



**Diseño de un Prototipo Dispositivo Electrónico para la Enseñanza de los Alcanos, Alquenos  
y Alquinos en Química Orgánica: estudio de caso, persona con sordoceguera**

**Lina Paola Salazar Naranjo**

**Adriana Martínez Cerveleón**

**Erika Tatiana Sarmiento Adarme**

**Corporación Universitaria Minuto de Dios**

**Rectoría Oriente / Centro Regional Bucaramanga**

**Maestría en Educación para la Inclusión y la Discapacidad**

**Noviembre 23, 2024**

**Diseño de un Prototipo Dispositivo Electrónico para la Enseñanza de los Alcanos, Alquenos  
y Alquinos en Química Orgánica: estudio de caso, persona con sordoceguera**

**Lina Paola Salazar Naranjo**

**Adriana Martínez Cerveleón**

**Erika Tatiana Sarmiento Adarme**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Magister en  
Educación para la Inclusión y la Discapacidad**

**Asesor(es)**

**Mg. Angélica Nohemy Rangel Pico**

**Corporación Universitaria Minuto de Dios**

**Rectoría Oriente / Centro Regional Bucaramanga**

**Maestría en Educación para la Inclusión y la Discapacidad**

**Noviembre 23, 2024**

### **Dedicatoria**

A mis amados hijos Christopher y Victoria Rincón Sarmiento, quienes son la razón de mi esfuerzo diario, mi mayor inspiración y mi mayor fuente de amor. Este proyecto es un reflejo del compromiso que tengo con ustedes, de enseñarles a nunca rendirse, a luchar por sus sueños y a creer en su propio potencial. Cada paso que doy, cada logro que alcanzo, es para ustedes, para ofrecerles un futuro lleno de oportunidades y para demostrarles que el esfuerzo y la perseverancia siempre valen la pena, que no hay nada en la vida que impida cumplir los sueños.

Erika Tatiana Sarmiento Adarme

A mis queridos padres, quienes han sido mi mayor apoyo, mi refugio y mi fuente de fortaleza. Sé que, en este tiempo, mis responsabilidades me han mantenido lejos y muchas veces ausente en momentos importantes, pero siempre me han comprendido, brindándome su amor y paciencia. Gracias por su sacrificio y por estar allí, con su apoyo incondicional, mientras yo me dedicaba a cumplir mis metas. Lo que he logrado, también es gracias a ustedes. Los amo profundamente y siempre los llevaré en mi corazón.

Lina Paola Salazar Naranjo

A Dios, por ser mi guía y fortaleza, iluminando cada paso de mi camino y brindándome sabiduría para alcanzar mis metas. A mi padre, que está en el cielo, cuya memoria me inspira y me da fuerzas para continuar; a mi madre y familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y por estar siempre a mi lado, A mis compañeras Lina y Erika su motivación y apoyo en los momentos más desafiantes; su amistad y trabajo en equipo fueron fundamentales en este camino, a mi sobrino Fabian Andrés Ortiz por profesionalismo y guía en el desarrollo del mismo

y a mi Directora de tesis Angélica quien con su conocimiento y ejemplo nos guiaron en todo el desarrollo del proyecto.

Y, finalmente, a mí misma, por no rendirme, por superar los obstáculos y por creer que los sueños se pueden alcanzar con esfuerzo y dedicación.

Adriana Martínez Cerveleón

### Agradecimientos

En primer lugar, queremos agradecer a Dios, por su infinita bondad, por ser nuestra guía constante en este viaje y por darnos la fuerza necesaria para superar los desafíos. Su presencia en nuestras vidas ha sido nuestra fuente de inspiración y esperanza, recordándonos siempre que, con fe y perseverancia, todo es posible.

A nuestras familias, nuestros mayor y más firme apoyo. A nuestros padres e hijos, por su amor incondicional, por enseñarnos con su ejemplo el valor del esfuerzo, la dedicación y la importancia de seguir nuestros sueños. A nuestros hermanos, por su solidaridad y por ser ese refugio de paz y comprensión en todo momento. Sin su constante respaldo y cariño, este logro no habría sido posible. Gracias por creer en nosotras, por estar siempre a nuestro lado en los momentos difíciles, rompiendo barreras hacia los imaginarios de la inclusión social y por ser nuestra mayor fuente de motivación.

A nuestros amigos por ser una parte fundamental en nuestras vidas, por su amistad sincera, por el apoyo emocional, y por los momentos de risas y distracción que nos han ayudado a encontrar equilibrio en medio del trabajo y el estudio. Gracias por darnos fuerzas cuando más lo necesitamos, por animarnos a seguir adelante y por estar ahí para compartir este proceso de crecimiento.

A nuestros profesores, por su dedicación y por enseñarnos no solo conocimientos, sino también valores esenciales para nuestro desarrollo profesional y personal. Gracias por su paciencia, por su sabiduría y por brindarnos las herramientas necesarias para enfrentar los desafíos académicos.

Y, por último, a todos aquellos que, de una u otra manera, han influido en este proceso, nuestra persona caso de estudio [A], brindando sus aportes y vivencias, muchas gracias.

**Tabla de Contenido**

Lista de figuras.....	9
1. Resumen.....	11
1.1. Abstrac .....	11
Palabras clave.....	11
2. Introducción .....	12
3. Justificación .....	13
4. Descripción del Problema.....	15
4.1 Planteamiento del Problema .....	15
4.2 Formulación de Investigación.....	18
5. Objetivos.....	19
5.1 Objetivo General.....	19
5.1.1. Objetivos Específicos.....	19
6. Marco Referencial.....	19
6.1 Estado del arte.....	19
6.2. Marco Teórico.....	31
6.3. Marco Conceptual .....	48
6.4 Marco Legal .....	62
7. Metodología .....	66
7.1 Tipo de Investigación.....	66
7.2 El Enfoque de la Investigación .....	66
7.3 Diseño de la Investigación .....	67
7.3.1 El procedimiento o fases .....	67
7.4 Propósito .....	69

7.5 Población y Muestra Poblacional.....	70
7.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	70
7.7. Cronograma.....	72
7.8. Presupuesto .....	74
8. Desarrollo de los Objetivos, resultados esperados.....	75
8.1 Objetivo específico 1. Estado de la técnica. ....	75
Estructura interna. ....	76
Búsqueda de información cuadro de control 1. ....	76
Filtración de Información. ....	84
Procesamiento de datos. ....	84
Generación de resultados. ....	85
Análisis de resultados. ....	93
Búsqueda por patentes. ....	94
8.2 Objetivo específico 2. Barreras para el aprendizaje en sordociegos.....	97
Análisis de resultados: Encuesta.....	98
Análisis de resultados: set de Washington.....	100
8.3 Objetivo específico 3. ....	104
Manual de Uso del Dispositivo de Alto Relieve para Aprender Química orgánica .....	105
Introducción .....	105
Dimensiones.....	106
Dimensiones generales: .....	106
Peso estimado: .....	107
Información General: .....	107
Interfaz de Audio: Estéreo .....	111
Encendido y Apagado:.....	113

Operaciones Básicas .....	114
Módulos de Aprendizaje .....	114
Precauciones de Seguridad .....	114
Mantenimiento .....	114
Detalle de partes.....	115
Componentes electrónicos internos de conectividad: .....	117
Componentes electrónicos para la interfaz de audio: .....	118
Tarjeta madre: .....	118
Pulsadores de goma: .....	119
El dispositivo tiene dos modos de uso. ....	122
9. Conclusiones.....	123
10. Recomendaciones .....	124
11. Referencias bibliográficas.....	126
Apéndice .....	131

**Lista de figuras**

Figura 1. <i>Nivel de Maduración de la tecnológica, según minciencias.</i>	56
Figura 2. <i>Formato tomado del Parque Científico de Innovación Social (PCIS) - UNIMINUTO</i>	76
Figura 3. <i>Resultados de búsqueda global en Scopus</i>	78
Figura 4. <i>Resultados de búsqueda global en Scopus.</i>	78
Figura 5. <i>Resultados de búsqueda global en Scopus.</i>	79
Figura 6. <i>Resultados de búsqueda global en Scopus.</i>	80
Figura 7. <i>Resultados de búsqueda global en Scopus.</i>	81
Figura 8. <i>Resultados de búsqueda global en Scopus.</i>	81
Figura 9. <i>Resultados de búsqueda global en Scopus.</i>	82
Figura 10. <i>Resultados de búsqueda global en Scopus.</i>	83
Figura 11. <i>Resultados de búsqueda global en Scopus.</i>	83
Figura 12. <i>Resultados de búsqueda en Scopus con criterios definidos.</i>	84
Figura 13. <i>Extensiones y referenciación Scopus.</i>	85
Figura 14. <i>Extensiones y referenciación Scopus.</i>	85
Figura 15. <i>Extensiones y referenciación Scopus.</i>	86
Figura 16. <i>Extensiones y referenciación Scopus.</i>	87
Figura 17. <i>Extensiones y referenciación Scopus.</i>	88
Figura 18. <i>Extensiones y referenciación Scopus.</i>	90
Figura 19. <i>Extensiones y referenciación Scopus.</i>	90
Figura 20. <i>Extensiones y referenciación Scopus.</i>	91
Figura 21. <i>Extensiones y referenciación Scopus.</i>	92

Figura 22. *Relación de citas por autores, Vos Viewer.* 93

Figura 23. *Extensiones y referenciación Scopus.* 95

Figuras 24. *Extensiones y referenciación Scopus.* 95

## 1. Resumen

Los dispositivos electrónicos ayudan en procesos de comunicación y aprendizaje, especialmente a personas con sordoceguera, pues hace más fácil el acceso a la información. En el ámbito educativo, estas personas enfrentan barreras en la comprensión de conceptos complejos, como hidrocarburos, limitando su progreso académico. Este trabajo, basado en un estudio de caso, tiene como objetivo diseñar un prototipo dispositivo electrónico que apoye el aprendizaje de conceptos en personas sordociegas. Se empleó un enfoque cualitativo, utilizando entrevistas, aplicación del test de Washington, revisión documental y bibliográfica. El prototipo diseñado es un primer paso de herramientas que permitan a personas sordociegas, como nuestro caso de estudio [A], retomar sus estudios. En conclusión esta investigación da bases a futuras iniciativas relacionadas con dispositivos accesibles en contextos similares.

### 1.1. Abstrac

Electronic devices help in communication and learning processes, especially for people with deafblindness, as they make access to information easier. In the educational field, these people face barriers in understanding complex concepts, such as hydrocarbons, limiting their academic progress. This work, based on a case study, aims to design a prototype electronic device that supports the learning of concepts in deafblind people. A qualitative approach was used, using interviews, application of the Washington test, documentary and bibliographic review. The designed prototype is a first step of tools that allow deafblind people, like our case study [A], to resume their studies. In conclusion, this research provides a basis for future initiatives related to accessible devices in similar contexts.

### Palabras clave

Sordoceguera, prototipo, electrónico, inclusión, educación, química

### **Keywords**

Deafblindness, prototype, electronic, inclusion, education, chemistry

## **2. Introducción**

El problema de la exclusión educativa para personas con sordoceguera ha sido identificado como un desafío significativo en la enseñanza de disciplinas científicas, particularmente en la química orgánica. Esta situación ha derivado en barreras para el acceso a conceptos complejos como los hidrocarburos (alcanos, alquenos y alquinos), limitando así las oportunidades de aprendizaje y desarrollo académico. Dichas barreras han sido exacerbadas por la falta de recursos pedagógicos y tecnológicos adaptados a las necesidades sensoriales específicas de esta población.

Con el objetivo de abordar esta problemática, se desarrolló una investigación enfocada en el diseño de un prototipo de dispositivo electrónico que facilite la enseñanza de los hidrocarburos a una persona con sordoceguera, tomando como estudio de caso a un individuo afectado por el síndrome de Usher. Para ello, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente, identificando vacíos en la enseñanza inclusiva en el ámbito de las ciencias y destacando la necesidad de herramientas tecnológicas adaptativas que promuevan la accesibilidad educativa.

Por tanto la metodología aplicada siguió un enfoque cualitativo, utilizando el estudio de caso para evaluar la efectividad del prototipo diseñado. Se implementaron fases como la recopilación de datos, el análisis de necesidades sensoriales específicas y el desarrollo iterativo del diseño del dispositivo, incorporando interfaces hápticas para mejorar la comprensión de conceptos abstractos en química.

El análisis de los resultados permitió constatar mejoras en la interacción y comprensión de los temas abordados, lo cual sugiere que el uso de tecnologías inclusivas puede reducir

significativamente las barreras de aprendizaje. Además, el estudio demuestra cómo la integración de herramientas tecnológicas en el aula puede potenciar la enseñanza inclusiva, contribuyendo al desarrollo de habilidades cognitivas en estudiantes con discapacidades sensoriales.

Teóricamente, esta investigación se fundamentó en los principios de la educación inclusiva, el diseño universal de aprendizaje y el uso de tecnologías accesibles, abordando marcos como el modelo social de la discapacidad y el enfoque multisensorial en la enseñanza de las ciencias. Estos elementos constituyen la base para la propuesta de un prototipo que no solo cumple con los estándares educativos inclusivos, sino que también responde a la necesidad urgente de innovación en el campo de la educación por medio de nuevas tecnologías, según Marcillo (2010), "con la implementación de las nuevas tecnologías aparece un nuevo tipo de ayuda técnicas basadas en los nuevos desarrollos tecnológicos, se abren nuevas posibilidades y se sofistican más los recursos de apoyos a las personas con discapacidad".

### **3. Justificación**

Investigaciones recientes subrayan la importancia de las tecnologías interactivas y táctiles en la enseñanza de las ciencias. Según Rodríguez y Pérez (2019), los dispositivos electrónicos con interfaces hápticas permiten a las personas con discapacidades visuales y auditivas interactuar con el contenido académico de manera efectiva, mejorando su comprensión conceptual. Además, estudios de Chiappe y Arias (2017) resaltan que la incorporación de herramientas tecnológicas en el aula inclusiva no solo aumenta el acceso a la información, sino que también mejora la motivación y la autonomía del estudiante.

La enseñanza de la química orgánica, especialmente los temas relacionados con los hidrocarburos como los alcanos, alquenos y alquinos, ha enfrentado desafíos significativos en su adaptación para personas con discapacidades sensoriales, como la sordoceguera (Heward, 2013;

García & López, 2020). Las dificultades surgen debido a la complejidad intrínseca de las estructuras moleculares y la naturaleza abstracta del conocimiento científico en química (Montes & Peña, 2022). En este sentido, las tecnologías educativas han emergido como herramientas clave para la inclusión, especialmente en el desarrollo de dispositivos accesibles que promuevan el aprendizaje multisensorial (Mayer & Moreno, 2003).

El diseño de prototipos específicos para la enseñanza de la química a personas con sordoceguera debe considerar aspectos clave como la interacción sensorial y la representación simplificada de las estructuras moleculares (Hernández & Castillo, 2021). En este sentido, Lozano (2020) afirma que la inclusión educativa requiere un enfoque centrado en las necesidades particulares de cada estudiante, utilizando tecnología que elimine barreras de comunicación y acceso al contenido académico. A su vez, diversos autores como Sierra y Gutiérrez (2018) y Torres y Villalobos (2020) coinciden en que las herramientas digitales adaptadas para estudiantes con discapacidades sensoriales favorecen el desarrollo de habilidades cognitivas y la comprensión de conceptos complejos en áreas como la química.

La propuesta de este estudio, basada en los avances en interfaces hápticas y tecnología educativa inclusiva, plantea el diseño de un prototipo de dispositivo electrónico que facilite la enseñanza de los alcanos, alquenos y alquinos para personas con sordoceguera (Ramírez & Moreno, 2016). A través de esta tecnología, se espera proporcionar una experiencia educativa más accesible y efectiva, tal como lo sugieren Morales y Sánchez (2019) en sus estudios sobre educación inclusiva y el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el ámbito educativo.

Por último, la literatura también destaca que el éxito de cualquier iniciativa de enseñanza inclusiva radica en la colaboración entre docentes, diseñadores tecnológicos y especialistas en

educación especial (González & Fernández, 2019). Es así como el desarrollo de prototipos pedagógicos para la enseñanza de la química debe integrarse dentro de una estrategia educativa más amplia que promueva la igualdad de oportunidades para todos los estudiantes, independientemente de sus capacidades sensoriales.

#### **4. Descripción del Problema**

##### **4.1 Planteamiento del Problema**

En el contexto mundial, la enseñanza de la química ha sido reconocida como un factor clave para el desarrollo científico, económico y social de las naciones. La química, como ciencia central, tiene un impacto directo en industrias fundamentales como la farmacéutica, la petroquímica y la biotecnología (Organización de las naciones unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [Unesco], s.f., 2021). Sin embargo, la inclusión educativa en estas áreas continúa siendo un desafío global, particularmente para personas con discapacidades sensoriales, como la sordoceguera, que afecta a una proporción significativa de la población. Según el informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022), más de 2% de la población mundial tiene alguna forma de sordoceguera, una condición que genera barreras profundas en el acceso a la información y la educación, especialmente en disciplinas que dependen del uso de representaciones visuales, como la química orgánica (Ramírez & González, 2020).

A creciente demanda de educación inclusiva, impulsada por la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (Organización de las naciones unidas [ONU], 2006), ha promovido el desarrollo de tecnologías educativas accesibles. No obstante, la adaptación de contenidos complejos, como los que se encuentran en la química, sigue siendo limitada. Un estudio de Oliveira y Martins (2020) reveló que, a nivel global, solo el 20% de las instituciones de educación superior ofrecen adaptaciones tecnológicas adecuadas para estudiantes con

discapacidades sensoriales en áreas científicas. En este sentido, los avances tecnológicos en dispositivos táctiles y hápticos representan una oportunidad significativa para mejorar la inclusión en la educación científica, pero su implementación aún es incipiente (Moreno & Díaz, 2021).

En América Latina, la situación no es diferente. Países como Colombia han avanzado en la promoción de la educación inclusiva, pero persisten grandes desigualdades en el acceso a las ciencias para personas con discapacidades sensoriales (Ministerio de Educación Nacional, 2022). Aunque el país ha implementado políticas que buscan garantizar una educación de calidad para todos, como la Ley Estatutaria 1618 de 2013, que establece los derechos de las personas con discapacidad, la realidad es que muchas de estas políticas no se traducen en prácticas efectivas dentro de las aulas (Arévalo & Martínez, 2019). Un informe del Instituto Nacional para Ciegos (INCI, 2021) indicó que solo el 15% de las personas con discapacidad visual en Colombia logran acceder a la educación superior, y este porcentaje es aún menor para aquellas con sordoceguera.

En el ámbito de la química, la situación es particularmente compleja debido a la naturaleza visual de los conceptos involucrados. Por ejemplo, el estudio de los hidrocarburos (alcanos, alquenos y alquinos) implica la comprensión de estructuras moleculares tridimensionales, lo que representa un desafío significativo para estudiantes con discapacidades visuales o auditivas (Montoya & García, 2021). Además, los recursos educativos que existen para enseñar estos temas a personas con sordoceguera son escasos. La falta de herramientas adaptadas, como maquetas táctiles o software especializado, limita la capacidad de los estudiantes para comprender y manipular estos conceptos de manera efectiva (Pérez & Martínez, 2020).

A nivel local, en Bucaramanga, las barreras para la inclusión educativa en ciencias son particularmente evidentes en las instituciones que atienden a estudiantes con discapacidades sensoriales. A pesar de los esfuerzos realizados por el gobierno local para mejorar la inclusión en áreas técnicas y científicas, las soluciones tecnológicas que permitan a los estudiantes con sordoceguera acceder a los contenidos de química siguen siendo insuficientes (Secretaría de Educación de Santander, 2022). Un estudio de Sierra y Martínez (2022) reveló que, en las instituciones educativas de Bucaramanga, el 80% de los docentes carece de formación específica para enseñar a estudiantes con discapacidades sensoriales, y solo un 10% de estas instituciones cuenta con tecnología adecuada para la enseñanza inclusiva de las ciencias.

Esta problemática se agrava cuando se considera la falta de investigación local sobre el desarrollo de herramientas específicas para la enseñanza de la química a personas con discapacidades sensoriales. Aunque en otros países se han desarrollado dispositivos hápticos y táctiles que permiten a los estudiantes con sordoceguera interactuar con representaciones moleculares simplificadas (Oliveira & Martins, 2020), en Bucaramanga y en Colombia en general, estas tecnologías aún no se han implementado de manera sistemática (Ardila & Díaz, 2021). De hecho, la mayoría de las instituciones locales carecen de los recursos necesarios para adquirir o desarrollar estas herramientas, lo que perpetúa la exclusión de estudiantes con discapacidades en áreas clave como la química (López & Torres, 2021).

Por lo tanto, el acceso equitativo a la educación en química para personas con discapacidades sensoriales, particularmente sordoceguera, sigue siendo un reto a nivel global, nacional y local. El desarrollo de un prototipo de dispositivo electrónico que facilite la enseñanza de los alcanos, alquenos y alquinos mediante el uso de tecnologías hápticas representa una solución innovadora para mejorar la inclusión en esta disciplina científica. Este prototipo no solo

podría cerrar la brecha educativa para las personas con sordoceguera, sino que también contribuiría a promover una enseñanza más inclusiva en las ciencias en general (Morales & Reyes, 2020).

Este contexto plantea la necesidad urgente de desarrollar herramientas tecnológicas innovadoras que faciliten el aprendizaje de la química orgánica a personas con sordoceguera. Un prototipo de dispositivo electrónico adaptado, que integre estímulos hápticos y visuales simplificados, puede cerrar esta brecha y permitir que los estudiantes con discapacidades sensoriales comprendan mejor los conceptos fundamentales de la química, como los hidrocarburos. El diseño de este tipo de herramientas tecnológicas no solo mejoraría la accesibilidad a la educación, sino que también contribuiría a promover una enseñanza inclusiva en el ámbito científico, tal como lo propusieron Morales y Reyes (2020) en sus estudios sobre tecnología educativa inclusiva.

#### **4.2 Formulación de Investigación**

La implementación del prototipo de dispositivo electrónico se enfoca en los alcanos, alquenos y alquinos porque son fundamentales en la Química Orgánica. Estos compuestos representan los bloques básicos para entender reacciones y estructuras moleculares. Al adaptar la enseñanza de estos temas a una persona con sordoceguera, el dispositivo facilita el aprendizaje mediante estímulos accesibles, fortaleciendo así el proceso educativo. Esta especificidad asegura que el estudiante pueda comprender conceptos clave de manera efectiva y equitativa.

Es por ello que surge la siguiente pregunta problémica: ¿De qué manera la implementación de un prototipo Dispositivo Electrónico propende al fortalecimiento de los procesos de enseñanza de los Alcanos, Alquenos y Alquinos en Química Orgánica para persona caso de estudio con Sordoceguera?

## 5. Objetivos

### 5.1 Objetivo General

Diseñar un prototipo dispositivo electrónico para la enseñanza de los alcanos, alquenos y alquinos de la química orgánica caso de estudio en persona con sordoceguera.

#### 5.1.1. Objetivos Específicos

Recopilar la información bibliográfica por medio de un informe de vigilancia relacionado con dispositivos electrónicos diseñados en el área de educación para personas con sordoceguera.

Identificar las barreras para el aprendizaje en caso de estudio persona con sordoceguera.

Modelar el dispositivo electrónico de la enseñanza de la química: alcanos, alquenos y alquinos para persona con sordoceguera.

## 6. Marco Referencial

### 6.1 Estado del arte

Para la realización del abordaje de los antecedentes se tuvieron en cuenta la revisión de algunos trabajos e investigaciones con 3 aspectos principales, dichos aspectos fueron fundamentales para lograr el desarrollo óptimo de la investigación ya que articula los hallazgos referentes a la temática; la primera en donde se detalló artículos sobre la química - química orgánica, la segunda en la cual se observó los diferentes prototipos diseñados para la enseñanza didáctica en la química y la tercera en donde se tuvo en cuenta investigaciones aplicadas a personas con discapacidad visual, auditiva o sordoceguera, u otra.

Duque et al. (2012) según su investigación titulada “ Orientaciones para el diseño de SEA para sordos mediante el uso de tecnología: dilemas y desafíos” crearon orientaciones para el diseño de una secuencia de aprendizaje SEA teniendo en cuenta el DUA y el uso de algunas herramientas del KIT tecnológico del proyecto ALTER-nativa con la finalidad de aprender sobre

el cambio químico desde los procesos irreversibles permanentes, cambiando sus propiedades al generarse una nueva sustancia, se utilizaron recursos técnicos como VIRTUAL MAGNIFYING GLASS, dentro de los resultados se pudo observar que las desigualdades aparecen cuando el tema se presenta por igual para todos, el uso de herramientas permiten un aprendizaje más comprensible para todos.

Como conclusión se pudo apreciar a nivel teórico que los alumnos en proceso de modelación lograron avanzar en tareas deseadas. Teniendo en cuenta lo anterior da base a la investigación actual pues ayuda a generar un aprendizaje efectivo siendo significativo no solo a personas con discapacidad si no a los estudiantes.

De manera similar el artículo titulado “Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza – aprendizaje de la química orgánica a través de imágenes, juegos y videos” escrito por Hernández et al. (2013). Desarrollaron herramientas educativas para la adquisición de conocimientos básicos de química orgánica. La población objeto estuvo conformada por estudiantes de licenciaturas en Química y afines. Con la ayuda de material didáctico visual a color en 2D y 3D, junto con juegos y videos educativos, todos accesibles en formato electrónico, se logró enriquecer y facilitar el proceso de aprendizaje. El acceso a diversas tecnologías incrementó positivamente el rendimiento académico de los estudiantes y mejoró la comprensión de conceptos clave.

Como conclusión los autores indicaron que se logró crear un impacto positivo en la eficiencia del aprendizaje ya que la metodología mostro ser de gran utilidad. Aporta a la investigación en curso ya que da bases sólidas a que la enseñanza de la química se hace mucho más impactante por medio de un dispositivo electrónico para estudiantes con o sin discapacidad.

Autores como Beritognolo y Raviolo (2020), cuya investigación se titula “Enseñanza de la química a personas con discapacidad auditiva en escuelas comunes. Análisis de propuestas didácticas inclusivas para la enseñanza de las ciencias, publicadas en Brasil entre 2014 y 2018”, analizaron cómo es la enseñanza inclusiva de la química para personas con discapacidad auditiva en colegios de Brasil y aplicar la metodología en colegios de Argentina, analizaron información encontrada por medio de un estudio exploratorio – cualitativo, a través del análisis de publicaciones académicas brasileñas realizadas entre 2014 y 2018, orientado a estudiantes con discapacidad auditiva-

Se pudo obtener como resultado que la enseñanza de la lengua de señas es la herramienta más importante en la asimilación de significados, formación de conceptos, estructuración del pensamiento de las personas sordas, además el desconocimiento o ausencia de señas específicas para el área de química es un problema recurrente en las aulas. En conclusión, se afirma que el bilingüismo (tiene la habilidad de comprender y señar fluentemente en su lengua de señas, y leer y escribir fluentemente en el idioma del país en el que vive), es el camino más adecuado para trabajar la inclusión de las personas con discapacidad auditiva en las clases de las ciencias. Nos basamos en este artículo ya que, como lo mencionan sus autores, no se implementan didácticas para la enseñanza.

En la misma línea Figueroa (2022) en su investigación titulada “Sistema y método de transducción auditiva kinestésica” creó un método de transducción auditiva kinestésica y estimulación sensitiva como apoyo de la percepción del habla, logrando por medio de un dispositivo receptor captar el sonido a una unidad de control que procesa el sonido y lo traduce en señal (un medio transmisor y un conjunto de actuadores electromecánicos que transmiten estímulos físicos al usuario).

