


Evaluación háptica de texturas geométricas en materiales gráficos inclusivos: aportes a la comunicación y el aprendizaje multimodal¹


Pilar Correa-Silva

Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM) ✉ 

Germán González-Quiroz

Universidad de Chile ✉ 

Mauricio Guerrero-Valenzuela

Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM) ✉ 

<https://dx.doi.org/10.5209/aris.104438>

Recibido: 13 de agosto de 2025 • Aceptado: 18 de diciembre de 2025

Resumen: El siguiente artículo presenta los resultados de un estudio dedicado a evaluar texturas geométricas generadas digitalmente y aplicadas a material gráfico inclusivo, con el propósito de identificar qué parámetros formales —forma, altura, densidad, direccionalidad y orden— favorecen la discriminación, el reconocimiento y la interpretación de información en relieve por parte de estudiantes con ceguera o baja visión.

Para ello se diseñó una batería de 18 texturas geométricas termoformadas en PVC transparente, seleccionadas previamente junto a expertos ciegos, y utilizadas en una serie de pruebas analíticas de comparación, discriminación y ordenamiento, además de ejercicios de interpretación de imágenes táctiles y mapas en relieve. Las evaluaciones se desarrollaron con niñas, niños y adolescentes con ceguera total o severa, con experiencia en lectura braille e imágenes táctiles.

Los resultados evidencian que las texturas táctiles, al ser interpretadas por medio de la hapticidad, no solo posibilitan la identificación y asociación de formas y estructuras que representen información gráfica, sino que también favorecen la discriminación perceptual y enriquece la experiencia cognitiva del usuario, incluyendo un atractivo estésico. La investigación aporta criterios y parámetros para el futuro desarrollo de materiales táctiles con fines educativos y de aprendizaje multimodal para personas con discapacidad visual.

Palabras clave: Textura táctil; háptica; discapacidad visual; multimodal; estesis.

EN Haptic evaluation of geometric textures in inclusive graphic materials: insights for multimodal communication and learning

Abstract: The following article presents the results of a study that evaluates digitally generated geometric textures applied to inclusive graphic materials, with the purpose of identifying which formal parameters—shape, height, density, directionality, and order—enhance the discrimination, recognition, and interpretation of embossed information by students who are blind or have low vision.

A set of 18 geometric textures was designed in transparent PVC, selected in collaboration with blind experts and used in comparative, discriminatory, and ordering tests, along with interpretation exercises involving tactile images and embossed maps. Evaluations were conducted with children and adolescents who are blind or have severe visual impairment, all experienced in Braille and tactile graphics.

The findings indicate that tactile textures, when interpreted háptically, enable the identification and association of shapes and structures that convey graphic information, while also enhancing perceptual discrimination and enriching the user's cognitive experience with an additional esthetic appeal. The study offers criteria and parameters for the future development of tactile materials aimed at inclusive education and multimodal learning for visually impaired users.

Keywords: Tactile texture; haptics; visual impairment; multimodal learning; esthesis.

¹ Este artículo forma parte del proyecto financiado por el Concurso de Proyectos Regulares de Investigación, año 2021, código LPC20 – 03, Universidad Tecnológica Metropolitana.

Sumario: 1. Introducción, 1.1. Objetivos, 2. Propiedades hápticas de las texturas y su generación digital, 3. Materiales y métodos, 3.1. Metodología, 3.2. Batería de pruebas de texturas táctiles para la evaluación sensorial (ES), 3.3. Proceso de diseño digital y fabricación de las muestras, 3.4. Participantes y criterios de selección, 3.5. Procedimiento en la etapa de evaluación sensorial, 4. Resultados, 4.1. Prueba analítica de comparación apareada simple, 4.2. Prueba analítica triangular y de ordenamiento, 4.3. Análisis de Imágenes y Mapas Táctiles, 5. Sobre el papel de la estesis en el reconocimiento y comunicabilidad de las texturas táctiles, 6. Discusión. Referencias.

Cómo citar: Correa-Silva, P., González-Quiroz, G., & Guerrero-Valenzuela, M. (2026). Evaluación háptica de texturas geométricas en materiales gráficos inclusivos: aportes a la comunicación y el aprendizaje multimodal. *Arte, Individuo y Sociedad*, 38(2), 235-249. <https://dx.doi.org/10.5209/aris.104438>

1. Introducción

La textura táctil constituye un recurso gráfico esencial, pues evidencia que el acto de “ver” trasciende la función estrictamente ocular. Mediante la exploración activa de una superficie, cada relieve, ángulo o rugosidad se convierte en un signo que el cerebro traduce en información espacial y estructural. Esta experiencia revela que la percepción háptica no solo complementa la visión, sino que, en ausencia de esta, puede sustituirla, facilitando el acceso a un lenguaje gráfico mediante el tacto.

La percepción háptica, entendida como un proceso activo de obtención de información a través del contacto y el movimiento, fue conceptualizada por J. J. Gibson (1966, 1979), quien acuñó el término para describir la integración de la exploración manual con la aprehensión de propiedades físicas como forma, peso, textura o resistencia. Antes de ello, G. Révész (1938) ya había diferenciado entre tacto pasivo y tacto activo, resaltando —al igual que Katz (1930)— el papel determinante del movimiento en el reconocimiento de objetos. Más recientemente, S. Ballesteros (1993) ha subrayado el carácter multimodal de este proceso y su relevancia en contextos de aprendizaje y accesibilidad.

En este marco, la textura táctil se puede comprender como una dimensión física y perceptible del objeto, mientras que la textura háptica remite a la experiencia integrada que combina sensaciones táctiles, kinestésicas y, en algunos casos, auditivas. Así, el estudio de ambas nociones resulta clave para diseñar materiales gráficos inclusivos, en los que la exploración manual permita construir representaciones mentales precisas y funcionales.

Incorporar la textura háptica en el diseño implica repensar los límites de la comunicación: ya no basta con pensar en colores y formas para la mirada, sino también en patrones y relieves para las yemas de los dedos. De este modo, extendemos la noción de cultura visual a una cultura multisensorial, donde las barreras sensoriales se reducen y el conocimiento acumulado —desde mapas hasta obras de arte— se pueden hacer accesible a una comunidad más amplia.

En esta transición hacia una cultura más multisensorial, el aprendizaje multimodal adquiere un papel central, pues reconoce que la construcción de significado se realiza a través de una variedad de modos o recursos semióticos que confluyen en un mismo evento comunicativo. Desde los aportes de la semiótica social de Kress y van Leeuwen (2001) y la teoría de la multimodalidad de Kress (2010), se entiende que cada modo —visual, táctil, auditivo, gestual o tecnológico— ofrece posibilidades específicas para representar y comprender el mundo. Esta perspectiva resulta especialmente pertinente en el diseño de materiales inclusivos, donde la textura táctil y la experiencia háptica se configuran no sólo como alternativas a la visión, sino como modos legítimos de significar en igualdad de valor cognitivo. Considerando que los nuevos currículos educativos enfatizan la participación plena de estudiantes con discapacidades sensoriales o motrices, el aprendizaje multimodal permite incorporar otras formas de acceso al conocimiento, ampliando las rutas de mediación y favoreciendo experiencias de comprensión profundas y accesibles. Así, la integración de relieves, patrones geométricos, relevancia del espacio en una imagen táctil no es solo una estrategia de diseño, sino la manifestación de un paradigma educativo que reconoce la diversidad sensorial como oportunidad para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En sintonía con lo anterior, el trabajo que presentamos en esta oportunidad forma parte de la línea de investigación que considera a la imagen táctil como un instrumento cognitivo más (Correa, 2011; Mazella, 2014). Como antecedente podemos indicar que en la educación tradicional ha predominado el uso de recursos visuales y auditivos, lo que a través del tiempo ha incrementado las barreras en el acceso al conocimiento de los estudiantes con discapacidad visual, pero también para aquellos que tienen estilos de aprendizaje diferentes o dificultades en la percepción auditiva. En este sentido, la inclusión de imágenes, mapas, modelos táctiles y experiencias sinestésicas, no solo beneficia a las personas con ceguera o baja visión, sino que enriquece la comunicación para todos los miembros de la sociedad. De esta manera, la incorporación de representaciones gráfico-táctiles en la cotidianidad puede potenciar el aprendizaje de conceptos espaciales, matemáticos y científicos, ampliar los recursos de aprendizaje y la experiencia multisensorial, además de fortalecer la creatividad y la imaginación.

