

¿Cómo citar este artículo?

Patiño-Toro, O. N., Patiño-Vanegas, J. C., Fernández Toro, A., y Jiménez Guzmán, A. (septiembre-diciembre, 2020). Tendencias investigativas en el estudio de tecnologías inclusivas para población sorda. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (61), 283-303. <https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n61a17>

| Tendencias investigativas en el estudio de tecnologías inclusivas para población sorda

Research trends in the study of inclusive technologies for the deaf population

Orfa Nidia Patiño-Toro

Magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas,
Instituto Tecnológico Metropolitano
Medellín, Colombia
orfapatiño@itm.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8729-2138>
CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000108929

Andrés Fernández Toro

Ingeniero Administrador
Gerencia, Fundación Enseñas
Medellín, Colombia
afernandeztoro@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2381-2397>
CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001736938

Juan Camilo Patiño-Vanegas

Magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas,
Instituto Tecnológico Metropolitano
Medellín, Colombia
juanpatino@itm.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8334-9296>
CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000060491

Alexander Jiménez Guzmán

Magíster en Educación
Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Americana
Medellín, Colombia
ajjimenezg@americana.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9213-5089>
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000283509

Recibido: 31 de enero de 2020 **Evaluated:** 17 de febrero de 2020 **Aprobado:** 25 de agosto de 2020
Tipo de artículo: Revisión

| Resumen

El avance tecnológico debe orientarse a generar mejoras en la calidad de vida y bienestar de la sociedad. Una de las poblaciones con mayores necesidades corresponde a personas sordas, por esto resulta necesario examinar la evolución y tendencias investigativas, en relación con tecnologías dirigidas a población con dificultades auditivas, entre 1990 y 2019. La metodología involucró 202 documentos recopilados mediante ecuación de búsqueda, obtenida de Scopus, originando indicadores de cantidad y calidad, además del análisis de temas emergentes y crecientes en este campo. Los hallazgos incluyen prevalencia del interés por la exploración y difusión de las tecnologías diseñadas para población sorda, especialmente en países como Estados Unidos, demostrándose altos índices de productividad y circulación del conocimiento por parte de instituciones y autores. Entre las conclusiones, se evidenció la importancia de investigaciones en temáticas asociadas al lenguaje de señas, accesibilidad, reconocimiento de gestos mediante sensores, sustitución sensorial y aplicaciones móviles, como instrumentos favorecedores del desarrollo de personas afectadas en su audición. Se reconoce el valor de las investigaciones y la evolución tecnológica como mecanismos dinamizadores del desarrollo de personas sordas, basadas en la comunicación y los procesos de aprendizaje, convirtiéndose en elemento integrador de esta población en distintos contextos sociales.

Palabras clave: Aprendizaje; Calidad de vida; Educación; Gestión Tecnológica; Massive Online Open Courses.

Descriptores JEL: D83, I31, O15, O33, I31

| Abstract

Technological progress must be oriented towards generating improvements in the quality of life and well-being of society. One of the populations with the greatest needs corresponds to deaf people, so it is necessary to examine the evolution and research trends, in relation to technologies aimed at the population with hearing difficulties, between 1990 and 2019. The methodology involved 202 documents compiled by means of a search equation, obtained from Scopus, originating quantity and quality indicators, in addition to the analysis of emerging and growing issues in this field. The findings include the prevalence of interest in the exploration and dissemination of technologies designed for the deaf population, especially in countries such as the United States, demonstrating high rates of productivity and circulation of knowledge by institutions and authors. Among the conclusions, the importance of research on issues associated with sign language, accessibility, gesture recognition through sensors, sensory substitution and mobile applications, as instruments that promote the development of people affected by their hearing, was highlighted. The value of research and technological evolution is recognized as dynamic mechanisms for the development of deaf people, based on communication and learning processes, becoming an integrating element of this population in different social contexts.

Keywords: Learning; Quality of life; Education; Technology management; Massive Online Open Courses

| Introducción

Es necesario destacar la importancia que ha adquirido la comunicación social en el escenario actual, ya sea desde el lenguaje verbal o no verbal, lo cual ha sido definitivo en el desarrollo humano (comunicación e interacción) (Abdallah & Fayyumi, 2016). Al mismo tiempo, el incremento de individuos con discapacidad auditiva se ha convertido en un desafío para la sociedad, al evidenciarse limitaciones en aspectos de socialización e intercambio comunicativo de la población con problemas en su audición (Chai et al., 2013). Estas dificultades comunicativas impiden que las personas sordas puedan expresarse e interactuar en condiciones normales con otras personas, además porque no es comprensible para todos el lenguaje de signos utilizado por esta comunidad (Elmahgiubi et al., 2015).

Conforme a lo expuesto, según cifras entregadas por la Organización Mundial de la Salud –OMS– (2019), en el ámbito mundial la población con disminución discapacitante de su audición es de 466 millones, es decir el 5 %; de estos, 432 millones son individuos adultos y 34 millones corresponde a niños. Se estima que para el año 2030 aumentará a 630 millones, y en el 2050 podría elevarse a 900 millones. De hecho, se considera que 1100 millones de jóvenes, en edades comprendidas entre los 12 y 35 años, presentan riesgo de sufrir la pérdida de su audición, como consecuencia de la prolongada exposición al ruido.

Sin embargo, con el avance tecnológico (nuevas tecnologías digitales, dispositivos móviles, mejoras en la infraestructura en las comunicaciones y aumento de proveedores tecnológicos) que se observa día a día (Monti & Delnevo, 2018; Palacios et al., 2019) ha mejorado el apoyo a personas con dicha discapacidad, así como mediante la creación de equipos, programas y servicios que prestan asistencia. Adicionalmente, también se ha presentado un crecimiento en el estudio del tema, por lo que se vuelve importante conocer cómo ha sido dicha evolución a lo largo del tiempo. Por lo anterior, en este artículo se presenta una revisión que tiene como objetivo mostrar, mediante indicadores bibliométricos de cantidad y calidad, el desarrollo del área de tecnologías orientadas a la población sorda.

A partir del análisis bibliométrico, que es un conjunto de procedimientos basados en la sistematización y procesamiento de la información (Palacio et al., 2020; Pérez et al., 2003; Villa-Enciso et al., 2016), también se presenta un breve acercamiento al campo indagado; se ofrece una breve explicación de cómo se obtuvo la información para la bibliometría, mediante la aplicación de una ecuación de búsqueda; se realiza un análisis de temas emergentes y crecientes para conocer cuáles han sido los más estudiados en el área; y finalmente, se realiza el gráfico de evolución del tema y la agenda de investigación para tener presente otros enfoques en futuras investigaciones sobre la temática.

Tecnologías desarrolladas para población sorda

Las personas con discapacidad auditiva, son aquellas que manifiestan pérdida que disminuye su capacidad sensorial, necesaria para el procesamiento de información y desarrollo del aprendizaje. Es importante indicar que una persona normal en su audición presenta niveles auditivos, iguales o por encima de los 25 dB (decibel); de modo que se concibe como afectación auditiva discapacitante la pérdida de esta capacidad cuando supera los 40 dB en personas adultas, y superior a los 30 dB en los niños (OMS, 2019).

Por esta razón, se ha buscado la forma de evolucionar en herramientas que faciliten el acceso a diversos entornos (familiar, educativo, laboral) y el desarrollo de su potencial (conocimientos, habilidades, aptitudes), con el propósito de favorecer sus condiciones de vida (Skejić & Durek, 2006), al considerar los retos que presentan las personas sordas, por ejemplo para acceder a la educación, a pesar de los esfuerzos (políticas y estrategias de inclusión) gubernamentales por apoyarlas en el proceso (Vijayashree & Jayashree, 2016).

De hecho, existen en el mercado distintas tecnologías que apoyan el desenvolvimiento en cualquier ambiente (audífonos, aparatos detectores de sonidos y aquellos dispositivos significativos para la localización -es decir, la ubicación de individuos que experimentan alguna deficiencia auditiva, ya sea totalmente sordos o con un cierto grado de dificultades sensoriales-). Es aquí donde el componente tecnológico desempeña un rol trascendental; elementos relacionados con las tecnologías de la información, comunicación y estrategias de automatización son usados con frecuencia, favoreciendo las condiciones sensoriales de una población con disminución auditiva discapacitante, en procura de su inclusión en el contexto social (Mielke & Bruck, 2016).

Sumado a esto, las dificultades presentadas por los individuos con discapacidad auditiva, se encuentran especialmente asociadas con la comunicación y la colaboración con otros; estas personas son limitadas principalmente por la ausencia de un lenguaje común. Es importante mencionar que quienes presentan un nivel leve o grave de audición emplean en sus procesos de comunicación la palabra o distintos dispositivos (implantes cocleares o audífonos, lenguaje de señas, subtítulos, entre otros) (OMS, 2019).

