

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS  
REPUBLICA DE GUATEMALA, CENTRO AMERICA

"TRAUMA ACUSTICO PRODUCIDO POR  
EXPLOSIONES"

TESIS

Presentada a la Junta Directiva de la Facultad de  
Ciencias Médicas de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala, por

CARLOS ENRIQUE GARCIA GONZALEZ

En el acto de su investidura de

MEDICO Y CIRUJANO.

Guatemala, Mayo de 1966.

DR. LUIS E. ANDERSON GONZALEZ  
ASESOR.

DR. HECTOR AUGUSTO HERNADEZ ESCRIBA  
REVISOR

## PLAN DE TESIS:

1. - Introducción.
2. - Revisión de anatomía del oído interno.
3. - Fisiología de la audición.
4. - Métodos de examen audiológico.
5. - Definición é Historia de trauma acústico.
6. - Etiopatogenia del trauma acústico.
7. - El ruido como agente agresor.
8. - Clasificación del Trauma acústico.
9. - Presentación de casos.
10. - Discusión.
11. - Conclusiones.

La observación de padecimientos audiológicos consistentes en su mayoría por acúfenos e hipoacusia consecutiva a detonaciones en especial en personas que prestan sus servicios en las Fuerzas Armadas, me hizo interesarme en las lesiones auditivas que pueden producir las explosiones, encontrando que el tipo de lesiones que se pueden encontrar no es característico de ellas sino que también puede encontrarse en personas que están sometidas o expuestas por su trabajo a ruidos intensos, tales como Pilotos Aviadores, Tejedores, Herrerías, Fábricas, etc.

Este tipo de lesiones o enfermedad es poco conocido en nuestro medio, pero con el aumento de las industrias y el número de trabajadores que estarán sometidos al ruido intenso creo que es un deber darla a conocer para poder tratarla o evitarla en lo posible, ya que si no se trata o previene a tiempo puede dar lesiones irreversibles que dejarían un impedimento en su función auditiva.

Además en la práctica militar las personas que prestan sus servicios en esas dependencias están continuamente sujetas a las explosiones y sus efectos nocivos.

En el presente estudio se analizan 10 casos, los cuales muestran un cuadro típico de las lesiones que se producen en el oído, las cuales son detectadas por el audiograma.

Para iniciar el presente estudio, haremos un breve recordatorio de la anatomía del oído interno.

OIDO INTERNO: Es la parte del oído que está compuesta por los órganos receptores del oído (el caracol) y del equilibrio (el laberinto). Ambos están contenidos en la porción petrosa del hueso temporal. La cápsula osea que rodea a esos órganos es el hueso más compacto que existe en el organismo. Esas estructuras están protegidas de los choques mecánicos en alto grado, más que cualquiera otra estructura orgánica. Además del hueso duro que rodea el caracol y el laberinto (denominada cápsula ótica), los órganos terminales membranosos están rodeados por un fluido (la perilinfa), y llenos con otro fluido (endolinfa).

Este sistema de fluidos es otra protección importante para esos órganos terminales y actúa como un cojín contra los movimientos bruscos de la cabeza. El caracol membranoso y el laberinto -- "flotan" literalmente en los líquidos.

La endolinfa en el caracol y en el laberinto constituyen un sistema continuo y cerrado, sin drenaje. Los cambios fluidos dentro del sistema endolinfático, ocurren como un resultado de transferencias osmóticas a través de las membranas semi permeables en la endolinfa y la perilinfa. El fluido perilinfático, que rodea al oído interno membranoso, se continúa con los espacios subaracnoideos a través del acueducto del caracol, que es un peque-

--ño conducto que atraviesa el hueso y que proporciona comunicación directa con el líquido cefalorraquídeo. A causa de esta ausencia de barreras entre el caracol y el laberinto, los traumatismos o enfermedades frecuentemente afectan al mismo tiempo la audición y el equilibrio.

**CARACOL:** El caracol o cóclea está arrollado en espiral sobre si mismo, igual que el crustaceo cuyo nombre toma, y tiene dos espiras y media. Descansa sobre un plano horizontal. Su base que es la porción de diámetro mayor, está en relación con la pared interna del oído medio y corresponde al promontorio. Hay tres compartimientos dentro del caracol. Dos de estos conductos, la escala vestibular (relacionada con la ventana oval) y la escala timpánica (relacionada con la ventana redonda) contienen perilinfa; el tercero es el conducto coclear que contiene endolinfa. La pared membranosa sobre la que descansa el delicado órgano terminal del oído es la membrana basilar.

El conducto coclear membranoso se relaciona con el sáculo localizado en el vestíbulo del laberinto. Se desconoce cual sea la función exacta del sáculo.

El órgano terminal del oído es el órgano de Corti, que descansa sobre la membrana basilar. El órgano de Corti se extiende a todo lo largo del caracol, excepto en el helicotrema, pun-

-to en el que se juntan la escala timpánica y la escala vati-  
bular. Aproximadamente unos 24,000 cilios se proyectan  
de las células del neuroepitelio y cuando se inclinan o se dis-  
torcionan, el sonido que es una fuerza mecánica se convier-  
te en un impulso eléctrico, que más adelante, en la -  
corteza temporal, será interpretado como un sonido inteli-  
gible.

Mediante destrucción selectiva de diversas regiones de la  
cóclea en los animales de experimentación, se ha logrado -  
levantar un "mapa" del caracol. Así es como hemos sabido  
que los sonidos agudos estimulan la porción basal del cara-  
col y que los sonidos graves estimulan el extremo apical.  
La porción de la cóclea en relación más estrecha con el  
oído medio (representada por el promontorio) es la que se  
estimula con los sonidos cuya frecuencia varía entre los -  
3.000 a 5.000 ciclos por segundo.

El caracol recibe su vascularización a partir de una rama  
de la arteria basilar. La arteria coclear es una de las ra-  
mas terminales de la arteria auditiva interna. Por tratar-  
se de una arteria terminal no existe circulación colateral  
en el caracol.

Los impulsos sónicos recibidos por los cilios viajan des-

-de allí a través de células ganglionares cuyos cilindroejes forman la porción coclear del octavo par craneal. El nervio auditivo abandona la superficie posterior de la región petrosa del temporal a través del conducto auditivo interno y casi inmediatamente penetra en la protuberancia.

La corteza auditiva está localizada en la región superior y transversa de la circunvolución denominada "gyrus" del lóbulo temporal.

**VESTIBULO:** La porción del oído interno está compuesta del utrículo y de los tres conductos semicirculares. Los dos extremos de cada uno de los conductos semicirculares se abren en el utrículo. Los conductos semicirculares se conocen como: conducto semicircular externo (horizontal), superior (vertical anterior), y posterior (vertical posterior). Están situados de tal manera que el conducto horizontal de un lado se halla en el mismo plano que el del lado opuesto, mientras que el conducto superior de un lado está en el mismo plano que el conducto posterior del lado opuesto. En otras palabras, los tres conductos tienen la misma relación el uno con el otro como las dos paredes y el suelo del rincón de un cuarto. El suelo representa el plano del conducto semicircular horizontal. Cuando la cabeza se mantiene erecta, el conducto semicircular horizontal no se halla completamente horizontal sino que-

-se está un poco inclinado, algo así como  $30^\circ$  (grados) hacia adelante, en cuya posición el conducto es paralelo al piso.

Los conductos semicirculares membranosos son mucho más pequeños que los oseos y se hallan suspendidos en la perilinfa mediante delicadas hebras de tejido fibroso. Los conductos semicirculares se ensanchan cerca de su desembocadura en el utrículo; este ensanchamiento se denomina ámpula o terminación ampular. En cada una de esas ámpulas se halla un neuroepitelio especializado, que constituye el órgano terminal del sentido del equilibrio. Estos organitos se designan con el nombre de crestas de los conductos semicirculares. También en el utrículo existe un epitelio especializado.

El utrículo se relaciona con el equilibrio estático y regula el sentido de posición en el espacio. Es estimulado por la gravedad, por la fuerza centrífuga, y los movimientos lineares. Su estimulación produce movimientos compensatorios de los ojos, de la cabeza y alternaciones del tono muscular. Los conductos semicirculares son estimulados por la rotación o aceleración en cualquier sentido o dirección; la inercia constituye su estímulo primordial. Los conductos de ambos laberintos siempre se estimulan a la vez (excepto en la estimulación artificial).

Los axones procedentes del utrículo y de los conductos semi-

-circulares se unen para formar la rama vestibular del octavo par. Cuando alcanzan el tallo cerebral las ramas vestibular y coclear del octavo par se separan para dirigirse y terminar en sus respectivos núcleos.

El sáculo, el utrículo y los canales semicirculares reciben su irrigación de la arteria vestibular. También es una rama terminal de la arteria bacilar que se origina de la confluencia de dos arterias vertebrales que parten de la arteria carotida interna . (2).

En el hombre, el pabellón aumenta muy poco la sensibilidad -  
auditiva. Su ausencia ocasional, ya sea congénita o por trau-  
matismo, no se manifiesta con pérdida del oído apreciable.

