

# La audición en los pilotos de las Fuerzas Armadas



JOSÉ MARIA LORENTE TORTOSA  
Servicio de Otorrinolaringología del CIMA

Los pilotos de aeronaves militares están expuestos de forma prolongada y reiterativa a ruidos de intensidad suficiente como para ser considerados lesivos, lo que constituye un factor nocivo esencial en el deterioro auditivo de éstos; en menor proporción también contribuyen a este deterioro los continuos disbarismos a que se ven sometidos por los cambios bruscos de altitud y las vibraciones generadas por las turbinas, sobre todo en el caso de los helicópteros.

La exposición reiterativa y prolongada a los disbarismos puede sumarse a los efectos del ruido para engendrar una forma clínica de sordera del aviador llamada barotrauma-sonoro. Por otra parte hay que tener en cuenta que la suma de los estímulos del ruido y la vibración da como resultado una interacción que repercute sobre la salud y la seguridad, de forma poco notoria hasta alcanzar los niveles de exposición recomendados para cada modalidad, afectando fundamentalmente a los criterios de comodidad y molestia; pero en los helicópteros las vibraciones y el ruido, superan con frecuencia los mínimos recomendados.

## EL RUIDO COMO AGENTE TRAUMATIZANTE EN AVIACION

Ruido desde el punto de vista social es todo sonido no deseado, pero en física se considera ruido a toda señal acústica, eléctrica o electrónica formada por una mezcla aleatoria de longitudes de onda, que cuantificaremos fundamentalmente por su frecuencia o tono y su intensidad o volumen.

Las fuentes principales de ruido de un avión provienen del *sistema de propulsión* y del *ruido aerodinámico*.

Los sistemas de propulsión pueden ser de tres tipos:

—Turborreactores, que generan ruido a partir de la tobera de toma de aire, sobre todo por el compresor, del armazón del motor y del escape, llamado también ruido aerodinámico de escape, que incluye aportaciones de los ruidos de interior como los de combustión y turbinas, siendo con mucho el de mayor intensidad.

—Turboventiladores, que incorporan un ventilador de empuje y tiene una velocidad de escape menor, lo que provoca niveles sonoros menores.

—De hélice, cuyo motor puede ser de turbina o de pistón; el ruido de éstos se compone principalmente del ruido de las hélices y del escape del motor, siendo la velocidad de la punta de la hélice y el número de aspas lo más significativo. En los helicópteros las fuentes principales de ruido provienen del sistema del rotor principal y del motor. El ruido del rotor se compone de ruidos periódicos que incluyen el golpeteo de las aspas y ruidos de banda ancha debidos a la interacción aerodinámica con el rotor

El ruido aerodinámico o ruido de fuselaje es el producido por el flujo de aire sobre el fuselaje, a través de sus cavidades, de las superficies de control y del tren de aterrizaje. En los aviones modernos de alta velocidad este ruido aerodinámico es la causa principal de ruido, por encima de los 600 Hz, a velocidad de crucero. Durante el aterrizaje y el despegue, al ser menor la velocidad, la presión sonora de ruido aerodinámico es de unos 10 dB. menor que el ruido del sistema de propulsión. El ruido aerodinámico es la causa dominante de los ruidos en el interior del avión en condiciones de crucero.

#### FISIOPATOLOGIA DEL DETERIORO AUDITIVO INDUCIDO POR RUIDO (DAIR), BAROTRAUMATISMOS Y VIBRACIONES

El ruido en general y el de las aeronaves en particular, es dañino para el oído humano a tres niveles:

—El energético, ligado ante todo a la intensidad y a la dosis de ruido, porque origina un fenómeno bien de fatiga o bien de verdadera lesión del receptor coclear.

—El informativo, porque da lugar a dificultad funcional de entendimiento en el ruido.

—El fisiológico y de rendimiento porque afecta a funciones y zonas vitales del organismo.

El daño auditivo inducido por ruido (DAIR) se sitúa anatómicamente

en el Organismo de Corti, provocando una sordera evolutiva mientras dure la exposición al ruido e irreversible.

Para comprender las lesiones ontológicas inducidas por el ruido deben tenerse en cuenta cuatro conceptos básicos: umbral auditivo, adaptación auditiva, fatiga auditiva y trauma acústico.

