

## TRABAJO ORIGINAL

# UMBRAL AUDITIVO PROMEDIO EN EL RANGO EXTENDIDO DE ALTA FRECUENCIA EN ADOLESCENTES NORMO-OYENTES DE AMBOS SEXOS ENTRE 14 A 17 AÑOS DE EDAD

## CONTRIBUCIÓN PARA LA NORMALIZACIÓN DE UMBRALES AUDITIVOS REFERENCIALES EN EL RANGO EXTENDIDO DE ALTA FRECUENCIA

*Lic. Verónica Bianchi (\*)*  
*(\*) Licenciada en Fonoaudiología*  
*Centro de Investigación y Transferencia en Acústica.*  
*(C.I.N.T.R.A.) Universidad Tecnológica Nacional (U.T.N.)*  
*Unidad Asociada de CONICET Córdoba - Argentina*

*Mail: fonovero@hotmail.com*



## RESUMEN

### Objetivo:

Este estudio pretende determinar valores medios referenciales de umbrales auditivos en el rango de 8000 Hz a 16000 Hz para fajas etarias divididas por año, a los 14, 15, 16 y 17 años.

Material y métodos: Para conformar la muestra, se estableció normalidad audiológica, a través de un cuestionario de estado auditivo, otoscopía, y se realizó audiometría en el rango convencional de frecuencias participando sólo aquellos con umbrales iguales o inferiores a 20 dB. Quedando conformada la muestra por 852 oídos. Luego se aplicó la audiometría en el rango extendido de alta frecuencia evaluando las frecuencias (8000, 9000, 10000, 11200, 12500, 14000 y 16000) Hz.

### Resultados y Discusión:

Se determinaron valores medios referenciales en las altas frecuencias. Se observó una tendencia del nivel de umbral auditivo medio a mejorar en ambos sexos en las frecuencias 14000 Hz y 16000 Hz en todas las edades y en relación a las demás frecuencias, aunque a elevarse a medida que aumenta la edad, siendo el umbral auditivo medio más elevado en los varones que en las mujeres. Mediante los datos obtenidos se pone de manifiesto la importancia de la audiometría de alta frecuencia como herramienta de detección precoz de hipoacusias perceptivas y la necesidad

indiscutible de contar con valores medios referenciales de umbrales auditivos en la clínica audiológica.

*Palabras clave:* Audiometría en el rango extendido de alta frecuencia; valores referenciales en el rango extendido de alta frecuencia; umbrales auditivos.

## **AVERAGE HEARING THRESHOLD IN HIGH FREQUENCY EXTENDED RANGE FOR NORMAL HEARING TEENAGERS, BOTH SEXES, BETWEEN 14 TO 17 YEARS OF AGE**

### **CONTRIBUTION FOR THE STANDARDIZATION OF REFERENTIAL HEARING THRESHOLDS IN THE HIGH FREQUENCY EXTENDED RANGE**

#### **SUMMARY**

##### **Objective:**

This study intends to determine mean reference values of hearing threshold ranging from 8000 Hz to 16000 Hz for age groups at 14, 15, 16, and 17 years old. Material and Methods: In order to form the sample, hearing normality was established through a hearing condition questionnaire, otoscopy, and an audiometry was performed in the conventional range of frequencies, in which only those with threshold lower than or equal to 20 dB participated. The sample was formed with 852 ears.

Then, the audiometry was used in the extended high frequency range to evaluate the frequencies of (8000; 9000; 10000; 11200; 12500; 14000; and 16000) Hz. Results and Discussion: Mean reference values in high frequencies were determined. At the middle hearing threshold level, a tendency to improve was observed in both sexes in the frequencies of 14000 Hz and 16000 Hz, at all ages, and in relation to the remaining frequencies; although there was a tendency to rise as age increased, being the mean hearing threshold higher in men than in women. By means of the data obtained, it is revealed the importance of high frequency audiometry as a tool for early detection of perceptive hypoacusia, as well as the undeniable need to count on mean reference values of hearing threshold in audiology practice.

*Key words:* Audiometry in high frequency extended range; reference values in high frequency extended range; hearing thresholds.

## Introducción

La capacidad auditiva del ser humano disminuye progresivamente con la edad, lo que se conoce como presbiacusia. Este envejecimiento se traduce en una afectación neurosensorial responsable de una hipoacusia perceptiva bilateral y progresiva.

La disminución en los umbrales auditivos también puede obedecer a otras causas como distintas patologías auditivas o la exposición a niveles sonoros elevados.

Es conocido desde hace mucho tiempo el efecto del ruido sobre la audición. El oído es extremadamente vulnerable a la acción del ruido, que puede actuar provocando una hipoacusia por alguno de estos dos mecanismos: 1. Por exposición a ruidos de tipo impulsivo de muy alto nivel sonoro originando el "trauma acústico" o 2. Por exposición crónica al ruido: llamada "hipoacusia inducida por ruido".<sup>1</sup>

En la actualidad sólo existe reglamentación para la exposición a ruidos de origen laboral establecida en la Norma ISO 19992 no así para ruidos recreacionales como puede ser el uso de reproductores personales de música o la concurrencia a recitales o locales bailables, actividades preferidas por los jóvenes.

La práctica clínica de la audiometría en alta frecuencia fue introducida en los comienzos de 1960, aunque las investigaciones iniciales datan de la segunda mitad del siglo 19. El interés en la audiometría de alta frecuencia surge a partir del conocimiento de que la pérdida auditiva se manifiesta inicialmente en frecuencias superiores a 8000 Hz, por lo que esta técnica podría utilizarse como herramienta de predicción temprana de daño auditivo.

Werner<sup>1</sup> hace referencia a varias investigaciones entre las cuales se destaca la de Flottrop quien en 1973 demostró la gran sensibilidad de las altas frecuencias en hipoacusias inducidas por ruido; Dieroff en 1982, quien sostiene que estas frecuencias son las primeras que se afectan en la exposición al ruido, comenzando por la de 15000 Hz: y menciona también a autores españoles como Galán Cortés y colaboradores ,quienes recientemente han referido un trabajo en el cual comprobaron que trabajadores sometidos a más de 100 dB en una industria naval y que presentaban trazados normales en las audiometrías convencionales tenían descensos del umbral en las frecuencias de alto rango, más pronunciados que en la población testigo (empleados administrativos).