Por otra parte, la oclusión del conducto auditivo externo a--  
fecta la audición de modo importante. Si el conducto auditivo  
externo de una persona con audición normal se ocluye comple-  
tamente con el dedo del examinador, la pérdida del oído que -  
resulta no es mayor de 40 decibeles. Esta pérdida permite al  
paciente oír una voz fuerte o incluso moderadamente baja.

Un error muy frecuente, al hacer las pruebas del oído es su-  
poner que uno de los oídos está adecuadamente enmascarado  
por la acción del dedo en el conducto, cuando en realidad es-  
to no basta. El paciente entonces dá una curva auditiva supe-  
rior a la que realmente debería ser.

La membrana timpánica y la audición.

La membrana timpánica separa el conducto auditivo externo  
de la caja del tímpano. Las ondas sonoras, al chocar con el  
tímpano son reflejadas de nuevo hacia el conducto, y en par-  
te son transmitidas por la membrana. De estas últimas algu-  
nas cruzan la caja timpánica y alcanzan la ventana redonda,  
en tanto que otras penetran por la ventana oval, siguiendo la  
cadena de los osículos.

El oído medio y la audición:

La transmisión de las ondas sonoras desde un medio gaseoso (aire) a un medio líquido (endolinfa), se resuelve con una enorme pérdida de energía. La pérdida de energía de 99.9% de energía corresponde a 30 decibeles, nivel alrededor del cual una persona empieza a quejarse de que tiene alguna dificultad auditiva.

Para ayudar a sobremontar esta gran pérdida de energía, el oído medio actúa como un mecanismo transformador. Hay dos artificios mecánicos, alojados en el oído medio, que contribuyen a restaurar la mayor parte (pero no toda) de la pérdida de presión que ocurre durante la transmisión.

El sistema de palancas: A causa de que el mango del martillo es algo más largo que la manija más larga del yunque, el oído gana una pequeña ventaja mecánica. En realidad la ganancia es mínima y restaura únicamente dos o tres decibeles de los treinta que se perdieron cuando la presión del sonido en el aire se transfirió a un medio líquido.

Relación de áreas o relación hidráulica: Bastante más importante que la acción de la palanca es la relación entre la gran superficie de la membrana timpánica y la pequeña de la platina del estribo; la relación efectiva es de 14 a 1. Weber y Lawrence le asignan una relación real o geométrica de las áreas de 21 a 1.

La diferencia entre estos dos valores se debe a que no todas las partes de la membrana timpánica son igualmente efectivas en la transmisión del sonido. La relación de 14 a 1 corresponde a una ganancia de 23 decibeles. Así la acción transformadora del oído medio, recobra alrededor de 25 a 27, de los 30 decibeles que se perdieron cuando las ondas pasaron del aire a un líquido. Los 3 o 5 decibeles que se perdieron ya no se recuperan.

Los músculos del oído medio no tienen nada que ver con la agudeza auditiva ya que solo actúan como mecanismos protectores. El músculo del estribo inhibe la acción de la platina y el tensor del tímpano disminuye las excursiones del mango del martillo. En realidad un sonido súbito y agudo, demasiado rápido con relación al período de la tencia muscular llega al caracol sin cambio alguno. Sonidos más prolongados pueden ser amortiguados unos 10 decibeles, lo que constituye una atenuación suficiente para proteger el oído interno de los sonidos demasiado intensos, tales como los que hallan por encima de 100 decibeles.

Relación de fases: En las personas con audición normal, el tímpano intacto no solamente contribuye a mantener la importante razón de área (razón entre el área de la membrana timpánica y la de la platina del estribo), sino que también "protege de los sonidos a la ventana redonda". Al hacer esto, cam-

-bia las relaciones de fase entre las ventanas oval y redonda, de tal manera que hay poca probabilidad de que una onda se neutralice a sí misma penetrando simultáneamente a través de ambas ventanas, nunca resulta una sordera total, sino que la pérdida del oído ya existente aumenta.

El sonido en el caracol: En condiciones normales las ondas sonoras más efectivas son las que se transmiten a través del tímpano y de la cadena osicular hasta la ventana oval. La platina del estribo cierra la ventana oval y se mantiene en posición mediante el ligamento anular, que permite vibrar al estribo de acuerdo con la frecuencia y la intensidad de la onda sonora.

De esta manera una débil vibración causa un desplazamiento mínimo de la platina, mientras que ondas sonoras excepcionalmente intensas producen molestias a causa de que hacen rechinar los osículos. Cuando la platina del estribo se bambolea en la ventana oval, la presión sonora se transmite directamente a la perilinfa del oído interno. La perilinfa no circula, sino que actúa como cojín protector de un tubo membranoso muy frágil, el conducto coclear. En el conducto coclear hay endolinfa.

Cuando la presión sonora desplaza la perilinfa, la endolinfa es también desplazada de manera similar y los receptores terminales del oído, las cilias del órgano de Corti, se distorsionan.

En este momento , el sonido, que hasta ahora era una fuerza mecánica, se ha transformado en un estímulo eléctrico.

Para que una honda de presión atravesase un líquido (que prácticamente son incompresibles ) que se halle albergado en una cámara inextensible (el caracol) debe haber abertura al otro extremo del canal. En el caracol, una abertura es la ventana oval y la otra es la ventana redonda.

La ventana redonda en las personas con oído normal sirve principalmente como orificio de desahogo en la cápsula ósea del caracol.

**Organo de Corti:** Para que se produzca la sensación auditiva, es necesario que las ondas sonoras muevan o distorcionen los cilios de las células del órgano de Corti, que son los receptores para el oído. Cualquier enfermedad que impida que las ondas sonoras produzcan esa distorsión sobre los cilios, reduce el oído de acuerdo con la importancia de la lesión.

Las cilias del órgano de Corti son muy susceptibles de lesionarse por la falta de oxígeno, por la toxicidad de las drogas, por lesiones mecánicas (generalmente traumatismos sonoros) y por otras formas de traumatismo. Esas células no tienen irrigación sanguínea directa; obtienen su nutrición directamente de la endolinfa en la cual se hallan sumergidas. Una razón por la cual se requiere este aislamiento del órgano de Corti

-de la circulación sanguínea, es que el ruido producido por la circulación vascular podría ser intolerable.

En resumen: si nosotros oímos es porque las células del órgano de Corti son estimuladas por la distorsión física o por desplazamiento. Tal estimulación se produce normalmente cuando el sonido amplificado por la acción transformadora del oído medio, penetra en la escala vestibular a través de la ventana oval, altera la posición de las células a medida que cruza la membrana basilar y luego se escapa a través de la ventana redonda. (2).

#### PRUEBAS AUDITIVAS.

Las pruebas auditivas que por lo general se emplean son: la voz cuchicheada y voz normal, la prueba del reloj, los diapasones y la audiometría.

La voz cuchicheada y voz normal requieren experiencia para saber como se oye la propia voz a diferentes distancias y como varia de intensidad, de tal manera que cada paciente sea examinado bajo condiciones similares.

Prueba del reloj: Muchos pacientes se dan cuenta de su sordera cuando comprueban que son incapaces de oír el tic-tac de su reloj.

El tic-tac del reloj es un sonido de tono muy alto y se usa para probar pacientes con sordera de frecuencias muy altas, sin embargo, es un método malo para usarlo exclusivamente a causa de que únicamente prueba una pequeña porción de la ga-

-ma auditiva además de que varía mucho de intensidad entre varios relojes y los datos no pueden ser comparados cuando se usan diferentes relojes.

Pruebas con diapasones: Estas pruebas siguen siendo una parte importante en el examen otológico para determinar la agudeza auditiva. Los diapasones más usados para probar el oído son aquellos con frecuencias vibratorias de 512 a 1.024 ciclos por segundo. Para algunas pruebas es necesario un diapasón que vibre a 2.048 ciclos por segundo. En los exámenes con diapasones es necesario el enmascaramiento de los oídos ya sea obstruyendo el conducto auditivo externo con un dedo o empleando el ensordecedor de Bary.

Respuestas normales: Cuando un diapasón que está vibrando se coloca en cualquier porción de la línea media del cráneo o sobre los incisivos superiores las ondas sonoras viajan a través del cráneo, activa los líquidos cocleares y producen sensación auditiva. Cuando ambos oídos son normales, el sonido se percibe con igual intensidad en ambos oídos. Cuando el diapasón que está vibrando se coloca sobre una apófisis mastoide, se percibe allí durante un cierto tiempo, antes de que gradualmente desaparezca el sonido. Luego, y sin reactivar de nuevo el diapasón se le coloca enfrente del conducto auditivo externo del mismo oído; el sonido vuelve otra vez a ser percibido y desaparece con lentitud.

Normalmente un diapasón se oye doble tiempo por conducción aérea, que se oyó por conducción ósea; en otras palabras, la estimulación del caracol produce sensación auditiva, prescindiendo de como o porqué vías llegaron las vibraciones. Pero a causa de que la vía del oído medio es más eficiente, un oído normal "percibe el sonido conducido por la vía aérea durante más tiempo que si es conducido por la vía ósea".

