

PROYECTO TINNITUS ECCI-HUS: Análisis de los resultados de la investigación

Horderlin Vrangeli ROBLES
Ingeniería Biomédica, Escuela Colombiana de Carreras Industriales – ECCI
Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Resumen— Presentación de los resultados obtenidos en el estudio y análisis del desarrollo de un equipo instrumento para la determinación objetiva del Tinnitus en pacientes con esta afección en una muestra poblacional determinada. Primero, se hace una introducción conceptual de la enfermedad, su fisiopatología, datos estadísticos sobre su predominio mundial y nacional, su impacto en los ambientes sociales, económicos y en la calidad de vida. Luego, se muestra el estado del arte de algunas técnicas para el diagnóstico de la enfermedad y por último, se analiza la base de datos (Epicrisis) de algunos pacientes del Hospital Universitario de la Samaritana (HUS) que presentaron en el pasado sintomatología de Tinnitus o Acufenos, con el fin de aplicar técnicas estadísticas y de minería de datos para poder clasificar los más importantes y, de esta manera, predecir la enfermedad en futuros pacientes.

Palabras Clave: Equipo instrumento, Minería de Datos, Tinnitus, Análisis Estadístico, Acufenos.

Abstract— The following document presents the results obtained in the study and analysis of the development of equipment for the objective determination of the Tinnitus in patients with this affection in a population certain simple. First a conceptual introduction of the disease is done, his physiopathology, statistical information on world and national predominance, impact in the social, economic environments and in the quality of life. Then there appears the condition of the art of some technologies for the diagnosis of the disease and finally, there is analyzed the database (Epicrisis) of some patients of the University Hospital of the Samaritan (HUS) who presented in the past symptomatology of Tinnitus or Acufenos, in order to apply statistical techniques and of data mining to be able to classify the most important and hereby predict the disease in patient futures.

Key Words: Equipment, Data mining, Tinnitus, Statistical Analysis.

1. INTRODUCCIÓN

El Tinnitus se define como la percepción de un sonido, sea este un zumbido, tintineo, silbido, timbre, pitido, o similar, el cual, no presenta una fuente acústica externa que genere dicho sonido cerca al oído. Algunos autores llaman Tinnitus a un ruido en el oído que excede los 5

minutos de duración [1-3]. Otros afirman que es un sonido que se genera en el cerebro (ruido interno del cerebro) y los pacientes que presentan los síntomas, su Tinnitus es llamado típico [4]. Debido a que cada uno de los autores define el Tinnitus según sus investigaciones, nace entonces la discusión entre el Tinnitus Objetivo y el Tinnitus Subjetivo [5]. El Tinnitus Subjetivo se conoce como la aparición de un sonido interno que sólo puede ser escuchado por el paciente (en la actualidad se han desarrollado equipos para poder escuchar dichos sonidos), mientras que el Tinnitus Objetivo se define como la presencia de un sonido o zumbido que puede ser escuchado por el paciente y el médico especialista, en la mayoría de los casos, un Otorrinolaringólogo (ORL). Existen autores que afirman que todos los Tinnitus son subjetivos; asimismo, aseguran que la fuente del Tinnitus es neurofisiológica o somática [6]. El Tinnitus Somático se define como un tipo de Tinnitus de origen vascular, muscular, respiratorio o en la unión temporomandibular; la presencia de estos sonidos (Tinnitus Somáticos) garantizan una evaluación médica acertada, debido a que algunos de estos sonidos tienen como causa problemas o lesiones vasculares, problemas de hipertensión intracraneal, daño en el oído medio, otosclerosis, disfunción en la trompa de Eustaquio [6-8]. Lo que si se tiene claro es que independientemente de la fuente que causa el Tinnitus, este es procesado por el sistema nervioso auditivo central y, por lo tanto, es capturado y analizado en la corteza auditiva.

