

PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DEL NIVEL AUDITIVO DE LOS ESTUDIANTES DE
INSTRUMENTOS DE CUERDA, PERCUSIÓN Y VIENTOS DEL
DEPARTAMENTO DE MÚSICA DE LA FACULTAD DE ARTES DE LA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA. POPAYAN, 2003

CAROLINA REALES ALEGRÍA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE FONOAUDILOGÍA
POPAYÁN
2003

PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DEL NIVEL AUDITIVO DE LOS ESTUDIANTES DE
INSTRUMENTOS DE CUERDA, PERCUSIÓN Y VIENTOS DEL
DEPARTAMENTO DE MÚSICA DE LA FACULTAD DE ARTES DE LA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA. POPAYAN, 2003

CAROLINA REALES ALEGRÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Fon. CLAUDIA XIMENA CAMPO CAÑAR
Asesor de Contenido

Mag. FERNANDO PINZÓN
Asesor Metodológico

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE FONOAUDILOGÍA
POPAYÁN

2003

Nota de Aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Popayán, Noviembre 24 de 2003

A Dios, por su promesa.

A mis padres y mi hermano, gracias
por el amor.

A mis amigas, y a Juan por una
carrera vivida con ternura.

A los músicos, a Mauricio.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un profundo agradecimiento al profesor Fernando Pinzón a quién admiro por su calidad humana y constante guía.

A la Fonoaudióloga Claudia Ximena Campo, y al profesor Arlex Benítez por la valiosa orientación en los contenidos. Al Departamento de Física de la Universidad del Cauca por su colaboración en el trabajo de campo.

Por último, agradezco al Departamento de Música por su participación y a los estudiantes de música por su disposición y confianza, son la esencia del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
TITULO	12
1. PROBLEMA	12
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.3 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	13
1.4 JUSTIFICACIÓN	15
1.5 OBJETIVOS	16
1.5.1 Objetivo general	16
1.5.2 Objetivos específicos	16
2. REFERENTE TEÓRICO	17
3. DISEÑO METODOLÓGICO	69
3.1 TIPO DE ESTUDIO	69
3.2 POBLACIÓN	69
3.3 VARIABLES	70
3.4 PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN	70
3.5 PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO	71
4. RESULTADOS	72
4.1 ANALISIS UNIVARIADO	72
4.2 ANALISIS BIVARIADO	86
5. DISCUSIÓN	98
6. CONCLUSIONES	107
7. RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFÍA	110

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Distribución de los estudiantes de música por programa de estudio. Popayán, 2003.	72
Tabla 2.	Distribución de los estudiantes de música por sexo. Popayán, 2003.	73
Tabla 3.	Distribución de los estudiantes de música por edad. Popayán, 2003.	73
Tabla 4.	Instrumentos musicales practicados por los estudiantes de música. Popayán, 2003.	75
Tabla 5.	Tiempo de práctica del instrumento de mayor uso en horas al día. Popayán, 2003.	76
Tabla 6.	Tiempo de práctica del instrumento de mayor uso en días a la semana. Popayán, 2003.	77
Tabla 7.	Tiempo de práctica del instrumento de mayor uso años. Popayán, 2003.	77
Tabla 8.	Características Acústicas de los instrumentos musicales practicados por los estudiantes de música. Popayán, 2003.	78
Tabla 9.	Espacio de práctica instrumental en la Facultad de Artes. Popayán, 2003.	79
Tabla 10.	Efectos fisiológicos del ruido en los estudiantes de música. Popayán, 2003.	81
Tabla 11.	Antecedentes otológicos (personales) de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	82
Tabla 12.	Antecedentes otológicos (fonorespiratorios) de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	83
Tabla13.	Antecedentes otológicos (familiares) de los estudiantes	

	de música. Popayán, 2003.	83
Tabla 14.	Nivel auditivo del oído derecho de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	84
Tabla 15.	Nivel auditivo del oído izquierdo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	84
Tabla 16.	Otoscopia del oído derecho e izquierdo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	85
Tabla 17.	Relación edad, sexo y nivel auditivo del oído derecho e izquierdo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	88
Tabla 18.	Relación de antecedentes otológicos con nivel auditivo del oído derecho e izquierdo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	90
Tabla 19.	Descripción de antecedentes otológicos con relación al nivel auditivo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	91
Tabla 20.	Nivel auditivo con relación al instrumento musical de práctica y la intensidad en dB, en los estudiantes de música. Popayán, 2003.	94
Tabla 21.	Tiempo de práctica en horas al día de instrumentos y nivel auditivo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	96
Tabla 22.	Tiempo de práctica en años de instrumentos musicales y nivel auditivo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	96
Tabla 23.	Efectos fisiológicos del ruido con relación al sexo, edad, antecedentes otológicos (personales) e instrumento musical de práctica, en los estudiantes de música. Popayán, 2003.	97

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfico 1. Distribución de los estudiantes de música por sexo. Popayán, 2003.	73
Gráfico 2. Distribución de los estudiantes de música por edad. Popayán, 2003.	74
Gráfico 3. Tiempo de práctica del instrumento de mayor uso en horas al día. Popayán, 2003.	76
Gráfico 4. Rangos de intensidad emitidos por los instrumentos musicales practicados por los estudiantes de música. Popayán, 2003.	80
Gráfico 5. Efectos fisiológicos del ruido en los estudiantes de música. Popayán, 2003.	81
Gráfico 6. Nivel auditivo del oído derecho de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	84
Gráfico 7. Nivel auditivo del oído izquierdo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.	85

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO I. Consentimiento Informado	115
ANEXO II. Variables	116
ANEXO III. Encuesta	119
ANEXO IV. Registro de Audiometría tonal	120

RESUMEN

La exposición a fuertes niveles de presión sonora y la falta de acciones de conservación auditiva constituyen factores de riesgo para pérdidas auditivas por exposición a ruido en los estudiantes de música. Por lo anterior, fue necesario determinar el perfil epidemiológico del nivel auditivo, el estudio fue de tipo cross sectional, se realizó en 48 estudiantes, 56% eran de instrumentos de cuerdas, 35% de instrumentos de vientos, y sólo un 8% de instrumentos de percusión. El 65% eran de sexo masculino y 35% de sexo femenino, ubicados en un rango de edad entre 18-21 años (56%) y 22-40 años (44%). El 70% de la población presentó audición normal por oído derecho y el 80% por oído izquierdo, siendo el oído derecho el más afectado. 41% de los estudiantes de sexo masculino entre 22-40 años, presentaron con mayor frecuencia pérdidas auditivas entre 3 – 6KHZ, característica por exposición a ruido. Los estudiantes que presentaron antecedentes otológicos sufrieron con mayor frecuencia de este tipo de pérdida auditiva, 27% por oído derecho, y 17% por oído izquierdo. Los instrumentos de vientos fueron los que reportaron un rango de frecuencias más agudo y de intensidad más fuerte, lo cual afecta la audición; al relacionarlo con el nivel auditivo, el 58% de los estudiantes de este grupo de instrumentos sufrieron con mayor frecuencia de pérdida auditiva que los estudiantes de instrumentos de cuerdas. Los instrumentos de percusión producían un rango de intensidad fuerte, pero en este grupo de estudiantes no se observaron pérdidas auditivas por exposición a ruido, el resultado en este caso no se pudo correlacionar con otras investigaciones por la pequeña representación de la población (8%). La exposición a ruido genera manifestaciones fisiológicas, entre las más frecuentes fue la irritabilidad, dolor de cabeza y tinnitus; el 83% de los estudiantes de instrumentos de vientos los manifestaron en mayor porcentaje.

TITULO

PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DEL NIVEL AUDITIVO DE LOS ESTUDIANTES DE INSTRUMENTOS DE CUERDA, PERCUSIÓN Y VIENTOS DEL DEPARTAMENTO DE MÚSICA DE LA FACULTAD DE ARTES DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA. POPAYAN, 2003.

1. PROBLEMA

Se desconoce el estado del nivel auditivo de los estudiantes de instrumentos de cuerdas, percusión y vientos del Departamento de Música de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los estudiantes de instrumentos de cuerdas, percusión y vientos, del Departamento de Música de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca, están expuestos a una serie de factores de riesgo como son los altos niveles de presión sonora emitidos por los instrumentos musicales y largos periodos de practica sin los cuidados necesarios para la conservación auditiva, esencial en la vida profesional del músico, lo cual los hace vulnerables a sufrir pérdidas auditivas inducidas por el ruido. Por lo anterior es necesario identificar el nivel auditivo de los estudiantes, con el fin de establecer de forma clara y precisa los criterios de riesgo auditivo a los cuales se encuentran expuestos y de esta manera promover un programa de Vigilancia Epidemiológica para la Conservación Auditiva.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el nivel auditivo de los estudiantes, su distribución con relación a las variables de persona, tiempo, lugar, y la relación con los factores de riesgo?

1.3 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

La actividad musical de la Universidad del Cauca inició a partir de la existencia del conservatorio de música hace más de 60 años. En la estructura inicial de la Facultad de Humanidades apareció la Escuela de Bellas Artes la cual estaba conformada por la Sección de Música, la Sección de Artes Dramáticas y la Sección de Artes Plásticas. La Facultad de Artes se creó el 23 de enero de 1996. Dentro del departamento de música existen los programas de Maestro en Música y Maestro en Instrumento los cuales tienen por objetivo formar profesionales con una alta formación musical.

Según un panorama de riesgos del Departamento de Música de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca realizado en el año 2000 por la división de Salud Ocupacional de la Universidad¹, los trabajadores estaban expuestos entre otros factores de riesgo, al ruido intermitente durante un tiempo de 4 horas aproximadamente, en los salones de contrabajo, violín, piano, trompeta, orquesta, flauta dulce, guitarra, coro, fagot y el salón de la banda; por lo cual dieron algunas recomendaciones para el control de este factor de riesgo, como buscar la asesoría del Departamento de Física de la Universidad del Cauca para estudiar la posibilidad de realizar un tratamiento acústico de las instalaciones, además recomendaron realizar controles audiométricos a los trabajadores. Al igual que los trabajadores, los estudiantes del programa de Maestro en Música y Maestro en Instrumento del Departamento de Música, también están expuestos al factor de riesgo ruido debido a las prácticas instrumentales que deben realizar diariamente en los salones correspondientes, por lo cual pueden sufrir efectos auditivos y extrauditivos que produce el ruido, afectando de esta manera la integridad del sistema auditivo.

¹ División de Salud Ocupacional Universidad del Cauca. Análisis de Factores de Riesgo Ocupacional de la Facultad de Artes Universidad del Cauca. Mimeografiado 2000.

Schmidt JM² investigador del departamento de otorrinolaringología del Hospital Universitario de Dijkzigt (Rotterdam, Holanda) realizó un estudio de pérdida auditiva en estudiantes de conservatorio, encontró que un 20% de los estudiantes sufrió de pérdidas auditivas en altas frecuencias.

Un estudio realizado en Junio de 1998 por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y el Sistema de Riesgos Profesionales³ en la Orquestas Sinfónicas y Filarmónicas de Colombia afirmó que los músicos sufren de un serie de factores de riesgo predisponentes al desarrollo de enfermedades de origen ocupacional, entre los cuales el ruido es uno de los factores de riesgo mas comunes y la perdida de audición una de las enfermedades mas frecuentes. Además, deja ver la necesidad inminente que las Administradoras de Riesgos Profesionales y los programas de salud ocupacional presten especial atención a las instituciones orquestales y las organizaciones gremiales de los músicos.

En los estudiantes del Departamento de Música de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca aún no se han realizado investigaciones relacionadas con la audición, los factores de riesgo para pérdida auditiva, y el estado auditivo de los estudiantes, siendo este el primer paso para establecer un programa de conservación auditiva, que propenda por el bienestar de los estudiantes durante la formación profesional.

McBride D.⁴ en un estudio realizado en 1992 por el departamento de salud ocupacional en la Universidad de Birmingham, demostró que la exposición ruido

2 Schmidt JM. Hearing loss in students at a conservatory. *Audiology*. 1994 Jul-Aug;33(4):185-94.

Online: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=8067924&dopt=Abstract&itool=iconabstr

3 Informe Técnico. Salud y Música Investigación Descriptiva de los Procesos Laborales y los Factores de Riesgo Presentes en las Orquestas Sinfónicas y Filarmónicas de Colombia. Fundación Colombiana de Estudios Socioeconómicos Nuevos Rumbos. Junio, 1998. Bogotá. ISBN 95836-1-X

4 McBride D. Noise and the classical musician. *BMJ*. 1992 Dec 19-26;305(6868):1561-3. Online: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=1286387&dopt=Abstract&itool=iconabstr

puede generar pérdidas auditivas de origen ocupacional en músicos de orquestas clásicas. Por otra parte, Kaharit K. y cols⁵, investigadores del Instituto para la Vida laboral de la Universidad de Goteborg (Suiza), revelaron en un estudio realizado en julio de 2003, que el 74% de los músicos de rock y jazz sufrieron de algún desorden auditivo, entre los más comunes se encontraban el tinnitus y la pérdida auditiva en frecuencias agudas, característica de la exposición a ruido. Además, con respecto al sexo, refirieron que las mujeres presentaron mejores niveles auditivos que los hombres en el rango de frecuencias de 3KHz a 6KHz, siendo los de sexo masculino los más afectados por desórdenes auditivos.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Los estudiantes de instrumentos de cuerdas, percusión y vientos del Departamento de Música de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca, están expuestos a condiciones desfavorables que pueden interferir en su calidad auditiva, algunas como realizar práctica instrumental como mínimo 3 horas al día, en salones con inapropiada adaptación acústica, lo cual produce un aumento del nivel de ruido ambiente, perjudica la inteligibilidad de la música y repercute en la integridad del sistema auditivo, además de la carencia de acciones en pro de la conservación auditiva y los antecedentes personales predisponentes para pérdidas auditivas.

El presente proyecto de investigación busca llenar vacíos conceptuales, debido a que no existen estudios en los cuales se identifique el nivel auditivo de los estudiantes, y los factores de riesgo para pérdidas auditivas que afecten la integridad del sistema auditivo. Pretende aportar y promover acciones fundamentadas en bases conceptuales y de exploración clínica que beneficien la salud auditiva y comunicativa de los estudiantes. Por lo cual, se fortalece el Programa de Fonoaudiología de la Facultad Ciencias de la Salud de la

5 Kaharit K. Assessment of hearing and hearing disorders in rock/jazz musicians. Int J Audiol. 2003 Jul;42(5):279-88,

Online:

https://hin-sweb.who.int/?place_to_go=https://hin-sweb.who.int:443/http://www.healthinternetnetwork.org/scipub.php

Universidad del Cauca al generar políticas que favorezcan la comunicación humana y el desarrollo biopsicosocial.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Establecer el perfil epidemiológico del nivel auditivo de los estudiantes de instrumentos de cuerdas, percusión y vientos del Programa Maestro en Música y Maestro en Instrumento de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca, mediante una encuesta, audiometría tonal y sonometría, que permita el análisis de la calidad auditiva.

1.5.2 Objetivos específicos

- Establecer las características de la población objeto de estudio de acuerdo a las variables sexo, edad, instrumento, y tiempo de práctica.
- Determinar los antecedentes otológicos significativos y los factores de riesgo auditivo específicos del individuo mediante la aplicación de una encuesta estructurada y un resumen de historia clínica.
- Determinar el nivel auditivo de los estudiantes mediante una audiometría tonal.
- Identificar los efectos fisiológicos del ruido mediante la aplicación de una encuesta.
- Identificar el nivel de presión sonora de los instrumentos musicales en los salones de práctica de la Facultad de artes, mediante una sonometría.

2. REFERENTE TEORICO

2.1 FISICA ACUSTICA

2.1.1 Ondas

Las ondas son perturbaciones que se propagan en medios materiales o en el vacío. Son consecuencia de los movimientos oscilatorios de las partículas materiales de un medio material, o partículas eléctricas con carga.

2.1.1.1 Clasificación de las ondas

Las ondas se clasifican teniendo en cuenta aspectos físicos, mecánicos, geométricos, matemáticos, de aplicación, entre otros.

Según su naturaleza las ondas son mecánicas o electromagnéticas, y se diferencian fundamentalmente en que las ondas mecánicas requieren de un medio material para propagarse (sólido, líquido, gas), por lo cual no pueden propagarse en el vacío y su velocidad es muy inferior respecto de las electromagnéticas, estas últimas se caracterizan por su capacidad para propagarse en medios materiales y en el vacío y su velocidad casi igual a la de la luz.

Según la vibración del medio: las ondas son transversales, longitudinales o mixtas. En las ondas transversales, las partículas del medio perturbado se mueven perpendiculares al movimiento de la onda, mientras que en las ondas longitudinales las partículas del medio se mueven paralelas a la dirección del movimiento ondulatorio. Algunas ondas en la naturaleza pueden ser mixtas, es

decir una combinación de las ondas transversales y longitudinales como ocurre en las olas marinas.

Según su forma geométrica, las ondas son esféricas, cilíndricas, planas, circulares. Una onda esférica se produce cuando una perturbación radía energía en todas las direcciones; se caracterizan por la variación de la amplitud en forma inversa con la distancia a la fuente. Las ondas cilíndricas se generan por la oscilación de las partículas de una fuente lineal como una varilla metálica cuando se la golpea en algún punto, y radía energía en todas las direcciones menos en la dirección del eje de la fuente (eje de la varilla); se caracterizan por la variación de la amplitud con el inverso de la raíz cuadrada de la distancia a la fuente. Las ondas planas se caracterizan por su amplitud constante con la distancia a la fuente; los planos son superficies formadas por partículas del medio que tienen el mismo comportamiento físico en cada uno de ellos, pero diferente en los demás que no están en fase. Las ondas circulares se caracterizan por la radiación de la energía en forma de círculos alrededor de la fuente; son ondas bidimensionales a diferencia de las esféricas que son tridimensionales y las planas que son unidimensionales.

Según su comportamiento en el tiempo, las ondas pueden ser periódicas o no periódicas, en una onda periódica las perturbaciones se producen a intervalos regulares y son todas de la misma forma. Muchos sonidos son aproximadamente periódicos, por ejemplo los producidos por los instrumentos musicales, pero gran cantidad de los sonidos naturales son aperiódicos, es decir que las perturbaciones no se producen a intervalos regulares y no mantienen constante su forma de onda.

Según la consecuencia de la superposición en el espacio y el tiempo, las ondas son:

Estacionarias. Se forman por la superposición de ondas de igual frecuencia, amplitud y en sentido opuesto, como consecuencia de estas condiciones surgen

puntos que no vibran denominados *nodos* y otros que vibran con máxima amplitud llamados *antinodos* o *vientres*. En las ondas estacionarias, las partículas del medio vibran con la misma frecuencia pero con diferente amplitud y depende de la distancia a la fuente; además, la energía no se desplaza y queda empaquetada entre los nodos razón por la cual se les denomina *estacionarias*.

Otras clasificaciones de interés son y que son consecuencia de la superposición son: senoidales, exponenciales, cuadradas, rectangulares, triangulares, dientes de sierra, pulsos, etc. Estas ondas son muy importantes entre otras razones, en el funcionamiento la instrumentación de funcionamiento digital, y para comprender la forma como se generan y transmiten las ondas mecánicas y eléctricas en el cuerpo humano.

Pulsaciones. Una pulsación es la variación periódica en intensidad en un punto dado debida a la superposición de dos ondas que tienen frecuencias ligeramente diferentes. La máxima frecuencia de pulsación que el oído humano puede detectar es aproximadamente de 20 pulsaciones por segundo.

2.1.1.2 Magnitudes fundamentales de las ondas

Los parámetros fundamentales que permiten cualificar y cuantificar las ondas son:

Amplitud. Es el desplazamiento máximo de las partículas del medio oscilante desde la posición de equilibrio.

Frecuencia. Es el número de oscilaciones que realiza una partícula del medio por el cual se desplaza la onda en un segundo, y se mide en Hz (ciclos /segundo).

Periodo. El periodo T es el tiempo que tarda la partícula en realizar una oscilación completa, o también el tiempo que tarda la onda en avanzar una distancia igual a la longitud de onda, y se mide en segundos.

Longitud de Onda. “Es la distancia mínima entre dos puntos cualesquiera sobre una onda que se comportan idénticamente”⁶.

Velocidad. La velocidad de las ondas sonoras depende de las características del medio en el que se propagan siendo fundamentalmente dos: compresibilidad e inercia; la velocidad de las ondas sonoras es mayor en los sólidos por estar mas cerca las partículas entre si para recibir y transmitir la energía de la perturbación; en los líquidos es un poco menor y mucho menor en los gases por la mayor separación de las partículas.

Potencia Sonora W. Es la energía emitida por la fuente en la unidad de tiempo y viene dada por $W = E / t$, si la intensidad Energía E es constante en todos los puntos de la superficie envolvente de la fuente; se mide en Watios.

La intensidad. Se define la intensidad I de una onda, como la potencia por unidad de área; esto quiere decir que es la energía transmitida por unidad de tiempo y a través de una superficie perpendicular al flujo de energía. Es uno de los parámetros ondulatorios mas importantes por cuanto refleja el contenido energético de la onda y su capacidad para producir efectos en el medio ambiente, o en los cuerpos en que incide. La intensidad de una onda sonora periódica es proporcional al cuadrado de la frecuencia y al cuadrado de la amplitud (es decir que si la amplitud es grande la intensidad del sonido es fuerte y viceversa), por lo cual variando uno de estos parámetros se obtienen pequeñas o grandes intensidades.

Presión P. La presión se define en forma general como la fuerza aplicada perpendicularmente a una superficie, por unidad de superficie. La presión sonora P está relacionada con los cambios de la presión atmosférica normal por encima y por debajo del valor estático tomado como referencia aproximadamente 105

⁶ SERWAY Raymond. FISICA. Tomo I. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill. Colombia 1998.