Los materiales didácticos adaptados para los estudiantes con ceguera han potenciado el empleo del tacto en las aulas escolares, como ocurrió con el braille en su tiempo. Hoy las imágenes táctiles, los mapas en relieve y material en 3D han llegado a estos espacios de aprendizaje convirtiéndose en un objeto de investigación relevante. No obstante, uno de sus aspectos menos estudiados es la textura, entendida como una variable viso-táctil que aporta variedad y pertinencia al lenguaje gráfico táctil.

La textura como una característica de las imágenes en general, y de particular importancia en las imágenes en relieve, ha motivado un gran número de estudios e investigaciones, sin embargo, una proporción mucho menor de ellas se dedica a la modalidad táctil (López, 2008, Elkharraz 2014; Kolar, 2017). Uno de los primeros estudiosos que la consideró en su condición táctil fue el psicólogo alemán David Katz, quien hace justo cien años escribió el libro *Der Aufbau der Tastwelt* (1925), traducido al español el año 1930 con el título *El mundo de las sensaciones táctiles*. Katz además desarrolló, en este ámbito, las primeras investigaciones sobre la textura táctil en personas con discapacidad visual, describiéndola como “estructura de la superficie perceptible por el tacto, con cualidades o propiedades microfórmicas, ópticas o táctiles, agregando que el tacto se presenta como tan valioso como la vista” (Katz, 1930).

Al comenzar el presente siglo se ha incrementado el interés de investigar la percepción de las propiedades de la superficie de los objetos, entre ellas sus tipos y materiales. Uno de los objetivos de esta corriente ha sido examinar cómo las diferentes propiedades de las superficies de los materiales, y en especial las texturas, están organizadas y representadas en diferentes modalidades (Baumgartner, Wiebel Gegenfurtner 2015). Dichos estudios han estado enfocados más en la percepción de superficies de los objetos, y sus propiedades (Baumgartner, Wiebel y Gegenfurtner, 2015), colocando un fuerte énfasis en el examen comparativo entre la percepción visual y táctil de las texturas (Bergmann Tiest & Kappers, 2007). En línea con lo anterior, los estudios comparativos entre las variables psicofísicas y sensoriales que Okamoto, Nagano y Yamada desarrollan en 2013, resaltan las propiedades de los materiales. Empleando conceptos y adjetivos calificativos para especificar las dimensiones de la percepción táctil de las texturas, obteniendo como resultado un cuadro comparativo basado en diecisiete investigaciones anteriores, en el que se incluyen etiquetas semánticas como duro, blando, áspero (Picard, Dacremont, Valintin, y Giboreau, 2003); rugosidad, dureza, calor y humedad (Yoshida, 1969); dureza y rugosidad (Lyne, 1984); rugosidad, dureza y resbaladidad (Hollins, Faldowsky, Rao y Young, 1993, Hollins y Rinser 2000) entre otros. En este ámbito también podemos citar los estudios de Soledad Ballesteros, que acompañada por otros investigadores analizó 20 tipos de texturas de diferentes materiales, logrando establecer una calificación hedónica para medir la respuesta emocional o el placer/desagrado provocado por las texturas (2005).

Por otra parte, a partir de los estudios realizados por el semiólogo francés Jacques Bertin, se han motivado otras investigaciones, en el ámbito de la cartografía, en cómo los participantes ciegos perciben táctilmente las texturas en los mapas en relieve, como si fuera una variable háptica más (Papadopoulos, Karanikolas, 2009; Correa, 2011; Pérez, Ribeiro, Sena, 2019). En este contexto, el estudio se ha desarrollado mediante la elaboración de mapas compuestos por texturas creadas con diversos materiales organizados en forma de collage. Estas texturas incluyen tanto elementos naturales como materiales de fabricación industrial, las que posteriormente algunas pueden ser termoformadas (Mazella, Albaret, Picard 2014; Pérez, Ribeiro, Sena, 2019). Otra forma de desarrollar mapas o gráficos táctiles son con texturas generadas digitalmente, llamadas también texturas geométricas por sus características formales, para luego ser impresas en horno fuser (Papadopoulos, Karanikolasb, 2009) o en matrices digitales para termoformar (Correa, 2011)

En la elaboración de material didáctico para niños y niñas con ceguera han sido variadas las formas de emplear las texturas, como por ejemplo la técnica llamada ‘texturillustree’ (Valente, 2010), consistente en ilustraciones de formas simplificadas realizadas a mano con trozos de texturas de diferentes materiales, Cabe aclarar que este tipo de texturas naturales y las de diferentes materiales industriales son las que han sido más estudiadas desde una perspectiva somatosensorial (Baumgartner, Wiebel, Gegenfurtner 2015; Ballesteros, Bardida, Reales, Muñiz, 2003). Es decir, que a partir de ellas se han adjetivado las sensaciones que provocan en los receptores a través del tacto, ya que a través de la memoria háptica refuerzan la interpretación de las imágenes u objetos de las que son parte.

La técnica de collage de texturas se ha empleado para el diseño de material didáctico táctil, presentándose directamente a los niños, con las que se ha conseguido una buena evaluación de este tipo de imágenes en los libros de cuento (Darras, Valente, 2010; Valente 2015). Sin embargo, no tienen la misma utilidad en otro tipo de soportes de más bajo costo, en los cuales se requieren sistemas de reproducción más masivos. como lo son el papel microcapsulado que al imprimirse toma relieve con calor, al igual que el termoformado en PVC. A estas se suman las técnicas de impresión serigráficas y las que se realizan con máquinas que imprimen gráficos con puntos en Braille o cuño seco. Todas estas variantes sólo emplean texturas de tipo sintéticas o artificiales generadas a partir de elementos geométricos repetidos, con una densidad que permite tener la sensación de texturas.

Tradicionalmente, la imagen como fenómeno del conocimiento ha estado estrechamente vinculada a la visión ocular, quedando así restringida a una sola modalidad sensorial. Sin embargo, en el contexto de las Necesidades Educativas Especiales (NEE), particularmente cuando se trata de estudiantes con discapacidad visual, las imágenes y las texturas deben transformarse en objetos “tangibles”, que, además de posibilitar la construcción de un imaginario propio para los que no ven o encuentran dificultades para ello, puede facilitar un acceso real y profundo al conocimiento de la cultura visual imperante. El reto consiste en optimizar el diseño y la producción de imágenes táctiles y sus variables, generando interfaces que facilitan la relación con el entorno, incluso en situaciones carentes de estímulos lumínicos.

La dimensión táctil se erige así como un canal esencial para la comunicación accesible, donde las imágenes trascienden su función meramente visual para constituirse en medios expresivos y cognitivos que gatillan un acoplamiento estructural, ocupando otro sentido para su interpretación. De esta forma, el desafío se centra en optimizar el diseño y la producción de imágenes táctiles con la incorporación de las texturas hápticas que respondan a las capacidades perceptivas e interpretativas del tacto, y también a las posibilidades

técnicas y reproductivas disponibles, incluyendo esta variable en el lenguaje gráfico táctil, e integrándose de esta forma a las necesidades inclusivas en las aulas y en la vida cotidiana.

Así, las imágenes táctiles no son meramente adaptaciones, sino que pueden llegar a ser vehículos comunicativos plenos que enriquecen el lenguaje gráfico desde otra modalidad sensorial. Pueden llegar a ser parte de un proceso de comunicación inclusivo, multisensorial, profundamente humano, en el que el tacto asume un papel protagonista en la mediación entre el individuo, el conocimiento y el entorno.

1.1. Objetivos

Objetivo general

- Analizar la percepción háptica de texturas geométricas diseñadas para material gráfico inclusivo, con el fin de determinar qué parámetros formales favorecen la comunicación y el aprendizaje multisensorial de estudiantes con ceguera o baja visión.

