa la cadena alimentaria, que está compuesto por imágenes, segmentos verbales y flechas que contienen el texto “energía”. Por ejemplo, el ítem 4 (*¿De dónde obtiene su energía un consumidor secundario?*) y el ítem 10 (*¿Qué tipo de organismo será un animal que se come a otro animal?*) se responden relacionando dos elementos visuales (una leona comiendo carne y una cebra comiendo pasto), cada uno acompañado de elementos verbales (“consumidor secundario” y “consumidor primario”, respectivamente); ambos elementos están conectados por una flecha en cuyo interior se lee “energía”. Lo mismo ocurre en el ítem 8 (*¿Cuál es la primera fuente de energía en una cadena alimentaria?*), cuya respuesta correcta “El Sol” también se obtiene integrando la información desde las imágenes, las flechas, además de segmentos verbales exteriores al diagrama como “las plantas utilizan la energía del Sol para fabricar su propio alimento”.

En cuanto al texto 2 (ver anexo 2 y 3), los ítems 5, 9, 11, 12 y 14 poseen igual carga factorial en los modelos *CTC* y *Lenguaje*. La mayoría de ellos también se responden desde el diagrama que explica los cambios de estado de la materia, que se compone de imágenes, flechas y segmentos verbales, algunos acompañando las imágenes y otros situados dentro de las flechas para indicar el nombre del proceso de transformación (“fusión” y “vaporización”). Por ejemplo, en el ítem 9 (*¿Por qué en el texto aparece una imagen de una mano?*) la respuesta correcta “para demostrar que el cubo de hielo absorbe calor de la mano para cambiar de estado” se obtiene estableciendo relaciones entre las imágenes (hielo, mano, vaso de agua), las flechas y los segmentos textuales “absorbe calor de” y “fusión”. El mismo proceso se repite en el ítem 14 (*¿Qué ocurre en el proceso llamado vaporización?*), donde se infiere la relación entre las imágenes (vaso de agua, quemador de cocina, tetera emanando vapor), las flechas y los segmentos textuales “absorbe calor de” y “vaporización”. En el ítem 11 (*En la figura de la página 2, ¿qué representan las flechas azules?*) se pide interpretar el significado de las flechas a nivel general, para lo cual se necesita establecer la relación entre los elementos verbales y visuales del diagrama.

Fuera del diagrama, en el ítem 12 (*¿Por qué el vapor que sale de la tetera se dibuja como una nube?*) se requiere inferir la relación entre una imagen (una tetera de la que emana vapor) y el segmento verbal “cuando la materia se encuentra en estado gaseoso adopta la forma del recipiente que la contiene y ocupa todo el espacio del recipiente”. Igualmente, el

ítem 5 (*Cuando el agua hierve en una tetera, ¿qué le está sucediendo al agua?*) se responde relacionando la misma imagen con el segmento textual yuxtapuesto “*el agua líquida recibe el calor del fuego y cambia a estado gaseoso*”.

En el grupo de ítems examinados anteriormente, las cargas factoriales son idénticas para el modelo 1 y 4, por lo tanto, se puede concluir que estos miden el factor “*Comprensión de textos científicos*” (modelo 1) cuando se demanda interpretar diagramas, pues supone integrar información de los modos verbales y visuales de manera simultánea. Además, en este proceso también incide la capacidad de elaborar significados a partir de elementos como flechas, atendiendo a su forma, tamaño, posición y disposición espacial para representar conexiones, secuencias, transformaciones, movimientos o fuerzas (Heiser y Tversky, 2006). Mientras que en el texto 1 las flechas poseen el significado “*transfiere energía a*” para explicar el traspaso de energía entre seres vivos, en el texto 2 significan “*se transforma en*” para explicar los cambios de estado de la materia.

No obstante, y para fundamentar con mayor precisión la elección entre el modelo 1 (*CTC*) y el modelo 4 (*Lenguaje*), se analizará el grupo de reactivos en los que hubo diferencias de saturación factorial entre uno y otro modelo.

Como se observa en la tabla 13, las cargas factoriales son levemente más altas en los reactivos pertenecientes al factor “*verbal*” del modelo 4. En el texto 1, es el caso del ítem 1 (.68 y .65), el ítem 6 (.63 y .61), el ítem 7 (.33 y .32), el ítem 11 (.51 y .50); y en el texto 2 ocurre con el ítem 1 (.56 y .54), el ítem 3 (.80 y .77), el ítem 4 (.51 y .49), el ítem 6 (.42 y .40) y el ítem 7 (.40 y .39).

En el texto 1, el ítem 1 (*¿Qué organismos obtienen directamente la energía del Sol para producir nutrientes?*), puede responderse a partir del segmento verbal “*cada día la energía del Sol (...) es captada directamente por algunos organismos como las plantas para producir sus nutrientes*”; el ítem 6 (*¿Por qué los animales son llamados consumidores?*) se obtiene de “*todos los animales obtienen la energía de la alimentación; por eso son llamados consumidores*”; y el ítem 7 (*Según el texto ¿qué representa la cadena alimentaria?*) se responde desde el segmento “*la transferencia de energía se representa a través de una cadena alimentaria*”. Lo mismo ocurre en el texto 2 con el ítem 1 (*¿Cuándo la materia absorbe calor?*), cuya respuesta correcta (“*cuando la materia pasa de una temperatura menor a una mayor*”) se puede desprender desde segmentos como “*cuando encendemos una vela,*

la cera sólida se derrite por el calor absorbido del fuego”; y con el ítem 3 (*¿Por qué se derrite el hielo?*), que se obtiene del fragmento *“el hielo, que es agua sólida, recibe el calor de la mano y cambia a estado líquido”*. Por lo tanto, se puede deducir que en los reactivos clasificados en el factor “verbal” del modelo 4 las respuestas efectivamente se obtienen directamente del texto verbal, sin necesidad de acudir a las imágenes.

Otra diferencia entre cargas, igualmente leve, se presenta en ítems clasificados en el factor “visual” del modelo 4. En el texto 1, es el caso del ítem 2 (.80 y .81), el ítem 5 (.81 y .82), el ítem 9 (.64 y .65), el ítem 12 (.59 y .60) y el ítem 15 (.42 y .43). En el texto 2, estas diferencias se observan en el ítem 2 (.72 y .73), el ítem 8 (.70 y .71), el ítem 10 (.72 y .73), el ítem 13 (.81 y .82) y el ítem 15 (.40 y .41).

En algunos de estos reactivos, la información visual se extrae de dibujos descriptivos, como en el ítem 10 del texto 2 (*En las imágenes del texto, ¿de dónde obtiene calor el agua que está hirviendo?*), que se responde observando una ilustración explícita de una cocina. En otros, las respuestas se obtienen desde los diagramas, donde se requiere identificar e interpretar determinadas imágenes para elaborar una conclusión: es el caso del ítem 2 del texto 1 (*¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario?*); el ítem 9 del texto 1 (*¿Qué organismo obtiene su energía directamente del Sol?*), el ítem 15 del texto 1 (*¿De dónde proviene la energía que necesitan los descomponedores?*), el ítem 2 del texto 2 (*¿Qué es la fusión?*), ítem 8 del texto 2 (*¿Qué ocurre en el proceso llamado fusión?*), y el ítem 13 del texto 2 (*¿Qué es la vaporización?*). Si bien estos reactivos fueron clasificados “visuales”, el hecho de que se respondan a partir de diagramas sugiere que el componente verbal en cierta medida también estaría involucrado, lo que explicaría que las diferencias entre el factor CTC del modelo 1 y el factor “visual” del modelo 4 sean tan leves.

Las diferencias entre las cargas factoriales señaladas anteriormente son muy bajas; por lo tanto, hasta este punto no se puede determinar con certeza que el modelo 4 (*lenguajes*) sea más apropiado que el modelo 1 (CTC) para explicar el dimensionamiento del constructo. Para decidir entre los dos modelos, tomaremos como antecedente las correlaciones entre los factores presentes en el modelo 4, expuestas en la tabla 14.

Tabla 14

Matrices de correlación de la prueba Comprensión de textos científicos multimodales

| | Modelo 4 Lenguajes | | |
|---------------|--------------------|--------|---------------|
| | Verbal | Visual | Verbal-Visual |
| Verbal | 1 | .90 | .97 |
| Visual | | 1 | .98 |
| Verbal-Visual | | | 1 |

Al examinar estas correlaciones, se observa que el factor *verbal-visual* mantiene una correlación lineal muy alta (cerca a 1) con los factores *verbal* (.97) y *visual* (.98). Esto refuerza la idea de que existen ítems que estarían midiendo una sola dimensión (*CTC*). Sin embargo, el coeficiente de correlación entre los lenguaje *verbal* y *visual* (.90), si bien es alto, no es cercano a 1 como los coeficientes anteriores. Lo anterior conduce a pensar que en ciertos ítems puede predominar un modo semiótico por sobre otro, ya sea midiendo en mayor medida el *lenguaje verbal* por sobre el *lenguaje visual*, o viceversa. Si bien las correlaciones son muy altas, se considera que, desde la revisión de la literatura, un constructo que diferencie los modos semióticos puede aportar al campo de la comprensión lectora disciplinar, así como a visibilizar las contribuciones específicas de los lenguajes en la construcción de sentidos.