Por consiguiente, se ha buscado mejorar la situación a través de diferentes mecanismos, uno de los cuales se enfoca en el uso de sistemas no invasivos, funcionales e interactivos, capaces de traducir los gestos de una persona de forma personalizada y en tiempo real; el mismo, es denominado *SCEPTRE*, que emplea manillas o brazaletes, equipados con sensores especiales, los cuales son utilizados en la comparación de los datos obtenidos para interpretar y entender la comunicación gestual (Paudyal et al., 2016).

También, es importante indicar que el lenguaje de signos es reconocido como el principal medio aplicado por personas sordas para comunicarse; este tipo de lenguaje debe apropiarse para tener la posibilidad de interactuar, aunque los materiales para su aprendizaje son escasos y los instrumentos utilizados actualmente (sensores externos) exhiben precios elevados, lo que obstaculiza el proceso de comunicación e interacción. El aprendizaje del lenguaje de señas comienza con el *Fingerspelled*; de ahí, surge la herramienta *SignQuiz*, óptima para el aprendizaje de signos *Fingerspe*, soportada en la web rentable usada en la India (ISL) y la aplicación de reconocimiento automático de este tipo de lenguaje. Esta aplicación ayuda en la ilustración, sin la participación de facilitadores externos; además, con la misma se tiene el propósito de aprender gestos a través de los dedos, empleando redes neuronales (sistemas de neuronas artificiales conectadas para la transmisión de diversas señales), evidenciando una alternativa positiva para el proceso de aprendizaje (Joy et al. 2019).

De otro lado, se han diseñado tecnologías de asistencia, como es el caso de los guantes inteligentes, basados en lenguaje braille para traducir información detectada mediante sensores táctiles, para luego convertirla y transmitirla en forma de mensajes de texto a dispositivos móviles, siendo utilizados por personas sordo-ciegas, para facilitar los procesos de interacción e independencia de este sector de la población; lo anterior, reduce la presencia de intermediarios en el intercambio de información (Choudhary et al., 2015).

Adicional a esto, se ha creado el *SmartWatch*, un dispositivo informático móvil; instrumento que permite la detección de sonidos del entorno y la generación de conciencia entre las personas con deficiencia auditiva, a partir de las alertas generadas (Mielke & Brück, 2015). Además, aparece el *VisualComm*, tecnología utilizada para facilitar la interacción entre personas con limitaciones auditivas y quienes no presentan dicha discapacidad; esta herramienta es sustentada en reconocimiento de lenguaje de signos, apoyado en *Kinect* (inicialmente, creado como controlador de video juegos), permitiendo la posibilidad de comunicarse en forma bidireccional entre los participantes (Chai et al., 2013).

Desde la perspectiva de la existencia de múltiples necesidades en la población sorda, cabe mencionar la aplicación de estrategias de gamificación (uso de los juegos en procesos educativos) en la enseñanza de diferentes campos del saber, como por ejemplo la estadística, la cual se lleva a cabo mediante tutoriales electrónicos, como es el caso del *Gamified*, empleando reconocimiento de voz, y apoyado en la lengua de señas; además, este es utilizado en el caso concreto de Filipinas, buscando formas efectivas de aprendizaje (Samonte et al., 2019).

De la misma manera, han tenido gran acogida las interfaces robóticas que permiten la conexión física y funcional entre diversos dispositivos que emplean lenguajes distintos; dichas interfaces son usadas en diferentes campos (manipulación de objetos pequeños, tecnologías para rehabilitación de alto riesgo, tecnologías de servicios, asistencia, entre otras). Por ejemplo, para alcanzar el control, apoyado en los gestos, se establecen niveles de relacionamiento entre el hombre y los artefactos; además, con base en un sistema operativo robótico, denominado ROS (Sistema Operativo Robótico), se construye y evalúa el comportamiento del sistema de comunicación a distancia entre individuos sordos-ciegos, llamado PARLOMA, el cual permite enviar los mensajes en lenguaje de señas táctiles, emitidas por un emisor a uno o varios receptores o destinatarios con discapacidad auditiva, al integrar el rastreo de la mano, la implementación del reconocimiento de los gestos (utilizando algoritmos) y las interfaces robóticas, facilitando la interacción hombre-máquina (Farulla et al., 2015).

También, se han popularizado dispositivos como la mano robótica antropomórfica, que puede imprimirse en 3D, y la cual permite reproducir movimientos de las manos en el lenguaje de señas para comunidades sordas y sordo-ciegas; estas son herramientas portátiles para la identificación de gestos (ofrecen un significado o intención concreta durante la comunicación), que reducen los obstáculos al momento de acoplarse en el ámbito social. Estos dispositivos están constituidos por ocho sensores (de presión, movimiento, entre otros) y módulos (para captar, procesar y visualizar); los datos recopilados son examinados por medio de un clasificador (vector) integrado; y la información es transmitida a un dispositivo móvil mediante sistemas inalámbricos de comunicación (transmisión de datos a través de radio frecuencia) (*Bluetooth*) (Bulgarelli et al., 2016; Lee & Lee, 2018).

Otra aplicación desarrollada es una plataforma Android, la cual usa lengua árabe para el aprendizaje de las terminologías del lenguaje de signos; además, favorece el aprendizaje y la comunicación de individuos sin dificultades auditivas y sin experiencia en este tipo de formas de comunicación (lenguaje de señas) con personas sordas; lo anterior, es posible a partir del reconocimiento de voz de determinadas palabras o mediante su escritura en el idioma de la aplicación, para luego generar la imagen específica en el lenguaje de signos. De igual forma, las personas con necesidades particulares pueden comunicarse con personas oyentes, gracias a la transformación del cúmulo de imágenes que se convierten en párrafos de texto, logrando así exponer sus ideas y pensamientos (Abdallah & Fayyoumi, 2016).

También, se ha intentado crear medios que favorezcan el aprendizaje y el desarrollo de destrezas en temas computacionales; esto es posible con el uso de teléfonos móviles con los que el individuo aprende, de acuerdo con sus necesidades, y a través de contenidos editados de videos e imágenes basados en lenguaje de signos, de modo que se procura generar una cultura de autoaprendizaje y autonomía en las personas sordas (Ng'ethe et al., 2015).

De otro lado, se han creado recursos tecnológicos que benefician la movilidad de la población sordo-ciega en escenarios reales (por ejemplo, en las vías, parques, entre otros), como son los dispositivos electrónicos que ayudan a la movilidad (EMAD -*Electronic Mobility Aid Devices*), útiles en actividades de ocio, desplazamientos, acciones rutinarias y procesos de socialización; lo anterior, en tanto se facilita, por medio de la emisión de alertas (vibraciones), el conocimiento previo sobre la existencia de obstáculos; también, ayuda a la identificación de la ruta adecuada (Mini guía). Además, se encuentra el mecanismo Brisa, el cual es utilizado para la orientación y familiarización con lugares específicos (geolocalización) (Vincent et al., 2014).

De igual modo, se pueden encontrar simuladores de realidad virtual, con énfasis en control de prótesis de brazo, haciendo uso de la visión por computador, la captación de los movimientos y bioseñales, y la inclusión de retroalimentación de tono táctil para población sorda (IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, 2014).

Para sintetizar, las tecnologías más utilizadas por la población sorda, en instancias actuales, exhiben un componente común, y son los dispositivos para la captura de imágenes; adicionalmente, el uso de escáneres con capacidad para crear imágenes en 3D, basados en elementos láser, también pueden considerarse como una buena opción, con resultados eficientes. Sin embargo, el alto costo es una de las desventajas de estos dispositivos tecnológicos. Del mismo modo, son habituales los métodos empleados en el reconocimiento de gestos, siendo la detección de objetos, movimientos y gestos los más importantes (Martins et al., 2015).

| Metodología

Se realizó una bibliometría, seleccionando la base de datos Scopus, por la practicidad y disponibilidad para acceder a la información, la cual incluye material indexado en bases de datos, además de ofrecer enlaces web de distintos editores de revistas científicas, y posibilitar el acceso a diversos textos citados (Uribe et al., 2020). Así, en la mencionada base de datos se aplicó la siguiente ecuación, teniendo en cuenta las necesidades de información de la investigación e intereses sobre el tema propuestos por los investigadores:

(TITLE-ABS-KEY ((assistiv* W/2 technolog*) OR (inclusiv* W/2 technolog*)) AND TITLE-ABS-KEY (deaf)).

Dicha ecuación parte de la búsqueda de tesauros que relacionan tecnologías inclusivas y sordos, además de la restricción de validez en los campos: título, resumen y palabras clave, sin emplear ninguna restricción de período de tiempo; lo anterior, con el propósito de lograr que la ecuación ofreciera resultados de los documentos publicados desde los años iniciales en el estudio del tema, hasta el presente, y buscando conseguir una visión más completa para el análisis. Los resultados mostraron 202 publicaciones, que fueron verificadas para asegurar que lo arrojado hiciera referencia a la temática en estudio, extrayendo la información más relevante para la construcción del artículo.

