



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**ESPECIALIZACIÓN EN OTORRINOLARINGOLOGÍA**

Tema:

**ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE DIABETES MELLITUS TIPO 2 E  
HIPOACUSIA, 2020: REVISIÓN NARRATIVA**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN  
OTORRINOLARINGOLOGÍA**

Autor:

**MD. LUIS ANÍBAL MORALES MORALES**

Director:

**DRA. KARLA SOLEDAD SALVADOR VIZCAÍNO**

**ESPECIALISTA EN OTORRINOLARINGOLOGÍA**

Director Metodológico:

**DR. FELIPE MORENO PIEDRAHITA HERNÁNDEZ**

**ESPECIALISTA EN MEDICINA FAMILIAR, ETES**

**QUITO – ECUADOR**

**AGOSTO – 2021**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo Luis Aníbal Morales Morales, portador de la cédula de ciudadanía N: 18043025189 declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo a la obtención del título de Especialista en Otorrinolaringología son originales, auténticos y personales.

En virtud declaro que el contenido, las conclusiones, los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Luis Aníbal Morales Morales

CI: 1804325189

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se la dedica a mis padres, gracias a sus consejos, amor y apoyo incondicional han hecho de mí una gran persona, a mi abuelita que desde el cielo me acompaña, fuiste aquel ser sublime que me motivo a seguir esta hermosa profesión, te extraño mucho.

Gracias a mis maestros quien día tras día me permitieron crecer, gracias por el apoyo, sus consejos y su paciencia.

Doy gracias a Dios por haberme dado esta hermosa vocación, por darme la fuerza en todos los momentos difíciles, por ser mi refugio en los días tristes y por mantener a mi familia siempre unida.

Luis

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la trayectoria recorrida, a la vida por lo aprendido.

Al tutor de esta investigación Dra. Karla Salvador, por el tiempo dedicado, la orientación en cada tema ya que su gran experiencia profesional permitió destacar lo mejor; al Dr. Felipe Moreno Piedrahita por su gran aporte y asesoría metodológica ya que sin su ayuda este trabajo no hubiera sido posible.

Agradezco infinitamente a mi querida Dra. Susana Rodríguez quien fue como una madre y nos guió en este camino, brindándonos consejos cuando las cosas no resultan como esperamos.

A mi familia por el apoyo y los ánimos brindados en todo momento.

A todos mis maestros de cada uno de los hospitales quienes fueron partícipes de mi formación y crecimiento profesional, gracias por todo su apoyo, sus sabios consejos y su amistad incondicional, a todos se los llevo en mi corazón.

Luis

## RESUMEN

El oído constituye otro órgano afectado por la diabetes mellitus 2, el daño se refleja en la microangiopatía, lesión del órgano de Corti y neuropatía auditiva entre otras.

**Objetivo:** Evaluar la relación entre la diabetes mellitus 2 y el desarrollo de hipoacusia. **Métodos:** Se realizó una revisión narrativa mediante la búsqueda sistemática de información publicada en varias bases de datos científicas: Medline a través de Pubmed, Cochrane Library Plus, Biblioteca Virtual de Salud (BVS), Google Académico, TripDataBase, Scopus, Web of Science, recomendaciones de Sociedades Académicas, artículos de investigación académica (Tesis de Grado) y otras bases de datos de literatura gris. **Resultados:** se apreció influencia estadísticamente significativa de la relación entre DM2 e hipoacusia ( $p < 0,00001$ ), la edad no se correlacionó con la pérdida auditiva,  $<50$  años ( $p = 0.01$ ) y  $>50$  años ( $p < 0.00001$ ). Las frecuencias auditivas lesionadas fueron las agudas sobre los 3000 Hz ( $p < 0.00001$ ). En potenciales de tronco encefálico se apreció un aumento de las latencias de la onda I- V de la respuesta auditiva en los diabéticos ( $p < 0,00001$ ). Los pacientes con DM2 presentan amplitudes más pequeñas en la emisión otoacústica de producto de distorsión (EOAPD) a 2.000, 3.000 y 4.000 Hz ( $p < 0.01$ ). **Conclusión:** Los pacientes con DM2 presentan mayor riesgo de desarrollar hipoacusia neurosensorial, independientemente de la edad. La gravedad de la hipoacusia depende del tiempo de duración de la DM2. Las frecuencias auditivas afectadas principalmente son las agudas, desde los 3000 Hz. La audiometría de alta frecuencia ofrece un mejor screening de daño auditivo en DM2. Hay un retraso en la transmisión del estímulo auditivo visto en potenciales auditivos de tronco y se aprecia alteración en otoemisiones acústicas en etapas tempranas de la enfermedad, incluso antes que se aprecie en una audiometría.

**PALABRAS CLAVE:** pérdida auditiva, hipoacusia neurosensorial, diabetes mellitus, potenciales evocados auditivos.

## SUMMARY

The ear is another organ affected by diabetes mellitus 2, the damage is reflected in microangiopathy, injury to the organ of Corti and auditory neuropathy, among others.

**Objective:** To evaluate the relationship between diabetes mellitus 2 and the development of hearing loss. **Methods:** A narrative review was carried out through the systematic search of information published in several scientific databases: Medline through Pubmed, Cochrane Library Plus, Virtual Health Library (VHL), Google Scholar, TripDataBase, Scopus, Web of Science, recommendations from Academic Societies, academic research articles (Graduate Thesis) and other gray literature databases. **Results:** there was a statistically significant influence of the relationship between DM2 and hearing loss ( $p < 0.00001$ ), age was not correlated with hearing loss,  $< 50$  years ( $p = 0.01$ ) and  $> 50$  years ( $p < 0.00001$ ). The damaged auditory frequencies were the acute ones over 3000 Hz ( $p < 0.00001$ ). In brainstem potentials, an increase in the latencies of wave IV of the auditory response was observed in diabetics ( $p < 0.00001$ ). Patients with DM2 present smaller amplitudes in the otoacoustic emission of distortion product (EOAPD) at 2,000, 3,000 and 4,000 Hz ( $p < 0.01$ ). **Conclusion:** Patients with DM2 have a higher risk of developing sensorineural hearing loss, regardless of age. The severity of hearing loss depends on the duration of DM2. The hearing frequencies affected are mainly the high frequencies, from 3000 Hz. High frequency audiometry offers a better screening of hearing damage in DM2. There is a delay in the transmission of the auditory stimulus seen in auditory trunk potentials and alteration in otoacoustic emissions is seen in the early stages of the disease, even before it is seen in an audiometry.

**KEY WORDS:** hearing loss, sensorineural hearing loss, diabetes mellitus, auditory evoked potentials.

## INDICE DE CONTENIDOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla de Contenidos</b>  |    |
| DEDICATORIA .....   | 4  |
| AGRADECIMIENTO .....  | 5  |
| RESUMEN .....   | 6  |
| SUMMARY.....  | 7  |
| CAPITULO I.....   | 13 |
| INTRODUCCIÓN .....  | 13 |
| CAPITULO II.....  | 16 |
| REVISION BIBLIOGRÁFICA .....  | 16 |
| 2.1 DEFINICIÓN DE LA DM2 .....  | 16 |
| 2.1.1 EPIDEMIOLOGÍA .....   | 16 |
| 2.1.2 PRUEBAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS 2                | 17 |
| 2.1.3 CRITERIOS DIAGNÓSTICOS PARA DIABETES ADA 2020 .....               | 17 |
| 2.1.4 PACIENTES CON RIESGO ELEVADO PARA DIABETES<br>(PREDIABETES) ..... | 17 |
| 2.1.5 CRITERIOS DIAGNÓSTICOS PARA PREDIABETES ADA 2020...               | 18 |
| 2.3 PREVENCIÓN .....  | 19 |
| 2.4 TRATAMIENTO.....  | 19 |
| 2.5 HIPOACUSIA .....  | 20 |
| 2.6 CLASIFICACION .....   | 20 |
| 2.6.1 HIPOACUSIAS CONDUCTIVAS .....                                     | 20 |
| 2.6.1.1 Fijación de la platina del estribo u Otosclerosis .....         | 21 |
| 2.6.1.2 Osteogénesis Imperfecta.....                                    | 22 |
| 2.6.1.3 Enfermedad de Paget.....  | 22 |
| 2.6.1.4 Discontinuidad de la cadena osicular .....                      | 22 |
| 2.6.2 PÉRDIDAS AUDITIVAS NEUROSENSORIALES .....                         | 22 |
| 2.6.2.2 Lesiones Traumáticas.....                                       | 23 |
| 2.6.2.3 Causas infecciosas.....   | 23 |
| 2.6.2.4 Presbiacusia .....  | 24 |
| 2.6.2.5 Pérdida auditiva ototóxica.....                                 | 24 |
| 2.6.2.6 Pérdidas auditivas inducidas por el ruido .....                 | 24 |
| 2.6.2.7 Pérdidas auditivas fluctuantes .....                            | 24 |
| 2.6.2.8 Hipoacusias de origen autoinmune.....                           | 25 |

|  |    |
|--|----|
| 2.6.2.9 Pérdidas auditivas retrococleares.....   | 25 |
| 2.6.2.9 Pérdidas auditivas por afección del nervio auditivo .....                            | 25 |
| 2.7 Patología central.....   | 26 |
| 2.8 Hipoacusia mixta .....   | 26 |
| 2.9 PERDIDA AUDITIVA CUANTITATIVA .....  | 26 |
| 2.10 CLASIFICACIÓN SEGÚN LA EVOLUCIÓN .....  | 26 |
| 2.10.1 Pérdidas auditivas estables .....   | 26 |
| 2.10.2 Pérdidas auditivas progresivas .....  | 27 |
| 2.10.3 Pérdidas auditivas rápidamente progresivas .....                                      | 27 |
| 2.10.4 Pérdidas auditivas súbitas: .....   | 27 |
| 2.10.5 Pérdidas auditivas fluctuantes: .....   | 27 |
| 2.11 SEGÚN LA RELACIÓN CON EL LENGUAJE .....   | 27 |
| 2.11.1 Pérdidas auditivas prelinguales .....   | 27 |
| 2.11.2 Pérdidas auditivas postlinguales.....   | 27 |
| 2.11.3 Pérdidas auditivas perilocutivas.....   | 27 |
| 2.12 HIPOACUSIA Y DIABETES MELLITUS TIPO 2.....  | 28 |
| 2.13 FISIOPATOLOGÍA.....   | 28 |
| 2.14 MICROANGIOPATÍA.....  | 29 |
| 2.15 NEUROPATIA .....  | 29 |
| 2.16 DAÑO COCLEAR .....  | 30 |
| 2.17 EXPLORACIÓN DE LA FUNCIÓN AUDITIVA.....   | 31 |
| 2.17.1 AUDIOMETRÍA TONAL LIMINAR .....   | 31 |
| 2.17.2 COMO SE REALIZA UNA AUDIOMETRÍA .....   | 31 |
| 2.17.3 EL ENMASCARAMIENTO AUDITIVO.....  | 32 |
| 2.17.4 AUDIOMETRÍA VOCAL (LOGOAUDIOMETRÍA) .....   | 32 |
| 2.17.5 AUDIOMETRÍA DE ALTAS FRECUENCIAS (AAF).....   | 33 |
| 2.18 POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE ESTADO ESTABLE  | 33 |
| 2.18.1 POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE TRONCO CEREBRAL ...                                     | 33 |
| 2.18.2 Potenciales de latencia corta.....  | 34 |
| 2.18.3 POTENCIALES DEL TRONCO CEREBRAL .....   | 34 |
| 2.18.3.1 ESTUDIO DE POTENCIALES DE LATENCIA MEDIA .....                                      | 35 |
| 2.18.3.2 ESTUDIO DE POTENCIALES DE LATENCIA LARGA .....                                      | 35 |
| 2.19 EMISIONES OTOACÚSTICAS.....   | 35 |
| 2.20 ESTUDIOS QUE RELACIONAN LA HIPOACUSIA RELACIONADA<br>CON DIABETES MELLITUS TIPO 2 ..... | 36 |

|  |    |
|--|----|
| 2.21 EVOLUCIÓN DE LA PÉRDIDA AUDITIVA.....   | 38 |
| 2.22 HALLAZGOS EN ESTUDIOS AUDITIVOS.....  | 38 |
| 2.22.1 AUDIOMETRÍA TONAL CONVENCIONAL VS AUDIOMETRÍA DE ALTA FRECUENCIA .....      | 38 |
| 2.22.2 ALTERACIÓN EN ESTUDIOS ELECTROFISIOLÓGICOS .....                            | 38 |
| 2.23.1 PREVENCIÓN PRIMARIA.....  | 39 |
| 2.23.2 PREVENCIÓN SECUNDARIA.....  | 39 |
| 2.23.3 PREVENCIÓN TERCIAARIA .....   | 39 |
| CAPÍTULO III .....   | 40 |
| JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....  | 40 |
| 3.1 PREGUNTA DE LA INVESTIGACIÓN .....   | 41 |
| 3.2 OBJETIVOS: .....   | 41 |
| 3.2.1 OBJETIVO GENERAL.....  | 41 |
| 3.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....  | 41 |
| CAPITULO IV.....   | 42 |
| METODOLOGÍA Y DISEÑO .....   | 42 |
| 4.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS PARA LA REVISIÓN .....                  | 42 |
| 4.2 EXTRACCIÓN DE DATOS.....   | 44 |
| 4.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS .....            | 44 |
| 4.3.1 TERMINOS DE BÚSQUEDA.....  | 44 |
| 4.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS .....  | 46 |
| 4.5 ASPECTOS BIOÉTICOS.....  | 46 |
| CAPITULO V.....  | 48 |
| RESULTADOS.....  | 48 |
| Tabla 1. Pérdida según frecuencias auditivas (Chen et al., 2018) .....             | 51 |
| Tabla 2. Pérdida auditiva DM2 vs controles (Akinpelu et al., 2014). ....           | 52 |
| Tabla 3. Pérdida Auditiva DM2 vs control (Mitchell et al., 2009) .....             | 54 |
| Tabla 4. Pérdida auditiva DM2 vs controles (Imarai et al., 2013) .....             | 54 |
| Tabla 5. Prolongación de ondas en PTA DM2 vs control (Akinpelu et al., 2014) ..... | 55 |
| 5.2 DISCUSIÓN.....   | 58 |
| CAPITULO VI.....   | 62 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....  | 62 |

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 6.1 CONCLUSIONES.....           | 62 |
| 6.2. RECOMENDACIONES.....       | 63 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 64 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Pérdida según frecuencias auditivas (Chen et al., 2018).....             | 51 |
| Tabla 2. Pérdida auditiva DM2 vs controles (Akinpelu et al., 2014).....           | 51 |
| Tabla 3. Pérdida Auditiva DM2 vs control (Mitchell et al., 2009).....             | 53 |
| Tabla4. Pérdida auditiva DM2 vs controles (Imarai et al., 2013).....              | 54 |
| Tabla 5. Prolongación de ondas en PTA DM2 vs control (Akinpelu et al., 2014)..... | 54 |

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es una enfermedad endocrina crónica caracterizada por alteración del metabolismo de la glucosa, escasa o nula producción de insulina y resistencia de la insulina en los tejidos, con lo cual las células son incapaces de utilizarla como fuente energética (Rodríguez, V 2005). Existen grados variables de resistencia a la insulina y deficiencia en la producción de la misma. Los dos fenómenos deben estar presentes para que se eleve la glucemia (Aguilar & Aschner, 2019).

