

TRABAJO ORIGINAL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE ALGUNAS TÉCNICAS DE ENSORDECIMIENTO PARA AUDIOMETRÍA TONAL MEDIANTE DIAGRAMAS DE ENMASCARAMIENTO

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT MASKING TECHNIQUES FOR PURE-TONE AUDIOMETRY BY USING MASKING DIAGRAMS



Autores: Lic. Sabrina Alonso (1), Ingeniero Horacio Cristiani (2), Lic. Karina Cittadino (3), Lic. Carla Minniti (4), Dra. Nora Neustadt (5), Lic. Ornella Virgallito (6), Lic. Gabriela Militano (7).

(1)(4)(6) Licenciada. Mutualidad Argentina de Hipoacúsicos.

(2) Ingeniero. Director General Mutualidad Argentina de Hipoacúsicos.

(3) Licenciada. Docente Titular Universidad del Museo Social Argentino.

(5) Dra. en Fonoaudiología. Docente Titular Universidad del Museo Social Argentino.

(7) Licenciada. Docente Titular Universidad del Museo Social Argentino.

Contacto de correspondencia: sabrinaalonso@hotmail.com



Recibido: abril 2023
Aceptado: junio 2023

RESUMEN

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS. En la búsqueda de los umbrales audiométricos tonales, la aplicación de enmascaramiento en el oído

contralateral no testeado es necesaria cuando existe un desequilibrio importante en la sensibilidad de ambos órganos auditivos.

Existen algunas herramientas gráficas que permiten razonar en forma adecuada y brindar mayor seguridad en la aplicación del ruido enmascarador. Se revisaron algunas técnicas difundidas para enmascaramiento contralateral mediante la aplicación de los diagramas de enmascaramiento. La bibliografía publicada en nuestro medio brinda distintos tipos de reglas para ensordecer, pero no se exponen fundamentos. Se desarrolló un programa basado en las ecuaciones de Lidén, que permite obtener rápidamente los diagramas de enmascaramiento. Con estas herramientas se comparan tres técnicas de uso habitual en la práctica audiológica.

MATERIAL Y MÉTODO. Se desarrolló un programa basado en las ecuaciones que rigen el enmascaramiento, formuladas por Lidén y se compararon los métodos meseta o *Plateau*, el método de Turner (llamado también optimizado) y una técnica muy difundida en nuestro país y aconsejada por Diamante [1], a

la que llamaremos “D”. Se analizaron 4 configuraciones audiométricas diferentes.

RESULTADOS. El método *Plateau* es el más adecuado para cualquier configuración audiométrica. El de Turner presenta limitaciones en casos de patrones bilaterales y simétricos. Se encontraron algunos casos de configuraciones que requieren enmascaramiento, donde el método D no indica su necesidad, asumiendo como umbral real el no enmascarado (sombra).

CONCLUSIÓN. El método *Plateau* resulta el único confiable para una amplia gama de configuraciones audiométricas. Intentos de acortarlo o abreviar su desarrollo presentan riesgos para la efectividad.

PALABRAS CLAVE: enmascaramiento – ensordecimiento – *Plateau* - meseta.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT MASKING TECHNIQUES FOR PURE-TONE AUDIOMETRY BY USING MASKING DIAGRAMS

ABSTRACT

INTRODUCTION AND OBJECTIVES. Searching pure-tone thresholds, contralateral masking in the non-test ear is needed when there are significant sensitivity differences between the left and right ear. There exist some graphic tools that enable reasoning and that provide greater certainty when introducing masking. We reviewed some used techniques for contralateral masking by using masking diagrams. The published references in our field afford different types of rules for clinical masking; however, they lack a theoretical basis. Software was developed based on the Lidén formulas, which quickly create masking diagrams. With these tools, we have compared

three standard techniques in audiologic testing.

MATERIAL AND METHOD. The software was developed based on the Lidén formulas used for clinical masking, and we compared the *Plateau* method, the Turner method (also known as optimized) and a widespread technique in Argentina recommended by Diamante [1], call the ‘D’ method. Four different audiometric configurations were analyzed.

RESULTS. The *Plateau* method is the most suitable for any audiometric configuration. The Turner method, instead, shows limitations in

cases of bilateral and symmetrical patterns. We have found in some cases, where masking needs to be applied, that the 'D' method does not indicate the necessity of doing so, thus assuming the unmasked (shadow) threshold to be the real one.

CONCLUSION. The Plateau method seems to

be the only reliable approach for any audiometric configuration. Thus, attempts to shorten its development pose risks to its efficacy.

KEYWORDS: *Clinical Masking – Plateau - Masked Thresho*

INTRODUCCIÓN

Turner [2], señala que los estudiantes de Doctorado en Audiología ubican al enmascaramiento en el podio de los tres temas más tediosos y confusos de los que les tocó estudiar en su carrera de grado, junto con los conceptos de decibel y de impedancia acústica. No resulta extraño entonces que, a pesar de los numerosos intentos presentados a lo largo del tiempo para explicar el tema, muchos audiólogos confiesan sus dificultades para comprenderlos sintiéndose inseguros en su aplicación. Aunque el método *Plateau* resulta frecuentemente señalado como la referencia, diversos intentos por acortarlo o simplificarlo implican riesgos.

LA NECESIDAD DE ENMASCARAMIENTO

Cuando se investiga la capacidad auditiva de uno de los oídos de un sujeto, es necesario asegurarse que la evaluación se realice sobre el oído testado (OT). Si entre ambos órganos auditivos existe una diferencia considerable en los umbrales, el oído con mejor audición podría captar el sonido que fue presentado al oído con menor capacidad, ya que dependiendo de la forma de presentación del estímulo parte de la energía presentada al oído testado es capaz de cruzar al oído contralateral (audición cruzada) a través del cráneo. Para evitar este entrecruzamiento, se busca **modificar el umbral del oído contralateral** (Oído No Testado - ONT) para asegurarse que la respuesta corresponde al

oído estudiado. El mecanismo que permite modificar el umbral a un determinado estímulo sonoro a través de la presentación de un sonido enmascarador se denomina enmascaramiento Moore [4]. Enmascarando el oído contralateral se logra ensordecirlo para evitar que sea éste el que perciba el estímulo presentado al OT.

ATENUACIÓN INTERAURAL (AI)

Es inevitable que la energía presentada en el OT se transmita hacia el ONT. Sin embargo, en esta transmisión habrá una pérdida de energía, ya que las estructuras del cráneo son un camino que presenta cierta impedancia acústica a la señal, en consecuencia, la energía que llega al oído contralateral se verá reducida. La magnitud de esta reducción en decibeles es lo que se conoce como Atenuación Interaural (AI). La audición cruzada se produce porque la AI tiene un valor limitado Yacullo [3]. A mayor AI, menor es el riesgo de percibir un estímulo con el oído contralateral. Se considera la audición cruzada durante las pruebas de vía aérea (VA) primordialmente como un fenómeno de transmisión por vía ósea (VO) Yacullo [3] por lo tanto, a mayor área de contacto entre el transductor utilizado para el estudio y la piel, menor será la AI. Por este motivo, los auriculares de inserción producen una AI mucho mayor que los circumaurales o los supra-aurales. Yacullo [3] aconseja como una estimación conservadora de la AI un valor

de 40 dB para VA, en auriculares supra-aurales y circumaurales, y para los auriculares de inserción 3A el valor de AI aconsejado por Killion es de 75 dB si la frecuencia es menor o igual a 1000 Hz y 50 dB para las frecuencias superiores a 1500 Hz [5]. El mismo autor considera adecuado tomar un valor de AI de 0 dB para VO, ya que cuando una pastilla ósea se

coloca en el cráneo, independientemente de la ubicación que tenga en este (frontal o sobre uno de los huesos mastoides) ambas cócleas pueden potencialmente ser estimuladas con igual nivel. Se deben decidir dos cuestiones principales relacionadas con esta técnica: cuándo es necesario enmascarar y qué nivel debe tener el enmascarador.

SÍMBOLOS Y SIGLAS UTILIZADOS

Los símbolos utilizados son los recomendados por la ASHA [6], pueden verse en la Tabla I. En este trabajo se adoptan siglas de acuerdo con las utilizadas por Turner [2] que permiten trabajar con las variables de una manera sencilla (Tabla II).