La bibliometría, por medio de sus indicadores, proporciona información en torno a las derivaciones del proceso indagado, la cantidad, avance, trascendencia y estructura. De esta manera, se contribuye en la evaluación del desarrollo científico y el reconocimiento de obras y autores (Camps, 2008; Arias-Ciro, 2020); así las cosas, en este estudio, a partir de los 202 resultados obtenidos, se construyeron los indicadores de cantidad y calidad, que permiten calcular los índices de producción e impacto.

Posterior a esto, con la misma información se estudiaron los temas crecientes (que son los que se repiten con mayor frecuencia, en comparación con el periodo de tiempo anterior) y emergentes (los que surgen en el último periodo de tiempo estudiado), en dos periodos que corresponden desde 1997 hasta 2007, y desde 2008 hasta el 2019.

Por último, se presenta el gráfico de evolución que muestra cuáles han sido los enfoques dados al tema, desde su primer registro hasta la actualidad, y la agenda de investigación que da una orientación sobre aspectos relevantes del tema, los cuales podrían ser estudiados posteriormente.

| Resultados

En el siguiente apartado se exhiben los resultados asociados con los indicadores de cantidad y calidad, recopilados alrededor de las tecnologías orientadas para población sorda.

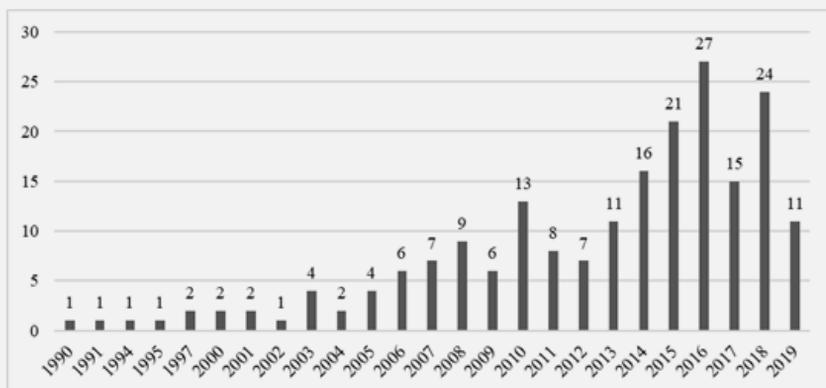
Indicadores de cantidad y calidad

Con respecto a la cantidad de publicaciones (nivel de productividad anual), como se muestra en la figura 1, los indicadores exhiben un interés en aumento por la investigación acerca de las tecnologías dirigidas a la población sorda en los últimos años; sin embargo, el periodo donde se evidencia más avance se presentó 20 años posteriores a su aparición en el contexto científico. Sobresale la producción de artículos en los años: 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018, donde se reflejan los índices más altos, alcanzando hasta 27 documentos por año.

El creciente interés por indagar sobre este tipo de tecnologías para población sorda o con problemas de escucha está direccionado, por parte de los autores, específicamente a resaltar la importancia de la comprensión gramatical, la implementación de sensores para la exploración de sonidos, así como la traducción e interpretación automática en diferentes lenguajes; procesos de comunicación e interacción entre las personas sordas, al mismo tiempo entre individuos sordos con oyentes y con las máquinas (robots); la detección de riesgos, sistemas inteligentes para la automatización de espacios, apoyo e inclusión en la enseñanza de niños y jóvenes, la mejora de experiencias a partir del uso de los dispositivos o instrumentos tecnológicos, la accesibilidad a internet, el lenguaje de señas y el reconocimiento de gestos, la aplicación de tecnologías de asistencia apoyadas en la nube, opciones de acceso a plataformas de e-Learning, videojuegos, entre otros.

Figura 1

Cantidad de publicaciones por año

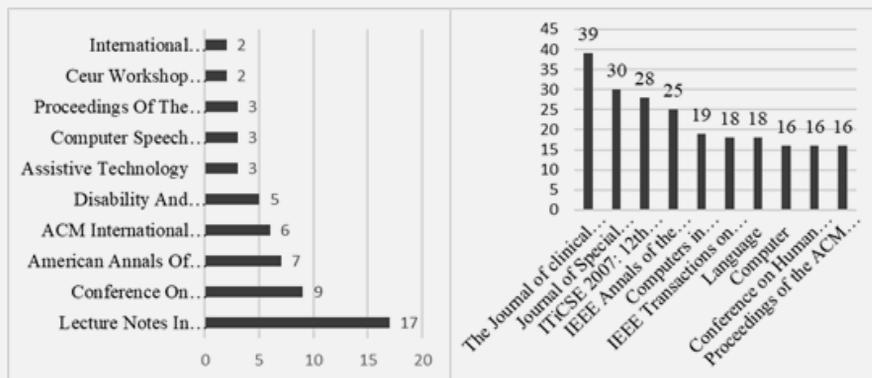


Nota: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura 2, las diez fuentes investigativas mejor ubicadas, en relación con la cantidad de publicaciones en torno a la temática, son las siguientes; en el primer lugar *Lecture Notes In Computer Science*, con 17 productos; luego, aparece *Conference On Human Factors In Computing Systems Proceedings*, con 9 documentos, seguida de *American Annals Of The Deaf*, con 7; posteriormente, surgen *ACM International Conference Proceeding Series* y *Disability And Rehabilitation Assistive Technology*, con 6 y 5 producciones, respectivamente; así mismo, se reconocen *Assistive Technology*, *Computer Speech And Language* y *Proceedings Of The Annual International Conference Of The IEEE Engineering In Medicine And Biology Society EMBS*, con 3 publicaciones cada una; finalmente, *Ceur Workshop Proceedings e International Conference On Intelligent User Interfaces Proceedings IUI*, con 2. Estos resultados son importantes al momento de examinar la prevalencia de posibles vacíos o particularidades, relacionados con las publicaciones emitidas por las diversas revistas.

Figura 2

Cantidad de publicaciones e impacto por revista



Nota: Elaboración propia.

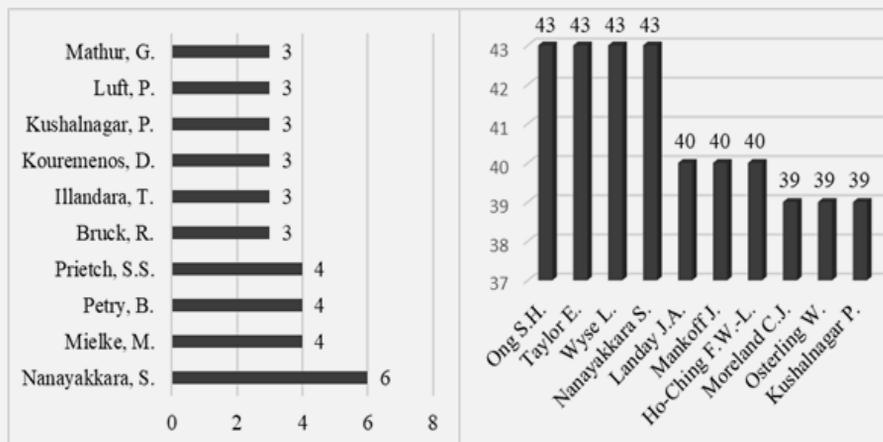
En la figura 2, también se muestran las diez revistas más citadas por cada publicación acerca del área del conocimiento abordada. Ubicada en el primer lugar, obteniendo la mayor cantidad de citas, aparece *The Journal of Clinical Ethics*, con 39 menciones; en segunda instancia, se encuentra *Journal of Special Education*, al contar con 30 citaciones; y en tercera posición se sitúa *ITiCSE 2007: 12th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education - Inclusive Education in Computer Science*, con 28 llamados.

Al analizar los resultados asociados con las revistas que ostentan los mejores índices de productividad y aquellas con mayor nivel de impacto, se observa que ninguna de estas aparece en ambos listados revisados, evidenciando que no necesariamente hay un nivel directo de correlación entre el rendimiento productivo y la cantidad de citaciones que puedan obtenerse (De Vito, 2006).

Por otra parte, al referir los diez autores con mayores índices de productividad, como se muestra en la figura 3, el primer puesto es para *Suranga Chandima Nanayakkara*, de la neozelandesa Universidad de *Auckland*, con 6 productos; luego, figuran *Matthias Mielke*, *Benjamin Petry* y *Soraia Silva Prietch*, con 4 artículos; subsiguientemente, se ubican *Bruck Rainer*, *Thavishi Illandara*, *Dimitrios Kouremenos*, *Poorna Kushalnagar*, *Pamela Luft* y *Gaurav Mathur*, cada uno con 3 publicaciones.

Figura 3

Número de publicaciones y citas de los diez principales autores



Nota: Elaboración propia.