Las complicaciones de la DM2 afectan diferentes tejidos, órganos o sistemas, como riñones, ojos, nervios, vasos sanguíneos y sistema auditivo (Rodríguez, V 2005). Estas ponen en peligro la vida, la hiperglucemia puede tener consecuencias mortales al provocar trastornos como la cetoacidosis diabética, coma hiperosmolar no cetósico e hipoglucemia (Chan, 2017).

Con el tiempo la diabetes puede causar daño a órganos diana como el corazón, los vasos sanguíneos, los ojos, los riñones y los nervios, incluyendo al nervio auditivo así como aumentar el riesgo de cardiopatía y accidentes cerebrovasculares, además se suma el estrés oxidativo y cambios en la osmolaridad (Chan, 2017).

La hipoacusia es la disminución de la percepción auditiva, se describen 3 clases; hipoacusia conductiva cuando se altera el mecanismo de transmisión del estímulo auditivo, hipoacusia neurosensorial dada por alteración del nervio auditivo e hipoacusia mixta cuando se suman las dos clases anteriores (R. Hernández & Hernández, 2006)

En la literatura médica se describe que la hiperglucemia causa daño tisular generalizado, especialmente dentro del tejido colágeno, tejidos endoteliales, neurales y matrices extracelulares e inicia una cascada compleja de cambios bioquímicos dentro de los sistemas metabólicos de nuestro cuerpo (Ren et al., 2009).

Las investigaciones han determinado que la diabetes mellitus tipo 2 puede causar glicación no enzimática, aterosclerosis, estrés oxidativo, lo cual modifica la morfología funcional de los vasos sanguíneos (Ren et al., 2009). El metabolismo del potasio puede tener un papel fundamental en la pérdida auditiva causada por la hiperglucemia, además del daño generado a nivel de estría vascular, zona donde se mantiene el gradiente electrolítico alto en potasio (Hao et al., 2018).

Varios estudios correlacionan la relación directa entre la (DM2) y el desarrollo de patología auditiva, los síntomas más comunes son: mareo, vértigo, tinnitus e hipoacusia neurosensorial (Clícia & Alberto de Campos, 2005).

Las complicaciones auditivas se dan como resultado de lesiones a nivel microvascular, neural y matriz extracelular de los tejidos auditivos; provocando degeneración de los componentes del órgano de Corti, estría vascular y degeneración de la vaina de mielina del nervio auditivo (Imarai et al., 2013).

Dentro de los estudios auditivos la audiometría de alta frecuencia constituye uno de los exámenes más importantes en el diagnóstico, se aprecia una hipoacusia neurosensorial con afección de frecuencias agudas. Se demostró que la audiometría tonal de alta frecuencia supera a la audiometría tonal convencional, ya que su sensibilidad permitió determinar en forma temprana cambios audiológicos mucho antes que los detectara la audiometría tonal convencional que se realiza en forma rutinaria (Rodríguez, V 2005).

Se ha logrado demostrar que la Audiometría tonal de alta frecuencia (ATAF) supera enormemente a la Audiometría total convencional (ATC), ya que su sensibilidad permitió determinar en forma temprana cambios audiológicos mucho antes de que los detectara la ATC que es la que se realiza en forma rutinaria (Rodríguez & Rodríguez, 2018).

En los estudios electrofisiológicos auditivos los potenciales auditivos de tronco se aprecia alargamiento de la latencia de las ondas III y V y en otoemisiones acústicas con productos de distorsión se aprecia alteraciones u ausencia de respuestas (Hao et al., 2017). Se realizó una búsqueda sistemática de

información existente de pacientes que presentaban diabetes mellitus tipo 2 e hipoacusia, a fin de determinar la relación existente entre los 2 grupos, actuar en función de aquello y evitar el deterioro auditivo consecuente.

## **CAPITULO II**

### **REVISION BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1 DEFINICIÓN DE LA DM2**

Descrita como un desorden metabólico de múltiples etiologías, caracterizado por hiperglucemia crónica con alteración en el metabolismo de los carbohidratos, que resulta de defectos en la secreción o en la acción de la insulina en los tejidos (Aguilar & Aschner, 2019).

Se observa grados variables de resistencia a la insulina pero también hay deficiencia en la producción de insulina. Los dos fenómenos deben estar presentes para que se eleve la glucemia (Aguilar & Aschner, 2019).

En la actualidad la DM2 es un problema de salud pública importante y una de las cuatro enfermedades no transmisibles (ENT) más comunes (Chan, 2017).

##### **2.1.1 EPIDEMIOLOGÍA**

La Federación Internacional de Diabetes estimó en el 2017 que la prevalencia de diabetes era de 9.2% en los adultos de 20 a 79 años, solo Norteamérica (11.1%) y el Sur de Asia (10.8%) (Aguilar & Aschner, 2019). La diabetes se encuentra entre las primeras cinco causas de mortalidad (Aguilar & Aschner, 2019).

A nivel mundial se calcula que 422 millones de adultos tenían diabetes en 2014, por comparación con 108 millones en 1980. Desde 1980 la prevalencia mundial de la diabetes ha ascendido a casi el doble del 4,7% al 8,5% en la población adulta. Esto se corresponde con un aumento de sus factores de riesgo, tales como el sobrepeso y la obesidad (Chan, 2017).

El sobrepeso es un factor de riesgo que conlleva a resistencia a la insulina, este tipo de diabetes se presenta principalmente en el adulto, su frecuencia está aumentando en niños y adolescentes obesos (Aguilar & Aschner, 2019).

## **2.1.2 PRUEBAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS 2**

La DM2 puede ser diagnosticada en base en los niveles de glucosa en plasma, a través de una prueba rápida de glucosa en plasma, una prueba de glucosa en plasma 2 horas después de haber ingerido 75 gramos de glucosa vía oral o con una prueba de hemoglobina glicosilada (A1C) (Espinoza, 2020).

## **2.1.3 CRITERIOS DIAGNÓSTICOS PARA DIABETES ADA 2020**

Glucosa en ayuno  $\geq 126$  mg/dl (no haber tenido ingesta calórica en las últimas 8 horas) (Espinoza, 2020).

Glucosa plasmática a las 2 horas de  $\geq 200$  mg/dl durante una prueba oral de tolerancia a la glucosa. La prueba deberá ser realizada con una carga de 75 gramos de glucosa disuelta en agua (Espinoza, 2020).

Hemoglobina glicosilada (A1C)  $\geq 6.5\%$ . Esta prueba debe realizarse en laboratorios certificados de acuerdo a los estándares de A1C (Espinoza, 2020).

Paciente con síntomas clásicos de hiperglicemia con una glucosa al azar  $\geq 200$  mg/dl (Espinoza, 2020).

## **2.1.4 PACIENTES CON RIESGO ELEVADO PARA DIABETES (PREDIABETES)**

En la siguiente tabla presentamos los criterios para evaluar a pacientes asintomáticos con alto riesgo de desarrollar diabetes (Espinoza, 2020).

1. Pacientes adultos con un índice de masa corporal  $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup> o  $\geq 23$  kg/m<sup>2</sup> en asiáticos y con factores de riesgo adicionales (Espinoza, 2020).

a. Inactividad física (Espinoza, 2020).

b. Familiar de primer grado con diabetes (Espinoza, 2020).

c. Raza/etnia de alto riesgo (afroamericanos, latinos, nativos americanos, asiáticos, habitantes de islas del pacífico) (Espinoza, 2020).

- d. Mujeres que han concebido recién nacidos con un peso > 4 kg o que fueron diagnosticadas con diabetes gestacional (Espinoza, 2020).
- e. Hipertensión ( $\geq 140/90$  mmHg o en tratamiento para hipertensión) (Espinoza, 2020).
- f. HDL < 35 mg/dl o triglicéridos > 250 mg/dl (Espinoza, 2020).
- g. Mujeres con síndrome de ovario poliquístico (Espinoza, 2020).
- i. Otras condiciones asociadas con resistencia a la insulina (obesidad, acantosis nigricans) (Espinoza, 2020).
- j. Historia de enfermedad cardiovascular (Espinoza, 2020).

2. Para todos los pacientes la evaluación deberá iniciar a los 45 años (Espinoza, 2020).

3. Si las pruebas son normales, deberán ser reevaluados al menos cada 3 años. (Aquellos pacientes con prediabetes deberán ser evaluados cada año) (Espinoza, 2020).

### **2.1.5 CRITERIOS DIAGNÓSTICOS PARA PREDIABETES ADA 2020**

Glucosa en ayuno 100 a 125 mg/dl (Espinoza, 2020).

Glucosa plasmática a las 2 horas de 140 a 199 mg/dl durante una prueba oral de tolerancia a la glucosa, la prueba debe ser realizada con una carga de 75 gramos de glucosa disuelta en agua (Espinoza, 2020).

Hemoglobina glicosilada (A1C) 5.7 a 6.4% (Espinoza, 2020).

### **2.2 COMPLICACIONES**

Las complicaciones de la DM2 ponen en peligro la vida, la hiperglucemia puede tener consecuencias mortales al provocar trastornos tales como la cetoacidosis diabética, coma hiperosmolar no cetósico e hipoglucemia (Chan, 2017).

Con el paso del tiempo la diabetes puede causar daño a órganos diana como el corazón, los vasos sanguíneos, los ojos, los riñones y los nervios,

incluyendo al nervio auditivo así como aumentar el riesgo de cardiopatía y accidentes cerebrovasculares, además se suma el estrés oxidativo y cambios en la osmolaridad del plasma (Chan, 2017).

### **2.3 PREVENCIÓN**

La prevención de la DM2 y de las principales afecciones exige cambios en el estilo de vida, en fases tempranas de la vida se forman los hábitos alimentarios y de actividad física (Chan, 2017).

### **2.4 TRATAMIENTO**

El plan de alimentación debe aportar un aproximado de 800-1500 calorías al día para hombres con índice de masa corporal (IMC) menor a 37 y mujeres con IMC menor a 43 y 1500-1800 calorías/día para pacientes con IMC superiores a esos valores, la meta inicial de pérdida de peso debe ser al menos 10% del peso corporal (Aguilar & Aschner, 2019).

La distribución de las calorías en el paciente con DM2 y sin nefropatía manifiesta debe ser: 40 a 60% de carbohidratos, 30-45% de grasas y 15-30% proteínas (Aguilar & Aschner, 2019).

En la dieta los ácidos grasos monoinsaturados deben representar del 12 al 20% del total de calorías diarias (Aguilar & Aschner, 2019).

La ingesta diaria de fructosa no debe superar los 60 gr, se recomienda ingerir solo la fructosa presente en las frutas. Se indica limitar el consumo de sal a menos de 4 g al día en personas con DM2 (Aguilar & Aschner, 2019).

En pacientes con DM2 con IMC  $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup> la cirugía bariátrica es terapia de elección, los resultados son altamente positivos. La cirugía debe ser recomendada en aquellos pacientes en quienes otras intervenciones han fallado en la meta de reducción de peso (Aguilar & Aschner, 2019).

Se debe iniciar tratamiento farmacológico al momento del diagnóstico, conjuntamente con modificaciones en el estilo de vida, iniciar con monoterapia farmacológica basada en metformina (Aguilar & Aschner, 2019).

Los medicamentos del grupo sulfonilureas son una opción para reemplazar a la metformina aunque poseen el efecto hipoglucemiante más rápido, pueden producir hipoglucemia e incrementar el peso. No se recomienda su uso en monoterapia (Aguilar & Aschner, 2019).

Acarbosa es una opción para reemplazar a la metformina, su efectividad para reducir la glucemia es clínicamente inferior en monoterapia, su mecanismo de acción suelen producir flatulencia que puede llevar a intolerancia (Aguilar & Aschner, 2019).

Antes de iniciar el tratamiento con metformina indagar la historia clínica dado que no debe utilizarse en pacientes alcohólicos, con insuficiencia hepática o con una tasa de filtración glomerular <30 ml/min (Aguilar & Aschner, 2019).

En aquellos pacientes que requieran manejo con insulina basal se recomienda el tratamiento con insulina NPH (Aguilar & Aschner, 2019).