El umbral auditivo es la menor cantidad de sonido que puede percibir el oído, es lo que medimos en la práctica clínica con la audiometría tonal.

La adaptación auditiva o fatiga preestimulatoria es la elevación del umbral subjetivo de audición durante la estimulación con ruido.

La fatiga auditiva o fatiga postestimulatoria o T.T.S. (Temporary Thresh-

old Shift) es la elevación objetiva del umbral de audición tras la estimulación sonora intensa, es reflejo de un daño reversible en las células neurosensoriales auditivas tanto en las cilias internas como las externas.

El trauma acústico o P.T.S. (Permanent Threshold Shift) es el deterioro irreversible de la audición, debido a la exposición excesiva al ruido.

Las alteraciones que sufre el Organismo de Corti durante y después de la sobrestimulación acústica transcurren en dos fases. Una primera fase dinámica, donde los elementos celulares del oído interno manifiestan delicados cambios en su estructura, metabolismo y función, que pueden o no

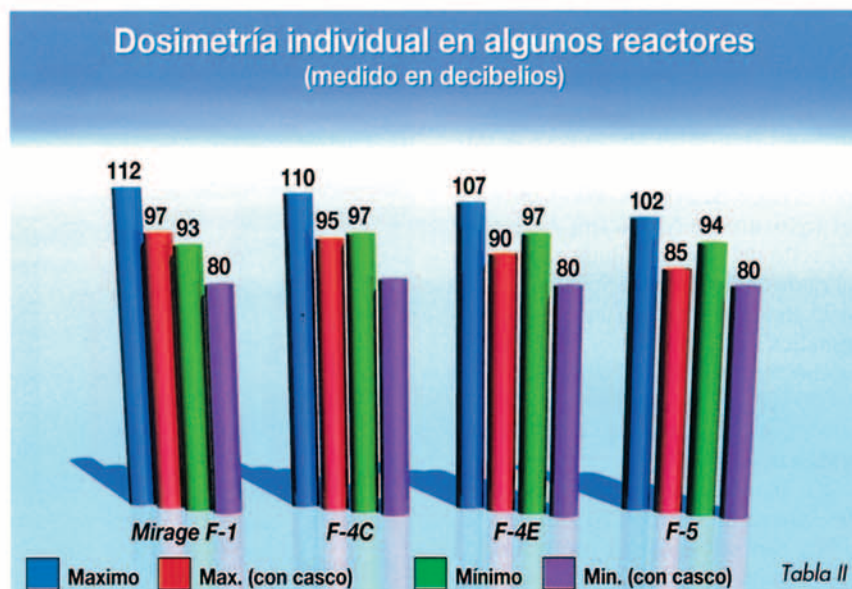
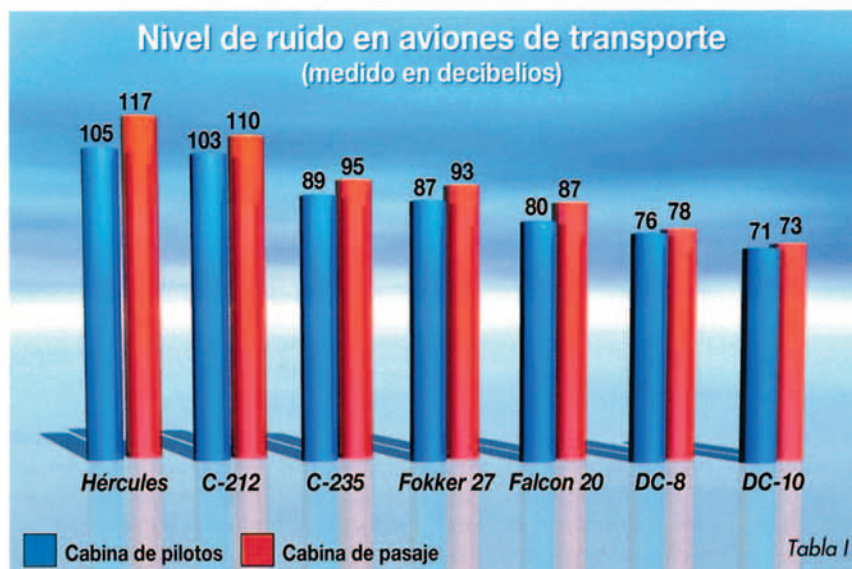