Objetivos específicos

- Examinar las capacidades discriminativas y de reconocimiento háptico asociadas a distintas configuraciones texturales (forma, altura, densidad, direccionalidad y orden).
- Evaluar el aporte de las texturas geométricas en la interpretación de imágenes táctiles y mapas en relieve empleados en contextos educativo
- Identificar criterios técnicos y perceptivos que puedan orientar el diseño y la producción de materiales gráficos en relieve destinados al aprendizaje inclusivo.

2. Propiedades hápticas de las texturas y su generación digital

Dentro de esta dimensión táctil, la textura háptica emerge como un componente fundamental. Como variable plástica, la textura ha sido reconocida por numerosos autores clásicos como un elemento esencial en la configuración de la imagen visual (Grupo μ ,1993), en la que coexisten cualidades táctiles y ópticas, que pueden atraer tanto al sentido del tacto como al de la vista, tal como exponen varios autores en los estudios sobre la imagen, entre ellos Moles (1991), Marcè (1983), Villafañe (1996) y Wong (1981), reconociéndose no solo por su función perceptiva, sino también por su capacidad expresiva y su valor en la estructuración formal de las obras de arte. Al trasladar esta variable plástica a la elaboración de material háptico, se abre un campo de investigación que va más allá de la mera adaptación del contenido visual a nuevas modalidades sensoriales.

En este trabajo se releva la receptividad de la textura desde la perspectiva del usuario con ceguera o baja visión, es decir, cómo estos individuos las perciben desde el tacto en movimiento (exploración háptica). A su vez, se destacan sus características desde el punto de vista del productor de texturas y su aplicación a las imágenes, mapas y gráficos táctiles. De esta manera se identifican las propiedades físicas de las texturas táctiles que permiten determinar los aspectos cuantitativos de la configuración espacial, mediante la organización y repetición de un determinado "elemento textural" o "primitiva". Lo anterior implica por lo tanto una doble aproximación: por un lado, se requiere analizar y comprender cómo las texturas son apreciadas por el tacto, y por otro, prestar atención al proceso de generación de estas texturas, el cual puede involucrar métodos digitales y algoritmos que reproducen patrones geométricos específicos.

La integración de técnicas digitales en la producción de texturas para tocar plantea preguntas fundamentales acerca de la fidelidad, la autenticidad y el potencial expresivo del material táctil resultante. La generación digital permite explorar un abanico de posibilidades en términos de diseño, precisión y reproducibilidad, pero simultáneamente exige un conocimiento profundo sobre cómo estos patrones serán finalmente percibidos. En consecuencia, este estudio de las texturas aborda tanto los métodos de diseño y generación digital como las características perceptivas inherentes al tacto. Además, al poseer un enfoque interdisciplinario —que fusiona aspectos del diseño gráfico, la tecnología digital, la psicología sensorial y la pedagogía inclusiva— invita a repensar el rol de la imagen en la comunicación, generando nuevos modelos teóricos y metodológicos para la integración efectiva del tacto en los procesos de enseñanza y comunicación multisensorial. Dichos modelos, a su vez, consideran una evaluación detallada del impacto de las texturas geométricas o digitales, tomando en cuenta tanto los parámetros técnicos de su creación como los criterios de evaluación sensorial, que permitan determinar cuáles son las características más significativas asociadas al tacto.

Como premisa, la evolución hacia una comunicación visual inclusiva y multisensorial demanda una reconceptualización del papel de la imagen, donde el tacto y la textura se presentan no sólo como medios de adaptación, sustitutos o traducciones de lo visual, sino como componentes activos y enriquecedores del proceso del conocimiento. Este cambio de paradigma implica un compromiso con la investigación y el desarrollo de herramientas y metodologías apropiadas, que aseguren la accesibilidad y la plena participación de todos los individuos en el intercambio de información y en la experiencia sensible permitida por las imágenes.

El trabajo que hemos realizado por más de 30 años investigando y produciendo imágenes táctiles, en el Centro de cartografía táctil de la Universidad Tecnológica Metropolitana, para diferentes propósitos, nos permite validar la hipótesis presentada por Mazella et al, respecto a que la lectura táctil de imágenes es una actividad compleja, que involucra diferentes mecanismos perceptivos y cognitivos (2014). Este equipo de

investigadores desarrolló e implementó una batería de pruebas hápticas, con el fin de evaluar las capacidades perceptivas y cognitivas de niños y adolescentes con y sin discapacidad visual. Dicho instrumental se empleó para identificar y precisar una serie de habilidades en relación al estímulo táctil, como: el escaneo de puntos y contornos lineales; la discriminación de formas, tamaños y texturas; de orientación y ubicación espacial; y de memoria a corto plazo y comprensión de imágenes. Para estos objetivos se basaron en el trabajo de Ballesteros, quien junto a Bardisa y otros investigadores en el año 2003, generaron un instrumento de evaluación y medición psicológica de las habilidades perceptivas y cognitivas. De esta manera, diseñaron un mecanismo de evaluación psicométrico, en el cual se identificaron un conjunto de habilidades hápticas ordenadas en seis categorías de aplicación: comprensión espacial, memoria a corto plazo, identificación de objetos, identificación de formas elevadas, escaneo secuencial y discriminación de texturas y materiales (Ballesteros et al, 2005). Las baterías y mecanismos evaluativos recién descritos, con sus afinidades y diferencias en los objetivos de cada una, representan un buen modelo e instrumental metodológico para alcanzar los objetivos propuestos en nuestra investigación. Ambas tienen entre sus pruebas medir la receptividad háptica de los elementos del lenguaje gráfico táctil, entre los que se encuentra la textura, entre otras variables. De esta manera, confiamos en que el aporte de esta investigación complementará los estudios precedentes, al proponer una nueva batería de instrumentos para la evaluación sensorial, con el objetivo específico de estudiar de manera focalizada la variable de la textura táctil y sus propiedades hápticas (Correa et al, 2023).

3. Materiales y métodos

3.1. Metodología

El estudio se desarrolló mediante un enfoque de evaluación sensorial analítica, adaptada al análisis de texturas táctiles percibidas a través del sentido del tacto. La evaluación sensorial se empleó como marco metodológico por su carácter sistemático, controlado y reproducible, orientado a establecer relaciones entre estímulos físicos y las respuestas perceptivas de los participantes. En este contexto, se aplicaron metodologías analíticas estandarizadas, siguiendo los lineamientos propuestos por Severiano (2019), con el objetivo de evaluar las capacidades discriminatorias y descriptivas de la percepción háptica.

La batería de pruebas incluyó: pruebas de comparación apareada simple, prueba triangular, prueba de ordenamiento y análisis descriptivo cualitativo—cuantitativo, incorporando la técnica de descripción en voz alta para registrar verbalizaciones espontáneas durante la exploración táctil. Estas pruebas permitieron recoger información tanto objetiva como subjetiva sobre el reconocimiento, diferenciación y organización perceptiva de las texturas.

En cuanto a la evaluación sensorial (ES), si bien tradicionalmente se ha utilizado para la valoración y el testeo de alimentos, el estudio propone ampliar su uso para referirnos también a la evaluación de texturas mediante el sentido del tacto. La misma está catalogada como una disciplina científica, empleada para evocar, medir, analizar e interpretar respuestas acerca de los productos percibidos a través de los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído (Stone y Sidel, 2004). Se caracteriza por la precisión, exactitud y reproducibilidad de sus metodologías, considerando la relación entre un estímulo físico dado y la respuesta de un sujeto específico que, dotado de experiencias previas acumuladas en la memoria, su cerebro interpreta, organiza e integra las sensaciones entrantes en las “percepciones” en un proceso de un solo paso, la que finalmente, se formula en una respuesta basada en la percepción del sujeto (Schiffman 1996).

En esta ocasión se ha solicitado por cada prueba lo siguiente:

- Prueba analítica de comparación apareada simple. Se pide a cada juez que genere muestras pareadas según su semejanza.
- Prueba analítica triangular. Se presentan tres muestras al juez, de las cuales dos son iguales y tiene que identificar la diferente.
- Prueba analítica de ordenamiento. Los participantes tienen que ordenar tres o más muestras en orden creciente o decreciente, según una determinada propiedad, por ejemplo, direccionalidad.
- Pruebas cualitativas /cuantitativas, análisis descriptivos, en este caso se utilizó además la técnica de descripción en voz alta, en la cual los perceptores van relatando lo que perciben.