SIGLA	SIGNIFICADO	SIMBOLO	
		OD	OI
VA_NOMASK	UMBRAL VIA AEREA SIN ENMASCARAMIENTO	O	
			X
VA_REAL	UMBRAL VIA AEREA CON ENMASCARAMIENTO	Δ	
			□
VO_NOMASK	UMBRAL VIA OSEA SIN ENMASCARAMIENTO	<	
			>
	UMBRAL VIA OSEA SIN ENMASCARAMIENTO (INESPECIFICA)	^	
VO_REAL	UMBRAL VIA OSEA REAL (ENMASCARADO)	[
VO_REAL	UMBRAL VIA OSEA REAL (ENMASCARADO)]

Tabla I - Símbolos utilizados en este trabajo (recomendados por ASHA)

SIGLA	SIGNIFICADO
VA_NOMASK_OT	UMBRAL VIA AEREA NO ENMASCARADO OIDO TESTEADO
VA_NOMASK_ONT	UMBRAL VIA AEREA NO ENMASCARADO OIDO NO TESTEADO
VA_REAL_OT	UMBRAL VIA AEREA REAL OIDO TESTEADO (ENMASCARADO)
VA_REAL_ONT	UMBRAL VIA AEREA REAL OIDO NO TESTEADO (ENMASCARADO)
VO_NOMASK_OT/ONT	UMBRAL VIA OSEA NO ENMASCARADO (INESPECIFICO)
VO_REAL-OT	UMBRAL VIA OSEA REAL OIDO TESTEADO
VO_REAL-ONT	UMBRAL VIA OSEA REAL OIDO NO TESTEADO
GAP_OT	GAP OSTEO-AEREO DEL OIDO TESTEADO (VA_REAL_OT- VO_REAL_OT) (APARENTE O REAL)
GAP_ONT	GAP OSTEO-AEREO DEL OIDO NO TESTEADO (VA_REAL_ONT- VO_REAL_ONT)
MEMA	MINIMO ENMASCARAMIENTO EFECTIVO PARA VIA AEREA
XUMA	MAXIMO ENMASCARAMIENTO UTILIZABLE PARA VIA AEREA
MEMO	MINIMO ENMASCARAMIENTO EFECTIVO PARA VIA OSEA
XUMO	MAXIMO ENMASCARAMIENTO UTILIZABLE PARA VIA OSEA

Tabla II - Siglas utilizadas en este trabajo

Es necesario hacer una aclaración respecto a los símbolos utilizados para representar los umbrales de VO no enmascarados. Los símbolos convencionales “<” (OD) y “>” (OI), denotan la ubicación de la pastilla ósea utilizada. Teniendo en cuenta que la atenuación interaural debe considerarse igual a cero, estos símbolos solamente nos están aclarando de qué lado se colocó la pastilla, y no

necesariamente el oído que respondió. En este caso, si bien se especifica la ubicación del transductor, la respuesta es inespecífica respecto al oído que responde. La ASHA [6] recomienda también el uso del símbolo “^” cuando también la ubicación de la pastilla es inespecífica (por ejemplo, colocada en la frente o vértex).

LA BASE PSICOACÚSTICA DEL ENMASCARAMIENTO

Harvey Fletcher desarrolló el concepto de banda crítica basándose en experimentos de enmascaramiento, y determinó que un ruido de banda estrecha centrado en la frecuencia de un tono puro que se desea enmascarar producirá todo el enmascaramiento posible para dicho tono cuando su ancho de banda sea el “ancho de banda crítico”. Anchos de banda superiores, es decir, agregar energía por fuera de esa banda crítica, no aportaran al enmascaramiento del tono. La primera opción por considerar para el enmascaramiento podría ser ruido blanco, pero con este se aplicaría energía por fuera de la banda crítica del tono de interés y esto simplemente aumentaría la sonoridad del enmascarador percibida por el sujeto sin aportar al enmascaramiento. Por este motivo se opta por el ruido de banda estrecha para enmascarar los tonos, reservando el ruido blanco u otros ruidos de banda ancha para señales espectralmente complejas como el habla. El ancho de banda utilizado para el enmascaramiento excede mínimamente al ancho de banda crítica para cada frecuencia reduciendo así la percepción tonal de los ruidos de banda muy estrecha. La publicación IEC 60645-1 [7] establece que el ancho de banda debe ser entre un tercio y media octava.

CRITERIOS PARA EVALUAR LA NECESIDAD DE ENMASCARAMIENTO

En la búsqueda de umbrales reales de un oído, se debe enmascarar el oído contralateral cuando se sospecha que el tono presentado en el OT puede ser percibido por audición cruzada.

Cuando enmascarar vía aérea:

Se deben tener en cuenta tres factores para determinar la necesidad de enmascaramiento: (1) Umbral de vía aérea de ambos oídos sin

enmascarar, (2) Umbral de vía ósea inespecífica (por mastoides o vértex) sin enmascarar y (3) Atenuación interaural, estimada de acuerdo con el transductor utilizado.

Cuando se presenta un estímulo por VA, el mismo cruzará hacia el ONT siendo atenuado por el efecto de la AI. Si el nivel resultante es mayor o igual que el umbral de VO inespecífica (probable ONT), será el ONT el que capte el estímulo. De allí surge la primera condición, cuya expresión matemática es:

$$VA_NOMASK_OT - AI \geq VO_NOMASK_ONT$$

De lo que se deduce:

$$VA_NOMASK_OT - VO_NOMASK_ONT \geq AI$$

Esto se traduce de la siguiente manera: Si la diferencia entre el umbral no enmascarado por vía aérea en el oído testado y el umbral por vía ósea no enmascarado en el oído no testado es mayor o igual a la atenuación interaural, se debe enmascarar.

Yacullo [8] señala, que la mayoría de los audiólogos obtienen primero los umbrales por vía aérea y después los de vía ósea y que esto dificulta la aplicación del criterio mencionado anteriormente. Por lo tanto, enuncia un criterio “preliminar”, donde compara los umbrales no enmascarados por vía aérea:

$$VA_NOMASK_OT - VA_NOMASK_ONT \geq AI$$

Queda claro, sin embargo, que la audición cruzada es un fenómeno eminentemente de transmisión ósea por lo que los resultados deberían ser reevaluados luego de obtener los umbrales óseos reales [3].

De estas consideraciones surge el siguiente procedimiento recomendado:

- Evaluar umbral de vía ósea inespecífica.

- Evaluar umbrales de ambas vías aéreas comenzando por el mejor oído sin enmascarar. De acuerdo con los umbrales obtenidos se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

2.a. Diferencia entre los umbrales de ambas VA no enmascaradas es mayor o igual que la AI: En este caso, se deberá enmascarar.

2.b. Diferencia entre los umbrales de ambas VA no enmascaradas es menor que la AI: En este caso se verifica la diferencia entre la VA no enmascarada del OT y la VO no enmascarada inespecífica. Si esta diferencia es mayor o igual que la AI se deberá enmascarar, si es inferior no requiere enmascaramiento.

El diagrama de la Fig. 1 muestra los pasos en la toma de decisión.

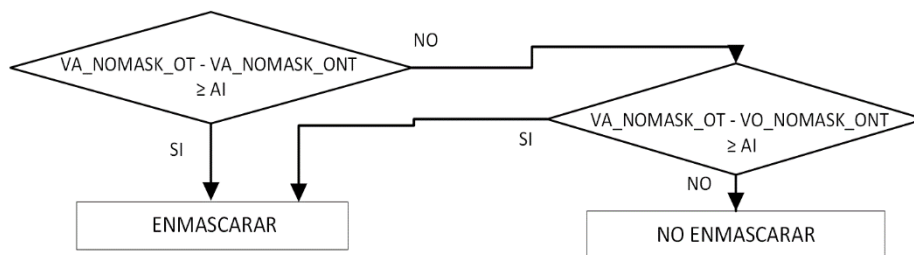


Fig.1 Diagrama de flujo del procedimiento para la decisión acerca de la necesidad de enmascaramiento por vía aérea.

En la Fig. 2 se muestra un ejemplo del criterio de decisión para la necesidad de enmascaramiento por VA. Se han obtenido los umbrales por VA no enmascarados y el umbral por VO inespecífico. En las frecuencias inferiores a 1000 Hz, es suficiente la comparación de ambos umbrales aéreos para determinar la necesidad de enmascaramiento ya que en esos casos la diferencia entre las VA es de 40 dB. Para 1000 Hz dado que la diferencia entre las VA no alcanza 40 dB se explora la segunda parte del criterio. Comparando la VA del OT con la VO inespecífica (posiblemente del ONT) se encuentra una diferencia de 40 dB, por lo tanto, se debe enmascarar. Para las frecuencias superiores a 1000 Hz, no se cumple ninguno de los dos criterios, por lo tanto, no es necesario enmascarar la vía aérea.