## **2.5 HIPOACUSIA**

La hipoacusia es la disminución de la percepción auditiva, se describen 3 clases; hipoacusia conductiva cuando se altera el mecanismo de transmisión del estímulo auditivo, hipoacusia neurosensorial dada por alteración del nervio auditivo e hipoacusia mixta cuando se suman las dos clases anteriores (R. Hernández & Hernández, 2006).

## **2.6 CLASIFICACION**

### **2.6.1 HIPOACUSIAS CONDUCTIVAS**

Son el resultado de alteraciones en el aparato transmisor de energía sonora, se aprecia en obstrucción del conducto auditivo externo, lesiones de la cadena osicular y membrana timpánica o las dos (Lorduy et al., 2018).

En este tipo de pérdida auditiva, con un examen físico otológico dentro de parámetros normales requiere el apoyo de estudios como la acimetría, timpanometría y la audiometría (Lorduy et al., 2018). La acimetría realizada con el diapason ofrece un test Rinne negativo en el lado afectado y un test

Weber que se lateraliza o se dirige hacia el oído enfermo (Lorduy et al., 2018). La audiometría evidencia una diferencia entre la vía aérea y la ósea, y en ciertos casos se conserva la vía ósea auditiva en valores normales. En la logaudiometría la curva se desplazada hacia la derecha, esta curva va paralela a la curva normal (Lorduy et al., 2018).

Las pérdidas auditivas en la vía aérea no deben superar los 60 dB, si se aprecia esto hay que sospechar de enfermedad coclear (Lorduy et al., 2018). La impedanciometría es una prueba objetiva que nos ayuda por medio de la valoración de las curvas (timpanometría y reflejo estapedial) (Lorduy et al., 2018).

A continuación detallamos patologías que cursan con hipoacusia conductiva y el examen físico se aprecia normal.

#### **2.6.1.1 Fijación de la platina del estribo u Otosclerosis**

La característica de la Otosclerosis es la fijación de la platina del estribo lo cual conduce a pérdida de la movilidad, al sospechar esta enfermedad la anamnesis es muy importante, debemos indagar antecedentes familiares de hipoacusia, sexo femenino, probable relación de la enfermedad con el embarazo y los cambios hormonales (Lorduy et al., 2018). En la audiometría se aprecia una pérdida auditiva conductiva con predominio en los tonos graves, suele apreciarse la típica muesca de Carhart en los 2.000 Hz (Lorduy et al., 2018). Con el paso del tiempo puede cambiar el curso de su evolución, se asocia con una afectación de la cóclea, manifestándose como una pérdida auditiva mixta.

En la impedanciometría se aprecia ausencia del reflejo estapedial, también puede evidenciarse un fenómeno on / off con un descenso de la complianza de la curva y en algunas ocasiones la distensibilidad de la membrana timpánica llega a ser normal (Lorduy et al., 2018).

La enfermedad tiene un predilección por el sexo femenino, se debe hacer diagnóstico diferencial en una mujer con pérdida auditiva conductiva y cuyo examen físico sea normal (Lorduy et al., 2018).

### **2.6.1.2 La Osteogénesis Imperfecta**

Esta enfermedad tiene sintomatología clínica y en su configuración histológica es igual a la otosclerosis (Lorduy et al., 2018).

### **2.6.1.3 Enfermedad de Paget**

Se aprecia en personas de edad avanzada y presentan síntomas similares a una otosclerosis (Lorduy et al., 2018).

### **2.6.1.4 Discontinuidad de la cadena osicular**

Se produce como resultado de trauma craneoencefálico o tras una cirugía otológica (Lorduy et al., 2018). En la audiometría se presenta como una hipoacusia conductiva superior a 40 dB, en las curvas del timpanograma nos orienta si hay un incremento en la distensibilidad de la cadena tímpanoosicular con presencia de la curva tipo Ad de Jerger (Lorduy et al., 2018).

## **2.6.2 PÉRDIDAS AUDITIVAS NEUROSENSORIALES**

Este tipo de pérdida auditiva ocurre por lesión en el área neurosensorial, en el órgano de Corti, se conoce como pérdidas auditivas cocleares, por alteración de las vías auditivas llamadas pérdidas auditivas retrococleares y por alteración en la corteza cerebral auditiva denominadas pérdidas auditivas corticales (Lorduy et al., 2018).

La audiometría tonal liminar y la acumetría permiten determinar una pérdida auditiva como de percepción (Lorduy et al., 2018). El test Rinne es positivo y el test Weber se dirige o lateraliza al oído sano, la audiometría muestra una caída en ambas vías: aérea y ósea (Lorduy et al., 2018).

Los estudios que se emplean para localizar la lesión dependen del grado de pérdida auditiva evidenciada en la audiometría, el estudio del reflejo estapedial, test de reclutamiento auditivo, estudios neurofisiológicos como

potenciales evocados auditivos y el apoyo de estudios de imagen (Lorduy et al., 2018).

Ejemplos de hipoacusias de percepción cocleares incluyen las siguientes , ellas van a cursar con reclutamiento auditivo (Lorduy et al., 2018).

### **2.6.2.1 Hipoacusia súbita**

Pérdida auditiva súbita habitualmente unilateral, puede aparecer a cualquier edad , de forma aislada, con síntomas acompañantes como tinnitus o vértigo (Lorduy et al., 2018).

Se indica complementar estudios con una resonancia magnética simple y contrastada, de esta forma se podrá descartar patología tumoral a nivel del ángulo pontocerebeloso (Lorduy et al., 2018).

### **2.6.2.2 Lesiones Traumáticas**

El traumatismo auditivo por ruido y barotrauma durante buceo pueden conllevar a una pérdida auditiva coclear. La característica típica observada en la audiometría es la caída en frecuencias agudas 4000-6000 Hz (Lorduy et al., 2018). En accidentes que cursen con traumatismos craneoencefálicos suelen tener relación con fracturas en la base del cráneo, si la fractura lesiona la cápsula ótica puede provocar pérdida auditiva neurosensorial y está en relación con presencia de otorraquia y parálisis facial periférica como síntoma acompañante (Lorduy et al., 2018).

### **2.6.2.3 Causas infecciosas**

Una laberintitis viral o bacteriana puede ocasionar lesión coclear y vestibular las más frecuentes son de causa vírica: sarampión, paperas, varicela (Lorduy et al., 2018).

#### **2.6.2.4 Presbiacusia**

Afección auditiva simétrica y bilateral, en relación con la edad, aparece pasado los 50 años, en la audiometría se aprecia caída en agudos con carácter progresivo bilateral.(Lorduy et al., 2018).

En la logaudiometría los pacientes presentan alteración en la discriminación, la queja fundamental de los pacientes es que pueden oír pero no entender (Lorduy et al., 2018).

#### **2.6.2.5 Pérdida auditiva ototóxica**

Tenemos una gran variedad de medicamentos ototóxicos, entre ellos incluyen antibióticos del tipo aminoglucósidos, vancomicina, macrólidos, derivados de la quinina, derivados del ácido acetil salicílico, diuréticos de asa como la furosemida, antineoplásicos como el cisplatino, etc. La lesión auditiva se presenta con afección de las frecuencias agudas, es bilateral y definitiva. (Lorduy et al., 2018).

#### **2.6.2.6 Pérdidas auditivas inducidas por el ruido**

Son el resultado de exposición al ruido de forma continua, la afección se da en frecuencias agudas, de forma bilateral y simétrica (Lorduy et al., 2018). En las fases iniciales de la patología se aprecia una lesión o escotoma en 4.000 Hz, y el paciente se queja de tinnitus (Lorduy et al., 2018).

#### **2.6.2.7 Pérdidas auditivas fluctuantes**

Cursan con intervalos de hipoacusia, se repite de forma intermitente, la recuperación es variable, suele acompañarse de vértigo y tinnitus, la clínica más sugestiva es la enfermedad de Meniere(Lorduy et al., 2018).

La pérdida auditiva fluctuante que se asocia con queratitis intersticial conlleva a sospechar de un síndrome de Cogan (Lorduy et al., 2018).

### **2.6.2.8 Hipoacusias de origen autoinmune**

Aparecen frecuentemente en mujeres, la mayoría son parte de una enfermedad autoinmune sistémica y en menor grado aparecen solas (Lorduy et al., 2018).

Su diagnóstico es clínico y se tienen respuesta a la regresión a los esteroides (Lorduy et al., 2018).

### **2.6.2.9 Pérdidas auditivas retrococleares**

Son pérdidas auditivas neurosensoriales, se aprecia adaptación auditiva anormal con ausencia de reclutamiento (Lorduy et al., 2018).

Para el establecer el diagnóstico se requiere evolución neurológica completa, estudios de imagen y estudios electrofisiológicos como potenciales evocados auditivos (Lorduy et al., 2018).

### **2.6.2.9 Pérdidas auditivas por afección del nervio auditivo**

El tumor más frecuente del nervio auditivo a nivel del ángulo pontocerebeloso es el neurinoma del acústico se manifiesta con pérdida auditiva retrococlear, es por lo general unilateral, la afección bilateral se aprecia en la neurofibromatosis tipo II (Lorduy et al., 2018).

La pérdida auditiva es brusca y en casos es progresiva, en la audiometría suelen apreciarse lesiones en frecuencias agudas, el reflejo estapedial puede estar ausente (Lorduy et al., 2018).

En los estudios de electrofisiología auditiva : los potenciales evocados auditivos de tronco cerebral se aprecia un aumento o alargamiento en las latencias de ciertas ondas como las onda V y de los intervalos I-III y I-V (Lorduy et al., 2018).

La resonancia magnética contrastada con gadolinio es el estudio de elección ante sospecha de lesiones en ángulo ponto cerebeloso (Lorduy et al., 2018).

El nervio auditivo también puede verse afectado en la neuritis infecciosa y neuritis degenerativa (Lorduy et al., 2018).

## **2.7 Patología central**

Resultado de alteración en vías auditivas y centros auditivos centrales, cursa con trastornos de la integración auditiva (Lorduy et al., 2018).

Las causas más comunes incluyen infecciones como meningitis, encefalitis, infecciones por VIH, accidentes cerebrovasculares, patología tumoral y el Alzheimer (Lorduy et al., 2018).

## **2.8 Hipoacusia mixta**

Si reúne alteración auditiva simultánea conductiva y neurosensorial en el mismo oído (Lorduy et al., 2018).

## **2.9 PERDIDA AUDITIVA CUANTITATIVA**

El Bureau International d' Audiophonologi clasifica en los siguientes grupos, según el grado de pérdida auditiva:

Pérdida auditiva Leve: 21dB – 40 dB

Pérdida auditiva Moderada: 41dB - 70 dB.

Pérdida auditiva Severa: 71dB - 90 dB.

Pérdida auditiva Profunda: 91dB - 119 dB

Cofosis: >120 dB (R. Hernández & Hernández, 2006) (Lorduy et al., 2018).

## **2.10 CLASIFICACIÓN SEGÚN LA CRONOLOGÍA Y EVOLUCIÓN**

### **2.10.1 Pérdidas auditivas estables**

Con el paso del tiempo no se aprecia modificación del umbral auditivo, la causa más común es la desencadenada por ototóxicos (Lorduy et al., 2018).

### **2.10.2 Pérdidas auditivas progresivas**

La pérdida auditiva va aumentando con el paso del tiempo, incluye las pérdidas de origen neurosensorial (Lorduy et al., 2018).

### **2.10.3 Pérdidas auditivas rápidamente progresivas**

Estas evolucionan rápido, se incrementan en poco tiempo, y se aprecia en las Pérdidas auditivas autoinmunes (Lorduy et al., 2018).

### **2.10.4 Pérdidas auditivas súbitas:**

Se presentan de forma rápida y la evolución es minutos a horas (Lorduy et al., 2018).

### **2.10.5 Pérdidas auditivas fluctuantes:**

Es típica del hidrops cocleovestibular (Lorduy et al., 2018).

## **2.11 SEGÚN LA RELACIÓN CON EL LENGUAJE**

### **2.11.1 Pérdidas auditivas prelinguales**

Se aprecian antes del desarrollo del lenguaje hablado, impide el aprendizaje, desarrollo del habla, por tal razón es de vital importancia (Lorduy et al., 2018).

### **2.11.2 Pérdidas auditivas postlinguales**

Aparece cuando el lenguaje hablado ya está desarrollado (Lorduy et al., 2018).

### **2.11.3 Pérdidas auditivas perilocutivas**

Tienen lugar cuando está adquiriendo el lenguaje (Lorduy et al., 2018).

## **2.12 HIPOACUSIA Y DIABETES MELLITUS TIPO 2**

La pérdida auditiva y la diabetes mellitus tipo 2 son enfermedades incapacitantes de alta prevalencia (Helzner & Contrera, 2016).

Los pacientes con diabetes mellitus 2 suelen presentar síntomas auditivos como mareo, vértigo, tinnitus e hipoacusia neurosensorial (Clícia & Alberto de Campos, 2005).

La hipoacusia es la pérdida de la audición que puede ir desde un grado leve hasta profunda (Verenice & Homero, 2018).

Las complicaciones son resultado de lesiones a nivel endotelial, neural y matriz extracelular de los tejidos, esto conlleva a un gran estrés oxidativo (Imarai et al., 2013).

La severidad de la pérdida auditiva depende de manera directamente proporcional al tiempo de evolución y gravedad de la diabetes mellitus tipo 2 (Imarai et al., 2013).

El sentido de la audición ocupa un lugar prioritario en la comunicación humana y su pérdida afecta al proceso de razonamiento, a la salud mental y a las perspectivas educativas y profesionales, fomentándose así el aislamiento social del individuo (Vicente,H et al., 2014).

La relación existente entre la diabetes mellitus 2 y la hipoacusia se ha debatido en varios estudios por más de 100 años (Ren et al., 2009).