Gloria Minoldo, prestigiosa audióloga clínica de la Ciudad de Córdoba, Argentina, en el año 2005, realizó un estudio informal, para determinar umbrales auditivos en el rango extendido de alta frecuencia en sujetos desde los 20 a 60 años con la finalidad de obtener valores de referencia para la aplicación clínica de esta prueba, registrando una tendencia del umbral medio a elevarse en función del aumento de la edad y la frecuencia.

Serra et al en el año 2005<sup>3</sup> plantea que en el rango extendido de altas frecuencias, los niveles de umbrales auditivos registrados en las frecuencias 14000 Hz y 16000 Hz podrían ser un posible predictor de hipoacusia inducida por ruido en concordancia con los estudios de Erickson et al, 1980; Fausti et al, 1981; Dieroff, 1982 y Hallmo et al, 1995.

En el año 2007, Andréa C. Lopes et al<sup>4</sup>, realizaron un estudio sobre los umbrales de audición para las altas frecuencias en niños de 7 a 13 años, donde concluyeron que existieron diferencias estadísticamente significativas entre los promedios para el oído izquierdo y derecho en las

frecuencias 9000 Hz y 11200 Hz, y que los niveles de umbrales auditivos no descienden a medida que aumenta la frecuencia y la edad. Estos datos se correlacionan con los obtenidos en este estudio donde se evidencia en todas las fajas etáreas que los umbrales auditivos mejoran en las frecuencias 14000 Hz y 16000 Hz. Estos resultados también fueron obtenidos en el estudio de Sahyeb D. et al <sup>5</sup>, que en el 2003 trabajaron con individuos entre 18 y 30 años otológicamente normales, con el objetivo de establecer una metodología adecuada para la aplicación clínica de la audiometría en el rango extendido de alta frecuencia. Los niveles de umbrales auditivos que se registraron tienden a descender en las frecuencias 14000 Hz y 16000 Hz.

Numerosos estudios hacen referencia a las dificultades que se presentan en la aplicación clínica de la audiometría en el rango extendido de alta frecuencia y en la posibilidad de validar los umbrales obtenidos. También en la dificultad de comparar resultados de los diferentes estudios entre sí.

En este estudio se observó que es difícil comparar los umbrales auditivos en el rango extendido de alta frecuencia con los obtenidos por otros trabajos por las diferencias en las técnicas empleadas, los instrumentos y su calibración y los criterios de inclusión de los participantes.

Para la aplicación clínica de la audiometría de alta frecuencia se han desarrollado instrumentos, métodos de estandarización de equipos y procedimientos de calibración (ISO 389-5: 1998 Acoustics - Reference zero for the calibration of audiometric equipment -- Part 5: Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones in the frequency range 8 kHz to 16 kHz.) aunque al presente, aún no se encuentran normalizados los niveles de umbrales auditivos esperados en función de la edad.

Werner concluye refiriéndose a la detección precoz de la fragilidad auditiva que “Sería sumamente interesante despertar el interés de médicos del trabajo, otorrinolaringólogos y fonoaudiólogos laborales en experimentar con las audiometrías de alta frecuencia”.

La pérdida auditiva ya sea como consecuencia de la edad o de los efectos del ruido sobre el sistema auditivo se traduce en una Hipoacusia Perceptiva la cual es irreversible. Cualquiera de estas causas en su desarrollo fisiológico afecta a las células ciliadas externas que se ubican en la zona más basal de la cóclea, y son las que se encargan de la captación de las frecuencias más altas, y las que reciben permanentemente el paso de la energía sonora independientemente de la frecuencia. El descenso de los umbrales auditivos producto de la edad no es evitable, como se refleja en la norma ISO 7029:2000, es un proceso normal en el desarrollo del sistema auditivo humano. Por su parte los descensos en los umbrales ya sea como consecuencia de la exposición a niveles sonoros elevados o también a la acción de agentes ototóxicos pueden ser prevenidos, a partir de un diagnóstico oportuno en el tiempo, tomar medidas profilácticas con la finalidad de contribuir a que la patología auditiva no continúe desarrollándose.

Por esto surge la necesidad de contar con una prueba clínica adecuada de detección temprana de pérdidas auditivas con la finalidad de tomar medidas preventivas y no terapéuticas.

La finalidad del presente estudio es determinar umbrales promedios referenciales de normalidad esperados en una población de adolescentes entre 14 y 17 años de edad en el rango extendido de alta frecuencia, considerándola una opción diagnóstica cuando se pretende obtener datos sobre la predisposición subjetiva a la pérdida auditiva, esto se fundamenta sobre su fisiología donde encontramos que numerosos casos de pérdidas auditivas se registran en las frecuencias por encima de los 8000 Hz, aún, cuando en la audiometría en el rango convencional de 125 Hz a 8000 Hz no se observan descensos significativos en los umbrales auditivos.

A partir de la revisión de la literatura se pone de manifiesto que las mismas continúan demostrando su utilidad en el diagnóstico temprano de las pérdidas auditivas neurosensoriales, aunque no existe homogeneidad en los materiales y métodos empleados en otras investigaciones, por lo que es dificultoso comparar resultados y determinar umbrales referenciales indispensables para la aplicación clínica de la audiometría de altas frecuencias.

Considerando lo anteriormente expuesto sería de suma importancia incluir esta prueba en el diagnóstico clínico de hipoacusias Neurosensoriales, como un método preventivo temprano, para lo cual se considera sumamente necesario conocer la distribución estadística de los niveles de umbrales auditivos referenciales en función de la edad y el sexo en sujetos otológicamente normales.

### **Objetivo General:**

Determinar valores estadísticos para umbrales auditivos en el rango extendido de alta frecuencia entre jóvenes de ambos sexos de 14 a 17 años de edad pertenecientes a dos escuelas privadas de la ciudad de Córdoba, Argentina.

### **Objetivos Específicos**

1. Seleccionar adolescentes normo-oyentes de ambos sexos entre los 14 y 17 años de edad pertenecientes a dos escuelas privadas de la Ciudad de Córdoba.
2. Obtener el umbral auditivo promedio en el rango convencional de frecuencia de los adolescentes evaluados por edad y por sexo.
3. Obtener el umbral en el rango extendido de alta frecuencia de los adolescentes evaluados por edad y por sexo.
4. Determinar percentiles para los umbrales auditivos en el rango extendido de alta frecuencia de acuerdo al sexo y a la edad.