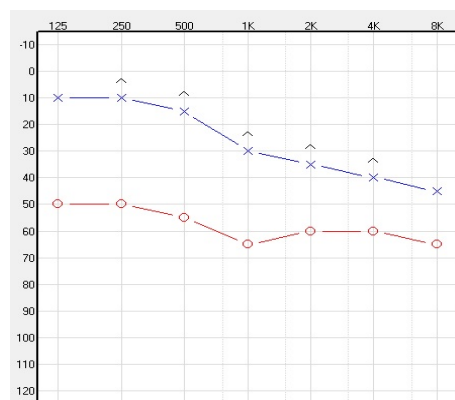


Fig.2. Ejemplo de evaluación de umbrales no enmascarados para decidir la necesidad de enmascaramiento por vía aérea.

Cuando enmascarar vía ósea:

Considerando el valor de la AI = 0 dB para la transmisión ósea, un umbral medido de esta forma podría corresponder a cualquiera de los dos oídos, independientemente de la ubicación del transductor en el cráneo. En otras palabras, sería en principio, inespecífico. Para obtener umbrales específicos por VO para

cada oído se debería siempre enmascarar el oído contralateral. Este sería el criterio teórico para adoptar, sin embargo, teniendo en cuenta que el objetivo de tomar los umbrales por VO es determinar si existe o no un gap ósteo-aéreo, este criterio se puede simplificar restringiendo la necesidad de enmascaramiento en los casos en que exista un gap potencial para el oído testado.

Existen entonces dos elementos que determinan la necesidad de enmascaramiento por vía ósea: (1) Umbral de vía ósea inespecífico y (2) Umbral real de vía aérea del oído testado.

El uso de enmascaramiento contralateral está indicado siempre que los resultados de la audiometría por VO sin enmascarar sugieran la presencia de un gap ósteo-aéreo en el OT de 15 dB o más, entre la VO inespecífica y la VA real del OT [3].

Procedimiento:

Luego de obtener umbrales reales de VA en ambos oídos, se continúa con la obtención de umbrales reales para VO. Para decidir la necesidad de enmascaramiento por VO se puede aplicar el criterio enunciado por Yacullo [8] que indica que será necesario enmascarar el ONT cuando se cumpla la siguiente condición:

$$\text{GAP}_{\text{OT}} \geq 15 \text{ dB.}$$

En el ejemplo la Fig. 3.a se observa que el gap aparente no alcanza a 15 dB para ninguno de los dos oídos, por lo tanto, no se requiere obtener umbrales de VO enmascarados. En el caso de la Fig. 3.b solo se requiere obtener umbrales de VO enmascarados en el OD. La VO del OI no puede ser mejor que la inespecífica y tampoco peor que la aérea: solo existe un gap potencial para el OD. En cuanto al caso mostrado en la Fig. 3.c, es posible que se requiera enmascaramiento para VO en ambos oídos, para determinar si uno o ambos presenta componente conductivo.

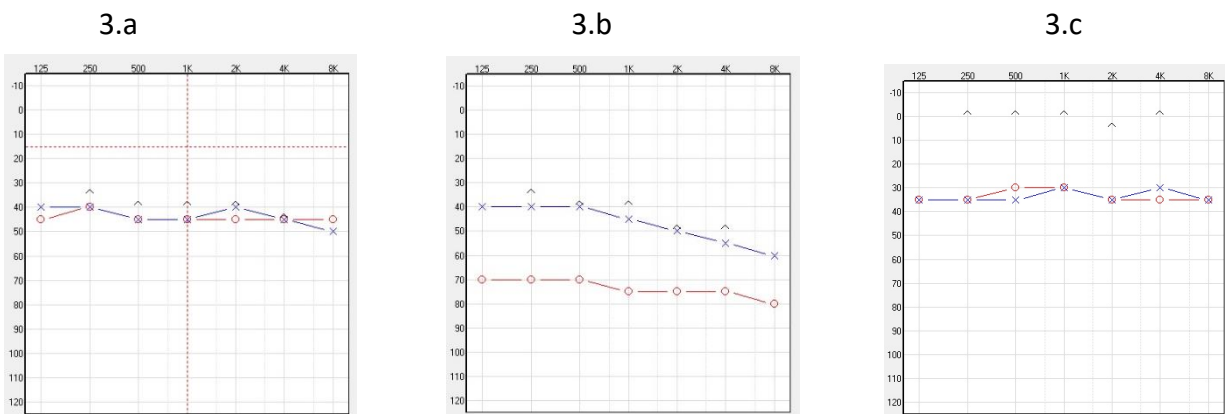


Fig. 3 (a) No se requiere enmascaramiento en OD y OI. (b) Solo se requiere enmascarar para hallar los umbrales de VO en OD. (c) Se debería aplicar enmascaramiento para obtener umbrales en ambos oídos.

El ejemplo de la Fig. 4 muestra la obtención inicial del umbral no enmascarado por VO (inespecífico tomado en OI) y umbrales por VA no enmascarados. Comenzando con el criterio para VA (Fig. 4.a) puede verse que la diferencia

entre las VA no enmascaradas es menor que la AI, pero al comparar la diferencia entre VA_NOMASK_OT y VO_NOMASK_ONT se verifica que es mayor que la AI, por lo que se procede a obtener los umbrales enmascarados para VA en el OD, que se muestran en la Fig. 4.b. Aplicando ahora el criterio para VO se puede ver que, en un primer análisis, se debería enmascarar para obtener ambas óseas. Yacullo [3], recomienda comenzar por la

ósea del oído con peor VA (en este caso el derecho). Al enmascarar las frecuencias 250 y 500 Hz los umbrales obtenidos por VO confirman la componente conductiva de la pérdida en OD, en este caso, se debe enmascarar también la VO del OI (Fig. 4.c). En

las frecuencias superiores, al enmascarar para obtener los umbrales por VO en OD los mismos indican una pérdida neurosensorial, en este caso Yacullo [3] sugiere que no es necesario enmascarar la VO del OI (Fig. 4.d).

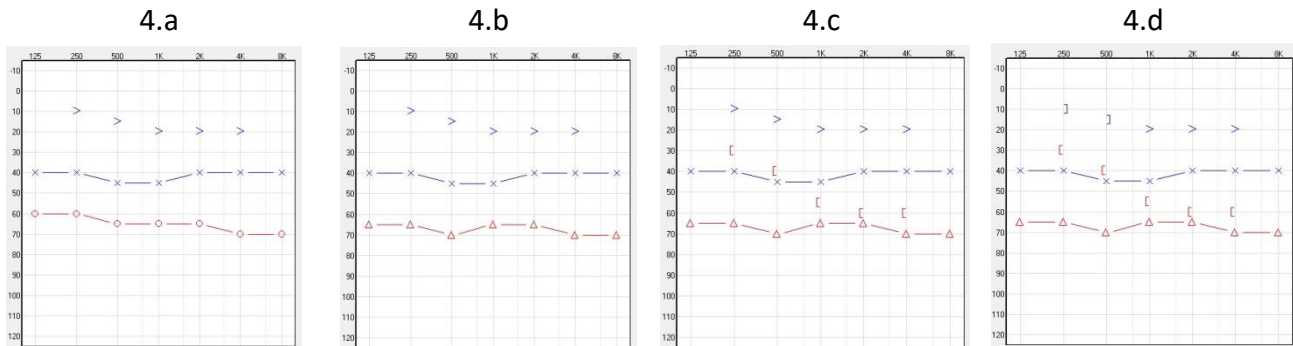


Fig. 4 (a) Umbral de VO inespecífico tomado en OI y umbrales aéreos sin enmascarar. (b) VA OD obtenida con enmascaramiento. (c) VO OD obtenida con enmascaramiento (d) VO en OI obtenida con enmascaramiento.