Dirigido a personas con pérdida de la audición, cuya patente consta de un sistema de altavoz kinestésico. Se concluyó que el método para realizar el transductor auditivo kinestésico y estimulación sensitiva, capta un sonido y lo transmite a una unidad de control. La investigación se basa en este artículo, ya que su enfoque fue desarrollar un sistema que emite y recibe señales a través de un transmisor, permitiendo al usuario recibir estímulos físicos. Esto es precisamente lo que se busca lograr en el proyecto que se planea llevar a cabo.

Igualmente se halló a Rosillo et al. (Publicación en 2022) cuya investigación “Dispositivo de alerta y detección de sonidos para personas con deficiencia auditiva”, dichos autores crearon un sensor de sonido que recibe señales del ambiente para procesarlas en un módulo de control programado para enviar una señal de alerta al usuario por medio de un motor, ya que este detecta voces, sonidos y codifica las palabras del interlocutor a código morse. Se obtuvieron cinco figuras que detallan el proceso paso a paso de la construcción del dispositivo, permitiendo una comunicación directa entre una persona con discapacidad auditiva y una persona sin dicha discapacidad.

Este dispositivo será considerado en la investigación en curso, ya que su tecnología puede contribuir al proyecto, tanto directa como indirectamente, en cuanto a la recepción y emisión de señales al usuario. En ambos casos, se emplean sensores para procesar la información, lo cual es esencial para lograr la comunicación deseada en el trabajo que se está desarrollando.

De manera similar el artículo “Prototipo de un espectrofotómetro modular para la enseñanza de la química”, propuesto por Ramos et al. (2023), crearon un prototipo para la enseñanza de la química analítica permitiendo aplicar la ley de Lambert-Beer para la espectrofotometría, temática necesaria de aplicación en el nivel de educación superior. Se utilizaron 3 módulos. Se concluyó que el espectrofotómetro facilita la comprensión del

funcionamiento de sus componentes. La investigación es relevante ya que se pudo apreciar que el aprendizaje llega a ser más efectivo creando un prototipo para la enseñanza de temática en la cual la complejidad de la misma puede llegar a ser un factor de dificultades y más aún cuando se presenta algún tipo de discapacidad.

En estudios llevados a cabo a nivel nacional se halló a Hernández et al. (2015) cuya investigación se titula “Propuesta tecnológica para el mejoramiento de la educación y la inclusión social en los niños sordos” crearon una propuesta tecnológica para mejorar la inclusión social y la calidad de vida de los niños con discapacidad auditiva, el instrumento fue una encuesta a 24 personas entre niños oyentes, niños sordos y profesionales del área con interés en el aprendizaje de la lengua de señas, la metodología que plantearon se basó en crear y desarrollar un dispositivo electrónico para el aprendizaje autónomo de la lengua de señas en Colombia dando como resultado la reducción en el tiempo de aprendizaje de la lengua de señas, aumentando la autonomía en el proceso y mejoramiento de la comunicación con el entorno.

Como conclusión se indicó que la tecnología es fundamental en la reducción de la brecha para la inclusión social de las personas con discapacidad auditiva. Esta investigación aporta bases a la que se está llevando en curso ya que afirma el favorecimiento del aprendizaje por medio de dispositivos ya que este disminuye la dependencia un gran porcentaje dando un mejor estilo de vida para personas con discapacidad.

Siguiendo esta línea Gamboa (2015) propone su artículo titulado “concepciones y acciones de profesores de química sobre la inclusión de estudiantes sordos al aula regular” creó como objetivo evidenciar en el aula las concepciones y acciones sobre inclusión por medio de estudio de caso (2 profesores con diferentes metodologías) que implementan técnicas cualitativas, la primera población fue de 35 estudiantes regulares y 3 niños hipoacúsicos con

audífono sin intérprete, la segunda población fue de 5 estudiantes sordos y 6 estudiantes regulares que utilizan intérprete y lengua de señas. Los instrumentos utilizados fueron entrevista semiestructurada, protocolo de entrevista exploratoria, grabación de clases en vivo, registro fotográfico y diario de campo.

En los resultados obtenidos se pudo apreciar que la falta de conocimiento por parte de los encargados de impartir educación es una limitante para que la educación sea inclusiva, como conclusión se evidenció la dificultad que tienen los estudiantes con discapacidad auditiva para acceder a una educación de calidad ya que el docente no maneja lengua de señas y difícilmente cuenta con el apoyo de intérpretes formados en la disciplina, sin embargo los docentes utilizan la tecnología audiovisual para integrar a dichos estudiantes siendo esta una herramienta de vital importancia para la enseñanza de las ciencias a esta población.

Por otro lado, aunque también trata de inclusión educativa el trabajo de Moreno y Murillo (2018) en su artículo titulado “Juego de carbonos: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química orgánica propiciando la inclusión de estudiantes de educación secundaria con diversas capacidades” crearon un diseño cuasi experimental de tipo cuantitativo, buscó como favorecer la educación inclusiva y propiciar el aprendizaje de la química en jóvenes de educación secundaria. Se aplicó a una población de 69 estudiantes de edad media, de los cuales 22 tenían algún tipo de discapacidad, se aplicó pre test y post test además de una encuesta de percepción.

Para lograr el objetivo presentaron una estrategia didáctica con dos componentes: un juego social (videojuegos) en línea y una narrativa basada en una popular serie de televisión, como conclusión se indicó que los resultados son altamente efectivos ya que se logró despertar el interés en los estudiantes debido al uso de metodologías llamativas según la edad en la que se trabajó. Para nuestra investigación, es esencial que el uso de la tecnología y la práctica se

realicen de manera agradable para la estudiante, promoviendo una experiencia de aprendizaje positiva.

Además de lo anterior basado en los juegos por medio de video se encontró El artículo “Dispositivos pedagógicos alternativos para la estimulación de las capacidades coordinativas de los estudiantes del grado 202 y 301 del colegio I.E.D. Antonio Nariño de la localidad de Engativá.” de Pardo y Viracachá (2019) Cuyo resultado fue la creación del diseño de un modelo dispositivo pedagógico alternativo para estimular las capacidades coordinativas de los estudiantes a 56 estudiantes de los grados 2° y 3°, se realizaron observaciones y diarios de campo, test de Illinois , al inicio de la investigación los estudiantes presentaban déficit en las capacidades coordinativas, se aplicaron ajustes durante 8 sesiones de clase.

Como conclusión la creación e implementación de los dispositivos pedagógicos alternativos ayudaron a dar cuenta de comportamientos emocionales de los estudiantes, mejora de las relaciones interpersonales, fortalecimiento de capacidades comunicativas permitiendo así crear diálogos de solución. La importancia de proponer dispositivos para ayudar en el mejoramiento tanto de relaciones interpersonales como de promover un aprendizaje que genere impacto positivo hace parte también de la investigación que se está llevando a cabo.

De acuerdo con Rivillas y Tovar. (2020) cuya investigación “Dispositivo intercomunicador para personas sordociegas”, se enfocaron en crear un dispositivo de comunicación para personas sordociegas y personas convencionales, utilizaron diferentes materiales o insumos como una caja de proyectos, pulsadores con sus respectivas teclas, una matriz de lectura, entre otros, se realizó montaje, finalmente el dispositivo funciona inicialmente con una interfaz determinada que permite traducir mensajes bidireccionales entre lenguaje braille

y alfabeto latino, sin embargo no se tiene una opinión del todo objetiva, es necesario realizar pruebas de muestra a población sordociega para realizar ajustes pertinentes.

Los resultados de esta investigación pueden contribuir significativamente al estudio en el área de la traducción de mensajes a través del braille. Dado que la investigación del actual proyecto está enfocado en una persona sordociega, el objetivo es diseñar un sistema que permita la comunicación mediante braille, facilitando así la enseñanza de química y respondiendo a la temática propuesta.

Para Beltrán (2021) cuya investigación se titula “enseñanza de soluciones químicas para el aula de inclusión: una propuesta desde el aprendizaje por indagación” fue importante crear una propuesta para promover habilidades investigativas en estudiantes con discapacidad auditiva y estudiantes regulares con el tema soluciones químicas, a partir de laboratorios con materiales y situaciones cotidianos en donde los estudiantes proponían problemas, emitían hipótesis, diseñaban sus experimentos y elaboraban los informes todo en miras de lograr la indagación; la población y muestra fue aplicada a un grupo de 35 estudiantes de grado once de los cuales 6 de ellos tenían discapacidad auditiva. Dentro de los instrumentos se aplicaron pre –test, post test, lista de cotejo.

Se concluye que la dinámica presentada fue fundamental, sin embargo, se recomendó aclarar con anticipación la aclaración de significados teóricos para conseguir avances mucho mayores pues no se logró adelantar tal como se tenía planteado. Es claro que incentivar la investigación en los estudiantes aporta resultados, la intención de la investigadora en aportar mejoras a estudiantes en el área de química y con discapacidad auditiva se relaciona con la investigación que se está llevando en curso.

En otro enfoque, el proyecto de Vásquez y Corredor (2021) cuya investigación se titula “traductor de lenguaje de señas colombiano empleando visión por computador e inteligencia artificial” crearon una aplicación web como objetivo para fomentar la inclusión y disminuir las barreras de comunicación con personas que tienen discapacidad auditiva, los instrumentos utilizados fueron entrevistas. Dentro de los resultados obtenidos se evidenció que el servicio prestado por la plataforma fue de gran importancia y permite disminuir en algún grado las barreras de comunicación existentes ya que su traducción y tiempo de respuesta es en tiempo real y óptimo. Como conclusión se indicó que esta aplicación puede funcionar de forma correcta en situaciones cotidianas que sea requerida.

La investigación se relaciona con el tema en curso, la creación de la aplicación para mejorar la comunicación en personas con discapacidad auditiva da bases a seguir creando dispositivos que ayuden desde otros aspectos.

De manera complementaria se halló a Orduz y Bernal (2022) cuya investigación se titula “QUÍMICA SENSITIVA Estrategia para facilitar el aprendizaje de la nomenclatura química orgánica a través del Braille” crearon una estrategia de aprendizaje de la nomenclatura química orgánica a través del sistema braille basada en la metodología del diseño de Matt Cooke aplicado al campo de la educación. La población de estudio fue con estudiantes del grado undécimo de una institución educativa con personas con baja visión y sin discapacidad visual con apoyo del DUA. Para obtener la muestra se realizaron pre – test, post – test y un grupo focal que permitió recolectar la información determinando que los estudiantes se muestran receptivos con la estrategia presentada y la posibilidad de aprender la disciplina de la química con un sistema llamativo, generando motivación en los procesos de aprendizaje.

En conclusión, se pudo apreciar que la creación del prototipo fue útil ya que la motivación de las estudiantes por aprender de una manera lúdica fomentó la articulación de varios enfoques en la construcción del pensamiento. Esta investigación está estrechamente relacionada con el dispositivo que se busca desarrollar y con la temática elegida.

En esta misma línea González y Martínez (2022) en su investigación que se titula “Enseñanza de las ciencias naturales para la inclusión: un análisis bibliométrico de literatura especializada”, proponen como objetivo hacer una caracterización bibliométrica, enfatizando de manera profunda en el área de la química, dicha caracterización de tipo estado de arte se realiza con el fin de elaborar un balance sobre el estado de conocimiento de la enseñanza de las ciencias enfocada a la inclusión, se utilizaron diferentes recursos como tesis, revistas, memorias existentes, en el ámbito iberoamericano.

Como resultado se obtuvo una bibliografía organizada, detallada. En conclusión, se observó la importancia de los procesos de formación en el desarrollo de la enseñanza que involucre a los estudiantes con o sin discapacidad generando así una verdadera inclusión. Da pie la anterior investigación a seguir generando procesos en los cuales la verdadera inclusión sea la protagonista.

Desde otro punto de vista Hernández (2023) cuya investigación se titula “Sistema de control a distancia para personas con discapacidad auditiva y del habla mediante el procesamiento digital de imágenes”, creó un diseño de un control a distancia para personas con discapacidad auditiva y del habla por medio de procesamiento digital de imágenes, el prototipo englobará a dos personas con discapacidad auditiva y del habla, por medio del método de la observación analizaron el posible prototipo. Como conclusión se puede indicar que este prototipo da pie a otras investigaciones del tema, mejorando la tarjeta del hardware por una más potente y

así poder obtener mejores resultados impulsando investigaciones tecnológicas para personas con discapacidades logrando un estilo de vida con calidad.

Se tendrá en cuenta la investigación ya que en sus resultados logran en cierto punto aportar en la mejora de la comunicación. Sin embargo, es necesario seguir construyendo prototipos que aporten mejoras en el estilo de vida con calidad como es la sugerencia que los autores dejan en sus conclusiones.

A pesar de hablar de inclusión en ambas investigaciones la realizada por Fetecua et al. (2023) apartado 83 “Dispositivo interactivo para enseñar astronomía a personas con discapacidad visual”. Crearon una de las maneras para que las personas con discapacidad visual puedan acceder a información por medio de dispositivos ópticos y no ópticos con software lectores de pantalla con síntesis de voz. Los métodos sensoriales relacionados con el tacto como braille, modelos en 2D o 3D diseñados para ser palpados y seguidos bajo indicaciones.

En conclusión, se logró diseñar y construir un dispositivo que pueden representar las constelaciones de Aries y Cáncer con sus estrellas a una escala de distancia de la tierra. Teniendo en cuenta la investigación y sus resultados, por medio de dispositivos se logran abordar temas que llegan a ser complejos en su aprendizaje para personas con discapacidad.

En otro contexto Zambrano y Afanador (2021) en su investigación “prototipo de aplicación móvil enfocado en la comunicación entre oyentes y sordos, que integre información sobre el lenguaje de señas colombiano”; crearon un prototipo de aplicación móvil enfocado en la comunicación entre oyentes y sordos, integrando información sobre el lenguaje de señas colombiano, se aplicó cuestionario de preguntas del sistema de escala de usabilidad para saber si el prototipo era adecuado según el objetivo, como resultado se concluye que el dispositivo contribuye a la disminución de la brecha digital existente entre personas sordas en Colombia; sin

embargo también recomiendan la caracterización de la lengua de señas en Colombia, identificar las diferencias con otras lenguas de señas en el mundo y las características que se puedan tener dentro del uso en personas con discapacidad o sin discapacidad logrando reducir la brecha social que existe.

Los investigadores pretendían mejorar la comunicación entre personas oyentes y sordas, lo que se pretende en la investigación en curso es mejorar la comunicación para el aprendizaje de una temática que una persona oyente no logra explicar a una persona sordociega.

Con una perspectiva similar Garzón y Macías (2023) en su investigación “Implementación de propuesta didáctica en la Escuela Normal Superior de Bucaramanga para promocionar la LSC”, crearon una propuesta didáctica para recopilar información sobre el manejo de estrategias que aplican los docentes y como esto permite propiciar el proceso de enseñanza – aprendizaje en estudiantes con sordoceguera, implementando la propuesta N-señasconmigo una sección que se desarrolló a través de YouTube ligado al canal de la escuela normal superior de Bucaramanga, la población son 5 personas entre 25 – 55 años con experiencia en estudiantes con sordoceguera, los instrumentos utilizados fueron la implementación de la técnica de grupo focal ya que permitió interpretar, observar y recolectar información para luego describir analizar y concluir.

Como conclusión se pudo apreciar que el canal se convirtió en una herramienta útil para crear enlaces de comunicación entre sordos y oyentes, además de brindar un espacio en donde el material didáctico, educativo esté al alcance de todos. El colegio la normal tiene en su implementación la enseñanza de manera lúdica con material didáctico para todos, pero no cuenta con dispositivo electrónico, lo que se quiere es crear uno para aportar en el mejoramiento del desempeño académico.

Dentro de las investigaciones encontradas en países como Perú, Argentina, Chile, México y Colombia se puede apreciar que son exponentes importantes en el desarrollo del área de química por medio de prototipos, secuencias educativas, metodologías, juegos digitales, laboratorios, en los cuales los estudiantes con o sin discapacidad puedan tener un aprendizaje significativo, en el país que más se encuentran investigaciones fue en Colombia más específicamente en la ciudad de Bogotá.

Por otro lado se encuentran artículos de investigación en donde los protagonistas son personas en condición de discapacidad ya sea auditiva, visual, entre otras, allí lo que se obtiene como resultado es que existen investigadores interesados en darle una mejor calidad de vida a personas que de alguna manera son olvidadas, se logró dar visibilidad por medio de dispositivos en los cuales se les ayuda a una mejor calidad de vida ya que se crean prototipos o dispositivos para comunicarse, movilizarse o entender temáticas.

Sin embargo, se pudo apreciar que aún no se abarcan todas las necesidades de personas con discapacidad en especial personas sordociegas, aunque hay investigaciones en las cuales se les tiene en cuenta, esto no es suficiente para dar solución a tantas necesidades que dichas personas presentan en su diario vivir. Es relevante mencionar que en la ciudad de Bucaramanga donde se desarrolla nuestra investigación se hallaron algunos artículos en los cuales las personas con discapacidad auditiva son las protagonistas, sin embargo, no se ha observado un prototipo o diseño de algún equipo que pueda ayudar en el mejoramiento de la calidad de vida de personas con sordoceguera.

## **6.2. Marco Teórico**

El síndrome de Usher es un trastorno hereditario que sigue un patrón autosómico recesivo, lo que significa que un individuo debe heredar dos copias defectuosas del gen (una de

cada progenitor) para manifestar la enfermedad. Diversas investigaciones han identificado mutaciones en genes como USH1, USH2 y USH3, las cuales explican las variantes del síndrome (González & Martínez, 2022).

El síndrome, descrito por Charles Usher, se caracteriza por pérdida auditiva y retinitis pigmentosa, una forma de degeneración visual. Aunque Usher no desarrolló teorías al respecto, su trabajo fue clave para identificar y documentar esta condición. Posteriormente, teorías como la degeneración celular explican cómo las mutaciones genéticas afectan las células ciliadas del oído interno y los fotorreceptores de la retina, llevando a una pérdida progresiva de audición y visión (Pérez et al., 2020).

Por su parte, la teoría del desarrollo sensorial analiza cómo las mutaciones interfieren con los sistemas auditivo y visual durante el desarrollo, mientras que la teoría neurobiológica estudia el impacto de estas mutaciones en la comunicación neuronal, afectando la transmisión de señales sensoriales (López & Torres, 2021).

Además, las investigaciones genéticas tienen sus bases en los principios de Mendel, quien estableció las leyes de la herencia en el siglo XIX, y fueron complementadas en el siglo XX por avances en biología molecular de autores como Thomas Hunt Morgan y James Watson (Ramírez & Moreno, 2016).

#### Inclusión Educativa y la Comunicación en Personas con Sordoceguera

La sordoceguera presenta retos significativos en la comunicación y la inclusión educativa. Helen Keller, quien superó estas barreras gracias al apoyo de su maestra Anne Sullivan, demostró cómo el acceso a herramientas pedagógicas adecuadas puede potenciar la integración educativa y social (Rodríguez & Pérez, 2019).

Entre los enfoques más destacados para abordar la sordoceguera se encuentra la teoría de la comunicación y lenguaje de Vygotsky, quien plantea que el desarrollo del lenguaje se produce mediante interacciones sociales significativas (Vygotsky, 1934). Aplicado al contexto de la sordoceguera, esto implica la necesidad de herramientas comunicativas alternativas, como el braille y el alfabeto manual (Rowland & Stemel Campbell, 1987).

Por otro lado, Van Dijk propone niveles de desarrollo de la comunicación basados en movimientos y símbolos, facilitando la progresión desde gestos básicos hasta sistemas simbólicos abstractos. Este modelo es clave para diseñar estrategias que promuevan la inclusión de personas con limitaciones sensoriales (Van Dijk, 1967).

Ante esta situación, es necesario abordar estos procesos desde una perspectiva diferente, lo cual se refleja en los niveles de desarrollo de la comunicación de los alumnos con sordoceguera y múltiples discapacidades. Según Rowland y Stemel Campbell (1987), estos niveles están enmarcados dentro de la teoría de Van Dijk (1967), que propone un modelo basado en el crecimiento de la conciencia a través del movimiento y los símbolos. Esta aproximación permite identificar las etapas necesarias para avanzar desde formas de comunicación pre intencionales hasta sistemas simbólicos más complejos y abstractos.

Los niveles de desarrollo de la comunicación mencionados anteriormente son siete, organizados en tres etapas: la etapa de desarrollo temprano, que incluye las conductas preintencionales e intencionales; la etapa de signos convencionales, que se centra en el uso de comunicación presimbólica convencional y simbólica concreta; y finalmente, la etapa del lenguaje simbólico, que abarca desde la comunicación simbólica abstracta hasta sistemas formales de lenguaje (Van Dijk, 1967; Rowland & Stemel Campbell, 1987). Este enfoque destaca la importancia de considerar las necesidades individuales del estudiante y la

implementación de estrategias educativas adaptadas que promuevan la interacción significativa y el aprendizaje inclusivo.

Los niveles de desarrollo de la comunicación son 7, y responden a tres etapas, referidos de la siguiente manera:

**Tabla 1.**

*Niveles de desarrollo de la comunicación*

ETAPA	NIVEL	DESCRIPCIÓN
<b>1. Etapa de desarrollo temprano de la comunicación.</b>	Nivel 1	Conducta preintencional.
	Nivel 2	Conducta Intencional.
	Nivel 3	Comunicación Presimbólica no convencional.
<b>2. Etapa de signos convencionales.</b>	Nivel 4	Comunicación Presimbólica convencional.
	Nivel 5	Comunicación simbólica concreta.
<b>3. Etapa simbólica o del lenguaje.</b>	Nivel 6	Comunicación simbólica abstracta.
	Nivel 7	Comunicación simbólica formal

En el primer nivel, se destaca la solicitud de respuestas por parte del interlocutor, como si las acciones comunicativas del niño fueran intencionales. En el segundo nivel, se observa una mayor conducta comunicativa intencional, acompañada de habilidades cognitivas más avanzadas y una mayor conciencia del entorno. Las respuestas sensoriales están presentes en ambos niveles, dependiendo de los estímulos recibidos, lo que puede llevar a respuestas sociales, aunque sin intención explícita, pero que pueden ser utilizadas para ayudar al niño a comprender lo que está sucediendo. Asimismo, se puede notar el desarrollo tanto vocal como no vocal de la expresión, con reacciones o sonidos ante situaciones específicas. Estos dos primeros niveles están relacionados con las etapas de comunicación propuestas por Van Dijk, que en total suman 6: apego, resonancia, coactivo, imitación, referencia no representativa y gestos naturales (Stillman & Battle, 1984).

La fase de vinculación se refiere a la necesidad de establecer relaciones basadas en la confianza y la seguridad. Cuando el niño adquiere conciencia de su capacidad para actuar y se convierte en el foco central del movimiento, puede comenzar a dar forma a su entorno; esto implica aprender a navegar en su entorno y a responder a estímulos físicos externos.

La fase de resonancia marca el inicio del desarrollo del diálogo a través del movimiento, lo que permite al niño comprender que puede ejercer cierto control sobre su entorno mediante su cuerpo. Diversos movimientos requieren diferentes tipos de gestos. En esta etapa, el niño desarrolla un sistema de comunicación propio.

La fase coactiva implica acompañar al niño en un espacio específico y gradualmente ir separándose de él. Se realizan cambios en los movimientos para evitar que el niño se apoye únicamente en la memoria, estimulando así su capacidad de atención, pensamiento y anticipación de cambios.

La fase de imitación es una extensión del movimiento coactivo, caracterizada por una mayor separación entre el maestro y el niño. En esta etapa, se fomenta el intercambio de iniciativas, permitiendo al niño crear secuencias de movimientos que originan un nuevo tipo de diálogo, que incluye referencias no representativas y gestos naturales (Stillman & Battle, 1986). Cuando el niño utiliza gestos poco comunes de manera intencional hacia otra persona con el objetivo de influir en su comportamiento, indica que ha alcanzado el tercer nivel. En este nivel, el niño demuestra sus habilidades comunicativas a través de sus rutinas, así como su intencionalidad y conciencia sobre ellas. Este desarrollo resulta de una interacción significativa entre el adulto y el niño (Stillman & Battle, 1986, p. 24.)

La referencia no representativa se manifiesta a lo largo de todas las fases del desarrollo, iniciando desde la etapa de resonancia y contribuyendo al proceso de reconocimiento de

símbolos por parte del niño. Al principio, el niño necesita construir una imagen corporal propia y desarrollar la capacidad de prestar atención a los demás. Se guía al niño para que explore su propio cuerpo, lo que eventualmente lo lleva a comprender representaciones más abstractas a través de juguetes y dibujos.

La fase de los gestos establecidos ocurre durante el cuarto y quinto nivel del progreso del lenguaje. El cuarto nivel implica una comunicación pre-simbólica convencional, donde los gestos dirigidos a los demás son convencionales. El quinto nivel representa una comunicación simbólica concreta, inicialmente marcada por el uso restringido de símbolos concretos. Durante esta etapa, se utilizan gestos naturales con intención comunicativa, evitando el uso de símbolos abstractos, y se establece una conexión con el uso de objetos para comunicarse. En personas con sordoceguera, este proceso tiende a ser lento y a veces no progresa más allá de las etapas iniciales (Writer, 1991).

La fase simbólica o del habla se manifiesta en el sexto y séptimo nivel del proceso, donde se integran gestos naturales y señas. El nivel 6 implica una comunicación simbólica abstracta, donde los símbolos abstractos se utilizan de manera simple y limitada. En el nivel 7, la comunicación simbólica formal implica la combinación ordenada de dos o más símbolos, siguiendo reglas sintácticas establecidas (De Tronconis, 2004).

La fase final de comunicación descrita por Van Dijk en la progresión de individuos con necesidades diversas hacia lo simbólico, corresponde a la utilización de gestos naturales. Aunque estos gestos se emplean desde etapas tempranas, el objetivo es maximizar su desarrollo en este nivel para avanzar hacia un sistema de señas más convencional.

De esta manera, se puede concluir la contribución significativa realizada por Van Dijk en su obra "La Comunicación y el Lenguaje en la Diversidad" (1997) al examinar y establecer

criterios en los cuales la comunicación y el lenguaje no se manifiestan de manera uniforme en todos los individuos, especialmente cuando existen limitaciones sensoriales. El enfoque propuesto por Van Dijk, centrado en el movimiento, adquiere aún más relevancia y utilidad cuando se aplica en diversos contextos, no solo en el ámbito educativo. Este enfoque reconoce al individuo en su totalidad, fomenta la interacción y la intencionalidad comunicativa de manera continua, y evita limitarse a momentos específicos. Además, facilita la creación de significados y sistemas lingüísticos genuinos.

La forma en que las personas sordociegas se comunican es una característica crucial. Según González y Molla (2015), la interacción con el entorno puede darse a través de formas no verbales, como el uso intencional de objetos, y formas verbales, como el lenguaje de señas, la comunicación táctil (Tadoma) o el uso de la voz propia. Factores como el grado de pérdida auditiva y visual, el momento en que ocurrieron las pérdidas, la presencia de otras discapacidades y la participación temprana en programas de estimulación son aspectos que influyen significativamente en el desarrollo de la comunicación (Molla & Fernández, 2014; Ronnberg y Borg, 2009).

La evaluación de las habilidades comunicativas de las personas con sordoceguera en comparación con otras discapacidades de relevancia social no ha sido objeto de una investigación y discusión científica tan exhaustiva. Sin embargo, se pueden hallar artículos relacionados con el tema en revistas académicas como *American Annals of the Deaf* o *Journal of Visual Impairment & Blindness*, e incluso existe una publicación específica dedicada exclusivamente a la sordoceguera: Deafblind International. Según González y Molla (2015), fue a partir de la década de los 60 que esta discapacidad comenzó a abordarse en publicaciones científicas, siendo predominante su evaluación en niños a través de observaciones sistemáticas.