Si se retoma la literatura revisada, se puede apreciar que varios autores insisten en la distinción entre lenguajes o modos semióticos, aun si estos en ocasiones se procesan de forma simultánea. Por un lado, Kress y van Leeuwen (2006), plantean que la imagen es un mensaje organizado de manera independiente, con su propia coherencia y gramática (aun si está acompañada por texto verbal) y, por tanto, su comprensión puede ser un proceso autónomo. Paralelamente, otros autores han propuesto tipos de relación entre lenguajes o modos semióticos en la evaluación de textos multimodales. Entre estos se encuentra la relación *concurrentia* (Daly y Unsworth, 2011) o *constructiva* (Ainsworth, 2006), cuando ambos lenguajes interactúan simultáneamente en la construcción de significado; y también la relación *complementariedad* (Daly et al., 2011; Ainsworth, 2006), en la que un modo semiótico contribuye a la comprensión del otro, otorgando nueva información. Esta relación de *complementariedad* implica que cada lenguaje (o modo semiótico) por separado posee un contenido autónomo con respecto al otro, aun si se presentan y procesan de forma simultánea. Paralelamente, Schnotz y Bannert (2003) hacen alusión a dos tipos de representación: la primera “descriptiva”, asociada al lenguaje verbal (pues el lector construye una

representación proposicional a partir del contenido semántico del modo verbal); y la segunda “depictiva”, en la que se elabora un modelo mental a partir de la percepción visual de una imagen. Si bien ambas representaciones convergen en un esquema conceptual integrador en la comprensión multimodal, los autores enfatizan en la distinción de dos vías de percepción distintas.

A la luz de lo anterior, en este proyecto se establece que el modelo 4 (*Lenguaje*) es el más apropiado para validar el constructo de la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales”. Por una parte, la teoría plantea que sí existen diferencias entre la comprensión verbal y la comprensión visual en textos multimodales, en cuanto al rol que cada lenguaje posee con relación al otro (Daly et al., 2011; Ainsworth, 2006) y también en función del tipo de representación elaborada a partir de ambos lenguajes (Schnotz y Bannert, 2003). Por otro lado, si bien el análisis factorial confirmatorio arroja leves diferencias en las cargas factoriales entre ítems de comprensión verbal e ítems de comprensión visual, estas desigualdades pueden constituir un indicio de que los reactivos de la prueba tienden a ser “más verbales” o “más visuales” según el tipo de tarea demandada.

Para concluir este análisis, se descarta la hipótesis 5 de esta investigación, que sostiene que la estructura interna de la prueba posee cinco dimensiones: *literal verbal*, *literal visual*, *inferencial verbal*, *inferencial visual* e *inferencial visual-verbal*. Si bien el modelo que poseía dichos factores (modelo 2) obtuvo índices de ajuste adecuados, no mostró valores de correlaciones entre factores verosímiles; por lo tanto, se descartó del análisis posterior. A partir de lo anterior, se confirma que la estructura interna de la prueba posee tres factores: *modo semiótico verbal*, *modo semiótico visual* y *modo semiótico verbal-visual*.

Versión validada del instrumento “Comprensión de textos científicos multimodales”

A partir de los análisis de confiabilidad, el análisis de reactivos y el análisis de la validez asociada al constructo, se decide eliminar el ítem 13 del texto 1 “*Transferencia de energía entre seres vivos*”, ya que presenta el menor índice de discriminación del instrumento completo (I. Dis.: - .32), por lo tanto, no discrimina entre individuos de alto y bajo desempeño en la prueba. Otra razón para fundamentar su eliminación es su baja carga factorial en los

modelos examinados (.10). Para posteriores usos investigativos de esta prueba se propone evaluar la misma cantidad de ítems para el texto 1 y el texto 2; por lo anterior, también se decide eliminar del texto 2 el ítem 15, que presenta el menor índice de discriminación (.08) del texto 2 “*Cambios de estado de la materia*”. De esta manera la prueba validada se compone de dos textos científicos (Texto 1: *Transferencia de energía entre seres vivos* y Texto 2: *Cambios de estado de la materia*) y 28 reactivos (14 ítems para cada texto). A continuación, la tabla 15 expone los índices de confiabilidad de las puntuaciones del instrumento validado.

Tabla 15

Índice de confiabilidad para el instrumento validado “Comprensión de textos científicos multimodales”

| Escala | Nº ítems | Alfa de Cronbach |
|---------|----------|------------------|
| Forma A | 28 | .896 |
| Forma B | 28 | .877 |

Nota: Hogan (2015) propone los siguientes criterios: $\alpha > .90$ es “excelente”, $.08 < \alpha > .89$ es “bueno”, $.70 < \alpha > .79$ es “adecuado”, $.60 < \alpha > .69$ es “cuestionable”.

Se puede apreciar que en la forma A, la confiabilidad de las puntuaciones aumenta de $\alpha = .890$ a $\alpha = .896$ si se elimina ítem 13 del texto 1, mientras que en la forma B la confiabilidad disminuye de $\alpha = .882$ a $\alpha = .877$ al eliminar el ítem 15 del texto 2. Sin embargo, este valor sigue siendo “bueno” para propósitos investigativos del instrumento (Hogan, 2015).

Por otro lado, el análisis de confiabilidad de las puntuaciones según el dimensionamiento validado (tabla 16) muestra que las puntuaciones de los ítems clasificados como “*visual*” y “*verbal-visual*” muestran un índice de confiabilidad “aceptable” (.72 y .74); mientras que los correspondientes al factor “*verbal*” se consideran “cuestionables” (.63). En otras palabras, las puntuaciones obtenidas en la dimensión “*verbal*” no son muy confiables si se evalúan por separado, lo que implica que, en cierto grado, el componente visual debe estar presente para responder estos ítems. A partir de lo anterior, se concluye que la consistencia interna del instrumento es alta (forma A: .896 y forma B: .877) si se evalúan los tres factores simultáneamente, y no desagregando según factores asociados al lenguaje o modo semiótico, considerando, además, que los datos arrojan diferencias muy leves entre el modelo “CTC” (unidimensional) y el modelo “lenguaje” (tridimensional).

Tabla 16

Índice de confiabilidad para las dimensiones de la prueba validada.

| Escala | Nº ítems | Alfa de Cronbach |
|------------------------|----------|------------------|
| Lenguaje verbal | 10 | .63 |
| Lenguaje visual | 9 | .72 |
| Lenguaje verbal visual | 9 | .74 |

Nota: Hogan (2015) propone los siguientes criterios: $\alpha > .90$ es “excelente”, $.08 < \alpha > .89$ es “bueno”, $.70 < \alpha > .79$ es “adecuado”, $.60 < \alpha > .69$ es “cuestionable”.

Desempeños lectores en la prueba Comprensión de textos científicos multimodales con puntuaciones validadas

Para abordar el objetivo específico 4 de este proyecto (*Caracterizar los desempeños obtenidos por los estudiantes en la prueba Comprensión de textos científicos multimodales con puntuaciones validadas en estudiantes de 4º, 5º y 6º básico para las variables género y nivel*) se exponen los análisis descriptivos de los desempeños obtenidos en el instrumento con sus puntuaciones validadas.

Tal como muestra la tabla 17, el promedio del puntaje total es de 16,97 puntos (DE= 6,41), mientras que al calcular el resultado según la variable forma, se obtiene que la *forma A* presenta una media de 16,78 puntos (DE= 6,52) y la *forma B* de 17,14 puntos (DE= 6,32). Al calcular la prueba *t* para comparación de medias, se obtuvo que no existe una diferencia significativa entre los resultados obtenidos en la *forma A* y la *forma B* ($p=0,751 > p=0,05$); por lo tanto, se asume que el orden de los textos no incide en las puntuaciones de la prueba.

Tabla 17

Puntajes obtenidos en la prueba validada

| | N | Mín. | Máx. | Media | DE |
|---------|-----|------|-------|-------|------|
| Forma A | 132 | 2,00 | 27,00 | 16,78 | 6,52 |
| Forma B | 143 | 2,00 | 28,00 | 17,14 | 6,32 |
| Total | 275 | 2,00 | 28,00 | 16,97 | 6,41 |

En cuanto a los resultados según género y nivel educativo (tabla 18) se obtiene que el promedio obtenido por las mujeres corresponde a 16,88 puntos (DE= 6,58) y el de los hombres a 17,07 puntos (DE= 6,22). Para la variable *nivel educativo*, los estudiantes de 4° básico obtienen una media de 13,88 puntos (DE= 6,61), los de 5° básico una media de 17,27 puntos (DE= 6,29) y los estudiantes de 6° básico un promedio de 20,12 puntos (DE= 4,45).