DIAGRAMA DE ENMASCARAMIENTO

Para analizar la variación de los umbrales de un oído en las distintas frecuencias en función al nivel de enmascaramiento en el oído contralateral se puede utilizar un diagrama de enmascaramiento (Fig.5). En el eje de ordenadas se representa el umbral enmascarado del OT y en el eje de abscisas el nivel de enmascaramiento efectivo aplicado en el ONT, ambos en dB HL. Se define el Enmascaramiento Efectivo (Effective Masking, EM) como el nivel de ruido requerido para enmascarar un tono de determinado nivel, [9]. **Por ejemplo, 40 dB EM es un nivel sonoro de ruido suficiente para enmascarar un tono de 40 dB HL. El ruido enmascarador en los audiómetros se calibra en dB EM.**

En el trabajo original de Hood, donde se describe el método *Plateau* y en gran parte de la bibliografía, Katz [10], Kramer et. al. [11], estos diagramas de enmascaramiento se representan con los umbrales crecientes "hacia arriba". Turner [2] opta por una representación de los umbrales crecientes "hacia abajo" para compatibilizar su lectura con la de los audiogramas. Esta es la forma que se adopta en este trabajo. Esto se completa

con un diagrama de frecuencia que muestra los umbrales enmascarados y no enmascarados para la frecuencia analizada.

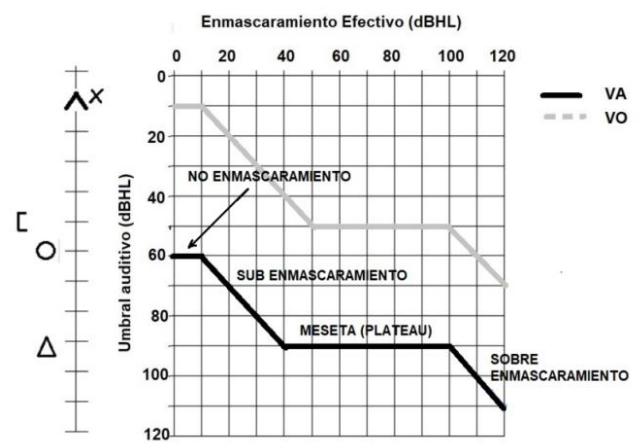


Fig. 5 Diagrama de enmascaramiento. En abscisas se muestra el nivel de EM en dBHL, en ordenadas el umbral en el oído testeado en dBHL, se muestran las regiones sin enmascaramiento, de sub- enmascaramiento, plateau y sobre-enmascaramiento para VA. A la izquierda se observa el diagrama de frecuencia, con los umbrales correspondientes al ejemplo.

Esta representación gráfica resulta muy clara para comprender cómo el enmascaramiento introducido en el ONT modifica los umbrales en el OT y permite diferenciar las zonas de sub-enmascaramiento, *plateau* (o meseta) y sobre-

enmascaramiento. No se han encontrado referencias a este tipo de diagramas en la bibliografía utilizada en nuestro medio. En los ejemplos nos referiremos como OT al derecho, por lo tanto, el enmascaramiento se aplica en el oído izquierdo (ONT). Analizando el caso ilustrado en la figura 5, extraído de Turner [2] para VA puede observarse que, cuando el nivel del enmascarador es 0 dBHL el umbral toma el valor del umbral no enmascarado, en este caso 60 dBHL. Se supone que este no es el umbral real del OT y que en realidad se debe a audición cruzada. Cuando se incrementa el nivel de enmascaramiento, mientras este no alcance el umbral por VA del ONT no se producirá ningún efecto, pero cuando se alcanza dicho umbral el enmascaramiento desplazará al nivel en el que será percibido el tono, ya que en realidad este continúa siendo percibido por el ONT. Esta zona de la curva, llamada de sub-enmascaramiento, tiene la particularidad de reaccionar directamente a los incrementos del nivel de enmascaramiento en el ONT aumentando el umbral para el estímulo presentado al OT. Esto se explica porque es el ONT el que percibe el estímulo y por lo tanto cualquier cambio en el enmascaramiento en ese oído afectará en forma directa el umbral (aunque el estímulo sea presentado al otro oído). Cuando el nivel de enmascaramiento es tal que la estimulación en la cóclea del ONT iguala al nivel de estímulo aplicado en el OT menos la atenuación interaural se llega a un punto de quiebre en la curva de enmascaramiento. Ese valor del nivel de EM es el mínimo necesario para enmascarar el estímulo en el ONT, de tal manera que dicho estímulo sea percibido por el OT, siendo este el límite inferior del *plateau* que llamaremos Mínimo Enmascaramiento Efectivo (MEMA para VA, MEMO para VO). A partir de ese valor mínimo, ulteriores aumentos en el nivel de enmascaramiento van a enmascarar con efectividad la recepción del estímulo en el ONT y por lo tanto se puede asegurar que cuando el estímulo sea percibido, lo será a través del OT.

Sin embargo, si el EM aumenta tanto como para cruzar desde el ONT al OT por transmisión transcraneana y aun considerando el efecto de la AI, igualmente supera el umbral de VO en el OT, el enmascaramiento comenzará a actuar no solo en el ONT (lo cual era la intención) sino que también actuará en el OT produciendo la región de sobre-enmascaramiento, donde nuevamente incrementos del nivel de EM determinan incrementos en el umbral en el OT, este valor es el límite superior de la meseta que llamaremos Máximo Enmascaramiento Utilizable (XUMA para VA, XUMO para VO). Entre los valores máximo y mínimo de enmascaramiento queda definida la meseta (o *plateau*), y cualquier valor de enmascaramiento que se adopte dentro de ese rango será adecuado. Cabe señalar que la aplicación de ruido en el ONT puede introducir elevación del umbral en el OT, aunque el nivel sea inferior al máximo enmascaramiento utilizable. En otras palabras, el *plateau* puede ser no estrictamente horizontal, sino presentar una leve pendiente, Katz [10]. Este mecanismo es llamado “enmascaramiento central” y tiene lugar para valores de enmascaramiento efectivo inferiores al que produce sobre-enmascaramiento y es considerado un fenómeno no periférico. Su origen se explica teniendo en cuenta que las fibras eferentes conectan el núcleo olivar superior de un lado con la cóclea contralateral. La estimulación del complejo olivar superior debilita los impulsos aferentes de la cóclea contralateral [12].

LAS FÓRMULAS DE LIDÉN

Gunnar Lidén (1918-2003) introdujo un conjunto de fórmulas que permiten obtener los valores de enmascaramiento efectivo mínimos (para no producir sub-enmascaramiento) y máximos (para no obtener sobre-enmascaramiento) es decir los valores que delimitan el *plateau*. El mínimo valor de EM para un estímulo aplicado por VA (MEMA) es tal que el nivel que produce en la

cóclea del ONT iguala al nivel sonoro del estímulo proveniente del OT, cuando este es estimulado a valor umbral. Ese enmascaramiento aplicado por VA se ve reducido a nivel de la cóclea si en el ONT el sujeto presenta un componente conductivo, es decir que, en la cóclea el nivel resultante es el valor del enmascaramiento menos la magnitud del componente conductivo del ONT. El nivel proveniente del OT es igual al valor del estímulo aplicado menos la AI. Cuando el estímulo resulta igual al umbral real en el OT, entonces el valor de enmascaramiento efectivo será el mínimo. En fórmulas:

$$VA_REAL_OT - AI = MEMA - GAP_ONT$$

De donde se llega a:

$$MEMA = VA_REAL_OT + GAP_ONT - AI \quad (1)$$

El mínimo valor de EM para un estímulo aplicado por VO (MEMO) es el que produce en la cóclea del ONT un valor igual al proveniente del OT, cuando este es estimulado a su valor umbral. Como en el caso anterior, el enmascaramiento aplicado por VA se ve reducido a nivel de la cóclea si en el ONT el sujeto presenta un componente conductivo, es decir que, en la cóclea, el nivel presentado es el valor del enmascaramiento menos la magnitud del componente conductivo. Pero en este caso, como la AI para el estímulo aplicado por VO es igual a cero, la igualdad a considerar es:

$$VO_REAL_OT = MEMO - GAP_ONT$$

De donde se despeja:

$$MEMO = VO_REAL_OT + GAP_ONT \quad (2)$$

Para obtener los máximos valores de enmascaramiento utilizables para VA y VO el razonamiento es similar: el sobre - enmascaramiento se produce cuando el ruido

enmascarador cruza desde el ONT al OT e iguala el umbral de VO de ese oído. En este caso se dará la siguiente igualdad:

$$VO_REAL_OT = XUMA - AI$$

$$XUMA = VO_REAL_OT + AI \quad (3)$$

Esto es igualmente válido cuando la presentación del estímulo es por VO, por lo tanto:

$$XUMO = VO_REAL_OT + AI \quad (4)$$

Nótese que, en la búsqueda de los máximos niveles de enmascaramiento se debe considerar el cruce del ruido enmascarador desde el ONT al OT, debiéndose tener en cuenta también que siempre el enmascaramiento es presentado por VA, aunque, como se menciona anteriormente la transmisión transcraneana responde a un mecanismo de VO.