Desde entonces, se han llevado a cabo estudios sobre la evaluación de la comunicación y el comportamiento de personas con sordoceguera utilizando diversos instrumentos, como la escala de Donlon en 1970 para evaluar la comunicación en personas con sordoceguera, o la Escala Callier-Azusa publicada por Stillman en 1974, que evalúa habilidades comunicativas y otros aspectos como desarrollo motor, habilidades perceptivas, actividades de la vida diaria, desarrollo del lenguaje y socialización. Estas escalas permiten establecer comportamientos mínimos de desarrollo en niños sordociegos y, en cuanto al desarrollo perceptivo, evidencian su estado en términos visuales, auditivos y táctiles, resaltando la necesidad de fortalecer el sentido táctil para fomentar la comunicación. Además, abordan el desarrollo del lenguaje receptivo, expresivo y hablado, ofreciendo así una evaluación completa de las habilidades presentes en las personas con esta discapacidad (Stillman & Battle, 1985).

Sin embargo, la mayoría de estos instrumentos y estudios se encuentran en inglés, al igual que las investigaciones y revistas más recientes especializadas en sordoceguera. Por otro lado, los documentos en español carecen en ocasiones de medidas estandarizadas de validación, y los rangos de evaluación no permiten establecer niveles de clasificación, más bien funcionan como guías sobre qué evaluar y cómo hacerlo en términos de espacios, actitudes y necesidades (Rowland, 2009). Esto puede tener sentido dada la diversidad en esta población y las dificultades que surgen al evaluar un aspecto tan complejo para ellos como la comunicación.

Se han identificado otros instrumentos de evaluación para la población sordociega que no están específicamente enfocados en la comunicación y que no están disponibles en español. Uno de ellos es el Battelle Developmental Inventory, utilizado para evaluar los hitos del desarrollo en la primera infancia, incluyendo aspectos cognitivos, de comunicación, motrices, adaptativos y

socio-personales, desde el nacimiento hasta los 7 años y 11 meses de edad. Es importante destacar que puede requerirse la asistencia de un intérprete para su administración.

Otro instrumento es El Brigance IED III se utiliza para supervisar el progreso de los niños en diversas áreas de desarrollo, que incluyen el desarrollo físico, el lenguaje receptivo y expresivo, la alfabetización, las matemáticas, las ciencias y el desarrollo social/emocional, desde el nacimiento hasta los 7 años de edad.

Por otro lado, *The Carolina Curriculum* es un programa educativo completo que también incorpora una evaluación del desarrollo. Está diseñado para niños en el rango de desarrollo desde el nacimiento hasta los 3 años, con un suplemento adicional dirigido a niños preescolares con necesidades especiales, de 2 a 5 años de edad. Es importante señalar que estos materiales no están específicamente adaptados para niños sordociegos. Aunque se han realizado varias revisiones significativas desde su primera publicación en 1986, algunos usuarios pueden estar más familiarizados con versiones anteriores. La edición más reciente fue publicada en 2007 y sus autores son Nancy Johnson-Martin, Susan Attermeir y Bonnie Hacker.

También se tiene *El Hawaii Early Learning*, conocido como el Perfil de Aprendizaje Temprano de Hawaii (HELP), ofrece evaluaciones completas centradas en el desarrollo, abarcando desde el nacimiento hasta los 3 años, así como versiones para niños de 3 a 6 años (preescolar). Ambas versiones del HELP evalúan seis áreas clave de desarrollo, con diez subescalas dedicadas al ámbito del lenguaje. Los creadores de este instrumento son Stephanie Parks y Setsu Furuno.

La Lista de Verificación del Desarrollo INSITE es una herramienta completa que evalúa una amplia gama de áreas de desarrollo, que incluyen habilidades motoras gruesas y finas, autonomía, cognición, interacciones sociales, aspectos emocionales, comunicación, visión, así

como desarrollo auditivo y táctil. Este recurso está disponible en dos rangos de edad: de 0 a 2 años y de 0 a 6 años. Su aplicación se basa principalmente en la observación directa de los niños. Además de evaluar la comunicación expresiva y receptiva, aborda elementos relevantes en las primeras etapas del desarrollo. Originalmente, el instrumento fue diseñado para niños que enfrentan desafíos relacionados con el movimiento y deficiencias sensoriales. Sus creadores son Elizabeth Morgan y Sue Watkins, en el año 1989.

Otra herramienta es El Proyecto Oregon presenta una escala de desarrollo holística que abarca diversos aspectos. La versión más reciente, lanzada en 2007, evalúa múltiples dominios, incluyendo el desarrollo cognitivo, del lenguaje, compensatorio, visual, habilidades de autocuidado, interacciones sociales, así como habilidades motoras finas y gruesas. Este instrumento fue específicamente diseñado para ser utilizado con niños que tienen discapacidad visual o ceguera, dirigido a edades desde el nacimiento hasta los 6 años. Aunque el desarrollo del instrumento fue un esfuerzo colaborativo, sus creadores principales son Sharon Anderson, Sue Boigon, Kristine Davis y Cheri deWaard, a lo largo de sus diferentes versiones publicadas entre 1978 y 1991-2007.

Además El Análisis del Acceso de Sordociegos a los Sistemas de Lenguaje Manual (ADAMLS) es una herramienta dirigida a equipos educativos encargados de elaborar ajustes y tácticas adecuadas para niños sordociegos que están considerados para aprender el sistema de lenguaje manual. (Blaha & Carlson, 2007).

También se utiliza *Dimensions of Communication* es una herramienta de evaluación diseñada para asistir a educadores, especialistas en educación, terapeutas del habla y lenguaje, psicólogos y otros profesionales en la evaluación de las habilidades de comunicación de niños, adolescentes y jóvenes adultos con múltiples discapacidades, que incluyen retraso mental severo

o profundo y sordoceguera. Este instrumento puede resultar especialmente útil en situaciones donde las pruebas estándar de lenguaje no son adecuadas (Mar & Sall, 1999).

De igual manera el Perfil de Comunicación Holístico abarca los cuatro aspectos de la comunicación (forma, función, contenido y contexto). Puede ser completado mediante la observación de la comunicación cotidiana de un niño, entrevistas con personas que lo conocen bien y el conocimiento del equipo educativo. Proporciona una forma para que el equipo educativo evalúe y registre las habilidades de comunicación actuales del estudiante, así como indicadores de desarrollo en otras áreas que afectan su progreso comunicativo. Este recurso está específicamente diseñado para la población sordociega y se presenta en forma de lista de verificación (Probst, 2017).

No se puede dejar de lado el HomeTalk Una Evaluación Familiar de Niños con Sordoceguera es una herramienta diseñada para asistir a las familias en la organización y registro de los conocimientos y observaciones sobre sus hijos, mejorando así la comunicación y la participación efectiva. Está específicamente diseñada para ser utilizada con niños que son sordociegos y consta de cuatro secciones fundamentales. Este instrumento fue desarrollado por varios autores como parte del Proyecto OSEP.

Dentro de las herramientas tenemos el Inventario Escolar de Habilidades para Resolver Problemas (SIPSS) e Inventario Doméstico de Problemas. Este es un instrumento de observación creado para evaluar las habilidades cognitivas relacionadas con el uso de objetos en niños que son sordociegos o que tienen discapacidades graves y múltiples. La versión más reciente, de 2002, se enfoca en la adquisición de habilidades sensoriomotoras vinculadas a los objetos. Está dividido en tres secciones: habilidades fundamentales con objetos, métodos para acceder a ellos y formas de utilizarlos. Fue desarrollado por Charity Rowland y Philip Schweigert.

Entre las herramientas disponibles, se destaca la Matriz de Comunicación, la cual está diseñada para evaluar las capacidades de expresión comunicativa en individuos durante las etapas iniciales de su desarrollo (la última actualización se realizó en 2014). Este recurso puede ser utilizado en todas las etapas de la vida, está disponible de manera gratuita en línea y se ofrece en varios idiomas, incluyendo el español. Esto permite que tanto educadores como padres tengan acceso a él, ofreciendo una visión clara de los niveles de comunicación en los que se encuentra la persona evaluada (Probst, 2017).

Lo anteriormente mencionado refiere a las herramientas más utilizadas y relevantes, dando un aporte significativo en la investigación.

Las habilidades sensoriales son las primeras capacidades que se desarrollan en los individuos, ya que a través de ellas se recibe la información del entorno, la cual luego se procesa para generar respuestas adecuadas a las condiciones ambientales (Martínez, 2011). El conocimiento adquirido por cada persona se origina en gran medida a través de los sentidos, inicialmente se almacena en la memoria en forma de imágenes y posteriormente se codifica en palabras, lo que facilita su retención (Rodríguez, 2014). El tacto, el olfato y el gusto se consideran "sentidos cercanos" porque proporcionan una experiencia directa con el cuerpo, mientras que la vista y el oído ofrecen información más amplia, que incluye eventos tanto cercanos como distantes (Freeman, 1991).

La sordoceguera representa una dificultad notable en el ámbito sensorial, lo que impacta significativamente en los procesos comunicativos. Aunque los sentidos de la vista y el oído estén afectados (siendo de gran importancia), otros sentidos como el olfato, el tacto, el gusto, la propiocepción y la cinestesia siguen presentes y pueden ser aún más activos (Pizzo y Bruce, 2010).

Cada uno de los sistemas sensoriales, incluyendo la vista, el oído, el tacto, el gusto y el olfato, son capaces de percibir diferentes tipos de estímulos, captando información de forma simultánea y seleccionando lo relevante según las circunstancias individuales, la motivación, el entorno y otros factores, mientras descartan la información considerada irrelevante (Gómez, 2000).

Según Gómez (2004), la manera en que los sentidos operan para percibir el entorno y transmitir esa información al cerebro se resume de la siguiente manera: las células receptoras sensoriales detectan los estímulos o cambios en la energía del entorno, los cuales son luego analizados para convertirse en señales nerviosas; estas señales son conducidas a través de las vías nerviosas a áreas especializadas de la corteza cerebral, donde la información se organiza e integra, adquiriendo significado. Tanto la sensación como la percepción ocurren en un proceso continuo, marcando el inicio del sistema de procesamiento de la información.

El procesamiento de la información sensorial sigue una secuencia evolutiva que consta de cuatro niveles, según la teoría de Maggiolo et. Al, (2006). En el primer nivel, se desarrollan los sistemas propioceptivo, vestibular y táctil, que son esenciales para habilidades como la alimentación, la postura, el equilibrio y el tono muscular. Estos aspectos son cruciales en las primeras etapas de la vida y contribuyen significativamente al establecimiento de un vínculo afectivo entre madre e hijo. En el segundo nivel, una vez que estos sistemas se han desarrollado, se integran para promover el desarrollo cognitivo, motor y emocional del niño. El tercer nivel facilita la expresión y comprensión lingüística mediante sensaciones auditivas, lo que lleva a conductas más propositivas y deliberadas. Finalmente, en el cuarto nivel, como resultado de los niveles anteriores, se observa que el cerebro ha adquirido habilidades naturales relacionadas con el aprendizaje, el autocontrol, la autoestima y la autoconfianza.

No obstante, cuando surge alguna dificultad en el procesamiento sensorial, también se presenta un desafío en la capacidad para reaccionar de manera efectiva a los estímulos sensoriales, ya que la respuesta generada puede no ser funcional; este fenómeno es frecuente en niños con trastornos graves del desarrollo. Si alguno de los sentidos se ve afectado, el cerebro compensa su función mediante otros sentidos, de modo que pueda recopilar los datos necesarios para organizar la información y otorgarle significado (Álvarez, 2004).

Para un niño, la capacidad de organizar de manera eficaz las sensaciones de su cuerpo en relación con su entorno implica que el cerebro gestiona las sensaciones de manera eficiente en el sistema nervioso, lo que resulta en una respuesta adaptativa; este proceso es conocido como integración sensorial (Gómez, 2000; Maggiolo et al., 2006).

De esta manera, surge un desafío considerable en la capacidad para procesar información de manera coherente, a menos que la información provista por los otros sentidos sea tan abundante y relacionada que, considerando la capacidad de adaptación del sistema perceptivo, pueda ser reconocida y organizada para obtener significado (Anthony, 2016; Ronnberg y Borg, 2001).

Por consiguiente, la actividad cognitiva en individuos sordociegos, especialmente al principio, requiere de una intervención estimuladora intencionada, proporcionada por individuos con habilidades especiales de formación que fomenten entornos de interacción comunicativa y seleccionen estímulos pertinentes que faciliten la construcción de significados para la persona sordociega (Bedolla. 2002). Esta situación implica una reestructuración en las rutinas cotidianas, estableciendo un enfoque estimulante predecible que fomente la anticipación, lo que brinda mayor seguridad al niño con sordoceguera. Por lo tanto, es esencial reconocer la importancia de

entornos naturales que fomenten aprendizajes dirigidos, respaldados por la experiencia, con un énfasis mayor al inicio del proceso (Gómez, 2000).

Para las personas sordociegas, el sentido del tacto juega un papel crucial en la percepción de estímulos. Sin embargo, es fundamental que todas las actividades se presenten de manera que puedan ser percibidas, teniendo en cuenta el máximo aprovechamiento de los sentidos disponibles. La comunicación a través de signos adaptada para la recepción táctil se utiliza de manera apropiada, adaptándola a cada nivel de maduración y sistematizándola hasta alcanzar la fluidez en el lenguaje de señas. Cuando es factible, este método de comunicación es el más idóneo para interactuar con niños sordociegos desde el nacimiento (Bruce et al, 2016).

Es clara la relevancia de las habilidades sensoriales en el progreso de la comunicación. Como afirma Hernández (2008), "el análisis de los procesos comunicativos en individuos con sordoceguera debe ir más allá de las capacidades sensoriales y habilidades individuales, considerando también el entorno en el que se desarrollan" (p. 45). Este enfoque integral permite identificar las habilidades que los niños con sordoceguera desarrollan para interactuar de manera efectiva en diversos contextos. Además, Hernández, señala que "la percepción social de la sordoceguera varía según la capacidad de la sociedad para oír y ver, influyendo en la comprensión de las necesidades físicas, potencialidades y características particulares de estos individuos" (p. 50).

La actitud de los padres frente a la discapacidad, específicamente la sordoceguera, desempeña un papel fundamental en el desarrollo de los hijos. La familia, y en particular los padres, son los principales agentes formativos y proveedores de información desde el inicio de la vida. Es bien sabido que la calidad de este apoyo parental tendrá un impacto significativo en el desarrollo integral de los niños y niñas. Desde el momento del nacimiento, los bebés necesitan

una estimulación constante por parte de sus padres, quienes representan el vínculo más directo y cercano. Es importante destacar que, al hablar de estimulación, no nos referimos a un conjunto específico de ejercicios o rutinas, sino más bien a acciones cotidianas de contacto, como el arrullo, el tacto y hablarles. Además, brindarles una alimentación adecuada, ya sea a través del amamantamiento u otras formas, es fundamental en este proceso. Los padres no solo cumplen el rol de cuidadores, sino que también son los primeros educadores de sus hijos, encargados de fomentar un desarrollo óptimo en su desarrollo cerebral (Barudy & Dantagnan, 2010).

Sin embargo, ningún progenitor está realmente preparado para enfrentarse al hecho de tener un hijo con una discapacidad, ya sea que esta haya sido prevista o no, o del tipo de discapacidad que sea. Esto suele generar un impacto emocional y psicológico significativo. En relación con esta situación, se pueden identificar tres etapas de ajuste por las que pasan los padres después de recibir la noticia de que su hijo o hija tiene una discapacidad. La primera etapa implica una crisis emocional, caracterizada por la negación. La segunda etapa es un período en el que los padres experimentan una mezcla de sentimientos que incluyen ira, culpa, depresión, vergüenza, baja autoestima, rechazo y sobreprotección. La tercera fase es la aceptación (Blacher, 1989). Es evidente que los sentimientos y actitudes de los padres tendrán un impacto significativo en el éxito o fracaso del niño con discapacidad, lo que subraya la importancia de identificar estas etapas. El período de ajuste les brinda a los padres la oportunidad de encontrar soluciones alternativas y superar los desafíos que puedan surgir (Zárate et al, 2014).

Se observa constantemente una evolución emocional entre las personas, un proceso que ocurre de manera natural a través de las interacciones cotidianas. La comunicación y el desarrollo humanos requieren un intercambio de emociones mutuas para avanzar, lo que conlleva a una mayor sensibilización social y regulación emocional. Sin embargo, este aspecto tan crucial

para el desarrollo personal y el bienestar general a menudo está ausente en las personas con sordoceguera congénita y en sus interlocutores. Las dificultades relacionadas con la falta de contacto visual y las barreras lingüísticas dificultan el establecimiento de una conexión emocional para compartir intercambios afectivos (Hart, 2010; Janssen & Rødbroe, 2007).

La persona con sordoceguera enfrenta una dificultad general para percibir su entorno, especialmente cuando la pérdida sensorial es total. Esto puede llevar a la falta de reconocimiento de lo que está más allá de su alcance, por lo que necesitan la asistencia constante de personas que actúen como mediadores con el mundo exterior, ayudándoles a relacionarse, experimentar, interactuar y comunicarse (Molina, 2017). Su actividad cognitiva, especialmente al inicio de la vida, requiere una estimulación intencionada proporcionada por individuos con habilidades especiales de entrenamiento, quienes crean entornos propicios para la interacción comunicativa y seleccionan estímulos que les permitan a estas personas construir significados (Gómez, 2000). Durante esta etapa de desarrollo, la estimulación se centra en satisfacer las necesidades físicas, lo que facilita el desarrollo de habilidades sensoriomotrices, atención y memoria. Posteriormente, se integran estímulos que promueven el desarrollo del lenguaje verbal y el pensamiento (Vargas & Arán, 2014). Además, la conexión emocional permite que las personas con sordoceguera congénita y sus interlocutores experimenten un mayor vínculo mutuo y disfruten de su relación (Martens & Janssen, 2014).

Según señala Gómez (2004), cuando las personas con sordoceguera comienzan a comunicarse, independientemente del método seleccionado, es fundamental contar con interlocutores competentes. Estos interlocutores deben facilitar la negociación de significados en respuesta a las acciones, proporcionando respuestas que sean perceptibles, coherentes y apropiadas para la situación.

Van Dijk (1982) destacó la necesidad y la importancia de que los niños con sordoceguera sean expuestos a una estimulación externa y una interacción intensiva en las rutinas básicas. Esto es crucial para evitar el desarrollo de comportamientos defensivos de autoestimulación. DeShong (1979) argumentó que la autoestimulación en niños con sordoceguera es crucial para la supervivencia, ya que, si el sistema nervioso no recibe estimulación, puede atrofiarse. Este punto fue respaldado por Van Dijk (1982), quien, al estudiar los comportamientos estereotipados en niños con rubéola, sugiere que estas conductas de autoestimulación se inician como una medida preventiva para evitar daños irreversibles en el organismo.

Cuando no se proporcionan entornos de estimulación adecuada, esto afecta tanto internamente como en el desarrollo de procesos motores fundamentales. Según lo planteado por Kephart (1962) y citado por Guevara (2011), los niños que presentan retrasos en el aprendizaje del ganeo y la marcha suelen carecer de estímulos internos esenciales que facilitan el uso de sus sentidos para aprender. Sin intervenciones específicas y actividades que fomenten el desarrollo motor grueso, es común que los niños con sordoceguera enfrenten dificultades para realizar actividades sensoriomotoras.

### **6.3. Marco Conceptual**

La discapacidad puede entenderse como una condición que resulta de la interacción entre las limitaciones funcionales de una persona y las barreras ambientales que le impiden participar plenamente en la sociedad.

Esta definición se basa en el modelo social de discapacidad, que enfatiza que la discapacidad no es una característica inherente a la persona, sino el resultado de la mala adaptación del entorno a sus capacidades y necesidades (Oliver, 1990; Shakespeare, 2014).

Es decir, tanto Oliver (1990), como Shakespeare (2014) reconocen que las personas con discapacidad pueden tener limitaciones funcionales debido a una variedad de condiciones y factores de salud, pero la atención no debe centrarse únicamente en estas limitaciones.

También es importante considerar las barreras sociales, físicas, económicas y culturales que pueden limitar la plena participación y la igualdad de oportunidades de las personas con discapacidad en la sociedad.

Desde otra postura, se define como una condición que afecta las actividades y participación de una persona en la sociedad debido a limitaciones físicas, sensoriales, intelectuales o mentales; Esta condición puede ser permanente, temporal o progresiva y se manifiesta de diversas formas dependiendo de las capacidades del individuo y del entorno en el que se desenvuelve.

El Modelo social de Discapacidad propone que la discapacidad no es una característica esencial de la persona, sino un modelo social resultante de la interacción entre las limitaciones de la persona, se supone que la estructura es Barreras personales y ambientales. Este enfoque considera la discapacidad como un problema social que debe abordarse eliminando barreras y promoviendo la inclusión. *Oliver (1990)*

Además la Clasificación Internacional del funcionamiento (ICF) de la OMS. *ICF* es el marco teórico de la *Organización Mundial de la Salud* que define la discapacidad como una relación entre el estado de salud de una persona y factores situacionales como los físicos, sociales, culturales y ambientales.

Esta clasificación reconoce la diversidad de experiencias de discapacidad y enfatiza la importancia de los factores ambientales en la participación de las personas con discapacidad en la sociedad.

Por otro lado la sordoceguera es una condición única que combina la pérdida auditiva y visual, lo que afecta significativamente la comunicación, la movilidad y la interacción con el entorno. Las siguientes son algunas referencias teóricas y bibliográficas:

La sordoceguera ha sido conceptualizada de diversas maneras a lo largo del tiempo, dependiendo del contexto histórico, la corriente de pensamiento o el autor que la aborde. Por lo tanto, es común encontrar varias definiciones que intentan captar las características específicas de esta discapacidad. González y Molla (2015) han recopilado algunas de estas conceptualizaciones relevantes. Por ejemplo, toman la definición de Deafblind International.

"La sordoceguera es una condición que abarca impedimentos auditivos y visuales de diferentes grados, con impactos variables en cada individuo" (Moller, 2003, p. 123). Además, la Asociación de Personas Sordociegas de España (ASOCIDE) define la sordoceguera como una discapacidad multisensorial en la que la persona no puede utilizar ni el sentido del oído ni el de la vista, aunque no necesariamente implique una pérdida total de ambos sentidos (ASOCIDE, 2020, p. 45). Otra perspectiva es la de la Asociación Catalana pro Personas Sordociegas – APSOCECAT, que la define como una discapacidad sensorial poco comprendida, que va más allá de la simple suma de dificultades visuales y auditivas, y que implica características únicas que pueden variar según sus causas.

Es importante destacar que, además de los déficits sensoriales, los autores reconocen que las personas sordociegas pueden enfrentar problemas comunicativos, así como dificultades en el acceso a la información y en la movilidad. Sin embargo, estas necesidades pueden variar según factores como la edad, el momento en que aparece la discapacidad y el tipo de sordoceguera.

González, E., & Molla, M. (2015). Sordoceguera. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 31(4), 480-488.

Según Moller (2003) describe la sordoceguera como una condición que involucra trastornos tanto visuales como auditivos, los cuales pueden ser ocasionados por diversos factores como traumatismos, enfermedades o síndromes hereditarios. En cuanto a las definiciones específicas, algunas se centran en el umbral necesario para clasificar a alguien dentro de esta categoría. Por ejemplo, Ronnberg y Borg (2001) proponen que la ceguera se define como una agudeza visual para la visión lejana de 20/200, equivalente a 0.1 según los estándares nórdicos, mientras que la sordera se define como una pérdida auditiva que supera los 90 decibeles H, L en el rango de frecuencia de 0.5 a 2 kilohertzios, tal como se menciona en el trabajo de Moller (2003).

En Colombia, según la Ley 982 de 2005, la sordoceguera se define como una condición única que implica una deficiencia tanto auditiva como visual, que puede ser parcial o total. Esta condición resulta en dificultades en la comunicación, la orientación, la movilidad y el acceso a la información. Se considera sordo o ciego a una persona que experimenta una deficiencia auditiva y visual en cualquier momento de su vida, lo que le ocasiona problemas en la comunicación, el acceso a la información, la orientación y la movilidad. Dada la naturaleza de estas necesidades, se requiere que estas personas recurran a servicios especializados para su desarrollo e integración social.

A partir de las necesidades que enfrenta la población sordociega, se adapta la declaración de las necesidades básicas de estas personas, basada en la cuarta conferencia mundial Hellen Keller, que tuvo lugar en Estocolmo en 1989. Esta declaración detalla las necesidades específicas de esta población y las caracteriza de acuerdo con el artículo 2, el cual enfatiza que la sordoceguera no implica simplemente la combinación de sordera y ceguera como discapacidades adicionales, sino que constituye una discapacidad sensorial única que requiere atención

especializada. En cuanto a las necesidades específicas, el artículo 4 aborda la comunicación como una de las barreras más significativas para las personas con sordoceguera, ya que es fundamental para su aprendizaje y socialización. Por lo tanto, se destaca la importancia de fortalecer el desarrollo del sentido del tacto y proporcionar entrenamiento en diversos métodos de comunicación para fomentar tanto la recepción como la expresión de información.

Entonces, se comprende que la sordoceguera varía en su presentación de un individuo a otro, y que existen varios criterios para clasificarla. Uno de estos criterios considera los momentos en los que se presentan ambas discapacidades, lo que resulta en cuatro categorías: La clasificación de la sordoceguera se puede dividir en cuatro categorías específicas: (1) personas que nacen con discapacidades visuales y auditivas o las adquieren desde una edad temprana, (2) personas que nacen con deficiencia visual y luego desarrollan pérdida auditiva, (3) personas que nacen con deficiencia auditiva y luego desarrollan pérdida visual, y (4) personas que adquieren ambas deficiencias más tarde en la vida. Estas categorías reflejan diversas causas que pueden llevar a la sordoceguera, como nacimientos prematuros, el síndrome de Usher, el síndrome de Charge, infecciones o intoxicaciones durante el embarazo, así como traumatismos o tumores (Laborda & González, 2014; Ronnberg & Borg, 2001).

La relación que una persona con sordoceguera establece con su entorno y la elección de cómo comunicarse dependen de varios factores, como el momento en que la discapacidad se manifiesta, el grado de afectación visual y auditiva, las preferencias individuales, el conocimiento previo de otros sistemas de comunicación, entre otros aspectos variables (Molla & Fernández, 2014).

Existen pocos análisis sobre esta doble limitación sensorial en comparación con otras discapacidades de impacto social, lo cual podría deberse tanto a la baja frecuencia de esta

condición como a las diferencias individuales entre quienes la presentan (González & Molla, 2015).

Se pueden encontrar documentos que abordan la discapacidad desde diferentes perspectivas, algunos se centran en su origen y clasificación, mientras que otros ofrecen enfoques generales sobre las formas de comunicación de las personas sordociegas, incluyendo el uso de diversos sistemas de comunicación. Sin embargo, hay una falta de estudios que exploren las relaciones entre los factores que influyen en este proceso, como los aspectos internos (sensopercepción) y externos (estimulación). Además, son escasos los trabajos que promueven un desarrollo efectivo de las habilidades comunicativas en esta población, a pesar de que la comunicación representa uno de los principales desafíos para la comunidad sordociega., como lo señala Roméu (2006).

Según lo anterior todo comienza con el estadio sensorio motor, que abarca desde el nacimiento hasta los 2 años de edad. Durante esta fase, el bebé interactúa con su entorno principalmente a través de los sentidos. En este inicio de etapa, aún no desarrolla el lenguaje necesario para simbolizar o representar sus acciones, por lo que recurre a movimientos para expresar sus deseos y necesidades. A lo largo del periodo sensorio motor, se observa una transición desde conductas reflejas hasta acciones dirigidas a metas específicas. Al finalizar esta etapa, el niño comienza a explorar otras formas de alcanzar sus objetivos (Ibáñez, 1999).