En cuanto a estudios auditivos, en una audiometría se puede apreciar una hipoacusia neurosensorial de alta frecuencia dado que las frecuencias agudas son las más lesionadas tempranamente. En los estudios electrofisiológicos la respuesta auditiva del tronco encefálico en sujetos con DM2 fue el alargamiento de la latencia de las ondas III y V y alteración en la actividad de las células ciliadas externas que se manifiestan como alteraciones en las otoemisiones acústicas con productos de distorsión (Ren et al., 2009).

## **2.13 FISIOPATOLOGÍA**

La hiperglucemia causa daño tisular generalizado, especialmente dentro del tejido colágeno, tejidos endoteliales, neurales y matrices extracelulares e

inicia una cascada compleja de cambios bioquímicos dentro de los sistemas metabólicos de nuestro cuerpo (Ren et al., 2009).

Las investigaciones han determinado que la diabetes mellitus tipo 2 puede causar glicación no enzimática, aterosclerosis, estrés oxidativo, lo cual modifica la morfología funcional de los vasos sanguíneos (Ren et al., 2009).

Dentro de las alteraciones la activación de la vía de los poliolos conduce a la acumulación de sustancias intracelulares tóxicas que pueden dañar las estructuras celulares (Ren et al., 2009).

El metabolismo del potasio puede tener un papel fundamental en la pérdida auditiva causada por la hiperglucemia (Hao et al., 2018).

Entre los mecanismos fisiopatológicos de daño se describen los siguientes:

#### **2.14 MICROANGIOPATÍA**

La angiopatía diabética es el producto de la acumulación de glucoproteínas en la capa íntima y el daño endotelial. Numerosos estudios han demostrado cambios diabéticos en la estría vascular, la membrana basilar y las células ciliadas de la cóclea. La estría vascular, produce endolinfa para la cámara coclear donde se alberga el órgano de la Corti, debido a su rica microvasculatura lo hace particularmente susceptible a la angiopatía diabética (Helzner, E 2016).

En cuanto al riesgo de padecer aterosclerosis es mayor en personas con diabetes mellitus tipo 2, lo que termina generando una reducción del lumen del vaso sanguíneo y con ello un deterioro en la circulación microvascular (Valdiviezo J et al., 2018).

#### **2.15 NEUROPATIA**

La hiperglucemia produce daño neural y activación de la microglia; esto conduce a una reducción de la ramificación dendrítica neuronal, el estrés oxidativo a su vez lleva a la producción de radicales libres, provocando una degradación de los vasa vasorum que rodean el nervio vestibulococlear, responsable de la audición y el equilibrio (Helzner, E 2016).

El mejor examen electrofisiológico para determinar estas lesiones son los potenciales auditivos de tronco (ABR), en un metanálisis reciente de 18 estudios se encontró que, en comparación con las personas sin diabetes, las personas con diabetes tenían un retraso de tres veces en la latencia ABR de la onda V (Helzner, E 2016).

En el estudio de Hong se expone que la función auditiva periférica se vio más afectada debido al hecho de que la glicosilación de la mielina se produce en el sistema nervioso periférico pero no en el sistema nervioso central (Hong et al., 2013).

El estudio de Austin et al. proporcionó evidencia para la hipótesis de que el nivel de glucosa en la endolinfa refleja la glucosa en sangre periférica, la hiperglucemia repetida puede provocar daño coclear crónico o alteración de la homeostasis de la endolinfa (Hong et al., 2013).

## **2.16 DAÑO COCLEAR**

Existe amplia evidencia que muestra que la DM2 impacta negativamente en la función de los sistemas vestibular y auditivo, se han propuesto varias teorías que incluyen microangiopatía, glicación avanzada, estrés oxidativo, disfunción mitocondrial, desmielinización del nervio auditivo, pérdida del ganglio espiral y cambios atróficos del órgano de Corti (Palbrink et al., 2020).

Se han descrito cambios vasculares y neuronales de la cóclea, cambios de la membrana basal de los capilares de la estría vascular, engrosamiento de la membrana basilar, pérdida de las neuronas ganglionares espirales, daño de las células del órgano de Corti y cambios atróficos en la estría vascular (Valdiviezo, J et al., 2018).

Todo lo antes expuesto compromete la función coclear debido a que las condiciones no permiten mantener la microcirculación coclear, eliminar los desechos metabólicos y sostener la homeostasis (Valdiviezo J et al., 2018).

Estudios recientes indican que el órgano de Corti podría ser un tejido diana para la acción de la insulina y la resistencia a la insulina por parte del oído interno, esto podría contribuir a la asociación entre la diabetes y la disfunción del oído interno (Palbrink et al., 2020).

En otros estudios de diabéticos tipo 2, se encontraron lesiones en el saco endolinfático, en la membrana basilar y lesiones de microangiopatía en la estría vascular, que se relacionaron con hipoacusia (Ren et al., 2009).

Fukushima y col también demostraron lesiones en estría vascular y en células ciliadas externas (Imarai et al., 2013). Las células ciliadas externas de la cóclea parecen ser más vulnerables a la isquemia que las células ciliadas internas, su disfunción se reflejan en las diferencias de amplitud de las emisiones otoacústicas (Ren et al., 2009).

El metabolismo del potasio puede tener un papel fundamental en la pérdida auditiva causada por la hiperglucemia, debido a la alteración del gradiente homeostático del conducto coclear dado por la estría vascular (Ren et al., 2009)

Los cambios degenerativos, la arterioesclerosis o el estrés oxidativo generan alteraciones en la microvasculatura del oído interno, lesión de células ciliadas, disminución en el número de sinapsis, acumulación de productos del metabolismo celular, anomalías en las fibras dendríticas y finalmente un decremento en la cantidad de fibras nerviosas viables del nervio auditivo (Hernández, 2020).

## **2.17 EXPLORACIÓN DE LA FUNCIÓN AUDITIVA**

### **2.17.1 AUDIOMETRÍA TONAL LIMINAR**

Es un estudio que permite valorar la capacidad de percibir tonos puros en diferentes grados de intensidad, o la cuantificación de umbrales de fonemas (García, J et al., 2013).

### **2.17.2 COMO SE REALIZA UNA AUDIOMETRÍA**

En este estudio el paciente se coloca en una cabina insonorizada, se explica al paciente en que consiste el estudio, se colocan los auriculares, en esta prueba se emplean tonos puros, las frecuencias van desde los 125 A 8000 Hz,

se explora la vía aérea exponiendo el tono puro, se regula en pasos de 5 Db hasta un máximo de 120 dB(García, J et al., 2013).

Se inicia estudiando el oído sano o menos patológico y la primera frecuencia es 1000 Hz, a continuación se prosigue con las frecuencias agudas y luego las graves (García,J., 2018).

Posteriormente se procede a valorar vía ósea, aquí se coloca un vibrador óseo en la mastoides (García,J., 2018).

### **2.17.3 EL ENMASCARAMIENTO AUDITIVO**

Consiste en aplicar un ruido ensordecedor al oído no explorado con el objetivo que el oído no evaluado no perciba estímulo alguno (García,J., 2018).

Este paso debe ser realizado siempre que exploremos vía ósea o si en la vía aérea hay una diferencia superior a 40 dB (García,J., 2018).

### **2.17.4 AUDIOMETRÍA VOCAL (LOGOAUDIOMETRÍA)**

Se expone un grupo de palabras a diferentes intensidades, con lo cual se procede a trazar la curva de inteligibilidad antes los determinados fonemas, aquí se evalúa el porcentaje de palabras comprendidas y la intensidad expuesta en decibeles (García,J., 2018).

Se distinguen tres fases:

- 1) Umbral de detectabilidad: el paciente escucha pero no reconoce
- 2) Umbral de audibilidad: escucha el sonido, sin embargo no capta su significado.
- 3) Umbral de inteligibilidad: constituye el más importante traduce que el paciente oye y comprende (García,J., 2018).

### **Resultados e Interpretación**

1. El umbral de recepción verbal: está en relación con la intensidad a la que se repiten correctamente el 50% de las palabras emitidas, es decir a esta intensidad se entiende el lenguaje hablado (García,J., 2018).

2. El porcentaje de discriminación: habla de del número de palabras repetidas correctamente en una intensidad mayor de 35 dB por encima del umbral de recepción verbal (Garcia,J., 2018).

3. El Punto de máxima discriminación: se evalúa el mayor porcentaje de palabras repetidas de forma correcta y es similar al porcentaje de discriminación (Garcia,J., 2018).

### **2.17.5 AUDIOMETRÍA DE ALTAS FRECUENCIAS (AAF)**

La valoración auditiva se realiza mediante la audiometría tonal convencional (125-8000 Hz). Sin embargo, el oído humano posee un rango auditivo que alcanza hasta los 20 000 Hz. A las frecuencias comprendidas entre 9 000 y 20000 Hz se les denomina extensión de altas frecuencias en la literatura internacional. La implicación de la AAF en las lesiones auditivas es múltiple, ya que en ocasiones se ven afectadas antes que las frecuencias de la audiometría tonal. Pueden influir en la localización del sonido y en el entendimiento del lenguaje, especialmente en ambientes ruidosos(García, M et al., 2018).

### **2.18 POTENCIALES EVOCADOS AUDITIVOS DE ESTADO ESTABLE**

Los potenciales de estado estable son respuestas periódicas, cuyas características de amplitud y fase se mantienen estables a través del tiempo. Este tipo de respuesta continua se genera cuando se presenta el estímulo a frecuencias de repetición lo suficientemente rápidas, como para que se superponga la respuesta o potencial evocado provocada por un estímulo, con la del estímulo subsiguiente (Pérez & Torres, 2003).

#### **2.18.1 POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE TRONCO CEREBRAL**

Está compuesto por una serie de ondas secuenciales (picos I-VII) que ocurren en los primeros 10 milisegundos a partir de la presentación del estímulo y se generan a lo largo de la vía auditiva desde el nervio acústico

hasta el cóliculo inferior. El componente más fuerte de esta respuesta es la onda vertex positiva con latencia de 5-6 ms (pico/onda V) (Pérez & Torres, 2003).

En este estudio se realiza un registro de potenciales eléctricos, estos son generados por activación de la vía auditiva en distintos niveles o áreas luego de la estimulación sonora (Garcia,J., 2018).

### **2.18.2 Potenciales de latencia corta**

Mediante estudios como la electrococleografía, se registra un potencial generado en las células ciliadas internas y en la porción más periférica del nervio auditivo, no se aprecia alteración del registro con el sueño, ni sedación. Requiere la colocación de un electrodo en la pared posterior del conducto auditivo externo y en el promontorio (Garcia,J., 2018).

**1. Potenciales microfónicos de la cóclea:** recoge el estímulo sonoro generado por las células ciliadas internas como externas (Garcia,J., 2018).

**2. Potenciales de sumación:** generado por el movimiento de la membrana basilar, en el registro de la electrococleografía este potencial de sumación aparece fusionado con el potencial de acción (Garcia,J., 2018).

**3. El Potencial de acción:** es el resultado de la sumatoria de todos los potenciales de acción de cada una de las fibras nerviosas del 8 par craneal (Garcia,J., 2018).

### **2.18.3 POTENCIALES DEL TRONCO CEREBRAL**

En este estudio electrofisiológico se utilizan clics que estimulan para obtener respuestas neurales, el resultado es la gráfica de 5 a 7 ondas , cada una de ellas es el registro de la descarga sincrónica neuronal de distintas áreas de la vía auditiva (Garcia,J., 2018).

La onda I está dado por descargas en la zona periférica del nervio auditivo, la onda II en la zona del conducto auditivo interno, la onda III en el complejo ipsilateral coclear, la onda IV en el complejo olivar superior y la onda V en el colículo inferior. La onda I, III, V son las más detectables (Garcia,J., 2018). Constituye un método objetivo que indica un umbral auditivo analiza frecuencias entre los 2000-4000 Hz (Garcia,J., 2018).

### **2.18.3.1 ESTUDIO DE POTENCIALES DE LATENCIA MEDIA**

Después de aplicar un estímulo, se aprecian un total de 6 deflexiones u ondas, se han empleado en la determinación de frecuencias graves, evaluar afecciones neurológicas centrales graves, este tipo de registro se ve afectado por el empleo de sedantes (Garcia,J., 2018).

### **2.18.3.2 ESTUDIO DE POTENCIALES DE LATENCIA LARGA**

Son desencadenadas en la corteza auditiva primaria, se ven influidas en gran parte por el sueño y la sedación y hoy tiene poco aplicación (Garcia,J., 2018).

## **2.19 EMISIONES OTOACÚSTICAS**

Las emisiones otoacústicas son señales de intensidad débil originadas en las células ciliadas externas de la cóclea, se perciben de manera espontánea y evocada por estímulos acústicos. Las emisiones otoacústicas por productos de distorsión se miden en las bandas de frecuencia de 1000 a 5000 Hz (R. Hernández & Hernández, 2006).

Esta energía acústica registrable demostró que la cóclea presentaba actividad micromecánica modulando el sonido, discriminando mediante la contracción de las células ciliadas externas (Garcia,J., 2018).

Las otoemisiones acústicas puede ser registrado de forma espontánea y también de forma provocada por estímulos sonoros conocidos como productos de distorsión, la ausencia de esta señal no es un signo específico de pérdida auditiva (Garcia,J., 2018).

Las otoemisiones por productos de distorsión presentan tonos con lo cual se estimulan las células ciliadas en zonas como la membrana basolateral de la célula ciliada externa (García, J., 2018).

## **2.20 ESTUDIOS QUE RELACIONAN LA HIPOACUSIA RELACIONADA CON DIABETES MELLITUS TIPO 2**

Akinpelu y colaboradores, revisaron 18 estudios bibliográficos e identificaron que la prevalencia de la pérdida de la audición en pacientes con DM2 osciló entre el 10 - 69,7% (Valdiviezo J et al., 2018).