**Prueba de Weber:** Cuando un diapasón se coloca sobre los incisivos superiores o en cualquier lugar de la línea media del cráneo, un paciente que tenga hipoacusia conductiva percibe el sonido en el oído enfermo, suponiendo que tiene un oído normal en el lado opuesto. Esto ocurre porque en el lugar en donde se hace el examen siempre hay un ruido ambiental que tiende a enmascarar el oído normal, pero el oído más enfermo, con pérdida conductiva, no oye tal ruido ambiental y entonces tiene una mayor posibilidad para percibir el sonido conducido por el hueso. La prueba de Weber no se "lateraliza" en un cuarto a prueba de ruidos. Si existe una hipoacusia perceptiva en un oído y el oído opuesto es normal, el mismo diapasón se oirá más fuerte en el oído sano.

**Prueba de Rinne:** La prueba de Rinne se ejecuta colocando alternativamente un diapasón en vibración enfrente del conducto auditivo externo y en la apófisis mastoide adyacente. El oído nor---

-mal oye tal diapasón aproximadamente un tiempo doble por conducción aérea que por conducción ósea. En las pérdidas conductivas bastante avanzadas, esta razón se invierte. En las pérdidas conductivas menos intensas el quebrado aire-hueso no puede invertirse completamente, pero la razón se altera de tal modo, que el sonido por conducción ósea se oye relativamente más tiempo y el quebrado se expresa aproximadamente con la relación 1:1 el paciente oye tanto por conducción ósea, o aún más que por conducción aérea. Por otra parte, los pacientes con hipoacusia perceptiva oyen mejor por conducción aérea que por conducción ósea, y mantiene la relación normal de 2:1, aunque la audición está reducida en ambos términos del quebrado.

De una manera arbitraria se dice que un paciente tiene un Rinne positivo, cuando el quebrado es positivo, o sea que oye más por la vía aérea que por la vía ósea, y negativo cuando ocurre lo contrario.

Prueba de Schwabach: Esta prueba permite al examinador comparar su propio oído normal por conducción ósea con la conducción ósea del paciente. La prueba se ejecuta colocando alternativamente un diapasón en vibración sobre la mastoide del paciente y la mastoide del examinador. Cuando el paciente o el

-examinador dejan de oír el tono en cuestión, se anota el número de segundos que transcurren mientras sigue oyendo el otro. Si el oído del examinador es normal, oír el tono varios segundos más que el paciente con hipoacusia perceptiva; pero si el paciente continúa percibiendo el tono después de que el examinador ya no lo oye, se deduce que el paciente tiene una percepción normal "al menos para ese tono" con una hipoacusia conductiva. El paciente oye el tono durante más tiempo en el oído enfermo, porque el mecanismo conductivo está alterado y no necesita competir con el efecto enmascarante del ruido ambiental, el cual sigue actuando sobre el oído del examinador. (2).

**Audiometría con tonos puros:** La mayor parte de las mediciones cuantitativas del oído se hacen mediante el uso del audiómetro de tonos puros. Se trata de un aparato eléctrico que emite tonos puros cuya frecuencia e intensidad pueden variarse. Al colocar en la gráfica, en las abscisas la intensidad y en las ordenadas las frecuencias, se obtiene una curva.

Un audiómetro moderno está compuesto esencialmente por un electroimán que acoplado a lámparas termoiónicas al vacío, genera sonidos puros de intensidad controlable, desde la escala tonal de 64 vibraciones dobles hasta 12,000. La intensidad suele llegar hasta los 120 decibeles en el tono 1,000. Debe constar -- además de un dial o dispositivo que marque o regule los decibe--

-les o fones, dial que corrientemente salta de 5 en 5 decibeles,- en algunos otros, de 10 en 10 decibeles, habiendo algunos que tienen la escala corrida, es decir, de decibel en decibel. Una esfera o dial que marque las frecuencias que deseamos examinar; una llave de paso para poner la corriente en el aparato o para apagarlo; un receptor aéreo y otro óseo; un interruptor de tono, para averiguar la verdad de las manifestaciones del examinado; un dial graduado para adaptar y regular el ensordecedor. Algunos de los más modernos, traen un dispositivo para tomar el umbral de modulación, habiendo ya algunos modelos que vienen equiparados de dos canales, para poder efectuar las pruebas de balance bi aural.

Un audiómetro debe tener al menos, del 128 al 8.192 en el campo de las frecuencias.

Los niveles de intensidad no deben variar en el umbral más de 2.5 decibeles y en el campo tonal no más de 5.

Debe calibrarse periódicamente, cuando menos cada 6 meses en los hospitales y en las clínicas particulares, cada año.

Existen diferentes tipos de audiómetros; algunos como los alemanes todavía tienen las anotaciones en fones, pero los americanos y la gran mayoría de aparatos modernos, han estandarizado la intensidad en decibeles.

Mediante las gráficas o audiogramas puede determinarse el estado auditivo de las vías aéreas y óseas, lógicamente hay dos curvas o

perfiles audiométricos, en cada audiograma; el de la vía aérea y el de la vía ósea. Según la situación y el trayecto de estas curvas, se puede distinguir tres clases de sordera: de conducción, de percepción y mixtas. El audiograma además puede servirnos para el topodiagnóstico de las afecciones otológicas en ciertos casos, así como para indicarnos el estado de reserva coclear.

Para verificar una audiometría tonal; vía aérea, se principia por el oído mejor, de preferencia iniciando el examen por el tono 1,000, pasando luego hacia los tonos graves, hasta el 128, luego del tono 2,048 hasta el 8,192. Si la diferencia con el oído enfermo o pero es de más de 10 decibeles se ensordecera el oído enfermo, para evitar una audición cruzada, que nos daría lo que audiológicamente se denomina: perfil sombra.

Al practicar el examen audiométrico de la vía ósea, se ensordecera siempre el oído opuesto al examinado, poniendo el ensordecedor a 30 decibeles sobre el umbral de la vía aérea diferenciándose el examen óseo, en que para la vía aérea, unicamente se toman frecuencias del 256 al 4,096. (5).

En el presente trabajo tomaremos en cuenta unicamente los resultados obtenidos con el audiograma de tonos puros, tampoco se efectuaron pruebas de fatiga auditiva ni de adaptación auditiva que se describen a continuación ya que su mayor importancia la tie-

-ne para determinar la sensibilidad coclear.

**Prueba de la Fatiga Auditiva:**

La prueba se basa en el descenso del umbral auditivo después de la estimulación sonora del oído, tomando como medida, la comparación de la curva audiométrica primitiva.

La intensidad y la duración están en relación directa con este fenómeno. En cuando a la frecuencia es más efectiva probando con tonos agudos que con graves. No solo se afecta una frecuencia determinada sino las vecinas, especialmente la inmediata superior a la investigada. La lesión coclear aumenta la fatiga y hace que los períodos de recuperación sean más largos.

**Procedimiento:**

- 1o. - Se halla el umbral de audición mínima.
- 2o. - Se coloca en el audiómetro el tono 1,000 a 80 o 100 dbs., durante un minuto.
- 3o. - Se deja descansar el oído durante 15 segundos y se toma una nueva audiometría.
- 4o. - Se vuelve a poner el mismo tono con la misma intensidad durante 3 minutos.
- 5o. - Se descansan otros 15 segundos y se determina de nuevo el perfil audiométrico.
- 6o. - Lo mismo se vuelve a hacer con el mismo tono y la misma intensidad durante 5 minutos, practicando la última audiometría.

Resultados: la pérdida de 10 dbs. en la curva audiométrica considerando la primera y última prueba, se considera normal. Valores por encima de 10 dbs. indicarían reclutamiento o una labilidad de la cóclea para el trauma acústico.

#### Prueba de Adaptación Auditiva:

Esta prueba se basa en el descenso del umbral de un oído durante una estimulación sonora prolongada, tomándose el oído opuesto como control de equiparación periódica entre los dos.

#### Procedimiento:

- 1o. - Se toma el umbral mínimo de audición en el tono 1,000.
- 2o. - Se aplica el tono 1,000 a 80 dbs. en el oído a examinar.
- 3o. - Equiparación de volumen con el otro oído.
- 4o. - A cada minuto se toma la intensidad en el oído opuesto.
- 5o. - A los tres minutos se equipara la intensidad por última vez.

Al cabo de tres minutos se necesitarán menos decibeles en el lado no estimulado para que se obtenga la misma sensación de intensidad.

Estas pruebas tienen gran importancia para determinar la labilidad de la cóclea para el trauma acústico; además se emplea una serie de pruebas que tienen su mayor valor en la prevención del daño por trauma acústico ya que nos permiten conocer la labilidad coclear, estas únicamente las mencionaré ya que su mayor utilidad es para la prevención o conocimiento de que personas -

-son más susceptibles de sufrir un trauma acústico al estar sometidas a trabajos en ambientes ruidosos.

Dichas pruebas son: La de Peyser, de Theilgaard, de Wilson, de Grisen, de Falconet, y Alavoine, de Winser, de Huizing, de Gardner. (1).