2. FISIOPATOLOGÍA DEL TINNITUS

2.1. Anatomía del Tinnitus.

Las características físicas y mecánicas de la cóclea la convierten en un filtro que analiza el espectro de frecuencias del sonido. El Tinnitus Objetivo, de acuerdo con las investigaciones, tiene sus orígenes en el oído medio, puede ser por el movimiento en la cadena de los huesecillos que lo componen o por vibraciones de la membrana oval, generadas por el cuerpo de forma involuntaria y que afectan directamente la cóclea. Al temblar la cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo, como se observa en la figura N°1) produce vibraciones de 1 a 3 Hertz, aproximadamente, y éstas provocan que las células ciliadas internas del ápex del caracol, encargadas de recibir la información sobre las frecuencias más bajas, permitan que los sonidos sean escuchados por el paciente, en la mayoría de los casos jóvenes entre los 18 y los 40 años [9]. El tensor timpánico o el salpingofaríngeo, produce una vibración

o sensación de click en el oído, que puede desaparecer cuando el examinador le pide al paciente que abra la boca. Debido a ello, el diagnóstico debe hacerse por vía nasal utilizando fibra óptica [10].

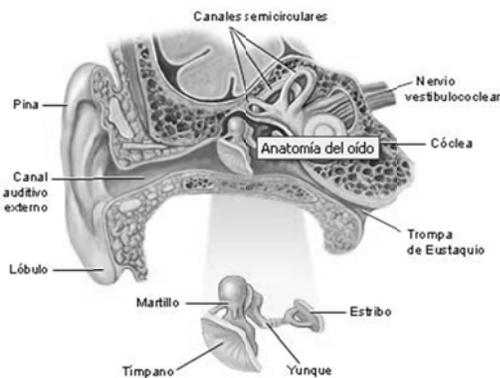


Fig. N°1. Anatomía del oído medio

Otro tipo de Tinnitus Objetivo es aquel que presenta sonidos graves (soplos), los cuales son relacionados con la frecuencia cardíaca. Los sonidos se producen, la mayoría de las veces, en las estructuras vasculares dentro de la cabeza, cuello y tórax; entre las causas se encuentran: malformaciones arteriovenosa, tumores glómicos y aneurismas; al igual que el incremento de la presión intracraneal y la trasmisión de las pulsaciones arteriales [11].

2.2. Fisiología del Tinnitus.

Diferentes estructuras dentro del sistema auditivo podrían producir Tinnitus. El estudio de estas estructuras para la determinación del Tinnitus es un problema, ya que no hay ninguna relación comprobada científicamente, entre las medidas de las funciones neurofisiológicas y el Tinnitus. El estudio de la fisiología del Tinnitus es de vital importancia para el desarrollo del proyecto, ya que, las definiciones del Tinnitus Subjetivo muestran que el origen es completamente fisiopatológico. Muchos modelos y teorías han sido propuestos por los investigadores en los últimos años, estas explican las bases fisiopatológicas del Tinnitus [12]. Estas teorías hablan de que las células capilares, los nervios auditivos y el sistema nervioso central son la principal causa de la enfermedad [13]. Está claro, que existen muchas otras teorías pero este trabajo investigativo considera que no es necesario nombrarlas, sino por el contrario, tratar de encontrar un equipo instrumento capaz de diagnosticar el Tinnitus Objetivo en pacientes con esa afección.

3. DATOS ESTADÍSTICOS DEL TINNITUS.

3.1. Predominio mundial y nacional.

En la actualidad, estadísticamente se habla que aproximadamente el 10% de la población mundial presenta síntomas de Tinnitus, esto ha sido estimado gracias al estudio de las bases de datos de diferentes países [14-16]; por ejemplo, en los EE.UU, se tiene una prevalencia de 45 por cada 1.000 personas, lo cual significa unos 12 millones de estadounidenses, indica una

rate de prevalencia de 4.5%, es decir que 12.2 millones de personas en los EE.UU sufren de Tinnitus. En la Tabla I se muestra la prevalencia del Tinnitus en otros países del mundo. Al extrapolar estos datos a Colombia, en donde se estima una población de aproximadamente 42 millones de habitantes, se tiene una prevalencia de 1'900.000 habitantes, sufriendo de Tinnitus. Dicho datos son sólo estimativos, y como se ha dicho, basado en la rata de prevalencia de los EE.UU; por lo tanto, puede ser de muy poca relevancia para los estudios e investigaciones actuales [17].

3.2. Impacto del Tinnitus.

La enfermedad produce consecuencias a nivel físico (calidad de vida), social, económico, etc. El Tinnitus al ser una enfermedad que afecta uno de los principales sentidos del cuerpo humano, disminuye en gran medida el nivel de vida de los pacientes, así como, su economía y la convivencia social, ya que aumenta los niveles de estrés en las personas que lo padecen, llegando a presentar irritabilidad y mal genio, lo que impide una buena relación y entendimiento con las demás personas de su círculo social. A continuación, se habla del impacto que tiene la enfermedad en la calidad de vida, la sociedad y la economía de las personas que lo padecen.