Pascales. La presión P es la suma de la presión atmosférica en reposo P_0 y la sobrepresión variable en el tiempo.

Nivel de Intensidad. Es una forma de medir el contenido energético de una onda a partir de planteamientos físico-matemáticos de carácter logarítmico; el Nivel de Intensidad relaciona logarítmicamente una cantidad en función de otra de la misma naturaleza tomada como referencia; matemáticamente se define como: Nivel de Intensidad = $10 \log (I / I_0)$ decibeles (db); $I_0 = 10^{-12}$ Watios / m².

Nivel de Presión Sonora NP. Matemáticamente viene expresado como: Nivel de presión = $20 \log (p / p_0)$ decibeles; $p_0 = 20 \times 10^{-6}$ Pascales (Newtons / m²). Siempre se pueden calcular niveles de cualquier otro parámetro físico, se basan en la misma fundamentación físico-matemática de los anteriores, y tienen la misma unidad: decibeles (dB). Los sonidos más tenues que el oído humano puede detectar a una frecuencia de 1000 Hz corresponden a una intensidad cercana a 1.00×10^{-12} W/m², y se conoce como el umbral auditivo. Los ruidos más intensos que el oído puede tolerar sin causar lesiones o molestias auditivas corresponden a una intensidad aproximada de 1.00 W/m² y es el umbral de dolor. Esto quiere decir que el oído humano puede detectar un amplio intervalo de intensidades.

2.1.1.3 Fenómenos Ondulatorios

Cuando una onda encuentra cualquier variación en las propiedades del medio en el cual se está propagando, su comportamiento es perturbado. Cambios pequeños y graduales en el medio desencadenan cambios en la velocidad y dirección de propagación de la onda, a lo cual se denomina Fenómeno de Refracción. Cuando el cambio es más abrupto, como cuando una onda de sonido en el aire golpea un objeto sólido, entonces la onda incidente es en su mayor parte reflejada o dispersada y sólo una pequeña parte es transmitida adentro o a través del objeto. Esa parte de la energía de onda transmitida en el objeto generalmente

será disipada por pérdidas internas y múltiples reflexiones a menos que el objeto sea muy delgado; caso en el cual puede ser *reradiada* desde la superficie opuesta.

Es fundamental examinar el comportamiento de una onda de presión plana que se mueve desde un medio con impedancia de onda z_1 a una de impedancia z_2 . En general, se espera que exista una onda reflejada y una onda transmitida (refractada). Las presiones acústicas en cada lado de la frontera que divide a los dos medios (interfaz) deben ser iguales. Si $z_2 \gg z_1$ ó $z_2 \ll z_1$ entonces la reflexión es prácticamente normal.

2.1.1.4 Superposición e interferencia de ondas

Principio de Superposición. Si dos o más ondas viajeras se mueven a través de un medio, la función de onda resultante en cualquier punto es la suma algebraica de las funciones de onda de las ondas individuales. Es muy importante para todos los tipos de movimiento ondulatorio, y en uno de los casos a las ondas sonoras. Las ondas que obedecen este principio son conocidas como ondas lineales y se caracterizan por lo general por tener amplitudes de onda pequeñas. Una consecuencia del Principio de Superposición es que dos ondas viajeras pueden pasar una a través de otra sin destruirse o ni siquiera alterarse. De igual modo, cuando las ondas sonoras de dos fuentes se mueven por el aire, también se atraviesan una a la otra, el sonido resultante es el producto de ambas perturbaciones. La combinación de ondas independientes en la misma región del espacio para producir una onda resultante se denomina **interferencia**. Cuando los desplazamientos provocados por los dos pulsos están en la misma dirección se denomina **interferencia constructiva**. Si dos pulsos viajan en direcciones opuestas en una cuerda tensada, pero uno está invertido en relación con el otro, los pulsos empiezan a traslaparse, se atraviesan el uno al otro, los desplazamientos causados están en direcciones opuestas, en este caso se denomina **interferencia destructiva**.

2.1.2 Psicoacústica

El objeto de estudio de la psicoacústica son las impresiones subjetivas dadas por los fenómenos sonoros, las cuales son consecuencia de la estimulación física y del estado psicológico del individuo que capta el sonido. Estas impresiones son evaluadas en Audiología para determinar las características de audición de una persona.

2.1.2.1 Sonido

Según la física, el sonido es una vibración mecánica capaz de producir una sensación auditiva. El oído humano es el órgano receptor que convierte el estímulo acústico en sensación sonora, este es sensible a ondas comprendidas en un intervalo de frecuencias de 20Hz a 20.000Hz.

2.1.2.2 Caracterización del sonido

La sensación de **intensidad** en un individuo tiene una relación aproximadamente logarítmica con el flujo incidente de energía del oído. Así como el oído responde al estímulo físico del flujo de energía acústica con la sensación de intensidad, el estímulo físico que produce la frecuencia es percibido como una sensación de **tono**, el cual se refiere a las características de una sensación sonora que permite clasificar los sonidos en la escala de graves a agudos, es una cantidad subjetiva y no puede medirse con instrumentos. Además de distinguir la intensidad y el tono, el oído tiene gran sensibilidad a la calidad del sonido o **timbre**, quien está determinado en parte por el número de sobretonos presentes y por sus curvas respectivas de intensidad – tiempo.

2.1.2.3 Sonoridad

El término sonoridad se refiere a la percepción subjetiva de la magnitud de la sensación sonora que permite al oyente ordenar su magnitud sobre una escala de bajo a alto. La sonoridad depende fundamentalmente del nivel de presión sonora del estímulo sonoro y en menor medida de su frecuencia, duración y complejidad espectral. Dado que es una sensación subjetiva, no es susceptible de una medida física directa. Es posible, sin embargo, definir una unidad de sonoridad, y posteriormente, experimentando con sujetos humanos, establecer una comparación entre sonoridades percibidas correspondientes a distintos sonidos, y deducir una relación entre intensidad y sonoridad para sonidos de distintas frecuencias y combinaciones de las mismas⁷.

El patrón de sonoridad es el *son*, que se define como la sonoridad percibida por una persona de audición normal cuando recibe en ambos oídos un sonido de 1000Hz y 40dB de intensidad. Un sonido de 2 sones se percibe con una sonoridad doble que uno de 1 *son*, y así sucesivamente. Un *son* corresponde a unos 70dB a 60Hz, a 53dB a 200Hz, a 40dB a 1000Hz, o a 35dB a 3000Hz.

2.1.3 Física de la música

2.1.3.1 Análisis de Fourier

Es una herramienta muy útil que permite determinar las diferentes amplitudes y sus fases, para descomponerlas en términos sinusoidales, en acústica este proceso se realiza a través de sintetizadores de Fourier o analizadores de ondas. En ellos un micrófono recoge el sonido y lo convierte en una forma de onda eléctrica, que esencialmente tiene la misma forma de onda sonora. Luego se lleva esta forma de onda a un conjunto de elementos de circuito llamados filtros, para

⁷ SEARS Francis. FÍSICA UNIVERSITARIA. Sexta Edición. Editorial Addison Wesley Iberoamericana. Estados Unidos 1988

separar las diferentes componentes de Fourier, según la frecuencia de cada uno. Las amplitudes correspondientes a las distintas componentes se miden en forma de voltajes y se representan de alguna manera adecuada. La forma más útil de realizar esta representación es, por medio del espectro de Fourier, que es una representación gráfica de la amplitud en función de la frecuencia. El espectro de Fourier es principalmente responsable del timbre un instrumento musical y de la calidad del sonido en general. El oído humano es un Analizador de Fourier bastante sensible, aunque no cuantitativo en lo que se refiere a las amplitudes. En cuanto al timbre de los instrumentos musicales, el espectro de Fourier de una nota más o menos sostenida no lo es todo, ya que normalmente sus notas no son de larga duración. El ataque (inicio de la nota musical) y la terminación tienen también importancia, en estos intervalos hay cambios de amplitud de la onda lo cual contribuye al timbre característico del instrumento.

2.1.3.2 Musicalidad de los instrumentos

Ciertas combinaciones de notas tienen sonidos armoniosos, mientras que otras son agradables. La explicación a esta diferencia de percepción pertenece al ámbito de la teoría de la armonía, que tiene que ver con la física, la fisiología y la psicología, la cual fue desarrollada por el físico alemán Hermann von Helmholtz (1821-1894). El fundamento de la armonía parte de la percepción de dos o más notas musicales simultáneas, que puede ser consonantes (es decir, armoniosa o agradable al oído) disonantes (sin armonía o desagradable al oído). Hasta cierto punto este discernimiento es subjetivo y adquirido, pero tiene una base objetiva. La apreciación de la consonancia y la disonancia se basa finalmente en la manera como el oído humano percibe las pulsaciones. Como regla general toda relación de frecuencias inferior a 1:12 –es decir, todo intervalo inferior a lo que en música se conoce como una tercera menor (por ejemplo, al intervalo entre el Do y el Mi bemol) se percibe como disonante. No todas las disonancias provienen de dos notas muy cercanas. Hay dos razones para esto, en primer lugar, todos los tonos musicales conllevan una gran cantidad de armónicos, y en segundo lugar, se

presenta el intrigante papel del oído, el cual dependiendo del nivel de intensidad de los tonos puros empieza a percibir armónicos auditivos, en general cuanto mayor sea la frecuencia del tono incidente, mayor debe ser su intensidad para producir armónicos auditivos. Por ejemplo, un tono incidente de 1000Hz debe tener al menos una intensidad acústica de 40dB, para que el oyente pueda percibir el segundo armónico, de 2000Hz. En cambio, un tono incidente de 125Hz a 18dB permite que el oyente perciba el segundo armónico de 250Hz. Se requieren mayores intensidades para producir armónicos auditivos superiores. El funcionamiento no-lineal del oído hace que se produzcan estos armónicos cuando el sonido incidente tiene dos o más componentes de diferentes frecuencias.

2.1.3.3 Física acústica de los instrumentos musicales

Todo instrumento musical debe cumplir dos funciones, debe producir una frecuencia fundamental (posiblemente con una serie de armónicos) de entre un cierto número de posibilidades, a elección de la persona que lo ejecuta. Además de poder transmitir energía de vibración al aire con suficiente eficacia. En los instrumentos de cuerda la frecuencia se define por la densidad lineal de la masa, la tensión y la longitud de las cuerdas. Estas se ponen en vibración mediante un golpe de martillo (como el piano), por punteo manual (como en la guitarra, el laúd, el arpa y el violín cuando se toca “pizzicato”) o finalmente por fricción con un arco (como en la viola, el violín y el violonchelo). Los detalles del mecanismo de excitación tienen mucha importancia en relación con la calidad de la música que producen los instrumentos, puesto que de ahí depende la amplitud relativa de los diferentes armónicos.

La cuerda por sí sola es mala transmisora de energía al aire por ser tan delgada. En los instrumentos de cuerda, estas se estiran en uno o ambos extremos mediante un **punte** de madera, relativamente ligero, que descansa sobre una placa también de madera llamada **placa de resonancia**. En la mayoría de los instrumentos esta placa es parte de una caja de forma irregular. La caja de

resonancia se pone en vibración por las oscilaciones que las cuerdas le transmiten a través del puente. Como la caja es bastante grande, puede poner en vibración el aire que la rodea, obteniendo buenos resultados acústicos.

En los instrumentos metálicos y de viento, la frecuencia vibrante no tiene una oscilación definida. En contraste con lo que ocurre con los instrumentos de cuerda, el equivalente de la caja de resonancia –en este caso el aire del tubo que sirve de cuerpo al instrumento- es lo que entra en vibración de modo estacionario con una frecuencia bien definida, que controla de este modo la frecuencia de la fuente. En la mayor parte de los instrumentos de viento la fuente es una lengüeta. En el clarinete y el saxofón la lengüeta es una pequeña placa delgada y flexible de caña que se ajusta a un agujero en la boquilla al entrar en vibración, a una frecuencia controlada del cuerpo del instrumento, la lengüeta abre y cierra el agujero, permitiendo la entrada de soplos sucesivos de viento. En los instrumentos de metal se logra el mismo efecto por acción de los labios de la persona que los toca, al acoplarse con la boquilla en forma de copa o embudo. La flauta se excita por las turbulencias oscilantes producidas por el aire proveniente de una delgada rendija (en la flauta, formada por los labios de quien la toca) que choca contra un filo. La frecuencia de resonancia del aire en el cuerpo del instrumento se determina por la longitud de la columna y por la circunstancia de estar abierta en ambos extremos o abierta en uno y cerrada en el otro, y en menor grado por su forma. En los instrumentos de metal el tono se ajusta por medio de unas válvulas, o mediante un brazo deslizante con el cual puede variarse la longitud del tubo, y por tanto la frecuencia resonante del aire que está en su interior. La forma acampanada del extremo del extremo del instrumento cumple dos funciones relacionadas entre sí. En primer lugar sirve para acoplar eficiente el aire vibrante, dentro del instrumento con el aire exterior, para poder emitir los sonidos. En segundo lugar, la forma acampanada tiende a suprimir ciertos armónicos con respecto a otros. De esta manera contribuye al timbre característico del instrumento en su conjunto.

Los instrumentos de percusión pertenecen a una clase especial. En general son osciladores de dos dimensiones (como el tambor y los platillos) o de tres dimensiones (como las campanas, los bloques de madera o las cajas chinas). Las frecuencias de sus modos estacionarios no corresponden a una serie aritmética sencilla. Todos en conjunto, los modos inarmónicos y los tonos de combinación constituyen una serie irregular de las frecuencias que no le permiten al oído identificar o construir una frecuencia fundamental definida a la que se pueda asociar una tonalidad. Los instrumentos de percusión no permiten la producción de acordes complicados, a pesar de que cada nota puede tener un tono perfectamente distinguible.

2.1.4 Generalidades de los instrumentos musicales

Los Instrumentos musicales son todos aquellos generadores de sonido que sirven a la concreción de ideas y prácticas musicales.

Los sonidos de los instrumentos musicales son producidos y modificados por tres componentes:

- La materia que vibra (como la cuerda del violín), que entra en movimiento por el frotamiento, el soplado, el golpe, o cualquier otro método
- El cuerpo resonador, amplificador o reflector (caja de resonancia o tubo)
- Mecanismos asociados para la variación del sonido como llaves, válvulas, trastes y sordinas.

Los instrumentos musicales se clasifican en:

- Instrumentos cordófonos
- Instrumentos aerófonos

- Instrumentos membranófonos
- Instrumentos de percusión
- Instrumentos electrófonos o electrónicos

2.1.4.1 Instrumentos de cordófonos

Son aquellos instrumentos los cuales producen sonido por medio de hacer vibrar una cuerda. Según la forma de hacer vibrar la cuerda los cordófonos pueden ser: del subgrupo de cuerda frotada, del subgrupo de cuerda pulsada, subgrupo de percutidos. También se pueden agrupar en simples y compuestos.

Los cordófonos se clasifican en:

- Tocados con arco: Violín, Viola, Violoncello, y Contrabajo.
- Pulsados con los dedos o con púa: Guitarra, Arpa, Laúd, Mandolina, Banjo
- Tocados por medio del teclado: Piano (cuerda percutida), Clave (cuerda pulsada).

Características de los instrumentos cordófonos:

- El violín esta construido de diferentes tipos de madera (ébano, abeto, arce, etc.) y recubierto con varias capas de pintura que moldean la sonoridad. está compuesto por 68 a 70 piezas, el arco con el que se frota las 4 cuerdas, está fabricado en madera fina la “mecha” es de crin de caballo empapada con una resina derivada de la trementina.
- El violonchelo tiene una altura sonora de tres octavas y media, y su cuerpo mide 75 cm de longitud.

- El Contrabajo, es el mas grande de los instrumentos de esta familia, mide normalmente 1,8 m de alto, tiene cuatro cuerdas afinadas en mi₁, la₁, re₂ y sol₂ y suena una octava por debajo de su notación. En algunos casos se añade una quinta cuerda grave afinada en si₁. Hay instrumentos en los que la cuerda en mi₁ se prolonga mecánicamente en el clavijero, con lo que llega a producir el do₁.

- La guitarra, tiene un cuerpo plano y entallado, con un agujero redondo y un mástil con trastes, a lo largo del cual hay seis cuerdas, sujetas a un extremo con clavijas de tornillo y por el otro a un puente pegado a la caja del instrumento. Las tres cuerdas agudas son normalmente de tripa o nailon; las otras de metal. Se afinan mi₂, la₂, re₃, sol₃, si₃ y mi₄, con una extensión de tres octavas y una quinta.

- La viola, tiene cuatro cuerdas afinadas en do₃, sol₃, re₄ y la₄, mide entre dos y siete cm más que el violín, aunque sus dimensiones varían más que las de éste y el violonchelo, y se afina una quinta más grave que el primero. La mayoría de las violas tienen una sonoridad dulce y oscura en la tesitura grave y rica y penetrante en los registros medio y agudo.

- El piano, está formado principalmente por las siguientes partes: las cuerdas, en cantidad de tres para cada nota, excepto en la grave. El teclado consta normalmente de 88 teclas (aunque en algunos pianos modernos se instalan 97 teclas, que corresponden a 8 octavas), funciona de manera que cada tecla acciona simultáneamente un martillo que se retira una vez que ha percutido y una sordina que detiene la vibración de las cuerdas, cuando la tecla tocada sube. Los dos pedales instalados bajo el piano, accionan un mecanismo que permite en el caso del de la izquierda, desplazar cada martillo de forma que no golpee mas que una o dos cuerdas, haciendo el sonido menos timbrado y

mas suave. El pedal de la derecha levanta las sordinas, consiguiéndose así que mientras esté pisado vibren libremente las cuerdas, incluso cuando se han retirado los dedos de la tecla.

2.1.4.2 Instrumentos de percusión

Es una familia de instrumentos que producen sonido al golpearlos o al agitarlos. Están considerados como los más antiguos y han recobrado un papel muy importante en la orquesta del siglo XX. El conjunto de todos ellos lo ejecuta un solo músico.

Se pueden considerar según e tipo de sonido que producen como de sonido determinado, que hacen oír notas identificables y de sonido indeterminado, que dejan oír sonidos de una altura indeterminada. Modernamente se clasifican en dos familias:

- Membranófonos: A su vez divididos por su sonido en:
 - Sonidos determinados: Timbales
 - Sonidos Indeterminados: Bombo, tambor, redoblante, pandereta.

- Autófonos: Producen el sonido en su propio cuerpo, es decir no tienen separada caja de resonancia, también están divididos en:
 - De sonidos determinados: campanas, carillones, xilófono, vibráfono.
 - De sonidos indeterminados: gong, triangulo, platillos, castañuelas.

Características de algunos instrumentos de percusión:

- Xilófono, formado por una serie de láminas de madera graduadas que se golpean con dos baquetas duras para producir sonidos secos y penetrantes, o con cuatro u ocho baquetas más blandas de goma para hacer acordes. Por lo general hay un tubo resonador afinado para cada lámina. Su extensión común es de cuatro octavas a partir del do 4.
- Timbales, cada uno se compone de una pieza de cobre en forma de caldero, pero con un agujero inferior llamado oído; están cubiertos de una membrana templada. Cada timbal está afinado en un tono diferente.

2.1.4.3 Instrumentos de vientos

También denominados aerófonos, producen su sonido gracias a las columnas de aire que vibran en su interior. Se agrupan en las siguientes familias: madera, metales, polífonos de teclado.

Los aerófonos de la familia de maderas deben su nombre al material en que fueron fabricados originalmente, aunque algunos se hacen hoy de metal. Se dividen en tres subgrupos:

- De boca, bien sea lateral como la flauta y el flautín, o de Bisel, como la flauta traversa, la gaita y la antigua cornamusa.
- De lengüeta sencilla: clarinete. El saxofón ocasionalmente se clasifica en este grupo, dada su naturaleza híbrida entre el grupo de metales y maderas.
- De lengüeta doble: oboe, corno inglés, fagot y contrafagot

Los instrumentos de la familia de las maderas se caracterizan por la presencia de “llaves” y “correspondencias”, de igual manera les son características, a excepción de las flautas, lengüetas, que exigen un manejo especial de los labios y exigencias respiratorias.

Características de algunos instrumentos de vientos:

- El clarinete, está formado por un tubo cilíndrico con una sola lengüeta que se fija sobre una abertura en la boquilla en el extremo superior del tubo; por el extremo inferior termina en un pabellón acampanado. El ámbito del clarinete más habitual, el soprano en si bemol, es de tres octavas y media; la nota más grave es re₃ (escrito mi₃).
- El fagot, consiste en un tubo ligeramente cónico hecho en madera de arce o de palosanto. Está formado por dos ramas paralelas de replegadas sobre sí misma, que puestas de extremo a extremo tendrían una longitud de 2,59 m. Consta de cinco partes, cuatro de madera y una de metal: el cuerpo pequeño con agujeros oblicuos, la culata, el cuerpo grande, el pabellón y la embocadura. Tiene una extensión de tres octavas y media aproximadamente desde el si bemol 2.
- El saxofón, combina en su construcción la embocadura de lengüeta simple del clarinete, un cuerpo metálico y una versión ensanchada del tubo cónico del oboe. Los saxofones más conocidos son el soprano, el contralto, el tenor y el barítono, todos con una extensión de dos octavas y media. La calidad tímbrica va desde la suavidad y dulzura hasta lo ronco y metálico.
- El trombón, es un instrumento de viento de metal con un tubo de sección cilíndrica, boquilla de copa y mecanismo de corredera, su extensión va desde el mi 2 hasta el si bemol 4 más cuatro notas pedal (si bemol 1, la 1,

la bemol 1 y sol 1; las pedales por debajo de éstas son difíciles de producir).