Tabla 18
Puntaje obtenido por variables género y nivel

| Variable | | N | Mín. | Máx. | Media | DE |
|-----------------|-----------|-----|------|-------|-------|------|
| Género | Femenino | 150 | 2,00 | 28,00 | 16,88 | 6,58 |
| | Masculino | 125 | 3,00 | 27,00 | 17,07 | 6,22 |
| Nivel educativo | 4° | 96 | 2,00 | 27,00 | 13,88 | 6,61 |
| | 5° | 93 | 2,00 | 27,00 | 17,24 | 6,29 |
| | 6° | 86 | 9,00 | 28,00 | 20,12 | 4,45 |
| Total | | 275 | | | 16,97 | 6,41 |

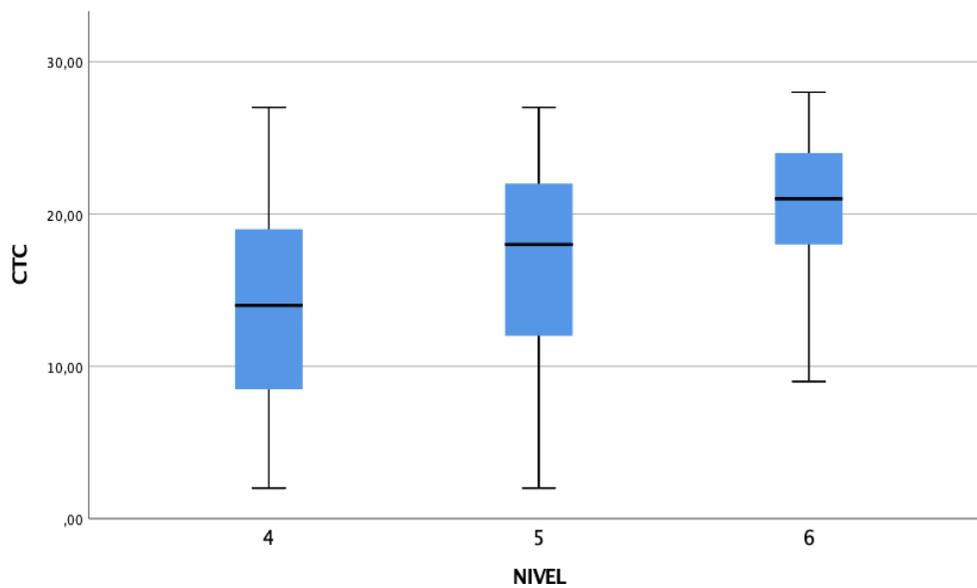
Para estimar si la diferencia entre las medias es significativa en la variable *género*, se aplicó la prueba *t* para igualdad de medias (tabla 19), que permite concluir que no existe una diferencia significativa entre las medias obtenidas, considerando un 95% de intervalo de confianza ($p=0,805 > p=0,05$). Por lo tanto, se confirma la hipótesis 6 del proyecto, que plantea que no existe una diferencia significativa entre hombres y mujeres, es decir, se concluye que el género de los estudiantes no afecta a la validez de la interpretación de los puntajes de la prueba.

Tabla 19
Prueba t para comparar medias en la variable género

| | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% I.C | |
|--------------------------------|-------|------|-------|-----|------------------|----------------------|------------------------------|----------|----------|
| | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Se asumen varianzas iguales | 1,222 | ,270 | -,247 | 273 | ,805 | -,19200 | ,77737 | -1,72239 | 1,33839 |
| No se asumen varianzas iguales | | | -,248 | 268 | ,804 | -,19200 | ,77335 | -1,71460 | 1,33060 |

Con el fin de corroborar si existe o no una igualdad entre medias en la variable *nivel educativo* (ver figura 3), se aplicó un análisis ANOVA (tabla 20) y se concluyó que sí existen diferencias significativas entre las medias obtenidas por nivel ($p=0,000 < p=0,05$).

Figura 3
Desempeños obtenidos en la variable nivel



Nota: CTC: puntaje total obtenido en la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales”; Niveles: 4 (4° básico), 5 (5°básico), 6 (6° básico)

Tabla 20
Análisis ANOVA para variable nivel

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|----------------------|-----|---------------------|--------|------|
| Entre grupos | 1771,333 | 2 | 885,666 | 25,413 | ,000 |
| Dentro de grupos | 9479,372 | 272 | 34,851 | | |
| Total | 11250,705 | 274 | | | |

Para conocer estas diferencias, se aplicó la prueba post-hoc de Bonferroni para la variable nivel, cuyos resultados se muestran en la tabla 21.

Tabla 21
Prueba Bonferroni para comparar medias en la variable nivel

| | (I) Nivel | (J) Nivel | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|------------|-----------|-----------|----------------------------|-------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Bonferroni | 4 | 5 | -3,35* | ,859 | ,000 | -5,42 | -1,28 |
| | | 6 | -6,23* | ,876 | ,000 | -8,34 | -4,12 |
| | 5 | 4 | 3,35* | ,859 | ,000 | 1,28 | 5,42 |
| | | 6 | -2,88* | ,883 | ,004 | -5,00 | -,75 |
| | 6 | 4 | 6,23* | ,876 | ,000 | 4,12 | 8,34 |
| | | 5 | 2,88* | ,883 | ,004 | ,75 | 5,00 |

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Los resultados arrojaron que los estudiantes de 4° básico tienen un desempeño significativamente más bajo que los de 5° básico (-3.35 puntos) y 6° básico (-6,23 puntos), mientras que los de 5° básico tienen un desempeño significativamente mayor que los de 4° básico (3,35 puntos) y menor que los de 6° básico (-2,88 puntos). Por último, los de 6° básico tienen un desempeño significativamente mayor en comparación a los de 4° básico (6,23 puntos) y 5° básico (2,88 puntos). Por lo tanto, se confirma la hipótesis 7 de este proyecto, que plantea que el nivel de escolaridad tiene incidencia en los resultados obtenidos en la prueba validada.

Conclusiones y discusiones

El objetivo de esta investigación fue validar las puntuaciones del instrumento *Comprensión de textos científicos multimodales*, aplicado a estudiantes de 4°, 5° y 6° básico de dos establecimientos educacionales de la Región Metropolitana. Para determinar la consistencia interna, se estimó el Alpha de Cronbach para las dos formas aplicadas: en la forma A, las puntuaciones presentaron un índice de confiabilidad $\alpha = .890$, mientras que en la forma B un $\alpha = .882$. Ambos valores son adecuados para asegurar que el instrumento, en sus dos formas, puede ser replicado en posteriores usos investigativos.

En el análisis de los reactivos mediante la Teoría Clásica del ítem, se obtuvo que la prueba posee un gran porcentaje de ítems difíciles (63%) en relación con el 20% sugerido en García et al. (2001). Sin embargo, se consideró que gran parte de estos reactivos contribuyen a la medición del constructo, a excepción de aquellos que presentan complejidad en la construcción de las opciones y aquellos que demandan interpretar imágenes confusas. También se observó que los conocimientos previos erróneos pudieron ser un factor importante en aquellos ítems que resultaron ser difíciles de responder.

En cuanto a los índices de discriminación, se observó la mayoría de los ítems discrimina bien entre individuos. Solo cinco reactivos poseen un índice inadecuado (I. Dis. < .30), y de estos, dos poseen un índice negativo. A partir de este análisis se decide eliminar el ítem 13 del texto 1, el cual posee el índice más bajo del instrumento (I. Dis: - .32). Dado que en futuras investigaciones se pretende evaluar la misma cantidad de ítems para cada uno de los textos, también se elimina el ítem 15 del texto 2, que presenta el índice de discriminación más bajo en este texto (I. Dis: .08). También se detectaron algunos ítems cuya clave correcta era muy evidente, lo que produjo no solo un bajo índice de discriminación, sino también un elevado porcentaje de respuesta correcta. En el análisis de distractores, solo se identificaron dos ítems con una alternativa de índice inferior a 5%; sin embargo, estos valores no afectaron en el índice de discriminación de los reactivos a los que pertenecen.

Con el fin de analizar la validez asociada al constructo mediante Análisis Factorial Confirmatorio se contrastaron cuatro modelos teóricos: el primero, unifactorial, presenta la variable *comprensión de textos científicos*; el segundo mide *nivel de comprensión- lenguaje*; el tercero, *nivel de comprensión*; y el cuarto, *lenguaje*. Al calcular los índices de ajuste χ^2 ,

RMSEA y CFI, se concluyó que los cuatro modelos son apropiados para explicar y representar las matrices de covarianza obtenidas de la muestra empírica. Sin embargo, al revisar sus matrices de correlación se observó que el modelo 2 (*nivel de comprensión-lenguaje*) y el modelo 3 (*nivel de comprensión*) presentan valores de correlación entre factores que se sitúan fuera de los límites establecidos para el estudio de las relaciones lineares entre variables. Por lo tanto, se revisaron solo las cargas factoriales del modelo 1 (*CTC*) y modelo 4 (*Lenguaje*) para el análisis de cargas factoriales.