Según Fundación ONCE (2017), se define como una discapacidad dual que afecta simultáneamente la audición y la visión de una persona. Esta condición puede tener diversas causas, como condiciones genéticas, enfermedades congénitas o adquiridas, lesiones o trastornos sensoriales. La sordoceguera conlleva desafíos únicos en la comunicación, la orientación

espacial, la movilidad y la interacción social, requiriendo enfoques y estrategias específicas para apoyar el desarrollo y la participación plena de las personas sordociegas en la sociedad.

Además la Perspectiva sociocultural de la Sordoceguera (Goetz, 2017) destaca la influencia de factores socioculturales en la experiencia de la sordoceguera, incluyendo la identidad, la comunicación, la interacción social y el acceso a servicios y recursos especializados.

El Modelo de Apoyo a la comunicación y la intervención en la Sordoceguera (Rowland, 2011) se centra en estrategias y técnicas para facilitar la comunicación efectiva, la interacción social, la movilidad y la participación activa de las personas sordociegas en la comunidad. Rowland (2011) describe el modelo como una aproximación integral que "proporciona herramientas y métodos específicos para mejorar la comunicación y la inclusión social de individuos con sordoceguera" (p. 45).

Por otro lado *un prototipo* es un modelo o representación inicial de un producto, sistema, diseño o concepto que se utiliza para evaluar su viabilidad, funcionalidad y diseño antes de su producción o implementación final. Los prototipos pueden ser físicos o virtuales, y suelen utilizarse en diferentes etapas del proceso de desarrollo para probar ideas, identificar problemas y realizar mejoras antes de la producción en masa. A continuación se mencionan algunos textos que evidencian este tema tan importante

**El Prototyping and Modelmaking for Product Design” (Brampton, 2012).** Este libro explora los principios y técnicas de prototipado en el diseño de productos, destacando la importancia de crear prototipos para evaluar conceptos, comunicar ideas y validar soluciones antes de la fabricación.

El “**Prototyping: A Practitioner’s Guide**” (Buxton, 2007). En este texto, Buxton aborda el prototipado como una herramienta esencial en el diseño de interacción, enfatizando cómo los prototipos ayudan a los diseñadores a explorar opciones, obtener retroalimentación y refinar diseños antes de la implementación final.

También tenemos el **Technology Readiness Levels (TRL) o Niveles de Madurez Tecnológica** surgió como una herramienta para medir el grado de madurez de una tecnología en su desarrollo, desde la fase de investigación inicial hasta su implementación completa en el mercado. Fue desarrollado por **NASA** en los años 70 y 80 como una forma de evaluar la preparación tecnológica en el contexto de los proyectos espaciales. Este enfoque permitía que los ingenieros y científicos identificaran claramente en qué etapa de desarrollo se encontraba una tecnología específica, y tomaran decisiones informadas sobre los recursos y la viabilidad de avanzar a fases posteriores.

La NASA necesitaba una metodología que facilitara la gestión y evaluación del riesgo asociado al desarrollo de tecnologías para misiones espaciales, donde los errores podían resultar extremadamente costosos y peligrosos. El sistema TRL fue perfeccionándose para abordar este problema, proporcionando una escala que va desde el **TRL 1** (observación y principios básicos) hasta el **TRL 9** (sistema probado con éxito en un entorno operativo).

Evolución y Adopción:

- En la década de los 90, el uso del TRL fue ampliándose fuera de NASA y comenzó a ser adoptado por otras agencias gubernamentales, como el **Departamento de Defensa de los Estados Unidos** y la **Agencia Europea Espacial (ESA)**.

- Más recientemente, ha sido integrado por instituciones como la **Comisión Europea**, que lo utiliza en programas de financiación de investigación, como **Horizon 2020** y **Horizon Europe**.

Según MINCIENCIAS usa los TRL como un referente para la organización de actividades que tengan relación con la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación de los actores del SNCTeI (Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación).

El TRL se ha consolidado como un estándar global para medir la madurez tecnológica, utilizado tanto en sectores gubernamentales como privados, en campos que van desde la ingeniería aeroespacial hasta el desarrollo de productos industriales y tecnologías emergentes.

El siguiente gráfico muestra una correlación entre los alcances de las etapas de investigación, desarrollo tecnológico y la innovación (I+D+i) con los distintos niveles TRL. De acuerdo con el autor, la intensidad de color de las actividades complementarias debe entenderse como un mayor énfasis de estas actividades en los TRL correspondientes.

**Figura 1.**

*Nivel de Maduración de la tecnológica, según minciencias.*



Política de Actores del SNCTI - Correspondencia de las etapas de la I+D+i con los niveles de TRL

Según el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (2016), en su documento de política nacional de la ciencia, tecnología e innovación N° 1602, el TRL 2 – concepto de tecnología formulado. En esta fase se puede empezar a formularse una posible aplicación de tecnología y herramientas analíticas para la simulación o análisis de un aplicativo. Pero en esta fase no se cuenta con pruebas ni análisis que validen la aplicación. En el caso de la investigación se llegará a la fase TRL 2.

Es importante hablar de la inclusión ya que se refiere al proceso de garantizar la participación equitativa y activa de todas las personas en la sociedad, independientemente de sus características, antecedentes o capacidades. Implica eliminar barreras y promover entornos que permitan a todas las personas ser valoradas, respetadas y contribuir plenamente al bienestar colectivo. La inclusión abarca aspectos como la diversidad, la accesibilidad, la igualdad de oportunidades y el respeto a la dignidad humana.

La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD) de las Naciones Unidas es un instrumento legal que establece el marco para la promoción y protección de los derechos de las personas con discapacidad, incluyendo el derecho a la inclusión en todos los aspectos de la vida. En el contexto de la discapacidad, la inclusión se refiere a garantizar que las personas con discapacidad tengan igualdad de oportunidades para participar en la sociedad y acceder a los mismos derechos que las personas sin discapacidad. A continuación se exponen algunos documentos que nos proporcionan información del tema en cuestión.

**El Inclusive Education: A practical Guide to Supporting Diversity in the Classroom” (Salend, 2015).** Este libro proporciona una visión práctica de la inclusión en el contexto educativo, destacando la importancia de apoyar la diversidad y promover la participación de todos los estudiantes, incluyendo aquellos con discapacidades y distintas

necesidades educativas. Dicho texto brinda estrategias prácticas a los docentes para trabajar con estudiantes con distintas capacidades. Brindando una experiencia educativa enriquecedora y fomentando las relaciones sociales positivas en el aula.

**El “The Philosophy of Inclusion” (Villa & Thousand, 2015).** Este texto explora la filosofía y los principios fundamentales de la inclusión en diversos ámbitos, resaltando la necesidad de crear entornos inclusivos que reconozcan y valoren la diversidad de las personas, incluyendo a aquellos con discapacidad. Según los autores, dicha inclusión va más allá, siendo considerado un asunto imperativo moral y ético, sosteniendo que todas las personas tienen el derecho de ser incluidas en todos los aspectos de la vida social, siendo responsables las sociedades de crear condiciones adecuadas para hacer posible dicha inclusión.

Por otro lado la química orgánica es una rama de la química que estudia la estructura, propiedades, composición y reactividad de los compuestos orgánicos, los cuales contienen carbono en su estructura molecular. Estos compuestos son abundantes en la naturaleza y son fundamentales para la vida, ya que forman parte de las biomoléculas presentes en los seres vivos, como proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos. La química orgánica también se ocupa de la síntesis, transformación y aplicación de compuestos orgánicos en diversos campos, como la industria farmacéutica, la química de materiales, la biotecnología y la síntesis de productos naturales y artificiales. Sus textos tenidos en cuenta son

**La “Química Orgánica” (Morrison y Boyd, 2003).** Este libro es una referencia clásica en el estudio de la química orgánica, proporcionando una amplia cobertura de los principios y conceptos fundamentales, así como de las reacciones y aplicaciones más comunes de los compuestos orgánicos.

La **“Química Orgánica” (Solomons y Fryhle, 2010)**. Otro libro ampliamente utilizado en la enseñanza de la química orgánica, que presenta de manera clara y concisa los aspectos teóricos y prácticos de esta disciplina, incluyendo ejemplos y aplicaciones prácticas.

Según la UNESCO (2009), la educación inclusiva es un enfoque que busca garantizar el acceso, la participación y el éxito de todos los estudiantes, independientemente de sus características, antecedentes o capacidades. Este enfoque promueve entornos educativos que reconocen y valoran la diversidad, eliminando barreras para el aprendizaje y la participación. Además, la educación inclusiva se basa en la adaptación de los sistemas y prácticas educativas para satisfacer las necesidades individuales de cada estudiante, con el objetivo de asegurar la equidad, igualdad de oportunidades y el respeto por la diversidad. Estos principios fomentan la participación activa de todos los actores en el entorno educativo, contribuyendo a un aprendizaje más inclusivo y efectivo. Los estudios con los cuales se relaciona la educación inclusiva son

**El Towards Inclusive Education; the Impact of Disability on School Attendance in Developing Countries (Filmer y Schady, 2008)**. Este estudio analiza el impacto de la discapacidad en la asistencia escolar en países en desarrollo, destacando la importancia de estrategias inclusivas para mejorar la participación y el rendimiento educativo de todos los estudiantes.

**El Inclusive Education; a Casebook and Readings for Prospective and Practicing Teachers (Salend, 2011)**. Este libro ofrece una perspectiva práctica sobre la educación inclusiva, proporcionando casos de estudio, lecturas y estrategias para apoyar la implementación efectiva de prácticas inclusivas en el aula.

**El Educación Inclusiva en Colombia: Aportes desde la Diversidad y la Pedagogía” (Ferreira y Guajardo, 2018)**. Este libro aborda la educación inclusiva desde una perspectiva

colombiana, explorando los desafíos y oportunidades para garantizar la inclusión de todos los estudiantes en el sistema educativo colombiano.

**La Educación Inclusiva en Colombia: Políticas, Prácticas y Desafío (Melo, 2015).**

Este artículo analiza las políticas y prácticas de educación inclusiva en Colombia, identificando desafíos y recomendaciones para fortalecer la implementación de estrategias inclusivas en el ámbito educativo colombiano.

Un tema importante a mencionar, la dactilología es un sistema de comunicación manual que utiliza gestos o signos realizados con las manos y los dedos para representar letras, palabras o conceptos. Es especialmente utilizado por personas sordas o con dificultades auditivas como parte de la lengua de signos o lenguaje de señas. La dactilología es una herramienta fundamental en la comunicación para estas personas, ya que les permite expresarse y comprender información de manera visual y táctil. Sus documentos más relevantes son

**"American Sign Language: A Teacher's Resource Text on Grammar and Culture" (Baker-Shenk y Cokely, 1980):** Este libro proporciona una visión detallada del lenguaje de señas americano (ASL), incluyendo la dactilología como parte de su sistema lingüístico y su importancia en la comunicación para personas sordas.

**El Lenguaje de Señas Colombiano: Guía Práctica" (Libro Rojo del LSC, 2015).** Esta guía práctica sobre el Lenguaje de Señas Colombiano (LSC) incluye información sobre la dactilología y su uso en el contexto colombiano, proporcionando ejemplos y ejercicios para aprender y practicar este sistema de comunicación.

**Manual de Lengua de Signos Española: Nivel Básico" (Federación de Asociaciones de Personas Sordas de España, 2007).** Este manual ofrece una introducción al lenguaje de

signos español (LSE), que también incluye la dactilología como parte integral de la comunicación en el LSE.

**Sign Language Linguistics: A Critical Overview" (Lucas y Valli, 2000):** Este texto proporciona una visión general de la lingüística de las lenguas de señas, incluyendo la dactilología como un componente importante en la estructura y gramática de estas lenguas visuales.

Se debe tener en cuenta también a la **kinestesia** se refiere a la capacidad del cuerpo para percibir su propio movimiento y la posición de las partes del cuerpo, incluso sin la necesidad de utilizar la visión. Es una forma de **propiocepción** y juega un papel fundamental en la coordinación motora, el equilibrio y la ejecución de movimientos precisos. El neurofisiólogo Charles Sherrington (1906) investigó los sistemas sensoriales involucrados en la propiocepción, incluyendo la kinestesia. Sherrington identificó que el sistema nervioso utiliza señales de los músculos, tendones y articulaciones para generar una representación interna del cuerpo en movimiento, ayudando a coordinar acciones sin necesidad de un control visual continuo. Sus documentos en relación se mencionan a continuación.

**Neuroscience: Exploring the Brain" (Bear, Connors y Paradiso, 2016).** Este libro de neurociencia ofrece una explicación detallada sobre los sentidos corporales, incluyendo la kinestesia, y su función en el control motor y la percepción del movimiento.

**Principles of Neural Science" (Kandel, Schwartz y Jessell, 2013).** Esta obra clásica de neurociencia aborda los fundamentos de la percepción sensorial, incluyendo la kinestesia como parte del sistema sensorial que nos permite sentir y controlar el movimiento de nuestro cuerpo.

**Sensory Integration and the Child"** (Ayres, 2005). Este libro se centra en la integración sensorial en el desarrollo infantil, abordando la importancia de la kinestesia en la coordinación motora, el aprendizaje y el comportamiento de los niños.

**Movement: Functional Movement Systems: Screening, Assessment, Corrective Strategies"** (Cook, Burton y Hoogenboom, 2010). Este texto se enfoca en los sistemas de movimiento funcional y la importancia de la kinestesia en la evaluación y corrección de patrones de movimiento para mejorar el rendimiento y prevenir lesiones.

#### 6.4 Marco Legal

Dentro de la Legislación Internacional para Personas con Discapacidad se encontró la Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad (CDPD). La CDPD es un tratado internacional adoptado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2006, que establece los derechos y principios fundamentales para garantizar la igualdad de oportunidades y la plena participación en la sociedad de las personas con discapacidad. La convención reconoce la importancia de la accesibilidad, la no discriminación, la autonomía, la inclusión y el respeto a la dignidad de las personas con discapacidad.

La DUDH, adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1948, establece los derechos fundamentales de todas las personas, incluyendo el derecho a la igualdad, la no discriminación, la libertad, la educación y la participación en la vida cultural y social. Estos principios se aplican a todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidad.

Los ODS, adoptados por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015, incluyen el objetivo número 10 que se enfoca en reducir las desigualdades dentro y entre los países, con especial atención en grupos vulnerables como las personas con discapacidad. Los ODS

promueven la inclusión, la accesibilidad, la igualdad de oportunidades y el desarrollo sostenible para todas las personas.

Entre la información internacional encontramos a la convención interamericana para la eliminación de todas las formas de discriminación contra las personas con discapacidad, adoptada por la Organización de los Estados Americanos (OEA) en 1999, establece principios y obligaciones para garantizar la igualdad de oportunidades, la no discriminación y la plena participación en la sociedad de las personas con discapacidad en los países de América Latina.

También se debe mencionar La Ley general de la persona con discapacidad de Costa Rica, promulgada en 1996, establece derechos, beneficios y protecciones específicas para las personas con discapacidad en Costa Rica, incluyendo el acceso a la educación, la salud, el trabajo, el transporte y la participación en la vida pública.

Muy importante la Ley nacional de discapacidad de Argentina (Ley 24.134, sancionada en 1994, garantiza derechos y beneficios para las personas con discapacidad en Argentina, incluyendo la accesibilidad, la igualdad de oportunidades, la no discriminación y el acceso a servicios y recursos especializados.

En Colombia encontramos la Ley 361 de 1997 (Ley de discapacidad) establece los derechos, beneficios y protecciones para las personas con discapacidad en Colombia. Incluye disposiciones sobre la igualdad de oportunidades, la no discriminación, la accesibilidad, la educación, el empleo y la atención integral de las personas con discapacidad.

El primer título hace referencia a la importancia de velar por los derechos de todas las personas dentro del territorio sin importar su condición económica, social, cultural, física, fisiológica, síquicas, sensoriales, personales y sociales teniendo como base las regulaciones internacionales sobre derechos humanos, derechos del deficiente mental y de personas con

limitación. Para dicho cumplimiento, las ramas del poder público se comprometen a disponer de todos los recursos necesarios para cumplir con las disposiciones de la ley, siendo obligatoria la prevención, cuidados médicos y psicológicos, la correcta habilitación, rehabilitación y educación, orientación, integración laboral y la garantía de todos los derechos fundamentales por parte de entes públicos y privados.

El segundo título hace énfasis en la importancia de la prevención de los posibles causantes de discapacidad, la educación de las personas en dicha situación y la rehabilitación para su exitosa integración al mercado laboral. Este título aborda los temas de prevención de discapacidades, educación inclusiva y rehabilitación integral para las personas en situación de discapacidad. Se establece que el Estado debe garantizar el acceso a la educación en todos los niveles y promover la integración en aulas regulares.

El tercer título aborda todo lo relacionado al bienestar social de todas las personas. Dicho incluye la atención social que requieran sin importar la condición, tales como residencias, hogares comunitarios, realización de actividades lúdicas y deportivas

El cuarto título menciona la importancia para facilitar la accesibilidad y la supresión de barreras físicas para las personas en situación de discapacidad, tanto en espacios públicos como privados. Se establecen requisitos específicos para la construcción y adecuación de edificios, transporte y otros entornos.

El quinto título establece varias disposiciones como la inclusión de los artículos a los planes de desarrollo gubernamentales, así como a programas y proyectos. Se establecen los términos de la vigencia de la ley y cómo velará por su cumplimiento.

También encontramos el Decreto 470 de 2007 reglamenta aspectos específicos de la Ley 361 de 1997, como la atención integral, la inclusión laboral, la accesibilidad arquitectónica, la

prestación de servicios de rehabilitación y la promoción de la participación de las personas con discapacidad en la sociedad.

El primer título hace referencia a la necesidad de garantizar el disfrute de los derechos y la inclusión de las personas con discapacidad y sus más allegados en Bogotá D.C., dicho título reconoce que todas las personas tienen los mismos derechos y libertades, sin importar las limitaciones físicas y busca que todos tengan un bienestar mediante la satisfacción de necesidades que permitan conseguir una vida digna y libre desde las perspectivas humana, social, económica, cultural y política. Dicho bienestar se logra garantizando la accesibilidad universal en todos los espacios, eliminando las barreras discriminativas y promoviendo la inclusión social, fortalecer las habilidades de las personas con discapacidad para asegurar tu propia valía con autonomía, garantizar el acceso a la vida social, económica, cultural y política de la ciudad y garantizando el acceso a la seguridad social, la salud, educación y el trabajo para las personas con discapacidad, sus familiares y cuidadores.

El segundo título define las dimensiones que estructuran el programa de la política pública de discapacidad para el distrito capital. La primera de ellas se enfoca en la creación de condiciones necesarias para que las personas con discapacidad puedan expresar todas sus capacidades y tener acceso a las oportunidades que les permitan participar de forma plena en la sociedad, como educación, salud, trabajo y vivienda. La segunda dimensión incentiva que las personas con discapacidad sean consideradas como ciudadanos con plenos derechos y deberes, asegurando su participación en la vida social y política, y haciendo lo necesario para que accedan a los recursos necesarios y así ejercer sus derechos.

En Colombia también contamos con la Ley 1618 de 2013 (Ley de atención integral) establece el marco normativo para la atención integral de las personas con discapacidad en

Colombia, incluyendo aspectos relacionados con la salud, la educación, la rehabilitación, la inclusión social y la accesibilidad.

## **7. Metodología**

### **7.1 Tipo de Investigación**

Se realiza un estudio descriptivo, en este tipo de estudio, “se busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población”. Hernández et al, (2006). En este caso, se caracteriza especialmente el caso de estudio de una persona a quien conoceremos como [A] con sordoceguera por síndrome de Usher, respecto a sus capacidades sensoriales, la actitud de sus padres frente a su discapacidad y sus habilidades comunicativas.

Hernández et al, (2013) destacan que el enfoque descriptivo se centra en proporcionar una representación precisa de la realidad, describiendo situaciones y fenómenos tal como son, sin manipulación de variables. Este enfoque es esencial para entender las particularidades del caso de la persona [A] y sus necesidades educativas, ya que busca capturar la complejidad de su situación de manera detallada y contextualizada.

### **7.2 El Enfoque de la Investigación**

Según Hernández et al, (2013), el enfoque cualitativo se caracteriza por la formación de creencias propias del investigador sobre el fenómeno estudiado, ya sea un grupo de personas únicas o un proceso particular. El investigador cualitativo parte de la premisa de que el mundo social es “relativo” y debe entenderse desde el punto de vista de los actores involucrados. En el caso de la investigación actual, se adoptó un enfoque cualitativo, ya que, como mencionan Hernández-Sampieri, Zapata y Mendoza, el fenómeno estudiado es un caso particular. En este contexto, la persona [A] es el caso de estudio, quien padece el síndrome de Usher y, debido a

ello, quedó sordociega, lo que le obligó a interrumpir sus estudios universitarios. El objetivo de la investigación es comprender los procesos implicados sin centrarse en cuestiones numéricas.

### **7.3 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es no experimental, ya que como lo menciona Hernández Sampieri (1994. P. 187 -188) este tipo de investigación es el que se realiza sin manipulación de variables, sino la observación de fenómenos en sus ambientes cotidianos en este caso el de la persona [A]. Eso quiere decir que se fundamenta en la observación sin intervención y, luego, el análisis de los datos observados. Estos diseños no tienen control o influencia sobre las variables, sino que se dedican a registrar resultados o efectos que ocurren por causas naturales en un solo momento, en un tiempo único.

Las técnicas de recolección de datos incluyeron entrevistas, revisión de documentos y bibliografía, aplicación del test de Washington. Estas técnicas permitieron una comprensión profunda del caso de estudio y de cómo abordar la enseñanza de los alcanos, alquenos y alquinos de la química orgánica a través de un modelo de diseño electrónico adaptado a las necesidades de una persona con sordoceguera.

Dado que la investigación se centra principalmente en un estudio de caso específico para comprender y mejorar un proceso educativo para una persona con sordoceguera, el alcance se puede describir.

#### **7.3.1 El procedimiento o fases**

FASE 1, Recopilar la información bibliográfica por medio de un informe de vigilancia relacionado con dispositivos electrónicos diseñados en el área de educación para personas con sordoceguera.

En esta primera fase, la recopilación de información técnica y bibliográfica se fundamenta en las teorías del aprendizaje multimodal y la accesibilidad tecnológica. David Rose

y Anne Meyer, creadores del diseño universal para el aprendizaje (DUA), destacan la importancia de proporcionar múltiples formas de representación y acción para que los estudiantes con discapacidades puedan acceder al conocimiento (Rose & Meyer, 2002). Este enfoque se adapta bien a las necesidades de las personas con sordoceguera, ya que propone el uso de tecnologías accesibles que permitan suplir las barreras sensoriales a través de diferentes canales.

Además, el marco teórico de Vygotsky (1978), con su enfoque en el aprendizaje mediado por herramientas, refuerza la importancia de los dispositivos electrónicos como mediadores en el proceso educativo. Según Vygotsky, las herramientas tecnológicas pueden ayudar a las personas con discapacidades a acceder a funciones cognitivas superiores, al proporcionarles vías alternativas para procesar la información y participar en el aprendizaje. En esta fase, es esencial tener en cuenta estos principios para diseñar dispositivos que no solo proporcionen información, sino que también activen los procesos cognitivos del estudiante con sordoceguera.

FASE 2, Identificar las barreras para el aprendizaje en caso de estudio persona con sordoceguera.

En esta fase, se utilizan encuestas, entrevistas y el análisis del set de Washington para identificar las barreras de aprendizaje que enfrenta [A] Howard Gardner (1983), en su teoría de las inteligencias múltiples, sostiene que cada persona tiene un perfil único de fortalezas y habilidades que puede influir en su manera de aprender. Esto es fundamental en el caso de una persona con sordoceguera, ya que no todas las barreras están relacionadas directamente con sus limitaciones sensoriales. Algunas barreras pueden surgir de la falta de estrategias que aprovechen otras inteligencias, como la kinestésica o la espacial, que podrían ser aprovechadas para mejorar

el aprendizaje. Esta fase no solo identifica limitaciones, sino que también explora potenciales fortalezas que puedan ser activadas para superar los obstáculos en el proceso educativo.

FASE 3, Modelar el dispositivo electrónico de la enseñanza de la química: alcanos, alquenos y alquinos para persona con sordoceguera.

El proceso de modelado del dispositivo se apoya en la teoría del aprendizaje experiencial de David Kolb (1984), que destaca la importancia de la experiencia directa en el proceso de aprendizaje. Kolb sugiere que el aprendizaje es más efectivo cuando los estudiantes pueden interactuar de forma activa con el material, en lugar de ser receptores pasivos de información. En el caso del dispositivo electrónico que se pretende crear es el modelo inicialmente, es decir TRL 2, la idea es que en un futuro se pueda lograr ejecutar diferentes actividades que permitan a la persona sordociega interactuar físicamente con la información a través de interfaces táctiles o vibracionales, lo que refuerza el aprendizaje de conceptos abstractos como los hidrocarburos (alcanos, alquenos y alquinos).

#### **7.4 Propósito**

Este proyecto, se clasifica como una investigación aplicada. Este tipo de investigación se orienta a resolver problemas prácticos y específicos utilizando conocimientos teóricos y prácticos preexistentes. Busca proporcionar soluciones directas a cuestiones particulares, con un enfoque en la aplicación inmediata de los resultados.

Según la definición teórica de Ñaupas (2013), citada por Esteban (2018), la investigación aplicada se orienta a la optimización de sistemas y procedimientos para resolver necesidades prácticas de la sociedad, en este caso, el acceso a la educación inclusiva. De esta manera, el desarrollo del dispositivo electrónico a futuro es una aplicación directa de teorías sobre la enseñanza y la accesibilidad, enfocadas en superar barreras sensoriales y mejorar el aprendizaje de conceptos complejos como los hidrocarburos.

### 7.5 Población y Muestra Poblacional

**Población:** Persona con sordoceguera que ha experimentado una pérdida progresiva de los sentidos y que han tenido que interrumpir su formación académica.

**Muestra:** La persona [A], nació el 23 de diciembre de 1979. Desde su gestación, su vida estuvo marcada por desafíos médicos, pues su madre enfrentó problemas de salud, incluyendo un tratamiento incorrecto y agresivo contra la tuberculosis durante el embarazo, que posiblemente afectó a [A]. A pesar de un parto normal y un desarrollo inicial regular, alrededor de los tres o cuatro años se observó que su crecimiento se detenía, lo cual llevó a su familia a buscar tratamientos con hormonas de crecimiento. Sin embargo, después de tres años de terapias sin éxito, el tratamiento fue interrumpido, y [A] continuó su vida con una estatura baja.

A los diez u once años, tras contraer varicela, [A] comenzó a perder la audición. A pesar de ello, completó su bachillerato e inició estudios universitarios, aunque las intensas migrañas recurrentes dificultaban su progreso académico. Luego de numerosos exámenes y consultas médicas, finalmente se le diagnosticó el síndrome de Usher tipo 3, una condición genética que afecta la audición y la visión, y que resultó en una pérdida progresiva de ambas capacidades.

A lo largo de los años, su familia ha sido un gran apoyo en su adaptación y en sus intentos de mejorar su calidad de vida. [A] ha recibido capacitación en lectura y escritura Braille y ha desarrollado una conexión especial con la finca familiar, donde colabora en el cuidado de animales y el manejo de los pollos. Este entorno le ha proporcionado una motivación y un propósito, mejorando notablemente su estado de ánimo y ayudándola a llevar una vida más tranquila y satisfactoria.