### **Material y Métodos**

La muestra estuvo constituida 439 por adolescentes entre 14 y 17 años de edad, pertenecientes a dos escuelas privadas de la ciudad de Córdoba, Argentina, cuyos padres firmaron un consentimiento por escrito para su participación y fueron clasificados en función al sexo y a la edad.

Para cumplimentar con los criterios de inclusión de la muestra se realizaron las siguientes pruebas:

### Pruebas Aplicadas

1. Cuestionario de estado auditivo (construido de acuerdo a los lineamientos de la Norma ISO TC 43: CD 389-5) aplicado individualmente para detectar variables que pueden afectar la función auditiva,
2. Otoscopía, mediante la utilización de dos otoscopios clínicos, uno para cada escuela, para comprobar el estado del canal auditivo externo del oído.
3. Audiometría en el rango convencional de frecuencias (determina el umbral auditivo entre los 125 Hz y 8000 Hz).
4. Audiometría en el rango extendido de alta frecuencia (determina el umbral auditivo entre 8000 Hz a y 16000 Hz).

### Lugar de trabajo

Para la realización de las pruebas audiométricas (3 y 4) se diseñaron y construyeron dos cámaras audiométricas, cumplimentando los requerimientos de las Normas ISO 8253-1 (1989) e IRAM 4028-1 (1997) en cuanto al aislamiento sonoro. Cada una de ellas fue instalada en un ambiente silencioso en el interior de cada una de las escuelas involucradas en el estudio.

### Instrumentos de medición y procedimientos utilizados

1. Cuestionario de estado auditivo, diseñado según los lineamientos de la Norma ISO TC 43: CD 389-5 y administrado individualmente.
2. Dos otoscopios para observación del canal auditivo externo, marca Heine, modelo Beta, uno para cada escuela.
3. Dos audiómetros Madsen, modelo Orbiter 922 DH/1, para los rangos convencional y extendido de frecuencias que cumplen con los requerimientos de las Normas IRAM 4075 e IEC 60645-1, 60645-4. La calibración de cada uno de los audiómetros fue realizada para ambos rangos de frecuencia de acuerdo a las Normas IRAM 4075, ISO 389-5 e ISO/CD 389- 8, con oído artificial trazable con los patrones del Physikalish-Technische Bundesanstalt (PTB) Braunschweig, Alemania.
4. Dos auriculares circundantes, marca Sennheiser HDA 200, para ambos rangos de frecuencia, uno para cada audiómetro. La fuerza de banda de ajuste responde a las especificaciones de la norma ISO 389-5.

Para la determinación del umbral auditivo en ambos rangos de frecuencia se aplicó el “bracketing method”, especificado por la norma ISO 8253-1, con saltos discretos de 2 dB para las señales de prueba, con la finalidad de obtener mayor precisión.

Para el análisis estadístico descriptivo de los datos se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 19.0.

### Resultados

Las muestras en función del sexo y la edad quedaron conformadas por aquellos adolescentes que cumplían con los requisitos exigidos para la inclusión en el estudio:

De acuerdo al cuestionario del estado auditivo no debía presentar antecedentes hereditarios o personales de problemas auditivos

Buen estado del canal auditivo externo, según la observación otoscópica.

En cuanto a los niveles de umbral auditivo (HTL) en el rango convencional de frecuencias, (250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000) Hz, los participantes presentaban umbrales hasta 20 dB.

En el caso de que en una frecuencia en el rango convencional, el umbral auditivo registrado en un oído, fuera mayor a 20 dB este oído era excluido de la muestra, conservando el que cumplía con lo requerido.

Inicialmente se testearon 439 adolescentes entre 14 y 17 años de edad, es decir 878 oídos, de los cuales se eliminaron 26 oídos (12 oídos derecho y 14 oídos izquierdo) que no cumplían con los requisitos de inclusión descriptos. A ello se agrega la eliminación total de un participante de 17 años por presentar en ambos oídos un umbral auditivo con desplazamientos mayores a 20 dB.

La conformación definitiva de la muestra, en función del sexo y la edad, quedó constituida según se muestra en la Tabla I.

Se realizó en primer lugar el análisis descriptivo de los resultados, obteniéndose la Media Aritmética (Promedio) y la Desviación Estándar por oído y por frecuencia en función del sexo y la edad, lo que se muestra en la Tabla II.

Se analizaron los datos obtenidos de las audiometrías en el rango extendido de las altas frecuencias normalizadas (8000 – 9000 – 10000 – 11200 – 12500 – 14000 – 16000) Hz de los oídos pertenecientes a los adolescentes incluidos en la muestra definitiva.

Se realizó el análisis de los datos obtenidos y se dividió la muestra entre hombres y mujeres y a su vez cada uno por edad, 14, 15, 16 y 17 años, de esta manera se conformaron 8 grupos de sujetos siendo el de mayor cantidad el grupo de hombres de 14 años y el de menor cantidad el de mujeres de 17 años.

En las figuras 1 a 8 se detallan los umbrales auditivos promedios registrados en cada uno de los grupos en función de la edad y el sexo en dB HL y sus respectivas desviaciones estándar en el rango extendido de alta frecuencia.

Teniendo en cuenta que los umbrales auditivos en el rango convencional de frecuencia de los participantes de este estudio es igual o menor a 20 dB, en el las altas frecuencias se observa que el umbral promedio entre varones y mujeres no supera en ningún caso los 12 dB HL. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos oídos en ningún grupo.

En las figuras se registra como los umbrales auditivos promedios descienden a partir de la frecuencia 1200 Hz seguida de la 12500 Hz tendencia más marcada en el grupo de varones.

Aunque en todos los grupos los descensos en los umbrales auditivos de ambos oídos se mantienen prácticamente simétricos. Tanto en el grupo de varones como de mujeres se mantiene la tendencia de los umbrales auditivos a mejorar en las frecuencias 14000 Hz y 16000 Hz.