3.2. Batería de pruebas de texturas táctiles para la evaluación sensorial (ES)

La selección inicial de texturas táctiles se basó en una investigación previa titulada *Caracterización de las Texturas Táctiles en Material Gráfico Inclusivo: Estudio de sus Propiedades y Aplicaciones en Mapas Cartográficos e Imágenes en Relieve*. En esta etapa se seleccionaron 14 muestras de diferentes superficies texturizadas, extraídas de mapas e imágenes táctiles empleados como material didáctico adaptado para los niños y niñas con ceguera en Chile. Este análisis permitió identificar y analizar las diferentes formas del “elemento textural” o “primitiva” de la que estaban compuestas, al igual que sus patrones de repetición y los relieves determinados por sus alturas. De este modo y a partir de sus propiedades elementales se pudo determinar los aspectos cuantitativos de sus configuraciones espaciales, según forma, altura, densidad, direccionalidad y orden. Estos aspectos corresponden a las características identificadas, también entendidas como las propiedades texturales geométricas que componen las texturas táctiles (Correa et al, 2023).

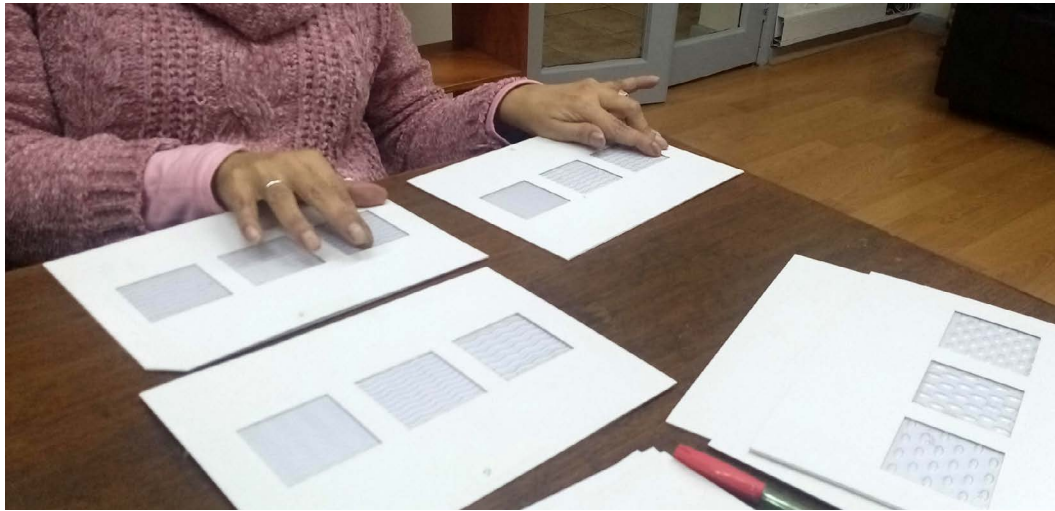


Figura 1. Selección de texturas por expertos ciegos para elaborar la batería de pruebas. Fotografía de autor

Con estos antecedentes se generaron digitalmente 34 muestras de texturas geométricas, variando sus configuraciones espaciales en cuanto a forma, altura, densidad, direccionalidad y orden. Posteriormente, dos expertos ciegos, con reconocida experiencia en lectura táctil seleccionaron 18 de ellas privilegiando aquellas que mostraban mayor claridad perceptiva y potencial para usuarios con menor entrenamiento. Con base en estas muestras seleccionadas, se diseñó una batería de pruebas de texturas táctiles orientada a la evaluación sensorial, enfocándose en las capacidades discriminatorias de percepción háptica de estudiantes con ceguera total o severa. La batería de pruebas se elaboró utilizando 18 tipos de texturas geométricas en PVC transparente, lo que permitió realizar la evaluación en iguales condiciones tanto con personas ciegas como con aquellas que presentaban déficit visual severo.



Figura 2. Batería de pruebas para la evaluación de texturas táctiles. Fotografía de autor

Los objetivos de las pruebas desarrolladas con esta batería de texturas fueron los siguientes:

- Reconocer las características morfológicas de las texturas (perfiles sensoriales) mediante el tacto activo.
- Discriminar diferentes tipos de texturas táctiles, que permitirían relacionar y/o comparar información entre diferentes formas gráficas, incluyendo a la simbología táctil en relieve.
- Comparar los aspectos discriminantes y características morfológicas de las texturas 2½D, y su nivel de aporte a la interpretación (comprensión) de las representaciones gráficas táctiles de mediana complejidad.
- Examinar las habilidades perceptivas táctiles de las personas con discapacidad visual, en el uso de texturas geométricas y/o patrones realzados en modelos de 2½ D y 3D.

Tabla 1. Prueba de comparación apareada simple



Muestras realizadas en PVC transparente de 6x6 cms. Cinco fueron pegadas en cada una de las caras de cubos impresos en 3D de color naranja, dejando una cara libre para evaluar la textura de materia del soporte.

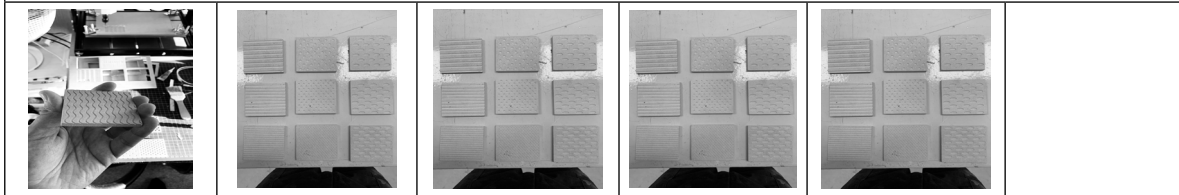
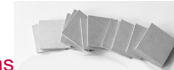


Tabla de elaboración propia.

Tabla 2. Pruebas de discriminación de los parámetros de las texturas



Doce muestras de texturas realizadas en PVC de 6x6 cms. se pegaron sobre fichas de cartón de 9x9 cms. con borde verde

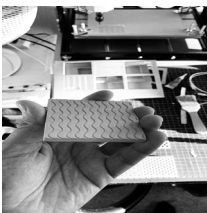
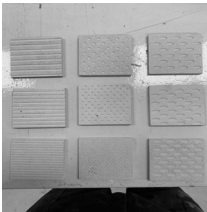
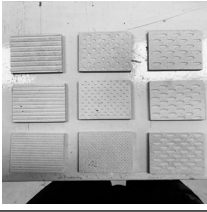
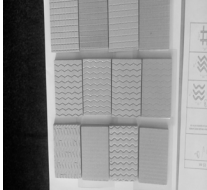
a)	Prueba triangular de forma		<ul style="list-style-type: none"> – Diferenciar primitivas morfológicas de la textura – Uniformidad y desigualdad – Detección y repetición del patrón
b)	Prueba triangular de Orientación		<ul style="list-style-type: none"> – Orden de la primitiva en la región – Sentido y orientación de la textura (Direccionalidad)
c)	Prueba triangular de ordenamiento.		<ul style="list-style-type: none"> – Densidad y cercanía de las primitivas geométricas – Orden jerárquico – Orientación y disposición de los elementos texturales
d)	Prueba triangular de ordenamiento de relieve.		<ul style="list-style-type: none"> – Preferencia al sentir la altura

Tabla de elaboración propia.

Para la prueba de interpretación de imágenes táctiles se seleccionaron cuatro imágenes realizadas para textos escolares que entrega el ministerio de educación a los niños ciegos del país.

Tabla 3. Pruebas de interpretación de imágenes con texturas geométricas.