En estos dos modelos se observó que existen ítems que no presentan una carga aceptable (valores inferiores a .30). Para analizarlos, se consideraron los resultados obtenidos en el análisis de reactivos y se observó que los casos de baja carga factorial coinciden con algunos reactivos de bajo índice de discriminación y también con ítems que resultaron ser muy fáciles o difíciles de responder. De esto se desprende que ciertos factores, como la complejidad en la redacción de algunas opciones o la incidencia de conocimientos previos (correctos o erróneos) pueden influir en estas bajas saturaciones y, por ende, podrían no ser válidos para medir comprensión de textos científicos.

En el análisis de cargas factoriales aceptables (superiores a .30), se observó que los ítems pertenecientes al factor *Verbal- visual* del modelo 4 poseen cargas idénticas a los del factor *CTC* del modelo 1. La mayoría de estos reactivos se responde interpretando diagramas compuestos por imágenes, textos y flechas, lo que permite deducir que en este tipo de representación no existe una clara delimitación entre lo que es netamente visual o verbal y que se trataría más bien de un solo proceso. En cuanto a los reactivos que poseen un valor más alto en el factor *verbal* del modelo 4, la mayor parte solicita obtener información literal, por lo tanto, se concluye que el proceso explícito de la comprensión verbal es más evidente que el proceso inferencial, y que este último se manifiesta con más fuerza cuando está presente el componente visual. Por último, las cargas del factor *visual* del modelo 4 son levemente más altas que en el factor *CTC* del modelo 1. Algunos de estos ítems se obtienen de los diagramas mencionados y otros a partir de ilustraciones situadas fuera del diagrama.

Los resultados de la estimación del modelo 1 (*CTC*) y el modelo 4 (*Lenguaje*) permiten afirmar que ambos son válidos y coherentes con el modelo teórico propuesto; sin embargo, existen cargas levemente más elevadas en el modelo 4 (*Lenguaje*). Por lo tanto, este dimensionamiento parece ser el más propicio para explicar los datos obtenidos y para

fundamentar teóricamente futuras pruebas de comprensión multimodal de textos científicos.

Una vez realizados los análisis de confiabilidad, psicométricos y de validez asociada al constructo, se sugiere eliminar el ítem 13 del texto 1 y el ítem 15 del texto 2. Se decide eliminar el ítem 13 del texto 1 “Transferencia de energía entre seres vivos”, debido a que presenta un índice de discriminación negativo (-.32), y el más bajo del instrumento (ver anexo 6). Asimismo, se decide eliminar el ítem 15 del texto 2 “Cambios de estado de la materia”, dado que presenta el índice de discriminación más bajo de este texto (.08) y, por ende, no es óptimo para diferenciar entre los individuos que poseen alto nivel de comprensión lectora de aquellos que no. La confiabilidad de las puntuaciones validadas del instrumento sube de $\alpha = ,890$ a $\alpha = ,896$ en la *forma A*, pero baja de $\alpha = ,882$ a $\alpha = ,877$ en la *forma B*. Sin embargo, este valor aun es adecuado para la replicación del instrumento en usos investigativos (Hogan, 2015). Al calcular la confiabilidad de las puntuaciones de los ítems por factor (*Verbal, Visual, Verbal- visual*) se observa que los índices bajan en relación con los índices obtenidos en las pruebas completas (forma A y forma B), de lo cual se puede concluir que la consistencia interna de las puntuaciones es mayor cuando se evalúan estos tres factores en conjunto.

Con las puntuaciones validadas del instrumento se realizó un análisis descriptivo para determinar cuánta variabilidad capta el instrumento según el nivel educativo y según el género de los estudiantes. El análisis estadístico descriptivo arrojó un puntaje promedio total de 16,97 puntos (DE= 6,41), mientras que para la *forma A* el promedio obtenido fue 16,78 puntos (DE=6,52) y para la *forma B* un promedio de 17,14 puntos (DE=6,32), diferencia que no fue significativa ($p > 0,05$); por lo tanto, se asume que el orden de los textos no incide en los resultados obtenidos por los estudiantes.

Al estimar estos resultados para la variable *género* se obtuvo que las mujeres presentaron un promedio de 16,88 puntos (DE= 6,58) y los hombres de 17,07 puntos (DE= 6,22), diferencia que no se consideró significativa ($p > 0,05$) al aplicar la prueba *t* para la igualdad de medias. En términos de imparcialidad de las puntuaciones de la prueba, este antecedente permite concluir que no existe sesgo de medición según el género de los estudiantes, por lo tanto, esta variable no afectaría en la interpretación de las puntuaciones del instrumento. Para la variable *nivel educativo*, el análisis arrojó un promedio de 13,88 puntos (DE= 6,61) para 4° básico, 17,23 puntos (DE= 6,29) para 5° básico y un promedio de 20,11 puntos (DE= 4,45) para 6° básico. Al aplicar ANOVA y el test de Bonferroni para esta

variable, se observó que estas diferencias son significativas ($p < 0,05$); por lo tanto, se presenta el nivel de escolaridad tuvo incidencia en el desempeño de los estudiantes de la muestra.

Los textos científicos multimodales requieren habilidades complejas para su interpretación y comprensión, debido a su alto nivel de abstracción (Graesser et al., 2003) y presencia de recursos visuales para explicar los fenómenos de la disciplina (Cromley et al., 2010; Kendeou, 2007). La multimodalidad ha sido extensamente estudiada, tanto para resaltar sus beneficios en el proceso de comprensión de los textos (Ainsworth, 2006; Bezemer y Kress, 2008; Chan y Unsworth, 2011; Schnotz y Bannert, 2003; Krajcik y Sutherland, 2010; Meneses et al., 2018; Unsworth et al., 2019) como para analizar la relación entre los componentes verbales y visuales en el proceso de comprensión (Ainsworth, 2006; Lemke, 1987; Schnotz y Bannert, 2003; Unsworth, 2008).

La categorización propuesta por Unsworth et al. (2019) ha permitido establecer el dimensionamiento de las puntuaciones validadas del instrumento, estableciendo si los ítems miden el modo verbal, el modo visual o ambos. Por otra parte, los estudios sobre los tipos de relaciones entre modos semióticos (Ainsworth, 2006; Daly y Unsworth, 2011) permitieron comprender la forma en que el lenguaje verbal interactúa con el lenguaje visual según el tipo de representación y tarea demandada. Si bien estos tipos de relaciones no fueron analizados psicométricamente, permitieron comprender la naturaleza de la interacción entre los modos verbal y visual para apoyar teóricamente el dimensionamiento de la prueba.

En relación con los niveles de comprensión, en esta prueba se demostró que no es posible diferenciar entre el nivel literal e inferencial para ambos modos semióticos, pues, al tratarse de un texto multimodal, todo apunta a que se trataría de un único proceso inferencial donde solo es posible diferenciar entre los modos semióticos verbal, visual o verbal-visual, tal como se concluyó a partir del análisis factorial confirmatorio.

Limitaciones y proyecciones

Sobre las limitaciones de esta investigación, cabe señalar que la prueba se aplicó a dos establecimientos del mismo grupo socio económico; por lo tanto, no se pudo analizar si esta variable tiene incidencia en la comprensión de los textos científicos.

A partir del análisis de los reactivos y las cargas factoriales en los modelos propuestos, no se pudo establecer en qué medida estos resultados fueron influenciados por los conocimientos previos de los estudiantes. Para futuras investigaciones que busquen aportar a la validez del constructo medido, será importante aplicar previamente una prueba que mida conocimientos previos sobre el tema y sobre ciertos términos abstractos. Esto último para determinar si los resultados obtenidos en el análisis factorial confirmatorio se explican por la existencia de los factores propuestos o por razones externas al instrumento.

Debido a las escasas referencias teóricas y prácticas sobre los niveles de comprensión en el lenguaje visual, hubo complicaciones en diferenciar cuándo la comprensión de la imagen se realiza de manera literal o inferencial. La categorización de niveles de comprensión de elementos visuales en torno al nivel depictivo y nivel descriptivo (Schnotz y Bannert, 2003) permite establecer ciertas diferencias entre las imágenes en cuanto a su nivel de abstracción; sin embargo, para efectos de un texto multimodal, no fue posible confirmar si un ítem que mide el modo visual es “literal” por el solo hecho de ser más concreto a nivel perceptual. En resumen, el nivel de comprensión de la imagen, a diferencia de la comprensión del lenguaje verbal, no puede ser delineada con total certeza al momento de dimensionar el constructo, por lo que se decide establecer, a partir de los datos obtenidos, que predomina el proceso inferencial de la comprensión de la imagen.

Este proyecto ha permitido confirmar que en un texto científico multimodal es posible diferenciar cuándo un ítem evalúa un modo semiótico en particular (verbal, visual o ambos), dependiendo del modo de presentación (segmentos textuales, dibujos, diagramas, íconos u otros), aunque se asume igualmente que en ciertos casos la comprensión de ambos modos semióticos puede ser parte de un solo proceso. Por otra parte, se comprobó que este instrumento es aplicable en otros contextos, pues posee una consistencia interna apta para medir comprensión de textos científicos multimodales. Para futuras investigaciones, es relevante contar con pruebas que midan conocimientos previos para confirmar que el

instrumento mide efectivamente el constructo. Además, este estudio se puede complementar incorporando subdimensiones al constructo que hagan alusión a los tipos de relación entre los modos semióticos, para corroborar psicométricamente si los lenguajes verbal y visual poseen igual o distinta jerarquía al momento de construir significados.