- La trompeta, es un tubo de cobre largo y estrecho, gracias a sus tres pistones, es capaz de producir la escala cromática, cuanto más fuerte se sopla, más altos son los armónicos. La trompeta toca en la clave de si bemol, el registro abarca desde el mi por debajo del do central hasta el segundo si bemol por arriba. Su altura sonora es de dos y tres cuartos de octava, y mide unos 46 cm aproximadamente, la longitud total del tubo desenrollado es de 1.4 m.

2.1.5 Acústica arquitectónica

Acústica, del griego *akouein*, "oír", es la ciencia que se ocupa del estudio del sonido en su conjunto. La acústica arquitectónica es la rama de la Acústica que estudia la propagación del sonido (desde 20Hz hasta 20KHz) en el aire, confinada o no dentro de un recinto.⁸

Hoy en día se puede dividir esta disciplina en dos puntos de vista: uno Clásico, que se basa en el Tiempo de Reverberación para predecir, por ejemplo, el agrado o no por parte del oyente, y otro Moderno, apoyado fuertemente en otra ciencia, la Psicoacústica, y en otra no tan joven pero sí fuertemente revolucionada muy recientemente, la Metrología Acústica. En esta Acústica Moderna se generan nuevos parámetros (muy pragmáticos) y herramientas, quedando descartado el Tiempo de Reverberación como propiedad de recintos, entre otras conclusiones de la misma.

Por cualidades acústicas de un recinto se entiende una serie de propiedades relacionadas con el comportamiento del sonido en el recinto, entre las cuales se

⁸ "Instrumentos musicales", Enciclopedia Microsoft® Encarta® 98 © 1993-1997 Microsoft Corporation.

encuentran las reflexiones tempranas, la reverberación, la existencia o no de ecos y resonancias, la cobertura sonora de las fuentes, entre otras.

El comportamiento espacial del sonido alrededor de una fuente en un espacio cerrado, como una habitación, es distinto de lo que sería si la misma fuente estuviera localizada al aire libre, lejos de cualquier superficie reflectante. Esto se debe a que el sonido se refleja sobre los límites del cerramiento y sobre los objetos en su interior. En los límites del cerramiento, parte de la energía sonora incidente se refleja, parte es absorbida y parte es transmitida a través de las paredes del mismo.

2.1.5.1 Reflexión y absorción de las ondas sonoras

Las ondas sonoras viajan hacia fuera en todas las direcciones a partir de la fuente, cuando chocan con un obstáculo, como una pared, su dirección de propagación cambia, se reflejan. Se denomina ley de reflexión al fenómeno producido cuando el ángulo del sonido reflejado es igual al ángulo de sonido incidente. Esta ley solo se aplica a la reflexión del sonido sobre una superficie que es grande comparada con la longitud de onda. Si la superficie reflectante no es porosa y es rígida, no hay pérdida de la energía acústica por reflexión, entonces las ondas reflejadas producen el mismo nivel de presión sonora. Sin embargo, ninguna superficie física es un reflector perfecto, parte de la energía acústica siempre es absorbido por la superficie⁹.

2.1.5.2 Absorción del sonido por los materiales

Se denomina coeficiente de absorción del sonido a la parte de energía acústica absorbida cuando las ondas sonoras chocan con una superficie. El coeficiente de absorción de un material depende de éste y de la frecuencia del sonido que choca

9 MIYARA, Federico. . Acústica y sistemas de sonidos . . Acústica arquitectónica (Cap. 4). Argentina, 2002.

Online: www.cetear.com/cap04.pdf.

contra la superficie del material. Las propiedades de absorción del sonido de un material dependen del ángulo con que la onda sonora incide sobre él, de forma que el coeficiente se presente como un tipo de media de todos los ángulos de incidencia. La American Society for Testing and Materials (ASTM) define la absorción del sonido como “una medida de las propiedades de absorción del sonido de un material. De forma ideal, la parte de la potencia sonora con incidencia aleatoria que es absorbida o en caso contrario que no es reflejada por el material”.

El coeficiente de absorción sonora, abreviado con la letra griega α , resulta del cociente entre la energía absorbida y la energía incidente:

$$\alpha = \frac{E_{\text{absorbida}}}{E_{\text{incidente}}}$$

El coeficiente de absorción tiene una gran importancia para el comportamiento acústico de un ambiente, y por esa razón se han medido y tabulado los coeficientes de absorción para varios materiales y objetos. En general, los materiales duros, como el hormigón o el mármol, son muy reflectores y por lo tanto poco absorbentes del sonido, y en cambio los materiales blandos y porosos, como la lana de vidrio, son poco reflectores y por consiguiente muy absorbentes.

En general la absorción aumenta con la frecuencia, debido a que para frecuencias altas la longitud de onda es pequeña y entonces las irregularidades de la superficie o el propio espesor del material son más comparables con la longitud de onda. En algunos casos, sin embargo, algún fenómeno de resonancia entre el material y la pared puede mejorar la absorción en bajas frecuencias.

2.1.5.3 Reverberación

Se denomina a la prolongación del sonido después de que la fuente ha cesado.

2.1.5.3.1 Tiempo de reverberación (T)

Es el tiempo que transcurre desde el instante en que cesa una fuente sonora hasta que el nivel de presión sonora cae 60 dB por debajo de su valor inicial (desde el punto de vista perceptivo esto equivale a que el sonido se vuelva prácticamente inaudible). Para medirlo se determina el tiempo que demora en caer 20 dB y se lo multiplica por 3. La razón es que es muy difícil medir una caída tan grande como 60 dB, debido al ruido ambiente.

El tiempo de reverberación depende de cuán absorbentes sean las superficies de la sala. Así, si las paredes son muy reflectoras (es decir que reflejan la mayor parte del sonido que llega a ellas), se necesitarán *muchas reflexiones* para que se extinga el sonido, y entonces **T** será grande. Si, en cambio, son muy absorbentes, en cada reflexión se absorberá una proporción muy alta del sonido, por lo tanto en unas pocas reflexiones el sonido será prácticamente inaudible, por lo cual **T** será pequeño. Dado que los materiales duros, como el hormigón o los azulejos, son poco absorbentes del sonido, un ambiente con paredes de este tipo tendrá un tiempo de reverberación largo.

La propiedad anterior se puede expresar por medio de una fórmula, denominada fórmula de Sabine, en honor al físico norteamericano que la obtuvo a principios de este siglo. Según dicha fórmula el tiempo de reverberación **T** puede calcularse como:

$$T = 0,161 \frac{V}{S}$$

Donde **V** es el volumen de la habitación en **m³**, **S** es el área de su superficie interior total en **m²**, y **0,161** es el coeficiente de absorción sonora, ya definido como la fracción de la energía sonora incidente que es absorbida por las superficies de la habitación.

Si el tiempo de reverberación T es muy prolongado, los sonidos anteriores siguen oyéndose cuando aparecen los nuevos, provocando cacofonías que perjudican la inteligibilidad de la palabra y la música. Además tiende a producirse un aumento del nivel del ruido ambiente. Si, en cambio, T es muy corto, los sonidos suenan débiles, sobre todo lejos de la fuente. Hay un tiempo óptimo para cada tipo de aplicación, que aumenta con el volumen del ambiente.

2.2 GENERALIDADES SOBRE LA ANATOMOFISIOLOGIA DEL SISTEMA AUDITIVO

El oído está compuesto por dos funciones básicas, la audición y el equilibrio, a su vez, el sistema auditivo está constituido por dos grupos de estructuras anatómicas:

- El aparato de transmisión, compuesto por oído externo y oído medio, transmite las vibraciones acústicas hasta el oído interno.
- El aparato de percepción, que constituye el órgano sensorial propiamente dicho, comprende el órgano de Corti, el nervio auditivo, las vías y centros superiores, y las fibras sensoriales aferentes y eferentes.

La generación de sensaciones auditivas en el ser humano es un proceso muy complejo, el cual se desarrolla en tres etapas básicas:

- Captación y procesamiento mecánico de las ondas sonoras, el cual se lleva a cabo en el oído.
- Conversión de la señal acústica (mecánica) en impulsos nerviosos, y transmisión de dichos impulsos hasta los centros sensoriales del cerebro.

- Procesamiento neural de la información codificada en forma de impulsos nerviosos, el cual permite identificar los elementos acústicos más complejos, y a través de estos construir el lenguaje.

2.2.1 Oído externo

Está constituido por el pabellón auricular, y el conducto auditivo externo, que permiten captar el sonido del medio ambiente y llevarlo hacia el oído interno.

- **El pabellón auricular.** Se encarga de conducir el sonido al conducto auditivo externo, las ondas sonoras alcanzan los pabellones con ligeras diferencias en cuanto a tiempo e intensidad, lo que permite determinar la dirección del sonido (estereoacusia). Incrementa la audición en una pequeña parte, su ausencia conlleva a un leve deterioro de la audición. Esta compuesto por cartílago, piel, y la musculatura que lo une al cráneo.
- **El conducto auditivo externo.** Es un canal que se extiende desde el pabellón auricular hasta la membrana timpánica, tiene una forma de S cóncava, primero hacia atrás y después hacia delante, se sitúa de forma horizontal hacia delante, adentro y abajo. Tiene un longitud de 2,5 cm posterosuperior y de 3 cm anteroinferior dada la posición inclinada timpánica. Las paredes del conducto están recubiertas por piel, vellosidades y glándulas ceruminosas, las cuales producen cerumen, y protegen el canal de infecciones. La forma cilíndrica del conducto hace que funcione como un resonador acústico siendo la tonalidad propia de éste la frecuencia de 1000Hz, la única función del conducto es la de resonador, principalmente en la zona tonal media.

2.2.2 Oído medio

El oído medio desempeña un papel esencial en la transmisión sonora, ya que transmite y transforma la onda sonora de un medio aéreo a uno líquido en el oído interno y evitar la pérdida de la energía sonora. Está constituido por:

- **La membrana timpánica.** Forma la pared externa de la caja timpánica, y amplifica y transmite el sonido al oído interno a través de la cadena osicular.
- **La caja timpánica.** Se ubica en el hueso temporal, en su parte posterior se relaciona con las celdillas mastoideas y en el piso se encuentra el orificio de la trompa de Eustaquio. Contiene la cadena de huesecillos, la cuerda del tímpano y una porción del nervio facial.

La cadena osicular está formada por el martillo, el yunque y el estribo, la cual se mantiene fija y unida por articulaciones, ligamentos y dos músculos, el tensor del tímpano y el músculo estapedial, que juegan un papel de control y protección. Los huesecillos tienen por finalidad adaptar la impedancia del oído externo con la del oído interno. El martillo y el estribo forman una unidad defensiva ante los ruidos intensos, este mecanismo debe considerarse como un aparato amortiguador del sonido a grandes intensidades.

La Trompa de Eustaquio comunica el oído medio con la faringe, tiene una función neumática y evacuatoria. El equilibrio de las presiones es de origen reflejo, y este es necesario para que la transmisión del sonido por el oído medio sea normal.

Al pasar el sonido de un medio aéreo a un medio líquido, como ocurre en el oído (que recibe las ondas sonoras y las transmite a través de las ventanas al medio líquido del oído interno), se produce una reflexión de las ondas sonoras en un 99%, para compensar esta pérdida y la energía sea transmitida casi en su totalidad al oído interno, el oído medio activa mecanismos específicos: *la relación*

de superficie, la superficie timpánica es 17 veces superior a la platina, la energía captada sobre el tímpano se refuerza en igual número de veces al proyectarse sobre esta superficie menor y el mecanismo de *la cadena osicular*, en donde los tres huesecillos actúan como un todo igual que una palanca y esto hace que aumente la energía en 1,3, el efecto de palanca multiplicado por la relación de superficie da 22,1 veces que equivalen a 26dB en la zona de la palabra, lo necesario para compensar la pérdida de energía que tiene lugar al pasar el sonido del oído medio al interno.

Entonces, ocurren la diferencia de superficie entre membranas (membrana timpánica y ventana oval) mas la ganancia mediante el sistema de palanca de la cadena de huesecillos (relación de superficie x efecto de palanca = $17 * 1.3 = 22.1 = 26 \text{ dB}$) proporciona una fuerza 22 veces mayor sobre los líquidos laberínticos que la ejercida sobre la membrana timpánica.

Cualquier trastorno en la membrana timpánica o en la cadena de huesecillos hace perder gran parte de la energía sonora de transmisión. La ausencia de los huesecillos produce una pérdida de 50dB si la membrana timpánica está intacta, pero en cambio si establece cualquier contacto entre la membrana timpánica y la cabeza del estribo, la pérdida sólo es de 10 a 20 dB

El oído medio tiene unos mecanismos amortiguadores ante esta gran energía que protegen las estructuras del oído interno. Estas son:

- La rotación del eje de vibración de la cadena. A débiles intensidades el conjunto de huesecillos vibra como si fueran una sola unidad, la platina gira sobre un eje vertical, y la platina no penetra en forma de pistón a la ventana.
- Los músculos timpánicos se contraen simultáneamente en presencia de altas intensidades, de esta forma tensan la cadena limitando el desplazamiento del estribo.

- El aire que contiene la caja del tímpano sirve de protector a grandes presiones producidas por altas intensidades.
- El relajamiento de las articulaciones de los huesecillos, produce un mayor desplazamiento y gasto de energía, que no llega al oído interno.¹⁰

2.2.3 Oído interno

El oído interno contiene los órganos sensoriales de la audición y del equilibrio. Está situado en el peñasco temporal y consta de dos partes diferentes:

- El laberinto óseo
- El laberinto membranoso

Entre estos se encuentra el espacio perilinfático, en el cual circula un líquido llamado perilinfa (es la combinación de un filtrado plasmático, y un producto de difusión del líquido cefalorraquídeo), mientras que en el interior del laberinto membranoso se encuentra bañado de endolinfa.

El sistema vestibular está formado por el utrículo, el sáculo y tres canales semicirculares. Estas estructuras contienen células especializadas para detectar aceleración y desaceleración, ya sea lineal o angular. A nivel cerebral se integra la información aportada por el sistema vestibular con la información visual y la propioceptiva para lograr la coordinación postural y control motor.

10 De Sebastián, Gonzalo. Audiología Práctica. 5 edición. Editorial Panamericana. Madrid, 1999. P. 12.

La cóclea ó caracol, presenta un núcleo central o columela, un tubo óseo o lámina de los contornos, que se enrolla alrededor de la columela, y así forma dos espiras y media, también presenta una lámina ósea o lámina espiral que recorre la lámina de los contornos en casi todo su trayecto. Presenta un borde adherido a la región columelar de la lámina de los contornos, y otro borde libre, el cual sirve de inserción a la membrana basilar, que cierra por completo el tubo óseo. Así se forman dos compartimientos: uno superior ó Rampa Vestibular y uno inferior ó Rampa Timpánica, ambas se comunican en el vértice del caracol en la zona que se denomina Helicotrema.

El canal coclear presenta un forma triangular, formando tres paredes, anterior (membrana de Reissner), pared externa (formada por la porción del ligamento espiral, en la unión de la membrana de Reissner se sitúa la estría vascular), pared posterior (formada por la parte periférica de la lámina espiral y la membrana basilar).

Sobre la membrana basilar se encuentra el órgano de corti, que contiene las células ciliadas, las cuales actúan como transductores de señales sonoras a impulsos nerviosos. Se pueden distinguir dos tipos de células ciliares: internas y externas. Cada célula ciliada transforma la energía mecánica en química, ambos tipos de células presentan sinapsis con las fibras nerviosas aferentes y eferentes, las cuales conforman el nervio auditivo. Estas células se encuentran distribuidas de manera tonotópica sobre la membrana basilar, quedando en la base las que responden a las frecuencias agudas y en el ápice a tonos graves.

El oído interno representa el final de la cadena de procesamiento mecánico del sonido, y en él se llevan a cabo tres funciones primordiales: filtraje de la señal sonora, transducción y generación probabilística de impulsos nerviosos.

2.2.4 Conducción Ósea

Se denomina conducción ósea a la transmisión de la energía acústica hacia el oído interno a través de vías que implican a los huesos craneales. Los huesos craneales pueden excitarse mediante el contacto de la cabeza con un cuerpo vibrante o mediante la incidencia de un campo sonoro aéreo, siendo la atenuación interaural por vía ósea de 0 dB, mientras que por vía aérea es de 45dB.

2.2.5 Vía acústica

La vía acústica inicia en el momento en el cual el impulso nervioso nacido en las células ciliadas del órgano de Corti, estimula el nervio auditivo, y hace el recorrido correspondiente hasta llegar a la corteza cerebral¹¹. Al lado de esta vía sensorial aparente, que va hacia los centros corticales, existen tres sistemas no sensoriales, de acción centrífuga eferente, que regulan la entrada del impulso nervioso antes mencionado. Estas son, la vía aferente de Rassmunsen, la vía reticulada, y la vía del sistema nervioso autónomo.

2.2.5.1 Recorrido de la vía aferente

La primera parte de la vía auditiva está formada por las dendritas que toman la información de las células ciliadas del órgano de Corti y por los axones que agrupados forman el nervio acústico. Este último al igual que la membrana basilar, presenta una organización tonotópica así: las frecuencias agudas se ubican en la periferia del nervio y las graves en el centro del tronco nervioso; pasa por el conducto auditivo interno con la porción vestibular formando el complejo del VIII par (nervio vestibulococlear) y en compañía del nervio facial, cruza el ángulo pontocerebeloso para ir a penetrar en la zona del bulbo protuberancial,

¹¹ De Sebastián, Gonzalo. Audiología Práctica. 5 edición. Editorial Panamericana. Madrid, 1999

dividiéndose en dos ramas, una para el núcleo anterior o ventral y otra para el núcleo posterior o dorsal. Al mismo tiempo se produce una subdivisión de éstas fibras en dos contingentes mas o menos equivalentes en cantidad, uno de los cuales sube hacia los centros corticales del mismo lado, pasando por las olivas superiores por el cuerpo geniculado medial del tálamo. El otro contingente atraviesa la formación bulbar denominada cuerpo trapezoide, va a la oliva contralateral y llega a las áreas corticales del lado opuesto, pasando también por los mismos enlaces que el anterior, pero del lado contrario.

Existen en la corteza cerebral dos áreas auditivas primarias, áreas 41, 42, ubicadas en el lóbulo temporal, en la cisura de Silvio, en su vertiente inferior de cada lado, en el llamado lóbulo de la ínsula; las cuales son excitadas simultáneamente cuando se produce un estímulo sensorial auditivo. En ellas existe igualmente una organización tonotópica de tal manera que los sonidos mas agudos están representados mas profundamente en la fisura lateral, los medios en la parte central del área y los sonidos mas bajos superficialmente en ellas. Estas se proyectan en las áreas de asociación secundarias homolaterales y a las contralaterales por intermedio del cuerpo calloso¹².

2.2.6 Evaluación de la función auditiva

2.2.6.1 La audición

Según Gonzalo de Sebastián¹³, la audición se define como “la percepción de cierta clase de estímulos vibratorios que, captados por el órgano del oído van a impresionar el área cerebral correspondiente, tomando el individuo conciencia de ellos”. Para ello deben desarrollarse dos fenómenos en armonía, el fisiológico,

12 GALLEGO GUTIERREZ, Carmen Cecilia. Audiología Visión de Hoy. 1 edición. Corporación Universidad Católica de Manizales. Manizales 1992

13 De Sebastián, Gonzalo. Audiología Práctica. 5 edición. Editorial Panamericana. Madrid, 1999. P 2

envía la señal acústica a los centros corticales, y el psiquicocortical, mediante el cual se comprende el conjunto de sonidos, se analiza y se guarda en el cerebro.

2.2.6.1.1 Audición normal

La audición normal es la mediana del nivel auditivo para un grupo grande de adultos jóvenes, con edades entre los 18 y 25 años, sin enfermedades del oído, ni exposición apreciable al ruido de alto nivel. Se ha establecido un conjunto de niveles de presión sonora, que representan el umbral normal para la audición, como el nivel de referencia cero para audiometría.

2.2.6.2 Umbral de audición

El umbral de audición es el nivel de intensidad del sonido más bajo al cual el paciente es capaz de evocar una sensación auditiva en una frecuencia determinada. Este umbral depende mucho de la frecuencia, debido a que las distintas partes del oído no son igualmente eficientes para conducir la energía sonora en todas las frecuencias.

2.2.6.3 Umbral de confort, malestar, tacto y dolor

El área de audición puede dividirse en cuatro zonas de acuerdo con su potencial para que se produzcan pérdidas auditivas. La zona I está por debajo del umbral de audibilidad (20dB). La zona II está limitada en los niveles sonoros inferiores por el umbral de audibilidad y en los niveles superiores por el umbral de riesgo para la audición (20 dB– 80 dB). Esta región comprende sonidos que son audibles, pero que no plantean riesgo de lesión ni pérdida de audición, sea cual sea la duración de la exposición. Los sonidos dentro de los límites de la Zona III representan la región de “riesgo cualificado”, (80dB –110dB). La lesión acústica y

la pérdida de audición permanente debidas a los sonidos en esta zona depende de la interacción del nivel de ruido, la duración, el número de exposiciones, el calendario de exposición y las variables biológicas de la persona. El límite inferior de la Zona IV es el umbral de malestar (120dB), el oyente experimenta malestar significativo, en el límite superior a un nivel aproximadamente de 140dB se encuentra el umbral de dolor. La gran amplitud del movimiento del tímpano y de los componentes del oído medio a niveles de presión sonora próximos a 130dB producen a menudo una sensación táctil de cosquilleo. La exposición a sonidos en ésta área (sin incluir sonidos de impulso o impacto) conlleva a un riesgo elevado de producción de lesiones y pérdida de audición, incluso cuando los sonidos son relativamente cortos (segundo o minutos) y las exposiciones relativamente pocas (quizá solo una).

2.2.6.4 Audiometría clínica

Evalúa el nivel de audición mínima del paciente o umbral mínimo, determina el grado y tipo de pérdida auditiva con relación a los estímulos acústicos, sean tonales o vocales.