La desviación estándar en el rango extendido de alta frecuencia aumenta en proporción al aumento de frecuencia lo que concuerda con todos los estudios consultados en la literatura, esta tendencia

indica que a medida que se incrementa la frecuencia se incrementa la variabilidad interpersonal, aunque la misma se mantiene relativamente estable en todas las frecuencias, no superando los 15 dB HL.

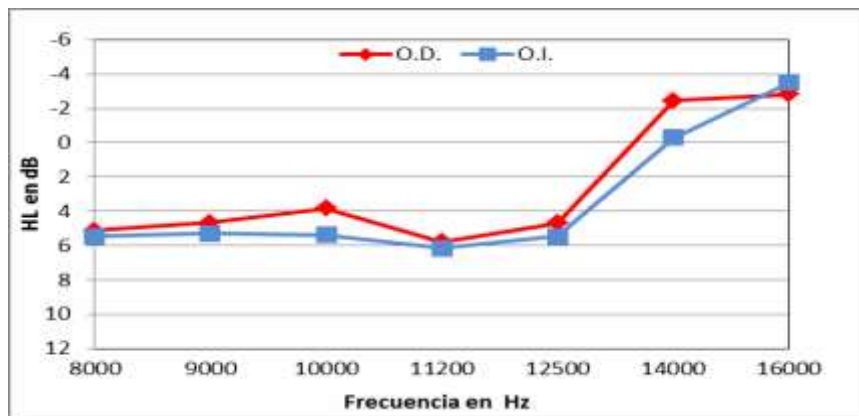
En la Tabla III se registra la distribución de los umbrales auditivos promedio a través de percentiles según el sexo y la edad en el rango extendido de alta frecuencia. Estos datos ofrecen información sobre la distribución estadística esperada para adolescentes normo-oyentes de 14 a 17 años de edad. Los percentiles usados fueron 5, 10, 25, 50, 75 y 95 para umbrales auditivos en oído derecho e izquierdo, en cada frecuencia del rango extendido normatizada. Los valores percentiles indican los niveles de umbrales auditivos para cada percentil, por ejemplo; en la frecuencia 10 000 Hz en oído derecho para el grupo de mujeres de 14 años, el percentil 25 es - 2,5 dB, esto significa que el 25% de los individuos de ese grupo tiene umbrales auditivos iguales o menores a -2,5 dB.

**Tabla I. Cantidad Total de oídos en función del sexo y la edad.**

Edad	Sexo	Oído Derecho	Oído Izquierdo
14 años	Mujeres	54	54
	Varones	77	76
15 años	Mujeres	49	49
	Varones	61	58
16 años	Mujeres	40	42
	Varones	58	58
17 años	Mujeres	37	39
	Varones	51	49
TOTAL de Oídos		427	425

**Tabla II: Media (Promedio) y Desviación Estándar (D.E.) en dB HL, para oído derecho (O.D.) y oído izquierdo (O.I.) en el rango extendido de alta frecuencia en función del sexo y la edad de los adolescentes participantes.**

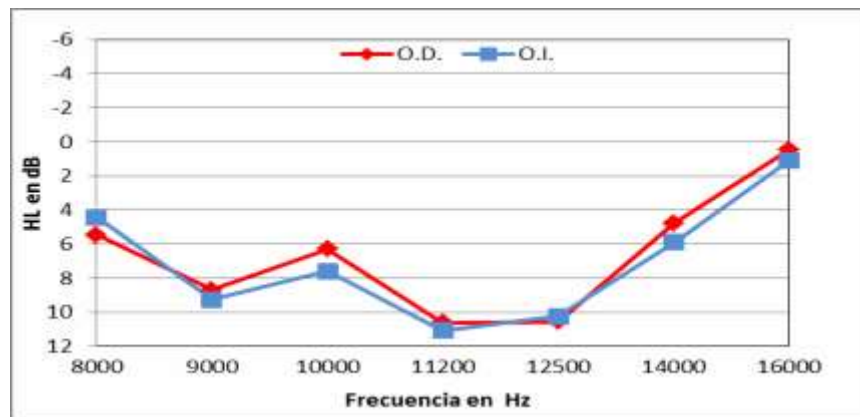
Edad y Sexo	Medidas Estadísticas (dB HL)	Frecuencias (Hz)													
		8000 Hz		9000 Hz		10000 Hz		11200 Hz		12500 Hz		14000 Hz		16000 Hz	
		O.D.	O.I.	O.D.	O.I.	O.D.	O.I.	O.D.	O.I.	O.D.	O.I.	O.D.	O.I.	O.D.	O.I.
14 AÑOS	Media	3,54	3,7	2,41	1,9	1,52	1,3	2,9	2,81	3,37	1,18	-1,92	-3,11	-0,48	-3,3
	Mujeres	D.E.	4,94	5,28	5,47	5,43	6,35	5,98	7,01	7,31	7,42	6,51	8,67	6,76	10,36
Varones	Media	5,13	5,47	4,67	5,29	3,84	5,37	5,79	6,16	4,7	5,47	-2,44	-0,31	-2,83	-3,5
	D.E.	5,92	6,51	6,98	6,67	6,36	6,36	6,69	7,31	7,76	8,51	7,74	9,17	9,4	8,84
15 AÑOS	Media	2,53	4,67	0	1,75	3,71	3,31	4,53	5,69	5,14	3,51	-2,37	-1,51	-1,94	-1,35
	Mujeres	D.E.	6,09	6,6	6,59	6,27	7,63	7,18	7,81	9,15	8,17	9,13	8,68	8,35	11,52
Varones	Media	5,46	4,41	8,67	9,24	6,29	7,59	10,61	11,07	10,54	10,24	4,75	5,9	0,46	1,07
	D.E.	6,48	5,20	7,04	7,32	7,42	6,55	8,56	7,66	8,56	8,68	9,73	11,87	11,12	10,81
16 AÑOS	Media	4,62	0,59	4,25	2,29	1,3	0,1	3,2	3	5,8	0,28	0,3	-0,14	2,15	-0,95
	Mujeres	D.E.	6,87	6,84	6,63	6,16	7,8	8,71	9,12	9,73	9,08	6,75	12,1	7,73	12,41
Varones	Media	4,53	4,67	6,38	5,93	5,86	8,14	7,76	8,14	8,79	6,72	5,45	3,93	0,48	0,79
	D.E.	5,44	5,76	5,59	6,73	7,96	7,83	8,1	7,83	9,63	8,44	10,17	9,17	11,67	10,71
17 AÑOS	Media	4,43	3,97	3,13	3,74	2,7	3,23	5,67	7,38	7,62	5,79	2,43	1,43	2,7	2,51
	Mujeres	D.E.	6,83	6,33	5,3	6,19	5,64	7,06	8,13	8,80	7,63	7,53	12,47	8,53	14,79
Varones	Media	4,98	5,82	7,66	8,27	6,72	8,08	8	10,31	9,24	8,43	5,84	7,49	1,36	2,08
	D.E.	5,59	5,42	6,97	6,69	6,92	7,32	7,73	6,86	9,54	7,96	11,17	10,61	12,38	11,28