Así mismo, se presentan los indicadores de impacto, donde se relacionan los diez autores más sobresalientes en la temática indagada, por la cantidad de menciones obtenidas; no obstante, es frecuente la generación de discrepancias al analizar el factor de impacto entre los expertos, dado que algunos consideran que no certifica la calidad del contenido de la publicación, debido a que existen diferentes factores que pueden afectar el comportamiento de este indicador, y se deberían revisar aspectos relacionados con la accesibilidad y uso de los contenidos. Lo anterior, en relación con las revistas y la trayectoria del investigador, institución de procedencia, novedad de los temas presentados, entre otros componentes; variables que pueden influenciar el número de citas, con respecto a la calidad de las difusiones (Alperin y Rozemblum, 2017).

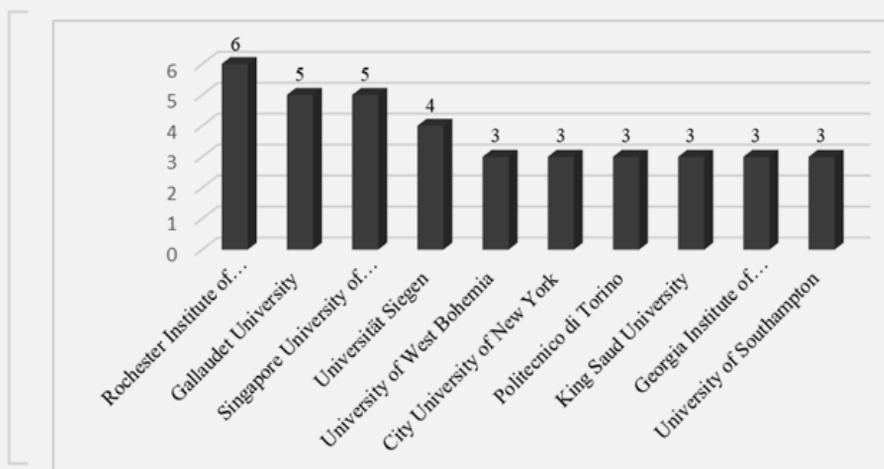
A pesar de lo señalado, estos indicadores se emplean en esta investigación con la finalidad de examinar el impacto generado por los distintos autores; adicionalmente, para identificar los principales exponentes del tema y la validación de los datos recopilados. De esta manera, como se muestra en la figura 3, sobresalen *Simheng Ong, Elizabeth Taylor, Lonca Wyse, Suranga Chandima Nanayakkara*, con 43 citaciones cada uno; seguidos de *James Landay, Jennifer Mankoff, Wai Ling Ho-Ching*, quienes recibieron 40 menciones; y *Christopher Moreland, W. Osterling y Poorna Kushalnagar*, quienes ostentan 39 referencias por autor. Atendiendo a lo anterior, se infiere que los referentes aludidos se ajustan a los razonamientos establecidos por los expertos (Bordons y Zulueta, 1999).

En cuanto a la productividad de las instituciones, como se muestra en la figura 4, las publicaciones son producidas por 160 de estas; así las cosas, 114 universidades, es decir el 43% desarrolla el 80.1% de las difusiones, evidenciando, para este caso concreto, que no se cumple la Ley de Pareto, lo que conlleva a la realización de la proporción de universidades, conforme al grado de importancia (cuartiles), hallándose que el 1.30% de las instituciones produce el 25.5% de los productos. De igual forma, el análisis estadístico arroja que el 0.43% de las entidades elabora el 50.2% de las divulgaciones; además de esto, otro 0.43% de estas genera el 75.3% de los artículos. Sumado a lo anterior, es posible señalar que el 62.34% de las instituciones origina 2 o menos de las producciones, equivalente al 74.46%, propiciando una alta dispersión del conocimiento sobre este tema.

Del mismo modo, es destacable cómo las diez universidades mejor ubicadas logran el 17.7 % de las divulgaciones, siendo el de mayor cuantía el *Rochester Institute of Technology*, con 7 textos; después, se posicionan *Gallaudet University*, con 6, seguida de *Singapore University of Technology and Design*, con 5; luego, aparecen *King Saud University* y *Universität Siegen*, con 4 registros cada una; finalizando el catálogo se observan *University of West Bohemia*, *City University of New York*, *Politecnico di Torino*, *Georgia Institute of Technology* y la *University of Southampton*, con 3 registros.

Figura 4

Instituciones que más publican



Nota: Elaboración propia.

En lo que respecta a los países con más avance en la generación y difusión en este campo del conocimiento, con la investigación se logra identificar que son en total 45, de los cuales el 2.22 % da origen al 76 % de las publicaciones científicas. De estos, el país más destacado es Estados Unidos con 65 documentos; seguidamente, evidenciándose una considerable diferencia, se sitúan Brasil, con 15 publicaciones; Reino Unido, con 13 producciones; Canadá, India e Italia con 9 productos cada uno; Alemania, con 7; y cierran el listado Singapur y España con 6 difusiones. Así mismo, los diez países predominantes producen 147 registros, entregados por la base de datos. También, 26 países, correspondiente al 57.78 %, elaboran 2 (dos) o menos textos por año.

Al señalar la cantidad de publicaciones por área del conocimiento, las más importantes corresponden a ciencias de la computación, siendo esta la que exhibe la mayor participación con un 43 %; luego aparece el campo de las ciencias sociales con una notable diferencia, al contar con un 17 %, seguida de ingenierías con el 16 %; lo anterior, refleja la importancia del tema, en el escenario investigativo, en la búsqueda de soluciones en áreas de informática para el desarrollo de nuevos mecanismos e instrumentos que faciliten la inserción de la población sorda en la sociedad.

También, resulta relevante mencionar, en lo referente a la productividad, según el tipo de publicaciones sobre las tecnologías orientadas para la población sorda, que el 48 % de productos proviene de conferencias, y el 38 % de producciones son artículos; convirtiéndose en medios valiosos entre la comunidad científica en el proceso de intercambio de conocimientos. Adicional a esto, es un indicador de los posibles escenarios evolutivos o novedad de la temática, traduciéndose en elemento determinante en la generación de tendencias o discusión entre investigadores, impulsando el incremento de la trascendencia y prevalencia de la vigencia del asunto en el contexto investigativo.

Discusión sobre el comportamiento de las principales temáticas

Para el desarrollo de esta sección, se realiza inicialmente un análisis de los temas de mayor interés, evidenciando su dinámica desde el punto de vista de diferentes investigadores; luego, se presenta una relación de las temáticas crecientes y emergentes en el contexto investigativo, además de mostrar gráficamente la evolución de los temas más estudiados en los diferentes períodos en los que es fragmentado el estudio, lo cual permite obtener el insumo necesario para la propuesta de una posible agenda investigativa, la cual promueva la profundización de temáticas poco analizadas hasta el momento, que puedan generar múltiples beneficios para la población vinculada al estudio.

El examen de los términos clave es importante porque permite identificar aquellas áreas del conocimiento donde se produce mayor impacto en los procesos de divulgación de las investigaciones, promoviendo tendencias en avances científicos; al mismo tiempo, muestran la dinámica de las palabras clave, utilizadas por distintos investigadores en sus exploraciones, además de exponer la coherencia en las similitudes o relaciones entre estos términos obtenidos en la indagación. Es así como la recopilación de estos términos, se realiza con el objeto de determinar aquellas palabras clave con mayor reiteración en los documentos consultados; adicional a esto, resulta decisivo su análisis en la descripción de asuntos expuestos por los expertos, convirtiéndose en base de consulta de información.

Así las cosas, entre los tópicos en los que se observa un notable dinamismo (mayor cantidad de apariciones en los estudios) en el espacio revisado aparece lenguaje de señas (*Sign Language*), reflejando la connotación generada por este tópico, en los últimos años, en el escenario científico.

De ahí que el lenguaje de señas está asociado con la integración en las actividades cotidianas de diferentes herramientas y aplicaciones tecnológicas, diseñadas para establecer canales efectivos de comunicación para la población sorda o con dificultades auditivas, mediante sistemas de tutoría electrónica, a través del reconocimiento de voz, entornos de asistencia virtual, esquemas de traducción automática en diversos idiomas, aplicaciones de lenguaje de señas interactivas e inteligentes, diccionarios móviles bilingües, dispositivos portátiles inteligentes para sistemas de interpretación, entre otros (Brock & Nakadai, 2018; Chuan & Guardino, 2016; Joy et al., 2018; Kouremenos et al., 2018; Lee & Lee, 2018).