2.2.6.5 Equipo para la evaluación audiométrica

- **Cámara Sonoamortiguada.** Es muy importante aislar al individuo del ruido externo durante la prueba audiométrica, por lo cual se han diseñado cámaras que son sonoamortiguadas para aislar el ruido externo y anecóicas para evitar la reflexión de los sonidos que se produzcan en su interior.
- **Audiómetro.** Es un aparato formado por un generador electroacústico de tonos puros, un amplificador, un atenuador que controla el nivel de presión sonora de estos tonos y (en el caso de medidas de conducción aérea) un

auricular o (en el caso de las medidas de conducción ósea) un elemento vibrador que se apoya sobre el cráneo¹⁴. Los audiómetros convencionales producen tonos con intensidades entre -10dB y 110dB, los modernos llegan hasta 125dB. Los audiómetros no producen el mismo nivel de sonido para todas las frecuencias, cómo el oído es mas sensible a algunas frecuencias, el audiómetro se calibra de manera que el 0 audiométrico en cada una corresponde al umbral promedio específico para dicha frecuencia.

2.2.6.6 Audiometría tonal corriente

Mide la audición por medio de tonos puros, empleando frecuencias de 125 a 8.000Hz, cuya intensidad se mide exactamente por medio de decibeles. Los resultados obtenidos por vía aérea y ósea se inscriben en la gráfica clínica, llamada audiograma.

La audiometría por vía aérea inicia evaluando el mejor oído, con la frecuencia de 1000 Hz y el indicador del nivel de audición a 0dB, se aumenta el nivel de presión sonora con incrementos de 10dB, hasta que el sujeto responda. Momento en que se reduce el nivel en 10dB y se presenta un pulso de tono durante 1 ó 2 segundos. Si el sujeto levanta el dedo nuevamente, se reduce el nivel 10dB y se presenta otro pulso de tono. Este procedimiento se repite hasta que el sujeto no responde. Entonces se eleva el nivel a intervalos de 5dB hasta que el sujeto vuelve a levantar el dedo. Después del examen a 1000Hz, se repite el procedimiento anterior a las frecuencias de 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz; la prueba se repite a 1000Hz y finalmente a 500Hz, A continuación, se realiza la misma secuencia para evaluar el otro oído¹⁵.

14 Harris Cyril M. Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido. 3 edición. Volumen I. Editorial Mc Graw Hill. España 1995

15 Acoustics – Pure tone air conduction treshold audiometry for hearing conservation purposes, ISO/DIS 6189.2, International Organization for Standardization, CH-1211 Ginebra 20, 1984.

La conducción ósea es la transmisión de la energía acústica al oído interno mediante vías a través de los huesos del cráneo. Al evaluar la audición mediante este procedimiento, se sujeta un vibrador de conducción ósea (un aparato electromecánico que sirve de fuente de estimulación) contra un hueso de la cabeza. El objetivo de esta medida es sobrepasar los oídos externo y medio, de forma que se pueda evaluar la sensibilidad del mecanismo neurosensorial (cóclea y nervio auditivo). La comparación de los umbrales de conducción aérea y ósea permite diferenciar entre los principales tipos de limitación auditiva, de manera que la pérdida de audición pueda localizarse en el oído medio, interno nervio auditivo o alguna combinación de estos.

2.2.6.7 Tipos de curvas audiométricas

- Curva normal.
- Curva con pérdida conductiva.
- Curva en pérdida neurosensorial.
- Curva en pérdida mixta.

2.2.6.8 Relación entre las hipoacusias y su causa

La hipoacusia se define como una “disminución de la audición en algún grado, que altera la capacidad para la recepción, discriminación, asociación y comprensión de los sonidos tanto del medio ambiente como del lenguaje oral”.¹⁶

16 PALACIOS, Aura Teresa. Cartilla Protejamos y Cuidemos Nuestra Audición. Dirección Departamental de Salud del Cauca. Popayán, 2002.

2.2.6.8.1 Hipoacusia conductiva

Es un trastorno de transmisión que está determinado por el aumento de la resistencia al paso de las vibraciones acústicas, lo que afecta esquemáticamente todas las frecuencias a nivel de la conducción aérea especialmente las graves. La vía aérea por lo general es horizontal, existiendo una inclinación hacia la izquierda del audiograma, y, en otros casos ligera caída en agudos, por excepción excede los 60dB. Las curva ósea queda normal o cerca de 10dB, porque la lesión en este caso compromete exclusivamente el aparato de transmisión.

Causas

Alteraciones del oído externo

- Malformaciones del pabellón auricular
- Estenosis o atresia del conducto auditivo externo
- Otitis externa: Se define como la inflamación o infección del oído externo
- Dermatitis: Constituyen inflamaciones de la piel del conducto auditivo externo.
- Cuerpos extraños: pueden ser orgánicos o inorgánicos.
- Tapón de cerumen

Alteraciones del oído medio

- Obstrucción de la Trompa de Eustaquio ó distubarismo
- Otitis media: Es una inflamación del oído medio ocasionada por procesos alérgicos o infecciosos.
- Timpanoesclerosis
- Otoesclerosis
- Perforaciones timpánicas

2.2.6.8.2 Hipoacusia Neurosensorial

Es una alteración de la percepción del sonido que compromete el oído interno y estructuras siguientes, y genera una distorsión en la sensación sonora. La vía aérea, clásicamente está inclinada hacia los tonos agudos o es horizontal, en algunas patologías se presenta inclinación hacia las frecuencias graves, con la conservación de los agudos. Estando lesionado el oído interno o el nervio, la curva ósea estará en idéntica forma que la vía aérea, siendo superpuesta o paralela 5 o 10 dB.

Causas

- Trauma acústico
- Otoesclerosis coclear
- Trastornos de la función vestibular.
 - Vértigo. Es la sensación de desplazamiento o giro de los objetos o del propio cuerpo, muchas veces se presenta como síntoma aislado, pero también puede presentarse asociado a hipoacusia, tinnitus, desequilibrio y otros signos de déficit neurológico.
 - Enfermedad de Meniere. Es una hidropesía endolinfática recurrente, de causa desconocida y generalmente unilateral, que se presenta en adultos, con igual frecuencia en hombres que en mujeres. Produce una gran crisis de vértigo de horas de duración, a veces hasta dos días, con náuseas, vómitos, signos neurovegetativos intensos, imposibilidad de deambular, etc.; precedidos por varios días de sensación de tener el oído enfermo abombado, hipoacusia y tinnitus que van “in crescendo” al acercarse la crisis, algiacusia y diploacusia.
- Laberintitis
- Neuritis del VIII par

2.2.6.8.3 Hipoacusia Mixta

Involucra la asociación de diferentes etiologías que afectan el sistema de transmisión y percepción. En la hipoacusia mixta típica o con mayor compromiso conductivo se observa, en frecuencias graves, un GAP (intervalo óseo – aéreo), propio del compromiso a nivel de oído externo y/o medio; en frecuencias agudas, las vías se superponen o son paralelas, manifestando la pérdida a nivel de oído interno. A medida que va afectando en mayor grado el oído interno, se afectan las frecuencias medias y agudas, desapareciendo el intervalo entre vía aérea y ósea, encontrándose así una hipoacusia mixta con mayor compromiso neurosensorial.

2.2.6.9 Clasificación de la pérdida auditiva

Existen diferentes aspectos para clasificar la pérdida auditiva, estos son: el grado de pérdida en decibeles, el mecanismo afectado y la etiología.

2.2.6.9.1 Grado de pérdida

Se obtiene mediante el promedio del umbral mínimo en decibeles para las frecuencias 500, 1000 y 2000, y se clasifica en:

- Audición normal: 0dB - 20dB
- Pérdida auditiva leve: 20dB - 40dB
- Pérdida auditiva moderada: 40dB-60dB
- Pérdida auditiva severa: 60dB – 80dB
- Pérdida auditiva profunda: +90dB

2.3 GENERALIDADES DEL FACTOR DE RIESGO AUDITIVO: RUIDO

2.3.1 Definición

El Ruido ha sido definido desde el punto de vista físico como una superposición de sonidos de frecuencias e intensidades diferentes, sin una correlación de base. Fisiológicamente se considera que el ruido es cualquier sonido desagradable o molesto.

La Organización Mundial de la Salud y la Organización Internacional de Trabajo O.T.I lo definen como todo sonido indeseable, y para la Asociación Francesa de Normas A.F.O.N. es un fenómeno acústico que produce una sensación auditiva considerada como desagradable o molesta.

La determinación del ruido o sonido depende de condiciones personales, individuales y del estado de receptividad particular en que se encuentre el individuo: irritación, depresión, fatiga, euforia, alegría, etc.

La música es el arte de combinar los sonidos formando melodías y armonías, todo lo contrario al ruido. Pero como se explicó anteriormente desde el punto de vista físico, el sonido se puede percibir como consonante o disonante dependiendo de la frecuencia y los armónicos, además cuando la intensidad producida por los instrumentos musicales sobrepasa lo que el individuo es capaz de soportar causa molestias auditivas.

2.3.2 Niveles permisibles de exposición al ruido

Según la resolución 1792 del 3 de mayo de 1990, existen en salud ocupacional unos niveles permisibles de exposición a ruido teniendo en cuenta el tiempo de exposición del trabajador, lo cual también se puede aplicar en música¹⁷

Nivel de presión sonora	Tiempo permisible de exposición
85 dB	8 horas
90 dB	4 horas
95 dB	2 horas
100 dB	1 horas
105 dB	30 minutos
110 dB	15 minutos
115 dB	7 minutos

En muchos casos un músico se ve obligado a tocar y ensayar de 4 a 8 horas diarias. Esta exposición tan prolongada a sonido debe ser controlada a través del tiempo permisible de exposición, además de otras normas de cuidado auditivo.. En general, se suele asociar este tipo de pérdidas auditivas por exposición prolongada a ruidos de alta intensidad con ambientes laborales

Para los músicos expuestos de forma regular a estas intensidades los primeros síntomas pueden ser la incapacidad para escuchar las altas frecuencias, la

17 REINA. Mery. Hacia una revisión de la conceptualización metodológicas para calificar pérdidas auditivas por exposición al ruido ocupacional. Acta de Otorrinolaringología de Cabeza y Cuello [online]. 2002, vol. 30. No. 3, Online: www.encolombia.com/medicina/otorrino/otorrino_30302-hacia_una_revisio3.htm

presencia de ruidos en los oídos (acúfenos ó tinnitus), caracterizado por una falsa sensación de sonido que frecuentemente acompaña a la Hipoacusia y el cual es muy molesto, puede ser continuo o intermitente y se exagera generalmente con la exposición al ruido, determinados ruidos a altas intensidades pueden volverse insoportables e incluso se puede llegar a una hipersensibilidad manifestada por aumento de la presión sanguínea, dolores de cabeza o fatiga, otro síntoma común es la pérdida de la capacidad para identificar los tonos (diploacusia)..

2.3.3 Clasificación del Ruido según su variación

- **Ruido Constante.** Es aquel cuyo nivel de presión sonora no varía en más de 5 dB durante las ocho horas laborables.
- **Ruido Fluctuante.** Ruido cuya presión sonora varía continuamente y en apreciable extensión, durante el periodo de observación.
- **Ruido Intermitente.** Es aquel cuyo nivel de presión sonora disminuye repentinamente hasta el nivel de ruido de fondo, varias veces durante el periodo de observación, el tiempo durante el cual se mantiene a un nivel superior al ruido de fondo es de un (1) segundo o más.
- **Ruido Impulsivo.** Es aquel que fluctúa en un razón extremadamente grande (más de 35 dB) en tiempos menores de 1 segundo.

2.3.4 Trauma acústico

Es toda lesión producida en el oído interno ocasionada por la exposición a ruido. Para determinar el tipo de lesión producida es necesario tener en cuenta los conceptos de duración e intensidad del ruido así:

2.3.4.1 Trauma acústico

El trauma acústico (daño orgánico inmediato del oído por excesiva energía sonora) se restringe a los efectos de una exposición única o relativamente pocas exposiciones a niveles muy altos de presión sonora. El ruido extremadamente

intenso que llega a las estructuras del oído interno puede sobrepasar los límites fisiológicos de éstas, produciendo la rotura completa y alteración del órgano de Corti. Por ejemplo, una explosión puede romper el tímpano, dañar la cadena de huesecillos y destruir las células sensoriales auditivas. Por lo general, como resultado del trauma acústico suele producirse cierto grado de pérdida de audición permanente. Para considerar que una persona ha sufrido solo un desplazamiento transitorio del umbral de la audición, deberá tener una recuperación total de sus facultades auditivas después de un lapso de reposo de 16 horas.

2.3.4.2 Daño Auditivo Inducido por ruido (DAIR)

La exposición a un ruido intenso de cierta duración, da lugar a una lesión del Oído Interno, causando una pérdida auditiva sensorial. Se considera que las alteraciones cocleares se deben a una sobreestimulación mecánica, o sea que el Organó de Corti ha vibrado con excesiva amplitud; de manera que la lesión histica resultante se relaciona con:

- Duración de la exposición
- La amplitud del ruido excedió un determinado nivel hipotético de integridad histica (Limite elástico).

La sintomatología funcional puede ser:

- **Desplazamiento temporal del umbral inducido por el ruido.** Tiene como resultado una elevación de los niveles auditivos (una pérdida de la sensibilidad auditiva) después de la exposición al ruido. En este tipo de desplazamiento, la pérdida de audición es reversible. Las características de los desplazamientos temporales del umbral inducidos por el ruido son de gran importancia para entender los efectos del ruido sobre la audición. El desarrollo y recuperación de los desplazamientos temporales del umbral dependen de la interacción

compleja de propiedades del ruido a las que el oído está expuesto como: espectro, nivel de presión sonora, duración y patrón temporal¹⁸.

- **Desplazamiento permanente del umbral de la audición inducido por el ruido.** En el desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido, la pérdida de audición no es reversible, como resultado de la acción perturbadora del ruido, sobre los estereocilios de las células especializadas del órgano de Corti, sobreviene en forma irreversible, la incapacidad de estos transductores electromecánicos para transmitir la señal nerviosa. Este tipo de desplazamiento puede ser resultado de un trauma acústico o estar producido por el efecto acumulativo de las exposiciones repetidas al ruido durante períodos de tiempo de muchos años.

2.3.5 Mecanismo del daño auditivo por ruido¹⁹

2.3.5.1 Teoría del Microtrauma

Los picos del nivel de presión sonora de un ruido constante, conducen a la pérdida progresiva de células, con la consecuente eliminación de neuroepitelio en proporciones crecientes.

2.3.5.2 Teoría Bioquímica

Postula que la Hipoacusia se origina por las alteraciones bioquímicas que el ruido desencadena, conllevando a un agotamiento de metabolitos y en definitiva a la lisis celular. Estos cambios bioquímicos son:

¹⁸ Harris Cyril M. Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido. 3 edición. Volumen I. Editorial Mc Graw Hill. España 1995

¹⁹ De Sebastián, Gonzalo. Audiología Práctica. 5 edición. Editorial Panamericana. Madrid, 1999

- Disminución de la presión de O₂ en el conducto coclear.
- Disminución de los ácidos nucleicos de las células.
- Disminución del Glucógeno, ATP, etc.

2.3.5.3 Teoría de la conducción del Calcio intracelular

El ruido es capaz de despolarizar neuronas en ausencia de cualquier otro estímulo; estudios recientes al respecto han demostrado que las alteraciones o distorsiones que sufre la onda de propagación del calcio intracelular en las neuronas son debidas a cambios en los canales del calcio, pudiendo explicar esto, algunas de las alteraciones neurológicas que se presentan durante la exposición a ruido.

2.3.5.4 Mecanismo mediado por Macrotrauma

La onda expansiva producida por un ruido discontinuo intenso es transmitida a través del aire generando una fuerza capaz de destruir estructuras como el tímpano y la cadena de huesecillos.

2.3.6 Factores determinantes en los efectos del ruido

2.3.6.1 Variabilidad Biológica (*Susceptibilidad individual*)

Existen grandes diferencias en la vulnerabilidad individual a los desplazamientos del umbral inducidos por ruido, estas diferencias pueden atribuirse a la vulnerabilidad fisiológica a los efectos del ruido, pero también puede atribuirse a las diferencias reales en las exposiciones al ruido afrontadas.

2.3.6.2 Intensidad del Ruido

El desplazamiento del umbral auditivo inducido por el ruido aumenta a medida que el nivel de presión sonora aumenta.

2.3.6.3 Espectro de Frecuencia

La relación entre la pérdida de la audición y la exposición al ruido depende del espectro de este. El oído es más resistente a los sonidos de baja frecuencia que a los de frecuencias medias y altas, principalmente porque la respuesta del sistema conductor mecánico (oído externo y medio) no es tan sensible a las bajas frecuencias. La pérdida de audición inducida por ruido comienza a aparecer en la región de 4000Hz. Esto puede ser resultado, en gran parte, de resonancia del oído externo y del canal auditivo, que en el rango de 2000 – 4000Hz aumenta en 20dB el nivel de presión sonora del tímpano.

2.3.6.4 Tiempo de Exposición diaria

Indudablemente la duración de la exposición está directamente relacionada con la intensidad del ruido, el nivel de ruido equivalente continuo (L_{eq}) y la dosis recibida.

2.3.6.5 Edad

No existe evidencia concluyente que indique que la edad es un factor significativo que afecte a los desplazamientos del umbral debidos a la exposición al ruido.

2.3.6.6 Sexo

Kaharit K. Y cols²⁰, investigadores del Instituto para la Vida laboral de la Universidad de Goteborg (Suiza), reveló en un estudio realizado en julio de 2003, refirieron que las mujeres presentaron mejores niveles auditivos que los hombres en el rango de frecuencias de 3KHz a 6KHZ, siendo los de sexo masculino los mas afectados por desórdenes auditivos.

2.3.7 Efectos del ruido²¹

2.3.7.1 Efectos del ruido a nivel auditivo

Aunque los efectos del ruido sobre la audición no están definidos con precisión y siguen planteando dudas, existe suficiente información para permitir el desarrollo de índices predictivos de los efectos dañinos del ruido sobre la sensibilidad auditiva humana.

El área más afectada por los ruidos, en la Cóclea, esta en el segundo cuadrante de la Espira Basal (a unos 10 mm de la Ventana oval). Allí es donde se encuentran las células receptoras de la frecuencia 4000 Hz; dando la curva característica con el máximo de perdida en esa frecuencia.

Con la prolongación de la noxa, la muesca se intensifica y se separa, abarcando progresivamente, frecuencias de 6000 - 3000 -2000 y 1000 Hz, afectando el rango del habla.

20 Kaharit K. Assessment of hearing and hearing disorders in rock/jazz musicians. Int J Audiol. 2003 Jul;42(5):279-88,

Online:

https://hin-sweb.who.int/?place_to_go=https://hin-sweb.who.int:443/http://www.healthinternetnetwork.org/scipub.php

21 Harris Cyril M. Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido. 3 edición. Volumen I. Editorial Mc Graw Hill. España 1995

2.3.7.2 Efectos fisiológicos del ruido ²²

Al ruido por definición se le otorga el carácter de "Sonido no deseado", lo cual implica que el sujeto participa directamente, relacionando las características de la sensación sonora con una respuesta psicofisiológica de agrado o de rechazo.

El conocimiento en este campo no ha estado a la altura de los avances en el conocimiento de la relación entre el ruido y la audición. Los efectos fisiológicos se subdividen en: a corto y a largo plazo, los efectos a corto plazo, pueden sobrepasar apenas la duración del ruido o pueden persistir durante periodos breves medibles en minutos.

Los efectos a largo plazo pueden durar horas, días o incluso mas tiempo. Algunos efectos a largo plazo se han atribuido al efecto acumulativo de la repetición de un estímulo que en si mismo produce efectos a corto plazo.

Las reacciones de alerta de los sistemas nervioso central y vegetativo juegan un papel importante en la investigación sobre los efectos fisiológicos del ruido. Los patrones de reacción pueden parecerse a los efectos de cualquier carga estresante.

2.3.7.2.1 Efectos a corto plazo

Los efectos fisiológicos del ruido a corto plazo pueden describirse adecuadamente entre categorías de respuestas frente a ruido sin significado o no identificado:

- Respuesta de sobresalto. Es un instrumento de alerta para asegurar una respuesta adecuada al sistema nervioso, resultado de un estímulo sonoro de suficiente intensidad y rapidez de aparición.

²² Ibidem

- Reflejo de Orientación. Respuesta al estímulo no familiar, que es por tanto evaluado como un daño potencial
- Reflejo de defensa. Provoca por un estímulo sonoro intenso que se interpreta como dañino. Supone una preparación para defensa, ataque o huida.

Efectos sobre la actividad muscular:

- Respuesta de sobresalto
- Respuesta de tensión muscular
- Reflejos respiratorios

Respuestas del corazón y la circulación:

- Aumento de la tasa cardíaca
- Aumento de la presión arterial
- Cambios en la circulación periférica. Cambios en el diámetro de los vasos sanguíneos menores en respuesta al estímulo ruido.

Otras respuestas:

- Respuestas de la pupila ocular. Dilatación de la pupila, esta varía con el nivel sonoro, y el efecto disminuye durante la estimulación.
- Efectos vestibulares. Las tareas de equilibrio se ven alteradas por el ruido de banda ancha con niveles de presión sonora por encima de 100dB, se ha sugerido que éstos son efectos del ruido de intensidad elevada sobre el sistema vestibular.
- Motilidad gastrointestinal. El sonido no parece mostrar un efecto específico y meramente actúa como un estímulo aversivo, pero se pueden producir cambios evidentes de la frecuencia y peso de la defecación, aumento de la motilidad sigmoidea postprandial del colón.