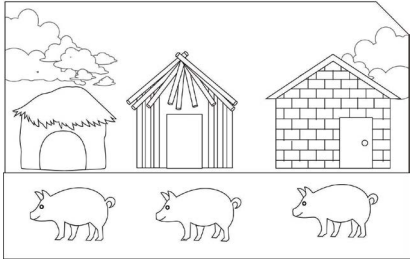
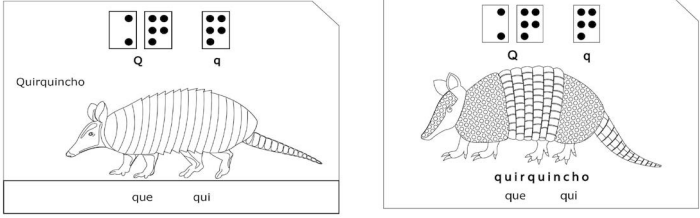
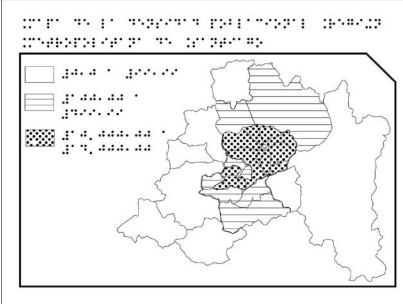
<p>Los tres cerditos</p> 	<p>¿Qué reconoces en cada una de las casas?</p>
 <p>Quirquincho</p> <p>que qui</p>	<p>¿Cuáles son las diferencias entre estos dos animales)</p>
	<p>¿Qué tipos de texturas hay y cuántas áreas del mapa ocupan cada una de ellas?</p>

Tabla de elaboración propia.

Tabla 4. Pruebas de reconocimiento y discriminación texturas geométricas en mapas con relieve

Objetivo	Solicitud	Respuestas para registrar
– Reconocimiento de ocho texturas diferentes en un mapa	¿Cuántas texturas encontraron en el mapa?	Número de texturas
– Reconocimiento de las primitivas (formas) en relieve	Mencione las formas geométricas que reconoce de las texturas en el mapa	Punto chico; Punto mediano Punto grande; Línea entrecortada; Línea Vertical, Línea entrecortada diagonal; Cuadrícula
– Relacionar los patrones de las texturas de la leyenda y las utilizadas en el mapa	¿Puedes reconocer las texturas de la leyenda y encontrarlas en las áreas texturadas del mapa?	Si No
– Sentido y orientación de la textura	¿Encuentras texturas similares con distintas orientaciones?	Si No
– Densidad y cercanía de las primitivas geométricas	¿Qué diferencias encuentras entre las texturas que están conformadas por puntos?	Distancias: mayor, menor, igual

Tabla de elaboración propia.

3.3. Proceso de diseño digital y fabricación de las muestras

El diseño y producción de las texturas táctiles se desarrollaron, en una primera etapa, en formato digital, empleando un software de dibujo vectorial CAD, con el objeto de dibujar preliminarmente las geometrías poligonales y circulares para la estructura de formas básicas tales como círculos, elipses, cuadriláteros entre otros (formas primitivas). A partir del modelado bidimensional de estas primitivas se desarrollará una batería de muestras físicas tridimensionales mediante el uso de software de modelado y diseño con Fusion 360, con el objeto de proponer diferentes representaciones y configuraciones espaciales de texturas.

Para la fabricación física de las matrices se utilizó MDF de 5,5 mm de espesor, debido a su facilidad de manipulación y a su adecuada compatibilidad con el corte preciso mediante router CNC. Sin embargo, se consideró la posibilidad de realizar pruebas y experimentos con otros materiales para evaluar su idoneidad en la producción de texturas táctiles. Las muestras se realizaron en formato cuadrado de 60x60 milímetros. Este formato permitió a los investigadores proporcionar tamaños adecuados al alcance de la mano para los grupos de prueba con lo que se lograron comparaciones sencillas y rápidas.

El proceso de fabricación se llevó a cabo utilizando una router CNC de escritorio modelo 3018, controlada por el software Fusion 360. Este equipo permitió la creación de diseños personalizados y la realización de cortes precisos en el MDF. El software Fusion 360, con su herramienta de fabricación, facilitó el diseño del proceso de fabricación y la generación de los archivos de control para la router CNC. Vale destacar que, para el diseño de las muestras y la generación de los archivos de control, también se utilizó el software OpenBuild para operar la CNC 3018 durante el proceso de fabricación, software de control numérico por computadora (CNC).

Es importante destacar que el resultado final de los tamaños y configuraciones logradas para las muestras depende muchas veces del tipo de fresas empleadas, su tamaño, el propósito tales como desbastar, perforar, ranurar o perfilar, además del tipo de material sobre el cual se mecaniza, en este caso placas de MDF (microfibra de madera aglomerada) de rápido trabajo. Cabe señalar la importancia del postproceso para dar los ajustes de terminación como el lijado y suavizado a este tipo de material. Por último, para la obtención final de las matrices en MDF, se copiaron en una termoformadora sobre la cual se obtuvieron las muestras finales en PVC transparente.

3.4. Participantes y criterios de selección

La participación se organizó en dos etapas:

Etapa 1: Validación preliminar

Dos expertos ciegos congénitos, licenciados en Educación Diferencial, participaron en una evaluación pre diagnóstica destinada a validar la selección final de texturas y verificar su pertinencia para la batería. Esta etapa permitió ajustar parámetros y anticipar dificultades perceptivas previsibles. Estos profesionales recibieron una compensación financiera por su participación y dieron su consentimiento informado.

Etapa 2: Evaluación principal

La muestra estuvo compuesta por 15 estudiantes con ceguera total o severa (6 niñas entre 9 y 14 años y 9 niños entre 7 y 14 años). Todos tenían algún entrenamiento en lectura braille y experiencia previa en el uso de imágenes táctiles.

Se establecieron como criterios de inclusión: diagnóstico de ceguera total o baja visión severa; escolaridad activa y el consentimiento informado propio y de sus tutores.

3.5. Procedimiento en la etapa de evaluación sensorial

Las pruebas se realizaron en cuatro sesiones de focus group en un ambiente distendido, simulando un aula de clases con espacio para el diálogo con los evaluadores y entre sus pares. Cada sesión fue grabada y acompañada de registro observacional.

Las pruebas se aplicaron por orden, siendo la primera el emparejamiento de texturas, para ello a cada participante se les entregó dos cubos con texturas para que fueran explorando con ambas manos libremente cada cubo, sin límite de tiempo. Todos las niñas y niños exploraron los dos cubos simultáneamente, comparando cada una de las diferentes texturas hasta lograr encontrar sus parejas.

La segunda prueba se realizó con cuatro subpruebas, las cuales consistían en entregarles secuencialmente tres fichas a cada estudiante, con la tarea específica de que debían indicar una determinada secuencia o posición en cada una de las triadas de estímulos texturales.

Las dos últimas pruebas consistieron en la exploración libre, inicialmente de un mapa con leyenda en relieve en PVC transparente de 35 x 53 cms. El mapa correspondió a una comuna del sur de Chile con ocho sectores rurales texturados para su reconocimiento. Se les solicitó encontrar cada uno de los sectores e identificar su nombre a través de emparejamiento de las texturas con la leyenda. Luego se les entregó una serie de imágenes táctiles con su identificación en braille, en las cuales se les solicitó que pudieran interpretarlas y comentar el uso de las texturas. En síntesis:

1. Se presentan tarjetas con texturas táctiles que varían algunas variables gráficas a la vez.
2. Se aplican pruebas tipo:
 - Comparación pareada
 - Prueba triangular y de ordenamiento
 - Análisis descriptivos e interpretativos de imágenes.
 - Variables independientes: forma, altura, densidad, direccionalidad, orden.
 - Variables dependientes: nivel de discriminación, comprensión, preferencia.

A continuación, presentamos los parámetros utilizados de las texturas evaluadas en pruebas A y B de modo de visualizar las variaciones de las muestras de texturas.

Tabla 5. Parámetros utilizados de las texturas evaluadas.