Tabla IV

**LIMITES PARA UNA EXPOSICION SONORA DE 8 h.,  
5 DIAS A LA SEMANA, CON TASA DE INTERCAMBIO DE 3dB.  
NORMA AFNR S-31-084, FRANCIA (TOMADO DE HEE)**

Nivel de presión sonora continua medida en dB.	Duración de la exposición para una dosis sonora equivalente a un nivel de exposición de 85 dB (A)
85	8 h.
88	4 h.
91	2 h.
94	1 h.
97	30 min.
100	15 min.
103	7 min. 30 s.
106	3 min. 45 s.
109	1 min. 52 s.
112	56,25 s.
115	28,13 s.
118	14,06 s.
121	7,03 s.
124	3,52 s.
127	1,76 s.
130	0,88 s.

Tabla V

**LIMITES PARA UNA EXPOSICION SONORA DE 8 h.,  
5 DIAS A LA SEMANA, CON TASA DE INTERCAMBIO DE 5dB.  
OSHA, EE.UU.**

Nivel de presión sonora continua medida en dB.	Duración de la exposición para una dosis sonora equivalente a un nivel de exposición de 85 dB (A)
90	8 h.
95	4 h.
100	2 h.
105	1 h.
110	30 min.
115	15 min.

ser letales para la célula, pero necesitando de un tiempo para que el proceso reparador o el degenerativo sean definitivos. Tras finalizar el proceso dinámico comienza una fase estática en la que si triunfa la degeneración, el daño celular es completo y el umbral sensitivo estable, pudiéndose determinar el grado de lesión.

En la práctica hay numerosos estudios que confirman los cambios de umbral auditivo temporal (TTS) inducido por el ruido de aviones. WU y otros, en el Instituto de Medicina Aérea del Ejército del Aire de China expusieron al ruido del Fighter-6 a 56 pilotos de 20 a 25 años confirmando una vez más los estudios de laboratorio, y describiendo como frecuencia mas afectada la de 6.000 Hz. , por lo que ponen en duda la valoración de la frecuencia 4.000 como índice del D.A.I.R.

En cuanto a las lesiones debidas a los barotraumatismos, SIMMONS en 1969 teorizó sobre la ruptura de la membrana coclear en los buceadores

como causa de sordera brusca tras un barotraumatismo; pero fue GOODHILL, en 1971, quien describió la teoría de la "Implosión y explosión" en los procesos de descompresión brusca y su manifestación en el oído.

En 1985 TAKASHASHI correlacionó la pérdida de audición y el deterioro del Organó de Corti tras repetidas descompresiones, aun cuando no apareciese hemorragia de oído interno ni rotura de ventana redonda, lo que fue corroborado más tarde por WILKES en 1989; los hallazgos clínicos de este, fueron similares a los del barotraumatismo de oído interno y coinciden con los trabajos de LAMKIN y otros que describen cómo no es necesaria la detección de burbujas por Doppler ni la ruptura de la ventana redonda para que se desarrolle un barotrauma de oído interno, simplemente pueden aparecer burbujas transitorias en líquido laberíntico que generen los síntomas.

La simultaneidad de estímulos vibratorios y sonoros da como resultado una interacción en su efecto sobre la salud, que afecta fundamentalmente al enjuiciamiento de los niveles de comodidad y molestia. Solo pueden darse límites aproximados para la seguridad y el rendimiento humano bajo condiciones reales de exposición a la vibración, ya que la forma exacta de acción de las vibraciones del ambiente sobre los tejidos cambia con los movimientos y posiciones del cuerpo, impredecibles en el ser humano, y con los cambios de velocidad y condiciones del vuelo. BORREDON en 1975 comprobó que la exposición durante 50 minutos a infrasonidos de 7,5 Hz. y con una intensidad de 130 dB. no modificaba de forma significativa la audiometría tonal, aunque no consi-



Tabla III



deraba estos resultados como definitivos por los pocos casos estudiados.