### TRAUMA SONORO.

#### Definición:

Denomínase trauma sonoro a la alteración orgánica, con carácter permanente y progresivo, de las estructuras del órgano de Corti situadas en la espiral basal, traducida funcionalmente por la pérdida del poder auditivo correspondiente a la zona del espectro tonal sobre 4,000 c/s. (4)

El conocimiento de tal dolencia, que hoy constituye una entidad nosológica definida, evoluciona en varias etapas de las cuales - históricamente las más importantes son: la. la llamada "sordera del soldadero" y 2a. la definición de la pérdida aislada y preponderante a nivel de la frecuencia C 5-4,906 c/s. que toma el nombre de hipoacusia lacunar.

#### HISTORIA:

En 1830 Fosbroke publica el primer trabajo sobre la "Sordera del herrero". La fragua es para dicho autor, un motivo real de enfermedad y que esta dolencia ataca inexorablemente al oído.

Con el aparecimiento de las máquinas de vapor surge la profesión de "Calderero" y pocos años más tarde se publican observaciones de daños en la audición de dichos operarios, adquiriendo la denominación de "sordera del calderero".

En 1902 Maljutin llama la atención sobre trastornos de la misma índole sufridos por los tejedores.

Esto hace que se conozca la existencia de la sordera profesional y en 1906 Habermann, casualmente obtiene datos histopatológicos que comprueban la existencia de alteraciones producidas en el órgano coclear como respuesta al ruido; estos datos los obtuvo de un anciano que había sido obrero calderero y murió arrollado por un tren.

En 1907 Wittmaack experimentando con cobayos los cuales somete a la acción constante de ruidos, sacrificándolos de una a sesenta días después de iniciado el estímulo, para estudiar sus lesiones, que presentan invariable y predominante en la base del caracol y en las células del ganglio espiral.

En 1911 Jaehne publica una observación sobre 61 oficiales de artillería, siguiéndole Uffemorde con otra publicación donde se demuestra la baja en la zona del C5.4096, c/s. sin hallar el menor descenso en el límite tonal superior.

Más tarde Tenaglia y Vogel aportan observaciones en metalur-

-gicos y artilleros, con el mismo descenso en aquella zona aguada.

En 1927 Sacher efectuando exploraciones auditivas con series - continuas de tonos, descubre con toda certeza que esta baja - aislada en las proximidades del C5 4,096 c/s., se obtiene igualmente por vía osea, dando a este fenomeno el rango de signo inicial en trastornos auditivos cocleares.

Luego una serie de experiencias al mismo respecto dan como - resultado el hallazgo constante de un descenso circunscrito a la zona correspondiente a los 4,000 c/s. sin que se altere el - límite tonal superior del ~~espacio~~ auditivo. Esto hace que surja la denominación que especifica la característica de una alteración tan singular, siendo llamada C5"dip" o C5 "drop" por las escuelas sajonas, sin embargo, es Fanturri quien acierta con la denominación que la define, porque caracteriza la índole de defecto sensorial y es "hipoacusia lacunar".

La laguna potencial en zona específica, es el rango esencial y llamativo del trastorno funcional auditivo que el trauma sonoro provoca. (4).

#### Fisonomía Clínica:

Además de los testimonios ofrecidos por las observaciones en industrias y factorías ruidosas que muestran la gran frecuen-

-cia de hipoacusias lacunares en los que trabajan en dichos medios, también se encuentra en los centros de orientación psicotécnica, en los ambientes profesionales estrepitosos, comparece también en la casuística militar por el fragor de las detonaciones. No obstante, una circunstancia extraordinaria viene a complicar las posibilidades explicativas de tal fenómeno y es la indemnidad que ostentan ciertos sujetos que frecuentan o viven en medios ruidosos.

Al mismo tiempo comparecen enfermos con hipoacusias lacunares típicas cuyo ambiente habitual no es ruidoso.

Por ello se impone conocer el sonido o ruido capaz de perturbar de tal modo las estructuras del oído interno en todas sus características de intensidad, tono, timbre, continuidad, proximidad, multiplicidad, etc. Simultáneamente, conviene descubrir las circunstancias no sonoras que pueden imprimir la aptitud específica que se traduce en el déficit auditivo localizado. De igual modo adquiere fuerza la necesidad de saber que primicias y privilegios posee el oído, con su exquisita sensibilidad, al influenciarse por el ruido y a su vez difundir su poderoso agresor a los más íntimos mecanismos psíquicos, intelectivos y afectivos.

CONCEPTO ETIOPATOGENICO:

Las lesiones que los hallazgos histológicos, clínicos y experimentales han exhibido, así como el cuadro morbosos audiotraumático cuyo tipismo evidencia la localización de aquellas alteraciones, imponen deducciones tendientes a explicar el como y el porqué el trauma sonoro obra con un impacto precoz en la espira basal coclear, lesionando en su fase inicial el área correspondiente a los 4.096 c/s.

La razón que explique tal receptividad no es más que una hipótesis más o menos basada en hechos o fenómenos inducidos y apenas se formula, aparecen elementos de duda, casos paradójicos y argumentos contradictorios. Por ello, el mecanismo patogénico es hoy aún una proposición mantenida por razonamientos, es decir constituye una tésis en continua investigación de verdades más firmes.

Mecanismo tóxico: Fowler y su escuela suponen primitivamente la existencia de ciertos estados tóxicos endógenos por liberación de sustancias específicamente inductoras del atractivo topográfico coclear, pero la especificidad de las lesiones es tan restringida que apenas cabe tal argumento que implica un mecanismo bioquímico dotado de una disposición óptima de terreno y momento.

Más tarde las investigaciones de Hanberger y su escuela vuelven sobre las actividades celulares y establecen una estructuración cuyo punto de vista, aún dentro de la química biológica es muy distinto, porque muestra una alteración bioquímica de las células cocleares bajo el estímulo sonoro.

**Mecanismo de Artificio:** Las investigaciones de Larsen, Perlman, Perwitzchky, y Lanig, (4) muestran la extraordinaria frecuencia de los hallazgos de típica sordera lacunar en la mayoría de los sujetos examinados por medio del audiómetro de tonos puros.

Pero también obtienen sorderas en escotoma cuando no existe sonido manifiesto traumatizante. Por ello Larsen plantea el interrogante de un posible "artefacto" originado por el audiómetro, ya que los valores de calibración que los distintos aparatos poseen no responden en muchos casos a la realidad fisiológica de este órgano sensorial.

Pronto sin embargo se acumulan las pruebas contradictorias entre las que se cuentan las alteraciones unilaterales y las indeterminidades individuales como argumentos suficientemente convincentes para que persista tan débil hipótesis. El mismo Larsen al plantearse la pregunta dice: "Sería posible que el audiómetro diera hipoacusias lacunares en un oído sí y en otro no?".

El audiómetro, sin que pueda considerarse como el instrumento de indiscutible perfección, pese al desarrollo técnico de los últi-

-mos años, es talvés el medio de máxima eficacia para descubrir y definir una serie de manifestaciones patológicas auditivas entre las que se encuentra la hipoacusia lacunar.

La interferencia de los acúfenos, esgrimida algunas veces por los propios enfermos para explicar su defecto sensorial, atrae la atención de autores como Larsen, Perlman, Fowler, quienes le dedican importantes indagaciones.

El estudio deductivo de las molestias originadas por los zumbidos, significa en este campo un hecho real. Pero aún contando con el fenómeno subjetivo trastornante, que tan bien acusan y expresan los propios pacientes, hay ciertas razones que podrían ser objeto de profundas consideraciones. Por una parte los acúfenos, como han demostrado los citados autores, pueden identificarse en las áreas de elección y en su mayoría están acordados a los 4000 c/s. y con mayor asiduidad a los 8.192, lo cual puede significar una superposición y por lo tanto enmascaramiento real o subjetivo. Por otra parte, la esencia del zumbido auditivo que acompaña a la mayoría de las dolencias óticas, puede significar una razón explicativa del enigma sonoro traumático. Los acúfenos constituyen estímulos artificiales con punto de partida en distintos niveles de las vías acústicas. Pero suelen ser periféricos y debidos a -- irritación anómala de las células ciliares y ganglionares. De allí se establece un impulso que las fibras nerviosas se encargan de-

recoger y mandar hasta los centros captativos. Existen además los "tinnitus auris", originados en mioclonias espasmódicas del músculo del martillo, las que constituyen un complejo patológico que se inicia con contracturas del periestafilino externo, transmitidas al músculo del martillo por obra del sincronismo funcional que les dá la común inervación dependiente del trigémino. Acto seguido las contracciones del músculo maleolar imponen una alteración en los coordinados empujes de la cadena ósea, y la platina del estribo altera la dinámica de los líquidos laberínticos con una onda tempestuosa, origen del estímulo que dá origen al zumbido.

El ruido violento de una detonación o un martillazo, por ejemplo: provoca una contractura brusca directa de los músculos de la caja y éstos en muchos casos, al determinar la excitación de las estructuras nobles, causan la aparición de un zumbido agudo, violento al principio, que puede durar algunos minutos en el mejor de los casos.