Por otra parte, aspectos como la accesibilidad (*Accessibility*) es la temática que se encuentra en el segundo lugar con más referencias en las investigaciones, develándose el interés por generar o adaptar mecanismos que, de acuerdo con los autores, permitan satisfacer necesidades comunicativas y un mayor nivel de inclusión de las personas sordas o quienes experimentan problemas de audición en los diferentes contextos (Da Costa et al., 2019; Efthimiou et al., 2018; Haynes & Linden, 2012). Además, se indaga en los estudios sobre la importancia de la participación del usuario final, en el diseño de las nuevas tecnologías de apoyo para sordos, de forma que se pueda constatar el cumplimiento de requerimientos y la satisfacción real de las necesidades de estas personas; así mismo, algunos de los análisis abordan la relevancia de

ofrecer garantías, a través de normatividad, estrategias y programas que permitan el acceso financiero para la adquisición de dispositivos (audífonos analógicos o digitales) en población infantil, servicios de personal especializado, cobertura para la realización de exámenes, diagnósticos y tratamientos médicos preventivos y avanzados (Limb et al., 2010; Naqvi, 2008).

En cuanto al tercer término más utilizado, como es el caso del reconocimiento de gestos (*Gesture recognition*), se relacionan distintas exploraciones acerca de la búsqueda de un lenguaje común entre personas sordas, mediante el uso de dispositivos móviles inteligentes, empleados en sistemas de interpretación de lenguaje de señas a través de sensores Fusión (Lee & Lee, 2018); adicionalmente, son diversas las revisiones asociadas con el uso de tecnologías en 3D, no invasivas y programables, para el reconocimiento de gestos; o bien, las indagaciones apuntan hacia diferentes perspectivas, con el fin de reconocer los movimientos en 3D, basados en redes neuronales o enfoques difusos que faciliten el proceso de comunicación en tiempo real, de modo interactivo y personalizado; siendo de utilidad (habilitadores de la interacción entre el hombre y la máquina) el uso de algoritmos que permiten el reconocimiento de signos y rastreo manual en 3D, integrado en cámaras con funcionalidades especiales (estéreo binocular), para la recopilación de información importante de la profundidad que presente un objetivo (Paudyal et al., 2016; Su et al., 2001; Su et al., 2003; Yang et al., 2017).

En lo concerniente a los problemas de audición (*Hard of hearing*), en las investigaciones se reconoce que la falta de herramientas comunes para el intercambio comunicativo afecta el progreso de habilidades comunicativas y las destrezas de socialización en los niños; por tanto, asume gran valor el desarrollo de aplicaciones móviles interactivas que contribuyan al aprendizaje del lenguaje de señas, y se aproveche al máximo el auge de los dispositivos portátiles con pantallas táctiles, los cuales permiten la transcripción y traducción en tiempo real, al igual que la gestión de alertas; valorando, además, su costo asequible y facilidad de transporte (Alkhalifa & Al-Razgan, 2018; Chuan & Giardino, 2016); asimismo, los expertos examinan alternativas tecnológicas de asistencia que den soluciones de accesibilidad a medios emergentes, para quienes presentan discapacidades sensoriales en los procesos educativos, mejorando con esto la adaptabilidad y calidad de vida (Murphy et al., 2013; Patiniotaki, 2014; Prietich et al., 2017).

Atendiendo a los desafíos y oportunidades que surgen en la sociedad para los individuos con dificultades en su audición, los documentos acopiados revelan la importancia del desarrollo de elementos que permitan la sustitución sensorial (*Sensory substitution*) (sensores inalámbricos y pantallas de visualización), favoreciendo los procesos de interacción con el mundo y la mejora del aprendizaje al suministrar información acerca de la existencia o presencia, tipología y dirección del sonido a quienes presentan problemáticas sensoriales (Petry et al., 2016; Petry et al., 2018; Sridhar et al., 2016); no obstante, algunas investigaciones refieren la carencia, en la actualidad, de tecnologías de asistencia confiables (diseños ergonómicos y materiales adecuados, conforme a las necesidades especiales), específicamente aquellos dispositivos táctiles y de reconocimiento de gestos y movimientos (Caporusso et al., 2018).

En otra instancia, en la revisión se encuentra que las aplicaciones móviles (*Mobile application*) son de gran interés para los investigadores, al convertirse en instrumentos inteligentes (plataformas, diccionarios, dispositivos, entre otros), importantes en el apoyo de actividades de alfabetización, por su disponibilidad, agilidad en la operación, efectividad en el reconocimiento de caracteres, e interpretación de lenguaje de señas y textos, lo que a su vez facilita el aprendizaje interactivo, de acuerdo con sus características y necesidades, permitiendo un ritmo personalizado (Joy et al., 2018; Ng'Ethe et al., 2016). Así mismo, se aborda el tema, desde perspectivas inclusivas, en áreas como el turismo, a través de teléfonos inteligentes y tabletas con aplicaciones que contribuyan en la accesibilidad a sitios turísticos, promoviendo la participación de estas personas, con discapacidades sensoriales, en actividades de ocio y viajes

alrededor del mundo (Milicchio & Prosperi, 2016); de igual modo, los autores destacan algunas herramientas de comunicación en casos de emergencia, al entender la complejidad en circunstancias adversas para notificar a los responsables de ofrecer apoyo durante cualquier suceso. Para esto, se proponen mecanismos avanzados y personalizados que facilitan la interacción con personal de atención a emergencias, desde cualquier lugar o en forma directa en el mismo lugar de los hechos (Slyper et al., 2016).

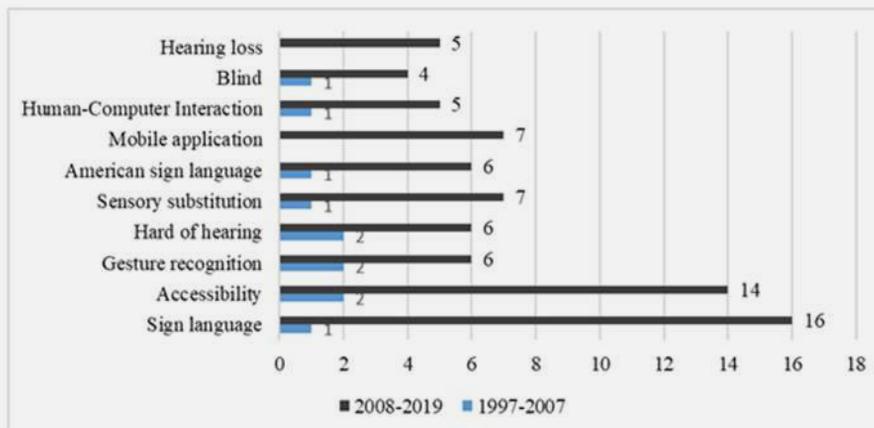
De modo similar, se desarrollan arquitecturas que permitan el procesamiento de datos y entrega de soporte para la creación de ambientes inteligentes y asesorías en tecnologías de asistencia; las mencionadas arquitecturas son apoyadas en tecnologías en la nube y estructuras de software que contemplan diversas funcionalidades (navegación por voz, procesamiento de imágenes secuenciales para casas inteligentes, entre otros) (Nikolovski et al., 2015).

Además, la interacción hombre-máquina (*Human-Computer Interaction*) se menciona, por los especialistas en el tema, como factor importante para aquellos que presentan problemas auditivos, transformándose en alternativa de comunicación, al convertir velozmente el habla en textos, a partir de reconocimiento de voz con instrumentos avanzados, y también la transferencia de información en tiempo real (Fellbaum & Koroupetroglou, 2008). Adicionalmente, se hace referencia al valor de poder acceder a distintos recursos, como los servicios web, y diversos contenidos electrónicos en formato escrito, por población sorda o por personas que evidencian alguna dificultad auditiva; siendo la combinación del lenguaje de señas y las nuevas tecnologías enfocadas en el ser humano un factor que contribuye en la integración de los individuos en entornos educativos, y una sociedad marcada por el avance de dispositivos inteligentes, haciendo contenidos innovadores y dinámicos en su estructura y facilidades de intercambio de información (Efthimiou et al., 2018; Rúa-Ortiz et al., 2020).