### EL ENTORNO SONORO DEL PILOTO. EL RUIDO DE LOS AVIONES

Resumimos en forma gráfica (Tablas I, II, y III) la información recogida en múltiples trabajos de diversos autores sobre los niveles de ruido de algunas de las aeronaves militares usadas en diversos ejércitos. En algunos casos el nivel de ruido se ha determinado desde la puesta en marcha del avión hasta su parada. En otros casos se han tomado en vuelo de crucero a 35.000 pies, en cabina o en bodega de carga (USA), o durante maniobras específicas o durante los estudios de certificación de O.A.C.I. En el aparcamiento, durante el calentamiento de motores, entre 10 y 30 metros de proximidad a la fuente de sonido, los niveles de ruido oscilan entre los 110 y 130 dB. aumentando más aún, durante el despegue y aterrizaje.

En las tablas IV y V se recoge el tiempo medio de exposición que un oído humano puede soportar antes de



que aparezca lesión auditiva, según la intensidad del sonido a la que esté expuesto. Sobre estos niveles hay diferencias de criterio entre las normas de seguridad en el trabajo publicadas en Francia y las de la administración USA. Pero con ambas tablas se com-

probará que los niveles de intensidad sonora alcanzados en casi todos los casos, evidencian el riesgo de sordera temporal o incluso accidental, para una exposición prolongada a tal ruido. Las curvas de AUBRY-GROGNOT-BUGEAT o de WISSNER establecen niveles de intensidad sonora que no se deberían sobrepasar en función de la intensidad y frecuencia de ruido, para una exposición de 40 horas semanales (Tabla VI), siendo aceptadas por la mayoría de especialistas europeos.

Por otra parte hay varios estudios que tratan de delimitar el nivel de lesión auditiva debida al ruido de fondo de los aparatos de radiocomunicación, así VAN RIJN en un estudio efectuado en pilotos de helicópteros encontró que el efecto acumulativo de los ruidos de radiocomunicación es de 7 dB. sobre el nivel de ruido continuo equivalente.

Pero LIENHART tras un estudio comparativo entre pilotos y controladores militares del Ejército del Aire francés llegó a la conclusión de que la responsabilidad de los ruidos de radiocomunicación en la sordera del piloto militar es relativamente modesta.

## LA AUDICION EN LOS PILOTOS MILITARES

En 1920, SCOTT hace una precisa descripción de las alteraciones del oído medio que encuentra frecuentemente en los exámenes de las tripulaciones de vuelo, mientras que en Francia MAUBLENE y RATIE describen en un libro que la agudeza auditiva ha de ser normal medida con audiómetro y el tiempo de reacción para el estímulo auditivo no debe ser superior a 0,15 segundos. Ya en 1959 CAPORALE y KOCH, refieren cifras de alteraciones de la audición muy altas en las escuadrillas italianas, donde un 42% de las consultas por problemas relevantes eran de O.R.L., tanto que un 20% del personal consultaba al menos una vez al año por problemas de oído con relación al vuelo.

En España se crean en febrero de 1940 los Institutos de Medicina Aero-náutica de Madrid y Sevilla, transformándose en 1942 el de Madrid, tras ampliarse sus fines y objetivos, en el Centro de Instrucción de Medicina Aero-náutica (CIMA), realizando los reconocimientos del personal volante y describiendo y valorando la patología auditiva derivada del vuelo, aunque no tenemos cifras concretas de la incidencia de dicha patología en esos años. Gómez Cabezas en 1962 describe la hipoacusia de transmisión, propia del barotrauma, como la más característica de la aviación, pero reconoce que tiene más trascendencia y mayor incidencia la sordera perceptiva provocada por el ruido, presentando al Congreso Internacional de Medicina Aero-náutica los datos del estudio de la audición de 958 pilotos, donde se reflejaban un 25% de pérdidas superiores a 30 dB en la frecuencia de 4000 Hz. en pilotos militares, y de estos, un 4,6% presentaban pérdidas para la voz cuchicheada y la conversación en tono normal.