La validez de estas ecuaciones ha sido aceptada por diversos autores (Studebaker [13], Yacullo [3], Kramer et al [11]), Serevirante et al [14], aunque su utilidad se ha discutido (Yacullo [3] Martin [9]). Como las ecuaciones contienen los umbrales buscados, y, por lo tanto, desconocidos, no debe entenderse su utilidad para obtener en forma directa los valores límites del nivel de enmascaramiento efectivo. Estas ecuaciones permiten comprender el mecanismo del enmascaramiento de manera razonada.

LA INFLUENCIA DEL EFECTO DE OCLUSIÓN (EO) EN LA TÉCNICA DE ENMASCARAMIENTO

El efecto de oclusión se define como el aumento en la sonoridad percibida por VO cuando se cubre la entrada del CAE al colocar el auricular para enmascarar al ONT, esto producirá una mayor sensibilidad a los sonidos de baja frecuencia transmitidos por VO.

Esta situación requiere aumentar el nivel de enmascaramiento inicial a utilizar en el oído contralateral, al evaluar las frecuencias 250, 500 y 1000 Hz por VO con el fin de compensar este efecto. Se aplicará una corrección cuando la audición del oído enmascarado presente hipoacusia neurosensorial o normoacusia, exceptuándose a las hipoacusias conductivas con un gap mayor a 20 dBHL. Según Turner [2] el nivel de enmascaramiento inicial se debe

incrementar dependiendo de la frecuencia, el tipo de auricular y el nivel de gap en el ONT. Se han propuesto una variedad de correcciones para auriculares supra-aurales.

En la tabla III se muestran los valores indicados por distintos autores, mencionados en el libro de Yacullo [3]:

Auriculares supra-aurales	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Goldstein & Newman(1994)	15 dB	15 dB	10 dB
Yacullo (1996)	30 dB	20 dB	10 dB
Roeser & Clark (2000)	20 dB	15 dB	5 dB

Tabla III - Valores de la corrección a aplicar por efecto oclusión para auriculares supra-aurales, según distintos autores

Para **auriculares de inserción** Yacullo [3] sólo recomienda aplicar una corrección de 10 dB en la frecuencia 250 Hz.

MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizó un modelo computacional del enmascaramiento basado en las ecuaciones de Lidén y se estudiaron 4 casos de configuraciones audiométricas simulando la aplicación de tres técnicas.

Método *Plateau*, Hood [15]. “Método P”

Es el método más referenciado en la bibliografía internacional. Resulta adecuado tanto para VA como VO y presenta la ventaja de tener una lógica clara y sencilla. Su desventaja principal está en el tiempo que puede insumir su realización, motivo que ha generado una gran cantidad de variaciones o intentos de acortar su tiempo de ejecución. Los datos disponibles al inicio son los umbrales no enmascarados del OT y ONT por VA, y el umbral no enmascarado por VO, siendo este último inespecífico, ya que no se lo puede atribuir con seguridad a uno u otro oído, dado que un estímulo aplicado por VO en cualquier

lugar del cráneo llega prácticamente con el mismo nivel a ambos oídos. En primer lugar, se debe definir el nivel inicial de enmascaramiento efectivo a aplicar en el ONT, al que llamaremos Enmascaramiento Inicial (EI). En el caso del método *Plateau*, Martin [9] propone para VA que este nivel sea:

$$EI = VA_{NOMASK_ONT} + 10 \text{ dB}$$

Para VO Kramer y Brown [11] indican agregar el efecto oclusión, por lo que la fórmula queda:

$$EI = VA_{NOMASK_ONT} + EO + 10 \text{ dB}$$

El valor de EO, figura en la Tabla III para cada tipo de transductor.

A partir de allí se busca el umbral y comienza una secuencia de estímulos, incrementando el nivel del tono o el enmascarador de acuerdo con el siguiente criterio Yacullo [3]:

1. Si hay respuesta al tono en presencia del ruido se incrementa el nivel del ruido en 5 dB. Si no hay respuesta se incrementa el nivel del tono en pasos de 5 dB hasta que se obtiene respuesta. En este caso, Hood en el

método *Plateau* original hablaba de incrementos de 10 dB en vez de 5 dB. En el caso de mesetas muy estrechas puede ser peligroso utilizar incrementos de 10 dB, ya que se puede caer fácilmente en la zona de sobre-enmascaramiento, por eso, si se sospecha que el ancho de la meseta puede ser pequeño es preferible (aunque requiera más pasos) usar incrementos de 5 dB.

2. Si se obtiene una secuencia a lo largo de 15 o 20 dB donde, a pesar de sucesivos aumentos en el enmascaramiento no se obtiene incremento en el umbral tonal, significa que se ha alcanzado el *plateau* y el valor del estímulo aplicado en el OT es el umbral real buscado. En el caso de vía aérea, VA_REAL_OT.

Método Optimizado, Turner, [2]. “Método T”

Este método busca reducir la cantidad de pasos necesarios para llegar al *plateau*. Se adopta un nivel inicial de enmascaramiento dado por:

$$EI = VA_NOMASK_OT - 10 \text{ dB}$$

Aquí se presenta la primera diferencia, el primer valor de enmascaramiento se refiere no al umbral del ONT sino al OT, con lo cual es un valor más alto que el anterior, es decir más cercano al MEMA. Esto ahorra unos pasos en la zona de sub-enmascaramiento. La otra gran diferencia es que a partir del EI la regla para los incrementos es la siguiente, Turner [2]:

1. A partir del EI determinar el desplazamiento del umbral en el OT, es decir, la diferencia entre los umbrales obtenidos con el EI y sin enmascaramiento.
2. Incrementar el enmascaramiento en una cantidad igual al incremento obtenido en el paso anterior y volver a buscar el umbral.
3. Si el umbral no se modifica significa que se encontró el *plateau* y dicho umbral es el

valor buscado (VA_REAL_OT), si en cambio el umbral se desplaza, se deben repetir los pasos 2 y 3.

“Método D”

Esta metodología es habitualmente difundida en algunas cátedras de Fonoaudiología y se encuentra por ejemplo en la bibliografía obligatoria para el ingreso a las residencias en los servicios de Fonoaudiología en la Ciudad de Buenos Aires, también es descripta en Diamante [1]. El valor inicial de enmascaramiento para esta técnica es igual al umbral no enmascarado del OT.

$$EI = VA_NOMASK_OT$$

Partiendo del nivel inicial de enmascaramiento, pueden presentarse tres situaciones

1. Que el umbral obtenido en el OT coincida con el VA_NOMASK_OT o que haya entre ambos valores una diferencia de hasta 10 dB. En este caso se considera que este es el umbral real VA_REAL_OT.
2. Que no se obtenga umbral para el máximo nivel de estimulación de audiómetro.
3. Que el umbral con enmascarador difiera en 15 dB con el VA_NOMASK_OT. En este caso se indica anotar este valor con signo convencional de vía aérea y volver a tomar el umbral con un enmascarador a 20 dB por encima del valor anterior.

El método además distingue un caso particular que debe recibir otro tratamiento. Se está ante ese caso si se cumplen 3 condiciones en forma simultánea:

1. Mejor VA en 60 dB o más ($VA_NOMASK_ONT \geq 60 \text{ dB}$)
2. Diferencia entre ambas VA de 15 a 35 dB ($15 \text{ dB} \leq VA_NOMASK_OT - VA_NOMASK_ONT \leq 35 \text{ dB}$)
3. $GAP_NTE > 10 \text{ dB}$

En este caso, se indica enmascarar con 30 dB sobre el umbral si la diferencia entre VA es de 15 a 30 dB o con 35 dB si la diferencia entre las VA es de 35 dB. El párrafo termina indicando que, de acuerdo con el resultado, se procede en consecuencia. Para la obtención de umbrales enmascarados por VO este método presenta otro conjunto de reglas con varios procedimientos alternativos sujetos a diferentes condiciones que se pueden consultar en Diamante [1].