Temas crecientes y emergentes

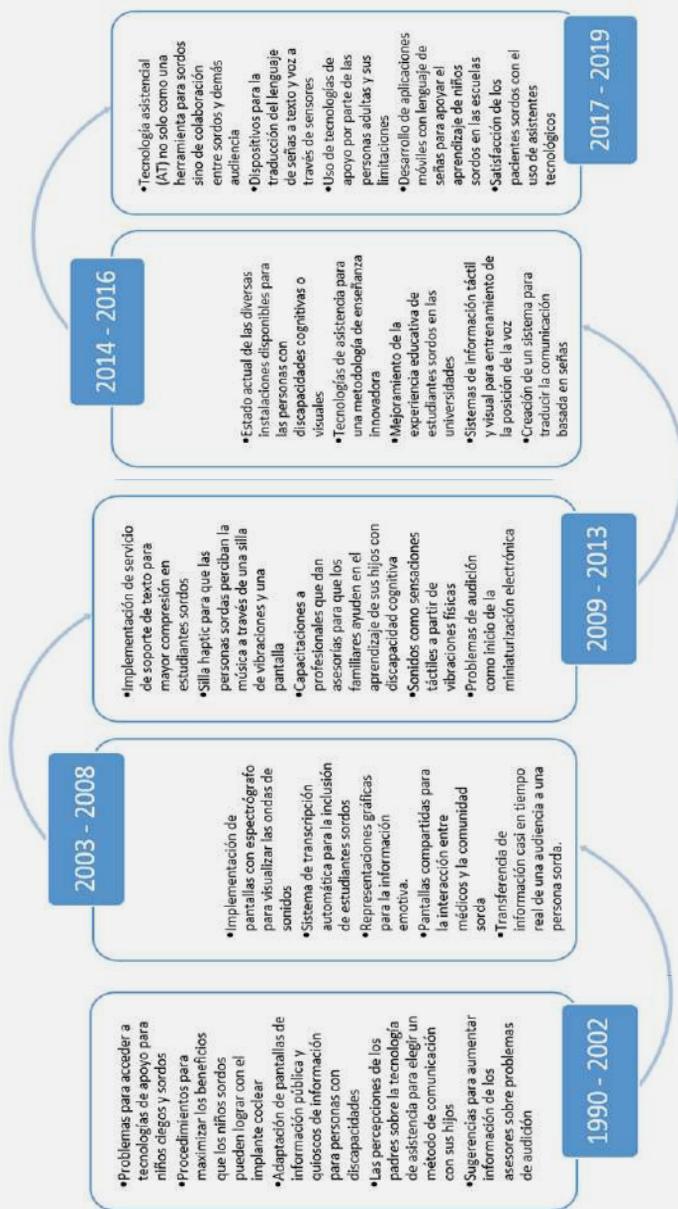
El análisis de los temas crecientes y emergentes permite identificar las temáticas más exploradas por los investigadores, en relación con las tendencias en tecnologías para personas con discapacidad en la audición, como se muestra en la figura 5, la cual exhibe los más elevados índices de crecimiento para el tema de búsqueda seleccionado: el lenguaje de señas (*Sign Language*), la accesibilidad (*Accessibility*) el reconocimiento de gestos (*Gesture recognition*), los problemas de audición (*Hard of hearing*) y la sustitución sensorial (*Sensory substitution*). Estos aspectos reflejan coherencia con la información presentada en la sección de discusión, donde son expuestos los términos más usados por los expertos, ligados con el tópico de esta investigación.

Los resultados también evidencian elementos emergentes, como es el caso de las aplicaciones móviles (*Mobile application*), enfocadas en la creación de sistemas inteligentes portables de asistencia, los cuales sirvan como apoyo a personas sordas; al igual que aspectos vinculados con la pérdida de la audición (*Hearing loss*), haciendo énfasis en la apreciación por parte de los profesores en el uso y aprovechamiento de las tecnologías de asistencia auditiva en entornos educativos, y los factores promotores de la satisfacción de los usuarios de estas tecnologías, el bienestar de los jóvenes con dificultades auditivas, la posibilidad de garantizar financieramente el acceso de los menores de edad a audífonos, y el aprendizaje del lenguaje de forma temprana. Adicionalmente, se resalta la importancia de reconocer los principios del procesamiento electrónico del lenguaje, mediado por aplicaciones, y considerar los conocimientos y experiencias de asesores en rehabilitación sobre el deterioro en la audición y el uso de las tecnologías de asistencia.

Figura 5*Comportamiento de las principales temáticas.**Nota:* Elaboración propia.**Gráfico de evolución**

En la figura 6 se presentan algunos de los aspectos más destacados de la evolución en los temas recurrentes de los autores estudiados, en orden cronológico. Para el primer periodo (1990-2002) hubo un enfoque en analizar cómo era el acceso a las tecnologías de asistencia del momento. Posteriormente (2003-2008), diferentes estudios proponen la creación de pantallas, en las que las personas con discapacidad auditiva puedan observar mediante texto lo que se está hablando a su alrededor. Para el siguiente periodo (2009-2013), el principal enfoque corresponde a la creación de equipos que permitan percibir diferentes sonidos, como la música, mediante sensores de vibración y pantallas. Luego (2014-2016), se ofrece un enfoque hacia el sector educativo, mediante la traducción instantánea, para mejorar la interacción; además, se inicia la creación de equipos para la traducción del lenguaje de señas mediante sensores.

Finalmente, durante los tres últimos años (2017-2019), dentro de los diferentes enfoques, se encuentra la creación de aplicaciones que transmitan conocimientos que, en el aula, son difíciles de adquirir de manera óptima por las personas con dicha discapacidad, como también medir la satisfacción de las personas con algunas herramientas de asistencia tecnológica.



Nota: Elaboración propia.

Agenda de investigación

Actualmente no hay información suficiente que muestre la ayuda que necesitan los padres cuando un integrante de la familia presenta problemas auditivos; es decir, para aquellos integrantes que con el tiempo empiezan a padecerlo o aquellos niños que nacen con la discapacidad, ya que es algo que ocurre inesperadamente. Así, estudiar este aspecto puede ayudar a generar tecnologías de apoyo para mitigar lo que implica aprender un lenguaje de señas y enseñarlo correctamente a sus hijos o parientes para una buena comunicación.

Se observa que el cambio generacional ocasiona que para unas personas sea mejor la interacción con las herramientas de asistencia tecnológicas y no tanto para otras personas, como las de una edad avanzada. Estudiar cómo es el comportamiento de este aspecto podría significar la creación de asesores que enseñen detenidamente y hagan seguimiento a estas personas, para lograr maximizar los beneficios que tiene el uso de dichas herramientas de apoyo.

Existen diferentes ayudas tecnológicas para que las personas sordas puedan entender lo que está pasando a su alrededor; sin embargo, poco se ha estudiado sobre métodos que ayuden a estas personas con incapacidad a ser entendidas por los demás de forma simultánea. Profundizar en este tema puede generar ideas para mejorar la inclusión de estas personas en el mundo actual.

Siguiendo la idea anterior, una forma de mejorar la satisfacción de las personas que utilizan equipos o métodos de asistencia tecnológica, sería que ambas partes (tanto la persona oyente como la no oyente) se apropien de la situación. Es decir, que no solo la persona con disminución en su capacidad auditiva vea que el problema de comunicación es suyo, sino que las personas oyentes también lo vean como una responsabilidad de ellos, al hacerse entender y comprender lo que le quieren decir. En este caso, podrían surgir diferentes formas de estudio, una de ellas es realizar encuestas en general para conocer el porcentaje de personas que también se hacen responsables de la situación y con esto generar ayudas para aumentar dicho porcentaje de personas. Por otra parte, se puede estudiar la creación de aplicaciones que enseñen fácilmente el lenguaje de señas, que permitan la traducción simultánea de ambas partes, que genere un lenguaje en común, entre otras opciones.

En la actualidad no todas las personas tienen acceso a las tecnologías existentes, por diferentes aspectos como su precio, que no se encuentran en algunas regiones o países, entre otros. Por tal razón, se vuelve importante conocer todas estas causas, con el fin de proponer soluciones y alternativas para que aumente dicho nivel de accesibilidad, y por ende facilite la comunicación de estas personas.

Uno de los temas de estudio fue observar la satisfacción de las personas que tienen un equipo en particular como apoyo. Por tanto, realizar esto con los diferentes métodos o equipos, mediante encuestas a personas que los utilizan, sería provechoso, ya que pueden surgir propuestas de mejora para los actuales sistemas o métodos y la generación de novedades, que mejoren los entornos, incrementen las oportunidades y proporcionen calidad de vida al público objetivo.

| Conclusiones

El estudio permitió concluir que las indagaciones acerca de la evolución de las tecnologías diseñadas para sordos se han incrementado considerablemente, con aplicación en diversos contextos alrededor del mundo, siendo desarrolladas e integradas a las actividades cotidianas, para favorecer procesos de comunicación, aprendizaje e inclusión social en esta población.

La producción científica expuesta en este estudio exhibe un significativo aumento, específicamente en los años 2015, 2016 y 2018, lo cual confirma la trascendencia de la temática; difundida en su mayoría en eventos académicos (conferencias) y a través de artículos producidos en reconocidas instituciones, por investigadores de diferentes países del mundo (Estados Unidos, Brasil, Reino Unido, entre otros), revelando el valor de enfocar esfuerzos en la validación de expertos y verificación de las investigaciones donde se fomenta la generación y adaptación de los desarrollos tecnológicos que promueven soluciones a las necesidades de la sociedad.

En la actualidad, las investigaciones son centradas en el diseño, creación y validación de tecnologías de asistencia para personas con problemas auditivos, donde se destacan dispositivos de comunicación (teléfonos, pantallas, tabletas, entre otros), herramientas para el aprendizaje de lenguaje de señas, mecanismos de tutoría electrónica, útiles para el reconocimiento de voz, interpretación, traducción y gamificación; además de la generación de entornos de asistencia virtual (usando guante electrónico), esquemas de traducción automática, avances tecnológicos basados en lengua de señas, además de la inclusión de robots y dispositivos portátiles inteligentes, apoyados de sensores, que permitan mayor accesibilidad y mejores experiencias de los usuarios.