- Pulmones y tracto respiratorio superior. Se pueden detectar reacciones como: reflejo constrictivo de los bronquios.
- Reacciones bioquímicas y endocrinológicas. La estimulación del nervio auditivo activa simultáneamente el sistema límbico a través del tronco cerebral y la formación reticular. Se observa un aumento del efecto de vertido de adrenalina, esta reacción produce un aumento en la permeabilidad de la membrana y un descenso en la concentración de gradientes en las membranas celulares.
- En la literatura existen otros estudios de los efectos de la exposición al ruido sobre el metabolismo humano, por ejemplo sobre los niveles de lípidos, glucosa, proteínas, y transaminasas en la sangre.

2.3.7.2.2 Efectos del Ruido a Largo Plazo

Algunos efectos a largo plazo han sido atribuidos a la estimulación repetida que produce respuestas a corto plazo, que se asume tiene efectos acumulativos. La situación de los efectos a largo plazo está cargada de incertidumbre respecto a la especificidad del ruido que causa los efectos descritos y la importancia de los efectos realmente demostrados.

- Homeostasis y estrés
- Evaluación fisiológica de la sensibilidad al ruido. Pulso dactilar, presión sanguínea, umbral auditivo a 12.000 Hz, estimación subjetiva del estado general de salud.
- Exposición repetida al ruido. Puede deteriorar la función reguladora en la circulación periférica, determinada por la exposición continua a ruido.

2.3.8 Estimación del riesgo auditivo mediante la norma internacional ISO 1999 ²³

ISO es la sigla en inglés de International Organization for Standardization, es decir, Organismo Internacional de Normalización. Las normas correspondientes a acústica son preparadas y discutidas por el comité técnico ISO/TC 43 Acoustics, que ha emitido una considerable cantidad de normas internacionales. Esta Norma Internacional, denominada “Acústica – Determinación de la exposición a ruido laboral y estimación de la pérdida auditiva inducida por ruido”, presenta una relación estadística entre la exposición a ruido y el desplazamiento permanente del umbral auditivo.

La Norma ISO 1999 tiene dos ediciones, de las cuales, la que tiene vigencia reciente es la de 1990. Esta edición indica cuál es el desplazamiento del umbral esperable ante determinadas condiciones de exposición, dejando a cada usuario la responsabilidad de definir cuánto se considera aceptable y cuánto no.

A los efectos de la Norma, se utiliza la siguiente terminología y simbología:

- L_{pA} Nivel de presión sonora compensado A (nivel sonoro A). La compensación A consiste en un filtro que atenúa las componentes más graves (baja frecuencia) y más agudas (alta frecuencia) antes de la medición propiamente dicha, bajo la hipótesis de que su efecto es menos perjudicial.
- $L_{Aeq,T}$ Nivel de presión sonora compensado A continuo equivalente (nivel sonoro continuo equivalente). Es el nivel sonoro promediado durante un tiempo T.
- $L_{EX, 8h}$ Nivel de exposición a ruido referido a 8 horas. Es el nivel sonoro de un ruido constante durante 8 horas que produce el mismo efecto que el ruido dado durante el tiempo efectivo en que éste tiene lugar.

23 MIYARA, Federico. Estimación del riesgo auditivo mediante la norma internacional ISO 1999.

Online: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/iso1999.htm>.

- H Desplazamiento del umbral auditivo debido a la edad.
- N Desplazamiento del umbral auditivo debido al ruido.
- H' Desplazamiento del umbral auditivo debido a la edad y al ruido.
- Q Fractil (fracción de la población con peor audición que una dada).

El parámetro que permite medir o expresar el grado de deterioro auditivo es el *desplazamiento del umbral*, es decir, el incremento del mínimo nivel de presión sonora audible. Este desplazamiento del umbral depende de la frecuencia, y puede depender además de multitud de factores. A los fines de esta Norma, los factores que se consideran son el sexo, la edad y la exposición al ruido.

2.3.8.1 Desplazamiento del umbral asociado con la edad

En primer lugar se considera el desplazamiento del umbral debido sólo a la edad, es decir, el que corresponde a la *presbiacusia*. Existen dos posibilidades. La primera es considerar que se trata de personas “otológicamente normales”, es decir, personas en buen estado de salud, sin antecedentes de enfermedades auditivas ni de exposición indebida a ruidos.

La segunda alternativa es considerar una población *real* no expuesta a ruidos laborales, pero representativa de una determinada sociedad, zona geográfica o nación. En este caso se admite la exposición normal a ruidos de carácter social, como el ruido del tránsito o el bullicio propio de las grandes urbes. Como tal corresponde al concepto de *socioacusia*. Un concepto clave en esta norma es el de la distribución estadística del umbral auditivo en la población estudiada en cada caso. La Norma establece una fórmula para determinar la mediana en función de la frecuencia y de la edad.

La Norma prosigue dando un procedimiento de cálculo para determinar los desplazamientos del umbral correspondientes a los restantes fractiles.

2.3.8.2 Desplazamiento permanente del umbral debido al ruido

En este caso se consideran dos factores: la intensidad de la exposición, expresada a través del nivel de exposición referido a 8 horas, $L_{EX, 8h}$, y su extensión, en años. Es interesante destacar que se efectúa aquí la abstracción de suponer que el intervalo es independiente de la edad.

La Norma ISO 1999 se refiere con detenimiento a la determinación de $L_{EX, 8h}$, aquí se menciona solamente que dicho nivel puede obtenerse directamente con un sonómetro integrador en caso de que la duración de la jornada laboral sea de 8 horas, restando 3 dB por cada disminución a la mitad de la jornada o exposición semanal (sobre una base de 5 días por semana). Al igual que antes, puede obtenerse la mediana $N_{0,5}$, ahora en función de la frecuencia, la edad y el nivel de exposición $L_{EX, 8h}$. N_Q no depende del sexo.

Las frecuencias cercanas a 4000 Hz son afectadas mucho más rápidamente que las bajas frecuencias. También a mayor tiempo de exposición mayor el deterioro. Para cada frecuencia existe un nivel de exposición “seguro”, es decir que por debajo de él la percepción de dicha frecuencia no se verá afectada, es decir que el umbral no experimentará desplazamientos. Así, por debajo de 93 dBA, no existen efectos perjudiciales sobre los 500 Hz, pero habrá que descender hasta los 75 dBA para evitar deterioro en la región de los 4000 Hz.

En la tabla se incluyen los valores correspondientes a las frecuencias 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz para exposiciones durante 10 y 40 años y fractiles 0,90, 0,50 y 0,10 cuando $L_{EX, 8h} = 90$ dBA, es decir la exposición que toleran las reglamentaciones de muchos países, entre ellos la Argentina.

Frecuencia [Hz]	Duración de la exposición [años]					
	10			40		
	0,90	0,50	0,10	0,90	0,50	0,10
1000	0	0	0	0	0	0
2000	0	2	6	4	6	10
4000	7	11	15	11	15	20

2.3.8.3 Desplazamiento permanente del umbral debido al ruido y a la edad

Finalmente se llega a la combinación de los dos efectos: el de la edad y el del ruido. Podría pensarse que simplemente se suman, y de hecho es lo que sucede para desplazamientos del umbral pequeños. Para desplazamientos considerables, esta aproximación no es válida y entonces debe aplicarse la fórmula siguiente:

$$H' = H + N - \frac{HN}{120}$$

que para un fractil Q dado se convierte en

$$H'_{o} = H + N - \frac{H + N}{120}$$

El término $HN/120$ tiene en cuenta que para desplazamientos grandes, el efecto ulterior de un agravante (como lo es el ruido) no es tan importante como cuando el desplazamiento es relativamente menor.

Se debe tener en cuenta que esta Norma no establece un criterio específico en cuanto a aceptabilidad de un determinado desplazamiento del umbral. En ese sentido, no permite obtener directamente la proporción de individuos afectados

ante determinada intensidad y extensión de exposición a ruido, ya que no define qué significa “afectado”. Se limita, por consiguiente, a establecer la distribución estadística de los desplazamientos auditivos correspondientes a dicha exposición sin pretender valorarlos.

Existen, tales criterios, algunos sostenidos por legislaciones, otros por sociedades científicas, pero no forman parte de la Norma Internacional ISO 1999.

Un criterio que goza de bastante aceptación es el que considera hipoacúsico a un individuo que exhibe un desplazamiento del umbral promedio de 25 dB entre las frecuencias 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz, ya que este criterio concuerda bastante bien con el de hipoacusia funcional respecto a la inteligibilidad de la palabra.

Con este criterio es posible determinar el fractil de la población que puede considerarse hipoacúsico ante una exposición de características dadas. La diferencia entre los fractiles correspondientes al efecto combinado de la edad y el ruido y al efecto sólo de la edad se denomina *riesgo de deterioro auditivo debido al ruido*.

3. DISEÑO METODOLOGICO

3.1 TIPO DE ESTUDIO

El siguiente proyecto de investigación se realizó mediante un estudio cross sectional, el cual estudió simultáneamente la exposición y la enfermedad, no permitió conocer la secuencia temporal de los hechos, por lo tanto no fue posible determinar si la exposición precedió a la enfermedad o viceversa. Se estudió un grupo poblacional con el fin de conocer el nivel auditivo y su relación con el factor de riesgo auditivo ruido mediante un análisis simultáneo, en los estudiantes del Programa de Música de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca, de esta manera se encontró información importante para valorar el estado auditivo de los estudiantes y determinar sus necesidades.

3.2 POBLACION

Los sujetos a estudio fueron todos los estudiantes de instrumentos de cuerdas, percusión y vientos, de cuarto (IV) a décimo (X) semestre, y algunos estudiantes de 2 semestre (los que llevaban mas 2 dos años de practica instrumental en la facultad), pertenecientes a los Programas de Maestro en Música, y Maestro en Instrumento del Departamento de Música, de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca, que decidieron libremente mediante consentimiento informado participar en la investigación, (Colombia, Resolución No. 008430 de 1993), cada sujeto participante obtuvo información del proyecto referente a: justificación y objetivos de la investigación, metodología y procedimientos, riesgos y ventajas, respuesta a cualquier interrogante con respecto a riesgos, beneficios y demás factores relacionados con el estudio, libertad para retirarse en cualquier

momento del proceso investigativo, y confidencialidad de la información (anonimato del participante). (Ver anexo I)

Los estudiantes estaban distribuidos así: 17 estudiantes de instrumentos de vientos, 4 estudiantes de instrumentos de percusión, y 27 estudiantes de instrumentos de cuerdas, para un total de 48.

3.3 VARIABLES

Esta población se clasificó, según las variables de sexo, edad, nivel auditivo, intensidad del instrumento, antecedentes otológicos (personales, fonorespiratorios, familiares), instrumento musical, tiempo de práctica del instrumento, efectos fisiológicos del ruido, alteraciones conductivas. (Ver anexo II).

3.4 PROCEDIMIENTOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN

1. Se solicitaron los listados de estudiantes de instrumentos de cuerdas, percusión y vientos de primero a último semestre de los Programas de Maestro en Música y Maestro en Instrumento del Departamento de Música de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca.
2. Se aplicó la prueba piloto para evaluar los instrumentos de evaluación y recolección de información.
3. Se realizó una entrevista personal, mediante la aplicación de una encuesta a los estudiantes, para obtener datos de identificación, antecedentes otológicos, instrumento musical de práctica, tiempo de práctica y efectos fisiológicos del ruido. (Ver anexo III).
4. Se determinó el umbral auditivo de los estudiantes mediante audiometría tonal donde se utilizó un formato de registro y el equipo audiológico requerido (cámara sonoamortiguada, otoscopio Welch Allyn, audiómetro Fonix FA-12). Se explicó al estudiante la prueba, la forma de respuesta, y se investigó el

umbral auditivo desde 250 Hz hasta 8000Hz y la intensidad en dB. (Ver anexo IV),

5. Se midieron los niveles de presión sonora de los instrumentos musicales mediante sonometría, se utilizó un sonómetro digital Extech Instruments 407740 en el nivel de ponderación A (dBA).

3.5 PLAN DE ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó inicialmente un análisis descriptivo univariado que permitió la presentación de la información de forma agrupada y organizada. Se realizaron medidas de tendencia central (media) y de variabilidad (desviación estándar) a las variables cuantitativas edad, y tiempo de práctica del instrumento. Igualmente se presentaron los resultados mediante distribuciones de frecuencia tanto para variables cuantitativas como cualitativas. Se establecieron relaciones entre las variables del estudio mediante un análisis bivariado, las cuales se presentaron de acuerdo con las características y objetivos del estudio. De esta manera se estableció la relación entre la variable dependiente nivel auditivo con las variables independientes sexo, edad, antecedentes otológicos, instrumento de práctica, intensidad sonora del instrumento, tiempo de practica, y alteraciones conductivas. Igualmente se estableció relación entre la variable dependiente efectos fisiológicos del ruido con las variables independientes sexo, edad, antecedentes otológicos (personales) e instrumento musical de práctica. Para ello se utilizó la prueba estadística Chi Cuadrado, y el paquete estadístico Stata 7.0.

4. RESULTADOS

4.1 ANALISIS UNIVARIADO

Programa de estudio

La población objeto de estudio fueron 48 estudiantes del Departamento de Música de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca, de los cuales 34 estudiantes (29.2%) pertenecían al Programa de Maestro en Música y 14 estudiantes (70.8%) al Programa de Maestro en Instrumento (ver tabla 1).

Tabla 1. Distribución de los estudiantes de música por programa de estudio. Popayán, 2003.

Programa	n	%
Maestro en Instrumento	34	70,8
Maestro en Música	14	29,2
Total	48	100

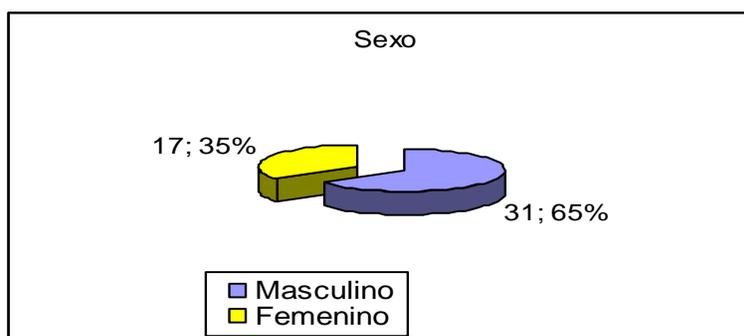
Sexo

Los estudiantes estaban distribuidos por sexo de la siguiente forma, 17 estudiantes (35.4%) de sexo femenino y 31 estudiantes (64.6%) de sexo masculino (ver tabla 2, y gráfico 1).

Tabla 2. Distribución de los estudiantes de música por sexo. Popayán, 2003.

Sexo	n	%
Masculino	31	64,6
Femenino	17	35,4
Total	48	100

Gráfico 1. Distribución de los estudiantes de música por sexo. Popayán, 2003.



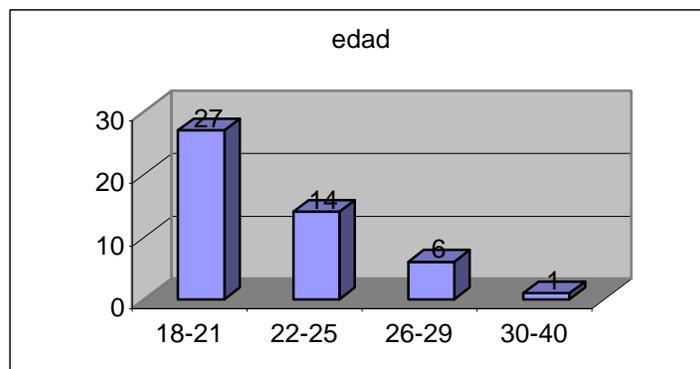
Edad

La media de edad de la población fue 22.1 años (DS 3.8) con un valor mínimo de 18 años y un máximo de 40 años. (Ver tabla 3 y gráfico 2).

Tabla 3. Distribución de los estudiantes de música por edad. Popayán, 2003.

Edad	n	%
18-21	27	56,3
22-25	14	29,2
26-29	6	12,5
30-40	1	2,1
Total	48	100

Gráfico 2. Distribución de los estudiantes de música por edad. Popayán, 2003.



Instrumento Musical

En la población se investigó cuales eran los dos instrumentos musicales de mayor practica, estableciendo por su orden el de mayor y menor uso. Se observó la siguiente distribución correspondiente al instrumento musical de mayor práctica (ver tabla 4): 27 estudiantes (56.3%) practicaban instrumentos de cuerdas, de los cuales el piano (10 estudiantes, 20.8%), y la guitarra (7 estudiantes, 14.6%) representaron un mayor porcentaje. 17 estudiantes (35.4%) practicaban instrumentos de vientos, de los cuales 5 (10.4%) eran estudiantes de trompeta y 3 (6.3%) de saxofón. En el grupo de instrumentos de percusión se encontró que 4 estudiantes (8.3%) los practicaban, de ellos 2 (4.2%) eran estudiantes de redoblante.

Del total de la población solo 36 (75%) de 48 estudiantes practicaban un segundo instrumento musical, siendo este el de menor uso, 24 (50%) de ellos eran estudiantes de piano.

Tabla 4. Instrumentos musicales practicados por los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Instrumento Musical		Primer Instrumento		Segundo Instrumento	
		N	%	n	%
Cuerdas	Piano	10	20.8	24	50
	Guitarra	7	14.6	2	4.2
	Violín	6	12.5	0	0
	Violonchelo	3	6.3	0	0
	Contrabajo	1	2.1	1	2.1
vientos	Trompeta	5	10.4	1	2.1
	Saxofón	3	6.3	2	4.2
	Flauta Traversa	3	6.3	0	0
	Trombón	2	4.2	0	0
	Corno Francés	2	4.2	0	0
	Fagot	1	2.1	2	4.2
	Clarinete	1	2.1	0	0
Percusión	Redoblante	2	4.2	1	2.1
	Timbal Sinfónico	1	2.1	0	0
	Batería	1	2.1	0	0
	Marimba	0	0.0	3	6.3
	Xilófono	0	0.0	0	0
TOTAL		48	100	36	75

Tiempo de practica del Instrumento

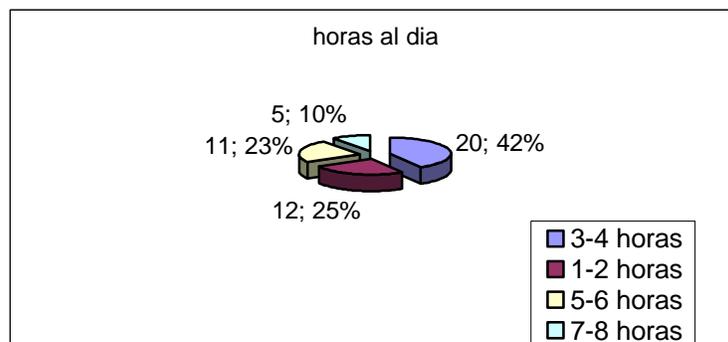
Con respecto al tiempo de práctica del instrumento, se investigó el tiempo en horas al día, días a la semana y tiempo en años dedicado a la práctica de dicho instrumento.

La media de horas de práctica al día del instrumento de mayor uso es de 4 horas (DS1.9) con un valor mínimo de 1 hora y un máximo de 8 horas al día (ver tabla 5 y gráfico 3).

Tabla 5. Tiempo de práctica del instrumento de mayor uso en horas al día. Popayán, 2003.

Horas al día	n	%
3-4 horas	20	41,7
1-2 horas	12	25
5-6 horas	11	22,9
7-8 horas	5	10,5
Total	48	100

Grafico 3. Tiempo de práctica del instrumento de mayor uso en horas al día. Popayán, 2003.



La media de días a la semana dedicada a la práctica de dicho instrumento es de 6.2 días (DS 1.1) con un valor mínimo de 3 días y un máximo de 8 días (ver tabla 6).

La media del tiempo en años dedicado a la practica el instrumento fue de 4.11 años (DS 3.2) con un valor mínimo de 0.2 años y un valor máximo de 15 años (ver tabla 7).

Tabla 6. Tiempo de práctica del instrumento de mayor uso en días a la semana. Popayán, 2003.

Días a la semana	n	%
5-7 días	40	83,4
2-4 días	4	8,4
8 días	4	8,3
Total	48	100

Tabla 7. Tiempo de práctica del instrumento de mayor uso años. Popayán, 2003.

Tiempo en años	n	%
2 -5 años	29	60,4
6 -9 años	9	18,8
0,2 - 1,5 años	7	14,6
10 - 15 años	3	6,2
Total	48	100

Intensidad y frecuencias de los instrumentos musicales

Al realizar las medidas de intensidad de los instrumentos musicales se encontró que (ver tabla 8):

En los instrumentos de cuerdas se observó un límite mínimo de intensidad de 57dB - 69dB y un máximo de 75dB a 90dB, y una intensidad alta o “forte” de 70dB - 90dB. En este grupo de instrumentos la guitarra y el violín son los que emiten las intensidades mas altas (60dB - 90dB).

Se encontró en los instrumentos de vientos un rango mínimo de intensidad de 55dB - 88 dB y un rango máximo de 94dB - 110dB. En este grupo de

instrumentos el trombón (68 dB - 110 dB) y la trompeta (86 dB - 110 dB) son los que emiten las intensidades más altas.

Tabla 8. Características Acústicas de los Instrumentos musicales practicados por los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Instrumento Musical		Frecuencia Baja Hz	Frecuencia Alta Hz	Intensidad Baja dB	Intensidad Alta dB
Cuerdas	Piano	27	4186	57	88
	Violín	196	3135	62	90
	Guitarra	73	1760	61	90
	Violonchelo	65	2637	69	86
	Contrabajo	41	2637	58	75
vientos	Trombón	73	2637	68	110
	Trompeta	164	2637	86	110
	Saxofón	87	1760	88	98
	Corno Francés	87	2793	55	107
	Fagot	61	2637	80	94
	Clarinete	164	2637	67	105
	Flauta Traversa	293	2093	65	110
Percusión	Redoblante	30	2793	70	102
	Marimba	30	2793	48	95
	Xilófono	30	2793	60	85
	Timbal Sinfónico	30	2793	45	90
	Batería	30	2793	80	100

En el grupo de instrumentos de percusión se encontró un rango mínimo de intensidad de 45dB - 80 dB, y un máximo de 85dB - 102dB. En ese grupo de instrumentos el redoblante (70dB – 102dB) y la batería (80dB - 100dB) son los que emiten intensidades mas fuertes.