CONFIGURACIONES AUDIOMÉTRICAS EVALUADAS

Este trabajo se limitará a analizar los casos por VA. Las configuraciones para analizar son ejemplos tomados de Turner [16] y otros autores como Yacullo [3]. Estos casos pretenden ser representativos de distintas situaciones posibles. Se analizan diferentes patrones en base a los umbrales no enmascarados, siguiendo la clasificación de Turner [16] y se presentan casos clínicos de los diferentes patrones.

a. Patrón Unilateral: umbrales no enmascarados muestran un gap aparente en el OT La pérdida real en el OT puede ser conductiva, mixta o neurosensorial. (Fig.6). Condiciones:

- $GAP_{OT} (NOMASK) > MAI$ (Mínima Atenuación Interaural) $GAP_{ONT} \leq 10$ Db

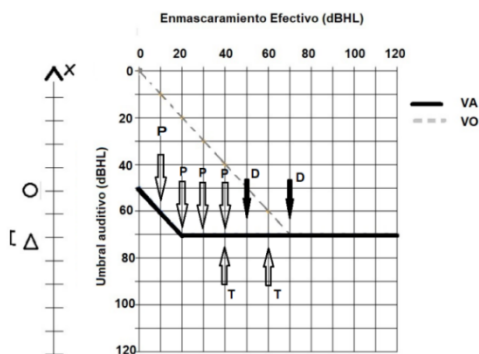


Fig. 6 - Patrón unilateral. Resultado de la aplicación de los métodos: Plateau (P), Turner (T) y D

b. Patrón Bilateral: existe la posibilidad de una pérdida bilateral conductiva, con uno de los oídos con pérdida conductiva (OI) y el otro con pérdida que puede ser conductiva, mixta o neurosensorial (OD) (Fig.7). La diferencia entre las VA no enmascaradas es apreciable.

Condiciones:

- $GAP_{OT} (NOMASK) \geq MAI$
- $GAP_{ONT} (NOMASK) > 10$ dB
- $VA_{NOMASK_{OT}} - VA_{NOMASK_{ONT}} \geq 25$ dB

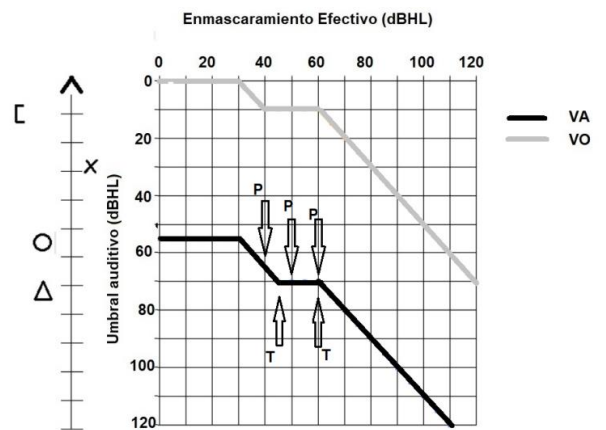
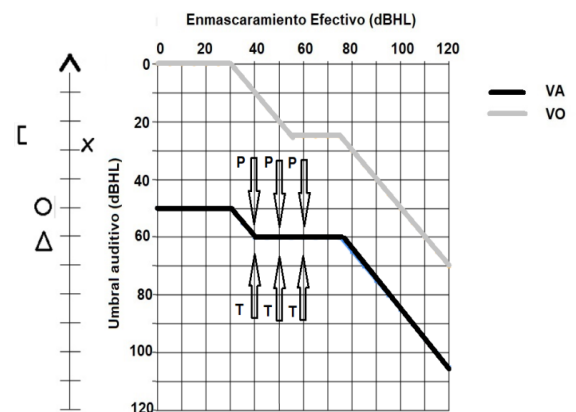


Fig. 7 Patrón bilateral

c) Patrón Simétrico: Este caso presenta una gran probabilidad de sobre-enmascaramiento. (Figs. 8 a y b). Un oído presenta pérdida conductiva, y el otro puede tener una pérdida neurosensorial, conductiva o mixta.



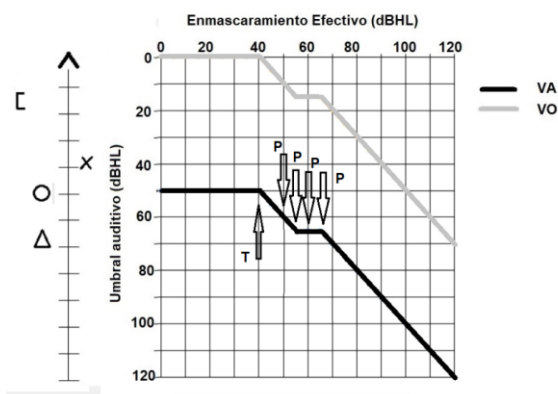


Fig. 8 a y b Ejemplos de pérdida auditiva simétrica

Se distingue del patrón bilateral, en que la diferencia entre los umbrales no enmascarados por vía aérea es menor o igual a 20 dB.

Condiciones:

- $GAP_{OT} \geq MAI$
- $VA_{NOMASK_{OT}} - VA_{NOMASK_{ONT}} \leq 20 \text{ dB}$

RESULTADOS

Analizando los diagramas de enmascaramiento para los distintos patrones presentados se pueden obtener conclusiones sobre la aplicabilidad de los diferentes métodos explicados. En los gráficos se indican los valores de EI y los sucesivos valores de enmascaramiento para los diferentes métodos con las letras P, T y D (Figs. 6, 7 y 8).

Caso I: Pérdida unilateral (Fig.6).

Para este tipo de patrón se observa que ninguno de los métodos produce sobre-enmascaramiento, ya que la meseta es suficientemente ancha. El método *Plateau*, usando un nivel de enmascaramiento inicial menor, obtiene su primer umbral en una zona de sub-enmascaramiento donde tendrá lugar

la audición sombra. Con 3 ó 4 incrementos se logra confirmar la meseta. Los otros métodos inician su proceso en la meseta, por lo cual resultan más breves en su ejecución. Esta configuración no presenta inconvenientes para la obtención del umbral.

Caso II. Patrón bilateral (Fig. 7)

En el ejemplo presentado, tanto el método *Plateau* como el optimizado de Turner logran establecer el umbral por vía aérea. Teniendo en cuenta que el ancho de la meseta es de sólo 20 dB, podrían ser preferibles incrementos de 5 dB en el método *Plateau*. El Método D no logra establecer el umbral real por vía aérea ya que no recomienda enmascaramiento, quedando el umbral sombra (55 dB) como umbral real, cuando el mismo es de 70 dB.

Caso III: Patrón simétrico (Figs. 8.a y b).

En el caso presentado en la Fig 8.a el método *Plateau* encuentra el umbral en 3 pasos, mientras que el método abreviado de Turner lo hace en dos y el D El Método D no logra establecer el umbral real por VA (60 dB) ya que no recomienda enmascaramiento, quedando el umbral sombra (50 dB) como umbral real. En el caso de la Fig.8.b se observa otro ejemplo de patrón simétrico donde el ancho de la meseta es de solo 10 dB. En este caso solo se podrá obtener el umbral real en el OT aplicando el método *Plateau*, con incrementos de 5 dB entre los sucesivos niveles de enmascaramiento. El Método D no logra establecer el umbral real por VA (65 dB) ya que no recomienda enmascaramiento, quedando el umbral sombra (50 dB) como umbral real y el de Turner no llega a verificar el umbral, ya que produce sobre-enmascaramiento.

Dilema de Enmascaramiento

Naunton [17], describió el dilema de enmascaramiento que tiene lugar cuando se evalúan pérdidas conductivas bilaterales.