En relación con la tendencia por la generación de tecnologías de asistencia, esta es influenciada específicamente por necesidades y desafíos que deben enfrentar en la sociedad las personas sordas, asimismo por los continuos avances tecnológicos con los cuales se pretende ofrecer soluciones diferenciadas que impacten positivamente en la vida de este tipo de individuos.

Por otra parte, el lenguaje de señas se convierte en componente definitivo en el proceso comunicativo y la adquisición de conocimientos de las personas sordas, aportando a la accesibilidad de información, afianzamiento de habilidades e interacción con el mundo que los rodea, mediante diferentes tecnologías basadas en este lenguaje.

De igual modo, asume connotación el reconocimiento de gestos mediante la utilización de sensores incorporados en los aparatos móviles inteligentes, fundamentales en la interpretación, traducción e intercambio de información entre personas sordas y de estas con sujetos oyentes. También, es analizado el valor de la incorporación de este tipo de tecnologías para la mejora del desempeño de este sector de la población en distintos escenarios de la sociedad (contextos educativos, laborales y sociales). Adicional a esto, la exploración de las fuentes literarias indica que la interacción hombre-máquina es una alternativa frente a las dificultades de comunicación, acceso a la información, y a nuevas experiencias y realidades para los sordos.

Resulta importante resaltar los inconvenientes persistentes en el conocimiento sobre la existencia, variedad, disponibilidad y formas de obtención de tecnologías avanzadas para la mayoría de la comunidad sorda, específicamente en los países denominados emergentes, donde la falta de recursos e interés por promover estrategias inclusivas es evidente. Por lo anterior, se debe incrementar la difusión, accesibilidad y el acompañamiento en el uso de los desarrollos tecnológicos para las personas con problemas sensoriales, y en especial para quienes el conocimiento sobre estas tecnologías y utilización es reducido, en búsqueda de mayor conocimiento de los niveles de satisfacción y mejor experiencia de uso de los instrumentos o equipos por parte de los usuarios.

| Referencias

- Abdallah, E. E., & Fayyoumi, E. (2016). Assistive Technology for Deaf People Based on Android Platform. *Procedia Computer Science*, 94, 295–301. <https://doi.org/DOI: 10.1016 / j.procs.2016.08.044>
- Alkhalifa, S., & Al-Razgan, M. (2018). Enssat: wearable technology application for the deaf and hard of hearing. *Multimedia Tools and Applications*, 77(17), 22007–22031. [https://doi.org-g/10.1007/s11042-018-5860-5](https://doi.org/g/10.1007/s11042-018-5860-5)
- Alperin, J. P., y Rozemblum, C. (2017). La reinterpretación de visibilidad y calidad en las nuevas políticas de evaluación de revistas científicas. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 40(3), 231–241. <http://www.scielo.org.co/pdf/rib/v40n3/0120-0976-rib-40-03-00231.pdf>
- Arias-Ciro, J. (2020). Bibliometric Study of the Efficiency of Public Expenditure on Education. *Revista CEA*, 6(11), 127-144.
- Bordons M., y Zulueta, M. A. (1999). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Revista Espa de Cardiología*, 52(10), 790–800. [https://doi.org/DOI: 10.1016/S0300-8932\(99\)75008-6](https://doi.org/DOI: 10.1016/S0300-8932(99)75008-6)
- Brock, H., & Nakadai, K. (2018). Deep JSLC: A multimodal corpus collection for data-driven generation of Japanese sign language expressions. En *Eleventh International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC-2018)* (pp. 4247–4252). <https://www.aclweb.org/anthology/L18-1670>
- Bulgarelli, A., Toscana, G., Russo, L. O., Farulla, G. A., Indaco, M., & Bona, B. (2016). A Low-Cost Open Source 3D-Printable Dexterous Anthropomorphic Robotic Hand with a Parallel Spherical Joint Wrist for Sign Languages Reproduction. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 13(4). <https://doi.org/10.5772/64113>
- Camps, D. (2008). Limitaciones de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la actividad científica biomédica. *Colombia Médica*, 39(1), 74–79. <http://www.scielo.org.co/pdf/cm/v39n1/v39n1a9.pdf>
- Caporusso, N., Biasi, L., Cinquepalmi, G., Trotta, G. F., Brunetti, A., & Bevilacqua, V. (2018). Enabling touch-based communication in wearable devices for people with sensory and multisensory impairments. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 608, 149–159. [https://doi.org-10.1007/978-3-319-60639-2_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60639-2_15)
- Chai, X., Li, G., Chen, X., Zhou, M., Wu, G., & Li, H. (2013). VisualComm: A tool to support communication between deaf and hearing persons with the Kinect. En *15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, ASSETS 2013*. [https://doi.org-g/10.1145/2513383.2513398](https://doi.org/g/10.1145/2513383.2513398)
- Choudhary, T., Kulkarni, S., & Reddy, P. (2015). A Braille-based mobile communication and translation glove for deaf-blind people. En *2015 International Conference on Pervasive Computing, ICPC 2015*. <https://doi.org/10.1109/PERVASIVE.2015.7087033>
- Chuan, C. H., & Guardino, C. (2016). Designing SmartSignPlay: An Interactive and Intelligent American Sign Language App for Children who are Deaf or Hard of Hearing and their Families. En *21st International Conference on Intelligent User Interfaces March 2016*, (pp. 45–48). <https://doi.org/10.1145/2876456.2879483>
- Da Costa, S. E., Berkenbrock, C. D. M., Rosa De Freitas, L. E., & Sell, F. F. S. (2019). iLibras: Using Assistive and Collaborative Technology to Support the Communication of Deaf People. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 14(1), 11–21. <https://doi.org/10.1109/RI-TA.2019.2909849>
- De Vito, E. L. (2006). Algunas consideraciones en torno al uso del Factor de Impacto y de la Bibliometría como herramienta de evaluación científica. *Revista Americana de Medicina Respiratoria*, 6(1), 37–45. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382138365005>

- Efthimiou, E., Fotinea, S.-E., Goulas, T., Vacalopoulou, A., Vasilaki, K., & Dimou, A.-L. (2018). Sign language technologies in view of future internet accessibility services. En *11th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, PETRA 2018 (pp. 495–501). <https://doi.org/10.1145/3197768.3201546>
- Elmahgiubi, M., Ennajar, M., Drawil, N., & Elbuni, M. S. (2015). Sign language translator and gesture recognition. En *Global Summit on Computer and Information Technology, GSCIT 2015*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/GSCIT.2015.7353332>
- Farulla, G. A., Russo, L. O., Gallifuoco, V., & Indaco, M. (2015). A novel architectural pattern to support the development of human-robot interaction (HRI) systems integrating haptic interfaces and gesture recognition algorithms. En *IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI, ISVLSI 2015*, (pp. 386–391). <https://doi.org/10.1109/ISVLSI.2015.112>
- Fellbaum, K., & Koroupetroglou, G. (2008). Principles of electronic speech processing with applications for people with disabilities. *Technology and Disability*, 20(2), 55–85. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-47949112870&partnerID=40&md5=f88aef88f9baf0393bc9154758fb9e47>
- Haynes, S., & Linden, M. (2012). Workplace accommodations and unmet needs specific to individuals who are deaf or hard of hearing. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 7(5), 408–415. <https://doi.org/10.3109/17483107.2012.665977>
- IEEE Symposium Series on Computational Intelligence. (2014). *Symposium on Computational Intelligence in Robotic Rehabilitation and Assistive Technologies, CIR2AT 2014*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84949088404&origin=inward&txGid=4e4f37eac9cbac545bc46e77a06e40>
- Joy, J., Balakrishnan, K., & Madhavankutty, S. (2018). Developing a bilingual mobile dictionary for Indian Sign Language and gathering users experience with SignDict. *Assistive Technology*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/10400435.2018.1508093>
- Joy, J., Balakrishnan, K., & Sreeraj, M. (2019). SignQuiz: A quiz based tool for learning fingerspelled signs in indian sign language using ASLR. *IEEE Access*, 7, 28363–28371. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2901863>
- Kouremenos, D., Ntalianis, K., & Kollias, S. (2018). A novel rule based machine translation scheme from Greek to Greek Sign Language: Production of different types of large corpora and Language Models evaluation. *Computer Speech & Language*, 51, 110–135. <https://doi.org/10.1016/j.csl.2018.04.001>
- Lee, B. G., & Lee, S. M. (2018). Smart Wearable Hand Device for Sign Language Interpretation System with Sensors Fusion. *IEEE Sensors Journal*, 18(3), 1224–1232. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2017.2779466>
- Limb, S. J., McManus, M. A., Fox, H. B., White, K. R., & Forsman, I. (2010). Ensuring financial access to hearing aids for infants and young children. *Pediatrics*, 126(1), S43–S51. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-0354l>
- Martins, P., Rodrigues, H., Rocha, T., Francisco, M., & Morgado, L. (2015). Accessible Options for Deaf People in e-Learning Platforms: Technology Solutions for Sign Language Translation. *Procedia Computer Science*, 67, 263–272. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.270>
- Mielke, M., & Brück, R. (2015). A pilot study about the smartwatch as assistive device for deaf people. En *17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, ASSETS 2015*, (pp. 301–302). <https://doi.org/10.1145/2700648.2811347>
- Mielke, M., & Bruck, R. (2016). A home automation based environmental sound alert for people experiencing hearing loss. En *38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC 2016* (pp. 5348–5351). <https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7591935>