TABLA I
ESTADÍSTICA DEL TINNITUS POR PAÍS

País	Habitantes ¹ (Aproximadamente)	Habitantes con Tinnitus (Extrapolando) ²
Brasil	184'101.109	8'284.549
Venezuela	25'017.387	1'125.782
Perú	27'544.305	1'239.493
México	104'959.594	4'723.181
Alemania	82'424.609	3'709.107
España	40'280.780	1'812.635
Colombia	42'310.775	1'903.984
USA	293'655.405	13'214.493
Japón	127.333.002	5'729.985

¹Datos obtenidos de la web wrongdiagnosis.com.

² Estimativos de acuerdo con los datos de EE.UU.

3.2.1. Impacto en la calidad de vida: Lo primero a tener en cuenta es la severidad o gravedad del Tinnitus, la cual, en el contexto clínico hace referencia al impacto en las condiciones de salud... El grado de severidad es muy alto, debido a que es mayor el número de pacientes con Tinnitus que el número de pacientes que buscan tratamiento [18,19]. El Tinnitus en muchos pacientes y personas no representa ningún inconveniente para continuar con su ritmo de vida normal, pero para otros puede ser un incontrolable problema de audición, que le puede llevar a niveles de estrés muy alto... En la actualidad, se puede decir que algunos de los indicadores o activantes de Tinnitus pueden ser: estrés emocional y laboral, factores fisiológicos, la exposición a

ruidos fuertes, el desempleo y enfermedades físicas y mentales.

3.2.2. Impacto en la sociedad: Uno de los problemas que se presentan en los lugares de trabajos es el ruido excesivo, el cual puede deteriorar la salud de las personas. Dichos acontecimientos pueden llevar al trabajador a presentar pérdida de la audición, la cual, puede convertirse en Tinnitus. Estos problemas logran desmejorar las labores cotidianas de los trabajadores, independientemente de las actividades que realicen. A pesar de esta realidad, los trabajadores no tienen forma para demostrar, con algún equipo de diagnóstico, la presencia de Tinnitus en ellos y así pierden posibles indemnizaciones por los daños causados en el lugar de trabajo [20]. Por ejemplo, en 13 estados de los EEUU, el Tinnitus es indemnizado solamente si, además, se presenta deterioro auditivo y la demanda se debe hacer en un periodo máximo de 30 a 200 días, según los estatutos de limitaciones [21]. Se puede observar, que el Tinnitus tienen repercusiones a niveles legales, debido a que en algunos casos el ruido es tan molesto que le impide al trabajador ejercer sus labores correctamente y aunque en la actualidad existen muchos avances y equipos para su tratamiento, no se tiene un equipo instrumento de diagnóstico para la enfermedad.

3.2.3. Impacto económico: En muchos países las indemnizaciones debidas al Tinnitus hacen que, cada vez más, las entidades gubernamentales paguen cuantiosas demandas por daños en la salud o discapacidades ocasionados en los lugares de trabajo; por ejemplo, los veteranos de guerra de los Estados Unidos demandaron al Departamento de Veteranos de las Fuerzas Militares, porque según ellos la exposición a fuertes ruidos durante su servicio militar les causó el Tinnitus [22]. Esto llevó a que los Estados Unidos pagara una remuneración mensual de alrededor de 345'495.000 millones de dólares a más de 280.000 veteranos de guerra.

A pesar de lo anterior, no se tienen estimativos del impacto económico del Tinnitus en las economías mundiales, para obtener algunos estimativos se requiere observar la pérdida de productividad en el trabajo, los costos médicos asociados al Tinnitus, costos de demandas asociadas al Tinnitus y pago de

compensaciones salariales [23]. En nuestro país no se encuentran reportes de los costos asociados al Tinnitus, ya que no se tiene contemplado dentro del POS (Plan Obligatorio de Salud, POS) en las entidades promotoras de salud (E.P.S) como una enfermedad laboral. Esto ocurre porque no se tiene un equipo adecuado para diagnosticar la enfermedad y así poder contar con un examen que certifique la existencia del Tinnitus en las personas y, en otras situaciones, porque se considera como una enfermedad psicológica.