En otro estudio publicado por Da Silva y colaboradores con una muestra de 152 pacientes con edades comprendidas entre los 36 y 60 años y diagnóstico de DM, se pudo identificar que el 63,2% de los pacientes presentó hipoacusia neurosensorial, de los cuales el 83,3% tuvo pérdida coclear, un 75% mostró ausencia de transición de emisiones y el 78,9% tenía ausencia de otoemisiones de productos de distorsión (Horikawa et al., 2013). Se identificó que los hombres tuvieron 4,4 veces más riesgo de pérdida auditiva comparado con las mujeres, y cuando existe un mayor tiempo de evolución de diagnóstico de la DM o una edad mayor a 50 años, la probabilidad de presentar este trastorno fue mayor (Valdiviezo J et al., 2018).

El estudio de Imarai indicó una pérdida auditiva tonal estadísticamente significativa al compararlos con el grupo control (Imarai et al., 2013).

Díaz de León Morales y colaboradores encuentran pérdidas auditivas subclínicas en frecuencias agudas y deterioro de la respuesta auditiva del tronco cerebral (Imarai et al., 2013).

Mozaffari et al. mostraron una relación entre la hipoacusia neurosensorial y la Diabetes Mellitus tipo 2 (Fanzo et al., 2016).

Fanzo concluye que la frecuencia de hipoacusia fue mayor a la esperada, con predominio de una afectación bilateral. El grado de audición más frecuente fue hipoacusia leve de tipo neurosensorial con tendencia a tonos agudos y la hipoacusia y su incidencia fue dependiente del tiempo (Fanzo et al., 2016).

Ren y colaboradores sugieren que los sujetos de mediana edad con DM2 tienen pérdida auditiva subclínica, respuesta auditiva del tronco encefálico deteriorada y emisiones otoacústicas disminuidas (Ren et al., 2009).

Mitchell sugiere que la diabetes tipo 2 está asociada con una mayor prevalencia o aparición más temprana de la pérdida auditiva neurosensorial (Mitchell et al., 2009).

Kim en su estudio de cohorte de hombres y mujeres jóvenes y de mediana edad, indicó que la DM2 se asoció con el desarrollo de pérdida auditiva bilateral. Los pacientes con DM2 tienen un riesgo moderadamente aumentado de pérdida auditiva en el futuro (Kim et al., 2017).

Gupta y colaboradores en un gran estudio longitudinal encontraron que la diabetes tipo 2 se asoció con un riesgo moderadamente mayor de pérdida auditiva moderada a profunda. La diabetes de mayor duración se asoció con un riesgo elevado de pérdida auditiva moderada o peor (Gupta et al., 2019).

Sakuta y colaboradores en su estudio concluyó que la diabetes tipo 2 se asoció con pérdida auditiva independientemente de la edad, rango y factores de estilo de vida (Sakuta et al., 2007).

De León concluye que los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 pueden tener hipoacusia subclínica y alteración de la respuesta auditiva del tronco encefálico, independientemente de la neuropatía periférica (De León et al., 2005).

Ooley y colaboradores indicaron que la gravedad de la retinopatía diabética mostró una correlación con el grado de pérdida auditiva en la mayoría de los niveles. Debido a esta asociación, se puede considerar la recomendación de evaluaciones auditivas para aquellos con retinopatía diabética proliferativa o no proliferativa leve, moderada o grave (Ooley et al., 2016).

## **2.21 EVOLUCIÓN DE LA PÉRDIDA AUDITIVA**

En la información bibliográfica existente se relaciona la pérdida auditiva en diabéticos con aspectos ligados al tiempo de evolución de la enfermedad, tipo de diabetes, cifras de hemoglobina glicosilada, eficacia del control, e incluso con la edad del paciente (Vicente et al., 2014).

Otros estudios en pacientes diabéticos mostraron atrofia neuronal del ganglio espiral y desmielinización del octavo par craneal, lo que sugiere que la desmielinización es una lesión temprana de los nervios periféricos y que los trastornos metabólicos de la mielina pueden ser factor importante en la neuropatía diabética. Por ello, en la actualidad, se acepta que el daño a la cóclea es mixto, por lesión vascular y neural (Sánchez & Fernández, 2015).

## **2.22 HALLAZGOS EN ESTUDIOS AUDITIVOS**

### **2.22.1 AUDIOMETRÍA TONAL CONVENCIONAL VS AUDIOMETRÍA DE ALTA FRECUENCIA**

Se ha logrado demostrar que la Audiometría tonal de alta frecuencia (ATAF) supera enormemente a la Audiometría total convencional (ATC), ya que su sensibilidad permitió determinar en forma temprana cambios audiológicos mucho antes de que los detectara la ATC que es la que se realiza en forma rutinaria (Rodríguez & Rodríguez, 2018).

En el estudio de Akipenlu se encontró que las diferencias entre diabéticos y controles sanos fueron importantes en todas las frecuencias y los mayores valores se muestran para tonos agudos (Akinpelu et al., 2014).

### **2.22.2 ALTERACIÓN EN ESTUDIOS ELECTROFISIOLÓGICOS**

Los pacientes diabéticos tipo 2 tuvieron una incidencia significativamente mayor comparado con los controles. Los umbrales medios de potenciales auditivos de tronco (PTA) fueron mayores en los diabéticos para todas las frecuencias, pero fueron más relevantes clínicamente a 6000 y 8000 Hz. Las latencias prolongadas de la onda V de los PAT en el grupo de diabéticos

sugieren una afectación retrococlear (Hao et al., 2017). La edad y la duración de la DM2 juegan un papel importante en la aparición de hipoacusia (Akinpelu et al., 2014).

Las Latencias de onda PAT Las latencias de las ondas III y V fueron significativamente más largas para participantes diabéticos (Akinpelu et al., 2014).

## **2.23 PREVENCIÓN: DIABETES MELLITUS TIPO 2 Y PÉRDIDA AUDITIVA**

Se han plantea tres categorías de prevención.

### **2.23.1 PREVENCIÓN PRIMARIA**

Refiere a la prevención de enfermedad o lesión antes de la aparición. Para la pérdida de audición, un ejemplo de la prevención primaria incluye el uso de protección auditiva en el lugar de trabajo o la instalación de equipos con un nivel de sonido más bajo y en el caso de pacientes con diabetes mellitus el control de la patología endocrina de base (Spankovich & Yerraguntla, 2019).

### **2.23.2 PREVENCIÓN SECUNDARIA**

Tiene como objetivo frenar o reducir la progresión de la enfermedad o lesión que ha ocurrido. En la prevención secundaria la detección temprana permite una intervención oportuna, en el caso del paciente diabético control óptimo de la glucosa asociar protección auditiva, evitar ototóxicos y considerar uso de amplificador auditivo (Spankovich & Yerraguntla, 2019).

### **2.23.3 PREVENCIÓN TERCIARIA**

El objetivo de la prevención terciaria es reducir el impacto de una enfermedad o lesión en curso sobre la función y la calidad de vida, requiere uso de auxiliar auditivo a fin de evitar el aislamiento social (Spankovich & Yerraguntla, 2019).

## **CAPÍTULO III**

### **JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La diabetes mellitus tipo 2 es una enfermedad endocrina crónica, común a nivel mundial, se manifiesta con neuropatía y microangiopatía, ambas complicaciones ocasionan daño coclear y del nervio auditivo (Rodríguez, V 2005), esta afección está en relación proporcional al tiempo y severidad de la enfermedad (Imarai et al., 2013).

El sentido de la audición es indispensable para la comunicación humana, su pérdida tiene implicaciones directas sobre el rol social, la interrelación, la salud mental, perspectivas educativas y profesionales (Vicente,H et al., 2014).

Actualmente el diagnóstico de diabetes mellitus tipo 2 en niños, adolescentes y adultos jóvenes es cada vez más frecuente y esto producirá un aumento de complicaciones crónicas, entre ellas hipoacusia (Vicente,H et al., 2014).

Al conocer la relación directa que existe entre la diabetes mellitus tipo 2 e hipoacusia por diversos mecanismos, es necesario establecer un manejo oportuno, control adecuado de la diabetes mellitus tipo 2 y valoración temprana de la función auditiva, esto evitará daño acelerado del nervio auditivo (Palbrink et al., 2020).

Al identificar las diferentes alteraciones auditivas de los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 en diferentes estudios: audiometría, potenciales auditivos de tronco, emisiones otoacústicas (Pérez & Torres, 2003); permitirá a los especialistas en Otorrinolaringología elaborar protocolos de valoración auditiva al paciente diabético para identificar tempranamente, hacer seguimiento y dar tratamiento oportuno para la pérdida auditiva.

El presente estudio permitió sintetizar la información relacionada con el desarrollo de hipoacusia en los pacientes que tienen diabetes mellitus tipo 2,

la misma detalló la complejidad que abarca este tema y la importancia de actuar tempranamente en la identificación, diagnóstico y tratamiento.

### **3.1 PREGUNTA DE LA INVESTIGACIÓN**

¿Cuál es la relación que existe entre la diabetes mellitus tipo 2 e hipoacusia?

### **3.2 OBJETIVOS:**

#### **3.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la relación entre la diabetes mellitus tipo 2 y el desarrollo de hipoacusia.

#### **3.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Establecer las características clínicas de los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 e hipoacusia.
- Describir las características audiométricas de los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 e hipoacusia.
- Identificar las alteraciones electrofisiológicas auditivas de los pacientes con diabetes mellitus tipo 2.

## CAPITULO IV

### METODOLOGÍA Y DISEÑO

Se realizó una revisión narrativa mediante la búsqueda sistemática de información publicada en varias fuentes bibliográficas que describían pacientes con diabetes mellitus tipo 2 e hipoacusia.

#### 4.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS PARA LA REVISIÓN

En esta revisión se incluyeron los estudios que cumplieron con los criterios de selección y no los de exclusión.

##### **CRITERIOS DE INCLUSIÓN:**

###### **Tipo de estudio:**

Revisiones sistemáticas, ensayos clínicos aleatorizados, estudios de cohorte, estudios de caso control, reportes de caso, series de caso

Artículos en inglés ,español u otro idioma

Artículos con reporte de Diabetes Mellitus tipo 2 y desarrollo de hipoacusia

Artículos publicados en cualquier parte del mundo

Incluidos en bases de datos, tesis y literatura gris

###### **Tipo de intervención:**

Estudios en los que se incluya las características clínicas de personas con diabetes mellitus tipo 2 y han reportado hipoacusia

Estudios en los cuales se han realizado audiometrías

Estudios en los cuales se han realizado pruebas electrofisiológicas auditivas

## **Medidas de resultado:**

### Características clínicas:

- (de los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 e hipoacusia )
- Frecuencia o incidencia
- Edad
- Sexo del paciente
- Tiempo de evolución de la diabetes mellitus tipo 2

### Otras variables clínicas relevantes

### Características audiométricas:

- Frecuencias auditivas afectadas
- Tipo de hipoacusia
- Umbral auditivo
- Numero de oídos afectados
- Otros resultados relacionados con audiometría

### Características electrofisiológicas:

- Latencia de ondas
- Ondas que se ven afectadas
- Respuestas de emisiones otoacústicas
- Otros resultados relacionadas con estudios electrofisiológicos

## **CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:**

### **Tipos de estudio:**

Estudios no concluyentes

Estudios que presenten conflictos de interés

Estudios que analicen otra situación clínica fuera de la analizada

Estudios que analicen estados prediabéticos o alteración de la glucosa

### **Tipo de intervención:**

Pacientes en los cuales se evaluó diabetes mellitus tipo 1 u otros tipos de diabetes diferentes a la tipo 2.

Pacientes con intervenciones no relacionadas con hipoacusia

Otros idiomas

## **4.2 EXTRACCIÓN DE DATOS**

Se realizó una búsqueda sistemática de información en bases de datos científicas: Medline a través de Pubmed, Cochrane Library Plus, Biblioteca Virtual de Salud (BVS), Google Académico, TripDataBase, Scopus, Web of Science recomendaciones de Sociedades Académicas, protocolos de manejo clínico, artículos de investigación académica (Tesis de Grado), otras bases de datos de literatura gris.

## **4.3 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS ESTUDIOS**

### **4.3.1 TERMINOS DE BÚSQUEDA**

Para la búsqueda de información se emplearon términos de lenguaje común y lenguaje controlado (MeSH y DeCS), generando una estrategia de búsqueda empleando conectores lógicos, los descriptores que se emplearán serán.

|                    |  |
|--------------------|--|
| Descriptor Inglés  | Diabetes Mellitus type 2   |
| Descriptor Español | Diabetes Mellitus tipo 2   |
| Sinónimos Inglés   | Diabetes non-insulin dependent                                   |
| Sinónimos Español  | Diabetes No Insulinodependiente                                  |
| Definición Español | Es una enfermedad en la cual el páncreas no produce insulina, la |

produce de forma deficiente, o hay resistencia periférica a la misma con la consecuente hiperglicemia e incapacidad de las células para usar la glucosa.

|                    |   |
|--------------------|---|
| Descriptor Inglés  | Hearing loss, sensorineural   |
| Descriptor Español | Hipoacusia neurosensorial   |
| Sinónimos Inglés   | Hearing loss, sensorineural   |
| Sinónimos Español  | Pérdida auditiva neurosensorial   |
|                    | Pérdida de la audición  |
|                    | Pérdida auditiva de alta frecuencia   |
| Definición Español | Es la disminución de la agudeza auditiva, puede ser uni o bilateral y presentar varios grados de incapacidad.   |
| Descriptor Inglés  | Audiometry  |
| Descriptor Español | Audiometría   |
| Sinónimos Inglés   | Hearing test  |
| Sinónimos Español  | Prueba auditiva   |
| Definición Español | Evaluación de la agudeza del sentido del oído para determinar el umbral de los niveles más bajos de intensidad a los que un individuo puede oír un conjunto de tonos. |
| Descriptor Inglés  | Hearing loss high frequency   |
| Descriptor Español | Pérdida auditiva de alta frecuencia   |
| Sinónimos Inglés   | Hearing loss acute frequency  |

|                    |  |
|--------------------|--|
| Sinónimos Español  | Pérdida auditiva en frecuencias agudas   |
| Definición Español | Pérdida auditiva en frecuencias superiores a 1000 Hz.  |
| Descriptor Inglés  | Evoked Potentials, Auditory  |
| Descriptor Español | Potenciales evocados auditivos   |
| Sinónimos Inglés   | Auditory evoked response   |
| Sinónimos Español  | Respuesta evocada auditiva   |
| Definición Español | Respuesta eléctrica en la corteza cerebral causada por estimulación acústica o estimulación de las vías auditivas. |

#### **4.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS**

Se seleccionaron los estudios de mejor calidad metodológica para analizar los resultados, conclusiones y recomendaciones, se revisaron previamente los aspectos médicos, bioéticos, legales y sociales de cada estudio.