- Milicchio, F., & Prospero, M. (2016). Accessible tourism for the deaf via mobile apps. En *9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, PETRA 2016*. <https://doi.org/10.1145/2910674.2910694>
- Monti, L., & Delnevo, G. (2018). On improving GlovePi: Towards a many-to-many communication among deaf-blind users. En *15th IEEE Annual Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2018* (pp. 1–5). States: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CCNC.2018.8319236>
- Murphy, M. J., Miller, C. D., Lasecki, W. S., & Bigham, J. P. (2013). Adaptive Time Windows for Real-Time Crowd Captioning. En *31st Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems: CHI EA 2013* (pp. 13–18). <https://doi.org/10.1145/2468356.2468360>
- Naqvi, S. (2008). End-user involvement in assistive technology design for the deaf - Are artificial forms of sign language meeting the needs of the target audience? En *5th Conference and Workshop on Assistive Technologies for People with Vision and Hearing Impairments: Assistive Technology for All Ages, CVHI 2007*. Granada, Spain.
- Ng'ethe, G. G., Blake, E. H., & Glaser, M. (2015). SignSupport: A mobile aid for deaf people learning computer literacy skills. En *7th International Conference on Computer Supported Education, CSEdu 2015* (pp. 501–511). <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84943537875&origin=inward&txGid=3807ffce99a83800349573114c85041f>
- Ng'ethe, G. G., Blake, E. H., & Glaser, M. (2016). Supporting deaf adult learners training in computer literacy classes. *Communications in Computer and Information Science*, 583, 598–617. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29585-5_34
- Nikolovski, V., Lamesk, P., Joksimoski, B., & Chorbevan, I. (2015). Cloud based assistive technologies and smart living environment system. En *6th International ICST Conference on Mobile Networks and Management, MONAMI 2014* (pp. 358–369). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16292-8_26
- Organización Mundial de la Salud -OMS-. (2019). *Sordera y pérdida de la audición*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- Patinotiaki, E. (2014). Accessible online education: Audiovisual translation and assistive technology at the crossroads. En *8th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, UAHCI 2014* (pp. 388–399). https://doi.org/10.1007/978-3-319-07440-5_36
- Palacio, M., Patiño-Vanegas, C., López, L. A., Valencia-Arias, A., y Mejía-Ordoñez, J. P. (2020). Tendencias tecnológicas y análisis de mercado en ecoinnovación. En J. A. Sepúlveda (Ed.), *Enfoques multidisciplinares en ingeniería, tecnología e innovación* (pp. 102–117). Sello Editorial Universitario Americana.
- Palacios, L., Giraldo, J. L., y Valencia-Arias, A. (2019). Diseño de Massive Open Online Courses (MOOC) orientados a la educación en Science, Technology, Engineering and Maths (STEM). En E. Serna (Ed), *Revolución en la formación y la capacitación para el siglo XXI* (pp. 51– 59). Instituto Antioqueño de Investigación.
- Paudyal, P., Banerjee, A., & Gupta, S. K. S. (2016). SCEPTRE: A pervasive, non-invasive, and programmable gesture recognition technology. En *21st International Conference on Intelligent User Interfaces, IUI 2016* (pp. 282–293). <https://doi.org/10.1145/2856767.2856794>
- Pérez, G., Anta, C., Badera, S., García, J., Pérez, M., & Sarrate, M. (2003). *Análisis Bibliométrico en Educación. Incidencia en la calidad universitaria*. Ministerio de Educación y Ciencia de España.
- Petry, B., Illandara, T., Elvitigala, D. S., & Nanayakkara, S. (2018). Supporting rhythm activities of deaf children using music-sensory-substitution systems. En *2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://doi.org/10.1145/3173574.3174060>
- Petry, B., Illandara, T., & Nanayakkara, S. (2016). MuSS-Bits: Sensor-display blocks for deaf people to explore musical sounds. En *Proceedings of the 28th Australian Computer-Human Interaction Conference, OzCHI 2016*, (pp. 72–80). <https://doi.org/10.1145/3010915.3010939>

- Petry, B., Illandara, T., & Nanayakkara, S. (2016). MuSS-Bits: Sensor-display blocks for deaf people to explore musical sounds. En *Proceedings of the 28th Australian Computer-Human Interaction Conference, OzCHI 2016*, (pp. 72–80). <https://doi.org/10.1145/3010915.3010939>
- Prietch, S. S., Dos Santos, E. J., & Filgueiras, L. V. L. (2017). A mean for communication between deaf and hearing pairs in inclusive educational settings: The Sessai app. En *12th International Web for All Conference, W4A 2015*. <https://doi.org/10.1145/2745555.2746677>
- Rúa-Ortiz, A., Valencia-Arias, A., Palacios-Moya, L., Bran-Piedrahíta, L., Y Quiroz-Fabra, J. (2020). Tendencias investigativas en el estudio de metodologías para el diseño de MOOC (Massive Open Online Course). En J. A. Sepúlveda (Ed.), *Enfoques multidisciplinares en ingeniería, tecnología e innovación* (pp. 30-43). Sello Editorial Universitario Americana.
- Samonte, M. J. C., Guce, F. C. D., Peraja, J. M. P., & Sambile, G. D. V. (2019). Assistive gamification and speech recognition e-tutor system for speech impaired students. En *2nd International Conference on Image and Graphics Processing, ICI GP 2019* (pp. 37–41). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3313950.3313968>
- Skejić, E., & Durek, M. (2006). Assistive technologies for hearing impaired persons. En *MIPRO 2006 - 29th International Convention: Computers in Education, CE*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84895870669&origin=inward&txGid=63f6f6e1398e84f76e6a8c82d4215025>
- Slyper, L., Kim, M. K., Ko, Y., & Sobek, I. (2016). LifeKey: Emergency communication tool for the deaf. En *34th Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI EA 2016*, (pp. 62–67). <https://doi.org/10.1145/2851581.2890629>
- Sridhar, P. K., Petry, B., Pakianathan, P. V. S., Kartolo, A. S., & Nanayakkara, S. (2016). Towards one-pixel-displays for sound information visualization. En *Proceedings of the 28th Australian Computer-Human Interaction Conference, OzCHI 2016* (pp. 91–95). <https://doi.org/10.1145/3010915.3010980>
- Su, M.-C., Zhao, Y.-X., Huang, H., & Chen, H.-F. (2001). A fuzzy rule-based approach to recognizing 3-D arm movements. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 9(2), 191–201. <https://doi.org/10.1109/7333.928579>
- Su, M.-C., Zhao, Y.-X., & Lai, E. (2003). A neural-network-based approach to recognizing 3D arm movements. *Biomedical Engineering - Applications, Basis and Communications*, 15(1), 17–26. <https://doi.org/10.4015/S1016237203000043>
- Uribe Bedoya, H. U., Valencia-Arias, A., & Ramos-Yovera, S. (2019). Tendencias y evolución investigativa sobre la movilidad sostenible. *Producción Limpia*, 14(2), 42–60.
- Vijayashree, J., & Jayashree, J. (2016). A smart system for supporting blind people in education. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 8(3), 16304–16312. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84992386149&partnerID=40&md5=954975902694984be81adf7837ddcb41>
- Vijayashree, J., & Jayashree, J. (2016). A smart system for supporting blind people in education. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 8(3), 16304–16312. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84992386149&partnerID=40&md5=954975902694984be81adf7837ddcb41>
- Vincent, C., Routhier, F., Martel, V., Mottard, M.-E., Dumont, F., Côté, L., & Cloutier, D. (2014). Field testing of two electronic mobility aid devices for persons who are deaf-blind. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 9(5), 414–420. <https://doi.org/10.3109/17483107.2013.825929>
- Villa Enciso, E. M., Valencia Arias, J., & Valencia Arias, A. (2016). El papel de las narrativas digitales como nueva estrategia educativa: resultados desde un análisis bibliométrico. *Kepecs* 13(13). 197–231. <https://doi.org/10.17151/kepecs.2016.13.13.10>
- Yang, J., Xu, R., Ding, Z., & Lv, H. (2017). 3D character recognition using binocular camera for medical assist. *Neurocomputing*, 220, 17–22. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.01.122>