4. PROYECTO TINNITUS

A nivel mundial, muchos investigadores han desarrollado diversos métodos para el diagnóstico de la enfermedad, a pesar de esto, los especialistas (ORL) realizan un examen general, en el que se compara el ruido escuchado por el paciente con sonidos de intensidad y frecuencia que recibe a través de auriculares del audiómetro. A este proceso se le llama *acufenometría*. Este procedimiento es completamente subjetivo, ya que el especialista no tiene algún registro que corrobore si lo que el paciente escucha es cierto o no. Wegel clasificó el Tinnitus en dos grupos: los Vibratorios y los No Vibratorios [24]. Los Vibratorios son aquellos que el examinador puede escuchar a simple oído o con instrumentos como el estetoscopio de Laenec, (Tinnitus Objetivo), y los No Vibratorios son aquellos que solo el paciente dice oír, pero que nadie más puede escuchar, (Tinnitus Subjetivo). A pesar de lo anterior y aunque se ha publicado una gran cantidad de literatura médica sobre la enfermedad, no se encuentra, en dichas publicaciones, ninguna hipótesis que postule el carácter de fenómeno sonoro para el Tinnitus Subjetivo. Los estudiantes de otorrinolaringología verifican que en los textos especializados recomiendan auscultar, con el estetoscopio de Laenec, los oídos, la región periauricular y el cuello, con lo que se escucha el Tinnitus Objetivo, pero se ha mostrado completamente ineficaz para detectar señal (ruido, zumbido, etc) alguna en los casos de Tinnitus Subjetivo.

4.1. Estado del arte.

Aunque se encuentran equipos para diagnosticar el Tinnitus desarrollados en diferentes países, no existe un conceso general. No hay un instrumento de diagnóstico aprobado por la ATA (Asociación Americana de Tinnitus, ATA) utilizado por los Otorrinolaringólogos para un examen acertado del mismo. Por ejemplo, se pueden encontrar equipos como el Acufenómetro Objetivo desarrollado por el investigador Ramiro Vergara, Otorrinolaringólogo Colombiano especializado en el estudio del Tinnitus (Acufenos) [25], diseñado con el fin de diagnosticar el Tinnitus Vibratorio (Tinnitus Objetivo) en 1995. Dicho instrumento de tecnología análoga disponía de un sensor (micrófono de alta sensibilidad), que permitía captar la señal sonora correspondiente al Tinnitus, visualizar su imagen en la pantalla del osciloscopio, imprimirla y luego grabarla en cinta magnetofónica. Sin embargo, su eficiencia solo

alcanzaba un 45%, es decir, que a un 55% de pacientes no se les podía diagnosticar claramente, y, además, la imagen se presentaba mezclada con otras señales, lo que impedía visualizarla nítidamente. Tampoco se podía filtrar, ni magnificar la señal. Luego, gracias a los avances tecnológicos actuales, el investigador mejoró el diseño del Acufenómetro Objetivo para obtener el Analizador de Tinnitus (Acufenómetro Espectral), instrumento electrónico computarizado.

En Alemania, específicamente en Saarbrücken, la empresa Mineway, realiza estudios de diagnóstico del Tinnitus empleando los datos obtenidos en un examen de Electroencefalografía (EEG). Existen alrededor de 250.000 nuevos casos de Tinnitus por año en Alemania y cerca del 1% de la población sufre de Tinnitus crónica. Por tal motivo, y teniendo en cuenta que no existe un instrumento para su diagnóstico, la empresa Mineway, analiza las posibles causas dentro del cerebro, mirando los datos que se generan en el EEG. En él, muestra los valores comparativos de contrastes encontrados en el cerebro de los pacientes [26].

Indicators for Tinnitus (Brainmaps)