Referencias bibliográficas

- Ainsworth, S. (2006). Deft: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198.
- American Educational Research Association, American Psychological Association y National Council on Measurement in Education. (2018). Standards for educational and psychological testing. Washington, DC: American Educational Research Association.
- Agencia de Calidad de la Educación. (2017). *Informe Nacional de Resultados PIRLS 2016*. Recuperado el 27 de junio de <http://archivos.agenciaeducacion.cl/PIRLS>
- Backhoff, E., Larrazolo, N., Rosas, M. (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2(1).
- Bezemer, J., Kress, G. (2008). Writing in Multimodal Texts: A Social Semiotic Account of Designs for Learning. *Written Communication*, 25, 166 -195.
- Brown, T. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York: The Guilford Press.
- Casalmiglia, H., Tusón, A. (1999). *Las cosas del decir. Manual de análisis del discurso*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Cassany, D., Luna, M., Sanz, G. (2000). *Enseñar lengua*. Barcelona: Editorial Graó.
- Cerchiaro, E., Paba, C., Sánchez, L. (2013). Metacognición y comprensión lectora: una relación posible e intencional. *Duazary*, 8(1), 99 - 111.

- Chan, E., Unsworth, L. (2011). Image–language interaction in online reading environments: challenges for students’ reading comprehension. *The Australian Association for Research in Education*, 38, 181–202.
- Che Lah, Y., Hashimah, N. (2014). The acquisition of comprehension skills among high and low achievers of year 4 to 6 students in primary school. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 114, 667-672.
- Cromley, J., Snyder-Hogan, L., Luciw-Dubas, U. (2010). Cognitive activities in complex science text and diagrams. *Contemporary Educational Psychology* 35, 59–74.
- Cromley, J., Dubas, U. (2010). Reading Comprehension of Scientific Text: A Domain-Specific Test of the Direct and Inferential Mediation Model of Reading Comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 687–700
- Contreras, O., Covarrubias, P. (1999). Desarrollo de habilidades metacognoscitivas de comprensión de lectura en estudiantes universitarios. *Educar*, 8, 61-64.
- Daly, A., Unsworth, L. (2011). Analysis and comprehension of multimodal texts. *Australian Journal of Language and Literacy*, 34(1), 61–80.
- De Mier, M.V., Amado, B., Benítez, M.E. (2015). Dificultades en la Comprensión de Textos Expositivos en Niños de los Primeros Grados de la Escuela Primaria. *Psyche*, 24(2), 1-13
- Dori, Y., Avargil, S., Kohen, Z., Saar, L. (2018). Context-based learning and metacognitive prompts for enhancing scientific text comprehension. *International Journal of Science Education*, 40(10), 1198-1220
- Duke, N. K. (2000). 3.6 minutes per day: The scarcity of informational texts in first grade. *Reading Research Quarterly*, 35, 202-224.

Everitt, B., Hothorn, T. (2011). *An introduction to applied multivariate analysis with R*. New York: Springer.

Ferrero, R., López, J. (2019). *Análisis de correlación: guía rápida en R*. Disponible en: <https://www.maximaformacion.es/blog-dat/analisis-de-correlacion-en-r/>.

Förster, C., Nuñez, C., Zepeda, S. (2017) *El poder de la evaluación en el aula. Mejores decisiones para promover aprendizajes. Capítulo 7: Instrumentos para la evaluación de aprendizajes, ¿con qué evaluar?*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Gallego Ortega, J. L., Figueroa Sepúlveda, S., Rodríguez, A. (2019). La comprensión lectora de escolares de educación básica. *Literatura y lingüística*, 40, 187-208.

García, J., González, M.A, Ballesteros, B. (2001) *Introducción a la investigación en educación*. Primera Edición. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid: Editorial IMPRESA.

George, D., Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. Boston: Allyn & Bacon.

Gladic, J., Cautín-Epifani, V. (2015) Una mirada a los modelos multimodales. *Literatura y Lingüística*, 33, 357- 380

Graesser, A.C., Singer, M., Trabasso, T. (1994). Constructing inferences during narrative text Comprehension. *Psychological review*, 101, 371-95.

Graesser, A. C., Leon, J. A., Otero, J. (2002). Introduction to the psychology of science text comprehension. En J. Otero, J. A. Leon, & A. C. Graesser (Eds.), *The psychology of science text comprehension*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

- Graesser, A., McNamara, D., Louwerse, M. (2003). *What readers need to learn in order to process coherence relations in narrative and expository text? Rethinking reading comprehension*, Editors: A.P. Sweet, C.E. Snow.
- Heiser, J., Tversky, B. (2006). Arrows in comprehending and producing mechanical diagrams. *Cognitive Science* 30, 581-592.
- Herrero, J. (2010). El análisis factorial confirmatorio en el estudio de la estructura y Estabilidad de los instrumentos de evaluación: un ejemplo con el cuestionario de autoestima CA-14. *Psychological Intervention*, 19(3), 289-300.
- Hogan, T. (2015). *Pruebas psicológicas. Una introducción práctica*. 2ª ed. México: Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.
- Hooper, D., Coughlan, J., Mullen, M. R. (2008). Structural Equation Modelling: Guidelines for Determining Model Fit. *The Electronic Journal of Business Research Methods*, 6, 53 – 60.
- Hurtado, L. (2018). Relación entre los índices de dificultad y discriminación. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(1), 273-300.
- Jouini, K. (2005). Estrategias inferenciales en la comprensión lectora. *Glosas didácticas*, 13, 95-114.
- Kendeou, P., Van Den Broek, P. (2007). The effects of prior knowledge and text structure on comprehension processes during reading of scientific texts. *Memory & Cognition*, 35 (7), 1567-1577.
- Krajcik, J., Sutherland, L. (2010). Supporting students in developing literacy in science. *Science*, 328(5977), 456–459.

Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning. The rhetorics of the science classroom*. London: Continuum.

Kress, G., Van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: the grammar of visual design*. New York: Routledge

Lemke, J.L (1987). Strategic Deployment of Speech and Action: A Sociosemiotic Analysis. In J. Evans and J. Deely, Eds., *Semiotics*.

Lemke, J. (1998). *Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text*. London: Routledge

León, J., Escudero, I. (2010) La comprensión del lenguaje: La producción de inferencias en la mente y en el cerebro. En Gallardo y Moreno (2010). *Estudios de Lingüística Clínica, V: Aplicaciones clínicas*. Valencia: Editorial Los Autores.

Liu, J. (2013). Visual Images Interpretive Strategies in Multimodal Texts. *Journal of Language Teaching and Research*, 4(6), 1259-1263.

Mayer, R. (2003). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32, 1-19.

McNamara, D., Ozuru, Y., Floyd, R., (2011). Comprehension challenges in the fourth grade: The roles of text cohesion, text genre, and readers' prior knowledge. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 4(1), 229-257.

Meneses, A., Escobar, J-P., Véliz, S. (2018). The effects of multimodal texts on science reading comprehension in Chilean fifth- graders: text scaffolding and comprehension

skills. *International Journal of Science Education*, 40(18), 2226- 2244.

Montenegro, H., González, C. (2013). Análisis factorial confirmatorio del cuestionario. Enfoques de Docencia Universitaria. *Estudios Pedagógicos XXXIX*, 2, 213-230.

Mullis, I. V. S., Martin, M. O. (eds.). (2015). *PIRLS 2016: Assessment Framework*, Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.

Muñiz, J. (2010). Las teorías de los tests: Teoría clásica y teoría de respuesta a los ítems. *Papeles del psicólogo*, 31(1), 57-66.

OCDE (2002): *Programme for international student assessment. Sample task from the PISA 2000 assessment of reading, mathematical and scientific literacy*.

Quero, M. (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. *Telos*, 12(2)

Sánchez, E., García, R., Rosales, J. (2010). *La lectura en el aula. Qué se hace, qué se debe hacer y qué se puede hacer*. Barcelona: Editorial Graó.

Schnotz, W., Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13,141–156.

Schreiber, J.; Nora, A.; Stage, F.; Barlow, E.; King, J. (2006). Reporting Structural Equation Modeling and Confirmatory Factor Analysis Results: A Review. *The Journal of Educational Research*, 99(6), 323-337.

Unsworth, L. (2008). *Multiliteracies and metalanguage: Describing image/text relations as a resource for negotiating multimodal texts*. In D. Leu, J. Coiro, M. Knobel, & C.

Unsworth, L., Chan, E. (2009). Bridging multimodal literacies and national assessment

programs in literacy. *Australian Journal of Language and Literacy*, 32(3), 245–257.

Unsworth, L., Cope, J., Nicholls, L. (2019). Multimodal literacy and large-scale literacy tests: Curriculum relevance and responsibility. *Australian Journal of Language and Literacy*, 42(2), 128-139.

Van den Broeck, P., Rapp, D.; Kendeou, P. (2005). Integrating memory-based and constructionist processes in accounts of reading comprehension. *Discourse Processes*, 39, 299-316.