Desviación Estándar

F. Hz	8000	9000	10000	11200	12500	14000	16000
O.D.	5,92	6,98	6,36	6,69	7,76	7,74	9,40
O.I.	6,51	6,67	6,36	7,31	8,51	9,17	8,84

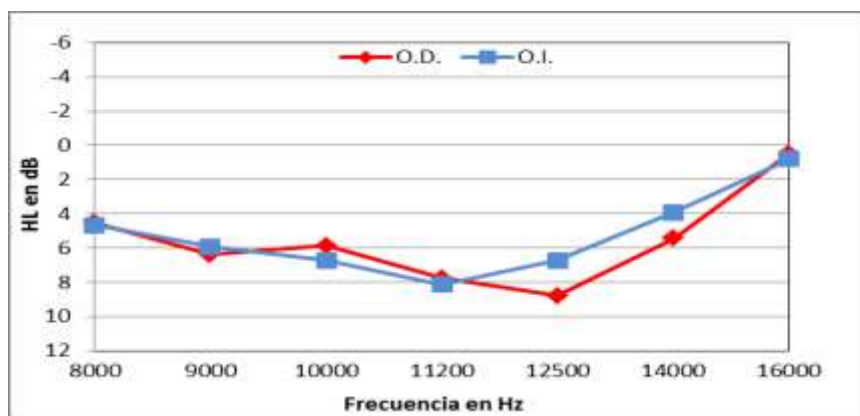
**Figura 1. Umbrales auditivos promedio en el rango extendido de alta frecuencia para varones de 14 años**



Desviación Estándar

F. Hz	8000	9000	10000	11200	12500	14000	16000
O.D.	6,48	7,04	7,42	8,58	8,56	9,73	11,12
O.I.	5,20	7,32	6,55	7,66	8,68	11,87	10,81

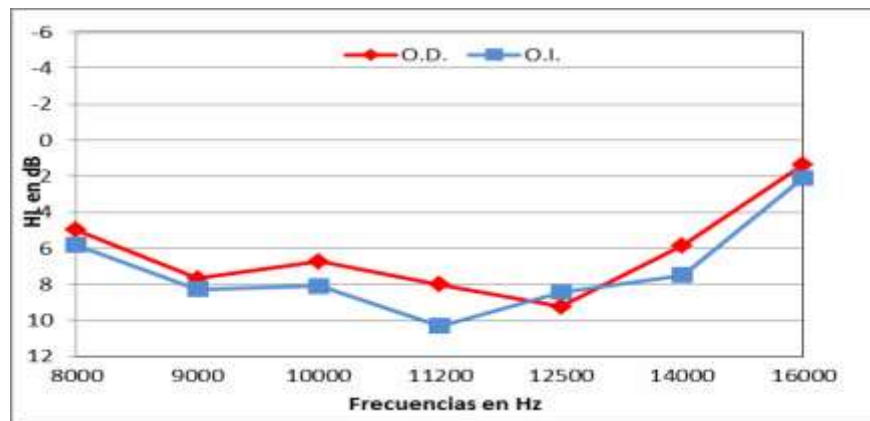
Figura 2. Umbrales auditivos promedio en el rango extendido de alta frecuencia para varones de 15 años



Desviación Estándar

F. Hz	8000	9000	10000	11200	12500	14000	16000
O.D.	5,44	5,59	7,96	8,10	9,63	10,17	11,67
O.I.	5,76	6,73	8	7,83	8,44	9,17	10,71

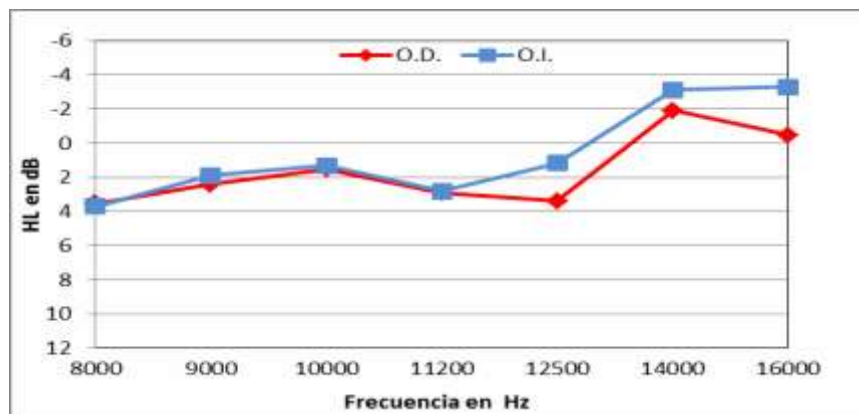
Figura 3. Umbrales auditivos promedio en el rango extendido de alta frecuencia para varones de 16 años



Desviación Estándar

F. Hz	8000	9000	10000	11200	12500	14000	16000
O.D.	5,59	6,97	6,92	7,73	9,54	11,17	12,38
O.I.	5,42	6,69	7,32	6,86	7,96	10,61	11,28