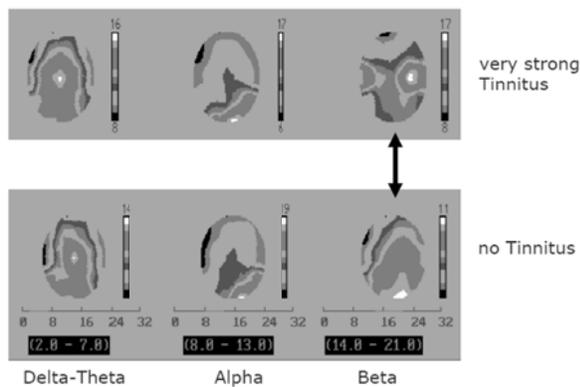


Fig. N°2. Indicador de Tinnitus con EEG

El análisis de la información encontrada en el examen, es evaluado con métodos de minería de datos. Tomando como referencia la población afectada, los datos entregados por el EEG, la duración de la afección, etc. Los datos analizados por el EEG son mediciones naturales, que utilizan la transformada de Fourier en 19 puntos y con 5 frecuencias fundamentales: Delta (2 – 4 Hz), Theta (4 – 7 Hz), Alpha (8 – 13 Hz), Beta (14 - 21 Hz), 1 Hz. Ellos demuestran la viabilidad de la minería de datos para el diagnóstico del Tinnitus y que con la utilización de la transformada wavelet en el análisis de los datos proporcionados por el EEG se puede mejorar la obtención de un diagnóstico más acertado.

4.2. Fases de proyecto

Para el desarrollo del proyecto se propusieron dos fases fundamentales:

4.2.1. Fase N°1: Punto en el cual se realizó el estudio del equipo requerido para tal fin (micrófonos, amplificadores, etc). Se hizo

el análisis de la instrumentación médica requerida, adquisición e importación de los materiales apropiados, fase de posibles diseños, pruebas experimentales, selección del diseño óptimo experimental, montaje e implementación final del mismo. Primero se buscó un micrófono con la sensibilidad adecuada para percibir cualquier cambio en el conducto auditivo externo o en el oído medio dentro de la cadena de huesecillos; se debe tener en cuenta que el rango de frecuencias escuchado por los seres humanos es de 20 Hz a 20 KHz, aunque en la práctica se observó que al hacer una audiometría, en la mayoría de los casos, los pacientes con Tinnitus no percibían frecuencias mayores a los 18 KHz. Después de escoger el micrófono más adecuado e importarlo, se siguió con la selección del amplificador instrumental con la ganancia adecuada para amplificar dichas señales, ya que en su percepción se observó que eran de muy baja potencia, lo cual impedía diferenciarlas del ruido ambiente. Por último, se implementó el instrumento con las debidas pruebas experimentales utilizando los equipos de laboratorio necesarios para el análisis de las señales captadas.

4.2.2. Fase N°2: Luego de obtener el equipo instrumento para el análisis y procesamiento de señales específicas, se analizaron los pacientes, obtenidos de la base de datos del HUS. Para poder obtener esta base de datos, se hace en primera medida un filtraje de los pacientes que padecen la enfermedad (Tinnitus), aquí se obtuvo una base de datos de alrededor de 420 personas, la cuales, presentaron en su epicrisis el nombre Tinnitus. Epicrisis se define como el resumen de la evolución del paciente a una determinada enfermedad. Esta Epicrisis se le entrega a los pacientes dados de alta. Luego de aplicar el filtro, se evidencia que muchos de los pacientes no padecían de Tinnitus y, por lo tanto, se realizó una búsqueda más exhaustiva en cada uno de ellos. Se escogieron 28 pacientes al azar (ver Fig. N°3) como muestra poblacional para el análisis con el instrumento. Estos datos fueron introducidos al Excel y WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis, WEKA), respectivamente, para aplicar métodos estadísticos acordes con la muestra poblacional.

Nombres	Apellidos	Edad/ Sexo	Epicrisis/ Tinnitus	Embarazo/ Hipertensión	Cefalea/ Obesidad	Alcohol/ Fuma
Shirley Patricia	Livano Valcarcel	29 F	4949 Si (TRUE)	Si No	Si No	No No
Era Alicia	Cantor de Cortes	77 F	4304 No (FALSE)	No Si	Si Si	No No
Rosa Maria	Ribio Garzón	73 F	4889 No (FALSE)	No No	No No	No No
Misael	Bohovez	79 M	5040 Si (TRUE)	No No	Si No	No Si
Rosa Johanna	Ciuentes Saldaña	20 F	4582 Si (TRUE)	Si Si	Si No	No No
José Paul	Ocampo Garcia	40 M	4567 Si (TRUE)	No Si	Si No	Si Si
Claniel	Gonzalez Villalba	30 F	4413 No (FALSE)	Si Si	No No	No No
Evelia	Gonzalez Puentes	75 F	4406 Si (TRUE)	No Si	Si No	No No
Delcy Yaneth	Tones Barbosa	29 F	4397 Si (TRUE)	Si Si	No No	No No
Mercy	Vialba Sanchez	54 F	4798 Si (TRUE)	No No	Si No	No No
Yadira	Vilanova Trique	18 F	4793 Si (TRUE)	Si Si	Si No	No No
Hilda	Velasquez Riaños	42 F	4753 Si (TRUE)	Si Si	Si No	No No
Dois Giovanna	Gutierrez Ladino	25 F	4690 No (FALSE)	Si No	No No	No No

Fig. N°3. Base de Datos de pacientes con Tinnitus - HUS.