Sin embargo en el grupo de las posibilidades patogénicas, pierde valor el zumbido como origen del trastorno por su tan irregular producción, por su presencia en distintas alteraciones auditivas en las que ni actúa el ruido traumatizante ni se produce un perfil sensorial patológico que recuerde la hipoacusia lacunar, y, finalmente, porque en realidad se presenta como síntoma junto con el

-defecto auditivo y es por ello una consecuencia más del audio-trauma.

Los trabajos experimentales de Larsen y las realizaciones clínicas de Perlman y Ciocco, demuestran que un crecido número de hipoacusias lacunares pasa inadvertido por sus portadores, quienes no suelen presentar zumbidos, o por lo menos, no los acusan.

Por otra parte, la tonalidad de los acúfenos oscila alrededor - de los 8.192 c/s., es esta la banda límite de indemnidad para la hipoacusia por trauma sonoro.

Como consecuencia, disminuyen las razones que apoyen como p patogenia a tan compleja y poco conocida fenomenología, sin que pueda por ello eliminarse de la constelación patológica del - trauma sonoro. (4). -

## EL RUIDO COMO AGENTE AGRESOR.

Siendo el ruido agente agresor selectivo, al tomar en consideración su efectividad y constancia, resulta obligado un estudio cuidadoso de sus condiciones de actuación.

El ruido dañino se encuentra en todas partes, llena todos los espacios y actúa en todo momento. En los lugares más tranquilos se puede detectar un ruido de fondo más o menos acusado por el oído y no faltan apariciones bruscas de sonidos enojosos. Cuando en la vida del hombre se habla de un ámbito de paz, esta supone siempre el silencio como signo de reposo y calma. Cabe por lo tanto, distinguir el ruido como elemento perturbador de la armonía psíquica, del ruido alterante del aparato auditivo provocador de lesiones orgánicas definidas.

En el segundo apartado pueden constar:

Ruidos accidentales, como las explosiones y detonaciones.

Ruidos profesionales, en los que entran todas las industrias ruidosas y las detonaciones cuando se trata de guerra o en la profesión militar.

Ruidos ambientales en la vida cotidiana.

El fin al cual conduce en el futuro el conocimiento del problema de las agresiones óticas sonoras, se halla ya en la conciencia de todos los investigadores, porque este fin es la concepción --

-de los peritajes medicolegales en la calificación de incapacidades y la comparencia de la entidad nosológica profesional audio-sonoras.

El ruido invade todos los medios profesionales conocidos. Aun las labores agrícolas están pobladas de ruidos por obra de la técnica moderna. Maquinarias, motores y herramientas, significan fuentes de ruidos complejos, intensos múltiples y continuados que se reflejan, refractan y refuerzan en los soportes, armazones, paredes, techo, etc. de cuanto forma el lugar de trabajo, en el permanecen los operarios, vigilantes, o directivos técnicos, emergidos durante cierto número de horas que bastan para lesionar el oído interno. Ello obliga a medir el volumen sonoro en una fórmula en la que el ruido es el resultado del acoplamiento de varios factores, tales como frecuencia, intensidad, complejidad, vibraciones y particularidades del medio de conducción.

La intensidad hace referencia a una dimensión del estímulo.

Su magnitud depende de la fuerza del excitante.

Intensidad sonora (flujo específico de energía sonora) referida a una dirección determinada en un punto, es la proporción media de energía sonora transmitida en la dirección especificada, a través de un área unidad normal a esa dirección en el punto considerado.

Es condición imprescindible establecer una clasificación y eva--

-luación de los ruidos agresores según las características expresadas.

Werne~~a~~ agrupa los distintos tipos de ruido interviniente en esta agrupación las cualidades de intensidad, duración, complejidad y forma.

Clasificación del ruido: (4).

Ruido intenso y único (detonación)

Continuo

Ruido suave persistente Rítmico

Arrítmico

Continuo

Ruido intenso y permanente Rítmico

Arrítmico

Las características preponderantes son: la magnitud, la continuidad y el tipo intermitente de choques regulares o irregulares.

Detonación:

La vibración de impacto producido por la detonación de un explosivo se puede definir como una onda de gran condensación y extraordinaria velocidad inicial. Esta velocidad de propagación del sonido cerca de la fuente de origen, es mucho mayor que la velocidad habitual, pero se reduce rápidamente. La intensidad de choque de una explosión de 4.5 kg. de Trilita es de 790 cm,104 wats por cm<sup>2</sup> aproximadamente.

80db por encima del umbral de recepción 200 db sobre el umbral de audición del sonido periódico.

La duración de la vibración en la onda detonante es extraordinariamente corta y el oído se beneficia con ello, puesto que se lesiona más cuando se expone a un sonido de menor intensidad, pero de mayor duración.

La vibración de choque en su propagación y extensión provoca desplazamientos moleculares a los cuales la cóclea reacciona violentamente antes de que se puedan contraer los músculos del oído medio. Especialmente útiles en este aspecto resultan las observaciones de Miller sobre el oído expuesto a la detonación de arma de fuego. En este caso, la vibración positiva (compresión) se eleva bruscamente a un máximo, cayendo hacia una presión negativa es corriente-mente mucho menor que la vibración de compresión, pero más prolongada. La presión positiva no obstante, puede ser lo suficientemente intensa como para producir la rotura de la membrana timpánica antes que su acción alcance las estructuras del conducto coclear.

La presión máxima acusada por un aparato registrador es de 2.6g por  $\text{cm}^2$  y se produce aproximadamente alrededor de 15 milésimas de segundo después de haber comenzado la vibración sonora. La presión se hace normal en 25 milésimas de segundo y luego se convierte en negativa durante 5 centésimas de segundo o más. Tradu---

-cido en unidades de presión acústica, equivale aproximadamente a 2.368 dinas por  $\text{cm}^2$ .

Algunas vibraciones ya amortiguadas que se producen a cierta distancia de un cañon de gran calibre, son menos intensas y causan un trauma acústico menor que a enormes vibraciones de presión que se originan cerca de tales armas detonantes.

La proximidad de pequeñas armas de fuego exponen el oido a ondas de presión similares pero no tan activas. La presión de las vibraciones acústicas resultan, sin embargo, de gran intensidad en comparación con los límites de tolerancia de un oido normal. Estas ondas complejas, y no periódicas, pueden ser analizadas en sus frecuencias componentes, viéndose que actua un verdadero campo de vibración compuesto por la superposición de ondas, graves y agudas, a las que se unen ultra sonidos.

Las ondas que se originan en forma brusca, probablemente causan la mayor irritación en la cóclea, cerca de la ventana redonda, donde se condensa las altas frecuencias. La vibración acústica, de formación más lenta, provoca el máximo de estímulo en el segmento de la cóclea cercano al apex, donde se captan las bajas frecuencias. Naturalmente si la onda de vibración progresa más lentamente que una onda sinusoidal acústica en el limite tonal grave, produce un estímulo cóclear específico y en conse---

-cuencia no será agresivo para las estructuras de receptividad específica.

Como los sonidos de baja frecuencia son menos traumatizantes que los de frecuencia elevada, cuanto más agudas sean las vibraciones tanto mayor será el trauma acústico dentro de ciertas limitaciones.

El disparo de un arma de fuego pequeña en una habitación vacías, la enorme presión acústica debida a la acción expansiva de las explosiones del gas en la boca del arma, son capaces de estimular el oído humano con la máxima violencia.

Una pared lisa refleja el 90% de la energía acústica que recibe y por ello el aumento enorme del número de vibraciones resultante a las cuales queda expuesto el oído, provoca un trauma acústico más fuerte que cuando estas mismas armas se disparan al aire libre. Ambos oídos son igualmente traumatizados por las ondas reflejas.

En el ruido continuado de tipo complejo, producido por distintas fuentes, la intensidad ha sido invocada como causa máxima. Larsen afirma que en la cooperación de fuentes sonoras idénticas, la magnitud subjetiva total es de  $10 \times \log. n. \text{ fones}$ , mayor que la de una sola de ellas aisladas (4). De ello se desprende que en los talleres con muchas máquinas ruidosas, la intensidad de conjunto ha de ser importante aunque cada una de ellas produzca un ruido insignificante.

Sin embargo, resulta, como deduce Larsen, que no existe una correlación muy precisa entre la intensidad del ruido y la magnitud del defecto, y en cambio el tiempo de exposición es un elemento de gran interés. No obstante, es imposible olvidar que hay para todo el espectro acústico un umbral doloroso bien expresado por Wagel y cuya particularidad dominante radica en las diferencias de zona y tono para los distintos individuos (4).

#### TONO DEL RUIDO TRAUMATIZANTE.

Los hechos coinciden en probar que los ruidos traumatizantes integran una banda concreta del espectro sonoro. Las experiencias más destacadas señalan la circunstancia curiosa de la producción del déficit auditivo <sup>e</sup>siempre por encima de la tonalidad del ruido agresor. De media a dos octavas representa este desplazamiento tonal, el cual nunca baja de los 2000c/s. y se eleva por encima de los 5000c/s. -

Las mediciones de Perwitschky y Laning corresponden a un espectro ruidoso oscilante entre los 2000c/s. y 3000c/s. Lo cual explicaría la zona selectiva en la banda de 4000c/s. y sus frecuencias vecinas. A esta zona llegaría el ruido ambiental con su influencia nociva, con el refuerzo de la actuación del conducto auditivo y el mecanismo timpánico.