Con respecto al rango de frecuencias emitidas por los instrumentos musicales se observó que en el grupo de instrumentos de cuerdas, el piano y el violín son los que presentaron un rango de frecuencia mas agudo 27 – 4186Hz y 196 – 3135Hz

respectivamente, mientras que la guitarra tiene un rango de frecuencias graves a medias, de 73Hz – 1760Hz (ver tabla 8). Los instrumentos de vientos producen un rango de frecuencias que va desde graves a medias y agudas, entre estos los que producen frecuencias mas agudas son el corno francés (87 – 2793Hz), la trompeta (164 – 2637Hz), el trombón (73 – 2637Hz), el clarinete (164 - 2637Hz) y el fagot (61 – 2637Hz). Todos los instrumentos de percusión se encuentran en un rango de frecuencias desde 30Hz hasta 2793Hz.

Lo anterior muestra que los instrumentos musicales que emiten un rango de intensidad de “forte” – “piano” son en su orden los de vientos, percusión y cuerdas. Con relación a la frecuencia, los instrumentos de cuerdas como el violín y el piano son los que producen frecuencias mas agudas, y dentro de los instrumentos de vientos el corno francés (ver grafico 4).

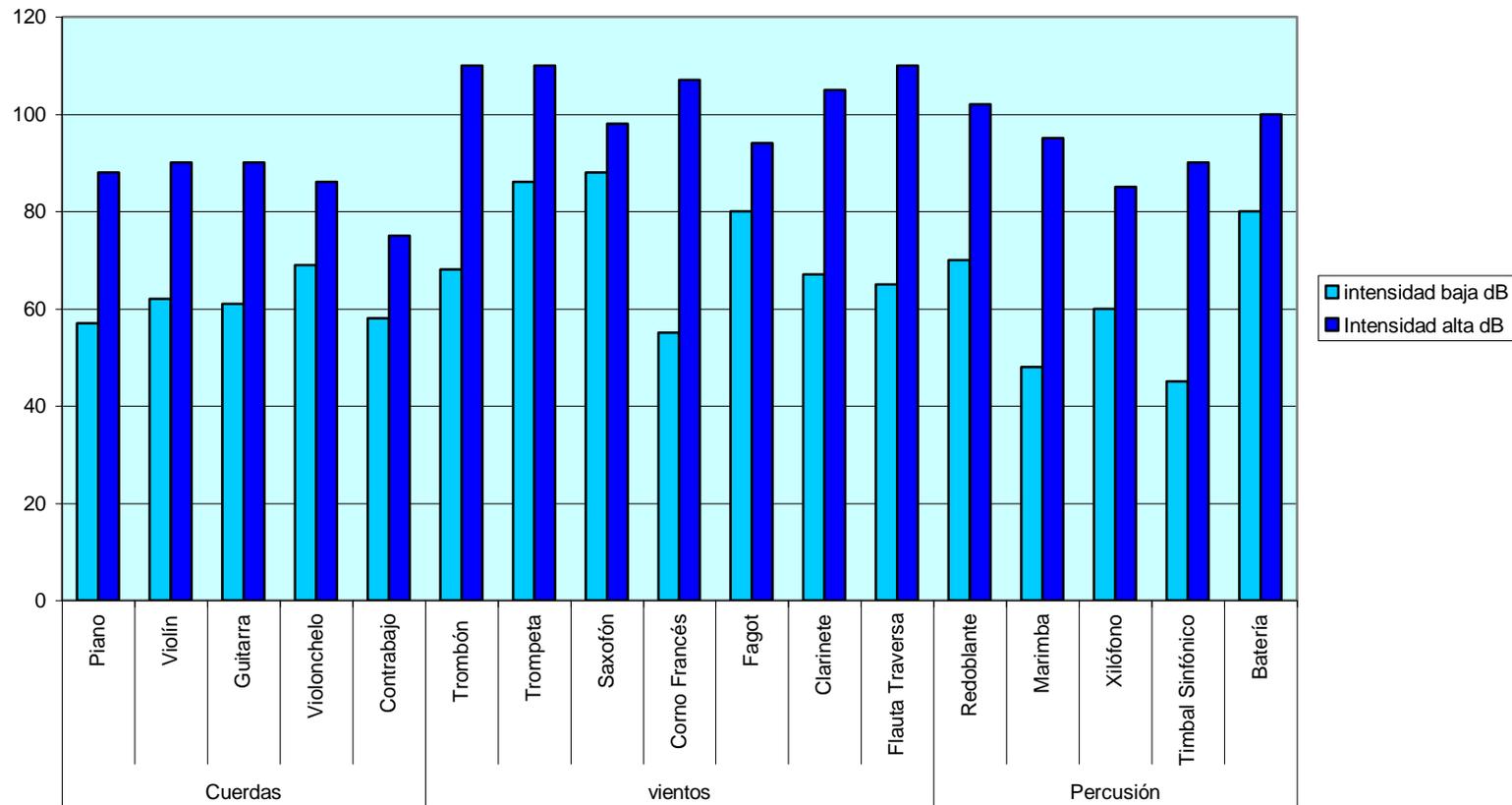
Salones de Práctica de la Facultad de Artes

Al preguntarle a la población su opinión acerca de los espacios de practica instrumental en la Facultad de Artes, 40 estudiantes (el 83.3%) respondieron que el espacio donde practicaban tiene una inadecuada adaptación acústica (ver tabla 9).

Tabla 9. Espacio de práctica instrumental en la Facultad de Artes. Popayán, 2003.

Espacio de práctica instrumental	N	%
Inadecuada Adaptación Acústica	40	83.3
Espacio Adecuado	3	6.3
Espacio Reducido	3	6.3

Grafico 4. Rangos de intensidad emitidos por los instrumentos musicales practicados por los estudiantes de música. Popayán, 2003.



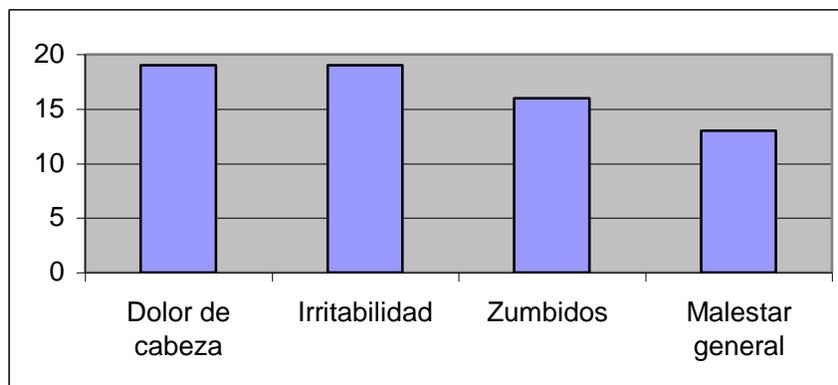
Efectos fisiológicos del ruido

La exposición al ruido puede traer como consecuencia ciertos efectos fisiológicos en los individuos, al investigarlos en la población, se observó que los estudiantes sufrieron con mayor frecuencia de dolor de cabeza (19 estudiantes, 39.6%), irritabilidad (19 estudiantes, 39.6%), y zumbidos ó tinnitus (16 estudiantes, 66.7%) (Ver tabla 10 y gráfico 5).

Tabla 10. Efectos fisiológicos del ruido en los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Efectos fisiológicos del ruido		n	%
Dolor de cabeza	si	19	39,58
	no	29	60,42
Irritabilidad	si	19	39,58
	no	29	60,42
Zumbidos ó tinnitus	si	16	66,67
	no	32	33,33
Malestar general	si	13	27,08
	no	35	72,92

Gráfico 5. Efectos fisiológicos del ruido en los estudiantes de música. Popayán, 2003.



Antecedentes Otológicos

Se investigaron los antecedentes otológicos de los estudiantes entre los cuales se incluyen los antecedentes personales, fonorespiratorios y familiares.

Dentro de los antecedentes personales, los mas frecuentes fueron en su orden la exposición a ruido de instrumentos musicales (44 estudiantes, 91,6%), y zumbidos o tinnitus (28 estudiantes, 58,3%), igualmente es importante resaltar que sólo 3 estudiantes (6,3%) refirieron utilizar protector auditivo, y ningún estudiante reportó realizar reposo auditivo adecuado (Ver tabla 11).

Tabla 11. Antecedentes otológicos (personales) de los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Antecedentes Personales		n	%
Exposición a ruido de instrumentos musicales	si	44	91,7
	no	4	8,3
Zumbidos ó tinnitus	si	28	58,3
	no	20	41,7
Dolor de oído	si	19	39,6
	no	29	60,4
Ruido de equipos de amplificación	si	14	29,2
	no	34	70,8
Uso walkman	si	13	27,1
	no	35	72,9
Protector auditivo	si	3	6,3
	no	45	93,8
Reposo auditivo adecuado	si	0	0
	no	48	100

En los estudiantes los antecedentes fonorespiratorios mas frecuentes fueron amigdalitis (30 estudiantes 62,5%) y la rinitis (14 estudiantes, 70.8%) (Ver tabla 12).

Tabla 12. Antecedentes otológicos (fonorespiratorios) de los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Antecedentes fonorespiratorios		n	%
Amigdalitis	si	30	62,5
	no	18	37,5
Rinitis	si	14	70,8
	no	34	29,2

El antecedente familiar mas frecuente en la población fue la sordera (21 estudiantes, 43.8%) (Ver tabla 13).

Tabla 13. Antecedentes otológicos (familiares) de los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Antecedentes familiares		n	%
Sordera	si	21	43,8
	no	27	56,3
Hipertensión arterial	si	21	43,8
	no	27	56,3
Diabetes	si	16	33,3
	no	32	66,7

Nivel auditivo

Al investigar en la población el nivel auditivo del oído derecho, 33 estudiantes (68.8%) presentaron Sensibilidad Auditiva Periférica Normal (ver tabla 14 y gráfico 6). Al investigar el nivel auditivo del oído izquierdo 38 estudiantes (79.2%) presentaron sensibilidad auditiva periférica normal, (ver tabla 15 y gráfico 7).

Tabla 14. Nivel auditivo del oído derecho en los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Nivel auditivo Oído Derecho	N	%
Sensibilidad auditiva periférica normal	33	68.8
Caída leve de la vía aérea en frecuencias graves (entre 250Hz y 500Hz)	3	6.3
Caída leve de la vía aérea en una frecuencia aguda (entre 3KHz y 8KHz)	7	14.6
Caída leve de la vía aérea en dos frecuencias agudas (entre 3KHz y 8KHz)	3	6.3
Hipoacusia sensorial leve	2	4.2
Total	48	100

Grafico 6. Nivel auditivo del oído derecho en los estudiantes de música. Popayán, 2003.

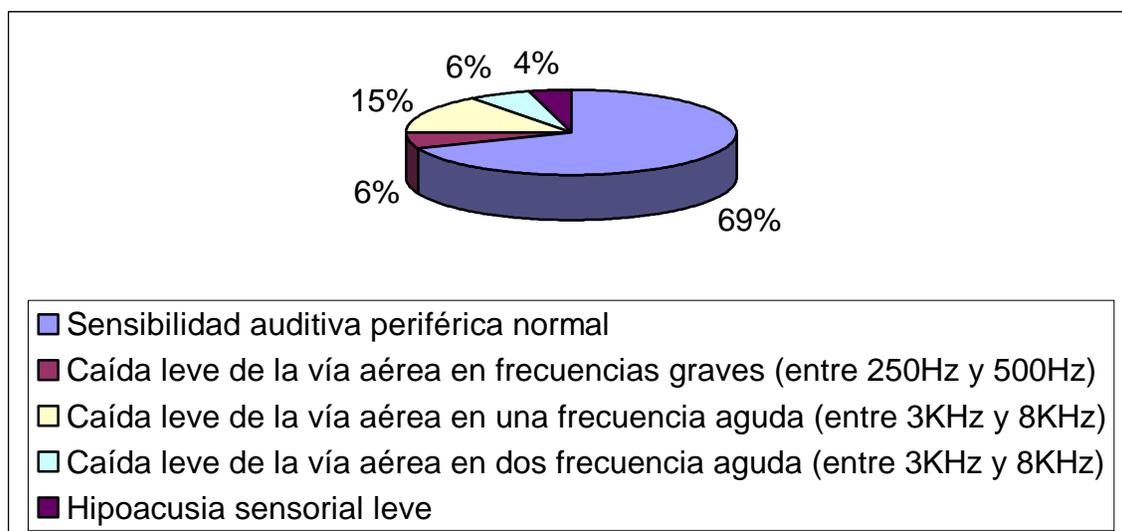
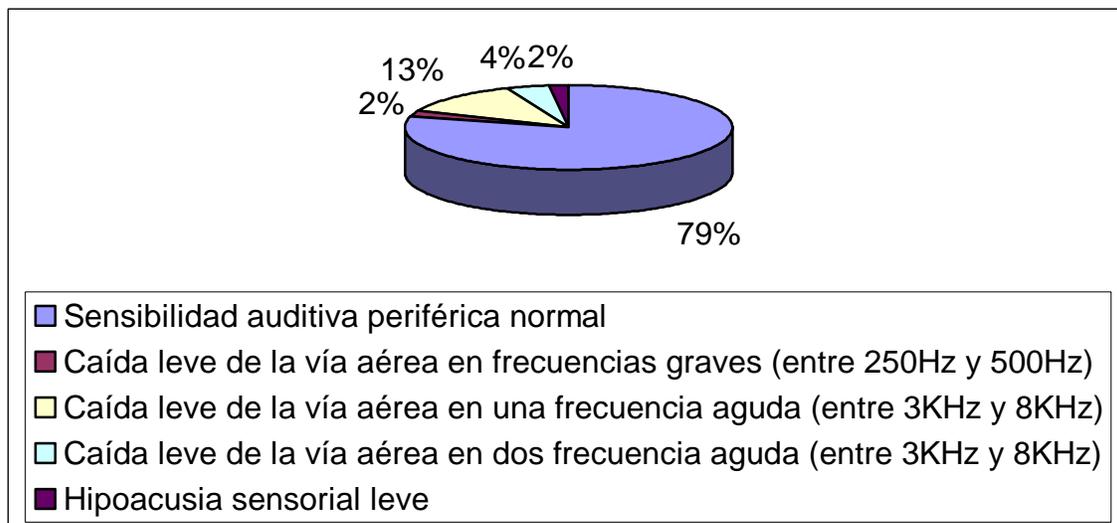


Tabla 15. Nivel auditivo del oído izquierdo en los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Nivel auditivo Oído Izquierdo	n	%
Sensibilidad auditiva periférica normal	38	79.2
Caída leve de la vía aérea en frecuencias graves (entre 250Hz y 500Hz)	1	2.1
Caída leve de la vía aérea en una frecuencia aguda (entre 3KHz y 8KHz)	6	12.5
Caída leve de la vía aérea en dos frecuencias agudas (entre 3KHz y 8KHz)	2	4.2
Hipoacusia sensorial leve	1	2.1
Total	48	100

Gráfico 7. Nivel auditivo del oído izquierdo en los estudiantes de música. Popayán, 2003.



Otoscopia

Al realizar la otoscopia se observó que 32 estudiantes (66.7%) reportaron una otoscopia normal por oído derecho y 30 estudiantes (62.5%) por oído izquierdo.

Tabla 16. Otoscopia del oído derecho e izquierdo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Otoscopia	Oído derecho		Oído izquierdo	
	n	%	n	%
Normal	32	66.67	30	62.5
Membrana Timpánica Opaca	5	10.42	7	14.6
Cerumen No excesivo	7	14.58	6	12.5

4.2 ANÁLISIS BIVARIADO

Al realizar el cruce de la variable dependiente nivel auditivo frente a las variables independientes sexo, edad, antecedentes otológicos, instrumento de práctica, intensidad sonora del instrumento, tiempo de practica del instrumento y alteraciones conductivas no se observó significancia estadística al aplicar la prueba Chi Cuadrado a un nivel de significancia del 0.05. A excepción del cruce de la variable antecedentes otológicos (familiares) y el nivel auditivo del oído izquierdo, en el cual se observó significancia estadística.

Por otra parte, se realizó el cruce de la variable dependiente efectos fisiológicos del ruido frente a las variables independientes sexo, edad, antecedentes otológicos (personales) e instrumento musical de práctica. Ninguno de los cruces resultó ser significativo.

Aunque no resultaron significativos los cruces, es interesante observar el comportamiento de las variables dependientes con respecto a las independientes en los siguientes cruces:

Nivel auditivo del oído derecho e izquierdo con relación a la edad y el sexo

Al relacionar el nivel auditivo del oído derecho con el sexo, se observó mayor predominancia de caídas leves de vía aérea en frecuencias agudas e hipoacusia sensorial leve en el sexo masculino (9 estudiantes, 18.8%) que en el sexo femenino (3 estudiantes, 6.3%), en este último no se presentó ningún caso de hipoacusia sensorial leve. Con respecto al oído izquierdo, 7 estudiantes (14.6%) de sexo masculino presentaron caída leve de la vía aérea en frecuencias agudas e hipoacusia sensorial leve y sólo 2 estudiantes (4.2%) de sexo femenino presentaron caída leve de la vía aérea en frecuencias agudas (ver tabla 17). En el sexo masculino, en el rango de edad de 22–40 años se observó mayor predominancia de pérdida auditiva en frecuencias agudas, 7 estudiantes (14.6%)

presentaron este tipo de pérdida por oído derecho, y 4 estudiantes (8.3%) por oído izquierdo (ver tabla 17).

TABLA 17. Relación edad sexo y nivel auditivo del oído derecho e izquierdo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Sexo	Edad	Nivel Auditivo																				TOTAL			
		Oído Derecho										Oído Izquierdo													
		1		2		3		4		5		TOTAL		1		2		3		4				5	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Masculino	18-21	12	25	0	0.0%	1	2.1	1	2.1	0	0	14	29.2	10	20.8	1	2.1	2	4.2	1	2.1	0	0	14	100%
	22-40	8	16.7	2	4.2	3	6.3	2	4.2	2	4.2	17	35.4	13	27.1	0	0	2	4.2	1	2.1	1	2.1	17	100%
Femenino	18-21	10	20.8	1	2.1	2	4.2	0	0	0	0.0%	13	27.1	11	22.9	0	0	2	4.2	0	0	0	0	13	100%
	22-40	3	6.3	0	0	1	2.1	0	0	0	0	4	8.3	4	8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	100%
TOTAL		33	68.75	3	6.25	7	14.58	3	6.25	2	4.16	48	100	38	79.16	1	2.1	6	12.5	2	4.2	1	2.1	48	100

Convenciones

- 1: Sensibilidad Auditiva Periférica Normal
- 2: Caída leve de la vía aérea en frecuencias graves (entre 250Hz y 500Hz)
- 3: Caída leve de la vía aérea en una frecuencia aguda (entre 3KHz y 8KHz),
- 4: Caída leve de la vía aérea en dos frecuencias agudas (entre 3KHz y 8KHz)
- 5: Hipoacusia sensorial leve

Nivel auditivo con relación a antecedentes otológicos

Al relacionar el nivel auditivo del oído derecho e izquierdo con los antecedentes otológicos (personales) de los estudiantes, se encontraron 10 casos (20.8%) de caída leve de la vía aérea en frecuencias agudas e hipoacusia sensorial leve por oído derecho de 37 estudiantes que presentaron antecedentes personales, mientras que por oído izquierdo se presentaron 7 casos (14.6%) (Ver tabla 18).

Con respecto al uso de protector auditivo, se observó que los estudiantes que lo utilizan (3 estudiantes, 6.3%), no presentaron ninguna pérdida auditiva, mientras que los que no lo utilizan presentaron caída leve de la vía aérea en frecuencias agudas e hipoacusia sensorial leve así: 12 estudiantes (31%) en oído derecho y 9 estudiantes (19.9%) en oído izquierdo (Ver tabla19).