5. RESULTADOS Y ALCANCES

Al tomar la muestra poblacional e introducirla en Excel se pudieron obtener los siguientes resultados: 20 de los pacientes decían padecer Tinnitus; es decir, que un 71.4%, de dicha enfermedad es de carácter subjetivo, ya que, hasta el momento, solo se disponía del juicio del paciente. Estos 20 pacientes, se les encontró que el 60% eran mujeres embarazadas, de las cuales el 83.3% sufría de hipertensión y el 75% tenían cefalea. Además, se evidenció que el 25% eran hombres que padecían la enfermedad. De esta cifra, dos pacientes eran fumadores y consumidores de alcohol, los demás tenían Tinnitus por accidentes de trabajo; uno de ellos por estar cerca de una explosión de dinamita. Esta información también fue procesada en el software WEKA, desarrollado en la universidad de Waikato, en Nueva Zelanda [27]. En primera medida, se convirtieron los datos a un fichero de extensión *.arff (Attribute Relation File Format, arff), denominado Tinnitus.arff. El archivo obtenido se muestra en la figura N°4. En ella se evidencian los nueve atributos analizados: edad, sexo, Tinnitus, embarazo, hipertensión, cefalea, obesidad, alcohol y fumar.

```
@relation tinnitus
@attribute edad numeric
@attribute sexo {femenino, masculino}
@attribute tinnitus {TRUE, FALSE}
@attribute embarazo {yes, no}
@attribute hipertension {yes, no}
@attribute cefalea {yes, no}
@attribute obesidad {yes, no}
@attribute Alcohol {yes, no}
@attribute fumar {yes, no}

@data
29,femenino,TRUE,yes,no,yes,no,no,no
77,femenino,FALSE,no,yes,yes,yes,yes,no
73,femenino,FALSE,no,no,no,no,no,ro
79,masculino,TRUE,no,no,yes,no,no,yes
20,femenino,TRUE,yes,yes,yes,no,nc,no
40,masculino,TRUE,no,yes,yes,no,yes,yes
30,femenino,FALSE,yes,yes,no,no,nc,no
75,femenino,TRUE,no,yes,yes,no,no,no
29,femenino,TRUE,yes,yes,no,no,no,no
54,femenino,TRUE,no,no,yes,no,no,ro
18,femenino,TRUE,yes,yes,yes,no,nc,no
42,femenino,TRUE,yes,yes,yes,no,nc,no
25,femenino,FALSE,yes,no,no,no,no,no
28,masculino,TRUE,no,no,yes,no,no,no
29,femenino,TRUE,yes,yes,yes,no,nc,no
44,femenino,FALSE,yes,yes,no,no,nc,no
31,femenino,TRUE,yes,yes,yes,no,nc,no
22,femenino,FALSE,yes,yes,yes,no,ro,no
29,femenino,TRUE,yes,yes,yes,no,nc,no
24,femenino,TRUE,yes,no,no,no,no,ro
21,femenino,TRUE,yes,yes,yes,no,nc,no
17,femenino,FALSE,yes,no,yes,no,nc,no
35,femenino,TRUE,no,no,no,no,no,nc
20,femenino,FALSE,yes,no,no,no,no,no
22,femenino,TRUE,yes,yes,no,no,no,no
21,femenino,TRUE,yes,yes,yes,no,nc,no
59,masculino,TRUE,no,no,no,no,no,ro
50,masculino,TRUE,no,no,no,no,no,ro
```

Fig. N°4. Archivo Tinnitus.arff.