Tanto la vía que sigue la cadeaa ósea hasta la ventana oval, como la que se propaga por las paredes del conducto, caja timpánica y cápsula laberíntica, sufren notablemente la influencia de sonidos en cuyo espectro predomina el tono 3,000 y por ello la fuerza agresora es intensa, porque confluyen a crear la atmósfera trastornante por obra de su sonoridad que actuaría como estimulante específico del sector especialmente sensible del -- organo coclear. Las posibilidades de la acción microfónica del órgano de Corti tomarían incremento ante estas sugerencias.

#### INTENSIDAD.

La condición que más ha parecido identificarse con la definición de trauma sonoro, ha sido la intensidad. La aparición del concepto del umbral doloroso que representa intolerancia para sonidos de magnitud excesiva, ha puesto en juego el valor que este factor ofrece en la provocación del audiograma.

Entre la serie de sensaciones no auditivas que se producen por el existente sonoro, es la más destacada y va ligada a la intensidad, de modo que los vocablos: estrépito, fragor, significan la sonoridad molesta para el oído, creadora de una rápida fatiga, causante de alteraciones más importantes y estables.

Las alteraciones logradas experimentalmente en la arquitectura íntima de las estructuras cocleares por la acción de ruidos violentos, atraen la atención de investigadores como Beck y -----

-Holzmann, que han evaluado el ruido profesional en caldererías, herrerías, talleres metalúrgicos y en motores de aviación, concediendo un promedio de 60db. como límite de tolerancia sobre el cual todo sonido puede resultar perturbado.

Sin embargo, Perlman y Larsen tras cuidadosas investigaciones, niegan la correlación sistemática entre el volumen sonoro y la cuantía del defecto.

Al distinguir en el ruido trastornante la detonación como sonido único, breve, violento, de otras manifestaciones audibles de sonoridad varía, se circunscriben dos formas de estímulo agresor.

I- al estímulo se une cierto número de agentes extra-sonoros, y  
II -tan solo el ruido es el que obra como agente morboso y a la intensidad se agregan otras cualidades del estímulo físico.

En tal detonación, la violencia del ruido espectro complejo provoca la contractura vigorosa de los músculos de la caja, pero se acompaña tal estrépito, de la intensa alteración expansiva y vibratoria que el estallido motiva. La fenomenología no es exclusivamente sonora porque entra en acción la energía cinética con sus características trastornantes propias.

El ruido no detonante puede adquirir una amplia gradación de tolerancia y susceptibilidades y puede variar en cada sujeto y en cualquier circunstancia. Se dá el caso de un ruido suave que ---

no da distorsión de lenguaje verbal, pero que acompaña al sujeto algunas horas durante el día, realiza su inexorable obra de destrucción del territorio basal del conducto coclear.

En este caso, la máxima acción dañina es producto de la persistencia del estímulo y en consecuencia, la constancia del sonido traumatizante supera a la intensidad.

Fenómenos múltiples de distorsión en la acción microfónica, fatiga y enmascaramiento, intervienen en el desarrollo de las agresiones auditivas concebidas bajo este concepto.

#### VULNERABILIDAD COCLEAR.

Ninguna de las características del ruido puede por sí misma ser el agente lesional a ultranza, como lo demuestran los numerosos casos de inmunidad. Por ello cabe pensar que existe un estado de perceptividad coclear condicionada a circunstancias individuales que reducen la capacidad defensiva y adaptadora del órgano coclear y en tal caso adquiere el sujeto un estado de vulnerabilidad específica, como le llama Larsen, la cual parece ligada a la disritmia funcional auditiva cuando decaen factores determinados, en circunstancias óptimas para que el estado de receptividad se produzca.

Esta vulnerabilidad local que no solo radica en un órgano, sino en un sector del mismo, se halla ligada a múltiples factores, -

entre los cuales existen unos exógenos dependientes del estímulo por si mismo (su modo de conducción y la forma de alcanzar el órgano auditivo) y otros endógenos, a los que concurren múltiples circunstancias que interesan la función del oído.

En tal vulnerabilidad participarían condiciones constitucionales y funcionales en las que intervendrían mecanismos neurales, circulatorios y bioquímicos, así como actividades mecánicas y eléctricas en las que no solo tomaría parte la cóclea, sino el aparato acomodador del oído medio y las fibras nerviosas que emanan de las células aliadas y forman el ganglio espiral.

#### CLASIFICACION.

Larsen ha estudiado audiométricamente lo que ocurre evolutivamente a estos enfermos. Consideró tres grupos o tres grados que son ya clásicos.

Grado I- Al principio no se tiene ningún trastorno auditivo y se oye bien la palabra hablada, pero el audiograma muestra una caída entre 20 y 30 dbs. en el tono 4.000, de una octava de extensión más o menos, pero que levanta otra vez en el extremo tonal agudo.

Grado II- El audiograma muestra en estos casos mayor descenso del umbral, la hipoacusia es manifiesta, la pérdida es de unos 40 dbs. y abarca unas dos octavas cayendo más en las frecuencias agudas.

Grado III- La caída de la curva es marcada, hay acúfenos y reclutamiento intenso, el umbral decrece hasta los 60 dbs. o más, abarcando gran extensión de la zona tonal. Muchos enfermos solamente en este grado se dan cuenta exacta de su problema (1). En el primer período los síntomas audiológicos son parecidos, aunque de mayor grado, que de los de la fatiga auditiva, como estos a veces son reversibles, al descansar el oído, el nivel auditivo primitivo se recupera en parte, más tarde las lesiones producidas por el impulso sonoro son irreversibles. La fatiga es pues un fenómeno fisiológico. El segundo y tercer grado del trauma acústico entran dentro de la patología. Al principio las lesiones cocleares son reversibles en el primer grado.

Fatiga auditiva: Toda excitación continuada tras aparejada una disminución de la respuesta nerviosa, hasta que la energía perdida se reponga mediante un proceso de resuperación. Se desconoce la esencia y la localización de este fenómeno, que puede tener lugar tanto en el órgano de Corti, como en cualquier parte a lo largo de la vía acústica. Algunos autores creyeron que se debería a cansancio de las fibras musculares de los pequeños músculos timpánicos, sin embargo, experimentos llevados a cabo con animales curarizados demostraron que esto no es cierto.

En la fatiga se pueden distinguir dos fenómenos parecidos pero perfectamente separables: uno el fenómeno de "fatiga post-estimuladora" y otro el de "fatiga per-estimuladora o adaptación auditiva". Los dos tipos de fatiga se diferencian en su producción, mientras que la fatiga post-estimuladora parece estar determinada por el cansancio neuronal debido a la acumulación de productos metabólicos en las células del órgano de Corti, la adaptación parecería depender de una alteración pasajera de los fenómenos eléctricos de la membrana tectoria. Los dos fenómenos tienen gran importancia audiométrica, pues se utilizan para determinar el topo-diagnóstico de una lesión en el órgano auditivo. La fatiga auditiva tiene lugar después de haber estimulado durante cierto tiempo, el oído con una intensidad supraliminar. Se manifiesta por un descenso inmediato del umbral auditivo por comparación con el umbral primitivo. Este fenómeno está en función:

- 1o.: de la intensidad.
- 2o.: de la duración.
- 3o.: de la frecuencia estimuladora.
- 4o.: del estado coclear.

**Adaptación auditiva:** La adaptación o fatiga per-estimuladora es un fenómeno de atenuación de la sensibilidad durante un periodo de estimulación prolongada. Se presenta únicamente ---

cuando se excita el oído con un tono continuo, en caso de estimulación intermitente no se produce, parecería que los períodos de silencio fueran suficientes para que la fibra nerviosa tenga tiempo de reponerse.

Aunque la fatiga y la adaptación son dos fenómenos parecidos, tienen varias diferencias, que de acuerdo a Adrián serían las siguientes:

- 1) La fatiga auditiva es una disminución de la sensibilidad del oído, debida a una actividad previa desarrollada por este órgano, mientras que en la adaptación esta sensibilidad decrece debida al estímulo, independientemente de que el oído está excitado.
- 2) La fatiga se presenta más lentamente que la adaptación.
- 3) La fatiga se presenta sobre todo más marcada en la octava superior a la de la frecuencia utilizada, mientras que la adaptación es mayor en la frecuencia ensayada, con caída simétrica hacia los tonos contiguos.
- 4) La máxima caída en el fenómeno de fatiga tiene lugar en el tono 4.000, que como sabemos es el elegido por el trauma acústico, en cambio la adaptación es justo en la frecuencia estudiada donde decae la sensibilidad auditiva.
- 5) Es probable que la fatiga se acompañe de acúfenos, la adaptación no.
- 6)

6) La duración de la fatiga es generalmente mayor que la del estímulo, la duración de la adaptación al cesar el estímulo es menor que el tiempo de excitación.