Anexos

Anexo 1. Texto 1 “Transferencia de energía entre seres vivos”

Transferencia de energía entre seres vivos

Todos los seres vivos necesitan energía para realizar sus procesos vitales tales como respirar, reproducirse y moverse. Cada día la energía del Sol llega a la Tierra a través de luz y calor y es captada directamente por algunos organismos como las plantas para producir sus nutrientes. Sin embargo, otros organismos como los animales no pueden obtener, o sea, sacar la energía del Sol directamente para utilizarla en sus procesos vitales.

Si solo las plantas pueden transformar la energía del Sol y utilizarla para la producción de nutrientes,

¿cómo obtienen la energía los animales?

Las plantas utilizan la energía del Sol para fabricar su propio alimento.

Hay animales que se alimentan de plantas y otros pequeños animales. Son llamados *omnívoros* y obtienen su energía tanto de plantas como de animales.

Los avestruces obtienen su energía comiendo plantas y animales.

Existen animales que se alimentan solo de otros animales, por lo que obtienen su energía de la carne de estos. Son llamados *carnívoros*. Ellos obtienen su energía indirectamente desde el Sol, pues comen animales que han comido plantas, las que si obtienen su energía directamente del Sol.

Cuando las plantas son comidas por los animales, la energía almacenada en ellas es transferida (traspasada) a los animales. Algunos animales comen solo plantas, por lo que obtienen su energía desde ellas. Estos son los llamados *herbívoros*.

Cuando los seres vivos mueren unos organismos obtienen su energía descomponiendo, es decir, separando sus restos. Suelen ser hongos y bacterias y se llaman *descomponedores*.

Insectos, hongos y bacterias obtienen su energía degradando animales y/o plantas que han



La cadena alimentaria nos permite darnos cuenta de que los organismos están relacionados unos con otros, porque muestra la transferencia de energía entre ellos. Por lo tanto, los organismos dentro de una comunidad dependen unos de otros. En algunas ocasiones puede haber cambios en el medio ambiente que generan aumento o disminución de un organismo. Por ejemplo, en la cadena alimentaria anterior, si disminuye la población de plantas debido a una sequía, disminuye el alimento de las cebras; así se reduce la población de estas.

Anexo 2. Texto 2 “Cambios de estado en la materia”

Cambios de estado en la materia

Todos los objetos que podemos tocar, ver, oler e incluso aquellos que no son visibles están formados por *materia*. La materia le da forma a cada objeto; por esa razón, los troncos de los árboles son cilíndricos y las gotas de agua son esféricas. La materia ocupa un espacio; por eso no puedes atravesar con tus dedos los objetos que tocas. La materia también tiene masa y la puedes sentir por el peso que tiene un objeto cuando lo levantas. *Materia* es de lo que están hechos todos los objetos del universo y se caracteriza por tener una forma, ocupar un espacio o volumen y poseer masa. Además, la materia puede estar en diferentes estados. Por ejemplo, el agua que bebemos está líquida dentro de un vaso; sin embargo, está sólida en un cubo de hielo.

Cuando sacamos el cubo de hielo del refrigerador y lo ponemos en nuestra mano, el hielo comienza a derretirse.

¿Cómo cambia el agua del estado sólido al estado líquido?

Cuando la materia se encuentra en **estado gaseoso** adopta la forma del recipiente que la contiene y ocupa todo el espacio del recipiente. Esto se debe a que su forma y su volumen cambian según el recipiente en que esté. Ejemplos de materia en estado gaseoso son el humo de un incendio, el gas que sale de un tubo de escape, el aire y los pedos, entre otros.

El hielo, que es agua sólida, recibe el calor de la mano y cambia a estado líquido.

En el **estado sólido** la materia tiene volumen y forma constantes. En otras palabras, una piedra siempre va a ocupar el mismo espacio y si se traslada de un recipiente a otro, su forma no se adapta a la forma que tiene el nuevo recipiente, sino que sigue manteniendo su forma inicial.

El agua líquida recibe el calor del fuego y cambia a estado gaseoso.

La materia también puede estar en **estado líquido**. En este estado, adopta la forma del recipiente que la contiene, pero solo ocupa parte del espacio del recipiente, dependiendo de su cantidad. La leche, la sangre y el aceite son ejemplos de materia en estado líquido.

¿Cómo cambia el agua del estado sólido al estado líquido?

Todos los objetos que podemos tocar, ver, oler e incluso aquellos que no son visibles están formados por *materia*. La materia le da forma a cada objeto; por esa razón, los troncos de los árboles son cilíndricos y las gotas de agua son esféricas. La materia ocupa un espacio; por eso no puedes atravesar con tus dedos los objetos que tocas. La materia también tiene masa y la puedes sentir por el peso que tiene un objeto cuando lo levantas. *Materia* es de lo que están hechos todos los objetos del universo y se caracteriza por tener una forma, ocupar un espacio o volumen y poseer masa. Además, la materia puede estar en diferentes estados. Por ejemplo, el agua que bebemos está líquida dentro de un vaso; sin embargo, está sólida en un cubo de hielo.



Por lo tanto, toda la materia que encontramos en la naturaleza puede sufrir cambios en su estado debido a la **absorción de calor**. Por ejemplo, cuando encendemos una vela, la cera sólida se derrite por el calor absorbido del fuego y pasa a estado líquido. Al rociar perfume sobre nuestra piel, este contiene pequeñas gotitas líquidas que después se evaporan debido al calor absorbido de nuestra piel pasando a estado gaseoso.

Anexo 3: Prueba “Comprensión de textos científicos multimodales” (forma A)



Utiliza el texto titulado “Transferencia de energía entre seres vivos” para responder las siguientes preguntas.

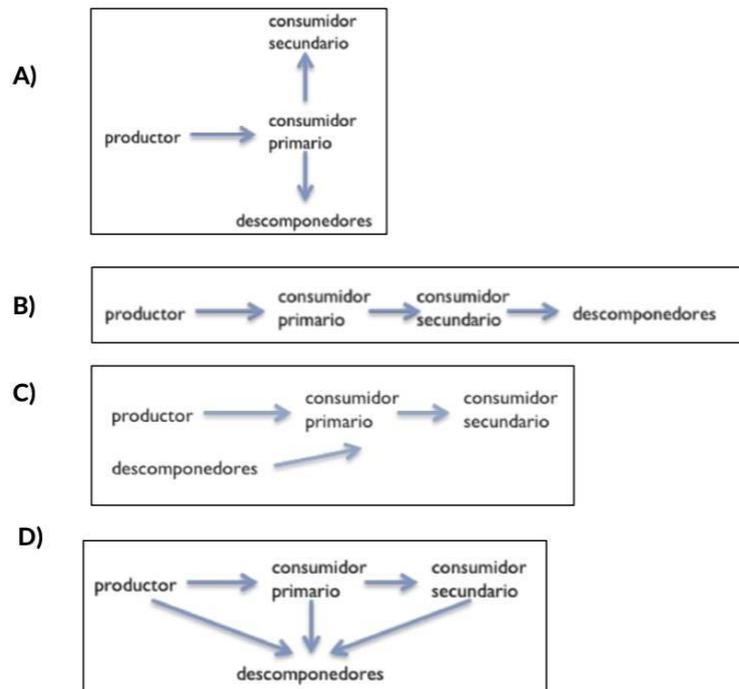
1. ¿Qué organismos obtienen directamente la energía del Sol para producir nutrientes?
 - A) Plantas.
 - B) Animales.
 - C) Hongos.
 - D) Bacterias.
2. ¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario?
 - A) Plantas.
 - B) Bacterias.
 - C) Herbívoros.
 - D) Carnívoros.
3. ¿Cómo obtienen la energía los animales si no pueden captarla directamente desde el Sol?
 - A) Todos los animales obtienen la energía a través de los procesos nutricionales.
 - B) Todos los animales obtienen la energía directamente de las plantas al alimentarse.
 - C) Todos los animales obtienen la energía alimentándose de otros animales.
 - D) Todos los animales obtienen la energía al alimentarse de los cuerpos en descomposición de otros seres muertos.
4. ¿De dónde obtiene su energía un consumidor secundario?
 - A) De manera directa desde el Sol.
 - B) Alimentándose de los productores.
 - C) Alimentándose de consumidores primarios.
 - D) Alimentándose de organismos muertos.

5. ¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario?
- A) Plantas.
 - B) Bacterias.
 - C) Cebra.
 - D) Leona.
6. ¿Por qué los animales son llamados consumidores?
- A) Porque obtienen la energía de la alimentación.
 - B) Porque obtienen la energía de hongos y bacterias.
 - C) Porque obtienen la energía desde el Sol.
 - D) Porque obtienen la energía de las plantas.
7. Según el texto, ¿qué representa la cadena alimentaria?
- A) La transferencia de energía entre seres vivos a través de la alimentación.
 - B) La clasificación de los organismos en productor, consumidor y descomponedor.
 - C) Una serie de eslabones que enlazan a los organismos según su alimentación.
 - D) Una organización jerárquica para representar la alimentación entre organismos.
8. ¿Cuál es la primera fuente de energía en una cadena alimentaria?
- A) Las bacterias.
 - B) Las plantas.
 - C) El Sol.
 - D) Los animales.
9. ¿Qué organismos obtienen su energía directamente del Sol?
- A) Consumidor primario.
 - B) Consumidor secundario.
 - C) Productor.
 - D) Descomponedor.
10. ¿Qué tipo de organismo es un animal que se come a otro animal?
- A) Consumidor secundario.
 - B) Consumidor primario.
 - C) Productor.
 - D) Descomponedor.