Cuando el gap ósteo-aéreo iguala o excede la atenuación interaural, no se forma meseta en el diagrama de enmascaramiento. Es imposible establecer un valor adecuado de enmascaramiento porque el MEMA iguala o supera el XUMA. Esto equivale a decir que el ancho de la meseta es cero. El nivel inicial de enmascaramiento supera el máximo enmascaramiento posible. Seneviratne [14] propuso una fórmula para predecir la posibilidad de que se produzca el dilema. La misma puede deducirse fácilmente de las ecuaciones de Lidén:

$$\sum GAP_{ONT+OT} \geq 2 \times AI - 15 \text{ dB}$$

Esta fórmula expresa que se producirá el dilema cuando la suma de los gaps ósteo-aéreos de ambos oídos supere el doble de la AI menos 15 dB. Claramente esto nos indica que para reducir el riesgo de dilema una posible solución sería aumentar la AI. Esto se logra usando auriculares de inserción. Algunos autores (Chaplin et al [18], Kapoor et al,[19] mencionan la alternativa de utilizar las pruebas de fusión en el umbral inferido (FIT, *Fusion Inferred Threshold*) para hallar umbrales por vía aérea y nivel de agudeza neurosensorial (SAL, *Senorineural Acuity Level*) para determinar la función neurosensorial en casos de dilema.

En las figs. 9 a y b se muestran dos casos que difieren únicamente en el valor de la atenuación interaural, siendo en (a) 40 dB y en (b) 60 dB. Este ejemplo ha sido tomado de Turner [16]. Utilizando el método *Plateau*, a partir de un nivel inicial de enmascaramiento de 50 dB (es decir, 10 dB por encima del umbral no enmascarado), en el caso (a), ya se caería en la región de sobre-enmascaramiento, constituyendo este un caso típico de dilema. En el caso (b), sin embargo, si se aplicara el mismo nivel inicial aún sería posible encontrar un rango adecuado de enmascaramiento, con incrementos de 5 dB. Por este motivo, Yacullo

[3] recomienda intentar el establecimiento del umbral enmascarado en estos casos, con incrementos de 5 dB. En el caso de la fig. 9 la aplicación del método de Turner no sería viable y el método D, ni siquiera consideraría necesario enmascarar ya que toma como criterio solamente la diferencia entre vías aéreas.

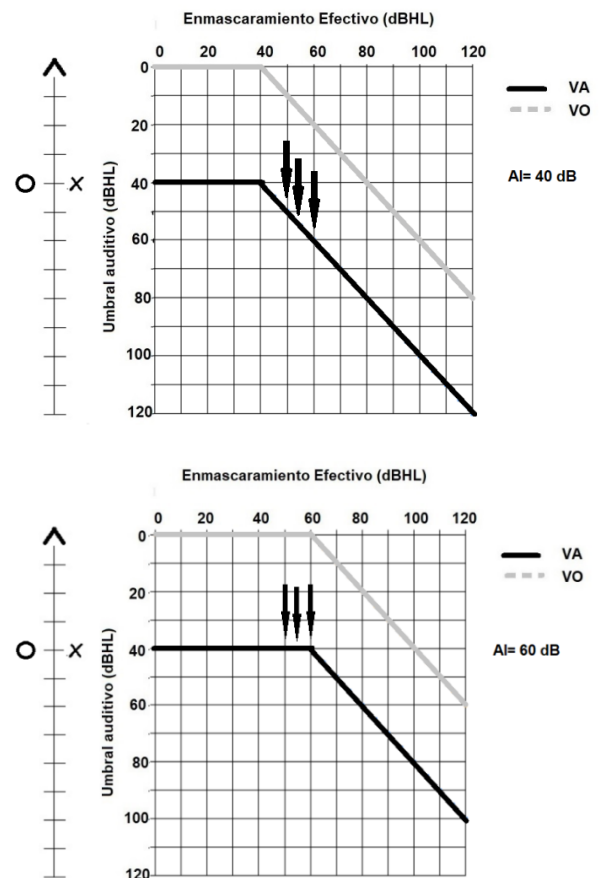


Fig. 9 (a) Ejemplo de una pérdida conductiva bilateral donde se produce el dilema de enmascaramiento con AI= 40 dB. (b) Si la atenuación interaural fuera de 60 dB aún es posible encontrar, mediante el método plateau una zona adecuada de enmascaramiento.

CASOS CLÍNICOS

Se presentan algunos casos clínicos correspondientes a los diferentes patrones.

1. Patron Unilateral

Paciente "SM" Edad: 63 años. Antecedentes: Hipoacusia súbita.

Frecuencia analizada 1000 Hz. Diagrama de enmascaramiento de la Fig. 6.

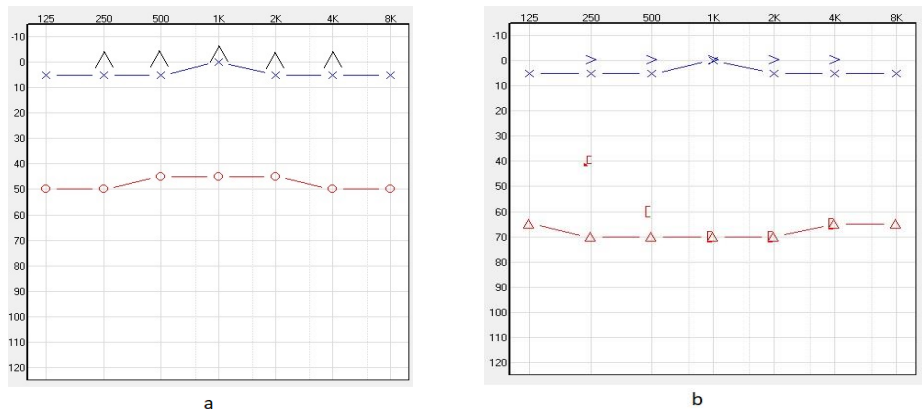


Fig. 10 Patrón unilateral (a) Umbrales no enmascarados (b) Se aplicó enmascaramiento VA OD $f=125$ a 8000 Hz y VO OD $f=250$ a 4000 Hz obtenidos con Auricular TDH 39 (supra-aural) con ensordecedor en oído opuesto con RBE según Método Plateau (Hood).

Dada la gran extensión de la meseta cualquiera de los métodos analizados produce valores adecuados de enmascaramiento y es posible encontrar el umbral real. En el OT. En la frecuencia 1000 Hz el caso (Fig. 10) se presenta como ejemplo del patrón unilateral. En el diagrama de enmascaramiento, se observa que el método P es el que demanda más pasos. Los métodos T y D son perfectamente aplicables y de desarrollo más corto.

2. Patrón bilateral (Fig. 11)

Paciente "AR" Edad: 32 años. Antecedentes: Otitis media crónica

Frecuencia analizada: 250 Hz. Diagrama de enmascaramiento de la Fig. 7

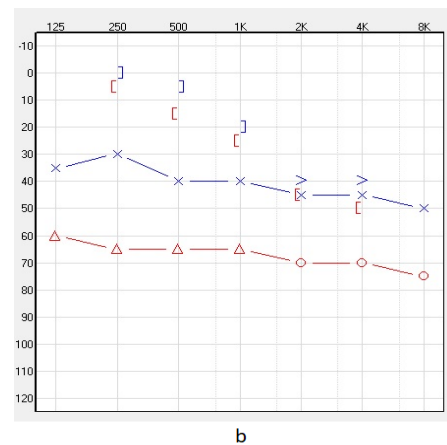
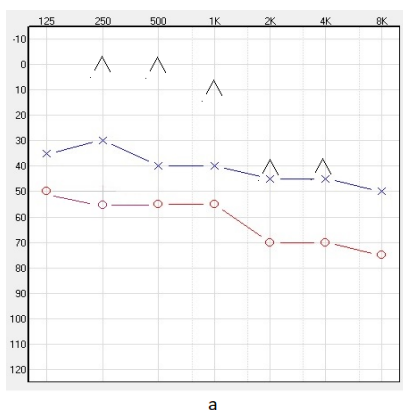


Fig. 11 Patrón bilateral (a) Umbrales no enmascarados. (b) Se aplicó enmascaramiento en VA OD $f=125$ a 1000 Hz, VO OD $f=250$ a 4000 Hz y VO OI $f=250$ a 1000 Hz utilizando auricular supra-aural TDH 39 en oído con RBE según Método Plateau (Hood).

Según las pautas indicadas en el método D, este caso no debería ser enmascarado, por no cumplirse ninguna de las condiciones enumeradas en dicho criterio. La aplicación de los métodos P o T logra establecer el verdadero umbral.

3. Dilema de enmascaramiento

Paciente "SF" Edad: 46 años. Antecedentes: Otosclerosis.