El trauma acústico se acompaña en todos los casos del fenómeno de reclutamiento; el cual es un fenómeno paradójico basado en la capacidad que poseen algunos oídos hipoacúsicos de no percibir el sonido a intensidades normales, mientras que por encima del umbral tienen capacidad para oír igual que el oído sano o aún mejor; este reclutamiento es intenso, sobre todo a partir del 4.000. Se considera que esta clase de lesiones del oído interno son las que mayor reclutamiento presentan.

#### TRATAMIENTO:

Como se dijo en la clasificación de los grados del trauma acústico, el grado I es reversible u su tratamiento es el retiro del ambiente ruidoso que ocasiona trauma; los grados II y III son irreversibles, se acostumbra dar únicamente tratamiento a base de vitaminas A, B-1 y B-12, pero no se ha demostrado que mejoren con estos medicamentos.

Queda como único tratamiento el retiro del ambiente ruidoso, es decir, la fuente de origen, para evitar que aumente el grado de daño coclear o bien, medidas preventivas, tales como determinar la labilidad coclear del individuo y evitar que permanezca o trabaje en un ambiente ruidoso que pueda ocasionarle un trauma acústico.

PREVENSIÓN:

En vista de que el ruido continuo e intenso trastorna la conducta del individuo y hace decaer su rendimiento además de producir lesiones en el oído interno, la protección contra el ruido es un deber común por el bien del individuo y de la sociedad.

El amortiguamiento sonoro ha cobrado máxima importancia en el mundo moderno y existen varias sociedades que intentan disminuir el ruido en las grandes ciudades, también la Medicina del trabajo ha creado y exige ciertas normas para que el ruido no dañe a los individuos. Existen dos formas para protegernos de los ruidos, aparte de la supresión de los mismos:

- 1o.- La reducción del ruido mediante instalaciones especiales.
- 2o.- La utilización de aparatos capaces de impedir que estos penetren en el oído con su plenitud.

La absorción de ruidos es posible mediante instalaciones especiales que a veces son muy costosas.

La utilización de aparatos portátiles, que filtren el ruido y disminuyan en parte la intensidad, está cada vez más extendida y hay países que en sus legislaciones de trabajo obligan a usarlos en ciertas industrias.

Los aparatos son de variadas formas y tamaños, pero además tienen el problema de su valor. Bastante utilizado, es el sencillo ta-

-pón de algodón ya sea solo o envaselinado, que reduce de 15 a 20 dbs. lo cual no es mucho, pero si suficiente en algunos casos en que el ruido no sea demasiado intenso.

Todos los protectores tienen el inconveniente de que imposibilitan al mismo tiempo la percepción de la voz hablada, cosa imprescindible en ciertos trabajos, por lo cual se ha tratado de hacer algunos auriculares que filtran los tonos agudos a partir del 2.000, pero que dejan pasar las frecuencias de la conversación corriente.

La mejor profilaxia se hará con la observación periódica, o un examen previo para determinar la labilidad coclear; además -- cuando la curva audiométrica decaiga de una manera exagerada se debe cambiar de ambiente por otro menos ruidoso, ya que si permanece en el mismo ambiente ruidoso terminará por presentar inutilidad por trauma acústico, con el consiguiente perjuicio para el paciente.

Casos de trauma sonoro, producidos por explosiones, obtenidos en la revisión efectuada en el Hospital Militar (3). Esta revisión comprende los casos que se han demostrado a partir de Septiembre de 1964 al mes de marzo de 1966; además se incluye un caso que se presentó en la clientela particular del Dr. Luis Anderson G. -

Caso No.1: L.A.P. de 26 años consulta por acúfeno consecutivo a disparos con cañón.

Al examen: Conducto auditivo ext. Nl. Tímpanos: Nls. Audiograma 18/IX/64: Trauma acústico bilateral Grado III.

Caso No.2: F.S.M. de 29 años. Historia: en 1957, consecutivo a disparos con cañón, presentó acúfeno agudo el cual persistió por 15 días.

Al examen: Conducto auditivo externo: Nl. Tímpanos: Nls. Audiograma, 10/XI/64: Trauma Acústico bilateral Grado III.

Caso No.3: I.C.H. Ocho meses antes de consultar, consecutivo a disparos de cañón, principió con otalgia leve en el oído izq., sordera y zumbido; la sordera desapareció pero el acúfeno a persistido constantemente.

Al examen: Cond. Aud. ext. Nl. Tímpanos Nls. Audiograma: - Trauma acústico grado III en oído izquierdo.

Caso No.4: F.A.G. Historia: Acúfeno constante consecutivo a disparos con cañón.

Examen físico: Nl. Audiograma: 14/IV/65. : Trauma acústico  
Grado III en oído izquierdo

Caso No.5: J.B.C. de 20 años. Historia: consulta por otorra-  
gia en oído izquierdo la cual se inició al estallar una bomba cer-  
ca de donde se encontraba; esto sucedió 4 días antes de consultar.

Al examen: Otorragia y ruptura tímpanica en oído izquierdo.

Audiograma: 5/V/65. Cuadro de sordera mixta por explosión.

Este caso se controló 2 meses después, con un nuevo audiogra-  
ma el cual mostró: desaparición de la caída de trauma acústico  
y mejoría de 25 dbs. en la sordera conductiva.

Caso No.6: J.L.Q., Historia: 45 días antes de consultar conse-  
cutivo a disparos con cañón, principió con hipoacusia progresiva.

No había antecedentes de patología del oído, nariz o garganta.

Examen físico: Nl. Audiograma: 27/V/65.: Trauma acústico bi-  
lateral Grado III, más marcado en oído izquierdo.

Caso No.7: C.P.M. : consulta por hipoacusia.

Examen físico: Nl. Audiograma: 12/VIII/65: Trauma acústico  
Grado III en oído derecho.

Caso No.8: S.L.A. de 9 años. Historia de quemar cohetes en  
diversas oportunidades.

Examen físico: Nl. Audiograma en cámara sonoamortiguada: -  
22/II/66 Trauma acústico bilateral: Grado II en oído izq. y Gra-  
do III en oído der.

Caso No.9: V.F.M. Historia: varios meses antes de consultar principió con sensación de ruidos en oído derecho y disminución de la audición en el mismo oído.

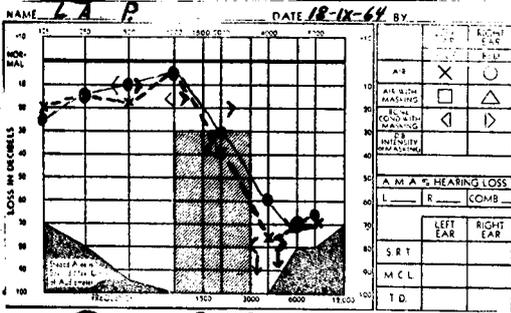
Al examen: tímpanos Nls. Audiograma: Trauma acústico bilateral Grado III.

Caso No.10: J.J.C.E.F. de 20 años. Historia: Después de práctica con cañón, principia con zumbido constante, agudo en oído izq. Examen físico: NI. Audiograma: 3 /III/66 en cámara sonoamortiguada y audiómetro con auraldones: Trauma acústico bilateral Grado III.

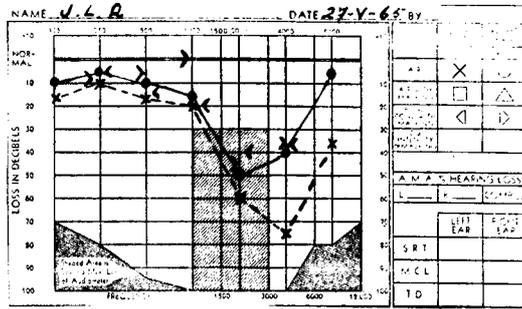
En la clasificación de estos casos se empleó la clasificación de Larsen.

Los signos usados en el audiograma son los reconocidos internacionalmente.