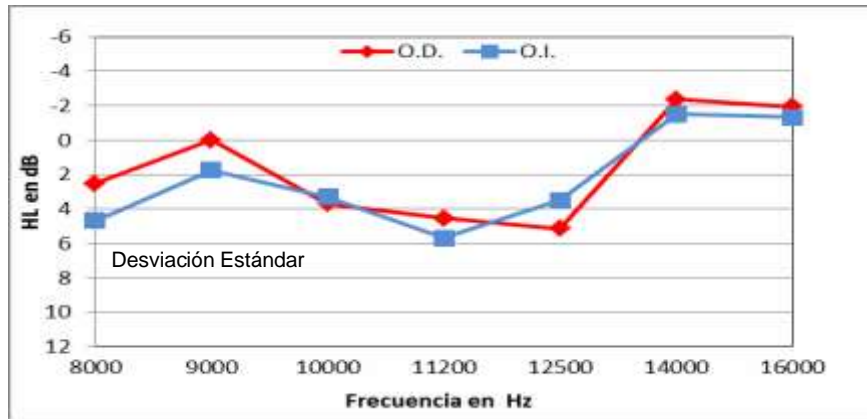
Figura 4. Umbrales auditivos promedio en el rango extendido de alta frecuencia para varones de 17 años



Desviación Estándar

F. Hz	8000	9000	10000	11200	12500	14000	16000
O.D.	4,94	5,47	6,35	7,01	7,42	8,67	10,36
O.I.	5,28	5,43	5,98	7,31	6,51	6,76	8,08

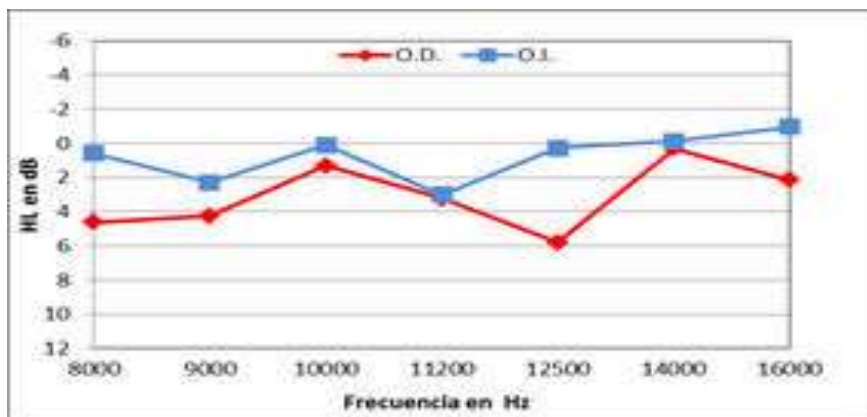
Figura 5. Umbrales auditivos promedio en el rango extendido de alta frecuencia para mujeres de 14 años



Desviación Estándar

F. Hz	8000	9000	10000	11200	12500	14000	16000
O.D.	6,09	6,59	7,63	7,81	8,17	8,68	11,52
O.I.	6,60	6,27	7,18	9,15	9,13	8,35	10,42

Figura 6. Umbrales auditivos promedio en el rango extendido de alta frecuencia para mujeres de 15 años

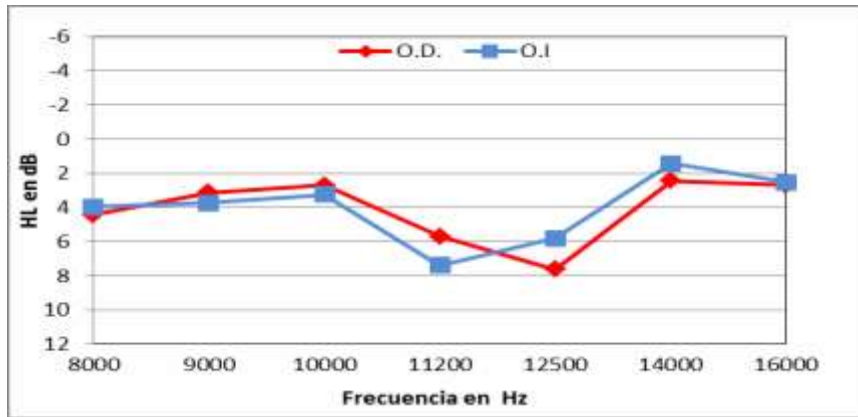


Desviación Estándar

F. Hz	8000	9000	10000	11200	12500	14000	16000
O.D.	6,87	6,63	7,80	9,12	9,08	12,10	12,41
O.I.	6,84	6,16	8,71	9,73	6,75	7,73	12,71

Figura 7. Umbrales auditivos promedio en el rango extendido de alta frecuencia para mujeres de 16 años

/ UMBRAL AUDITIVO PROMEDIO EN EL RANGO EXTENDIDO DE ALTA FRECUENCIA EN ADOLESCENTES NORMO-OYENTES DE AMBOS SEXOS ENTRE 14 A 17 AÑOS DE EDAD



Desviación Estándar

F. Hz	8000	9000	10000	11200	12500	14000	16000
O.D.	6,83	5,30	5,64	8,13	7,63	12,47	14,79
O.I.	6,33	6,19	7,06	8,80	7,53	8,53	13,37

Figura 8. Umbrales auditivos promedio en el rango extendido de alta frecuencia para mujeres de 17 años

Tabla III. Percentiles para umbrales auditivos de cada oído en el rango extendido de altas frecuencias en adolescentes normo-oyentes de ambos sexos entre 14 y 17 años de edad