Tabla 18. Relación de antecedentes otológicos con nivel auditivo del oído derecho e izquierdo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Antecedentes Otológicos		Nivel Auditivo																							
		Oído Derecho										Oído Izquierdo													
		1		2		3		4		5		TOTAL		1		2		3		4		5		TOTAL	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Antecedentes Personales	si	25	67.6	2	5.4	5	13.5	3	8.1	2	5.4	37	100	29	78.4	1	2.7	4	10.8	2	5.4	1	2.7	37	100
	no	8	72.7	1	9.1	2	18.2	0	0.00	0	0.00	11	100	9	81.8	0	0.00	2	18.2	0	0.00	0	0.00	11	100
Antecedentes Fonorespiratorios	si	25	65.8	3	7.9	5	13.2	3	7.9	2	5.3	38	100	37	86.1	1	2.3	2	4.7	2	4.7	1	2.3	43	100
	no	8	80.0	0	0	2	20	0	0	0	0	10	100	1	20	0	0	4	80	0	0	0	0	5	100
Antecedentes Familiares	si	30	69.8	3	7.0	6	14	2	4.7	2	4.7	43	100	37	86.1	1	2.3	2	4.7	2	4.7	1	2.33	43	100
	no	3	60	0	0	1	20	1	20	0	0	5	100	1	20	0	0	4	80	0	0	0	0	5	100

Convenciones

- 1: Sensibilidad Auditiva Periférica Normal
- 2: Caída leve de la vía aérea en frecuencias graves (entre 250Hz y 500Hz)
- 3: Caída leve de la vía aérea en una frecuencia aguda (entre 3KHz y 8KHz),
- 4: Caída leve de la vía aérea en dos frecuencias agudas (entre 3KHz y 8KHz)
- 5: Hipoacusia sensorial leve

Tabla 19. Descripción de antecedentes otológicos con relación al nivel auditivo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Antecedentes Otológicos			Nivel Auditivo																							
			Oído Derecho										Oído Izquierdo													
			1		2		3		4		5		TOTAL		1		2		3		4		5		TOTAL	
			n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Antecedentes personales	Dolor de oído	si	12	63.2	0	0.0	3	15.8	2	10.5	2	10.5	19	100	14	73.6	1	5.3	2	10.5	1	5.3	1	5.3	19	100
		no	21	72.4	3	10.3	4	13.8	1	3.5	0	0.0	29	100	24	82.8	0	0.0	4	13.8	1	3.5	0	0.0	29	100
	zumbidos	si	20	71.4	1	3.6	3	10.7	2	7.1	2	7.1	28	100	21	75	1	3.6	3	10.7	2	7.1	1	3.6	28	100
		no	13	65	2	10	4	20	1	5	0	0.0	20	100	17	85	0	0.0	3	15	0	0.0	0	0.0	20	100
	Exposición Ruido Instrumentos	si	30	68.2	5	4.6	7	15.9	3	6.8	2	4.6	44	100	34	77.3	1	2.3	6	13.6	2	4.6	1	2.3	44	100
		no	3	75	1	25	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	100	4	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	4	100
	Ruido equipos de amplificación	si	10	71.4	2	14.3	1	7.1	1	7.1	0	0.0	14	100	12	85.7	1	7.1	1	7.1	0	0.0	0	0.0	14	100
		no	23	67.7	1	2.9	6	17.7	2	5.9	2	5.9	34	100	26	76.5	0	0.0	5	14.7	2	5.9	1	2.9	34	100
	Uso walkman	si	9	69.2	1	7.7	1	7.7	0	0.0	2	15.4	13	100	8	61.5	1	7.7	1	7.7	2	15.4	1	7.7	13	100
		no	24	68.6	2	5.7	6	17.1	3	8.6	0	0.0	35	100	30	85.7	0	0.0	5	14.3	0	0.0	0	0.0	35	100
	reposo auditivo adecuado	si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		no	33	68.8	3	6.3	7	14.6	3	6.3	2	4.2	48	100	38	79.2	1	2.1	6	12.5	2	4.2	1	2.1	48	100
	protector auditivo	si	2	66.7	1	33.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	100	3	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	100
		no	31	68.9	2	4.4	7	15.6	3	6.7	2	4.4	45	100	35	77.8	1	2.2	6	13.3	2	4.4	1	2.2	45	100

Antecedentes otológicos			Nivel auditivo oído derecho										Nivel auditivo oído izquierdo													
			1		2		3		4		5		Total		1		2		3		4		5		Total	
			n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Antecedentes Fonorespiratorios	Amigdalitis	si	19	63.3	1	3.3	5	16.7	3	10	2	6.7	30	100	22	73.3	1	3.3	4	13.3	2	6.7	1	3.3	30	100
		no	14	77.8	2	11.1	2	11.1	0	0.0	0	0.0	18	100	16	88.9	0	0.0	2	11.1	0	0.0	0	0.0	18	100
	rinitis	si	9	64.3	1	7.1	1	7.1	2	14.3	1	7.1	14	100	11	78.6	0	0.0	1	7.1	1	7.1	1	7.1	14	100
		no	24	70.6	2	5.6	6	17.6	1	2.9	1	2.9	34	100	27	79.4	1	2.9	5	14.7	1	2.9	0	0.0	34	100
Antecedentes Familiares	diabetes	si	14	87.5	0	0.0	2	12.5	0	0.0	0	0.0	16	100	14	87.5	0	0.0	1	6.3	1	6.3	0	0.0	16	100
		no	19	59.4	3	9.4	5	15.6	3	9.4	2	6.3	32	100	24	75	1	3.1	5	15.6	1	3.1	1	3.1	32	100
	hipertensión arterial	si	14	66.7	2	9.5	4	19.1	1	4.7	0	0.0	21	100	20	95.2	1	4.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0	21	100
		no	19	70.4	1	3.7	3	11.1	2	7.4	2	7.4	27	100	18	66.7	0	0.0	6	22.2	2	7.4	1	3.7	27	100
	sordera	si	14	66.7	2	9.5	2	9.5	2	9.5	1	4.8	21	100	17	81	0	0.0	2	9.5	1	4.8	1	4.8	21	100
		no	19	70.4	1	3.7	5	18.5	1	3.7	1	3.7	27	100	21	77.8	1	3.7	4	14.8	1	3.7	0	0.0	27	100

Convenciones

- 1: Sensibilidad Auditiva Periférica Normal
- 2: Caída leve de la vía aérea en frecuencias graves (entre 250Hz y 500Hz)
- 3: Caída leve de la vía aérea en una frecuencia aguda (entre 3KHz y 8KHz),
- 4: Caída leve de la vía aérea en dos frecuencias agudas (entre 3KHz y 8KHz)
- 5: Hipoacusia sensorial leve

Instrumento de práctica y nivel auditivo

Los estudiantes que practican instrumentos de vientos sufrieron con mayor frecuencia de caída leve de la vía aérea en frecuencias agudas e hipoacusia sensorial leve, se observaron 6 casos (12.5%) con relación al oído derecho y otros 6 casos (12.5%) con respecto al oído izquierdo, destacándose en este grupo los que practican corno francés y trompeta, este grupo de instrumentos emite rangos de frecuencias entre 87 – 2793 Hz y 164 – 2637, respectivamente, siendo las frecuencias agudas las que producen mayores desplazamientos del umbral auditivo (Ver tabla 20).

Los estudiantes que practican instrumentos de cuerdas, al igual presentaron caída leve de la vía aérea en frecuencias agudas, se observó que 6 estudiantes (12.5%) tuvieron este tipo de pérdida en el oído derecho, mientras que se presentaron sólo 3 casos (6.3%) con este tipo de pérdida por oído izquierdo; entre ellos están los estudiantes que practican piano, violín, guitarra y violonchelo, es importante destacar que el piano y el violín emiten un rango de frecuencias entre 27Hz – 4186 Hz y 196Hz - 3135 Hz, respectivamente, las cuales afectan mas el nivel auditivo. Los estudiantes de este grupo de instrumentos no presentaron hipoacusia sensorial leve (Ver tabla 20).

Ninguno de los estudiantes de instrumentos de percusión presentó pérdida auditiva en frecuencias agudas (Ver tabla 20).

Tabla 20. Nivel auditivo con relación al instrumento musical de practica y la intensidad en dB, en los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Instrumento Musical		Intensidad		Nivel Auditivo																							
				Oído derecho										TOTAL		Oído izquierdo										TOTAL	
				1		2		3		4		5				1		2		3		4		5			
Baja	Alta	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
Cuerdas	Piano	57	88	8	80	0	0.0	2	20	0	0.0	0	0.0	10	100	8	80	0	0.0	2	20	0	0.0	0	0.0	10	100
	Violín	62	90	5	83.3	0	0.0	1	16.7	0	0.0	0	0.0	6	100	6	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	6	100
	Guitarra	61	90	4	57.1	1	14.3	1	14.3	1	14.3	0	0.0	7	100	6	85.7	1	14.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	7	100
	Violonchelo	69	86	3	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	100	3	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	100
	Contrabajo	58	75	0	0.0	0	0.0	1	100	0	0.0	0	0.0	1	100	0	0.0	0	0.0	1	100	0	0.0	0	0.0	1	100
Vientos	Trombón	68	110	1	50	0	0.0	0	0.0	1	50	0	0.0	2	100	1	50	0	0.0	1	100	0	0.0	0	0.0	2	100
	Trompeta	86	110	3	60	0	0.0	1	20	0	0.0	1	20	5	100	4	80	0	0.0	0	0.0	1	20	0	0.0	5	100
	Saxofón	88	98	2	66.7	0	0.0	1	33.3	0	0.0	0	0.0	3	100	3	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	100
	Corno Francés	55	107	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	50	1	50	2	100	1	50	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100	2	100
	Fagot	80	94	1	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100	1	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100
	Clarinete	67	105	1	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100	0	0.0	1	100
	Flauta Traversa	65	110	2	66.7	1	33.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	3	100	1	33.3	0	0.0	2	66.7	0	0.0	0	0.0	3	100
Percusión	Redoblante	70	102	2	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	100	2	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	100
	Marimba	48	95	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Xilófono	60	85	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	TimbalSinfónico	45	90	0	0.0	1	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100	1	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100
	Batería	80	100	1	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100	1	100	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	100
TOTAL				33		3		7		3		2		48		38		1		6		2		1		48	

Tiempo de práctica de los instrumentos en horas al día y nivel auditivo

Los estudiantes que practican entre 3 y 4 horas al día son los que han presentado en un mayor porcentaje caídas leves de la vía aérea en frecuencias agudas, se observó que 5 estudiantes (10.4%) sufrieron este tipo de pérdida por oído derecho, y 4 estudiantes (8.3%) por oído izquierdo (ver tabla 21).

Tiempo de práctica de los instrumentos en años y nivel auditivo

Los estudiantes que llevan entre 2 y 5 años de practica del instrumento musical son los que sufren mas de pérdida auditiva, 9 estudiantes (18.8%) presentaron caída leve de la vía aérea e hipoacusia sensorial leve por oído derecho, y 5 estudiantes (10.4%) por oído izquierdo (ver tabla 22).

Tabla 21. Tiempo de práctica de instrumentos en horas al día y nivel auditivo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Horas al día	Nivel Auditivo Oído Derecho										Total	Nivel Auditivo Oído Izquierdo										Total		
	1		2		3		4		5			1		2		3		4		5				
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%			
3-4 horas	15	31,3	0	0	4	8,3	1	2,1	0	0	20	41,7	15	31,3	1	2,1	3	6,3	1	2,1	0	0	20	41,7
1-2 horas	6	12,5	3	6,3	1	2,1	1	2,1	1	2,1	12	25	10	20,8	0	0	1	2,1	1	2,1	0	0	12	25
5-6 horas	8	16,7	0	0	2	4,2	0	0	1	2,1	11	22,9	9	18,8	0	0	1	2,1	0	0	1	2,1	11	22,9
7-8 horas	4	8,3	0	0	0	0	1	2,1	0	0	5	10,4	4	8,3	0	0	1	2,1	0	0	0	0	5	10,4
Total	33	68,7	3	6,3	7	14,6	3	6,3	2	4,2	48	100	38	79,2	1	2,1	6	12,5	2	4,2	1	2,1	48	100

Tabla 22. Tiempo de práctica en años de instrumentos musicales y nivel auditivo de los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Tiempo en años	Nivel Auditivo Oído Derecho										Total	Nivel Auditivo Oído Izquierdo										Total		
	1		2		3		4		5			1		2		3		4		5				
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%			
2 -5 años	18	37,5	1	2,1	7	14,6	2	4,2	1	2,1	29	60,41	23	47,9	1	2,1	4	8,3	0	0	1	2,1	29	60,41
6 -9 años	8	16,6	1	2,1	0	0	0	0	0	0	9	18,75	8	16,6	0	0	1	2,1	0	0	0	0	9	18,75
0,2 - 1,5 años	6	12,5	1	2,1	0	0	0	0	0	0	7	14,58	5	10,5	0	0	1	2,1	1	2,1	0	0	7	14,58
10 - 15 años	1	2,1	0	0	0	0	1	2,1	1	2,1	3	6,25	2	4,2	0	0	0	0	1	2,1	0	0	3	6,25
Total	33	68,8	3	6,3	7	14,6	3	6,3	2	4,2	48	100	38	79,2	1	2,1	6	12,5	2	4,2	1	2,1	48	100

Efectos fisiológicos del ruido

Se observó que los efectos fisiológicos del ruido predominan en 22 estudiantes (45.8%) del sexo masculino. Además estos efectos predominaron en 22 estudiantes (45.8%) en el rango de edad de 18-21 años. 31 estudiantes (64.6%) que presentaron antecedentes otológicos (personales) presentaron en mayor porcentaje efectos fisiológicos del ruido. De 17 estudiantes de instrumentos de vientos, 15 (31.3%) presentaron efectos fisiológicos del ruido, es decir que fueron los más afectados (ver tabla 23).

Tabla 23. Efectos fisiológicos del ruido con relación al sexo, edad, antecedentes otológicos (personales) e instrumento musical de práctica, en los estudiantes de música. Popayán, 2003.

Variable	Categorías	Efectos fisiológicos del ruido				Total	
		No presentan		Si Presentan			
		n	%	n	%	n	%
Sexo	Masculino	9	18.8	22	45.8	31	64.6
	Femenino	1	2.1	16	33.3	17	35.4
Edad	18-21 años	5	10.4	22	45.8	27	56.3
	22-40 años	5	10.4	16	33.3	21	43.8
Antecedentes Otológicos (personales)	No presenta	4	8.3	7	14.6	11	22.9
	Si presenta	6	12.5	31	64.6	37	77.1
Instrumento Musical	Cuerdas	6	12.5	21	43.8	27	56.3
	Vientos	2	4.2	15	31.3	17	35.4
	Percusión	2	4.2	2	4.2	4	8.3

5. DISCUSIÓN

En la población se observó que la media de edad fue de 22 años, y que 27 estudiantes (56.3%) se ubicaron en un rango de edad de 18-21 años, sin embargo los estudiantes pertenecientes al rango de 22-40 años (21 estudiantes, 43.8%) sufrieron mas perdidas auditivas. Según Cyril M. Harris ²⁴ los estudios demuestran que no existe evidencia concluyente que la edad sea un factor significativo que afecte a los desplazamientos del umbral debidos a la exposición a ruido. Curiosamente, este grupo de estudiantes son los que llevan mas de dos y tres años estudiando el instrumento musical (principal), es decir que en este caso la perdida auditiva se relacionaría mas con el tiempo de exposición que con la edad. Según Mery Reina²⁵ en Colombia, el instituto de los Seguros Sociales adoptó las Escalas ELI y SAL en los Sistemas de Vigilancia Epidemiológica de Ruido para la calificación de las audiometrías, estas escalas tienen en cuenta la corrección del nivel auditivo dependiendo de la edad (a partir de los 25 años) y el sexo, y ubican al trabajador expuesto en un grado acorde al compromiso auditivo que manifiesta, especialmente para trabajadores expuestos a ruido industrial, actualmente son usadas por algunas Administradoras de Riesgos Profesionales y Programas de Salud Ocupacional para calificar perdidas auditivas en trabajadores.

Sin embargo, el protocolo No. 27 del Manual de Procedimientos Fonoaudiológicos “Conservación de la audición en un Ambiente Ocupacional” refiere que la NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) Junio de 1998, recomienda

24 CYRIL M. Harris. Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido. Tercera Edición. Volumen I. Madrid: Mc Graw Hill, 1995 P 18.10

25 REINA. Mery. Hacia una revisión de la conceptualización metodológicas para calificar pérdidas auditivas por exposición al ruido ocupacional. Acta de Otorrinolaringología de Cabeza y Cuello [online]. 2002, vol. 30. No. 3, Online: www.encolombia.com/medicina/otorrino/otorrino_30302-hacia_una_revision3.htm

que no se debe hacer corrección por edad en los niveles auditivos ya que en algunas personas se presenta y en otras no, por tanto no es posible conocer a quienes se les debe aplicar esta corrección. En este estudio no se aplicó ningún criterio de corrección por edad ya que no correspondía a los objetivos.

Con relación al sexo se observó mayor predominancia de caídas leves de la vía aérea en frecuencias agudas, e hipoacusia sensorial leve en hombres que en mujeres. Kaharí KR y cols.²⁶ Investigadores del Departamento de Vibración y Sonido de la Universidad de Goteborg (Suiza), realizaron un estudio en músicos de orquestas clásicas en el año 2001, el cual mostró que las mujeres tenían mejores umbrales auditivos en el área de las frecuencias altas en comparación con los hombres. Los mismos autores²⁷, realizaron otro estudio (Departamento de Audiología del Instituto Nacional de Vida Laboral, Universidad de Goteborg, Suiza, 2003) que mostró que los niveles auditivos entre 3-6KHZ son significativamente mejores en mujeres que en hombres.

Al analizar los instrumentos musicales desde la perspectiva de las características sonoras, se observó que los instrumentos de vientos son los que producen el rango de intensidad mas alto así: 55dB – 88 dB intensidad baja o “piano” y 94dB-110dB intensidad alta o “forte”. Entre estos instrumentos los que producen frecuencias mas agudas son el corno francés (87 – 2793Hz), la trompeta (164 – 2637Hz), el trombón (73 – 2637Hz), el clarinete (164 - 2637Hz) y el fagot (61 – 2637Hz). Del total de la población fueron 17 los estudiantes que practicaban estos instrumentos (35.4%), entre ellos 10 estudiantes (58.8%) practicaban entre 3 y 4 horas al día y 2 estudiantes (11.8%) practicaban entre 5 y 6 horas al día.

26 Kaharit K. Assessment of hearing and hearing disorders in rock/jazz musicians. *Int J Audiol.* 2003 Jul;42(5):279-88, Online: https://hin-sweb.who.int/?place_to_go=https://hin-sweb.who.int:443/http://www.healthinternetwork.org/scipub.php

27 Kahari KR. Hearing assessment of classical orchestral musicians. *Scand Audiol.* 2001;30(1):13-23. Online: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=11330914&dopt=Abstract&itool=iconabstr

Se observó que los instrumentos de cuerdas tienen un límite mínimo de intensidad de 57dB - 69dB y un máximo de 75dB a 90dB, en este grupo de instrumentos, el piano y el violín son los que presentan un rango de frecuencias más agudo 27 – 4186Hz y 196 – 3135Hz respectivamente, mientras que la guitarra tiene un rango de frecuencias graves a medias, de 73Hz – 1760Hz; en la población 27 estudiantes (56.3%) practicaban estos instrumentos, entre los cuales 7 estudiantes (25.9%) dedicaban 4 horas al día a la práctica del instrumento, mientras que 5 estudiantes (18.5%) practicaban 5 horas al día.

En el grupo de instrumentos de percusión se encuentra un rango mínimo de intensidad de 45dB -80 dB, y un máximo de 85dB-102dB, todos los instrumentos de percusión se encuentran en un rango de frecuencias desde 30Hz hasta 2793Hz. Los tiempos de práctica se distribuyen entre 2, 4 y 6 horas (25%, 50% y 25% respectivamente).

Teniendo en cuenta la legislación en Salud Ocupacional, la Resolución 1792 del 3 de mayo de 1990 modifica y establece los valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido, y utiliza la tasa de intercambio de 5dB y el nivel de criterio de 85dB (A), aplicable a ruido continuo e intermitente, sin exceder la jornada máxima laboral vigente de ocho horas. Por lo anterior, es importante analizar la exposición al ruido teniendo en cuenta las horas de práctica, la intensidad en dB y el espectro de frecuencias, debido a que entre más alta sea la frecuencia del sonido se produce un mayor desplazamiento del umbral auditivo.

Por su parte, Harris M. Cyril²⁸ menciona en su libro, que La Hearing Conservation Amendment establece el ingreso a programas de conservación auditiva si el trabajador está expuesto a un nivel medio promediado en el tiempo de 85dB (A).

28 CYRIL M. Harris. Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido. Tercera Edición. Volumen I. Madrid: Mc Graw Hill, 1995 P 18.10

Otra normativa de Salud Ocupacional es la Resolución 2400 de 1979, en el capítulo IV (De los ruidos y Vibraciones), ésta determina la realización de estudios técnicos, aplicación de métodos de control (control en la fuente, en el medio y en el trabajador) mantenimiento preventivo, y uso de silenciadores; además establece el nivel máximo permisible de exposición a ruido (85 dB), y recomienda limitar el tiempo de exposición y suministrar elementos de protección personal para la preservación auditiva.

En el estudio se observó que tiempos de exposición a niveles de presión sonora están fuera de los límites permisibles, destacando en este grupo los que practican instrumentos de vientos, por lo cual es recomendable establecer criterios saludables de acuerdo con la Legislación en Salud Ocupacional que les permitan proteger su sentido de la audición, vital para el ejercicio profesional.

Con respecto a los espacios utilizados para la práctica del instrumento musical en la Facultad de Artes, 40 estudiantes (83.3%) del total de la población opinaron que los espacios utilizados para la practica no cuentan con una adaptación acústica adecuada, los salones de practica tienen superficies reflectantes, rígidas y no son porosas, lo cual hace que no haya perdida de la energía acústica por reflexión, entonces las ondas reflejadas producen el mismo nivel de presión sonora; a excepción del salón de percusión el cual cuenta recientemente con una adaptación acústica. Federico Miyara²⁹, menciona en su libro que la American Society for Testing and Material (ASTM) define la absorción del sonido como “una medida de las propiedades de absorción del sonido de un material. De forma ideal, la parte de la potencia sonora con incidencia aleatoria es absorbida o en caso contrario no es reflejada por el material”. La División de Salud Ocupacional de la Universidad Cauca (Popayán, Colombia)³⁰ realizó en el año 2000, un

29MIYARA. Federico. Acústica y Sistemas de Sonido. Capítulo 4. Acústica Arquitectónica. Argentina, 2002. Online: www.cetear.com/cap04.pdf

30 Documento: Panorama de Riesgos Programa de Música de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca Popayán, 2000.