La información relevante se sistematizó de acuerdo con el resultado de interés clínico, los hallazgos de cada uno de los estudios seleccionados en tablas para el informe final.

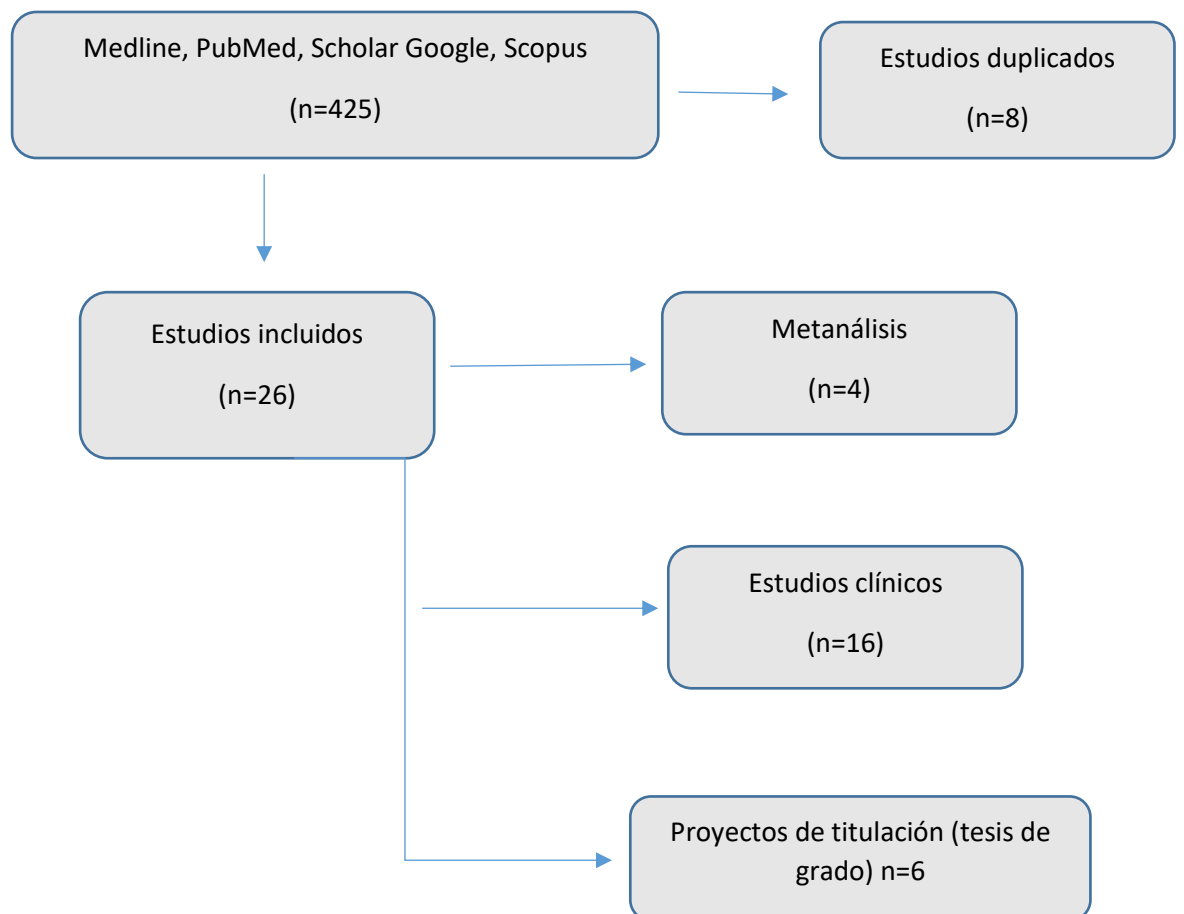
#### **4.5 ASPECTOS BIOÉTICOS**

Este estudio no afectó ni expuso a ningún paciente debido a que se trata de una evaluación secundaria de información. Para garantizar la calidad metodológica y que no se vulneren principios éticos el estudio contó con la aprobación del Subcomité de Bioética de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

No se consideró estudios que incluyan conflicto de interés, bioéticos y se garantizó los artículos con mejor calidad metodológica para la sistematización de la información.

## CAPITULO V

### RESULTADOS



En el metanálisis titulado “The Relationship between type II diabetes Mellitus and Hearing loss: a Meta-analysis”, realizado con 12 estudios un total de 3713 participantes, concluye que la prevalencia de hipoacusia en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 fue del 21,0% a 74,6%, (  $OR = 2,54$ ;  $IC95\% . 1,85-3,49$ ;  $p < 0,00001$ ) (Chen et al., 2018), en el mismo estudio se realizó valoraciones por subgrupos, uno abarcó a personas menores de 50 años, concluye que la hipoacusia en personas con diabetes mellitus tipo 2 tiene un ( $OR=2,39$ ;  $IC95\% . 1,20-4,77$ ;  $p = 0.01$ )  $I2 63\%$  (Chen et al., 2018).

El otro grupo incluyó mayores de 50 años, la hipoacusia en personas con diabetes mellitus tipo 2 tiene un (OR=2,73;IC95%.1,9-4,14;  $p= 0.00001$ ) I2 73% (Chen et al., 2018).

En el metanálisis titulado "Diabetes and Risk of Hearing Impairment in Adults: A Meta-Analysis", realizado con 13 estudios (20194 participantes y 7377 casos). El OR=2,15; IC95%. 1,72-2,68,  $p=0,0001$ , I2 76,2%; de la discapacidad auditiva para los participantes diabéticos en comparado con los no diabéticos (Horikawa et al., 2013).

Al comparar edades de los participantes (<60 años y >60 años) OR=2,61 y 1,58, respectivamente,  $p=0,008$ , por lo tanto este metanálisis concluye que la prevalencia de discapacidad auditiva en diabéticos es independiente de la edad (Horikawa et al., 2013).

En el artículo "Hearing Loss in Middle aged Subjects with Type 2 Diabetes Mellitus" concluyó que los sujetos con DM2 tienen pérdida auditiva subclínica, respuesta auditiva del tronco encefálico alterada y emisiones otoacústicas disminuidas (Ren et al., 2009).

El estudio "Evaluación de los parámetros de hipoacusia laboral en trabajadores activos y su relación con los niveles de glucemia basal" evidenció una asociación entre hipoacusia y niveles de glucemia (OR= 0,338;  $p = 0,002$ ), hay mayor riesgo de padecer hipoacusia de altas frecuencias (Vicente et al., 2014).

En el trabajo presentado por Rodríguez et al se demostró que la audiometría tonal de alta frecuencia supera a la audiometría tonal convencional, es más sensible y permite determinar en forma temprana cambios audiológicos que no son detectados por la audiometría tonal convencional, esto se demostró al utilizar un audiómetro de alta frecuencia (que alcanza hasta los 18000 - 20000 Hz) el audiómetro convencional mide hasta 8000 Hz (Rodríguez & Victoria, 2005)

En 2009, Cheng et al. comparó y encontró que la pérdida de audición era mayor entre las personas con diabetes, la prevalencia fue del 28,5% y el 24,4% entre las personas sin diabetes (Hong et al., 2013). Mitchell et al., concluyó que la diabetes tipo 2 se asoció de forma independiente con un mayor riesgo de pérdida auditiva, y la pérdida auditiva fue peor en todas las frecuencias entre 250 y 8000 Hz (Hong et al., 2013).

En un estudio cohorte realizado por Kim et al, realizado con 253 301 adultos con pruebas de audición normales entre 2002 y 2014, la principal exposición fue la presencia de DM2 al inicio del estudio, la tasa de pérdida auditiva en participantes con niveles normales de glucosa, prediabetes y DM2 fue de 1,8, 3,1 y 9,2 por 1000 personas año, respectivamente ( $p < 0,001$ ) (Kim et al., 2017).

La pérdida auditiva en diabéticos fue  $OR = 1,04$ ;  $IC\ 95\% .0,95-1,14$ ), pérdida auditiva en sanos  $OR = 1,36$  ;  $IC\ 95\% . 1,19-1,56$ , el riesgo de pérdida auditiva aumentó progresivamente con niveles de HbA1c por encima del 5% (Kim et al., 2017).

En el artículo presentado por Gupta se realizó un estudio longitudinal con 139.909 mujeres evaluando la relación entre la diabetes tipo 2 e hipoacusia, las que tenían diabetes tipo 2 tenían un mayor riesgo de sufrir una pérdida auditiva ( $OR = 1,16$ ;  $IC\ 95\% .1,07-1,27$ ). Las participantes que tenían diabetes tipo 2 durante  $>8$  años tenían mayor riesgo de hipoacusia que aquellas sin diabetes tipo 2 ( $OR = 1,24$ ;  $IC\ 95\% .1,10-1,40$ ) (Gupta et al., 2019).

En el estudio diabetes mellitus type 2 as a factor associated to sensorineural hearing loss un estudio con 159 pacientes con edades entre 30 a 70 años, pacientes con y sin diabetes mellitus 2, la DM2 es factor de riesgo para hipoacusia neurosensorial  $OR = 3.1$ ;  $IC95\%, p < 0.05$  (Verenice & Homero, 2018).

En el artículo publicado por Sakuta, la pérdida auditiva fue más alta en los diabéticos en comparación con los sujetos sanos  $p = 0,014$ ) (Sakuta et al., 2007),  $OR=1,87$  ;IC 95%. 1,20-2,91,  $p= 0,006$ ), en este estudio se sugiere que la diabetes tipo 2 está asociada con la pérdida auditiva independientemente de los factores del estilo de vida (Sakuta et al., 2007).

En el estudio Asociación entre hipoacusia y administración de insulina en pacientes con diabetes tipo 2 se valoraron 47 pacientes, el tiempo del diagnóstico de diabetes fue de 13.79 años ( 2 y 25 años), se obtuvo  $p<0.05$  para los diabéticos con hipoacusia y que ya usan insulina (Sánchez & Fernández, 2015).

## RESULTADOS OBSERVADOS EN PRUEBAS AUDIOMETRICAS

En el metanálisis “The Relationship between type II diabetes Mellitus and Hearing loss: a Meta-analysis” en las valoraciones audiométricas, la pérdida auditiva de todas las frecuencias fue mayor en el grupo de diabetes tipo 2 que el del grupo de control ( $Z = 5.03$ ,  $p < 0.00001$ ), la diabetes tipo 2 puede afectar la pérdida auditiva, especialmente en las frecuencias altas (Chen et al., 2018).

| FRECUENCIA<br>AUDITIVA | OR                 | IC  | VALOR P | I2  |
|------------------------|--------------------|-----|---------|-----|
| 250 Hz                 | 4,45(2,42-6,49)    | 95% | 0,00001 | 90% |
| 500 Hz                 | 5,79(3,16-8,41)    | 95% | 0,0001  | 94% |
| 1000Hz                 | 6,85(4,13-9,56)    | 95% | 0,00001 | 94% |
| 2000 Hz                | 7,67(5,35-9,98)    | 95% | 0,00001 | 88% |
| 4000 Hz                | 12,25(6,93-17,58)  | 95% | 0,00001 | 96% |
| 8000Hz                 | 16,66(10,88-22,44) | 95% | 0,00001 | 95% |

Tabla 1. Pérdida según frecuencias auditivas (Chen et al., 2018)

En el metanálisis “Is Type 2 Diabetes Mellitus Associated with Alterations in Hearing? A Systematic Review and Meta analysis” concluyó que los umbrales

de pérdida auditiva fueron mayores en los diabéticos que en los controles para todas las frecuencias  $Z = 3,68$ ,  $p = 0,0002$  (Akinpelu et al., 2014).

| FRECUENCIA<br>AUDITIVA | OR               | IC  | VALOR P | I2  |
|------------------------|------------------|-----|---------|-----|
| 500 Hz                 | 4,56(1,45-7,66)  | 95% | 0,00001 | 93% |
| 1000 Hz                | 4,46(2,50-6,42)  | 95% | 0,00001 | 83% |
| 2000Hz                 | 4,98(3,21-6,75)  | 95% | 0,0001  | 76% |
| 4000 Hz                | 6,92(4,35-9,49)  | 95% | 0,00001 | 83% |
| 6000 Hz                | 7,59(2,36-12,81) | 95% | 0,004   | 93% |
| 8000Hz                 | 7,99(3,49-12,48) | 95% | 0,0005  | 90% |

Tabla 2. Pérdida auditiva DM2 vs controles (Akinpelu et al., 2014).

A Systematic Review and Meta-Analysis” 18 artículos concluyen que la incidencia de hipoacusia osciló entre el 44% y el 69,7% para los diabéticos tipo 2, (OR= 1,91; IC 95%. 1,47-2,49) (Akinpelu et al., 2014). En el grupo de personas < de 65 años (OR= 2,10;IC95%. 1,22 a 3,64,  $p$  0.0008) I2 68% (Akinpelu et al., 2014).