Frecuencia analizada: 1000 Hz

En este caso (fig.12) la aplicación del método D no indicaría la necesidad de enmascaramiento en la vía aérea porque este método basa su criterio únicamente en la diferencia entre umbrales de vía aérea. Aplicando la fórmula de Seneviratne [14] se obtiene:

$$\sum GAP_{ONT+OT} \geq 2 \times AI - 15 \text{ dB}$$

$$50 + 40 \geq 2 \times 40 - 15$$

$$90 \text{ dB} \geq 65 \text{ dB}$$

Esto indica un posible dilema de enmascaramiento. La aplicación del método P (como sugiere Turner [16]) puede o no dar el resultado de encontrar el umbral dependiendo del valor efectivo de la AI, como se mostró en el caso de las Figs. 9 a y b. La aplicación del método P podría dar lugar a encontrar una región donde aumentos de enmascaramiento no impliquen aumento en el umbral. De confirmarse el dilema, podría indicarse la leyenda que figura en la nota al pie del gráfico. También debería probarse presentar el estímulo con un auricular de inserción, para aumentar el valor de la AI y comprobar si se obtiene un valor válido de enmascaramiento efectivo.

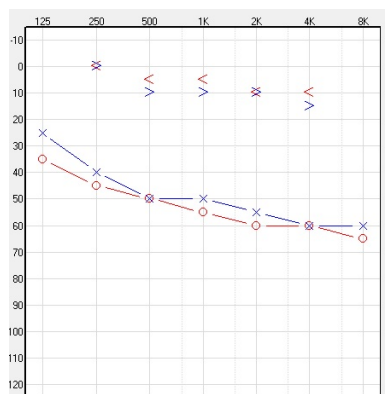


Fig. 12 Dilema de enmascaramiento. Se intenta ensordecer VA OD/OI $f= 250$ a 8000 Hz y VO OD/OI $f= 250$ a 4000 Hz. No se logra establecer umbral real, debido al dilema de enmascaramiento.

CONCLUSIONES

Se observa que, en casos de pérdidas con patrón bilateral o simétrico, la aplicación del método D no recomienda enmascarar quedando el umbral no enmascarado (sombra) como umbral real. Turner [16] también reconoce las limitaciones de su propio método abreviado en esos casos. No resulta extraño entonces que la totalidad de la bibliografía internacional consultada ubique al método *Plateau* como el estándar aceptado para realizar el enmascaramiento de manera confiable y segura. Su fundamento teórico es sencillo: **Cuando el aumento del enmascaramiento efectivo aplicado en el ONT no implica un incremento en el umbral de tono en el OT, significa que la percepción del tono tiene lugar en el OT.** Diversos intentos de acortar el tiempo de ejecución han dado origen a modificaciones que pueden ser utilizadas sin riesgo, siempre que se eviten estos atajos en configuraciones que presenten la posibilidad de mesetas muy angostas. Existe en nuestro medio una variación del método D, muy difundida entre la comunidad profesional, sin registro bibliográfico. Esta variante no se analiza en este trabajo por carecer de referencias publicadas. Entre las ventajas de la aplicación del método *Plateau* se puede destacar que es apto para vías aérea y ósea, que no se requiere memorizar ninguna regla alternativa ni condicional, que se distinguen durante la prueba claramente, las regiones de sub-enmascaramiento (donde percibe el ONT), meseta y sobre-enmascaramiento y que se parte de un nivel de enmascaramiento bajo, en comparación con los otros métodos. Esto favorece la comodidad del paciente, ya que se pueden encontrar umbrales reales sin someter al paciente a altos y molestos niveles de ruido.

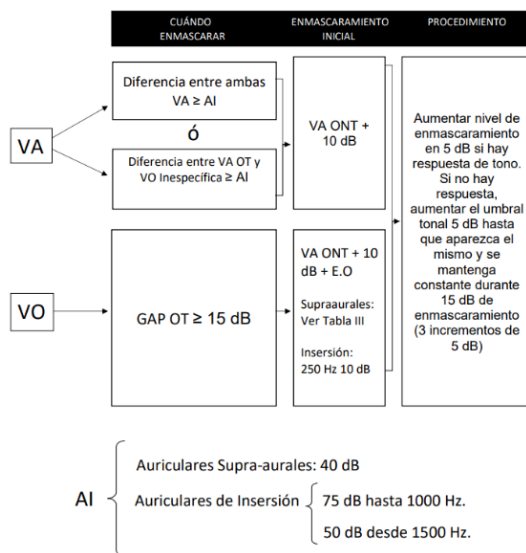


Fig. 13 Diagrama del procedimiento para el Método Plateau

Como el objetivo final es evaluar la existencia de componente conductivo, muchos audiólogos tienen en cuenta el resultado del Weber audiométrico para realizar estimaciones del gap óseo - aéreo.

Por los motivos citados anteriormente, los programas de las universidades más prestigiosas del mundo aconsejan el uso de este método, ya que es una técnica completamente racional. Con respecto al incremento en los niveles, pueden usarse 10 dB en patrones unilaterales. Cuando esto no es seguro, deberían usarse 5 dB ya que es posible estar en presencia de una meseta muy estrecha. El cuadro presentado en la fig.13 muestra el procedimiento del método *Plateau*. Puede apreciarse la simpleza de este, así como su aplicabilidad a la mayoría de los patrones audiométricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Diamante V. Otorrinolaringología y afecciones conexas. Editorial Edimed. 2016
2. Turner R, Masking Redux I: An optimized masking method. J Am Audiol 15:17-28. 2004
3. Yacullo WS, Clinical Masking procedures. Allyn and Bacon. 1996
4. Moore BCJ, An introduction to the psychology of hearing. Sexta edición. Koninklijke Brill NV, Leiden, The Netherlands. 2013
5. Killion MC, Wilber LA, Gudmundsen GI. Insert earphones for more interaural attenuation. Hear Instrum; 36: 34-6. 1985
6. ASHA Guidelines for audiometric symbols. Committee on Audiologic Evaluation. American Speech-Language-Hearing Association. ASHA Suppl. 1990 Apr;(2):25-30. PMID: 1970250.1990
7. International Electrotechnical Commission IEC 64645-1 Electroacoustics – Audiometric equipment – Part 1: Equipment for pure-tone audiometry, 2012
8. Yacullo WS, Clinical Masking en: Katz J, Handbook of clinical audiology. 7th Edition. P 77-110. 2015
9. Martin FN. Minimum Effective Masking levels in threshold audiometry. J Speech Hear Disord. 39,280-285., 1974
10. Katz J Handbook of clinical audiology. 7th Edition. p77-110, 2015

11. Kramer S Brown, DK, Audiology science in practice, third edition, Plural Publishing, p 177, 209, 2018
12. Lidén G, Nilsson G, Anderson H. Masking in clinical audiometry. A oto-laring.50. 1958
13. Studebaker GA Clinical asking of air and bone conducted stimuli JSHD, Volume 29, Number 1. (1974)
14. Seneviratne, Sheran & Mcneill, Celene & Greenberg, Simon & Kong, Jonathan. Naunton's Masking Dilemma Revisited. Otology & Neurotology, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology. 2019
15. Hood JD, The principles and practice of bone conduction audiometry. The Laryngoscope. Vol LXX, September 1960 No.9., 1960
16. Turner R, Masking Redux II: A recommended masking protocol J Am Audiol 2004
17. Naunton RF. A Masking Dilemma in Bilateral Conduction Deafness. Arch Otolaryngol. ;72(6):753–757, 1960
18. Chaplin R G, Miyamoto RT, The masking dilemma and its solution. Fusion at the inferred threshold (FIT) and Sensorineural Acuity Level (SAL) Tests. The American Journal of Otology 5(1)p 34-39. 1983
19. Punnet Kapoor P*, Nima Zangmo N, GargL. N,Saini A, Gupta M, Threshold shift validity by documenting sensorineural acuity level: a useful tool for masking Int J Otorhinolaryngol Head Neck Surg. 2020 May;6(5):913-917. 2019

Como citar

Alonso S, Cristiani H, Cittadino K, Minniti C, Neustadt N, Virgallito O, Militano G. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ALGUNAS TÉCNICAS DE ENSORDECIMIENTO PARA AUDIOMETRÍA TONAL MEDIANTE DIAGRAMAS DE ENMASCARAMIENTO. Fonoaudiológica. 2023;70(2):5-23.

Disponible en: <https://fonoaudiologica.asalfa.org.ar/index.php/revista/article/view/135>