Frecuencia en Hz	Oído	Edad (años)	Mujeres							Varones						
			Percentiles en dB													
			5	10	25	50	75	90	95	5	10	25	50	75	90	95
8000	D	14	-6	-2	0	3	8	10	11	-3	-2	0	6	9,5	12	16
	I	14	-4	-2	0	2	8	12	12	-6	-2	2	4	10	16	18
	D	15	-5,5	-4	-3	1	6	10	15	-4	-2	0	5	10	15	18
	I	15	-4	-2	0,5	2	8,5	16	19,5	-3	-2	1	3	8	12	14
	D	16	-9	-2	0	3,5	9	16	19	-4	-2	0	4	8	10	17
	I	16	-10	-6	-4	-2	5,5	11	16	-3	-2	0	4	8	12	18
9000	D	17	-4	-3	-1	2	9,5	16	17	-3	-1	0	3	9	12	17
	I	17	-6	-4	-0,5	2	8	14	18	-1	0	2	4	9	14	17
	D	14	-6,5	-5	-2	2	6	10	12	-6	-4	-2	4	10	14	16
	I	14	-6	-5	-2	1	6	10	12	-6	-4	0	6	9,5	15	18
	D	15	-6	-6	-4	-2	3	8	10	-1	1	3	9	13	19	19
	I	15	-8	-6	-3	2	6	10	15	-1	1	5	9	13	21	25
10000	D	16	-8	-4	2	4	8	12	14	-4	-2	2	6	10	16	20
	I	16	-8	-8	-3,5	-1	4	8	16	-4	-2	0	4	10	16	16
	D	17	-4	-2	0	2	6	12	14	-3	-2	2	6	10	18	20
	I	17	-6	-4	0	2	6	12	17	-1	0	3	8	13	16	21
	D	14	-10	-6	-2,5	1	6	10	14,5	-8	-8	0	4	8	12	14
	I	14	-8	-8	-4	2	4,5	10	12,5	-4	-2	2	5	9,5	14	18
11200	D	15	-9	-6	-2	4	8	16	18	-4	-4	0	6	10	20	22
	I	15	-7	-6	-2	2	8	14	15	-2	0	2	6	12	18	20
	D	16	-10	-8	-4	0	4	12	18	-6	-2	0	5	12	16	18
	I	16	-10	-10	-6	0	4	12	12	-6	-2	1,5	6	12	18	24
	D	17	-8	-4	-1	2	6	12	14	-4	-2	2	6	12	16	18
	I	17	-6	-4	-2	2	8	14	17	-4	2	4	6	12	20	23

## Continuación Tabla III

Frecuencia en Hz	Oído	Edad (años)	Mujeres							Varones						
			Percentiles en dB							Percentiles en dB						
			5	10	25	50	75	90	95	5	10	25	50	75	90	95
12500	D	14	-8	-5	-2	2	8,5	15	18	-6	-4	-2	4	10	14	20
	I		-8,5	-6	-4	0	6	10	13	-8	-4	0	4	11,5	18	22
	D	15	-9	-6	0	4	9	16	21	-3	1	5	9	14	23	25
	I		-10	-8	-3	2	10	18	20	-1	-1	3	9	17	23	27
	D	16	-8	-6	-2	6	12	18	22	-4	-2	2	6	14,5	22	28
	I		-8	-8	-5,5	0	4	12	12	-4	-4	0	6	12,5	18	22
D	17	-6	-2	2	8	12	19	24	-6	-2	4	8	14	20	26	
I		-6	-3	0	4	10	18	24	-7	0	4	8	14	20	23	
14000	D	14	-10	-10	-10	-5	4,5	11	14,5	-10	-10	-10	-4	2	8	16
	I		-10	-10	-8	-5	0,5	7	10	-10	-10	-8	-2	6	16	18
	D	15	-10	-10	-10	-6	2	12	18	-8	-8	-3	4	10	20	24
	I		-10	-10	-9	-4	5	14	15	-10	-6	-4	4	12,5	20	27
	D	16	-10	-10	-9,5	-4	7,5	18	22	-8	-6	-2,5	4	10,5	20	24
	I		-10	-10	-8	0	7,5	10	14	-10	-10	-2,5	2	10	18	20
D	17	-10	-10	-7	-2	8	20	36	-9	-6	-2	4	12	23	25	
I		-10	-10	-6	0	7	14	15	-10	-6	2	6	14	24	30	
16000	D	14	-10	-10	-10	-4	8	15	20,5	-10	-10	-10	-8	3	11	16
	I		-10	-10	-10	-6	2	7	16	-10	-10	-10	-9	2	10	14
	D	15	-10	-10	-10	-7	3,5	17	26	-10	-10	-10	-2	5	18	27
	I		-10	-10	-10	-5	3	15	19,5	-10	-10	-8,5	-3	10	18	24
	D	16	-10	-10	-10	-2	11,5	22	26	-10	-10	-10	-2	8	16	32
	I		-10	-10	-10	-7	4	19	35,5	-10	-10	-8	-2	6,5	16	24
D	17	-10	-10	-9	-4	10	30	36	-10	-10	-10	-2	6	18	25	
I		-10	-10	-8	-2	8	20	36	-10	-10	-7	-2	9	24	24	

## Conclusión y Discusión

A través de este estudio se pretende establecer una propuesta, en base a lineamientos normalizados, que dé cuenta de los umbrales auditivos promedios normales para la audiometría en el rango extendido de alta frecuencia entre los 14 y 17 años, con la finalidad de su utilización en la práctica clínica. Las frecuencias testeadas normalizadas fueron 8000 Hz, 9000 Hz, 10000 Hz, 11200 Hz, 12500 Hz, 14000 Hz y 16000 Hz y los resultados fueron expresados en dB HL.

Las actividades recreativas preferidas por los jóvenes en la actualidad incluye la exposición a niveles sonoros elevados indistintamente del sexo, desconociendo los posibles efectos nocivos sobre el sistema auditivo. Los datos obtenidos demuestran la relevancia de la utilización de la Audiometría en el rango extendido de alta frecuencia en el diagnóstico temprano de las hipoacusias Neurosensoriales y su utilización como método preventivo de pérdidas auditivas irreversibles. Se considera que la aplicación clínica de rutina constituye una opción diagnóstica válida y fehaciente en el área de prevención y de conservación de la audición. Es real la dificultad en comparar estudios entre sí por las diferencias técnicas encontradas en los mismos, desde los materiales y su calibración, faja etáreas estudiadas hasta el rango de altas frecuencias investigadas, por lo que se sostiene la importancia de los datos obtenidos en este estudio donde cada una de las variables han sido rigurosamente controladas, obteniendo de esta manera, umbrales auditivos promedio de sujetos normo-oyentes entre los 14 y 17 años de edad propuestos para su utilización como valores referenciales en la práctica clínica audiológica.

Está comprobado de que el rango extendido de altas frecuencias es el primero en afectarse refiriendo descensos en los umbrales auditivos aún cuando en el rango convencional de frecuencias no se registran alteraciones. La bibliografía consultada concuerda en que los umbrales auditivos en el rango extendido de alta frecuencia descienden en función al aumento de edad y de frecuencia. Lo que se

considera válido teniendo en cuenta la anátomo-fisiología del sistema auditivo. En el presente estudio no se registraron los mismos resultados, ya que la faja etárea de los participantes fue de 14 a 17 años.

En el momento de que se establezcan los umbrales auditivos referenciales en el rango extendido de altas frecuencias la relevancia de esta prueba audiométrica sería indiscutida.