En 1965 BASTIEN y otros publican un análisis estadístico sobre las hipoacusias de 3.448 miembros del personal navegante civil examinados en el C.P.E.M.E.N., teniendo en

cuenta la edad, horas de vuelo, tipo de hipoacusia y localización. Detectaron 217 casos de hipoacusia y de ellos 145 pilotos que superaban los perfiles legales exigidos. De estos 145 pilotos, un 39,3% eran menores de 44 años, un 48,9% estaban entre los 45 y 54 años y un 11,8% superaban los 55 años. Un 6% presentaban problemas para entender la conversación a 2,5 metros de espaldas al examinador. Solo 3 casos presentaron una hipoacusia de transmisión y curiosamente el oído izquierdo se veía afectado con una frecuencia mayor que el derecho en una proporción 2:1.

BLANC y BASTIEN en 1973 aportan estudios audiométricos sobre 3852 pilotos, de los que 1990 eran menores de 40 años. Entre estos había 277 pilotos (14 %) que tenían pérdidas de 30 a 40 dB. en la frecuencia de 3.000 Hz., 11 pilotos (0,5%) oscilaban entre 40 y 60 dB. en dicha frecuencia y otros 16 pilotos (0,8%) superaban 40 dB. de pérdida en las frecuencias conversacionales (250, 500, 1000 y 2000 Hz.) y 60 dB. en 3000 Hz.

De los 1860 pilotos mayores de 40 años, 870 de ellos (46,7%) tenían pérdidas de 30 a 40 dB. para la frecuencia de 3.000 Hz., 57 pilotos (3%) tenían entre 40 y 60 dB. en 3.000 Hz. y 45 pilotos (2,5%) superaban 40 dB. en las frecuencias conversacionales y 60 dB. en 3.000 Hz.

En 1972 GOMEZ CABEZAS publica un estudio sobre 2.000 pilotos con

más de 1.500 horas de vuelo, constataando un 16% de pérdidas auditivas dignas de ser tenidas en cuenta. De ellas un 17% son hipoacusias de transmisión, el 60% de percepción y el resto mixtas. En un 4,6% de casos la pérdida auditiva afectaba a la voz cuchicheada y la conversación en tono normal. Menciona que hay una mayor proporción de lesión del oído izquierdo que del derecho y que son más lesivos los aviones a reacción que los de pistón.

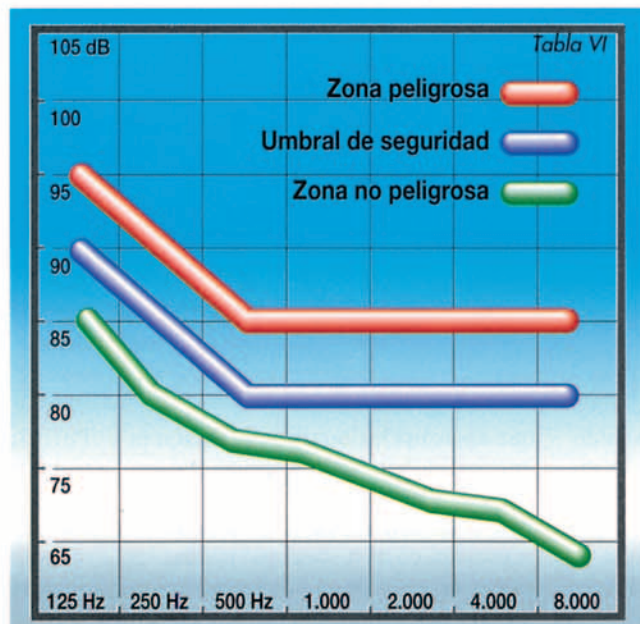
Más recientemente, en 1985, RIBAK junto a otros médicos de la Fuerza Aérea israelí ponen en duda todo lo escrito y publicado hasta la fecha sobre el deterioro auditivo de los pilotos militares, y tras estudiar la audición de 777 miembros de tripulaciones aéreas israelíes, con una media de edad de 27,2 +/- 5,2 años, encuentran una correlación mayor entre pérdida de audición y edad que entre pérdida de audición y el ruido del avión o las horas de vuelo, contradiciendo así los trabajos de FROHLICH, GASAWAY, HOUSE y otros.

Por otra parte, comprobaron que la aviación de transporte generaba el mayor deterioro auditivo y que no hay una dependencia significativa con las horas de vuelo hasta un mínimo de 2.000 horas. También detectaron un mayor deterioro del oído izquierdo respecto al derecho.