### 7.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

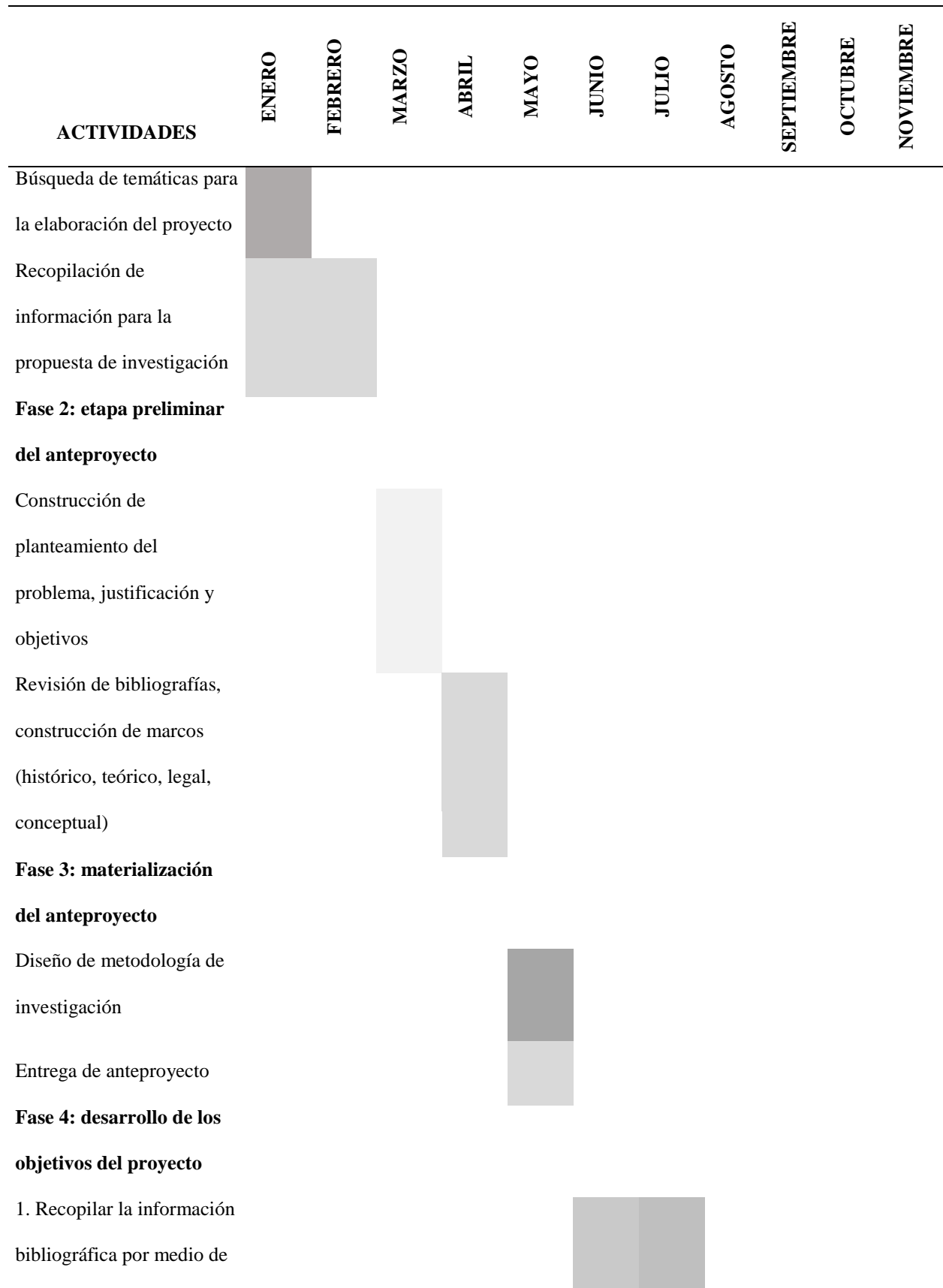
La investigación se basó en un método cualitativo implementando instrumentos propios de la técnica, cabe resaltar que dichos instrumentos están avalados por expertos, los encontrará en el apéndice y consiste en los siguientes:

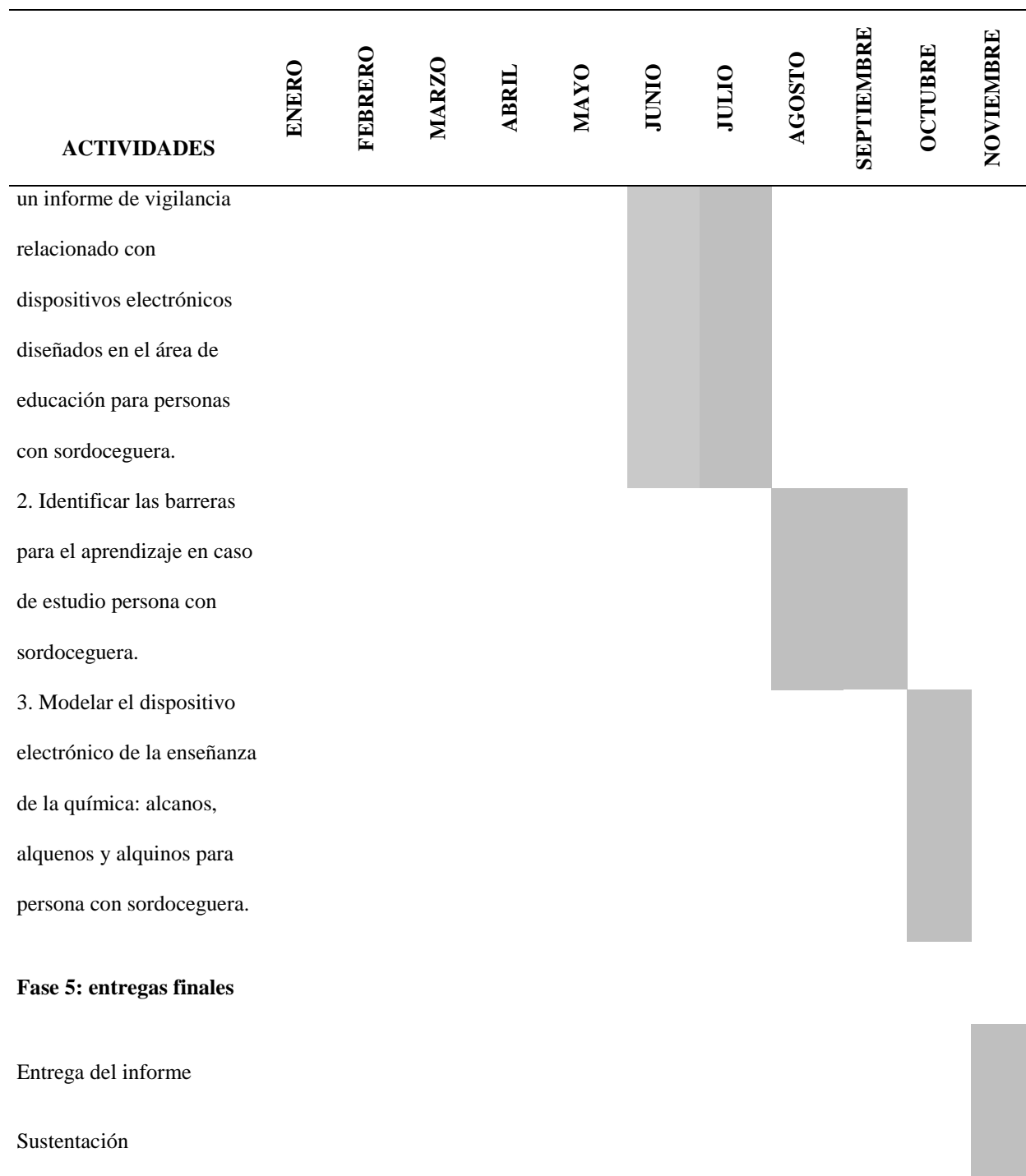
Las entrevistas, permitieron obtener información directa sobre las experiencias y desafíos enfrentados por la persona [A] y su familia. Según Bernard (1988), las entrevistas semiestructuradas se utilizan mejor cuando el investigador no tendrá más de una oportunidad de entrevistar a alguien. Se llevarán a cabo entrevistas en profundidad con la persona [A], para explorar su experiencia educativa y los desafíos derivados de su sordoceguera. Estas entrevistas serán semiestructuradas, permitiendo flexibilidad para profundizar en temas relevantes que surjan durante la conversación.

Revisión de Documentos y Bibliografía, facilitó un contexto teórico y práctico para la comprensión del caso, ya que la investigación primero realizó un análisis de información según autores, artículos, últimos años, temática, de esta manera es más fácil aproximarse al conocimiento de un tema, por eso es lo primero que se debe realizar para identificar que investigaciones previas existen y lo que no se encuentra según la investigación que se quiera desarrollar (Guirao, 2015). Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura y documentos relacionados con la enseñanza de química para personas con discapacidades sensoriales. Esto incluyó artículos académicos, libros especializados y estudios previos sobre el uso de tecnologías educativas.

- Aplicación del Test de Washington, proporcionó datos relevantes sobre las capacidades y necesidades específicas de la persona [A], se utiliza para conocer las tasas de desempleo para personas con discapacidad y sin discapacidad, conocer la edad, sexo, lugar de residencia, si tiene ayuda por parte del gobierno, revisar si participó alguna vez en un proceso educativo, se







7.8. Presupuesto

**Tabla 2.***Presupuesto*

Elemento	Recurso	Tipo	Cantidad	Valor unitario	Costo
Grabadora	Aplicación de entrevista	Grabadora recargable	1	\$49.000	\$49.000
Lapiceros	Aplicación de entrevista	Caja x 12 lapiceros	2	\$10.000	\$ 20.000
Profesional 1	Diseñador dispositivo	Horas semanales	500	\$18.000	\$9.000.000
Profesional 2	Ejecutor de impresión a escala real	Horas semanales	34	\$ 5.000	\$170.000
Profesional 3	Diseñador bosquejo App	Horas semanales	300	\$15.000	\$4.500.0 00
Transporte	Aplicación de instrumentos	Taxi	15	\$ 10.000	\$ 150.000
Asesor	Asesorías personalizadas	Horas semanales	400	\$20.000	\$8.000.000
Estudiante 1	Desarrollo del trabajo de tesis	Horas semanales	700	\$15.000	\$10.500.000
Estudiante 2	Desarrollo del trabajo de tesis	Horas semanales	700	\$15.000	\$10.500.000
Estudiante 3	Desarrollo del trabajo de tesis	Horas semanales	700	\$15.000	\$10.500.000
Total					\$53.389.000

**8. Desarrollo de los Objetivos, resultados esperados****8.1 Objetivo específico 1. Estado de la técnica.**

Recopilar la información bibliográfica por medio de un informe de vigilancia relacionado con dispositivos electrónicos diseñados en el área de educación para personas con sordoceguera.

El análisis se basó en el formato Parque Científico de Innovación Social (PCIS) –

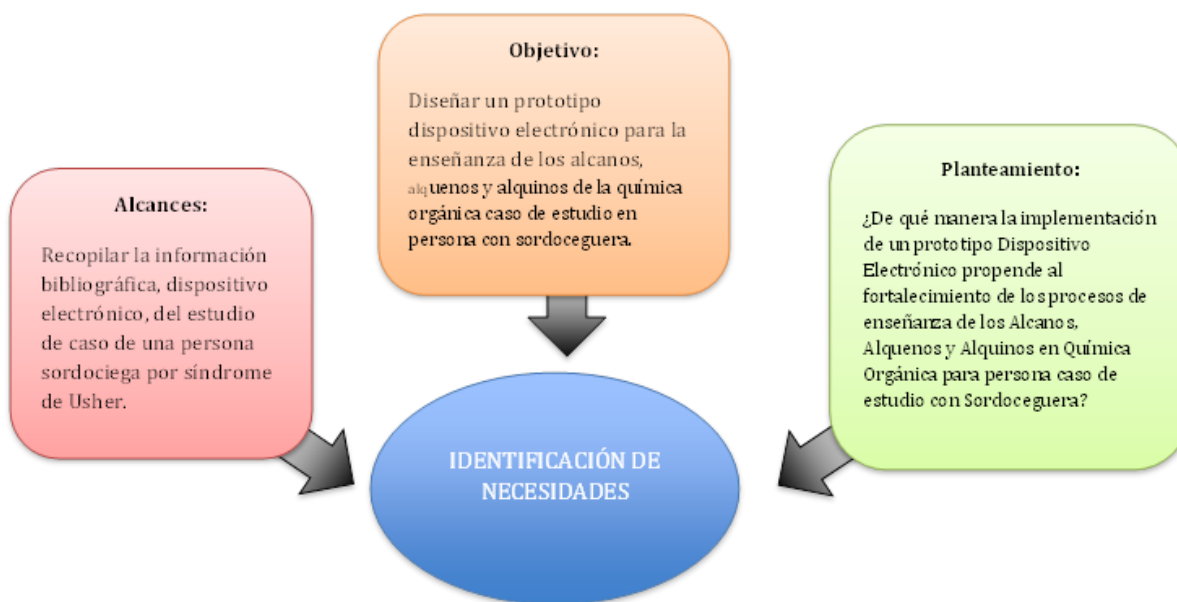
### UNIMINUTO

El estado de la técnica se determinó bajo el presupuesto de una pregunta problemática y sus objetivos respectivos. El tema central se concibió bajo la estrategia de rastreo entre "**Diseño de un Prototipo Dispositivo Electrónico para la Enseñanza de los Alcanos, Alquenos y Alquinos en Química Orgánica: estudio de caso, persona con sordoceguera**" dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

### Estructura interna.

#### Figura 2.

*Formato tomado del Parque Científico de Innovación Social (PCIS) - UNIMINUTO*



### Búsqueda de información cuadro de control 1.

La búsqueda de información se centró principalmente por Scopus. Después de haber realizado una discriminación y delimitación de los estereotipos y palabras claves, se dio paso al

barrido y centralización precisa de las categorías. Los medios de información constaron de artículos y bases de datos especializadas.

Con respecto a la información suministrada por artículos, se relacionan las principales bases de datos científicas de revistas indexadas a nivel mundial. Lo anterior se precisó con la aplicación combinada de los operadores boléanos y palabras claves en inglés. Los operadores conectan las palabras de búsqueda para estrechar o ampliar los resultados. Los básicos fueron: AND, OR.

La ruta constituyó, en primera instancia, la delimitación del ODS, los resultados preliminares y la ecuación de búsqueda. Ver tabla 4.

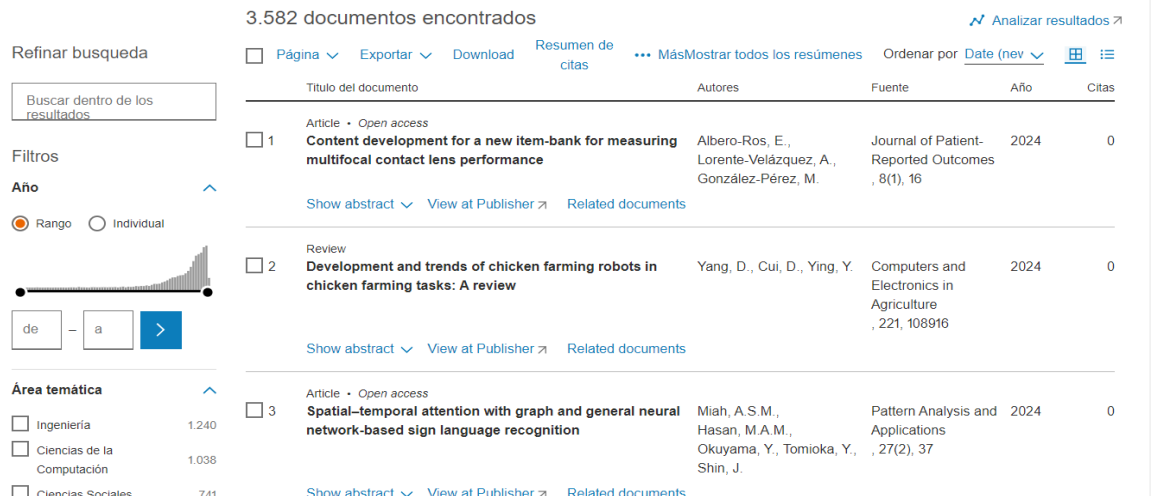
**Tabla 4.**

*Ecuación de búsqueda*

ODS	RESULTADOS	ECUACIÓN DE BÚSQUEDA
<b>REDUCCIÓN DE LA DESIGUALDAD</b>	3.582 document results	( ALL ( prototipo ) OR TITLE-ABS-KEY ( dispositivo AND electronico ) OR TITLE-ABS-KEY ( quimica AND organica ) OR AUTH ( sordoceguera ) OR TITLE-ABS-KEY ( sindrome AND de AND usher ) )

**Figura 3.**

*Resultados de búsqueda global en Scopus.*

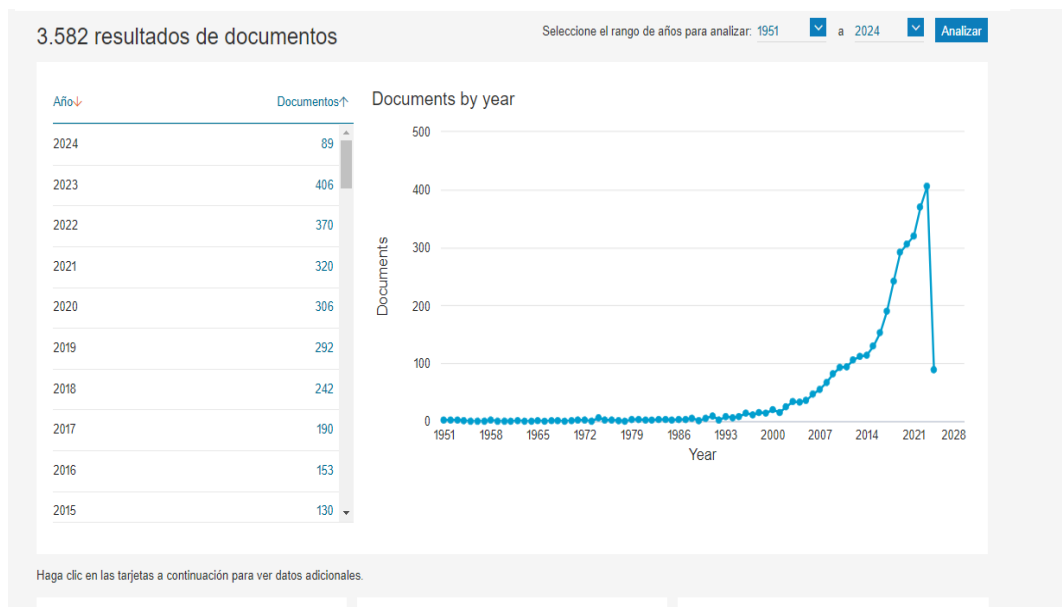


Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.

Esta búsqueda se hizo bajo la inclusión de la primera ecuación planteada. De esta acción, se determinaron como resultado 3.582 documentos.

**Figura 4.**

Resultados de búsqueda global en Scopus.

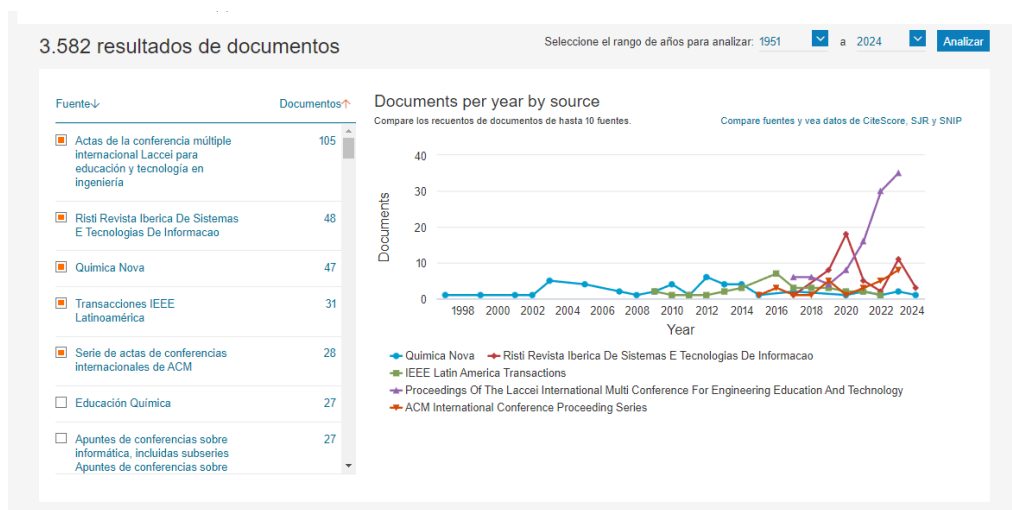


Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.

Dentro de los resultados, haciendo una revisión por año, se puede apreciar que del año 2015 al 2017 se mantuvieron los estándares de investigación entre 100 y 190, sin embargo, se aprecia un aumento significativo a partir del año 2018 con 242 artículos en adelante hasta el año 2023, en la cual los documentos han sido mucho mayores con un total de 406, reflejando un crecimiento considerable en la producción de las investigaciones.

**Figura 5.**

*Resultados de búsqueda global en Scopus.*

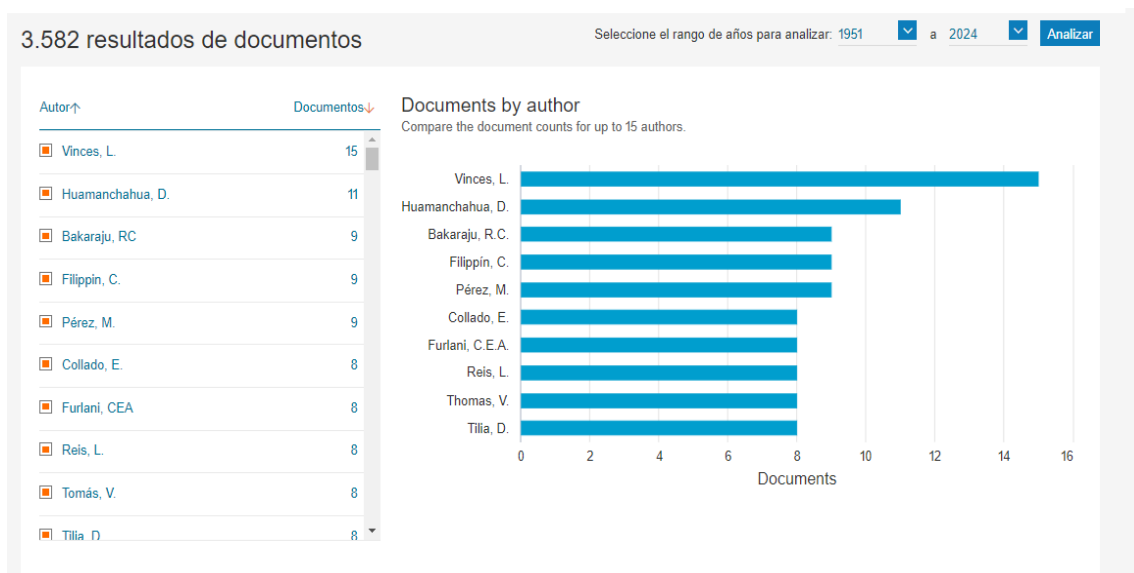


*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

Los resultados de la búsqueda indican que solo una de las fuentes, "Química Nova", ha generado documentos desde 1998 hasta la fecha actual. Sin embargo, a pesar de su largo período de actividad, la cantidad de documentos producidos es relativamente baja, con solo 47 documentos en total. Por otro lado, "Actas de la conferencia múltiple internacional Lacceti para educación y tecnología en ingeniería" comenzó a publicar entre 2016 y 2018, y en ese corto período ha producido muchos más documentos, alcanzando un total de 105.

**Figura 6.**

*Resultados de búsqueda global en Scopus.*

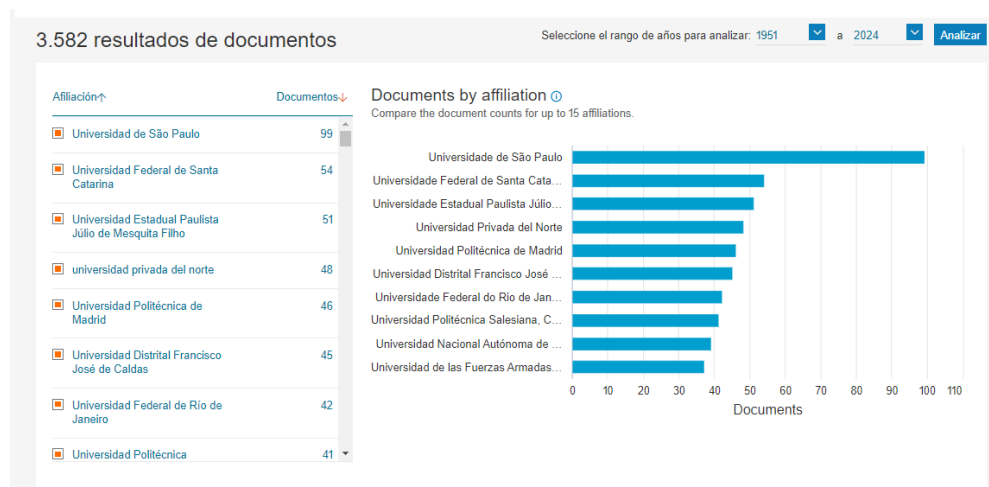


Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.

Por otro lado, al observar los resultados por autor, se encontró que muchos de ellos no superan los 8 o 9 documentos en sus investigaciones. Autores como Tilia, Thomas, Reis, Furlani y Collado han producido 8 documentos cada uno, mientras que Pérez, Filippín y Bakaraju tienen 9 documentos. Los autores más destacados son Huamanchahua, con 11 documentos, y Vinces, con 15 documentos.

Figura 7.

Resultados de búsqueda global en Scopus.

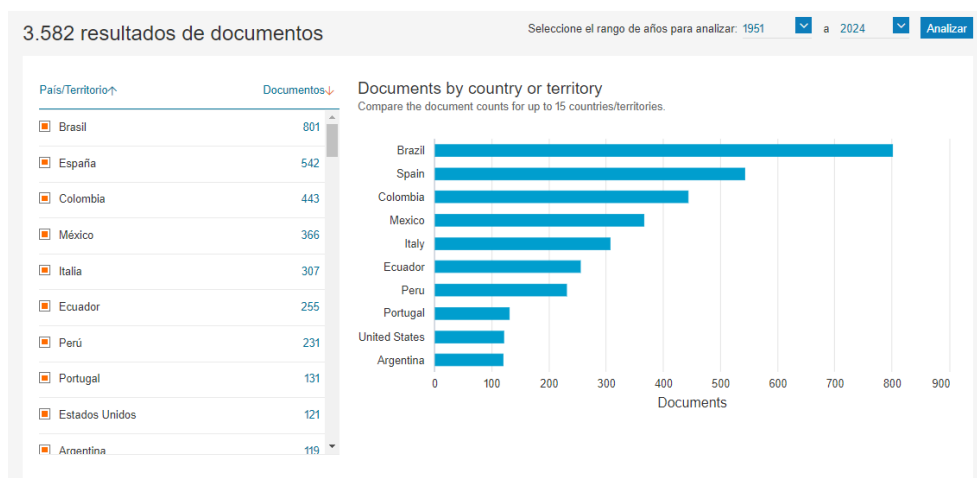


*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

Desde una perspectiva general por universidades, la mayoría de ellas no supera los 60 documentos generados. La Universidad Politécnica ha producido 41 documentos, la Universidad Federal de Río de Janeiro 42, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas 45, la Universidad Politécnica de Madrid 46, la Universidad Privada del Norte 48, la Universidad Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho 51 y la Universidad Federal de Santa Catarina 54 documentos. Solo la Universidad de Sao Paulo se destaca notablemente, con 99 documentos generados.