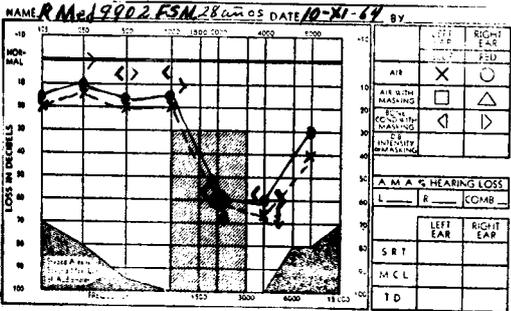
# Caso N° 1



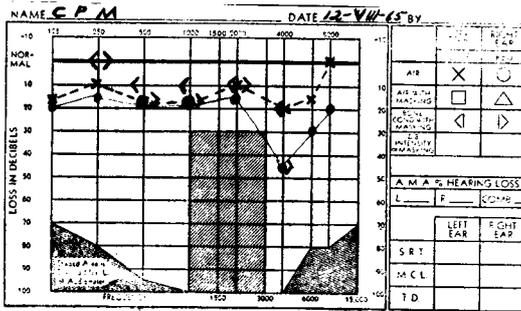
# Caso N° 6



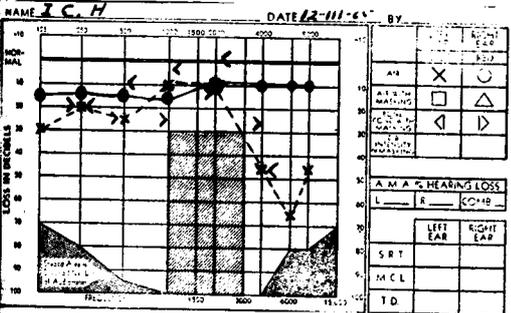
# Caso N° 2



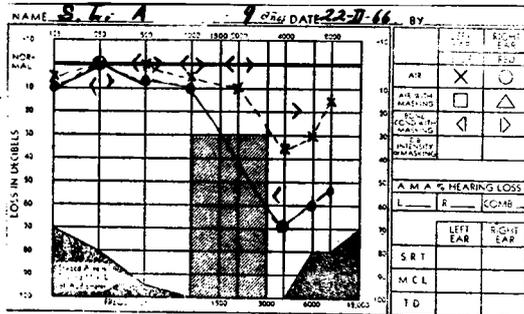
# Caso N° 7



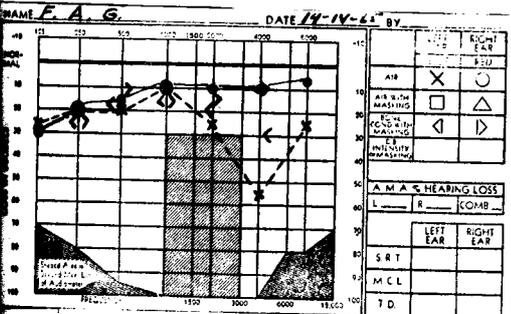
# Caso N° 3



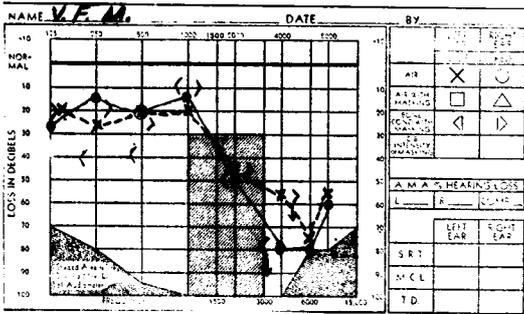
# Caso N° 8



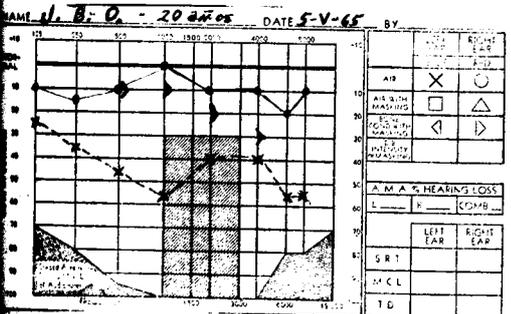
# Caso N° 4



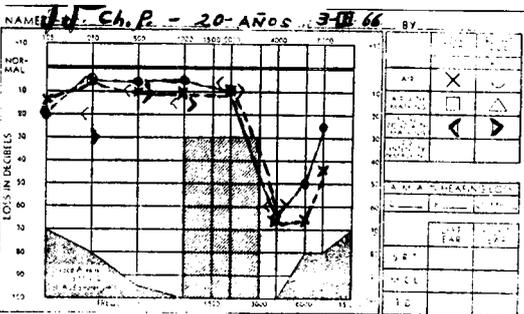
# Caso N° 9



# Caso N° 5



# Caso N° 10



DISCUSION:

En los casos analizados se encuentra:

5 consultaron por presentar acúfeno como causa principal, consecutivo a explosión.

En 4 de los casos la causa principal de consulta fué hipoacusia, pero en uno de ellos ésta desapareció después de algunos días.

Uno solo de los casos presentó otorragia y ruptura timpánica la cual es una de las complicaciones de las lesiones producidas por explosiones, debida a la onda de percusión.

Al clasificarlos se encontró: Trauma acústico bilateral en seis casos, uno de los cuales presentó grado II en un oído y grado III en el otro oído, el resto era grado III en ambos oídos.

Trauma acústico unilateral en cuatro casos; de estos todos eran grado III.

Si bien el número de casos es reducido, ya que solo se encontraron 10 casos en el término de 2 años, es probable que haya más de estos casos, que posiblemente por no haber dado importancia a la presencia de acúfenos no consultaron, o bien porque en la mayoría de los casos, los sujetos no se dan cuenta, sino hasta que las lesiones son más graves y se acompañan de hipoacusias marcadas.

## SUMARIO:

Después de hacer un recordatorio de la anatomía del oído y fisiología de la audición, vemos que el oído interno será acondicionado para protegerse de los ruidos intensos, pero que en determinadas circunstancias puede ser vulnerado por el ruido, ya sea que se produzca en una forma intensa y única o en forma constante, además se encuentra cierta predisposición personal para que el ruido actúe en forma patológica; esto puede ser detectado por los exámenes audiológicos que se practiquen ya sea determinando la labilidad del oído para sufrir daño o bien descubriéndolo cuando ya se ha instalado el daño; para esto contamos con los diferentes métodos que han sido descritos, en especial con el uso del audiómetro el cual nos da una gráfica que puede ser interpretada fácilmente.

Tenemos que el trauma acústico provoca una caída a nivel del tono 4.000 la cual da una curva típica que permite su diagnóstico y cae la curva y da la amplitud de esta.

Al hacer el estudio de la influencia del sonido como agente agresor vimos que los tonos altos son los más dañinos y que el sonido único que produce la explosión, actúa además por otros mecanismos y que muchas veces puede producir la rup-

-tura de la membrana timpánica antes que producir un trauma acústico, así mismo vemos que por lo rápido y violento del sonido el oído está imposibilitado de defenderse, lo cual lo hace más vulnerable.

En los casos presentados se demuestra la curva típica que produce el trauma acústico en el audiograma.

En el tratamiento vemos que los medicamentos tienen poco valor ya que el trauma acústico de primer grado evoluciona favorablemente en una forma espontánea, pero los de segundo y tercer grado no regresan a la normalidad sino que el daño queda instalado definitivamente, así es que el mejor tratamiento es la profilaxia ya sea evitando o disminuyendo la intensidad de los ruidos, o bien por medio de aparatos que eviten la llegada al oído interno de los sonidos traumatizantes con toda intensidad, o también haciendo exámenes para determinar la labilidad de la cóclea para el trauma acústico.

CONCLUSIONES:

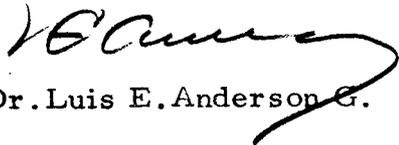
- I- Todo trauma acústico se manifiesta clínica y audiometricamente por una caída a nivel del tono 4.000, de intensidad variable.
- II- La mayor parte de los casos se acompañan de acúfeno agudo.
- III- Está demostrado clínica e histopatológicamente que las explosiones producen lesión en la cóclea a nivel de la primera espira basal.
- IV- Cuanto mayor sea el daño coclear, es más irreversible.
- V- El tratamiento es inminente profiláctico y entra en la categoría de Medicina Preventiva y de Trabajo.
- VI- Es necesario que todas las personas expuestas al trauma acústico sean protegidas y controladas cada 6 meses o 1 año.
- VII- Por hipoacusia y sordera de personas que desempeñan trabajos con exposición a ruidos intensos, debe ser considerada como enfermedad profesional.



CARLOS ENRIQUE GARCIA GONZALEZ.

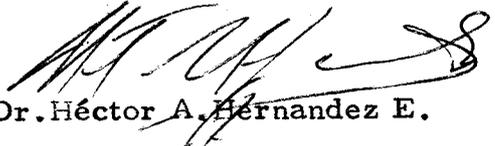
Vo.Bo.:

Asesor:



Dr. Luis E. Anderson G.

Revisor:



Dr. Héctor A. Hernández E.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) De Sebastián, Gonzalo. Audición Práctica. Buenos Aires. Editorial Oberón. Oct. 1963. pp. 143-160.
- 2) De Wesse-Saunders. Tratado de Otorrinolaringología. México. Editorial Interamericana S.A. 1963. pp. 241-286.
- 3) Guatemala. Hospital Militar. Archivos del Hospital; 1964-1965.
- 4) Hernández, Anselmo. Clínica y Cirugía Otológica. Buenos Aires. Editorial Bibliográfica Argentina. Sep. 1958. pp. 745-783.
- 5) Hernández Escribá, Héctor Augusto. Estudio Audiométrico en Pilotos Aviadores de la Fuerza Aérea de Guatemala. Tesis. Guatemala. Universidad de San Carlos. Facultad de Ciencias Médicas. Nov. 1958. pp. 2-59.