El resultado del grupo >65 años (OR= 1,75; IC 95%: 1,46 a 2,09,  $p < 0.00001$ ), I2 0% (Akinpelu et al., 2014).

En el estudio se muestra que hay mayor pérdida auditiva para los sonidos de alta frecuencia entre los diabéticos tipo 2, especialmente en el grupo de mayor edad (Akinpelu et al., 2014).

En el estudio titulado “Umbral Auditivo De Pacientes Con Diabetes Mellitus Tipo 2” , se encontró que los pacientes diabéticos presentaron incremento significativo de pérdida auditiva en frecuencias medias y altas (E. Hernández, 2018).

En el estudio de Helzner se encontró que las personas con diabetes mellitus 2 tenían la probabilidad de pérdida auditiva en frecuencias bajas (OR= 1,82, IC95%. 1,27-2,60), y la probabilidad de tener pérdida auditiva de alta frecuencia (OR= 2,16; IC95%: 1,47-3,18) (Helzner & Contrera, 2016).

En un metanálisis con 397 participantes con diabetes mellitus 2 y 4741 no diabéticos concluyo que la pérdida auditiva en diabéticos (OR= 2,61; IC95%: 2,00-3,45) (Helzner & Contrera, 2016).

En otro metanálisis basado en 6 estudios e incluyó a 900 personas con diabetes tipo 2 y 5323 personas sin diabetes tipo 2. Las personas con diabetes tipo 2 tenían un 91% más de probabilidades de pérdida auditiva que las que no la padecían (OR= 1,91; IC95%: 1,47-2,49) (Helzner & Contrera, 2016).

La revisión Frecuencia de hipoacusia y características audiométricas en pacientes con diabetes de un hospital de la ciudad de Chiclayo, Perú, 2015 concluye que el 49% de los pacientes diabéticos presentaron hipoacusia de tipo neurosensorial y con una tendencia a tonos agudos (42%) (Fanzo et al., 2016). El estudio abarcó a 185 pacientes con diabetes con edades entre los 18 y 70 años OR=3,5; IC95%. 1,6-6,6,  $p < 0,0001$ (Fanzo et al., 2016).

En el estudio de Mitchell titulado Relationship of Type 2 diabetes to the prevalence, incidence and progression of age related hearing loss concluye que la pérdida de audición relacionada con la edad estuvo presente en el 50,0% de los participantes diabéticos (n = 210) en comparación con el 38,2% de los participantes no diabéticos (n = 1648), (OR=1,55; IC95%.1,11-2,17) (Mitchell et al., 2009).

La pérdida auditiva existente fue significativamente mayor en los participantes con diabetes recién diagnosticada que en aquellos sin diabetes OR=71; IC95%.1,07-6,86). En la siguiente tabla se aprecia que las frecuencias agudas son las más afectadas (Mitchell et al., 2009).

| FRECUENCIA | PERDIDA AUDITIVA EN DM2 | PÉRDIDA AUDITIVA EN GRUPO CONTROL | VALOR P   |
|------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------|
| 125Hz      | 25.96dB                 | 25.87dB                           | p=0.95    |
| 250Hz      | 27.82dB                 | 26.35dB                           | p= 0.37   |
| 500Hz      | 28.53dB                 | 28.17dB                           | p= 0.83   |
| 1000Hz     | 27.24dB                 | 22.88dB                           | p= 0.02   |
| 2000Hz     | 27.05dB                 | 17.6dB                            | p= 0.0002 |
| 3000Hz     | 39.17dB                 | 23.46dB                           | p=0.0001  |
| 4000Hz     | 42.44dB                 | 25.19dB                           | p=0.0001  |
| 6000Hz     | 44.04dB                 | 27.6dB                            | p=0.0001  |
| 8000Hz     | 43.78dB                 | 27.98dB                           | p=0.0001  |

Tabla 3. Pérdida Auditiva DM2 vs control (Mitchell et al., 2009)

En el estudio Relationship between hearing loss and type 2 diabetes mellitus fue realizado con pacientes de 30 a 50 años para no tener sesgos por edad, la medida de pérdida auditiva tonal de los diabéticos y el grupo control fue la siguiente, además la pérdida auditiva evidente fue en tonos agudos sobre los 4000 Hz (Imarai et al., 2013).

|                       | MEDIDA PTP DIABÉTICOS | MEDIDA PTP CONTROLES | VALOR P |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------|
| <b>OIDO DERECHO</b>   | 15,766                | 12,213               | <0,001  |
| <b>OIDO IZQUIERDO</b> | 16,552                | 11,145               | <0,001  |

Tabla 4. Pérdida auditiva DM2 vs controles (Imarai et al., 2013)

## CAMBIOS EN ESTUDIOS ELECTROFISIOLÓGICOS

Las latencias de la onda V de la respuesta auditiva del tronco encefálico (ABR) también fueron significativamente más largas (había un retraso) en los diabéticos en comparación con los grupos de control [OR 3,09; IC95%: 1,82 a 4,37;  $P < 0,00001$ ] (Akinpelu et al., 2014).

| ONDAS ABR | OR              | IC  | VALOR P | I2  |
|-----------|-----------------|-----|---------|-----|
| ONDA I    | 0,20(0,05-0,46) | 95% | 0,12    | 65% |
| ONDA III  | 0,61(0,37-0,85) | 95% | 0,00001 | 58% |
| ONDA V    | 3,09(1,824,37)  | 95% | 0,00001 | 98% |

Tabla 5. Prolongación de ondas en PTA DM2 vs control (Akinpelu et al., 2014)

En la publicación de *Hearing Loss in Middle-aged Subjects with Type 2 Diabetes Mellitus*, mostraron pérdidas auditivas en frecuencias 4000 Hz y 8000 Hz ( $p = 0,01$ ) y un aumento de las latencias de onda V y entre ondas I- V ( $p = 0,01$ ) en comparación con los sujetos sanos (Ren et al., 2009).

En el estudio *Auditory Impairment in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus* al comparar con los sujetos sanos, los pacientes diabéticos mostraron una pérdida considerable a 8000 Hz ( $p < 0,01$ ), niveles de audición más altos para discriminar al menos el 90% de 10 monosílabos ( $p < 0,01$ ) en la logaudiometría, y latencias más largas de la onda V, entre ondas I –V y entre ondas III – V ( $p = < 0,01$ ) (De León et al., 2005).

Además se encontró una correlación entre la pérdida de audición a 8000 Hz y la edad del paciente, y el tiempo transcurrido desde que se diagnosticó la diabetes ( $p = 0,001$ ) (De León et al., 2005).

En el metanálisis *Early detection of hearing impairment in patients with diabetes mellitus with otoacoustic emission. A systematic review and meta-analysis*, las latencias de las ondas I, III y V en la diabetes fueron más largas

que las de los controles (OR=0,43;IC95%.0,23- 0,64), OR= 0,54;0,IC95%.33-0,75) y OR= 0,56; IC95%.0,35-0,77), respectivamente). El intervalo de la onda I – V fue más largo en diabéticos ( $p < 0.001$ , OR= 0.47;IC95%.0.24- 0.70) (Hao et al., 2017).

## **CAMBIOS OBSERVADOS EN EMISIONES OTOACÚSTICAS**

Los sujetos con diabetes mellitus 2 también tenían amplitudes más pequeñas en la emisión otoacústica de producto de distorsión a 2.000, 3.000 y 4.000 Hz ( $p = 0.01$ ) y una amplitud de emisión otoacústica transitoria más pequeña en comparación con los controles sanos ( $p = 0.05$ ) (Ren et al., 2009).

En el metanálisis titulado “early detection of hearing impairment in patients with diabetes mellitus with otoacoustic emission”. A systematic review and meta-analysis. Se encontró que las amplitudes de la emisión otoacústica con producto de distorsión (DPOAE) en diabéticos fueron significativamente más bajas que las de los controles cuando en la audiometría de tono puro se apreciaba dentro de los límites normales, lo que implica un deterioro de la función coclear en la etapa temprana de la diabetes mellitus (Hao et al., 2017).

Las amplitudes medias de DPOAE de los diabéticos fueron significativamente más bajas que las de los controles, OR= 0,49; IC95%.0,70- 0,27) en los 1000 Hz, OR =0,46; IC95%.0,63- 0,30; en 2000 Hz, y OR= 0,60;IC95%.0,77- 0,43, 4000Hz (Hao et al., 2017).

## ESTUDIOS DE TESIS DE GRADO

| TESIS DE GRADO  | AUTOR        | MUESTRA                    | RESULTADO  | REFERENCIA                |
|---|--------------|----------------------------|--|---------------------------|
| Diabetes mellitus tipo 2 como factor asociado a hipoacusia neurosensorial   | Mendo, F     | 159 Pacientes (30-70 años) | OR 2.80(1,12-7,02) IC 95% (p<0.05)   | (Mendo F, 2019)           |
| Frecuencia de hipoacusia y características Audiométricas en pacientes diabéticos de un hospital nivel ii de la ciudad de Chiclayo, 2015         | Cornetero, D | 185 Pacientes              | Los pacientes con más tiempo de enfermedad dm2 presentaron más hipoacusia.<br><br>(p < 0.001). | (Cornetero & Fanzo, 2015) |
| Prevalencia De Hipoacusia En Pacientes Diabéticos Tipo 2 De 45 A 75 Años En El Hospital Teodoro Maldonado Carbo Durante El Periodo 2012 Al 2017 | Fabre, E     | 115 Pacientes              | Hipoacusia es más común diabéticos<br><br>P=0.005  | (Fabre & Venegas, 2019)   |
| Comparación Del Grado De Hipoacusia Neurosensorial En Pacientes Con Diabetes Mellitus Tipo 2 De Acuerdo A Sus Años De Evolución                 | Julián, Y    | 187                        | No hay diferencia significativa  | (Julian, 2016)            |

|  |              |               |  |                          |
|--|--------------|---------------|--|--------------------------|
| "Umbral Auditivo De Pacientes Con Diabetes Mellitus Tipo 2"  | Hernández, E | 40            | Se demostró una probabilidad de 2:1 y 3:1 de presentar pérdida auditiva, en frecuencias medias y altas respectivamente, en presencia de diabetes mellitus tipo 2.                      | (E. Hernández, 2018)     |
| Evaluación auditiva y características audiológicas en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 en los centros de salud. Cuenca 2018" | Martínez, M  | 161 Pacientes | El 46,9% de las personas con hipoacusia neurosensorial presento pérdida auditiva característica en diabetes mellitus tipo 2.<br><br>Las frecuencias más afectadas son 4000 Hz y 8000Hz | (Martínez & Minga, 2018) |

## 5.2 DISCUSIÓN

En esta revisión narrativa se incluyeron 4 metanálisis, 3 de ellos analizaron la relación entre DM2 e hipoacusia, 1 metanálisis evalúa la importancia de las otoemisiones acústicas en pacientes diabéticos; y las pruebas auditivas utilizadas, 16 estudios clínicos y 6 proyectos de titulación (tesis de grado), respaldaron esta relación.

Se considera a la diabetes mellitus como factor de riesgo para el desarrollo de hipoacusia neurosensorial, el mecanismo según estudios histológicos revelan que hay desmielinización en el nervio auditivo, degeneración de las vías auditivas centrales, pérdida de las células ciliadas del órgano de Corti, estría vascular y células del ganglio espiral (Imarai et al., 2013).

En los 3 metanálisis se aprecia influencia estadísticamente significativa de la relación entre DM2 e hipoacusia ( $p < 0,00001$ ) (Chen et al., 2018), la edad no se correlacionó con la pérdida auditiva en este estudio,  $< 50$  años ( $p = 0.01$ ) y  $> 50$  años ( $p = 0.00001$ ) (Chen et al., 2018).

En el otro metanálisis se correlacionó la discapacidad auditiva para los participantes diabéticos comparado con los no diabéticos ( $p=0,0001$ ) (Horikawa et al., 2013), además este metanálisis concluye que la prevalencia de discapacidad auditiva en diabéticos es independiente de la edad (Horikawa et al., 2013).

En un estudio cohorte (Kim et al., 2017), el mismo que duro 12 años correlacionó la relación entre DM2 e hipoacusia siendo estadísticamente significativo ( $p < 0,001$ ), además se concluye que el daño aumenta si los niveles de hemoglobina glicosilada superan el 5% (Kim et al., 2017).

En el estudio realizado por Gupta y colaboradores se evidenció que a mayor tiempo de enfermedad (DM2) mayor es el riesgo de hipoacusia (Gupta et al., 2019).

De igual manera Sakuta y colaboradores encontraron la pérdida auditiva fue más alta en los diabéticos en comparación con los sujetos sanos ( $p=0,014$ ) (Sakuta et al., 2007).

## **EVIDENCIA EN ALTERACIONES AUDIOMÉTRICAS**

Todas las frecuencias auditivas se ven comprometidas , pero se aprecia un predominio en frecuencias agudas (Rodríguez & Victoria, 2005).

En el metanálisis (Chen et al., 2018) concluye que la pérdida auditiva de todas las frecuencias fue mayor en el grupo de diabetes tipo 2 que el del grupo de control ( $p < 0.00001$ ), la diabetes tipo 2 puede afectar la pérdida auditiva, especialmente en las frecuencias altas, se aprecia en la tabla N.1 (Chen et al., 2018).

En este metanálisis (Akinpelu et al., 2014), se encontró que hay mayor pérdida auditiva para los sonidos de alta frecuencia entre los diabéticos tipo 2, especialmente en el grupo de mayor edad ( $p < 0.00001$ ) (Akinpelu et al., 2014). La revisión (Fanzo et al., 2016) concluye que el 49% de los pacientes diabéticos presentaron hipoacusia de tipo neurosensorial y con una tendencia a tonos agudos ( $p=0,0001$ ); cómo podemos ver es amplia la cantidad de revisiones en las cuales se aprecia la relación existente entre DM2 e hipoacusia y su representación audiométrica.