Coincide este estudio con lo publicado por ARCHER, que no encontró pérdidas de audición en unas tripulaciones de helicópteros que habían seguido un programa experimental de conservación de la audición razonablemente efectivo, durante un periodo de 3 a 5 años.

Pero BROADWELL critica los resultados de RIBAK y ARCHER precisando que a su opinión se habían pasado por alto conclusiones importantes, y porque es difícil conseguir tan alta motivación para usar protección auditiva por todo el colectivo.

Con posterioridad a estos estudios se han aportado datos a favor del deterioro auditivo de los pilotos milita-



## Pérdidas auditivas en frecuencia de 4.000 Hz.

(número de casos)

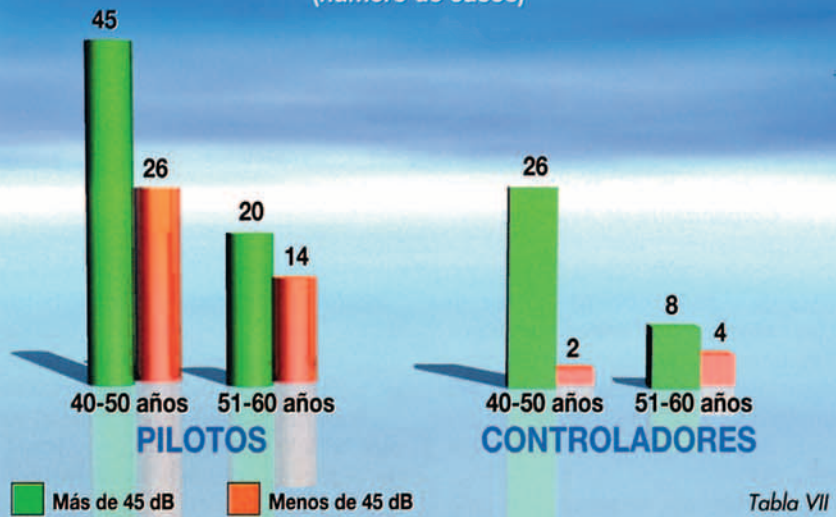


Tabla VII

res, por LIENHART y otros, en Francia y recientemente por BASSOUMI en Túnez que aunque no encuentra alteraciones por debajo de los 30 años, sí detecta un 30% de modificaciones audiométricas posteriormente.

En nuestro Servicio de O.R.L. del CIMA, en 1991 comparamos la audición de controladores civiles con pilotos militares, comprobando la mayor incidencia de pérdidas auditivas en estos últimos, para los mismos intervalos de edad (Tabla VII). No encontramos ninguna audiometría que supere los límites de sordera social, aunque por lo escaso de la muestra (105 pilotos y 40 controladores), el estudio no se pueda considerar concluyente pero sí ilustrativo. Esta es la razón por la que seguimos acumulando datos sobre la audición y el entorno del piloto militar que nos permitan correlacionar de forma más fidedigna la hipoaclusia con el tipo de aeronave, las horas de vuelo, edad, etc.

Los barotraumas óticos ha sido objeto de numerosos estudios en la aviación comercial y militar por su repercusión socioeconómica (incidencia sobre pasajeros y tripulaciones) y sobre la seguridad y efectividad de las misiones. Se ha estudiado su relación con el puesto que se ocupa en el avión, y con los factores favorecedores de su aparición, como catarros, alergia, tabaquismo, consumo de alcohol, velocidad de descenso del avión e incluso el tipo de avión, con

resultados evidentes en algunos casos (los relacionados con la mecánica o estados catarrales y alérgicos) pero poco uniformes en otros, los relativos a factores sociales y hábitos personales. De igual manera, el valor que los diversos especialistas dan a su repercusión sobre la pérdida auditiva crónica, varía de unos a otros.

### CONCLUSIONES

Se acepta que la sordera del aviador es una sordera profesional cuyo estudio epidemiológico en el medio aeronáutico permite demostrar que está ligada a la exposición al ruido y los barotraumatismos, agravada en ocasiones por un mal uso de los medios de protección en las zonas aeroportuarias sensibles, o por no atender a las recomendaciones sobre prevención de la patología ototubárica.