	<p>Forma: Elipsoide Relieve (Altura): 0.5; 0.7 mm. Densidad (separación horizontal) 0.9; 0.6; 0.9 mm. Densidad (separación vertical) 0.9; 0.6; 0.3 mm Direccionalidad Horizontal / Vertical Orden: columnas en posición alternada</p>
	<p>Forma: Circular de 0.1; 0.3; 0.4 mm. Relieve (Altura): 0.3; 0.5; 0.7 mm. Densidad (separación horizontal) 0.24; 0.7; 1.8 mm. Densidad (separación vertical) 0.4; 0.7; 1.0 mm. Direccionalidad; se evaluó en sólo una posición Orden: columnas en posición alternada</p>
	<p>Forma: lineal de 0.12; 0.24; 0.3 mm. Relieve (Altura): 0.3; 0.5; 0.7 mm. Densidad (separación horizontal) 0.24; 0.7; 1.8 mm. Densidad (separación vertical) 0.3; 0.4; 0.6 mm. Direccionalidad se evaluó en sólo una posición Orden: sin variación</p>
	<p>Forma: Curva Relieve (Altura): 0.5; 0.7 mm. Densidad (separación horizontal) 0.9; 0.6; 0.9 mm. Densidad (separación vertical) 0.9; 0.6; 0.3 mm Direccionalidad Horizontal / Vertical Orden: columnas en posición alternada</p>
	<p>Forma: Zig Zag 0.1; 0.3; 0.4 mm. Relieve (Altura): 0.3; 0.5; 0.7 mm. Densidad (separación horizontal) 0.24; 0.7; 1.8 mm. Densidad (separación vertical) 0.4; 0.7; 1.0 mm. Direccionalidad; se evaluó en sólo una posición Orden: columnas en posición alternada</p>
	<p>Forma: Cuadriculade 0.12; 0.24; 0.3 mm. Relieve (Altura): 0.3; 0.5; 0.7 mm. Densidad (separación horizontal) 0.24; 0.7; 1.8 mm. Densidad (separación vertical) 0.3; 0.4; 0.6 mm. Direccionalidad se evaluó en sólo una posición Orden: sin variación</p>

Tabla de elaboración propia.

4. Resultados

En este apartado se exponen los principales hallazgos obtenidos del estudio exploratorio centrado en la percepción háptica de texturas táctiles. En su desarrollo se advirtió que la primera variable en ser reconocida es la forma de la primitiva en cada textura. La altura, como segunda variable, presentó mayores dificultades para su reconocimiento ya que los evaluadores no pudieron identificar las diferencias de relieve entre las variaciones 0.3, 0.5 y 0.7. Entre estas dimensiones, la que mejor se ajusta a la exploración manual es la variable 0.5. En el caso de la 0.3 se reconoce sin mayor detalle, y la 0.7 es considerada molesta al tacto por su efecto de roce. Respecto a la variable densidad, se reconoce, pero con la condición de que se generen densidades contrastantes al momento de diseñar las diferentes texturas. La variable dirección sólo se puede aplicar en determinadas primitivas, como se puede observar en la tabla n°6. Finalmente, la variable de orden no fue reconocida en las primitivas evaluadas.

A continuación, se presentan los resultados de cada una de las cuatro pruebas realizadas empleando la batería de evaluación de texturas táctiles.

4.1. Prueba analítica de comparación apareada simple

Se solicitó a los participantes emparejar las caras de los dos cubos con texturas idénticas.

La tasa de éxito fue del 93 %. Los participantes lograron discriminar correctamente los cinco pares de texturas en PVC y reconocer las primitivas de cada una, incluso detectando la textura dejada en una cara del cubo por la impresión 3D.

Los evaluadores no presentaron dificultad en el reconocimiento de cada una de las muestras texturadas en el cubo, el cual movían hasta encontrar la pareja de la textura táctil solicitada en la orientación correcta.

Los evaluadores manipularon libremente los cubos, prolongando la actividad más allá del tiempo previsto debido al disfrute sensorial que generaban las texturas. Varios participantes generaron sonido con el roce de texturas para identificarlas o como estímulo a compartir con el resto de los asistentes. La textura que más les agradó fue la de círculos pequeños con alta densidad.

Respecto al reconocimiento de primitivas, la forma circular fue la que identificaron más fácilmente, así como las diferencias de tamaño. En cambio, hubo dificultades semánticas para identificar la elipse, al no conocer el concepto, para ello utilizaron una serie de términos como “círculo alargado” o “semilla”, igualmente al presentar el par de texturas lineales, que en este caso era una textura conformada por líneas quebradas o que comúnmente se conoce como “Zig Zag”, refiriéndose a ella como líneas onduladas.

4.2. Prueba analítica triangular y de ordenamiento

Esta prueba se estructuró en cuatro subpruebas con tríos de tarjetas texturadas

a) Discriminación de líneas

Los participantes no lograron diferenciar líneas curvas de líneas quebradas, refiriéndose a ambas como “onduladas”. Tampoco detectaron variaciones de altura entre relieves de 0.5 y 0.7 mm.

b) Densidad y direccionalidad en elipsoides

Frente a las tarjetas con elipsoides de distintas densidades y basados en la orientación dada con el corte del lado derecho, los participantes identificaron con claridad la textura con dirección vertical y las otras dos de dirección horizontal o “acostada”, como se refirieron algunos estudiantes. Solo el 66% de los perceptores con ceguera reconoció que las texturas horizontales no eran iguales dado que en una estaban más juntas las primitivas. Nuevamente, no se mencionaron las diferencias de altura de 0.3; 0.5; 0.7mm.

c) Ordenamiento por tamaño y densidad en líneas rectas

El 86% de los participantes ordenó correctamente las tarjetas según el grosor creciente de las líneas y la densidad entre ellas, mencionando especialmente la diferencia de tamaño. Un 52% reconoció que la línea más gruesa también era la más alta 0.7 mm.

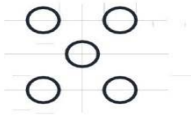






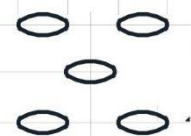







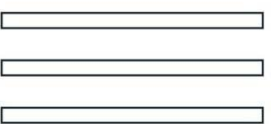







La prueba de ordenamiento secuencial reveló una mayor eficacia perceptiva, alcanzando un 86 % de cumplimiento. Esto puede atribuirse a la claridad con que se diseñaron las variaciones de densidad y grosor en líneas rectas, lo que refuerza la importancia de mantener una lógica progresiva en las variables gráficas cuando se busca enseñar relaciones jerárquicas o cuantitativas.

En contraste, la prueba de cuadrículas evidenció una menor capacidad discriminativa (45 %). Las pequeñas diferencias de tamaño entre los cuadrados, así como el cambio en la modalidad de relieve (positivo vs. negativo), no fueron fácilmente percibidos. Este resultado es especialmente relevante para el diseño de mapas o diagramas complejos, donde una textura poco contrastada puede pasar inadvertida o ser interpretada erróneamente.

d) Texturas cuadrada

Las texturas están diseñadas en base a la repetición de pequeños cuadrados en relieve de distintos tamaños (0.12, 0.24, 0.3 mm), diferentes separaciones y una de las tarjetas con inversión de relieve dejando bajo relieve los cuadrados y elevadas las separaciones. Solo el 45 % de los participantes reconoció las diferencias de tamaño de los cuadrados; no se identificaron cambios de densidad ni se detectó la textura invertida.

Tabla 5. Resumen resultados generales de discriminación de texturas

PRIMITIVA	FORMA	ALTURA			DENSIDAD	DIRECCIÓN	ORDEN
		0.3	0.5	0.7			
						No aplica	
							
							

PRIMITIVA	FORMA	ALTURA			DENSIDAD	DIRECCIÓN	ORDEN
	No se perciben Las diferencias de forma					No se evaluó	No se evaluó
						No se evaluó	No se evaluó
						No aplica	No aplica

Tabla de elaboración propia.