En el estudio realizado por (Imarai et al., 2013) realizado con pacientes de 30 a 50 años para no tener sesgos por edad se apreció afección en frecuencias agudas en pacientes con DM2 (oído derecho  $p=0.001$ ) (oído izquierdo  $P=0.0001$ ).

## **CAMBIOS EN ESTUDIOS ELECTROFISIOLÓGICOS**

En metanálisis se apreció que las latencias de la onda V de la respuesta auditiva del tronco encefálico fueron más largas en los diabéticos en comparación con los grupos de control ( $p<0,00001$ ) (Akinpelu et al., 2014).

También se apreció un aumento de las latencias de onda V y entre ondas I-V ( $p= 0,01$ ) en comparación con los sujetos sanos (Ren et al., 2009); esto debido en gran parte al daño del nervio auditivo originado por la DM2.

En esta revisión las latencias fueron más largas de la onda V, entre ondas I – V y entre ondas III – V ( $p= <0.01$ ) (De León et al., 2005).

En el metanálisis (Hao et al., 2017), las latencias de las ondas I, III y V en la diabetes fueron más largas que las de los controles, el intervalo de onda I – V fue más largo en diabéticos ( $p <0.001$ ) (Hao et al., 2017).

## **CAMBIOS OBSERVADOS EN EMISIONES OTOACÚSTICAS**

En el estudio de Ren y colaboradores se encontró que los sujetos con diabetes mellitus 2 también tenían amplitudes más pequeñas en la emisión otoacústica de producto de distorsión a 2.000, 3.000 y 4.000 Hz ( $p= 0.01$ ) (Ren et al., 2009).

En el metanálisis (Hao et al., 2017) se encontró que las amplitudes de la emisión otoacústica con producto de distorsión (DPOAE) en diabéticos fueron significativamente más bajas que las de los controles cuando en la audiometría de tono puro se apreciaba dentro de los límites normales, lo que implica un deterioro de la función coclear en la etapa temprana de la diabetes mellitus, por lo tanto este constituye un examen más para screening (Hao et al., 2017).

Y en 5 tesis de grado se aprecia correlación entre hipoacusia y DM2 lo cual hace necesario sea tomado en cuenta la valoración auditiva precoz y seguimiento.

Además, se debe considerar a la DM2 como factor de riesgo para el desarrollo de hipoacusia.

# CAPITULO VI

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

Los pacientes con diabetes mellitus tipo 2 presentan un riesgo (OR=2,4 ) de desarrollar hipoacusia neurosensorial, independientemente de la edad <50 años (p= 0.01) y >50 años (p= 0.00001 ) (Chen et al., 2018).

Las frecuencias auditivas que son afectadas principalmente son las agudas, desde los 3000 Hz en adelante (Mitchell et al., 2009).

Las latencias de las ondas en pacientes diabéticos aumentan en los estudios electrofisiológicos (potenciales de tronco encefálico), se aprecia un aumento en las latencias de ondas I-V (P <0.001) (Hao et al., 2017).

Las otoemisiones acústicas ofrecen detección precoz de lesión auditiva en DM2, incluso antes que aparezca en la audiometría convencional.

La audiometría de alta frecuencia ofrece un mejor screening de daño auditivo a diferencia de audiometría tonal liminar.

La gravedad de la hipoacusia depende del tiempo de duración de la DM2.

Sin duda alguna la prevención a fin de evitar que se desarrollen complicaciones auditivas es clave en todo paciente con DM2, el trabajo conjunto entre ambas especialidades es fundamental.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

Realizar un control auditivo a todo paciente diabético al momento del diagnóstico y seguimiento periódico.

En diabéticos solicitar audiometría de alta frecuencia para determinar lesión auditiva precoz en lugar de audiometría convencional.

Considerar estudios como otoemisiones acústicas y potenciales auditivos de tronco en pacientes diabéticos con hipoacusia según sea el caso y necesidad.

Control metabólico oportuno por parte de las especialidades clínicas a fin de evitar el deterioro auditivo precoz.

Trabajo en equipo y multidisciplinario entre especialidades clínicas y Otorrinolaringología para evaluación y detección temprana de problemas auditivos a fin de evitar complicaciones y secuelas permanentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C., & Aschner, P. et al. (2019). Guía ALAD Diabetes Mellitus tipo 2. [www.revistaalad.com](http://www.revistaalad.com)
- Akinpelu, O. V., Mujica-Mota, M., & Daniel, S. J. (2014). Is type 2 diabetes mellitus associated with alterations in hearing? A systematic review and meta-analysis. *Laryngoscope*, 124(3), 767–776. <https://doi.org/10.1002/lary.24354>
- Chan, M. (2017). Informe mundial sobre la diabetes (M. Chan (ed.)). [www.who.int](http://www.who.int)
- Chen, M., Du, Y., & Zhu, Q. (2018). The Relationship between type II diabetes Mellitus and Hearing loss: a Meta-analysis.
- Cornetero, D., & Fanzo, P. (2015). Frecuencia de hipoacusia y características audiométricas en pacientes diabéticos de un hospital nivel ii de la ciudad de Chiclayo, 2015. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- De León, L., Jáuregui, K., Garay-Sevilla, M. E., Hernández-Prado, J., & Malacara-Hernández, J. M. (2005). Auditory impairment in patients with type 2 diabetes mellitus. *Archives of Medical Research*, 36(5), 507–510. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2005.02.002>
- Espinoza, F. (2020). American Diabetes Association 2020. [www.ngsp.org/interf.asp](http://www.ngsp.org/interf.asp).
- Fabre, E., & Venegas, E. (2019). Prevalencia de hipoacusia en pacientes diabéticos tipo 2 de 45 a 75 años en el hospital Teodoro Maldonado Carbo durante el periodo 2012 al 2017. universidad catolica santiago de guayaquil.
- Fanzo, P. M., Cornetero, D. R., Ponce-Linares, R. A., & Penã-Sánchez, E. R. (2016). Frequency of hearing loss and audiometric characteristics of patients with diabetes in a hospital in Chiclayo city-Peru, 2015. In *Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo* (Vol. 53, Issue 4, pp. 157–162). Sociedad Argentina de Endocrinología y Metabolismo. <https://doi.org/10.1016/j.raem.2016.09.004>
- García, J. (2018). Exploración funcional auditiva. *nutricion hospitalaria*, 28(6), 1761–1769. <http://seorl.net/pdf/otologia/007> - exploración funcional

auditiva.pdf

- García, M., Torres, M., & Torres, A. (2018). Audiometría de altas frecuencias: utilidad en el diagnóstico audiológico de la hipoacusia inducida por ruidos. *Audiometry of high frequencies: usefulness in the audiological diagnosis of hearing-induced hearing loss. Artículos originales Rev. Arch Med Camagüey*, 21(5), 2017.
- Gupta, S., Eavey, R. D., Wang, M., Curhan, S. G., & Curhan, G. C. (2019). Type 2 diabetes and the risk of incident hearing loss. *Diabetologia*, 62(2), 281–285. <https://doi.org/10.1007/s00125-018-4766-0>
- Hao, J., Fu, X., Zhang, C., Zhang, X., Zhao, S., & Li, Y. (2017). Early detection of hearing impairment in patients with diabetes mellitus with otoacoustic emission. A systematic review and meta-analysis. *Acta Oto-Laryngologica*, 137(2), 179–185. <https://doi.org/10.1080/00016489.2016.1223344>
- Hao, J., Hua, L., Fu, X., Zhang, X., Zou, Q., & Li, Y. (2018). Genome-wide DNA methylation analysis of human peripheral blood reveals susceptibility loci of diabetes-related hearing loss. *Journal of Human Genetics*, 63(12), 1241–1250. <https://doi.org/10.1038/s10038-018-0507-y>
- Helzner, E., & Contrera, K. (2016). Type 2 Diabetes and Hearing Impairment. In *Current Diabetes Reports* (Vol. 16, Issue 1, pp. 1–7). Current Medicine Group LLC 1. <https://doi.org/10.1007/s11892-015-0696-0>
- Hernández, E. (2018). “Umbral auditivo de pacientes con diabetes mellitus tipo 2”. universidad autónoma del estado de México.
- Hernandez, E. S. (2020). La hipoacusia como una complicación crónica de la Diabetes Mellitus tipo 2 Combining strategies for regeneration after spinal cord injury View project. <https://www.researchgate.net/publication/341767133>
- Hernández, R., & Hernández, L. (2006). Parámetros de normalidad de las otoemisiones acústicas en neonatos.
- Hong, O. S., Buss, J., & Thomas, E. (2013). Type 2 diabetes and hearing loss. In *Disease-a-Month* (Vol. 59, Issue 4, pp. 139–146). <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2013.01.004>
- Horikawa, C., Kodama, S., Tanaka, S., Fujihara, K., Hirasawa, R., Yachi, Y.,

- Shimano, H., Yamada, N., Saito, K., & Sone, H. (2013). Diabetes and risk of hearing impairment in adults: A meta-analysis. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 98(1), 51–58. <https://doi.org/10.1210/jc.2012-2119>
- Imarai, C., Aracena, K., Contreras, D., Caro, J., & Resumen, L. 1. (2013). Relación entre hipoacusia y diabetes mellitus tipo 2. In *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello* (Vol. 73).
- Julian, Y. (2016). Comparacion del grado de hipoacusia neurosensorial en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 de acuerdo a sus años de evolucion. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Kim, M. B., Zhang, Y., Chang, Y., Ryu, S., Choi, Y., Kwon, M. J., Moon, I. J., Deal, J. A., Lin, F. R., Guallar, E., Chung, E. C., Hong, S. H., Ban, J. H., Shin, H., & Cho, J. (2017). Diabetes mellitus and the incidence of hearing loss: A cohort study. *International Journal of Epidemiology*, 46(2), 717–726. <https://doi.org/10.1093/ije/dyw243>
- Lorduy, T. C., Pereira, T. C., & Joaquín De Vergas Gutiérrez, J. (2018). Evaluación del paciente con hipoacusia. [www.biap.org](http://www.biap.org)
- Martínez, G., & Minga, L. (2018). “Evaluación auditiva y características audiológicas en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 en los centros de salud. cuenca 2018.” Universidad de Cuenca.
- Mendo F. (2019). Diabetes mellitus tipo 2 como factor asociado a hipoacusia neurosensorial. Universidad privada Antenor Orrego.
- Mitchell, P., Gopinath, B., McMahon, C. M., Rochtchina, E., Wang, J. J., Boyages, S. C., & Leeder, S. R. (2009). Relationship of Type 2 diabetes to the prevalence, incidence and progression of age-related hearing loss. *Diabetic Medicine*, 26(5), 483–488. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2009.02710.x>
- Ooley, C., Jun, W., Le, K., Kim, A., Rock, N., Cardenal, M., Kline, R., Drew, A. ‡, & Hayes, J. (2016). Correlational Study of Diabetic Retinopathy and Hearing Loss.
- Palbrink, A. K., Kopietz, F., Morén, B., In 'T Zandt, R., Kalinec, F., Stenkula, K., Göransson, O., Holm, C., Magnusson, M., & Degerman, E. (2020). Inner ear is a target for insulin signaling and insulin resistance: Evidence

- from mice and auditory HEI-OC1 cells. *BMJ Open Diabetes Research and Care*, 8(1). <https://doi.org/10.1136/bmjdr-2019-000820>
- Pérez, M., & Torres, A. (2003). Los potenciales evocados auditivos de estado estable a múltiples frecuencias y su valor en la evaluación objetiva de la audición. <http://www.auditio.com>
- Ren, J., Zhao, P., Chen, L., Xu, A., Brown, S. N., & Xiao, X. (2009). Hearing Loss in Middle-aged Subjects with Type 2 Diabetes Mellitus. *Archives of Medical Research*, 40(1), 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2008.10.003>
- Rodríguez, A., & Rodríguez, M. (2018). Cocleopatía diabética: incidencia de hipoacusia neurosensorial de altas frecuencias en pacientes diabéticos.
- Rodríguez, A., & Victoria, L. (2005). Hipoacusia neurosensorial en diabéticos. Artículo de investigación Hipoacusia neurosensorial de altas frecuencias en pacientes diabéticos. In *Rev sanid milit mex* (Vol. 59, Issue 4).
- Sakuta, H., Suzuki, T., Yasuda, H., & Ito, T. (2007). Type 2 diabetes and hearing loss in personnel of the Self-Defense Forces. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 75(2), 229–234. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2006.06.029>
- Sánchez, V., & Fernández, M. (2015). Asociación entre dm 2 e hipoacusia y administración de insulina.
- Spankovich, C., & Yerraguntla, K. (2019). Evaluation and Management of Patients with Diabetes and Hearing Loss. *Seminars in Hearing*, 40(4), 308–314. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1697644>
- Valdiviezo J, Valdiviezo E, & Sánchez P. (2018). Trastornos cocleares y su relación con enfermedades cardiometabólicas. In *Revista Latinoamericana de Hipertensión* (Vol. 13).
- Verenice, F., & Homero, H. (2018). Diabetes mellitus tipo 2 como factor asociado a hipoacusia neurosensorial diabetes mellitus type 2 as a factor associated to sensorineural hearing loss. *Acta Médica Orreguiana Hampi Runa*, 182(2), 35–42. <https://doi.org/10.22497/ActaMéd.OrreguianaHampiRuna.182.18204>
- Vicente, M., Lladosa, M. S., Ramírez-Iñiguez de La Torre, M. V., Terradillos-García, M. J., & López-González, Á. A. (2014). Evaluación de los

parámetros de hipoacusia laboral en trabajadores activos y su relación con los niveles de glucemia basal. *Endocrinología y Nutrición*, 61(5), 255–263. <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2014.01.004>