Su repercusión sobre las tripulaciones aéreas en el ámbito militar está evolucionando con la formación en el uso de medios de protección frente al sonido y con el conocimiento y prevención de la patología ototubárica. Por ello debemos seguir estudiando el entorno sonoro y la audición en los pilotos militares, a fin de conocer la incidencia real de esta patología, su correlación con los diversos factores del medio aéreo y mejorar su prevención, que por otra parte es el único tratamiento válido para tal afección ■

### BIBLIOGRAFIA

- AYERBE P.: *Noise measurement inside C-212 series aircraft. Preliminary results.* Industrias C.A.S.A., Octubre 1990.
- BASSOUMI T., FAYALA M.: *Détériorations audiométriques chez le pilote militaire en Tunisie.* Méd. Aéro. Spat., Tome XXX, N° 119 - 1991.
- CUDENNEC YF., LORY D., PONCET JL., BUFFE P.: *Traumatismes sonores aigus.* Editions Techniques. Encycl. Méd. Chir. (Paris-France), Oto-rhino-laryngologie, 20-185-A-10, 1994, 5 p.
- DeHART R.L.: *Fundamentals of Aerospace Medicine.* 2ª Edición Ed. Williams & Wilkins, U.S.A, 1996.
- *Department of labor occupational noise exposure standard.* Amended Code of Federal Regulations, Title 209, Chapter XVII, part 1910, Subpart G, 36 FR 10466, Mayo, 29-1971
- GIL-CARCEDO, L.Mª.: *Enfermedades producidas por el ruido.* Otología. Gil-Carcedo L.Mª., pag.: 447. Ed.: Luis María Gil-Carcedo, Valladolid 1995
- GOMEZ CABEZAS P.: *Barotraumatismos óticos y sinusales.* Rev. Aero. Astro. Octubre 1973, N° 395: 767-782
- GOMEZ CABEZAS P.: *Hipoacusias del Aviaador.* Rev. Aero. Astro. Julio 1972, N° 380: 495-504
- GOUTEYRON JF., NOTTET JB., DIARD JP.: *Surdité professionnelle.* Encicl. Méd. Chir. (Elsevier, Paris) Oto-rhino-laryngologie, 20-185-F-10, 1995, 8 p.
- HARRIS C.M.: *Manual de medidas acústicas y control del ruido.* 3ª Edición. Ed. McGraw-Hill / Interamericana de España S.A., Madrid 1995
- LIENHART H., GOUTEYRON J.F., FAUGERE J.L., FILIPPINI J.F. *La surdité de l'aviateur.* Première partie. Méd. Aéro. Spat., XXVII, 1988, 105, 53 - 579
- LIENHART H.: *Les otopathies dysbariques.* Ency. Méd. Chirur. ORL., Paris, 20-199-A-10, 4, 1983
- LORENTE J.M.: *Cambios auditivos en los pilotos de las Fuerzas Armadas.* Revisión bibliográfica. Rev. Univ. de Sanid., Vol. I, Núm. 1, 1999.
- MELNICK, W.: *Pérdida de audición por exposición al ruido.* Manual de medidas acústicas y control del ruido. Cyril M. Harris. Cap. 18. McGRAW-HILL /
- INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A., 3ª edición, Madrid 1995
- MURILLO I., CASTILLO R.: *Mediciones del ruido interior realizadas en el CN-235 EA02.* Nota técnica. Industrias C.A.S.A., Octubre 1990
- RIBAK J., HORNUNG S., KARK J., FROM P., WOLFSTEIN A., ASHKENAZI I.E.: *The association of age, flying time, and aircraft type with hearing loss of aircrew in the Israeli Air Force.* Aviat. Space Environ. Med., 1985; 56:322-7
- VON GIERKE HE., NIXON CW.: *Vibration, noise and communication.* Cap. 10. Fundamentals of aerospace medicine, De Hart RL: (Ed.), Lea and Febiger, Filadelfia 1997
- WU Y-X., LIU X-L., WANG B-G., WANG X-Y.: *Aircraft noise-induced temporary threshold shift.* Aviat. Space Environ. Med., 1989; 60:268-70