### Figura 8.

*Resultados de búsqueda global en Scopus.*



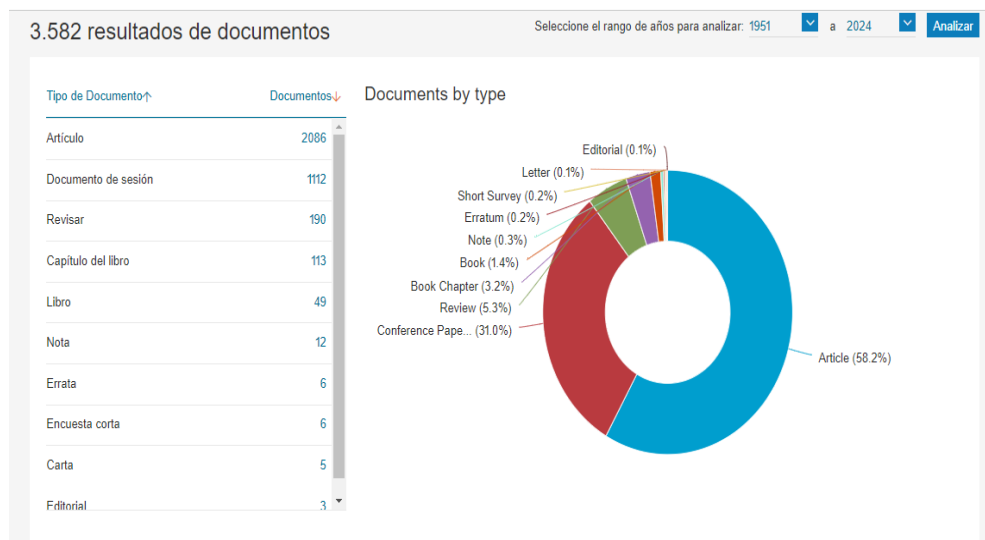
*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

Cambiando de perspectiva para comparar los documentos generados por países, encontramos que los tres más destacados son Colombia, España y Brasil, con 443, 542 y 801 documentos generados, respectivamente, siendo Brasil el que se destaca más significativamente. Otros países como México, Italia, Ecuador y Perú tienen una menor producción de documentos,

con cifras entre 200 y 350. Es importante resaltar que dentro de los países con mayor producción de documentos, dos de ellos pertenecen a Latinoamérica.

### Figura 9.

*Resultados de búsqueda global en Scopus.*

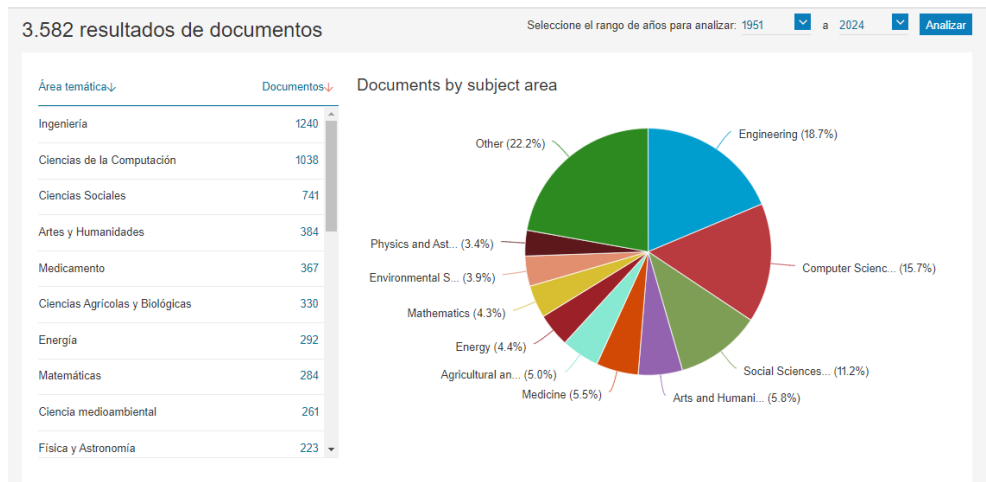


*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

Al revisar los documentos en general, se destaca que más del 50% de ellos son artículos, con un total de 2086 documentos. Los documentos de sesión también tienen una presencia significativa, con 1112 documentos. Otros tipos de documentos, como libros, cartas, encuestas, notas y capítulos de libros, tienen una menor producción, oscilando entre 5 y 113 documentos como máximo.

### Figura 10.

*Resultados de búsqueda global en Scopus.*

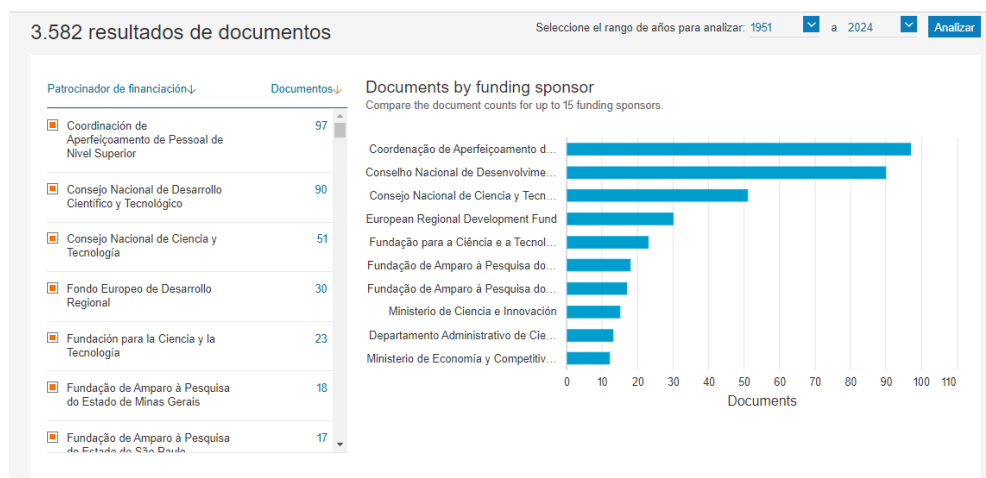


Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.

Dentro de los documentos generados por área temática, se destacan las ciencias sociales con el 11.2%, ciencias de la computación con el 15.7% e ingeniería con el 18.7%. Otras áreas suman un 22.2% de los documentos. En cambio, áreas como artes y humanidades, medicina, agricultura, matemáticas, energía, física y astronomía no superan el 6% de los documentos generados.

Figura 11.

Resultados de búsqueda global en Scopus.



Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.

Existen algunas entidades que patrocinan las investigaciones. Sin embargo, su participación es menor de lo esperado. La Coordinación de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nivel Superior ha patrocinado 97 documentos, y el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico ha contribuido con 90 documentos. Estas son las entidades con mayor participación. Les siguen el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología con 51 documentos y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional con 30. Otras entidades generan entre 17 y 23 documentos.

**Filtración de Información.**

Este paso se realizó bajo la aplicación de la ecuación de búsqueda suministrada, donde se dieron como resultado 301 documentos originales publicados en la temática planteada y con los criterios definidos. Se tuvieron en cuenta las variables de clasificación, año, tipo de documento, área temática, palabras claves, entre otros.

**Figura 12.**

*Resultados de búsqueda en Scopus con criterios definidos.*



*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

**Procesamiento de datos.**

Se dio paso a la **EXPORTACIÓN GLOBAL** de la búsqueda generada por Scopus para el tratamiento externo de datos y referenciación:

**Figura 13.**

*Extensiones y referenciación Scopus.*

Export 10 documents to CSV

What information do you want to export?

Citation information	Bibliographical information	Abstract & keywords	Funding details	Other information
<input checked="" type="checkbox"/> Author(s)	<input checked="" type="checkbox"/> Affiliations	<input checked="" type="checkbox"/> Abstract	<input checked="" type="checkbox"/> Number	<input checked="" type="checkbox"/> Tradenames & manufacturers
<input checked="" type="checkbox"/> Document title	<input checked="" type="checkbox"/> Serial identifiers (e.g. ISSN)	<input checked="" type="checkbox"/> Author keywords	<input checked="" type="checkbox"/> Acronym	<input checked="" type="checkbox"/> Accession numbers & chemicals
<input checked="" type="checkbox"/> Year	<input checked="" type="checkbox"/> PubMed ID	<input checked="" type="checkbox"/> Indexed keywords	<input checked="" type="checkbox"/> Sponsor	<input checked="" type="checkbox"/> Conference information
<input checked="" type="checkbox"/> EID	<input checked="" type="checkbox"/> Publisher		<input checked="" type="checkbox"/> Funding text	<input checked="" type="checkbox"/> Include references
<input checked="" type="checkbox"/> Source title	<input checked="" type="checkbox"/> Editor(s)			
<input checked="" type="checkbox"/> Volume, issues, pages	<input checked="" type="checkbox"/> Language of original document			
<input checked="" type="checkbox"/> Citation count	<input checked="" type="checkbox"/> Correspondence address			
<input checked="" type="checkbox"/> Source & document type	<input checked="" type="checkbox"/> Abbreviated source title			
<input checked="" type="checkbox"/> Publication stage				
<input checked="" type="checkbox"/> DOI				
<input checked="" type="checkbox"/> Open access				

Select all information  Truncate to optimize for Excel  Save as preference  **Export**

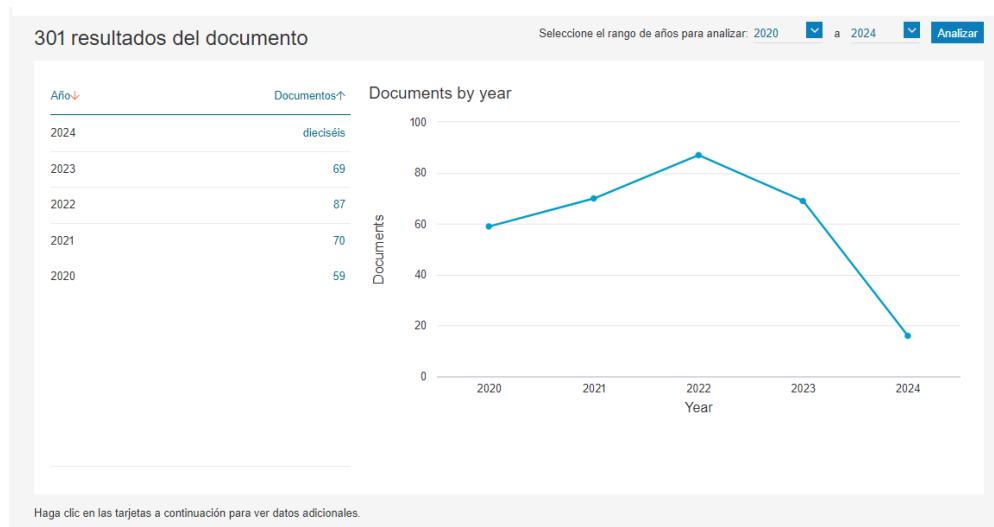
*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

### Generación de resultados.

Se desplegó la generación dentro de las bases de datos con el uso de criterios de prototipo, dispositivo electrónico, sordoceguera y se procede a generar listas y gráficos para facilitar el análisis de la información. Las bases de datos se agruparon en función de los términos de búsqueda. Los utilizados fueron: autor, año, país, artículos, área del conocimiento, palabras clave. Los resultados depurados en esta etapa sirvieron como referencias puntuales — indispensables— en la generación de algún conocimiento positivo dentro de la investigación.

**Figura 14.**

*Extensiones y referenciación Scopus.*



*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

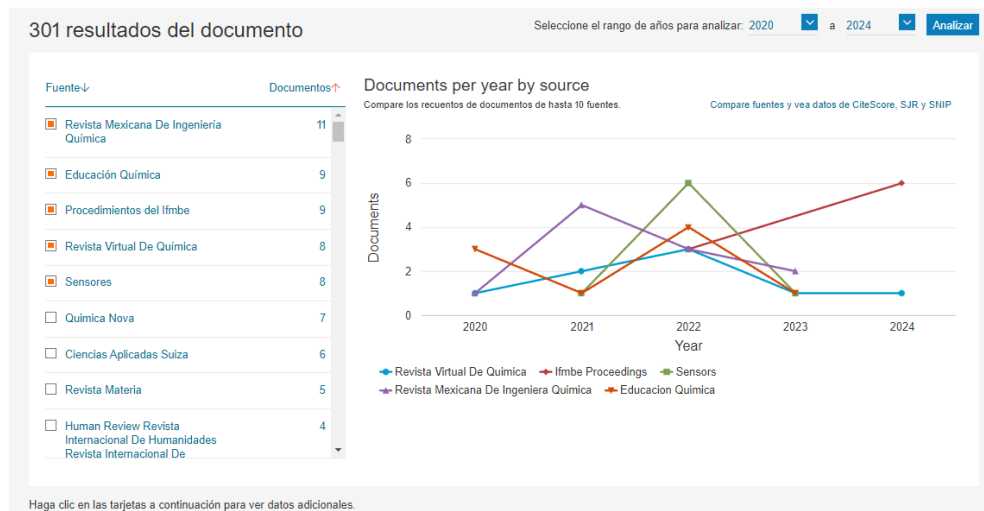
En la figura 14 se presenta un análisis anual, desde 2020 hasta el año en curso, 2024, basado en la información obtenida de Scopus. Este análisis tiene como objetivo generar un resultado más detallado, permitiendo identificar documentos potencialmente útiles para el proyecto en curso.

El gráfico revela un aumento progresivo en el número de investigaciones entre 2021 y 2022. En 2020, se registraron 59 documentos, seguido de un incremento de 11 investigaciones en 2021, y 17 más en 2022, lo que supone 5 documentos adicionales en comparación con el año anterior. No obstante, en 2023 se observó una notable disminución, con 17 documentos menos que el año anterior, y esta tendencia continúa en declive.

Este fenómeno podría interpretarse como una disminución del interés en investigar temas relacionados con la discapacidad, y más específicamente, en la sordoceguera.

### **Figura 15.**

*Extensiones y referenciación Scopus.*



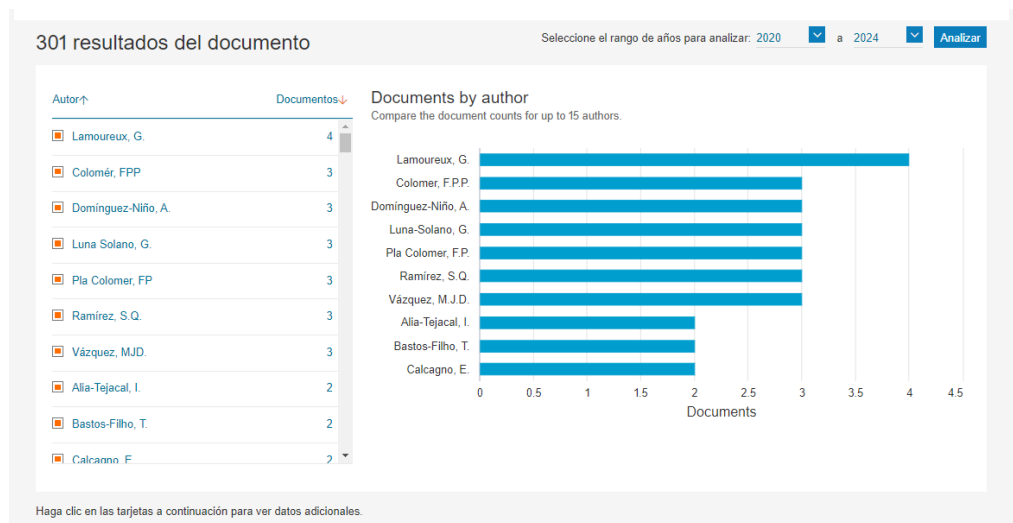
*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

Al analizar la figura 15, que muestra los documentos clasificados por año y fuente, se observa que entre 2020 y 2024 se han generado pocos documentos relacionados con la investigación en este ámbito. La revista con mayor producción es la *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, con 11 documentos, seguida por *Educación Química* y *Procedimientos del IFMBE*, con 9 documentos cada una. Además, la *Revista Virtual de la Química* y *Sensores* han generado 7 documentos cada uno.

Este patrón refuerza la tendencia de desinterés en escribir sobre temas de discapacidad en áreas como ciencia o química.

### **Figura 16.**

*Extensiones y referenciación Scopus.*



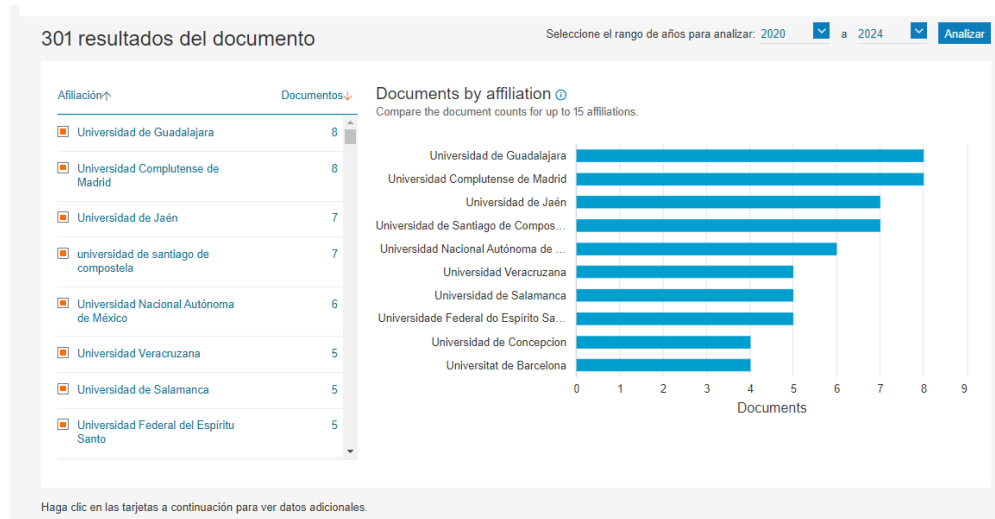
*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

En el análisis de los resultados por autor, limitado a un total de 15, se destaca a Lamoureux, G., quien ha generado 4 documentos. Otros autores como Colomer F.P.P, Domínguez-Niño A., Luna-Solano G., Pla, Colomer F.P., Ramírez S.Q. y Vázquez M.J.D. han producido 3 documentos cada uno.

Es importante resaltar el interés de estos autores, ya que entre 2020 y 2024 han publicado más de un documento relacionado con la discapacidad, lo cual resulta valioso para futuras investigaciones en este campo.

### **Figura 17.**

*Extensiones y referenciación Scopus.*



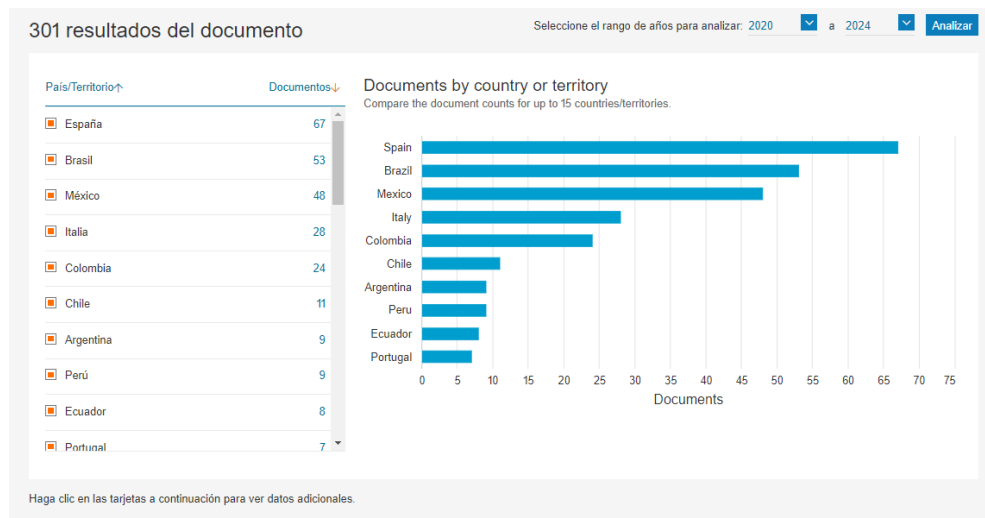
*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

La figura 17 muestra un análisis por afiliación, destacando a la Universidad de Guadalajara y la Universidad Complutense, que han generado 8 documentos cada una. A continuación, la Universidad de Jaén y la Universidad de Santiago de Compostela han contribuido con 7 documentos, mientras que la Universidad Nacional Autónoma de México ha publicado 6. Por su parte, la Universidad Veracruzana, la Universidad de Salamanca y la Universidad Federal del Espíritu Santo han producido 5 documentos cada una.

Entre 2020 y 2024, se observa un interés constante por parte de estas instituciones en la publicación de investigaciones relacionadas con la discapacidad, así como en el desarrollo y diseño de prototipos. Este esfuerzo académico contribuye de manera significativa al avance de futuras investigaciones en el área.

### **Figura 18.**

*Extensiones y referenciación Scopus.*



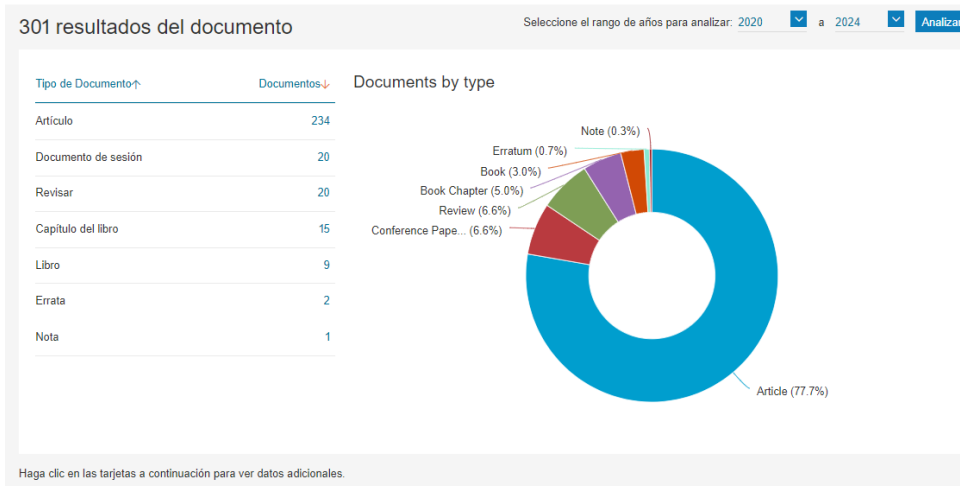
*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

Al analizar los resultados por territorio, es evidente la importancia que España otorga a las investigaciones, ya que entre 2020 y 2024 ha producido 67 documentos. Brasil le sigue con 53 documentos, con una diferencia significativa de 13. México, por su parte, está muy cerca de Brasil, con 48 documentos, a solo 5 de distancia. A continuación, se encuentran Italia con 28 documentos y Colombia con 24; ambos países mostrando un aumento constante en su producción.

A pesar de que España lidera en la generación de documentos, es notable el creciente interés en Latinoamérica por investigar sobre la discapacidad y desarrollar dispositivos electrónicos, lo que contribuirá significativamente a resolver futuras problemáticas.

### **Figura 19.**

*Extensiones y referenciación Scopus.*

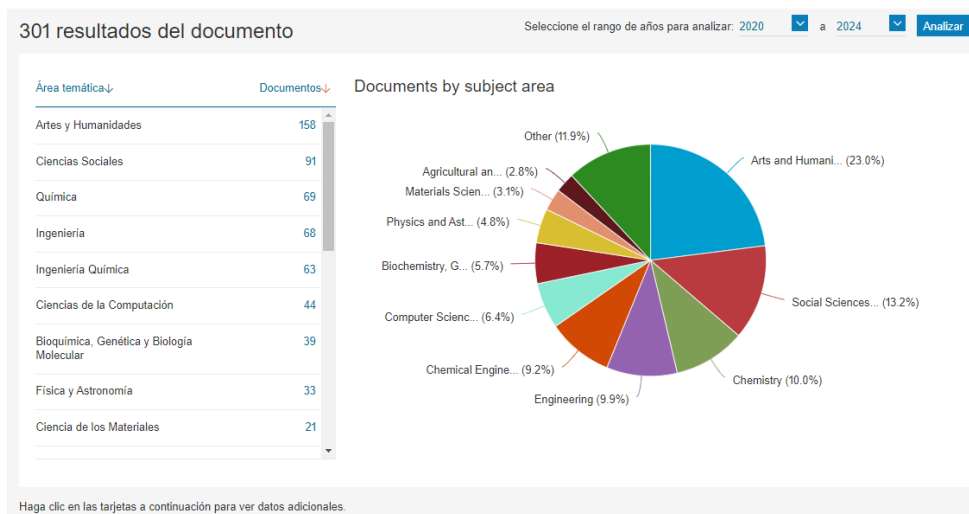


Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.

Dentro de los ítems contemplados anteriormente, cabe resaltar que la generación de documentos es muy importante, pues es otra forma de descubrir nuevas investigaciones y poder apoyarse, ya que se puede apreciar en la figura 19 que los artículos destacan su participación principal con 234, seguido de los documentos de sesión y review con 20.

Figura 20.

Extensiones y referenciación Scopus.

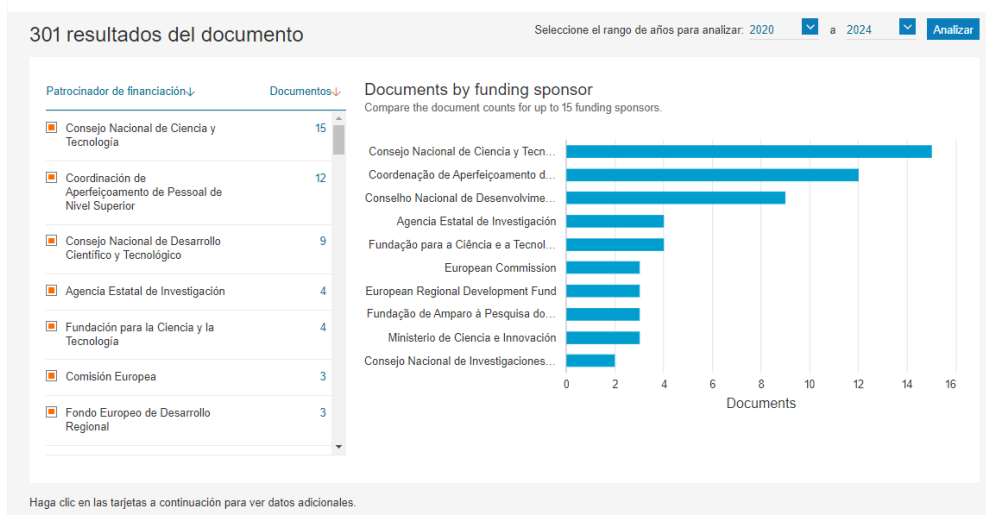


Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.

La figura muestra un análisis de 301 documentos clasificados según áreas temáticas en el ámbito de la investigación. La categoría más representada es Artes y Humanidades, con un total de 158 documentos, lo que representa el 23% del total. Le siguen las Ciencias Sociales con 91 documentos (13.2%) y la Química con 69 documentos (10%). Otras áreas relevantes incluyen Ingeniería (68 documentos, 9.9%), Ingeniería Química (63 documentos, 9.2%) y Ciencias de la Computación (44 documentos, 6.4%). Además, se observan temas como Bioquímica, Genética y Biología Molecular (39 documentos, 5.7%) y Física y Astronomía (33 documentos, 4.8%). La gráfica también incluye un segmento de "Otros", que representa el 11.9%, y varias áreas menores que contribuyen a la diversidad temática de la investigación. Esta representación visual permite identificar rápidamente las áreas de mayor enfoque en los documentos analizados.