Panorama de Riesgos del Departamento de Música de la Facultad de Artes, en el cual detectó entre otros riesgos, el ruido intermitente en los salones de violín piano, trompeta, orquesta, flauta traversa, guitarra, coro, fagot, y el salón de la banda, ante esta fuente de riesgo recomendaron buscar la asesoría del Departamento de Física y estudiar la posibilidad de realizar tratamiento acústico a las instalaciones

Por otra parte, un estudio realizado en la Orquestas Sinfónicas y Filarmónicas de Colombia en Junio de 1998 por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y el Sistema de Riesgos Profesionales³¹ reveló que de los 62 músicos estudiados, 31 es decir el 50%, consideraron la presentación en “escenarios con dificultades acústicas como el mas relevante factor de riesgo psicosocial”.

En este caso, el correcto y consistente uso de protectores auditivos así como las buenas modificaciones del ambiente acústico han demostrado ser eficaces en la preservación de la audición, además de aportar una mejor calidad del sonido, importante para la formación del músico.

La exposición al ruido genera en los individuos ciertas manifestaciones fisiológicas, pero los estudios en este campo no han estado a la altura de los avances en el conocimiento de la relación entre el ruido y la audición, debido a que las condiciones de un control adecuado pueden resultar complicadas, de forma que los resultados derivados de algún otro factor del entorno total de los sujetos pueden ser incorrectamente atribuidos al ruido, es por esto que se debe tener mucho cuidado a la hora de la aceptación de las conclusiones derivadas de la investigaciones relacionadas con este campo. En la población estudiada, 38 estudiantes (79.2%) sufrieron de algún efecto fisiológico del ruido, los mas

31 Informe Técnico. Salud y Música Investigación Descriptiva de los Procesos Laborales y los Factores de Riesgo Presentes en las Orquestas Sinfónicas y Filarmónicas de Colombia. Fundación Colombiana de Estudios Socioeconómicos Nuevos Rumbos. Junio, 1998. Bogotá. ISBN 95836-1-X

frecuentes fueron la irritabilidad, el dolor de cabeza y tinnitus, donde los mas afectados fueron los estudiantes pertenecientes al sexo masculino (22 estudiantes, 45.8%), los que se encuentran en el rango de edad de 18-21 años (22 estudiantes, 45.8%) y los estudiantes de instrumentos de vientos, de los cuales 15 (31.3%) de un total de 17 estudiantes presentaron efectos fisiológicos del ruido, es decir que fueron los mas afectados.

Kaharit K³² (Universidad de Goteborg, Suiza), reveló que entre otros desórdenes auditivos el tinnitus era mas frecuente en los músicos que en otras poblaciones diferentes de referencia.

La hipótesis de que la presencia de enfermedades del oído u otras enfermedades sistémicas potencian los efectos nocivos del ruido es estimable pero no ha sido demostrada aún. Sin embargo, para realizar una valoración audiológica adecuada es importante conocer los factores que afectan el mecanismo auditivo como son la historia familiar, enfermedades auditivas, exposición ocupacional y no ocupacional a niveles de presión sonora, debido a que estos factores son los que determinan la vulnerabilidad individual para perdidas auditivas inducidas por ruido. Al averiguar en la población los antecedentes otológicos, entre los cuales se investigaron los antecedentes personales, fonorespiratorios y familiares, 37 estudiantes (77%) presentaron antecedentes personales, estos presentaron con mayor frecuencia pérdidas auditivas en comparación con el grupo que no reportó antecedentes personales. Con respecto a estos antecedentes, es importante mencionar que sólo 3 estudiantes (6.3%) de la población total refirieron utilizar protectores auditivos, mientras que 45 estudiantes (93.7%) no los utilizaban. Santucci³³, a partir de un estudio recomendó entre otras medidas preventivas el uso de protectores auditivos, ya que es el método mas aceptable para reducir la

32 Kaharit K. Assessment of hearing and hearing disorders in rock/jazz musicians. *Int J Audiol.* 2003 Jul;42(5):279-88, Online: https://hin-sweb.who.int/?place_to_go=https://hin-sweb.who.int:443/http://www.healthinternetwork.org/scipub.php

33 SANTUCCI. Michael. Musicians Can Protect Their Hearing. *Journal: Medical Problems of Performings Artists*, Philadelphia, 1990. Online: www.sensaphonics.com/articles/musicians.html

percepción del nivel de sonido, y permite reducir el riesgo potencial del sonido intenso en cada músico sin perturbar al público ni a otros músicos. Afirma además, que el uso de protectores auditivos diseñados para ruido industrial no son apropiados para las necesidades especiales de los músicos, debido a que atenúa las altas frecuencias mas que las bajas, y de esta manera causa una amortiguación del sonido que compromete “el brillo” de la música. Teie Pu³⁴ y los laboratorios Starkey³⁵, revelan los recientes avances en el diseño de protección auditiva especial para músicos, atenúan a través de todas las frecuencias, mas que sólo las frecuencias graves o de rango medio, lo cual hace que la percepción de la música sea mas clara y con un sonido natural, estos protectores están disponibles con tres filtros 9dB, 15dB, y 25dB.

La exposición al ruido puede dañar el mecanismo auditivo, este daño se manifiesta en forma de una pérdida de audición permanente, hasta cierto punto, el efecto es acumulativo y la exposición al ruido que un oído ha recibido depende tanto del nivel sonoro como de la duración de la exposición, de donde el grado de perdida auditiva depende de la cantidad de energía acústica absorbida por el oído. Del total de la población 12 estudiantes (25%) sufrieron de perdidas auditivas en las frecuencias agudas por oído derecho y 9 estudiantes (18.8%) por oído izquierdo. Los mas afectados en su orden fueron los estudiantes de instrumentos de vientos, quienes además de sufrir de caída leve de la vía aérea en frecuencias agudas, fueron los únicos que presentaron hipoacusia sensorial leve. Le siguen los estudiantes de instrumentos de cuerdas quienes presentaron únicamente caídas leves de la vía aérea en frecuencias agudas. Sólo un pequeño grupo, pero en general no significativo de la población presentó perdidas auditivas de tipo conductivo.

34 Teie PU. Noise-induced hearing loss and symphony orchestra musicians: risk factors, effects, and management. *Md Med J*. 1998 Jan;47(1):13-8. Online:

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=9448410&dopt=Abstract&itool=iconabst

35 Laboratorios Starkey . Protegiendo su Sentido Vital.

Online: <http://docs.starkey.com/sli-006140.pdf>

Lo anterior se relaciona con un estudio realizado por Schmidt JM³⁶, investigador del Departamento de Otorrinolaringología del Hospital Universitario de Dijkzigt (Rotterdam, Holanda) quién investigó la pérdida auditiva en estudiantes de conservatorio, y encontró que sólo un 20% de los estudiantes sufrió de pérdidas auditivas en altas frecuencias.

Kaharit K.³⁷ (Universidad de Goteborg, Suiza), reveló que los músicos que practicaban instrumentos de percusión y vientos de madera presentaron peores umbrales auditivos con respecto a músicos de otro grupo de instrumentos, los músicos que practicaban instrumentos de cuerdas largas tuvieron los mejores niveles auditivos. Relacionando lo anterior, en este estudio la población de estudiantes que practicaban instrumentos de percusión fue muy pequeña, representaron sólo el 8.3% del total (4 estudiantes), en los cuales no se presentaron pérdidas auditivas características de los efectos nocivos del ruido, y en este caso los resultados encontrados no serían suficientes para establecer una relación; con respecto a los estudiantes de instrumentos de cuerdas largas, los pertenecientes al grupo de violonchelo presentaron una sensibilidad auditiva periférica normal bilateral, en la población sólo hubo 1 estudiante de contrabajo, el cual presentó caída leve de la vía aérea en frecuencias agudas bilateral.

Por otra parte, McBride D.³⁸ un estudio realizado por el Instituto de Salud Ocupacional de la Universidad de Birmingham, con músicos de orquestas clásicas que interpretaban trompeta, flauta, instrumentos de vientos de madera y metal e

36 Schmidt JM. Hearing loss in students at a conservatory. *Audiology*. 1994 Jul-Aug;33(4):185-94. Online: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=8067924&dopt=Abstract&itool=iconabstr

37 Kahari KR. Hearing assessment of classical orchestral musicians. *Scand Audiol*. 2001;30(1):13-23. Online: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=11330914&dopt=Abstract&itool=iconabstr

38 McBride D. Noise and the classical musician. *BMJ*. 1992 Dec 19-26;305(6868):1561-3. Online: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=1286387&dopt=Abstract&itool=iconabstr

instrumentos de cuerdas mostró que la practica constituye un riesgo potencial para la pérdida de audición de carácter ocupacional.

En nuestro país no está establecido un criterio de riesgo de daño auditivo por la exposición a la música de carácter ocupacional, no existe un criterio unificado por el Ministerio de Salud y Trabajo, como si existe para la exposición a ruido industrial (U.S. Occupational Safety and Health Administration standards). El estudio realizado en las Orquestas Sinfónicas y Filarmónicas de Colombia concluyó que se debía desarrollar un Programa de Salud Ocupacional de forma estandarizada entre las orquestas del país, establecido en normas jurídicas como la Resolución 1016 del 31 de marzo de 1989 (reglamentación de la organización, funcionamiento y forma de los programas de Salud Ocupacional en el país) e incorporada al Sistema General de Riesgos Profesionales en el Decreto Ley 1295 de 1994 (Establece la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales), que permita desarrollar e implementar estrategias específicas para la conservación auditiva acordes con las necesidades de los músicos. El Sistema General de Seguridad Social en Salud, comprende entre otros componentes el Sistema General de Riesgos Profesionales que ampara los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales, mediante entidades administradores de Riesgos Profesionales. Para el empleador, además de ser obligación, es absolutamente necesario afiliar a todos los trabajadores a una entidad aseguradora de Riesgos Profesionales (ARP) desde el momento en que se inicie el vínculo laboral. En Colombia, el desarrollo de programas de Salud Ocupacional cuenta con un extenso soporte legal, las normas se basan en la necesidad de proveer y mantener un ambiente ocupacional en adecuadas condiciones de higiene y seguridad industrial. Por lo anterior y teniendo en cuenta lo planteado en este estudio, es necesario contribuir al cuidado de la salud auditiva de los estudiantes mediante la promoción de la conservación auditiva y prevención de la pérdida auditiva, que favorezca el estado de salud y la formación integral de los estudiantes de música.

6. CONCLUSIONES

- De los 48 estudiantes que conformaron la población de estudio 31 estudiantes (64,6%) eran de sexo masculino y 27 estudiantes (56.3%) pertenecían al grupo de edad entre 18 y 21 años. 27 estudiantes (56.31%) practicaban instrumentos de cuerdas, 17 estudiantes (35,6%) pertenecían al grupo de instrumentos de vientos, y sólo 4 estudiantes (8,4%) practicaban instrumentos de percusión. Los estudiantes manifestaron practicar los instrumentos musicales entre 3 y 4 horas diarias, y en promedio durante 6 días a la semana, desde hace 4 años.
- Con respecto a los niveles de presión sonora emitidos por los instrumentos musicales, se observó que los instrumentos de vientos producían el rango de intensidad mas fuerte: 55dB-88dB (intensidad baja o “piano”) y 94dB-100dB (intensidad alta o “forte”).
- Los antecedentes otológicos personales constituyen factores de riesgo para pérdidas auditivas, 37 estudiantes (77.1%) del total de la población presentaron este tipo de antecedente, de los cuales se encontraron 10 casos (20.8%) de caída leve de la vía aérea en frecuencias agudas e hipoacusia sensorial leve por oído derecho, y 7 casos (14.6%) por oído izquierdo.
- 40 estudiantes (83.3%) del total de la población opinaron que las condiciones acústicas de los salones de práctica instrumental de la Facultad de Artes no son las adecuadas para la práctica de los instrumentos.
- Con relación al nivel auditivo de la población, 33 estudiantes (68.8%) presentaron sensibilidad auditiva periférica normal por oído derecho, y 38 estudiantes (79.2%) por oído izquierdo; los cuales en su mayoría se

encontraron en el grupo de edad de 18-21 años (10 estudiantes, 20.83%), pertenecientes al sexo femenino. 12 estudiantes (25%) sufrieron pérdidas auditivas características de la exposición del ruido por oído derecho y 9 estudiantes (18.8%) por oído izquierdo, lo que muestra que el oído derecho resultó ser el más afectado. Con respecto al sexo y la edad se observó que 8 estudiantes del sexo masculino (16.6%) pertenecientes al rango de 22–40 años presentaron más pérdidas auditivas que los pertenecientes al rango de edad de 18-21 años. Los estudiantes que practicaban instrumentos de vientos sufrieron con mayor frecuencia de caída leve de la vía aérea en frecuencias agudas e hipoacusia sensorial leve, se observaron 6 casos (12.5%) con relación al oído derecho y otros 6 casos (12.5%) con respecto al oído izquierdo, destacándose en este grupo los que practican corno francés y trompeta; no se encontró este tipo de pérdidas auditivas en los estudiantes de instrumentos de percusión.

- Un porcentaje significativo de la población manifestó sufrir efectos fisiológicos del ruido entre los cuales los más frecuentes fueron la irritabilidad, el dolor de cabeza y el tinnitus, donde los más afectados fueron los estudiantes pertenecientes al sexo masculino (22 estudiantes, 45.8%), los que se encuentran en el rango de edad de 18-21 años (22 estudiantes, 45.8%) y los estudiantes de instrumentos de vientos, 15 (31.3%) de 17 estudiantes, presentaron efectos fisiológicos del ruido, es decir que fueron los más afectados.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda elaborar e implementar un Programa de Vigilancia Epidemiológica para la Conservación de la Audición de los estudiantes de música, orientado por profesionales que manejen la temática, que permita implementar la evaluación de la exposición al ruido de los estudiantes, controles administrativos y de ingeniería (acondicionamiento acústico de los salones de práctica), evaluación audiométrica y monitoreo periódico de la audición de los estudiantes, uso de protección auditiva especial para las necesidades acústicas, educación y motivación, elaboración de historias clínicas, y evaluación de la efectividad del programa. Se debe tener en cuenta a la hora de implementar el programa las condiciones preexistentes del estado auditivo de los estudiantes (estudio audiológico previo al ingreso al programa) y las necesidades individuales dependiendo de cada grupo de instrumentos de práctica (cuerdas, vientos, percusión). Este programa debe nacer a partir de la evidente necesidad de establecer estrategias de conservación auditiva necesarias para el ejercicio profesional del músico.

BIBLIOGRAFÍA

ASTI VERA, Armando. Metodología de la Investigación. Editorial Kapelusz, S. A. Argentina, 1973.

DE SEBASTIAN, Gonzalo. Audiología práctica. Quinta edición. Editorial Panamericana. Madrid, 1999.

Documento: Panorama de Riesgos Programa de Música de la Facultad de Artes de la Universidad del Cauca. Mimeografiado. Popayán, 2000

EISBER, Robert M. Física: Fundamentos y Aplicaciones. Volumen I. Edición exclusiva para ediciones la Colina S.A. España. Editorial Mc Graw Hill. España, 1981.

GALLEGO GUTIERREZ, Carmen Cecilia. Audiología visión de Hoy. Corporación Universidad Católica de Manizales. Manizales, 1992.

GARCIA ROMERO, Horacio. Metodología de la Investigación en Salud. Editorial Mc Graw Hill. Mexico, 1999.

HARRIS, Cyril M. Manual de medidas acústicas y control del ruido. Volumen I. Editorial Mc Graw Hill. España, 1995.

Informe Técnico. Salud y Música Investigación Descriptiva de los Procesos Laborales y los Factores de Riesgo Presentes en las Orquestas Sinfónicas y Filarmónicas de Colombia. Fundación Colombiana de Estudios Socioeconómicos Nuevos Rumbos. Junio, 1998. Bogotá. ISBN 95836-1-X

Kahari KR. Hearing assessment of classical orchestral musicians. Scand Audiol. 2001;30(1):13-23. Online:

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=11330914&dopt=Abstract&itool=iconabstr

Kaharit KR. Assessment of hearing and hearing disorders in rock/jazz musicians. Int J Audiol. 2003 Jul;42(5):279-88, Online: https://hinsweb.who.int/?place_to_go=https://hinsweb.who.int:443/http://www.healthinternetwork.org/scipub.php

KATZ, Jack. Handbook of clinical audiology. Cuarta edición. Editorial Williams & Wilkins. USA, 1994.

Laboratorios Starkey. Protegiendo su Sentido Vital. Online: <http://docs.starkey.com/sli-006140.pdf>

McBride D. Noise and the classical musician. BMJ. 1992 Dec 19-26;305(6868):1561-3. Online:

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=1286387&dopt=Abstract&itool=iconabstr

MIYARA. Federico. Acústica y Sistemas de Sonido. Capítulo 4. Acústica Arquitectónica. Argentina, 2002. Online: www.cetear.com/cap04.pdf

NEVILLE, H. Fletcher. The physics of Musical Instruments. Segunda Edición, Tercera Impresión Corregida. Editorial Springer. New York, 2000.

PACHECO, Léda C. A prática de audiologia clínica. Cuarta edición. Cortez Editora. Brasil, 1993.

PALACIOS, Aura Teresa. Cartilla Protejamos y Cuidemos Nuestra Audición. Dirección Departamental de Salud del Cauca. Popayán, 2002.

PARDO DE VELEZ, Graciela. Investigación en Salud, Factores Sociales. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá, 1997.

REINA. Mery. Hacia una revisión de la conceptualización metodológicas para calificar pérdidas auditivas por exposición al ruido ocupacional. Acta de Otorrinolaringología de Cabeza y Cuello [online]. 2002, vol. 30. No. 3. Online: [www.encolombia.com/medicina/otorrino/otorrino 30302-hacia una revision3.htm](http://www.encolombia.com/medicina/otorrino/otorrino%20302-hacia%20una%20revisi3.htm)

RIVAS. Jose A. Otología. Imprenta y publicación Fuerzas Militares. Bogota, 1992.

SANTUCCI. Michael. Musicians Can Protect Their Hearing. Journal: Medical Problems of Performings Artists, Philadelphia, 1990. Online: www.sensaphonics.com/articles/musicians.html

SEARS, Francis. Física Universitaria. Sexta Edición. Editorial Addison Wesley Iberoamericana. Estados Unidos, 1998.

SERWAT Raymond. Física. Tomo I. Cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill. Colombia 1998.

Schmidt JM. Hearing loss in students at a conservatory. Audiology. 1994 Jul-Aug;33(4):185-94. Online:

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=8067924&dopt=Abstract&itool=iconabstr

Teie PU. Noise-induced hearing loss and symphony orchestra musicians: risk factors, effects, and management. Md Med J. 1998 Jan;47(1):13-8. Online:

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=9448410&dopt=Abstract&itool=iconabst

ANEXOS

**ANEXO II
VARIABLES**

VARIABLE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	PREGUNTA
Sexo	Diferencia física y de conducta que distingue a los organismos individuales.	Observación	Masculino o Femenino
Edad	Tiempo que una persona ha vivido desde que nació.	Fecha de Nacimiento	Año, mes, y día de nacimiento
Nivel Auditivo	Umbral mínimo de audición de un individuo con respecto a la intensidad y la frecuencia.	Audiometría	Percepción auditiva de la intensidad mínima del tono 250Hz – 8000Hz) por vía aérea y ósea
Características acústicas del instrumento musical.	Nivel de intensidad en dB y frecuencia en Hz emitida por los instrumentos musicales	Sonometría	Rango de intensidad en dB y frecuencia en Hz emitido por los instrumentos musicales.
Antecedentes otológicos 1. antecedentes personales (Pautas de Higiene Auditiva)	Factores que contribuyen a la producción de un deterioro del sistema auditivo, los cuales dependiendo de las características del individuo repercuten en la calidad auditiva.	Encuesta	ANTECEDENTES PERSONALES Ha sufrido enfermedades del oído?, dolor, mareos, zumbidos, otras enfermedades.

<p>Reposo Auditivo diario, antecedentes fonorespiratorios) 2. Antecedentes familiares</p>			<p>Ha estado expuesto a ruido? Instrumentos musicales, equipos de amplificación, walkman.</p> <p>Ha sentido que oye menos? Por el oído derecho, oído izquierdo o ambos oídos.</p> <p>Horas de reposo auditivo diario?</p> <p>Usa protección auditiva cuando está expuesto al ruido?</p> <p>Antecedentes Fono respiratorios</p> <p>Ha sufrido enfermedades de la garganta? Amigdalitis, faringitis, faringoamigdalitis.</p> <p>Ha sufrido enfermedades de la nariz? Rinitis, sinusitis.</p> <p>ANTECEDENTES FAMILIARES</p>
---	--	--	---

			En la familia existen personas con: diabetes, hipertensión arterial, enfermedades renales, enfermedades respiratorias, sordera, otitis.
Instrumento Musical	Objeto fabricado, formado de una o varias piezas combinadas, que produce sonidos musicales por la vibración, pueden ser de cuerdas, vientos o percusión.	Encuesta	Piano, violín, guitarra, violonchelo, trombón, trompeta, saxofón, corno francés, fagot, clarinete, contrabajo, flauta traversa, batería, redoblante, marimba, xilófono, timbales.
Tiempo de práctica del Instrumento	Cantidad de tiempo en horas, días a la semana y años dedicadas a la práctica del instrumento	Encuesta	Horas al día, días a la semana, años.
Efectos fisiológicos del Ruido	Es la respuesta psicofisiológica del sujeto de agrado o rechazo relacionada con las características de la sensación sonora.	Encuesta	Efectos Fisiológicos del Ruido Zumbidos en los oídos, dolor de oído, malestar general dolor de cabeza, irritabilidad, falta de concentración.
Alteraciones conductivas	Trastorno de transmisión determinado por un incremento en la resistencia al paso de las vibraciones acústicas que afecta la conducción aérea especialmente de las frecuencias graves.	Otoscopia	Normal, cerumen no excesivo, cerumen compactado, resequedad de conducto auditivo externo, membrana timpánica opaca.