Al introducir los datos en el WEKA se observó en primer lugar, que la edad promedio de los pacientes analizados es de 37.25 años. Luego, a la base de datos se le aplicó el clasificador OneR, ya que es uno de los clasificadores más sencillos de usar pero, a la vez, simplemente selecciona el atributo que mejor explica la clase del sistema [28]. El algoritmo lleva a la conclusión que la mejor predicción posible con un solo atributo es la edad, fijando 33 años como el umbral para determinar la existencia del Tinnitus. La tasa de aciertos sobre el propio conjunto de entrenamiento es de 89.28%, como lo muestra la figura N°5.

```
Classifier output

=== Classifier model (full training set) ===

edad:
  < 33.0 -> yes
  >= 33.0 -> no
(25/28 instances correct)

Time taken to build model: 0 seconds

=== Evaluation on training set ===
=== Summary ===

Correctly Classified Instances      25          89.2857 %
Incorrectly Classified Instances     3          10.7143 %
Kappa statistic                     0.7717
Mean absolute error                  0.1071
Root mean squared error              0.3273
Relative absolute error              23.1959 %
```

Fig. N°5. Análisis de los datos en WEKA.

En realidad, es poco lo que se puede analizar con una base de datos tan pequeña. Extrapolando la base de datos de las personas que padecen de Tinnitus en los Estados Unidos, se puede afirmar que en Colombia alrededor de 1'900.000 personas tiene Tinnitus, como se referenció en la tabla N°1; de esta cantidad se analizó menos del 1%. Pero con las personas que aseguraron de manera subjetiva la existencia del Tinnitus, se espera realizar las pruebas pertinentes para validar el equipo instrumento diseñado, logrando así obtener una valoración del mismo, lo cual con llevará a su certificación por la comunidad científica.

6. CONCLUSIONES

Este artículo proporciona una vista global de los primeros análisis estadísticos del proyecto titulado: "Análisis, desarrollo e implementación de un equipo instrumento para la determinación objetiva del Tinnitus en pacientes con esta afección en una muestra poblacional determinada". Aunque el Tinnitus puede ser causado por diferentes patologías, se concluye que algunos Tinnitus son percibidos por el equipo diseñado en la Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI, quienes durante la investigación desarrollaron cierto criterio clínico para evaluar los posibles pacientes con Tinnitus Objetivos. Entre tanto, existen muchos métodos para el tratamiento del Tinnitus y, aunque en la mayoría de veces no se requiere una intervención quirúrgica, si se logra detectar con efectividad la enfermedad, es mucho más

fácil para el especialista formular métodos de tratamiento. Los profesionales entrenados para tratar el Tinnitus, desconocen en muchas ocasiones las herramientas tecnológicas que ofrecen los ingenieros, en especial los electrónicos y los biomédicos, para el diagnóstico de la enfermedad, y con la ayuda de estos convenios se forman lazos necesarios para el avance tecnológico de las naciones. Por otra parte, se encontró que el 40% de las mujeres embarazadas que presentaban Tinnitus, además, adolecían de hipertensión y cefalea, lo cual no lleva a concluir que las mujeres que presentan preeclampsia tienen un porcentaje muy alto de desarrollar Tinnitus.