Diversos autores refieren la importancia de las frecuencias 14000 Hz y 16000 Hz como predictoras de hipoacusias neurosensoriales, en este estudio se observó una tendencia de los umbrales auditivos a mejorar en estas dos últimas frecuencias lo que se considera de suma importancia a la hora de realizar un diagnóstico precoz de hipoacusia perceptiva coclear, si se consideran estas frecuencias como referenciales de normalidad estaríamos frente a datos de extrema significancia en materia de prevención y conservación de la audición. Serra et al<sup>3</sup> sostienen que el daño auditivo puede no estar totalmente manifestado a la edad de 19 años (Henderson y cols, 2011), pero hay evidencia de que sus efectos son acumulativos (Harrison, 2008). Esto podría deberse a la “redundancia” de las células ciliadas en la cóclea que cumplen funciones similares de acuerdo a su posición coclear, haciendo que la manifestación del daño que se va produciendo en ellas sea paulatina, y sea más evidente recién en la década de los 20-29 años de edad. Teniendo en cuenta esta premisa se sugiere continuar la investigación sobre los umbrales auditivos en adolescentes con la finalidad de corroborar de manera comparativa los umbrales en las frecuencias convencionales y su correlación en el rango de altas frecuencias, evidenciando la importancia de las frecuencias 14000 y 16000 Hz como predictoras tempranas de hipoacusias perceptivas.

## Reconocimientos

*Mi mayor agradecimiento por su tiempo, dedicación y confianza al Ingeniero Mario René Serra sin el cual no hubiese podido ser factible este trabajo de investigación y quien me ha incentivado en la premisa de la importancia de la detección precoz en las Hipoacusias Neurosensoriales, abriéndome las puertas del CINTRA, junto a Cristina Biassoni.*

*A las Licenciadas en Fonoaudiología Gloria Minoldo y Marta Pavlick, por haberme escuchado y aconsejado en aspectos referidos al trabajo de investigación, como también profesionales.*

*Al decano de la Universidad Tecnológica Nacional, Ingeniero Héctor Eduardo Aiassa por permitirme formar parte de esta casa de estudios y poder desarrollar mi trabajo.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Werner AF, Mendez AM, Salazar EB. *El ruido y la audición*. Buenos Aires: Editorial Ad-Hoc; 1990
2. ISO 1999:2013 *Acoustics -- Estimation of noise-induced hearing loss*. International Organization for Standardization, 2013.
3. Serra MR, Biassoni EC, Richter U, Minoldo G, Franco G, Abraham S, et al. *Recreational noise exposure and its effects on the hearing of adolescents. Part I: An interdisciplinary long-term study*. *International Journal of Audiology*. 2005; 44(2), 65-73.
4. Lopes C A, Almeida B, Moreno Zanconato C, Mondelli, MF . *Estudo dos limiares de audibilidade de altas frequências em crianças ouvintes com idades entre 7 e 13 anos*. *Distúrbios da Comunicação: São Paulo, Agosto 2007; 19(2): 173-180 [cited 2013 Mar 7]; Disponible en: <http://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/viewFile/11893/8610>*
5. Sahyeb DR, Costa Filho O, Alvarenga K. *Audiometria de alta frequência: estudo com indivíduos audiológicamente normais*. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* [Internet]. 2003 Jan [citado 2013 Oct 10] ; 69( 1 ): 93-99. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-72992003000100015&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-72992003000100015&lng=en)  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72992003000100015>
6. Lauckly, E., Burén, M., Solem, S. *Threshold of hearing (0.125-20 kHz) in children and youngsters*. *British Journal of Audiology*, 1992; 26, 23-31.
7. Reuter, W., Schonfeld, U., Mansmann, U., Fischer, R., & Gross, M. *Extended high frequency audiometry in pre-school children*. *International Journal of Audiology*, 1998; 37(5), 285-294.
8. Fausti SA, Frey RH, Erickson DA, Rappaport BZ, Cleary EJ, Brummett RE. *A system for evaluating auditory function from 8000-20 000 Hz*. *J Acoust Soc Am* 1979; 66(6), 1713-1718.
9. Retamal MC, Marochi R, Zeigelboim B S, Marques JM. *Estudo dos limiares de audibilidade nas altas frequências em indivíduos normo-ouvintes de 12 a 19 anos*. *Distúrbios da Comunicação. São Paulo, Abril 2004; 16(1): 35-42,.[citado 2013 Jun 15] Disponible en: <http://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/viewFile/11618/8350>*
10. Werner, Antonio F. *Afecciones auditivas de origen ocupacional*. Buenos Aires: Dosyuna ediciones argentinas; 2006
11. Biassoni EC, Serra MR, Richter U, Joekes S, Yacci MR, Carignani J A, et al. *Recreational noise exposure and its effects on the hearing of adolescents. Part II: Development of hearing disorders*. *International Journal of Audiology*, 2005; 44(2), 74-85.

12. *Lutman, M.E., Davis, A.C., The distribution of hearing threshold levels in the general population aged 18-30 years. Audiology. 1994; 33:327-350.*
13. *Mehrpavar AH, Mirmohammadi SJ, Ghoreyshi A, Mollasadeghi A, Loukzadeh Z. High-frequency audiometry: A means for early diagnosis of noise-induced hearing loss. Noise Health [serial online] 2011 [cited 2014 Nov.13];13:402-6.  
Disponibile en: <http://www.noiseandhealth.org/text.asp?2011/13/55/402/90295> Salazar AM, Vásquez L, Díaz P, Ramírez N, Solís F. Efecto del personal estéreo en la audición para las altas frecuencias. Cienc. Trab. 2006; 8(20), 52-57. [cited 2013 Oct 10] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd65/efectopersonal.pdf>*
14. *Fausti SA, Frey RH, Henry JA, Olson DJ, Schaffer HI. High-frequency testing techniques and instrumentation for early detection of ototoxicity. Journal of rehabilitation research and development, 1993; 30(3):333-341. [cited 2013 Jun 15] Disponible en: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/93/30/3/pdf/fausti.pdf>*
15. *ISO 7029:2000 Acoustics – Statistical distribution of hearing threshold as a function of age. International Organization for Standardization, 2000.*