4.3. Análisis de Imágenes y Mapas Táctiles

a) Imágenes

- **Lamina: Casas de los tres cerditos:** El 86 % de los participantes conocía el cuento, lo que facilitó el reconocimiento de las viviendas y sus materiales. Los dos participantes que no recordaban o conocían el cuento pudieron describir las imágenes. El 100 % expresó que las imágenes con texturas mejoran y disfrutaban más de la experiencia.
- **Láminas: Quirquinchos:** Su identificación fue más compleja, pero la búsqueda de diferencias texturales resultó estimulante. Estas imágenes sin referencia previa, generaron más dificultades para su reconocimiento, pero las diferencias entre ellas estimularon la curiosidad y la exploración sensorial.
- **Lamina: Mapa con áreas delimitadas:** Las texturas punteadas fueron más eficaces para distinguir y contar las zonas. Las texturas lineales generaron confusión y no permitieron una buena discriminación del número de sectores. Las áreas sin textura pasaron desapercibidas hasta que se solicitó contarlas explícitamente.

b) Mapa táctil con leyenda

Se presentó un mapa rural de 34 x 54 cm con ocho sectores representados por ocho texturas diferentes. Los objetivos específicos de esta prueba fueron:

- Identificar las texturas diferentes
- Discriminar el número de superficies texturadas
- Mencionar las formas reconocidas.
- Relacionar las texturas del mapa con las de la leyenda

En este mapa se utilizaron texturas de diferentes primitivas geométricas: tres texturas de puntos de diferentes tamaños; cuatro texturas de línea, una entrecortada, otra diagonal entrecortada y la línea recta vertical y otra horizontal y finalmente una cuadrícula de líneas cruzadas. Todas las texturas tienen entre 0.3 y 0.5mm.

Las preguntas de la prueba guiaron la exploración del mapa y su leyenda. La comparación entre texturas de puntos con diferentes configuraciones mostró mejores niveles de identificación en comparación con aquellas conformadas por líneas o áreas sin textura.

La dificultad de esta prueba fueron las relaciones. Primero por el gran número de texturas a identificar, el tacto frente a tanta información se agota. Otra complejidad se encontró en los tamaños de cada una de las muestras texturales, una era muy pequeñas para incorporar algunas texturas como las lineales que tienen mayor tamaño las primitivas que las conforman. De igual modo las texturas lineales se confunden cuando cambian de dirección las áreas, muchas veces los perceptores ciegos mueven el soporte para poder percibir mejor y eso hace que las orientaciones de las texturas se modifiquen en el proceso de lectura. También influye el área en la cual se insertan los patrones textuales que hace que no se puedan distinguir bien, por ejemplo, la textura lineal horizontal con la textura cuadriculada.

5. Sobre el papel de la estesis en el reconocimiento y comunicabilidad de las texturas táctiles

Como se mencionó anteriormente, en la prueba analítica de comparación apareada simple, los evaluadores no encontraron mayores dificultades en identificar los pares de texturas y sus respectivas primitivas, y también se detuvieron más del tiempo presupuestado en la experiencia, a causa del agrado obtenido por la manipulación de los cubos. Se observó además que, en dicha manipulación, el sonido generado por el roce del tacto sobre algunas caras y texturas resultó altamente atractivo, compartiéndose el hallazgo entre los participantes, como una nueva forma de reconocimiento y apropiación sensible del estímulo táctil. Aunque la prueba implicaba una consulta general sobre el gusto por una u otra textura incluida en la batería de pruebas, surgió espontáneamente una reacción estésica producto de la acción del tacto activo sobre las superficies texturadas. De esta manera, convenimos en identificar como estesis la reacción sensible de los evaluadores, en su sentido de conocimiento pre racional y valorativo, intuitivo y encarnado, emocional y afectivo, del entorno y sus objetos.

Esta reacción estésica, surgida de la exploración táctil activa, puede ser comprendida desde la fenomenología del cuerpo propuesta por Merleau-Ponty (1945), para quien el cuerpo no es un mero receptor pasivo de estímulos, sino la base misma de toda experiencia perceptiva. En su visión, el acto de percibir implica una forma de conocimiento pre-reflexivo y encarnado, en el que el cuerpo siente y comprende a la vez, en un mismo gesto perceptivo. En esta lógica, el tacto no se limita a registrar información, sino que constituye una forma primordial de apertura al mundo, en la que sensibilidad, afecto y juicio se entrelazan.

En esta misma línea, Paterson (2007) retoma y amplía esta concepción al definir el tacto háptico como una modalidad perceptiva activa, cargada de implicaciones afectivas y cognitivas. Desde su perspectiva, el cuerpo que toca no sólo explora, sino que participa en la creación de sentido, generando respuestas estéticas que surgen directamente de la experiencia sensible. Así entendida, la estesis puede concebirse como la manifestación inmediata de un saber táctil que no requiere de mediación visual o discursiva, sino que emerge de la relación íntima y encarnada con el entorno.

6. Discusión

La textura táctil generada mediante implantaciones geométricas digitales se aleja significativamente del concepto de textura natural, no solo por su origen artificial, sino por cómo es percibida. También, a diferencia de las texturas visuales, que pueden ser reconocidas en distintas escalas gracias a la memoria visual, la experiencia táctil depende estrictamente de la escala real. La memoria háptica requiere contacto directo y proporcionalidad precisa para evocar un tipo de sensación, lo cual marca una diferencia fundamental entre la percepción táctil y visual de las texturas naturales. Al mismo tiempo, esto dificulta y restringe las posibilidades de diseñar texturas digitales adecuadas para la percepción táctil.

De esta manera, se evidencia la relevancia del diseño de las texturas para ser percibidas por personas con discapacidad visual, particularmente en contextos educativos donde la comprensión del contenido depende en gran medida de la calidad sensorial y comunicativa de los estímulos táctiles.

Por su lado, la forma de reconocimiento y apropiación sensible a través del tacto, que va más allá de la identificación objetiva, revela un tipo de conocimiento corporal y afectivo, caracterizado por reacciones espontáneas, que dan cuenta de una dimensión estésica en la experiencia táctil, definible como saber intuitivo y encarnado del entorno. Los participantes tendieron a extender el tiempo de manipulación por el agrado que les producía el contacto, y compartieron verbalmente hallazgos sensoriales como el sonido generado por el roce de los dedos.

Considerando la alta tasa de aciertos en los apareamientos (93 %), se demuestra la posibilidad de diseñar texturas táctiles distinguibles, cuando se controlan parámetros como forma, tamaño y densidad. Este hallazgo coincide con investigaciones previas sobre la discriminación háptica, que destacan la importancia de la regularidad geométrica y la diferenciación clara de primitivas en materiales educativos táctiles. Sin embargo, las dificultades observadas en la identificación verbal de primitivas, como elipse o zigzag, sugieren que no siempre existe una correspondencia entre el reconocimiento sensorial y el lenguaje conceptual aprendido. Esto plantea un desafío doble: diseñar texturas táctiles eficaces que puedan dialogar con un vocabulario háptico fortalecido, apropiado para el reconocimiento y el aprendizaje gráfico del entorno vivido.

La distinción entre líneas curvas y quebradas, o la percepción de pequeñas diferencias de altura, subrayan la necesidad de umbrales mínimos perceptibles en el diseño de relieves. La capacidad para detectar cambios de orientación o de densidad en algunas tarjetas (hasta un 66 % de aciertos), indicaría que estos atributos pueden funcionar como variables gráficas diferenciadoras, especialmente si se presentan de forma más contrastada.

El análisis de imágenes táctiles comprueba que el conocimiento previo (como el cuento de los tres cerditos) facilita significativamente la interpretación de las imágenes. Esta relación entre la familiaridad del relato y su comprensión gráfica destaca el valor del contexto y el antecedente narrativo en el diseño de materiales educativos accesibles, lo que no ocurrió con otras imágenes sin contexto e historial previo.

Por otra parte, el uso de mapas táctiles con leyendas demuestra la eficacia del diseño de texturas bien diferenciadas. Las texturas punteadas resultan ser las más legibles, mientras que las lineales generan mayor confusión. Por su lado, la altura del relieve por sí misma no es efectiva. Esto sugiere que la redundancia de variables (por ejemplo: primitivas diferentes + orientación + densidad), podría ser una estrategia efectiva para mejorar la discriminación háptica, especialmente en mapas o gráficos con múltiples categorías. Sin

embargo, se observó que el exceso de texturas genera cansancio y fatiga, por la cantidad de información que los sujetos de prueba deben manejar y el tiempo para reconocer cada una de ellas.