### Figura 21.

*Extensiones y referenciación Scopus.*



*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

La figura presenta un análisis de 301 documentos relacionados con distintos patrocinadores de financiación en el ámbito científico y tecnológico. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología se destaca como el principal patrocinador, con 15 documentos, seguido por

la Coordinación de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nivel Superior con 12. Otros patrocinadores relevantes incluyen el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico con 9 documentos, y la Agencia Estatal de Investigación, así como la Fundación para la Ciencia y la Tecnología, cada una con 4. Además, la Comisión Europea y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional cuentan con 3 documentos cada uno. Esta representación gráfica permite visualizar la distribución de documentos entre los diferentes patrocinadores, subrayando la importancia del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en el financiamiento de investigaciones.

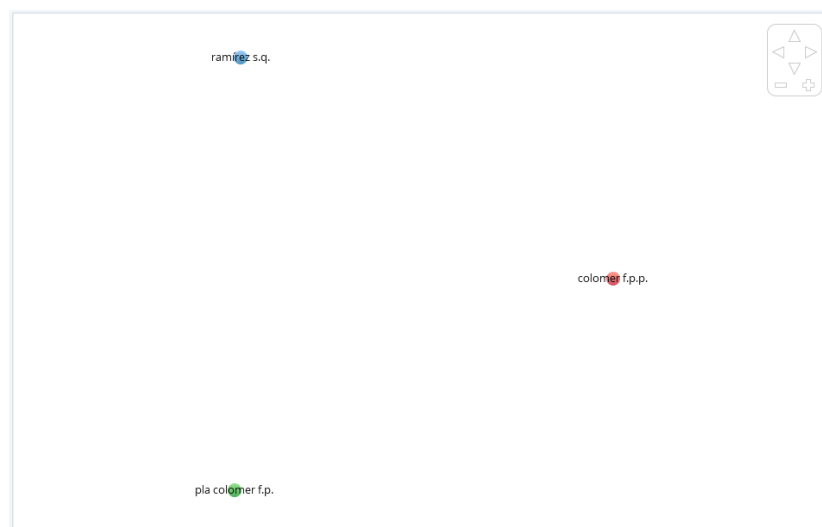
### **Análisis de resultados.**

Dentro del proceso de búsqueda, dentro de las bases de datos se organizó de manera sistemática la información más relevante de la temática a investigar. Al realizar el análisis de los resultados de la búsqueda, se desplegaron los siguientes análisis.

El software utilizado para esta acción fue [Vos Viewer 1.8](#). Éste permitió tratar los datos de manera global y enlazada, pudiendo articular, asociar, y segregar las líneas gráficas de coincidencia para la toma de decisiones.

### **Figura 22.**

*Relación de citas por autores, Vos Viewer.*



En el gráfico se observan pocos resultados, destacando a algunos autores como Pla Colomer fp, ubicado en la parte inferior; Colomer fpp, en el centro-derecha; y plaza Ramírez, en la parte superior. Se puede interpretar que dos de estos autores, aunque comparten el apellido "Colomer", presentan una relación lejana, probablemente sin colaboración directa ni indirecta. Por otro lado, Ramírez sq parece no tener vínculo alguno con los demás autores, lo que sugiere que sus investigaciones no guardan relación con las de Colomer.

En el contexto de la discapacidad, específicamente la sordoceguera, estos análisis pueden ser útiles para identificar quiénes trabajan en temas relacionados con el desarrollo de prototipos para la enseñanza de personas con necesidades especiales. Por ejemplo, en la creación de dispositivos electrónicos para facilitar el aprendizaje de conceptos de química orgánica, como los alcanos, alquenos y alquinos, es importante comprender qué autores o investigaciones están involucrados en estas áreas para generar soluciones tecnológicas adaptadas.

### **Búsqueda por patentes.**

La búsqueda realizada tuvo como objetivo identificar las patentes más recientes disponibles en el mercado, con un enfoque particular en innovaciones tecnológicas que puedan impactar áreas como la sostenibilidad, accesibilidad, seguridad y eficiencia. Entre los intereses específicos de la investigación se encuentra el desarrollo de un prototipo orientado a la enseñanza para personas con sordoceguera, con el fin de garantizar su inclusión en el aula mediante dispositivos electrónicos adaptados. Esta búsqueda no solo permite explorar qué nuevas soluciones y desarrollos están siendo registrados, sino también identificar tecnologías que puedan servir de inspiración o referencia para el avance de prototipos como el mencionado, asegurando su relevancia y viabilidad en el mercado actual. Conocer las patentes vigentes es esencial para mantenerse a la vanguardia en innovaciones accesibles y sostenibles.

**Figura 23.**

*Extensiones y referenciación Scopus.*



*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

Los resultados de la búsqueda de patentes revelan un fuerte enfoque en innovaciones tecnológicas con aplicaciones diversas, que van desde soluciones de supervivencia autónomas y generación de energía renovable mediante la fuerza de las olas, hasta sistemas de gestión de espacios de estacionamiento para personas con movilidad reducida. Además, se destacan inventos orientados a la seguridad de la información, como dispositivos destructores de hardware, y mejoras en la infraestructura de carga eléctrica para dispositivos móviles. Estos desarrollos reflejan un interés creciente en abordar problemas globales relacionados con la sostenibilidad, la inclusión y la seguridad tecnológica, demostrando la amplitud de aplicaciones prácticas que pueden transformar industrias y mejorar la calidad de vida de personas con necesidades específicas.

**Figuras 24.**

*Extensiones y referenciación Scopus.*

The image shows a patent search interface with filters on the left and search results on the right. The filters include 'Año' (Year) with a range from 2020 to 2024, and 'Oficina de Patentes' (Patent Office) with options like 'Organización Mundial de la Propiedad Intelectual' and 'Oficina de Patentes y Marcas de España'. The search results table shows 137 patents found, with the first five listed below.

Patent number	Patent title	Inventor(s)/applicant(s)	Patent office	Year	Patent number
1	MULTIMEDIA AUTONOMOUS ELECTRONIC SURVIVAL DEVICE   DISPOSITIF ELECTRONIQUE AUTONOME MULTIMEDIA DE SURVIE	ALEGRE MASO, Berjant (ALEGRE MASO, Berjant)	Patent Cooperation Treaty Application	2024	W02024089300
2	ELECTRICITY GENERATING DEVICE USING WAVE FORCE   DISPOSITIF GÉNÉRATEUR D'ÉLECTRICITÉ AU MOYEN DE LA FORCE DES VAGUES	PIEDRA MARES, Yolanda; CAÑELLAS FERNANDEZ, Juan Antonio; DALRISA, PABLO; María Del Carmen (RENEWABLE OCEAN ENERGY S.L.)	Patent Cooperation Treaty Application	2024	W02024054414
3	SYSTEM AND METHOD FOR MANAGING PARKING SPACES FOR PEOPLE WITH REDUCED MOBILITY   SYSTEME ET PROCÉDÉ DE GESTION DE PLACES DE STATIONNEMENT POUR LES PERSONNES À MOBILITÉ RÉDUITE	ESCLAPÉS JOVER, Francisco Javier; LOZANO ORTEGA, Miguel Ángel; MARTÍN MALAGA, Alejandro (UNIVERSIDAD DE ALICANTE)	Patent Cooperation Treaty Application	2024	W02024054411
4	HARDWARE DESTROYER DEVICE   DISPOSITIF DESTROYEUR DE MATÉRIEL	CANTILLO FERNANDEZ, Juan Carlos (CANTILLO FERNANDEZ, Juan Carlos)	Patent Cooperation Treaty Application	2024	W02024054613
5	FREELY EMBEDDED SOCKET FOR ELECTRICAL CHARGING OF MOBILE PHONES AND MOBILE	ABADA CARRILLO, Jorge Alex; ABADA GOMEZ,	Patent Cooperation Treaty Application	2024	W02024047535

*Fuente: Scopus. Soporte de formato de parque científico.*

El análisis de las 137 patentes encontradas, filtradas por los últimos cuatro años (2020-2024), muestra un aumento constante en la actividad de innovación, con 8 patentes en 2024, 26 en 2023, 38 en 2022 y 29 en 2021. Este crecimiento reciente sugiere un mayor enfoque en áreas clave como la accesibilidad, la sostenibilidad y la tecnología educativa, campos relevantes para el desarrollo de prototipos destinados a personas con sordoceguera. Entre las patentes más recientes se destacan desarrollos relacionados con dispositivos de supervivencia autónomos, generación de electricidad mediante la fuerza de las olas, gestión de estacionamientos para personas con movilidad reducida, destrucción de hardware y sistemas de carga eléctrica fija para dispositivos móviles.

Un análisis más amplio de la búsqueda de patentes desde 2009 hasta 2016 revela que las patentes registradas varían entre 21 y 27, lo que indica una base estable de desarrollos tecnológicos. Sin embargo, a partir de 2017, se observa un incremento significativo en la actividad de innovación, alcanzando un pico en 2021 con 39 patentes. En los años 2022 y 2023, la cantidad de patentes se mantiene alta con 38 y 26 registros, respectivamente. Aunque en 2024 solo se registraron 8 patentes, esto refleja una continuidad en el ritmo de innovaciones. La mayoría de estas patentes fueron registradas bajo la Oficina Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), lo que refleja una orientación global en los avances tecnológicos. Estas innovaciones

abordan una variedad de necesidades, desde la sostenibilidad hasta la accesibilidad, indicando una tendencia hacia soluciones prácticas que podrían incluir prototipos destinados a personas con sordoceguera dentro del creciente enfoque en tecnologías inclusivas.

En conclusión, la búsqueda de patentes recientes revela un panorama dinámico y en constante evolución en el ámbito de la innovación tecnológica. Este análisis pone de manifiesto la creciente atención a áreas cruciales como la sostenibilidad, la accesibilidad y la seguridad, lo que refleja un compromiso con la creación de soluciones que responden a necesidades contemporáneas. La identificación de tecnologías emergentes, especialmente aquellas que pueden ser adaptadas para la inclusión de personas con sordoceguera, destaca la importancia de fomentar un entorno educativo accesible y equitativo. A medida que avanzamos en esta era de innovación, es fundamental seguir explorando y desarrollando prototipos que no solo aborden desafíos específicos, sino que también mejoren la calidad de vida y promuevan una mayor inclusión en la sociedad. Este enfoque no solo garantiza que se escuchen las voces de aquellos con necesidades particulares, sino que también impulsa un futuro más inclusivo y sostenible para todos.

## **8.2 Objetivo específico 2. Barreras para el aprendizaje en sordociegos.**

Identificar las barreras para el aprendizaje en caso de estudio persona con sordoceguera.

La identificación de barreras para el aprendizaje en personas con sordoceguera es fundamental para entender las dificultades que enfrentan en su proceso educativo y para desarrollar estrategias efectivas que promuevan su inclusión. Este objetivo se centró en el caso de estudio de [A], en el cual se analizaron los resultados de una encuesta diseñada para recopilar información sobre las experiencias y desafíos percibidos por [A]. Además, se llevó a cabo un análisis detallado de los resultados del set de Washington, que proporciona un marco valioso

para evaluar las condiciones y limitaciones que pueden afectar el aprendizaje de [A]. A través de este enfoque, se busca no solo identificar las barreras que obstaculizan el aprendizaje, sino también generar una comprensión más profunda que facilite la implementación de soluciones adaptadas a las necesidades específicas de [A]. En última instancia, el objetivo es contribuir a la creación de entornos de aprendizaje más inclusivos y efectivos que favorezcan el desarrollo integral de las personas con sordoceguera.

### **Análisis de resultados: Encuesta**

#### **Tabla 5.**

##### *Dependencia económica*

1.	<b>¿depende económicamente de alguien?</b>	<b>Sí, depende de su madre.</b>
----	--	---------------------------------

La dependencia económica de [A] hacia su madre puede ser vista desde la perspectiva de Vygotsky, quien enfatiza la importancia del entorno social y cultural en el desarrollo de una persona. Según Vygotsky (1978), "el desarrollo cognitivo no se produce de manera aislada, sino que depende en gran medida de la interacción social y el apoyo recibido" (p. 57). La dependencia económica hacia su madre puede entenderse como una forma de apoyo social clave para la persona con discapacidad. Esto implica que la madre no solo cubre las necesidades básicas, sino que también actúa como un puente entre la persona y el mundo exterior, facilitando su bienestar. Es decir, la madre juega un papel crucial para facilitar la supervivencia y el bienestar de [A], pero este contexto también podría limitar su independencia y autonomía, aspectos que son importantes en el desarrollo humano.

#### **Tabla 6.**

##### *Empleo*

2. ¿En la actualidad tiene empleo?	No, no tiene empleo formal. Ayuda en la finca con pollos y ganado.
------------------------------------	--

**Tabla 7.***Aspecto socioeconómico*

3. ¿Estrato socioeconómico?	No se menciona explícitamente
-----------------------------	-------------------------------

El hecho de que [A]no tenga un empleo formal y ayude en actividades rurales, como cuidar pollos y ganado, podría ser interpretado bajo las teorías de Charles Usher, quien estudió el impacto de la sordoceguera en la autonomía. Según Usher (2001), "las personas con sordoceguera enfrentan barreras significativas para acceder a empleos formales debido a la falta de apoyos específicos, formación adecuada y accesibilidad" (p. 112). En este caso, su rol en la finca puede ser una forma de mantenerse activo.

**Tabla 8.***Beneficio del estado*

4. ¿Recibe algún beneficio por parte del estado?	No se menciona ningún beneficio estatal.
--	--

**Tabla 9.***Caracterización*

5. ¿Se encuentra en el registro de caracterización y localización de personas con discapacidad?	No se menciona.
---	-----------------

**Tabla 10.***Deserción*

<b>6. ¿Ha desertado de algún programa?</b>	<b>Sí, desertó de la universidad después de dos semestres por sus dolores de cabeza</b>
--	---

**Tabla 11.***Programa*

<b>7. Si su respuesta anterior fue si, ¿Escribe de que programa?</b>	<b>Universidad, aunque no se especifica el programa.</b>
--	--

El abandono de la universidad tras dos semestres debido a dolores de cabeza puede ser analizado desde el enfoque de Helen Keller. Keller, quien también fue una persona sordociega, destacó la importancia de los apoyos adecuados para que las personas con discapacidades sensoriales puedan alcanzar la educación superior. Según Keller (1903), "la educación para las personas sordociegas requiere de herramientas accesibles y tecnologías de apoyo que permitan superar las barreras impuestas por la discapacidad" (p. 128). En este caso, la deserción universitaria podría haber sido evitada si se hubieran brindado los apoyos necesarios para manejar las condiciones de salud y las barreras comunicativas del individuo.

### **Análisis de resultados: set de Washington**

**Tabla 12.**

*Set de Washington*

A continuación, se relaciona el set de Washington, análisis realizado en el caso de estudio de la persona [A], especificando las opciones de respuesta

<b>Opciones</b>	[NO] ninguna dificultad.	[Sí], cierta dificultad.	[Sí], mucha dificultad.	No puedo ver/oír en absoluto. / No puedo realizar esta actividad	Mucha dificultad para ver y oír, posiblemente un código 3 o 4.
-----------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------	--	--

**Tabla 13.**

*Requiere apoyo*

**8. ¿Tienes alguna condición que requiere un apoyo para moverte, comprender, comunicarte, ver u oír?** **Sí, requiere apoyo para ver y oír.**

Finalmente, el análisis de las dificultades para ver, oír y comunicarse es crucial en la comprensión de la situación. Vygotsky podría argumentar que las dificultades para comunicarse no solo afectan el desarrollo individual, sino que también limitan las interacciones sociales y el aprendizaje, ya que, para él, "el lenguaje es una herramienta fundamental en la mediación del pensamiento" (Vygotsky, 1978, pág.57). Además, Keller destacó la importancia de encontrar medios alternativos de comunicación, como el Braille o el lenguaje de señas táctil, para superar estas barreras. Si bien no se especifica si la persona usa algún sistema de comunicación alternativo, es evidente que la falta de adaptaciones agrava su aislamiento y dificulta su inclusión.

**Tabla 14.**

*Escucha*

---

**9. ¿Tiene dificultad para oír, incluso cuando usa un audífono? Sí, tiene mucha dificultad para oír.**

---

A la luz de **Helen Keller**, quien superó barreras significativas a pesar de la sordoceguera, se resalta cómo el uso de métodos sensoriales alternativos (como el tacto y el sentido kinestésico) puede ayudar a las personas con estas dificultades a interactuar con el mundo. Sin embargo, para personas que, como en este caso, tienen una pérdida auditiva significativa, la adaptación y el aprendizaje requieren más que un audífono. Keller misma demostró que las soluciones van más allá de dispositivos, al integrar el apoyo de personas capacitadas en lenguaje táctil.

Desde la perspectiva de **Charles Usher**, la combinación de pérdida auditiva y visual representa desafíos únicos en la comunicación. Los dispositivos como audífonos no siempre restauran la audición funcional en casos graves, por lo que muchas personas deben adaptarse con estrategias comunicativas alternativas, como el uso de guías táctiles o asistencia constante.

### **Tabla 15.**

#### *Movilidad*

---

**10. ¿Tiene dificultad para caminar o subir escalones? No se menciona dificultad para caminar o subir escalones.**

---

### **Tabla 16.**

#### *Recuerda y se concentra*

---

**11. ¿Tiene dificultad para recordar o concentrarse? No se menciona**

---

Tabla 17.

*Autosuficiencia*


---

<b>12. ¿Tiene dificultad para lavarse o vestirse (gestionar su autosuficiencia para el cuidado personal)?</b>	<b>No se menciona</b>
---	-----------------------

---

Tabla 18.

*Comunicación*


---

<b>13. ¿Tiene dificultad para comunicarse, por ejemplo, entender a los demás o que lo entiendan a usted, cuando se usa un lenguaje normal (habitual)?</b>	<b>Sí, tiene dificultad para comunicarse debido a sus problemas auditivos y de visión, pero no se especifica si usa un lenguaje alternativo</b>
---	---

---

Para **Vygotsky**, la comunicación y el desarrollo del lenguaje están profundamente ligados al entorno social. En el caso de alguien con deficiencias auditivas y visuales, la falta de herramientas de comunicación adecuadas puede limitar significativamente el desarrollo de habilidades de interacción. Vygotsky argumenta que el lenguaje no es solo una herramienta de comunicación, sino también de pensamiento y desarrollo cognitivo. La ausencia de un lenguaje accesible (como lenguaje de señas o táctil) puede resultar en una limitación tanto comunicativa como cognitiva, al restringir la interacción y el aprendizaje.

Desde la visión de **Van Dijk**, quien trabajó con personas con sordoceguera, la comunicación para alguien con estas características debe estar adaptada a sus habilidades sensoriales. Van Dijk enfatiza la necesidad de crear un "lenguaje común" basado en las

experiencias sensoriales disponibles, ya que la comunicación no puede basarse en el lenguaje habitual. En este caso, la falta de un lenguaje alternativo adaptado puede llevar a dificultades para comprender y expresar ideas efectivamente, afectando así la capacidad para interactuar con los demás.

El dispositivo propuesto representa un avance crucial hacia la inclusión educativa, al brindar a estudiantes sordociegos herramientas que conectan sus capacidades sensoriales con el aprendizaje de conceptos complejos. Este modelo no solo elimina barreras de acceso al conocimiento, sino que también refuerza los principios de equidad e inclusión, promoviendo el desarrollo integral de personas con discapacidades sensoriales.

De acuerdo con lo anterior se pudo concluir que las barreras que enfrentan las personas con sordoceguera son diversas y complejas, entre estas, destacan las barreras en el acceso a la información y la educación, así como las dificultades para comprender conceptos complicados, lo cual limita su progreso académico. Como ya se ha mencionado en el transcurso del desarrollo del documento estas barreras se ven exacerbadas por la falta de recursos pedagógicos y tecnológicos adaptados a las necesidades sensoriales específicas de esta población, especialmente en disciplinas que dependen del uso de representaciones visuales.

Por otro lado, también es importante considerar las barreras sociales, físicas, económicas y culturales que pueden restringir la plena participación de las personas con discapacidad y limitar sus oportunidades en la sociedad. En este sentido se hace un llamado a la eliminación de las barreras discriminativas y promover la inclusión social. Si al menos se inicia con esta última acción, se podría avanzar hacia una mayor empatía por parte de la sociedad especialmente hacia las personas con sordoceguera.

### **8.3 Objetivo específico 3.**

Modelar el dispositivo electrónico de la enseñanza de la química: alcanos, alquenos y alquinos para persona con sordoceguera.

## **Manual de Uso del Dispositivo de Alto Relieve para Aprender Química orgánica**

### **Introducción**

La inclusión educativa constituye un desafío y una oportunidad para innovar en el desarrollo de herramientas accesibles que atiendan las necesidades de poblaciones con discapacidad. En este contexto, el diseño del dispositivo de alto relieve responde a las demandas específicas de personas con sordoceguera que desean adquirir conocimientos en química orgánica. Este proyecto, planteado, tiene como propósito principal crear un recurso pedagógico que ofrezca una experiencia de aprendizaje significativamente basada en el tacto. Utilizando patrones tridimensionales, sensores de calor y vibración, se busca representar las estructuras moleculares de forma tangible, permitiendo a los usuarios explorar y comprender conceptos complejos a través de estímulos sensoriales adaptados a sus capacidades. Este enfoque no solo fortalece el acceso a contenidos académicos habituales excluyentes, sino que también promueve la inclusión social y académica en entornos educativos, resaltando el valor de la inmersión.

Para el desarrollo del tercer objetivo se realizó búsqueda en páginas de patentes, google patentes, en donde se observó cómo resultados algunas patentes enfocadas a la educación pero con poca relación en la enseñanza dirigida a personas sordociegas en tema de química, sin embargo se encontraron algunas investigaciones en donde están los dispositivos para la enseñanza del braille o lectura de imágenes en alto relieve, en el objetivo lo que se pretende es unificar estos sistemas en uno sólo pero agregando la enseñanza de la química orgánica, específicamente los alcanos, alquenos y alquinos., además los pines relacionados al tema se moverán de tal manera que se

genere el alto relieve del dibujo del alcano, alqueno o alquino y la fórmula condensada, tendrá respuesta sensorial por medio de vibración y calor.

Es importante recordar cómo se mencionó en el marco teórico, dentro de los niveles de TRL, el prototipo dispositivo que se generó de esta investigación, quedó en una maduración tecnológica etapa 2, según Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación (2016), en esta fase se puede empezar a formular eventuales aplicaciones de la tecnología y herramientas analíticas para la simulación. Sin embargo, todavía no se cuenta con pruebas o análisis que validen dicha aplicación, pero a futuro se pretende seguir avanzando en las etapas posteriores.

### **Dimensiones**

#### **Dimensiones generales:**

El dispositivo ha sido diseñado teniendo en cuenta tanto la funcionalidad como la comodidad para el usuario, especialmente personas con sordoceguera que requieren herramientas accesibles y fáciles de manipular. Sus dimensiones son Largo: 45 cm x alto 12cm x ancho: 3 cm lo que lo convierte en un equipo compacto, portátil y adaptable a diferentes entornos, como aulas de clase, laboratorios o incluso espacios domésticos.

Estas medidas han sido cuidadosamente seleccionadas para garantizar que el dispositivo sea lo suficientemente ligero y manejable, sin sacrificar su capacidad técnica ni la durabilidad de los materiales. Gracias a su tamaño, permite ser utilizado sobre superficies pequeñas, como escritorios o mesas de trabajo, y es fácil de transportar en mochilas o maletines. Además, las proporciones del dispositivo buscan proporcionar una experiencia táctil cómoda y eficiente, priorizando la accesibilidad y la interacción intuitiva.

El diseño se ha enfocado en satisfacer las necesidades específicas de los usuarios finales, promoviendo la inclusión y facilitando su integración en actividades académicas y de aprendizaje diario, sin que las dimensiones representen una limitación para su manejo.

**Peso estimado:**

El dispositivo cuenta con un peso aproximado de 1.5 kg, lo que lo convierte en una herramienta ligera y fácil de transportar, ideal para personas que necesitan trasladarlo con frecuencia entre diferentes entornos, como aulas, laboratorios, o incluso en el hogar. Este peso permite que el dispositivo sea manejado cómodamente, ya sea dentro de mochilas, maletines o simplemente en las manos, sin representar una carga significativa para el estudiante.

El diseño se enfoca en combinar la portabilidad con la resistencia, garantizando que, a pesar de ser liviano, el dispositivo conserve la robustez necesaria para soportar el uso constante y las condiciones del día a día. Los materiales seleccionados para su fabricación no solo aseguran durabilidad, sino que también contribuyen a mantener un peso equilibrado, ideal para personas con diferencias.

Este peso optimizado no solo facilita su transporte, sino que también permite que el dispositivo sea estable y cómodo durante su uso. Esto es crucial para asegurar que las personas puedan interactuar con él sin mayores inconvenientes, logrando un equilibrio entre funcionalidad, accesibilidad y practicidad. En definitiva, el peso de 1.5kg. Ha sido diseñado pensando en las necesidades del usuario, ofreciendo una experiencia confiable, eficiente y cómoda.

**Información General:**

El dispositivo ha sido diseñado para ofrecer un conjunto de características que lo convierten en una herramienta tecnológica avanzada, accesible y funcional. Cuenta con:

- 120 casillas braille con enrutador de cursor

Cada celda cuenta con un enrutador de cursor que permite mover rápidamente el cursor al lugar deseado en el texto.

Las celdas utilizan tecnología piezoeléctrica para ofrecer una respuesta táctil precisa y un refresco rápido de la información.

- 64GB de almacenamiento interno
- Wi-Fi (802.11 s/b/g/n/ac) banda dual (2.4 Ghz y 5GHz)
- Bluetooth 5.0

**Velocidad de refresco:** Aproximadamente 20 ms por celda, lo que permite una lectura fluida y eficiente.

### **Sistema operativo y software**

- **Sistema operativo:**
  - Sistema propietario basado en Linux, optimizado para la lectura braille y la navegación por menús accesibles.
- **Aplicaciones integradas:**
  - Lector de libros electrónicos.
  - Editor de notas.
  - Calculadora.
  - Calendario.
  - Reproductor de audio.
- **Actualizaciones:** Soporte para actualizaciones OTA (Over-The-Air) mediante Wi-Fi.

### **Funciones adicionales**

- **Modo de conexión dual:** Permite conectarse a dos dispositivos simultáneamente, alternando entre ellos fácilmente.

- **Enrutamiento rápido del cursor:** Botones de enrutador de cursor, dedicados para cada celda, lo que facilita la edición de textos.
- **Modo lector:** Compatible con los principales lectores de pantalla como NVDA, JAWS y VoiceOver.
- **Funcionalidad adicional: Según configuración tecnológica**

#### **Soporte para micrófono de auriculares**

- **Conector**
- **Compatibilidad:**
  - Auriculares con micrófono
  - Auriculares de alta impedancia (hasta 32 ohmios).
- **Entrada de micrófono**
- **Salidas de audio compatibles:**
  - Estéreo 2
  - Soporte para auriculares

#### **Procesador de señal digital (DSP)**

- **Funciones:**
  - Ecualización automática según el tipo de contenido reproducido (música, voz)
  - Reducción de ruido y cancelación de eco en tiempo real durante llamadas o grabaciones.
- **Modos prediseñados:**
  - Modo voz (para llamadas y audiolibros).

#### **Accesorios incluidos**

- Adaptador de corriente USB-C (18W).

- Cable USB-C a USB-A.
- Estuche protector rígido.
- Paño de microfibra para limpieza.