11. ¿Por qué la cadena alimentaria permite dar cuenta de las relaciones entre los seres vivos?

- A) Porque permite visualizar cómo conviven los seres vivos de una comunidad.
- B) Porque permite visualizar la acumulación de energía en los seres vivos de una comunidad.
- C) Porque muestra cómo el crecimiento o la disminución de una población afecta a las otras poblaciones de una comunidad.
- D) Porque es una representación de la transferencia de energía entre distintos seres vivos en una comunidad.

12. ¿En cuál de las siguientes tramas alimentarias los descomponedores están ubicados correctamente?



13. ¿Cómo se relaciona el concepto de interdependencia con el de transferencia de energía?

- A) Los organismos dependen entre ellos para obtener energía para sus procesos vitales.
- B) Los organismos dependen de la energía del Sol para realizar sus procesos vitales.
- C) La energía que utilizan los organismos para sus procesos viene directamente del Sol.
- D) La energía es producida por los organismos y los organismos almacenan esa energía.

14. Si desaparecen los productores en un ecosistema, ¿cómo afectaría a la trama alimentaria?

- A) Los consumidores primarios deberían captar directamente la energía del Sol.
- B) Los consumidores secundarios deberían buscar otras fuentes de alimentación.
- C) Los descomponedores tendrían menos energía para sus procesos vitales.
- D) Los organismos gradualmente desaparecerían por falta de fuente de energía.

15. ¿De dónde proviene la energía que necesitan los descomponedores?

- A) De los productores y los consumidores primarios.
- B) De los consumidores primarios y secundarios.
- C) De los productores y los consumidores secundarios.
- D) De los productores y de los consumidores primarios y secundarios.



Utiliza el texto titulado “Cambios de estado de la materia” para responder las siguientes preguntas.

1. ¿Cuándo la materia absorbe calor?
 - A) Cada vez que la materia sufre cambios de temperatura.
 - B) Solo cuando la materia mantiene constante su temperatura.
 - C) Cuando la materia pasa de una temperatura mayor a una menor.
 - D) Cuando la materia pasa de una temperatura menor a una mayor.

2. ¿Qué es la fusión?
 - A) Es el cambio desde estado líquido a estado sólido.
 - B) Es el cambio desde estado sólido a estado líquido.
 - C) Es el cambio desde estado gaseoso a estado sólido.
 - D) Es el cambio desde estado gaseoso a estado líquido.

3. ¿Por qué se derrite el hielo?
 - A) Porque disminuye su temperatura.
 - B) Porque aumenta su volumen.
 - C) Porque absorbe calor de parte de otro objeto.
 - D) Porque entrega su calor a otro objeto.

4. ¿En qué estado la materia tiene una forma y volumen constantes?
 - A) Sólido.
 - B) Fusión.
 - C) Gaseoso.
 - D) Vaporización.

5. Cuando el agua hierve en una tetera, ¿qué le está sucediendo al agua?
- A) El agua pasa de estado sólido a estado líquido.
 - B) El agua pasa de estado líquido a estado gaseoso.
 - C) El agua pasa de estado gaseoso a estado líquido.
 - D) El agua pasa de estado líquido a estado sólido.
6. ¿Por qué se derrite un hielo en un vaso de agua?
- A) Porque el agua absorbe calor del hielo.
 - B) Porque el hielo absorbe calor del agua.
 - C) Porque el Sol le entrega calor al hielo.
 - D) Porque el hielo entrega calor al agua.
7. ¿Qué ocurre si un objeto A con mayor temperatura entra en contacto con un cuerpo B de menor temperatura?
- A) El objeto A transferirá calor al objeto B.
 - B) El objeto B transferirá calor al objeto A.
 - C) Ambos objetos disminuirán su temperatura.
 - D) Ambos objetos mantendrán su temperatura.
8. ¿Qué ocurre en el proceso llamado fusión?
- A) La materia sólida absorbe calor y se transforma en líquida.
 - B) La materia líquida absorbe calor y se transforma en gas.
 - C) La materia gaseosa absorbe calor y se transforma en líquido.
 - D) La materia líquida absorbe calor y se transforma en sólida.
9. ¿Por qué en el texto aparece una imagen de una mano?
- A) Para demostrar que la mano absorbe el calor del cubo de hielo para cambiar su estado.
 - B) Para demostrar que el agua líquida le entrega calor a la mano para cambiar de estado.
 - C) Para demostrar que la mano le entrega calor al agua líquida para cambiar su estado.
 - D) Para demostrar que el cubo de hielo absorbe calor de la mano para cambiar de estado.

10. En las imágenes del texto, ¿de dónde obtiene calor el agua que está hirviendo?

- A) De la mano.
- B) Del cubo de hielo.
- C) Del vapor.
- D) Del quemador de una cocina.

11. En la figura de la página 2, ¿qué representan las flechas azules?

- A) Representan el proceso en que la materia pasa de un estado de la materia a otro.
- B) Representan el proceso en que la materia libera calor hacia un objeto de menor temperatura.
- C) Representan el proceso en que la materia absorbe calor de otro objeto de menor temperatura.
- D) Representan el proceso en que la materia libera calor hacia otro objeto de mayor temperatura.

12. ¿Por qué el vapor que sale de la tetera se dibuja como una nube?

- A) Porque es un gas y, por lo tanto, mantiene su volumen.
- B) Porque es un gas y, por lo tanto, su forma es constante.
- C) Porque es un gas y, por lo tanto, su forma es variable.
- D) Porque es un gas y, por lo tanto, adquiere la forma de la tetera.

13. ¿Qué es la vaporización?

- A) Es el cambio desde estado líquido a estado gaseoso.
- B) Es el cambio desde estado sólido a estado líquido.
- C) Es el cambio desde estado gaseoso a estado sólido.
- D) Es el cambio desde estado gaseoso a estado líquido.

14. ¿Qué ocurre en el proceso llamado vaporización?

- A) La materia sólida absorbe calor y se transforma en líquida.
- B) La materia líquida absorbe calor y se transforma en gas.
- C) La materia gaseosa absorbe calor y se transforma en líquido.
- D) La materia líquida absorbe calor y se transforma en sólida.

15. ¿Cuál de estos procesos es verdadero?

- A) El hielo para transformarse en agua debe entregar calor.
- B) El agua para transformarse en vapor debe entregar calor.
- C) El vapor para transformarse en hielo debe absorber calor.
- D) El hielo para transformarse en vapor debe absorber calor.

**Anexo 4. Índice de dificultad de ítems en el prepilote de la prueba
“Comprensión de textos científicos multimodales”**

Texto 1



| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-------------------|-----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Omisión | 21 | 26 | 26 | 34 | 32 | 34 | 32 | 34 | 42 | 47 | 45 | 45 | 45 | 42 | 42 | 53 | 55 | 53 |
| Incorrecto | 2.6 | 34 | 45 | 42 | 61 | 32 | 40 | 45 | 34 | 26 | 13 | 37 | 24 | 40 | 34 | 26 | 24 | 26 |
| Correcto | 76 | 40 | 29 | 24 | 7.9 | 34 | 29 | 21 | 24 | 26 | 42 | 18 | 32 | 18 | 24 | 21 | 21 | 21 |

Texto 2



| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Omisión | 21 | 26 | 32 | 21 | 24 | 21 | 24 | 24 | 29 | 29 | 29 | 32 | 34 | 40 | 45 | 45 | 45 | 42 | 45 | 45 |
| Incorrecto | 50 | 34 | 24 | 58 | 34 | 18 | 32 | 58 | 58 | 32 | 42 | 42 | 32 | 29 | 42 | 26 | 37 | 26 | 18 | 42 |
| Correcto | 29 | 40 | 45 | 21 | 42 | 61 | 45 | 18 | 13 | 40 | 29 | 26 | 34 | 32 | 13 | 29 | 18 | 32 | 37 | 13 |

Anexo 5: Discriminación de ítems en el prepiloteo de la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales”

| Texto 1 | Corr | Texto 2 | Corr |
|----------------|-------------|----------------|-------------|
| Item 01 | .278 | Item 01 | .341 |
| Item 02 | .761 | Item 02 | .311 |
| Item 03 | .620 | Item 03 | .073 |
| Item 04 | .085 | Item 04 | .633 |
| Item 05 | -.014 | Item 05 | .613 |
| Item 06 | .701 | Item 06 | .348 |
| Item 07 | .478 | Item 07 | .304 |
| Item 10 | -.254 | Item 08 | .303 |
| Item 11 | .303 | Item 09 | -.165 |
| Item 12 | .358 | Item 10 | .341 |
| Item 13 | .187 | Item 11 | .634 |
| Item 14 | .645 | Item 12 | .304 |
| Item 15 | .279 | Item 13 | .533 |
| Item 16 | .484 | Item 14 | .454 |
| Item 17 | .329 | Item 15 | .212 |
| Item 18 | .512 | Item 16 | .610 |
| Item 19 | .681 | Item 17 | -.212 |
| Item 20 | -.068 | Item 18 | .280 |
| | | Item 19 | .377 |
| | | Item 20 | .111 |

Anexo 6: Análisis de distractores en el prepilotaaje de la prueba “Comprensión de textos científicos multimodales”

| Texto 1: “Transferencia de energía entre seres vivos” | | | | | Texto 2: “Cambios de estado en la materia” | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|---|----------|----------|----------|----------|
| Ítem | a | b | c | d | Ítem | a | b | c | d |
| 01 | 76.3 | 0 | 0 | 2.6 | 01 | 23.7 | 5.3 | 21.1 | 28.9 |
| 02 | 10.5 | 10.5 | 39.5 | 13.2 | 02 | 7.9 | 39.5 | 10.5 | 15.8 |
| 03 | 28.9 | 31.6 | 0 | 13.2 | 03 | 44.7 | 18.4 | 2.6 | 2.6 |
| 04 | 23.7 | 10.5 | 15.8 | 15.8 | 04 | 39.5 | 7.9 | 21.1 | 10.5 |
| 05 | 15.8 | 18.4 | 23.7 | 10.5 | 05 | 42.1 | 5.3 | 13.2 | 15.8 |
| 06 | 15.8 | 15.8 | 34.2 | 0 | 06 | 2.6 | 60.5 | 5.3 | 10.5 |
| 07 | 23.7 | 2.6 | 28.9 | 13.2 | 07 | 10.5 | 44.7 | 13.2 | 7.9 |
| 10 | 23.7 | 21.1 | 5.3 | 15.8 | 08 | 39.5 | 13.2 | 18.4 | 5.3 |
| 11 | 5.3 | 21.1 | 23.7 | 7.9 | 09 | 23.7 | 21.1 | 13.2 | 13.2 |
| 12 | 10.5 | 13.2 | 26.3 | 2.6 | 10 | 39.5 | 15.8 | 10.5 | 5.3 |
| 13 | 42.1 | 10.5 | 2.6 | 0 | 11 | 28.9 | 18.4 | 10.5 | 13.2 |
| 14 | 15.8 | 5.3 | 15.8 | 18.4 | 12 | 21.1 | 10.5 | 10.5 | 26.3 |
| 15 | 31.6 | 13.2 | 2.6 | 7.9 | 13 | 15.8 | 2.6 | 10.5 | 36.8 |
| 16 | 15.8 | 15.8 | 5.3 | 21.1 | 14 | 31.6 | 5.3 | 18.4 | 5.3 |
| 17 | 23.7 | 18.4 | 13.2 | 2.6 | 15 | 28.9 | 2.6 | 13.2 | 10.5 |
| 18 | 5.3 | 15.8 | 5.3 | 21.1 | 16 | 28.9 | 5.3 | 2.6 | 18.4 |
| 19 | 13.2 | 7.9 | 2.6 | 21.1 | 17 | 15.8 | 15.8 | 18.4 | 5.3 |
| 20 | 7.9 | 10.5 | 21.1 | 7.9 | 18 | 13.2 | 31.6 | 7.9 | 5.3 |
| | | | | | 20 | 21.1 | 10.5 | 10.5 | 13.2 |

Anexo 7: Índices de dificultad y discriminación del Texto 1 (“Transferencia de energía entre seres vivos”)

| Ítems | I. Dif. | I. Disc. | Opciones | | | |
|---|------------|-------------|------------|-----|------------|------------|
| | | | A | B | C | D |
| 01.¿Qué organismos obtienen directamente la energía del Sol para producir nutrientes? | .60 | .53 | .60 | .07 | .09 | .23 |
| 02.¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario? | .39 | .74 | .13 | .42 | .3 | .04 |
| 03.¿Cómo obtienen la energía los animales si no pueden captarla directamente desde el Sol? | .35 | .36 | .35 | .15 | .46 | .04 |
| 04.¿De dónde obtiene su energía un consumidor secundario? | .42 | .62 | .38 | .07 | .42 | .12 |
| 05.¿Cuál de los siguientes organismos es un consumidor primario? | .39 | .72 | .10 | .45 | .39 | .06 |
| 06.¿Por qué los animales son llamados consumidores? | .49 | .60 | .49 | .20 | .21 | .08 |
| 07.Según el texto ¿qué representa la cadena alimentaria? | .71 | -.04 | .71 | .11 | .12 | .05 |
| 08.¿Cuál es la primera fuente de energía en una cadena alimentaria? | .30 | .44 | .38 | .24 | .30 | .07 |
| 09.¿Qué organismo obtiene su energía directamente del Sol? | .40 | .70 | .19 | .07 | .40 | .33 |
| 10.¿Qué tipo de organismo será un animal que se come a otro animal? | .41 | .73 | .41 | .08 | .10 | .40 |
| 11.¿Por qué la cadena alimentaria permite dar cuenta de las relaciones entre los seres vivos? | .24 | .50 | .45 | .19 | .09 | .24 |
| 12.¿En cuál de las siguientes tramas alimentarias los descomponedores están ubicados correctamente? | .32 | .53 | .17 | .23 | .26 | .32 |
| 13.¿Cómo se relaciona el concepto de interdependencia con el de transferencia de energía? | .61 | -.32 | .61 | .12 | .15 | .10 |
| 14.Si desaparecen los productores en un ecosistema, ¿cómo afectaría a la trama alimentaria? | .20 | .53 | .17 | .50 | .13 | .20 |
| 15.¿De dónde proviene la energía que necesitan los descomponedores? | .39 | .04 | .29 | .22 | .08 | .39 |

Anexo 8: Índices de dificultad y discriminación del Texto 2 (“Cambios de estado de la materia”)

| Ítems | Opciones | | | | | |
|---|----------|----------|------------|------------|------------|------------|
| | I. Dif. | I. Disc. | A | B | C | D |
| 01. ¿Cuándo la materia absorbe calor? | .19 | .47 | .65 | .05 | .07 | .19 |
| 02. ¿Qué es la fusión? | .37 | .67 | .16 | .37 | .37 | .07 |
| 03. ¿Por qué se derrite el hielo? | .40 | .62 | .31 | .19 | .40 | .07 |
| 04. ¿En qué estado la materia tiene una forma y volumen constantes? | .38 | .53 | .38 | .15 | .34 | .09 |
| 05. Cuando el agua hierve en una tetera, ¿qué le está sucediendo al agua? | .44 | .79 | .10 | .44 | .38 | .06 |
| 06. ¿Por qué se derrite un hielo en un vaso de agua? | .29 | .45 | .39 | .29 | .19 | .10 |
| 07. ¿Qué ocurre si un objeto A con mayor temperatura entra en contacto con un cuerpo B a menor temperatura? | .63 | .20 | .63 | .15 | .11 | .08 |
| 08. ¿Qué ocurre en el proceso llamado fusión? | .40 | .69 | .40 | .25 | .23 | .10 |
| 09. ¿Por qué en el texto aparece una imagen de una mano? | .24 | .64 | .23 | .10 | .40 | .24 |
| 10. En las imágenes del texto, ¿de dónde obtiene calor el agua que está hirviendo? | .35 | .75 | .44 | .09 | .09 | .35 |
| 11. En la figura de la página 2, ¿qué representan las flechas azules? | .45 | .70 | .45 | .15 | .11 | .27 |
| 12. ¿Por qué el vapor que sale de la tetera se dibuja como una nube? | .29 | .47 | .17 | .21 | .29 | .29 |
| 13. ¿Qué es la vaporización? | .54 | .55 | .54 | .15 | .13 | .12 |
| 14. ¿Qué ocurre en el proceso llamado vaporización? | .50 | .57 | .13 | .50 | .09 | .20 |
| 15. ¿Cuál de estos procesos es verdadero? | .34 | .08 | .30 | .22 | .08 | .34 |

Anexo 9. Correlaciones entre factores en los modelos analizados (CFA)

| Modelo 2 | | | | |
|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| | Explícito Visual | Inferencial Verbal | Inferencial Visual | Inferencial Verbal-Visual |
| Explícito Verbal | 0.961 | 1.061 | 0.940 | 0.994 |
| Explícito Visual | | 1.003 | 1.200 | 1.029 |
| Inferencial Verbal | | | 1.031 | 0.945 |
| Inferencial Visual | | | | 1.041 |

| Modelo 3 | |
|-----------------|-------------|
| | Inferencial |
| Explícito | 1.044 |

| Modelo 4 | | |
|-----------------|--------|---------------|
| | Visual | Verbal-visual |
| Verbal | 0.904 | 0.975 |
| Visual | 1 | 0.978 |