Desde la perspectiva de la accesibilidad educativa —en el contexto chileno—, los hallazgos de este estudio adquieren una relevancia significativa. Las orientaciones del Decreto N° 83 (2005, actualizado en 2015), que regula las adecuaciones de acceso y participación, establecen la necesidad de proveer materiales que permitan a los estudiantes con discapacidad acceder al currículo en igualdad de condiciones. A ello se suma el enfoque del Diseño Universal del Aprendizaje promovido por el Ministerio de Educación, que enfatiza la importancia de ofrecer múltiples formas de representación, entre ellas las modalidades táctiles. En este marco, la investigación presentada aporta parámetros concretos para la construcción de texturas que no solo se ajustan a las exigencias curriculares, sino que resultan efectivamente legibles y significativas para los estudiantes. Asimismo, los criterios derivados del estudio se articulan con los lineamientos de accesibilidad impulsados por el Servicio Nacional de la Discapacidad y por los Centros de Recursos Educativos para la Inclusión (CREI), fortaleciendo sus orientaciones mediante la delimitación de umbrales perceptivos, variables críticas y condiciones de diseño útiles tanto para equipos docentes como para unidades técnicas encargadas de la producción de material accesible.

Finalmente, se evidencia la necesidad de incorporar estrategias pedagógicas para ampliar el léxico háptico, que sea apropiado para el reconocimiento de conceptos gráficos como línea, curva, línea quebrada, retícula, etc., en el caso de personas con ceguera. Tal como señalan Homa et al. (2019), los receptores ciegos pueden discriminar y categorizar con precisión distintas cualidades táctiles —como textura, forma y tamaño—, lo que reafirma el potencial del tacto como vía eficaz para la conceptualización cuando se apoya en un lenguaje accesible y específico.

Referencias

- Ballesteros, S., Bardisa, D., Reales, J. M. & Muñiz, J. (2003). La batería de habilidades hápticas: Un instrumento para evaluar la percepción y la memoria de niños ciegos y videntes a través de la modalidad háptica. *Integración: Revista sobre ceguera y deficiencia visual*, (43), 7-20. <https://www.once.es/dejanos-ayudarte/la-discapacidad-visual/revista-red-visual/numeros-anteriores-revista-integracion/2003-integracion-41-43/sumario-del-numero-43-de-la-revista-integracion>
- Ballesteros, S., Bardisa, D., Millar, S. & Reales, J. (2005). The Haptic Test Battery: A new instrument to test tactual abilities in blind and visually impaired and sighted children. *British Journal of Visual Impairment*, 23(1), 11-24. <https://doi.org/10.1177/0264619605051717>
- Ballesteros, S. (1993). Percepción háptica de objetos y patrones realizados: una revisión. *Psicothema*, No5 (No2), 311-321. <https://www.psicothema.com/pii?pii=885>
- Baumgartner, E., Wiebel, C. B. & Gegenfurtner, K. R. (2015). A comparison of haptic material perception in blind and sighted individuals. *Vision Research*, 115(Part B), 238-245. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2015.02.006>
- Bergmann Tiest, W. M. & Kappers, A. M. L. (2007). Haptic and visual perception of roughness. *Acta Psychologica*, 124(1), 177-189. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2006.03.002>
- Correa, P. (2011). *Imágenes que podemos tocar*. Editorial Universidad Tecnológica Metropolitana. <https://editorial.utm.cl/publicaciones/imagenes-que-podemos-tocar/>
- Correa, P., Guerrero, M., González G. (2023). Identificação de características e propriedades morfológicas em texturas táteis: Estudo sobre gráficos educativos e cartografias para crianças com deficiência visual. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 29, e0196. <https://doi.org/10.1590/1980-54702023v29e0196>
- Darras, B. & Valente, D. (2010). Tactile images: Semiotic reflections on tactile images for the blind. *Terra Haptica*, (1), 1-16. <https://www.academia.edu/27865836/>
- Elkharraz, G., Thumfart, S., Akay, D., Eitzinger, C. & Henson, B. (2014). Making tactile textures with predefined affective properties. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 5(1), 57-70. <https://doi.org/10.1109/T-AFFC.2013.21>
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Houghton Mifflin.
- (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin.
- Grupo μ . (1993). *Tratado del signo visual: Para una retórica de la imagen*. Cátedra.
- Homa, D., Kahol, K., Tripathi, P. et al. (2009). Haptic concepts in the blind. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71, 690-698. <https://doi.org/10.3758/APP.71.4.690>
- Hollins, M., Faldowsky, R., Rao, S. & Young, F. (1993). Perceptual dimensions of tactile surface texture: A multidimensional scaling analysis. *Perception & Psychophysics*, 54(6), 697-705. <https://doi.org/10.3758/BF03211795>
- Hollins, M. & Rinser, S. R. (2000). Evidence for the duplex theory of tactile texture perception. *Attention, Perception & Psychophysics*, 62(4), 695-705. <https://doi.org/10.3758/BF03206916>
- Katz, D. (1930). *El mundo de las sensaciones táctiles*. Revista de Occidente.
- Kress, G. & van Leeuwen, T. (2001). *Multimodal Discourse: The Modes and Media of Contemporary Communication*. Londres, Arnold; Introducción, pp. 1-23.
- Kress, G. (2010). *Multimodality: A Social Semiotic Approach to Contemporary Communication*. Routledge, London, ISBN 13: 978-0-415-32061-0
- Kolar, M., Debattista, K. & Chalmers, A. (2017). A subjective evaluation of texture synthesis methods. *Computer Graphics Forum*, 36(2), 189-198. <https://doi.org/10.1111/cgf.1311>
- Lyne, M. B., Whiteman, A., & Donderi, D. C. (1984). Multidimensional scaling of tissue quality. *Pulp & Paper Canada*, 85(10), 43-50.

- López, V., González, D., Eitzinger, C., Thumfart, S. & Henson, B. (2008). Synthesis of haptic textures transmitting predetermined feelings and emotions. En *6th Conference on Design and Emotion 2008*.
- Okamoto, S., Nagano, H. & Yamada, Y. (2013). Psychophysical dimensions of tactile perception of textures. *IEEE Transactions on Haptics*, 6(1), 81-93. <https://doi.org/10.1109/TOH.2012.32>
- Picard, D., Dacremont, C., Valentin, D. & Giboreau, A. (2003). Perceptual dimensions of tactile textures. *Acta Psychologica*, 114(2), 165-184. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2003.08.001>
- Mazella, A., Albaret, J., & Picard, D. (2014). Haptic tests for use with children and adults with visual impairments: A literature review. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 108(3), 227-237. <https://doi.org/10.1177/0145482X1410800306>
- Marcè i Puig, F. (1983). *Teoría y análisis de las imágenes*. Publicaciones y Ediciones de la Universitat de Barcelona.
- Merleau-Ponty, M. (2000). *Fenomenología de la percepción* (J. Barahona, Trad.). Ediciones Península. (Obra original publicada en 1945).
- Moles, A. (1991). *La imagen: Comunicación funcional*. Editorial Trillas.
- Papadopoulos, K. & Karanikolas, N. (2009). Tactile maps provide location-based services for individuals with visual impairments. *Journal of Location Based Services*, 3(3), 150-164. <https://doi.org/10.1080/17489720903208228>
- Paterson, M. (2007). *The senses of touch: Haptics, affects and technologies*. Berg Publishers
- Pérez de Prada, E., Ribeiro do Carmo, W. & Sena, C. R. (2019). Métodos y técnicas para la construcción de símbolos táctiles hacia una cartografía inclusiva. *Revista Cartográfica*, (99), 107-124. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i99.588>
- Révész, G. (1938). *The psychology of touch*. Kegan Paul, Trench, Trubner & Co.
- Severiano-Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter Disciplina*, 7(19), 47-68. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>
- Stone, H. & Sidel, J. (2004). *Sensory evaluation practices* (3.ª ed.). Elsevier Academic Press.
- Valente, D. (2015). Haptic books for blind children: A design for all approach. En *The Value of Design Research* (París, Francia). <https://hal.science/hal-02042358v1>
- Villafañe, J. (1996). *Introducción a la teoría de la imagen* (1.ª ed. 1993). Editorial Pirámide.
- Wong, W. (1981). *Fundamentos del diseño bi y tridimensional*. Gustavo Gili.
- Yoshida, M. (1969). Dimensions of tactual impressions: I. *Japanese Psychological Research*, 10(3), 123-137. <https://psycnet.apa.org/record/1970-01665-001>