7. REFERENCIAS

- [1] Coles, R. Epidemiology of tinnitus: Demographic and clinical features. *Journal of Laryngology and Otology*. (Suppl. 9). 1984, pp. 195 – 202.
- [2] Davis, A. C. (1995). *Hearing in adults*. London: Whurr Publishers.
- [3] Hazell, J. W. P. Models of tinnitus: Generation, perception, clinical implications. In J. A. Vernon & A. R. Møller (Eds.), *Mechanisms of tinnitus*, 1995, pp. 57–72 Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- [4] Meikle, M. B., Creedon, T. A., & Griest, S. E. Tinnitus archive 2d ed. Retrieved April 29, 2004, from <http://www.tinnitusarchive.org/>
- [5] Møller, A. R. Pathophysiology of tinnitus. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 36, 2003, pp. 249–266, v–vi.
- [6] Hazell, J. Incidence, classification, and models of tinnitus. In H. Ludman & T. Wright (Eds.), *Diseases of the ear*. 1998, pp. 185–195.
- [7] Ciocon, J. O., Amede, F., Lechtenberg, C., & Astor, F. Tinnitus: A stepwise workup to quiet the noise within. *Geriatrics*, 50(2), 1995, pp. 18–25.
- [8] Perry, B. P., & Gantz, B. J. Medical and surgical evaluation and management of tinnitus. In R. S. Tyler (Ed.), *Tinnitus handbook*. 2000, pp. 221–241.
- [9] Bjork H. Objective tinnitus due to clonus of the soft palate. *Acta Otolaryngol*. Suppl 1954; vol116: 39-45.
- [10] Ward PH, Rabin R, Calcaterra TC. Operative treatment of surgical lesions with objective tinnitus. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1975;84: 473-82.
- [11] Sisnamis A. Otologic manifestations of benign intracranial hypertension syndrome: diagnosis and management. *Laryngoscope*. 1997; vol 42: 1-17.
- [27] García, Diego. Manual de WEKA. 28 de diciembre de 2007, disponible en: <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/index.html>.
- [28] Witten, Ian H. Eibe, Frank. Len, Trigg. Mark, Hall. *Weka: Practical machine learning tools and techniques with java implementations*. Department of Computer Science. University of Waikato. *New Zealand*. 28 de diciembre de 2007, disponible en: <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/index.html>.
- [12] Baguley, D. M. Mechanisms of tinnitus. *British Medical Bulletin*, vol 63, 2002, pp. 195–212.
- [13] Kaltenbach, J. A. Neurophysiologic mechanisms of tinnitus. *Journal of the American Academy of Audiology*, vol 11, 2000, pp.125–137.
- [14] Brown, S. C. *Older Americans and tinnitus: A demographic study and chartbook* (GRI Monograph Series A, No. 2). Washington, DC: Gallaudet Research Institute, Gallaudet University. 1990.
- [15] Davis, A. C. *Hearing in adults*. London: Whurr Publishers. 1995.
- [16] Sindhusake, D., Mitchell, P., Newall, P., Golding, M., Rochtchina, E., & Rubin, G. Prevalence and characteristics of tinnitus in older adults: The Blue Mountain Hearing Study. *International Journal of Audiology*, vol. 42, 2003, pp. 289–294.
- [17] *Statistics by Country for Tinnitus*, Octubre de 2007. Disponible en <http://www.wrongdiagnosis.com>.
- [18] Meikle, M. B. A conceptual framework to aid the diagnosis and treatment of severe tinnitus. *The Australian and New Zealand Journal of Audiology*, vol. 24, 2003, pp. 59–67.
- [19] Davis, A., & Refaie, A. E. Epidemiology of tinnitus. In R. Tyler (Ed.), *Tinnitus handbook*. 2000, pp. 1–23. San Diego, CA: Singular.
- [20] Tyler, R. S. (2003). Considerations when evaluating a tinnitus patient for compensation. *The Australian and New Zealand Journal of Audiology*, vol. 24, 85–91.
- [21] Dobie, R. A. *Medical-legal evaluation of hearing loss, second edition*. San Diego, CA: Singular. 2001.
- [22] Henry, J. A., Schechter, M. A., Regelein, R. T., & Dennis, K. C. Veterans and tinnitus. In J. B. Snow, Jr. (Ed.), *Tinnitus: Theory and management*. 2004, pp. 337–355.
- [23] Reich, G. E. The costs of tinnitus. *Tinnitus Today*, 2002, vol 27, pp. 18–19.
- [24] Wegel, R. L. (1931). A study of tinnitus. *Archives of Otolaryngology*, vol 14, 1931, pp. 158–165
- [25] Vergara, Ramiro. *Instrumento Electrónico Computarizado Denominado Acufenómetro Espectral (AE)*, 28 de diciembre de 2007, disponible en: <http://www.wipo.int>
- [26] Bauer, Mathias. Diagnosis of Tinnitus from EEG Data. *Clinical Data Review & Reporting*. 24 de Marzo de 2006. Disponible en: www.mineway.de.



Autores

Horderlin Vrangell Robles Vega. Ingeniero en Control Electrónico e Instrumentación egresado de la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”, facultad Tecnológica. Con grado de Especialización en Bioingeniería de la misma. Actualmente desarrolla su tesis de maestría en la Universidad Nacional de Entre Ríos en

Paraná – Argentina. Docente investigador de Tiempo completo de la Escuela Colombiana de Carreras Industriales en la coordinación de Ingeniería Biomédica. Las áreas de interés son: son la instrumentación biomédica, procesamiento y adquisición de señales electrofisiológicas, el control electrónico, los microcontroladores y sistemas digitales avanzados y la inteligencia artificial.