### Certificaciones

- Certificado CE.
- Certificado FCC.
- Cumple con las normas de accesibilidad establecidas por la W3C.

### Almacenamiento interno

- **Capacidad:** 64 GB de almacenamiento interno.
- **Tipo de almacenamiento:** Memoria flash de tipo eMMC, que proporciona una alta velocidad de lectura y escritura.
- **Expansión:** Ranura para tarjeta microSD, compatible con tarjetas de hasta 256 GB adicionales.
- **Soporte de archivos:** El dispositivo admite archivos de texto, libros electrónicos y formatos braille como BRF, BRL, TXT, DOCX y PDF.

### Conectividad

#### Wi-Fi

- **Protocolo:** Compatible con los estándares 802.11 a/b/g/n/ac.
- **Bandas:**
  - Banda **2.4 GHz** para mayor alcance.
  - Banda **5 GHz** para mayor velocidad y menor interferencia.
- **Seguridad:** Soporte para WPA, WPA2 y WPA3, garantizando conexiones seguras.

#### Bluetooth

- **Versión:** Bluetooth 5.0.
- **Rango de alcance:** Hasta 10 metros en condiciones óptimas.
- **Perfiles soportados:**
  - o HID (Human Interface Device)
  - o GATT (Generic Attribute Profile)
  - o A2DP (Advanced Audio Distribution Profile)
- **Compatibilidad:** Compatible con dispositivos Android, iOS, Windows y macOS.

### **Puertos y conectores**

- **USB-C:** Puerto para carga y transferencia de datos.
  - o Soporta carga rápida con adaptadores de hasta 18W.
- **Puerto de audio:** Jack de 3.5 mm para auriculares.
- **Ranura microSD:** Compatible con tarjetas de hasta 256 GB.

### **Batería**

- **Tipo:** Batería de iones de litio recargable.
- **Capacidad:** 5000 mAh.
- **Autonomía:** Hasta 15 horas de uso continuo con una sola carga (dependiendo de la configuración de brillo y el uso de conectividad).
- **Tiempo de carga:** 3 horas aproximadamente con carga rápida.

### **Interfaz de Audio: Estéreo**

El dispositivo está equipado con una interfaz de audio que ha sido diseñada para ofrecer una experiencia de sonido clara y de alta calidad, adaptada a las necesidades de los usuarios. El cual incluye:

- **Tipo:** Alta
- **Potencia máxima de salida:** 1,5 VA
- **Respuesta de frecuencia:** 20 Hz

- **Distorsión armónica total (THD):** < Hay integrados dedicados exclusivamente a mezclar frecuencias para obtener la diferencia o la suma de ellas. Uno muy conocido es el **NE602**. Aunque tiene también sus detractores, precisamente por los productos de **tercer orden**: **Why NOT to use the NE602** .
- **Tipo de cámara acústica:** precisión ii910

#### Soporte de formatos de audio

- **Códecs compatibles:** SBC,
- **Formatos de reproducción:** MP3, WAV

#### Amplificador de audio

- **Tipo:** Amplificador
- **Potencia de salida:** 1,5 vat
- **Consumo energético:**  $\leq 2$  W

**Micrófono MEMS Estéreo:** Un micrófono MEMS (sistemas microelectromecánicos) es un diafragma sensible a la presión grabado en una oblea de silicio mediante el procesamiento MEMS.

- **Tipo de micrófono:** MEMS
- **Configuración:** muestra sus ventajas de rendimiento a nivel de sistema y cómo complementan los diseños de interfaz de voz siempre activa.
- **Sensibilidad:** -38 dB
- **Relación señal/ruido (SNR):**  $\geq$
- **Rango de frecuencia:** 50 Hz a 16 k

#### Otras características

- **Control de volumen:** Botón
- **Compatibilidad:**

- Con asistentes de voz (Asistente de Google, Siri)
  - Funciona con aplicaciones de accesibilidad y software de dictado.
- **Actualización de firmware:** Soporte

### **Encendido y Apagado:**

#### **Estándar de encendido:**

- Mantén presionado el botón de encendido durante **3 segundos** hasta que el indicador LED de encendido: Se ilumina en color **verde** cuando esté encendido.

#### **Apagado estándar:**

- Presiona el mismo botón durante **3 segundos** hasta que el indicador LED: Se apaga por completo al finalizar el proceso de apagado.

#### **Modo de reposo rápido:**

- Presiona brevemente el botón de encendido para poner el dispositivo en **modo de reposo**.
- Este modo mantiene las tareas en segundo plano mientras reduce el consumo de energía.

### **Reinicio forzado:**

- Si el dispositivo deja de responder, mantenga presionado el botón de encendido durante **10 segundos** para forzar un reinicio del sistema.
- Índico

### **Encendido automático:**

- Cuando el dispositivo está conectado a una fuente de alimentación mediante el puerto USB-C, puede encenderse automáticamente si detecta una carga de batería superior al **20%**.

**Protección contra apagado accidental:**

- El sistema incorpora una función de seguridad que requiere una confirmación adicional para evitar apagados accidentales durante el tiempo.

**Operaciones Básicas**

- Exploración Táctil: Desliza tus dedos sobre la superficie en relieve para sentir los patrones.
- Correspondencia: Cada patrón representa un alcano específico. Consulta la guía de correspondencias adjunta.

**Módulos de Aprendizaje**

- Alcanos: Estudia los patrones en relieve para comprender las estructuras de los alcanos.
- Nomenclatura: Aprende a nombrar los alcanos según su longitud de cadena.

**Precauciones de Seguridad**

- Limpieza: Utiliza un paño suave para limpiar la superficie táctil.
- No Sumergir en Agua: El dispositivo no es resistente al agua.

**Mantenimiento**

- Cuidado General: Evita golpes o caídas.
- Actualizaciones: Consulta el sitio web del fabricante para actualizaciones de contenido.

***Primer acercamiento al diseño del prototipo:***

El dispositivo consta de tres partes principales:

- *Primero:* La línea braille traduce el contenido de una pantalla a braille, permitiendo a personas con discapacidad visual leer con los dedos.

- *Segundo:* El dispositivo que en este caso es tipo Tablet

- *Tercero:* El aplicativo, es la innovación en este proyecto es un software desarrollado especialmente para el aprendizaje de alcanos, alquenos y alquinos, los alcanos se conocen con el nombre de hidrocarburos saturados o parafinas, cuando menciona saturados se refiere a la cantidad máxima de hidrogena que una cadena carbonatada además, los alquenos tienen menos hidrógeno que el máximo posible, son también conocidos como hidrocarburos insaturados, los alquinos son hidrocarburos alifáticos, no es tan popular, solo tienen un enlace triple entre dos átomos de carbono adyacentes.

### **Detalle de partes**

**Carcasa:** Es el recubrimiento principal o chasis, está compuesto por dos partes principales, tapa posterior y tapa superior, estas dos se unen mediante 6 tornillos M2x5 (*figura 25*), que permiten almacenar y sujetar los otros componentes internos que forman parte del dispositivo.

Esta puede ser fabricada bajo el proceso de moldeo por inyección de polímeros, el material propuesto para esto es el acrilonitrilo butadieno estireno, conocido comúnmente como ABS, es un polímero termoplástico ampliamente utilizado en la ingeniería y la fabricación debido a sus propiedades versátiles y su facilidad de procesamiento.

Este material se compone de tres monómeros principales: acrilonitrilo, butadieno y estireno, que se combinan para crear un polímero con características únicas. Una de las principales ventajas del **ABS** es su capacidad para **resistir impactos**, lo que lo convierte en una elección popular para aplicaciones que requieren durabilidad y resistencia mecánica.

Esta propiedad lo hace ideal para la fabricación de piezas de ingeniería, carcasas de productos electrónicos, juguetes y diversos componentes industriales, otra ventaja del ABS es el bajo costo como materia prima para la elaboración de piezas en masa, sin embargo, lo que puede ser elevado es el costo de la fabricación y diseño del molde para la inyección del plástico.

La carcasa no es simplemente un recubrimiento; representa un componente esencial para la funcionalidad, la protección y la eficiencia operativa del dispositivo. Su diseño asegura una integración sólida entre las partes, proporcionando estabilidad y seguridad a los componentes internos, al mismo tiempo que permite un fácil acceso para mantenimiento. Además, su estructura garantiza resistencia, confiabilidad y facilidad de ensamblaje, cumpliendo con los estándares de calidad y durabilidad necesarios para ofrecer un producto competitivo y funcional

### Figura 25

*Carcasa*



### Figura 26

*Tornillos de ensamble*



### Componentes electrónicos internos de conectividad:

Los componentes electrónicos internos de conectividad; son fundamentales para el correcto funcionamiento de cualquier dispositivo moderno, ya que permiten la comunicación fluida entre los diferentes módulos y garantizan su interacción con redes externas y periféricos. En el diseño de este dispositivo, estos elementos han sido seleccionados cuidadosamente para asegurar un rendimiento óptimo, estabilidad en las conexiones y compatibilidad con los estándares tecnológicos actuales

- USB Type-C x 1 (dispositivo) / USB Type-A x 1 (host) x 4 unidades
- USB 3.1 de velocidad de transferencia súper alta de hasta 10 Gbps x 1 unidad
- Micro SD y USB Una ranura para almacenamiento externo x 1 unidad
- Wi-Fi (802.11 a/b/g/n/ac), banda dual (2.4GHz y 5GHz) x1 unidad
- Bluetooth 5.0 x 1 unidad ver imagen de referencia (*figura 27*)
- Puerto LAN

### Figura 27

*Bluetooth 5.0*



### Componentes electrónicos para la interfaz de audio:

Los componentes electrónicos de la interfaz de audio constituyen un aspecto fundamental en el diseño y funcionamiento de dispositivos modernos, ya que permiten tanto la entrada como la salida de señales sonoras de manera clara y eficiente. En este dispositivo en particular, la interfaz de audio ha sido diseñada con un enfoque en la funcionalidad, adaptabilidad y calidad, integrando componentes clave como altavoces estéreo, micrófonos y conectores para auriculares:

Para la interfaz de audio se utilizarán altavoz estéreo, plug in 3.5mm y micrófono. Figura 28

### Figura 28

*Interfaz de audio*



### Tarjeta madre:

Combina los elementos electrónicos mencionados anteriormente para integrarlos mediante un software básico conocido como BIOS, que le permite comprender las entradas de datos y

transformarlos en funciones específicas. Esta estará desarrollada específicamente para el funcionamiento del BTC. Imagen de referencia (*figura 29*).

La tarjeta madre es mucho más que un componente técnico; es el eje central que permite la integración, el control y el desempeño eficiente de todos los elementos del sistema. Su diseño específico para el BTC no solo cumple con los estándares de calidad y funcionalidad, sino que también garantiza la sostenibilidad y escalabilidad del dispositivo en diferentes entornos de uso. Este componente es la base sobre la cual se construye la eficiencia y confiabilidad del dispositivo, consolidando su importancia en el desarrollo tecnológico general.

### **Figura 29**

*Tarjeta madre*



### **Pulsadores de goma:**

Se le conoce también como botón interruptor de silicona, estos están hechos por moldeo por compresión de silicona o moldeo por inyección de silicona líquida, debido a su resistencia al desgaste y bajo costo de moldeo los pulsadores de caucho se utilizan en muchas aplicaciones. Principalmente el molde de compresión se utiliza para vulcanizar el material de silicona en diferentes formas de botones, una vez formados, se imprime una tinta conductora debajo con los

diferentes colores y símbolos, finalmente se rocía una capa protectora sobre la superficie del botón. Imagen de referencia (*figura 30*).

La versatilidad de los pulsadores de goma los convierte en una opción indispensable en sectores como la electrónica de consumo, la tecnología médica, los equipos industriales y los electrodomésticos. Su bajo costo de fabricación, combinado con la capacidad de producir en masa, asegura una solución económica sin comprometer la calidad, lo que los posiciona como una alternativa ideal en proyectos donde se requiere una combinación de funcionalidad.

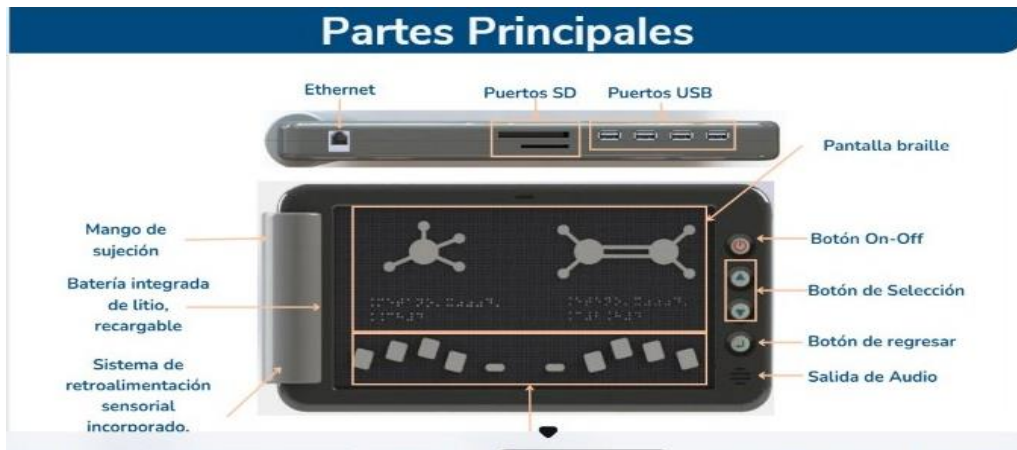
**Figura 30**

*Pulsadores de goma*



**Figura 31**

*Partes principales*



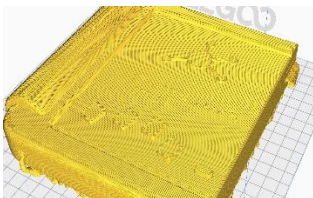
Se realizó un primer diseño elaborado con la descripción de lo que se esperaba lograr y se fue evolucionando hasta obtener el modelo BCT, a continuación, se muestra el proceso.

**Tabla 18**

*Prototipo (Boceto) BCT*

Primer diseño	Diseño simulado	Modelo BCT (Braille Chemistry Tutor)

**Modelo vista 3D**



### Modo de uso

Braille Chemistry Tutor es un dispositivo para el aprendizaje de química orgánica, el usuario podrá, leer, escribir, y recibir retroalimentación sensorial de validación (vibración y temperatura)

### El dispositivo tiene dos modos de uso.

**Unificado:** En este modo el usuario puede acceder a los módulos de aprendizaje, juegos, y auto test. El usuario tendrá a su alcance información teórica de la química orgánica, modulo hidrocarburos, alcanos, alquenos y alquinos, por medio de la pantalla braille podrá leer, pero adicionalmente podrá leer imágenes de los enlaces de cómo se conforman las moléculas por medio del altorrelieve generado en la pantalla.

**Complementado:** Descargue el aplicativo, desde las Appstore en un dispositivo móvil, conecte al BCT y acceda a módulos complementarios para trabajo colaborativo o evaluativo, tutor- usuario.

### Figura 32

#### *Funcionamiento complementario*

El diagrama, titulado "Funcionamiento Complementario", se divide en tres secciones:

- APP:** Muestra los logos de "Download on the App Store", "GET IT ON Google Play" y "EXPLORE IT ON AppGallery". El texto indica: "Descargue la app BCT en las diferentes plataformas de appstore, cree una cuenta de usuario y empiece a disfrutar de la app."
- Dispositivo Móvil:** Incluye el texto "Empareje el dispositivo móvil de su preferencia al BCT para mas funciones" y una imagen de una persona usando un tablet.
- BCT:** Muestra una imagen del dispositivo BCT con un panel táctil que exhibe estructuras químicas. El texto describe: "Con el dispositivo BCT podrá navegar en la app, por medio de la línea de lectura y pantalla braille interactuar en ambas direcciones".

Al finalizar este tercer objetivo se pudo apreciar que el desarrollo del dispositivo electrónico en alto relieve, considerando las necesidades específicas de las personas con sordoceguera para entender de manera adecuada un tema, en este caso enfocado a la enseñanza de la química, se ha mostrado un avance significativo en la innovación educativa accesible. La integración de diferentes representaciones, como las táctiles, sensoriales y la conectividad, refleja un diseño centrado en las necesidades de los usuarios.

Es importante destacar que, aunque el dispositivo se encuentra en una etapa inicial de desarrollo (TRL 2), se ha generado una base sólida para su evolución futura y, por consiguiente, su implementación. El diseño ergonómico y funcional, combinado con materiales resistentes, cómodos y con tecnología que facilita la accesibilidad, traslado y durabilidad, asegura su efectividad.

Además, su enfoque pedagógico refuerza la comprensión de los diferentes conceptos relacionados con la química orgánica. Este proyecto no solo busca contribuir al acceso equitativo a la educación sino también sentar un precedente en el diseño de recursos inclusivos.

## **9. Conclusiones**

El análisis de barreras de aprendizaje, en el caso de estudio evidencia la importancia de comprender a profundidad necesidades específicas de los estudiantes con discapacidades sensoriales. Este paso, no solo permitió adaptar el diseño del prototipo, sino que también reafirma la relevancia de aplicar un enfoque metodológico centrado en el usuario. Teniendo en cuenta que la investigación se vio limitada por la poca disponibilidad de literatura específica en casos similares, los resultados obtenidos refuerzan la necesidad de desarrollar investigaciones enfocadas en casos prácticos.

El modelado del prototipo de dispositivo electrónico desarrollado en esta investigación demuestra la viabilidad de superar las barreras educativas que enfrentan las personas con sordoceguera en la enseñanza de la química orgánica. Mediante el uso de tecnologías hápticas y táctiles, se propone la adaptación de los contenidos complejos relacionados con los hidrocarburos, permitiendo que el estudiante del caso de estudio en un futuro pueda comprender los conceptos fundamentales de manera accesible y efectiva.

Esta investigación destaca la relevancia de un enfoque colaborativo que involucre a diseñadores tecnológicos, educadores y especialistas en educación especial, pues su participación es crucial en el desarrollo de herramientas pedagógicas adaptadas.

Desde una perspectiva teórica, esta investigación aporta al campo de la educación inclusiva al proponer un modelo de enseñanza que combina principios del diseño universal de aprendizaje con el uso de tecnologías accesibles. Esto responde a la necesidad de herramientas educativas más inclusivas, además de abrir nuevas oportunidades para futuras investigaciones sobre el desarrollo de dispositivos adaptados a otras áreas del conocimiento científico. En este sentido, se amplían los horizontes de la educación para personas con discapacidades sensoriales, abriendo el camino a nuevas soluciones que promuevan una mayor inclusión educativa.

### **10. Recomendaciones**

Desarrollar dispositivos para otras áreas del conocimiento, ampliar la aplicación de las tecnologías inclusivas a diferentes campos de las ciencias naturales, matemáticas o incluso el arte, para atender a las diversas necesidades educativas y fomentar la inclusión en más áreas de aprendizaje.

Implementar programas de capacitación docente, es crucial formar a los profesores en el uso de las herramientas tecnológicas para garantizar que puedan integrar a cada una adecuadamente en su quehacer pedagógico y de esta manera potencializar el aula.

Fortalecer la documentación y la sistematización de casos de estudio en contextos educativos diversos es esencial para construir bases de datos que proporcionen a investigadores y diseñadores una perspectiva más amplia y detallada sobre la implementación y las posibles aplicaciones de tecnologías inclusivas en distintos entornos educativos. Aunque este trabajo se centra en un diseño teórico, la sistematización de estas experiencias servirá como fundamento para futuros desarrollos prácticos y evaluaciones orientadas a fortalecer la inclusión en la educación.

### 11. Referencias bibliográficas

Andrade, AF de. (2018). Sordoceguera, cartografía y descolonialidad. *Psicología: Ciencia y Profesión*, 38 (3), 595-610. <https://dx.doi.org/10.1590/1982-3703000082018>

Asociación Colombiana de Sordociegos SURCOE | POTRO. <https://www.foal.es/es/asociaciones/asociacion-colombiana-de-sordociegos-surcoe>

Cader-Nascimento, FAA y Costa, MPR (2010). Descubriendo la sordoceguera: Educación y comunicación. São Carlos, SP: EdUFSCar.

Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud (CIF). (2001). Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad. <https://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf>

Daniel Ricardo Monroy, Gloria Stella Fernández y Anny Viviana Lozano. (2019). Proponer el plan de gestión de las comunicaciones al proyecto. Curso Gestión de Partes Interesadas. Bogotá, D.C.

Decreto 1350. Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Bogotá, DC, 26 de julio de 2019. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201350%20DEL%2026%20DE%20JULIO%20DE%202019.pdf>

Decreto 1421. Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, DC, 29 de agosto de 2017. <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201421%20DEL%2029%20DE%20AGOSTO%20DE%202017.pdf>

Decreto 2011. Ministerio del Trabajo, Bogotá, DC, 30 de noviembre de 2017. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%202011%20DEL%2030%20DE%20NOVIEMBRE%20DE%202017.pdf>

Fundación ONCE para personas con sordoceguera. Cómo actuar frente a una persona sordociega. <https://www.foaps.es/la-sordoceguera/como-actuar-frente-a-una-personasordociega>

González Fernández, H., & Laborda Molla, C. (2015). Sordoceguera: Estado de la cuestión en investigación psicoeducativa sobre comunicación. *Revista Nacional e Internacional de Educación Inclusiva*, 8 (2), 90-106. <https://ddd.uab.cat/registro/188689>

González, M., & Martínez, J. (2022). Inclusión educativa en ciencias naturales: Una revisión bibliométrica. *Revista de Educación e Inclusión*, 18 (2), 45-60.

Goetz, J. (2017). Sordoceguera: Definiciones, características y perspectivas socioculturales. *Revista de Sordoceguera*, 15 (2), 45-60.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.

Ley 361. Diario Oficial No. 42978 de la República de Colombia, Bogotá, DC, 11 de febrero de 1997. [https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3673\\_documento.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3673_documento.pdf)

Ley 982. Diario Oficial No. 45995 de la República de Colombia, Bogotá, DC, 9 de agosto de 2005. [https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3726\\_documento.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3726_documento.pdf)

Ley Estatutaria 1618 de 2013. Ministerio de Salud, Bogotá, DC, junio 2017. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/documentobalance-1618-2013-240517.pdf>

Lenguaje Braille. <https://www.discapnet.es/areas-tematicas/disenio-para-todos/accesibilidad-decomunicacion/lenguaje-braille>

Lenguaje de señas - EcuRed. [https://www.ecured.cu/Lenguaje\\_de\\_señas](https://www.ecured.cu/Lenguaje_de_señas)

Marcillo Tumbaco, CG (2010). Mejoramiento de los servicios educativos para los niños/as y jóvenes con retos múltiples y sordoceguera del Instituto de Educación Especial “María Buitrón de Zumárraga” de la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí (tesis de maestría). Quito. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4912>

Moller, AR (2003). Sordoceguera. En JR Borg (Ed.), *Enciclopedia de la discapacidad visual y auditiva* (págs. 123-145). Editorial Médica Panamericana.

Noticias Caracol. (2015). Presidente de la asociación colombiana de sordociegos, un ejemplo de vida [Vídeo]. <https://www.youtube.com/watch?v=qb6Wgdvie7s>

Oliver, M. (1990). *La política de la discapacidad*. Educación Superior Internacional Macmillan.

Organización Nacional de Ciegos Españoles. Reyes, DA (2004). *La sordoceguera: Una discapacidad singular*. Madrid.

Pérez, R., López, A., & Torres, C. (2020). Factores genéticos asociados al síndrome de Usher: Una revisión sistemática. *Revista de estudios genéticos*, 12 (3), 201-215.

Ramírez, S., & Moreno, P. (2016). Historia de los avances en genética desde Mendel hasta la biología molecular. *Revista de Ciencias Biológicas*, 14 (1), 10-18.

Rowland, C. y Stemel Campbell, P. (1987). Comunicación y desarrollo en niños sordociegos: Una perspectiva evolutiva. *Revista de discapacidad visual y ceguera*, 81 (5), 210-219.

Shakespeare, T. (2014). *Los derechos y los errores de las personas con discapacidad revisados*. Rutledge.

Van Dijk, J. (1967). El desarrollo de la comunicación en niños con discapacidades severas: Un enfoque basado en símbolos y movimiento. *Perspectivas educativas*, 10 (3), 120-134.

Vygotsky, L. (1934). *Pensamiento y lenguaje*. Moscú: Editorial Estatal de Pedagogía.

Watanabe, DR, Giacomini, L. y Maia, SR (2006). Contacto con personas sordociegos: Formas de comunicación (Vol. 2). São Paulo: Grupo Brasil.

Descargar (sin fecha). Visor VOS. Disponible en: <https://www.vosviewer.com/download> (Consulta: 15 de abril de 2023).

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2020). *Metodología de la investigación científica* (6ta ed.). Editorial McGraw-Hill. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Methodología%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

López, F., & Torres, G. (2021). Modelos neurobiológicos aplicados a discapacidades sensoriales. *Revista de Neurociencias*, 15(2), 98-115.

Ministerio de Educación Nacional. (2012). Plan K0. Asociación Colombiana de Sordociegos.

Rowland, C. (2011). *Comunicación e intervención en la sordoceguera: Estrategias y enfoques para el apoyo integral*. Editorial Sordoceguera Internacional.

Rodríguez, L., & Pérez, M. (2019). Inclusión educativa y uso de herramientas tecnológicas en personas con discapacidades sensoriales. *Educación para Todos*, 7(4), 87-104.

Scopus (sin fecha). Disponible en: <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic> (Consulta: 15 de abril de 2023).

Stillman & Battle. Disponible en:

**<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/5933ba18-3ca2-465c-961d-999880b2b1ff/content>**

SURCOE. Plan Casero de Sordoceguera. Disponible en:

**[https://issuu.com/surcoe\\_publicaciones/docs/plan-casero-dxsordoceguera-web](https://issuu.com/surcoe_publicaciones/docs/plan-casero-dxsordoceguera-web)**

Grupo de Washington sobre Estadísticas de Discapacidad. (sin fecha). *La cartilla del Grupo Washington*. Disponible en: **[https://www.washingtongroup-disability.com/fileadmin/uploads/wg/The\\_Washington\\_Group\\_Primer\\_-\\_Español.pdf](https://www.washingtongroup-disability.com/fileadmin/uploads/wg/The_Washington_Group_Primer_-_Español.pdf)**

**[https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO %202011 %20DEL%](https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%202011%20DEL%20)**

**<https://euro-funding.com/es/blog/que-es-la-escala-de-madurez-tecnologica-trl/>**

**<https://investsocperu.medium.com/la-revisión-bibliográfica-1188b99df9b7>**

**[https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo\\_9\\_-\\_niveles\\_de\\_madurez\\_tecnologica\\_y\\_de\\_manufactura-trl\\_y\\_mrl.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo_9_-_niveles_de_madurez_tecnologica_y_de_manufactura-trl_y_mrl.pdf)**

Apéndice

Apéndice A. Validación de instrumentos



VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS  
(Esto lo diligencia el docente que revisa)

1. Pertinencia de las preguntas con los objetivos:

Instrumento	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Instrumento 1	X		

Observaciones:

---



---



---

2. Pertinencia de las preguntas con la(s) Variable(s):

Instrumento	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Instrumento 1	X		

Observaciones:

---



---



---

3. Pertinencia de las preguntas con las dimensiones:

Instrumento	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Instrumento 1	X		

Observaciones:

---



---



---

4. Redacción de las preguntas:

Instrumento	Adecuada	Inadecuada
Instrumento 1	X	

Observaciones:

Revisar la ortografía en dos espacios.

5. Facilidad de aplicación

Instrumento	Adecuada	Inadecuada
Instrumento 1	X	

Observaciones:

Firma Validador:

