

ESTRUCTURA FISICA DE LOS SONIDOS CONTINUOS Y DE IMPULSO EN INCUBADORAS INFANTILES DE USO NACIONAL

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, EPIDEMIOLOGIA Y MICROBIOLOGIA
HOSPITAL GINECOOBSTETRICO "RAMON GONZALEZ CORO"

Lic. Carlos Barceló*, Dr. Enrique Molina**, Dr. Juan G. Mendoza**, Dr. Enzo Dueñas*** y Téc.
Enrique Plá****

Barceló, C. y otros: *Estructura física de los sonidos continuos y de impulso en incubadoras infantiles de uso nacional.*

Se estudió la operación de las incubadoras ATOM N-52, V-55, V-75, V-80 y DRAGER 7310 con análisis espectral de octava. En operación normal, sus espectros, que son todos más energéticos en la zona de bajas frecuencias, no son estadísticamente semejantes. Sin embargo, estas diferencias no introducen cambios significativos de audibilidad entre incubadoras. Al operar el oxígeno, por ducto nuevamente, se aprecia que los espectros habiendo ganado unánimemente energía en altas frecuencias, tampoco son estadísticamente semejantes; en correspondencia sus audibilidades son mayores y significativamente distintas entre incubadoras. Cuando el oxígeno se suministra por máscara, una campana en 8 kHz caracteriza los espectros. Las audibilidades también difieren significativamente entre incubadoras y son las más altas de las 3 operaciones, llegando en este caso a violar un nivel máximo permisible (NMP) para ruido de incubadora en algunos equipos. La penetración del sonido del climatizador de la sala levanta, aún más, las curvas espectrales en las bajas frecuencias y algunas incubadoras muestran diferencias estadísticas en audibilidad. La presencia del niño en la incubadora introduce un factor de absorción y, ocasionalmente, de emisión, que sube los niveles hasta en 20 dB(oct). Los coeficientes de transmisión más altos aparecen en las bajas frecuencias, en todos los casos. Los ruidos de impulso más energéticos con ancho espectro, provienen del cierre de la tapa de la incubadora con tiempos de reverberación no menores de 2 segundos y niveles hasta de 128 dB LP, hechos que constituyen una posibilidad de riesgo de efectos, extraaurales y aurales, para el neonato pretérmino.

INTRODUCCION

Múltiples manifestaciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas —patológicas o no— se han vinculado a la molestia y disturbio por ruido, de modo que, entre el estímulo y el efecto —sonido y perturbación— se ha situado el componente subjetivo.^{1,2} Sin embargo, las manifestaciones individuales no parecen vincularse siempre directamente al "consiente": así por ejemplo, se ha registrado que el estrés hormonal no se vincula al sentimiento de molestia en exposición a ruido moderado en intensidad.³ Con mayor certidumbre han sido fijados los efectos aurales, los cuales dependen de la interacción de la energía

* Licenciado en Física. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

** Especialista de I Grado en Higiene. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

*** Especialista de II Grado en Pediatría. Vicedirector del Hospital Ginecoobstétrico "Ramón González Coro".

**** Técnico higienista especializado. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

de la presión de onda y el oído humano como sistema.⁴ Aunque la creación de normas y procedimientos, desde el punto de vista de la higiene comunal, está consecuentemente sujeta a incertidumbres y en proceso de continuo desarrollo dialéctico, variadas tentativas de "estandarización" metódica han sido presentadas y observadas.^{5,6}

El ámbito de la audición en recién nacidos y sus riesgos sanitarios es uno de los campos de la higiene comunal con mayores lagunas de conocimiento. Se ha reseñado que los procesos auditivos relacionados con la transmisión periférica y central maduran a diferentes velocidades en el primer año de vida⁷ y que los neonatos pretérmino, necesitados de cuidados intensivos, tienen alta probabilidad de pérdida auditiva.⁸ Algunos autores consideran, sin embargo, que los niveles de ruido de las incubadoras infantiles no causan por sí solos pérdida neurosensorial de audición.^{9,10} y que el alto riesgo perinatal (ARP), en general, concuerda con el aumento de la probabilidad de sordera,^{11,12} en tanto, otros sostienen que muchos niños con audición normal, que recibieron tratamiento en incubadora, presentan signos de lesiones cocleares ligeras,^{13,14} aun sin ARP precedente. Estudios histológicos han mostrado la destrucción de células sensitivas en la cóclea de animales jóvenes expuestos al ruido de las incubadoras, en contraste con adultos expuestos que no sufrieron lesiones.¹⁵

Estos cuestionamientos demandan, preliminarmente, una definición o caracterización física del sonido de las incubadoras infantiles lo cual ya ha sido intentado por diversos autores¹⁶⁻¹⁹ con resultados sanitarios controversiales. En tanto algunos trabajos informan niveles sobre los valores permitidos, otros plantean que los niveles peligrosos no son excedidos; pero realmente no todos emplean las mismas normas de referencia —es discutible extrapolar normas de adultos—, ni estudian los mismos equipos con iguales métodos y parece claro que todavía no hay suficientes hechos para una evaluación higiénica integral pues, hasta el presente, existe aún gran desconocimiento sobre los posibles efectos extraaurales.

En este trabajo, los autores se proponen efectuar la caracterización física de los sonidos asociados a las incubadoras infantiles de uso nacional con el objetivo de facilitar, en nuestro medio, un fondo informático de referencia para las investigaciones médicas, de las consecuencias posibles de la exposición de recién nacidos a esta naturaleza de estimulación sensorial.

MATERIAL Y METODO

Para el estudio del sonido autogenerado por las incubadoras, se eligieron los modelos ATOM V-55, V-75 y V-80. Unidades de estos modelos, en buen estado de funcionamiento, fueron trasladadas a una cámara de insonorización con nivel interior instantáneo de fondo no superior a 30 dB AF. En el recinto habitable de cada incubadora, sin niño dentro, se colocó un micrófono de una pulgada sobre un soporte antivibratorio, orientado en la dirección de la cabecera a los pies de la cama interior, a 5 cm sobre el colchón y con elevación del eje longitudinal de 5° sobre la horizontal. Cada incubadora sólo se operó con humedad, temperatura y ventilación (modo normal), en tanto con un sonómetro RFT-17 eran registrados 10 valores instantáneos de medias analógicas en raíz media cuadrática a 1 seg en cada una de 11 bandas de octava en la región de audiofrecuencia, más la valoración integral lineal de energía -L- y las ponderaciones por las curvas de sensibilidad auditivas A, B y C.

Antes de cada sesión de medición, el sonómetro era dejado en equilibrio térmico, en el rango de 20-22 °C y humedad relativa no mayor del 70 %. La presión estática era

medida con un barómetro aneroide y su influencia fue incluida en la corrección de calibración, que a su vez se efectuó con una fuente de ruido de banda estrecha provista por el pistófono BK-4220. El error absoluto de la medición no excedió 1 dB.

Al investigar la suma del sonido autogenerado con el proveniente del exterior, se obtuvo una muestra representativa del nivel sonoro percibido en el interior de incubadoras sin niño dentro. Los equipos fueron expuestos en las posiciones usuales de trabajo, en el interior de una sala de cuidados especiales de neonatología. Así, en este caso, se eligieron para estudio los modelos ATOM N-52, V-55, V-75, V-80 y DRAGER 7310 en uso actualmente en las unidades pediátricas nacionales. Dos micrófonos de 1 pulgada sobre soporte antivibratorio, orientados según la posición anatómica de los oídos del recién nacido en decúbito supino, se colocaron a 5 cm de altura con respecto al colchón. Igualmente, en las unidades investigadas, se registraron 10 mediciones estadísticamente independientes en cada una de las escalas y audiofrecuencias antes establecidas. Las calibraciones, inicial y de verificación, se efectuaron en este caso con la fuente de banda estrecha RFT-03, aplicándose una corrección por presión estática. Las mediciones se realizaron separadamente para los siguientes modos de operación: normal, administración de oxígeno por ducto y administración de oxígeno por máscara. En cada caso, se efectuó un doble juego de mediciones: con el aire acondicionado de la sala funcionando y desconectado.

El estudio dirigido a obtener la influencia del niño internado en la incubadora sobre el régimen sonoro siguió un esquema semejante al aplicado con incubadora vacía, situando el micrófono, en este caso, a 5 cm sobre la cabeza del niño. Así, se abordaron 2 juegos de mediciones separadas, una correspondiente a la pasividad del niño (sólo los ruidos de sus sistemas fisiológicos conjugados con la absorción y reflexión de su cuerpo) y la otra, a la actividad (se suman emisiones por fonación, movimientos dentro del recinto y golpes de las extremidades contra las paredes), en los modelos de incubadoras ATOM V-55, V-75 y V-80 operadas en la modalidad normal.

Las mediciones para el cálculo de los coeficientes de transmisión se efectuaron sobre los 3 últimos modelos citados, en el interior de la cámara de insonorización. La incubadora desconectada era bañada, exteriormente, desde una fuente sonora isotrópica BK-4241 gobernada por el generador de ruido BK-1405 que proporcionó una señal de ruido blanco con distribución gaussiana de niveles en la gama de 20 Hz a 100 kHz, a través del amplificador de potencia BK-2706. El espectro de ruido blanco fue caracterizado en nivel con un sonómetro RFT-17 operando en la misma posición espacial que correspondería a la medición del recinto de la incubadora. Para los coeficientes de transmisión, calculados con referencia al espectro de prueba y no en relación con el espectro teórico, se halló una banda de confianza a partir de la probabilidad condicional de encontrar el parámetro de población.

El análisis de los ruidos de impulso producidos por el cierre y apertura de las puertas del gabinete y la tapa de la incubadora se efectuó en el régimen de pico sostenido con micrófono de 0,5 pulgadas. Los transientes fueron también registrados gráficamente con el sonómetro integrador BK-2218 acoplado al registrador BK-2306, con velocidad de corrida de 30 mm/seg y barridos en 250 mm/seg empleando un potenciómetro de 50 dB de rango dinámico, a partir de lo cual se midió la duración de los impulsos y se calculó el tiempo de reverberación.

El procesamiento general de la información se efectuó computorizadamente desde programas fuente LEAL, elaborados por los autores, empleándose sistemáticamente el

análisis de varianza paramétrico por frecuencia. Se incluyó el cómputo de la media, el intervalo de confianza del parámetro de población, 4 momentos centrales por nivel de análisis, sus errores de estimación, los estadísticos de inferencia de normalidad por simetría G_1 y apuntamiento G_2 , los coeficientes adimensionales de momento α_3 y α_4 , la prueba de Bartlett de homocedasticidad general de varianza, las razones de varianza F , la prueba T de diferencia entre medias y la prueba de Duncan para el contraste de las medias.

RESULTADOS Y DISCUSION

ESPECTROS DE ONDAS, EN INCUBADORAS ACUSTICAMENTE AISLADAS, OPERANDO EN REGIMEN NORMAL

Los espectros de ondas de presión de aire en la región de audiofrecuencia, obtenidos del funcionamiento en régimen normal de 3 modelos de incubadoras infantiles sometidas al aislamiento acústico en cámara de insonorización, presentan cierta semejanza morfológica. En la figura 1, los niveles de bandas de octava unidos por quebradas revelan máximos energéticos en las zonas de las bajas frecuencias. No obstante, las estrechas regiones de confianza para la estimación del parámetro de población y su no solapamiento sugieren que los niveles energéticos no son enteramente equivalentes en cada centro de banda. En el anexo 1, donde presentamos los niveles sonoros integrales correspondientes a las curvas de ponderación A, B y C y la energía total —ponderación lineal— en la zona de audiofrecuencia estudiada, observamos menor diferencia en energía total entre incubadoras —unos 5 dB LS de recorrido— que en audibilidades —unos 9 dB (A ó B) S de recorrido— lo cual se atribuye a las peculiaridades de los espectros.

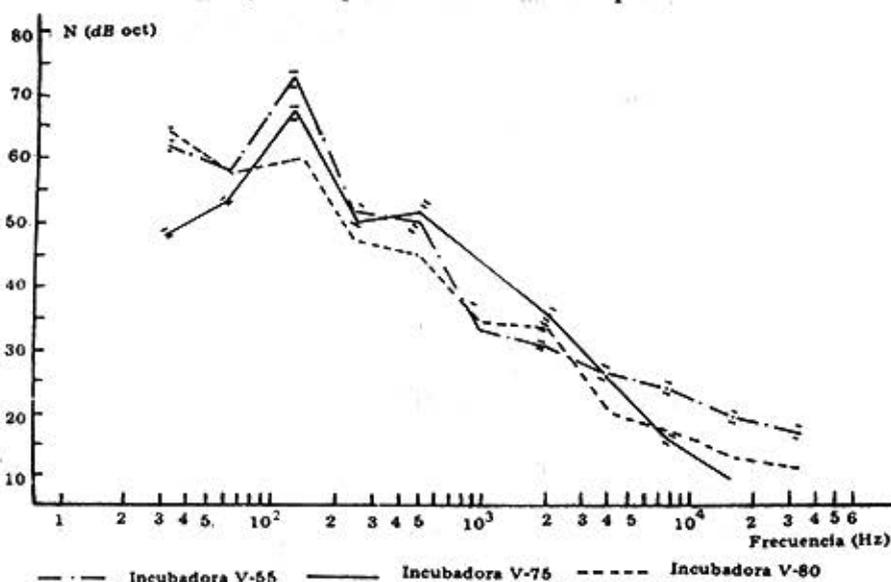


Figura 1. Espectros de ondas de presión de aire en la región de audiofrecuencia, según bandas de octava, durante el funcionamiento en la operación normal de 3 modelos de incubadoras infantiles acústicamente aisladas. Símbolos: barras en los puntos de inflexión · delimitadores de regiones de confianza de .95 para el parámetro de población, puntos de inflexión · medias muestrales del nivel sonoro, según bandas de octava, en la frecuencia central de abscisa. $N \cdot 10$ mediciones por banda de octava.

Anexo 1

Niveles sonoros (a) y coeficientes de transmisión referidos a ruido blanco (b) según los contornos de sensibilidad auditiva en el recinto habitable de 3 incubadoras infantiles operando en modalidad normal:

a) Audibilidades del funcionamiento en equipos acústicamente aislados.

	A (dBA)	B (dBB)	C (dBC)	L (dBL)
V-55	56,8 (0,6)	68,3 (0,6)	73 (0,5)	73,6 (0,5)
V-75	53,3 (0,9)	63,4 (0,9)	67,6 (0,9)	68,7 (0,8)
V-80	48 (0)	59 (0)	66 (0)	70 (0)

Medias muestrales - números fuera de paréntesis.

Semilongitud de la región de confianza .95 del parámetro de población - números dentro de paréntesis.

b) Coeficientes de transmisión para audibilidades en ruido blanco.

	A (%)	B (%)	C (%)	L (%)
V-55	80 (-.4) +.6	80,6 (.0) +.1	80,6 (-.1) +.9	82,2 (-.6) +.1
V-75	80,8 (-.4) +.4	80,5 (-.6) +.8	81,3 (-.8) +.8	82,8 (-.4) +.5
V-80	81,1 (.0) .0	81,6 (-.7) +.7	81,9 (.0) .0	82 (-.9) +.8

Medias muestrales - números fuera de paréntesis.

Intervalo de las regiones de confianza .90 para la media de población - números dentro de paréntesis.

Mientras para las incubadoras V-55 y V-75, el máximo de energía se ubica en la banda centrada en 126 Hz, el máximo absoluto de la V-80 se desplaza a los 31,5 Hz, ofreciendo un pico secundario en 125; características morfológicas que se reproducen en los análisis de los sonidos de las incubadoras operando libremente - sin niño dentro - en una sala de cuidados especiales de Neonatología.

COMPARACION DE LOS ESPECTROS DE INCUBADORAS EN 3 MODALIDADES DE OPERACION EN LA SALA HOSPITALARIA, SIN NIÑO EN SU RECINTO HABITABLE

En 4 diferentes modelos de incubadoras, estudiadas en régimen normal de operación, se ratifica la tendencia general de pendientes negativas en todos los espectros, es decir que la energía disminuye con el aumento de la frecuencia, hecho informado por diversos autores para otras incubadoras.²⁰⁻²² Los análisis se efectuaron en 2 condiciones: con la climatización de la sala desconectada (figura 2) y conectada. En ambos casos, la tendencia no fue alterada. Por el contrario, el aire acondicionado enriqueció energéticamente las componentes de baja frecuencia, por debajo de 500 Hz principalmente. Así, en el modelo V-55, en extremo, el nivel en 63 Hz se levantó de 57 hasta 76 dB oct y en 31,5 Hz, la máxima penetración del sonido del aire correspondió a la V-75, que levantó el nivel de 58 a 77 dB oct. Como se puede apreciar, el anexo 2 sugiere sensibles incrementos energéticos integrales por la penetración del sonido del climatizador, en cambio, la fracción audible no muestra contrastes, según el anexo 3.

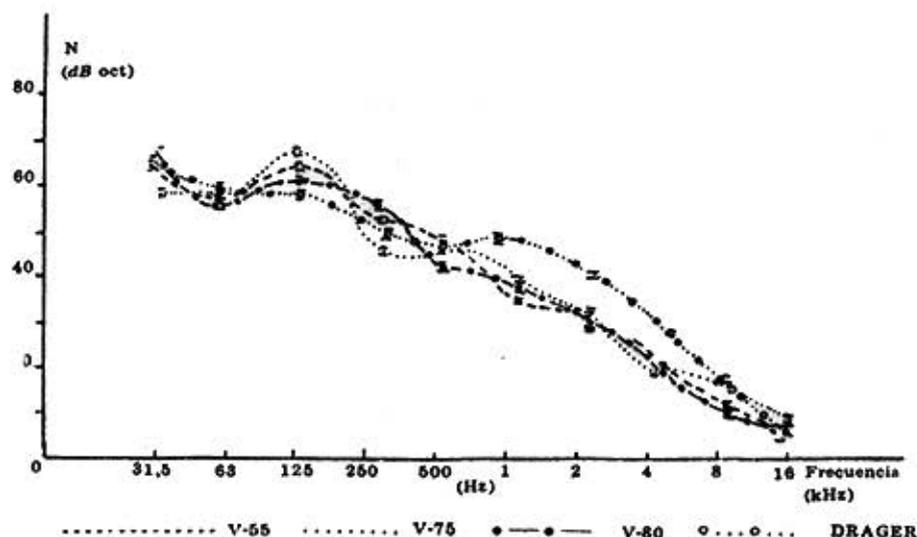


Figura 2. Espectros de ondas de presión de aire en la región de audiofrecuencia, según bandas de octava, durante el funcionamiento en la operación normal de 4 modelos de incubadoras infantiles dentro de la sala hospitalaria, sin climatización y sin niño en su recinto habitable. Símbolos: barras en los centros de frecuencia de octava - delimitadores de regiones de confianza para el parámetro de población a .99.N-10 mediciones por banda de octava. Hospital Ginecoobstétrico "Ramón González Cara". Junio-octubre de 1982.

Anexo 2

Medias y coeficientes de variación muestrales del nivel sonoro en el filtro integral lineal (L)

Tipo de incubadora	REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO		
	Régimen normal	Oxígeno por ducto	Oxígeno por máscara
ATOM N-52	73,7(.655)	76 (.62)	76,5(.689)
ATOM V-55	78,5(.671)	77,8(.542)	79,3(.851)
ATOM V-75	78,9(.935)	77,8(.542)	84,7(2,365)
ATOM-V-80	76 (.878)	76 (1,52)	77,6(1,245)
DRAGER 7310	73,8(.572)	78,3(.617)	75,7(.638)

Sin operar la climatización Operando la climatización

Nomenclatura:

Medias muestrales - números fuera de paréntesis.

Coefficientes de variación - números dentro de paréntesis.

Unidades:

Medias - decibeles (SPL) re: $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$

Coefficientes de variación - tanto por ciento.

Medias y coeficientes de variación muestrales del nivel sonoro según el contorno de ponderación de frecuencia A

Tipo de incubadora	REGIMEN DE FUNCIONAMIENTO		
	Régimen normal	Oxígeno por ducto	Oxígeno por máscara
ATOM N-52	45,4(1,137)	47,4(1,089)	59,1(.535)
		40,5(2,098)	56,9(.555)
ATOM V-55	53,2(1,483)	56,3(.858)	59,7(1,774)
	51 (2,923)	55,1(1,805)	60,5(2,495)
ATOM V-75	51,2(3,025)	50,5(1,044)	62,1(0,915)
	51,7(1,835)	51,9(.609)	55,8(.756)
ATOM V-80	51,3(1,604)	50,5(1,044)	55,9(.565)
	50,2(1,83)	50,9(.621)	54,5(.967)
DRAGER 7310	52,5(1,004)	53,1(1,872)	54,4(.949)
	51,5(1,65)	52,2(.808)	56,1(.563)

Nomenclatura:

Medias muestrales – números fuera de paréntesis.

Coefficientes de variación – números dentro de paréntesis.

Unidades:

Medias – decibeles fisiológicos (A).

Coefficientes de variación – tanto por ciento.

Según el estadígrafo t de Student (empleado para contrastar, frecuencia a frecuencia, las diferencias entre presencia y ausencia de aire acondicionado en cada incubadora) mientras en el régimen lineal y ponderado C hay diferencias significativas en medias a .01 en todos los casos, en el ponderado A sólo la 7310 y la V-55 presentan diferencias significativas. En general, en las bajas frecuencias, los niveles son significativamente más altos con aire conectado, en 1 kHz no hallamos diferencias significativas y en frecuencias más altas las diferencias, menos sensibles pero significativas, se asocian por su signo a un mayor nivel sonoro en ausencia del aire acondicionado, principalmente en 4 kHz. Conjeturamos, en este caso, que ello pudiera asociarse al aislamiento del fondo cosmopolita (cierre de ventanas) y a fenómenos de interferencia de ondas estacionarias en armónicos introducidos por el climatizador o ambos.

En el modo de operación normal, sin climatización del salón, los coeficientes de asimetría y apuntamiento no se aproximan a valores normales en cada banda de octava en todos los casos y la prueba de Bartlett acepta la homogeneidad de varianza en 6 casos, rechazándola en 7 a .01, hecho que sugiere que no siempre el contraste de medias por el análisis de varianza ofrecerá una F confiable a los fines de la inferencia. Pero, aun así, los análisis de varianza practicados para cada banda de octava y el valor integral en el grupo de incubadoras analizado, unánimemente arrojan diferencias significativas entre incubadoras a .01. Pero los análisis de audibilidades, según la curva A, en cambio, no rechazan la igualdad de medias. En otras palabras, las diferencias espectrales reales, entre incubadoras, no introducen cambios significativos en el nivel de sonido percibido en el modo normal de funcionamiento. La prueba de Duncan confirma este resultado, indicando un gran número de diferencias significativas en la valoración lineal.

En la figura 3, relativa al suministro de oxígeno por ducto, en 5 incubadoras, a razón de 15 l/min, apreciamos un enriquecimiento energético en la zona de moderadas a altas frecuencias, pues aquí la tendencia descendente del nivel con el aumento de la frecuencia se ha atenuado y son los espectros más oscilantes. En consecuencia y atendiendo al anexo 3, en este modo de operación consideramos que los equipos son algo más ruidosos.

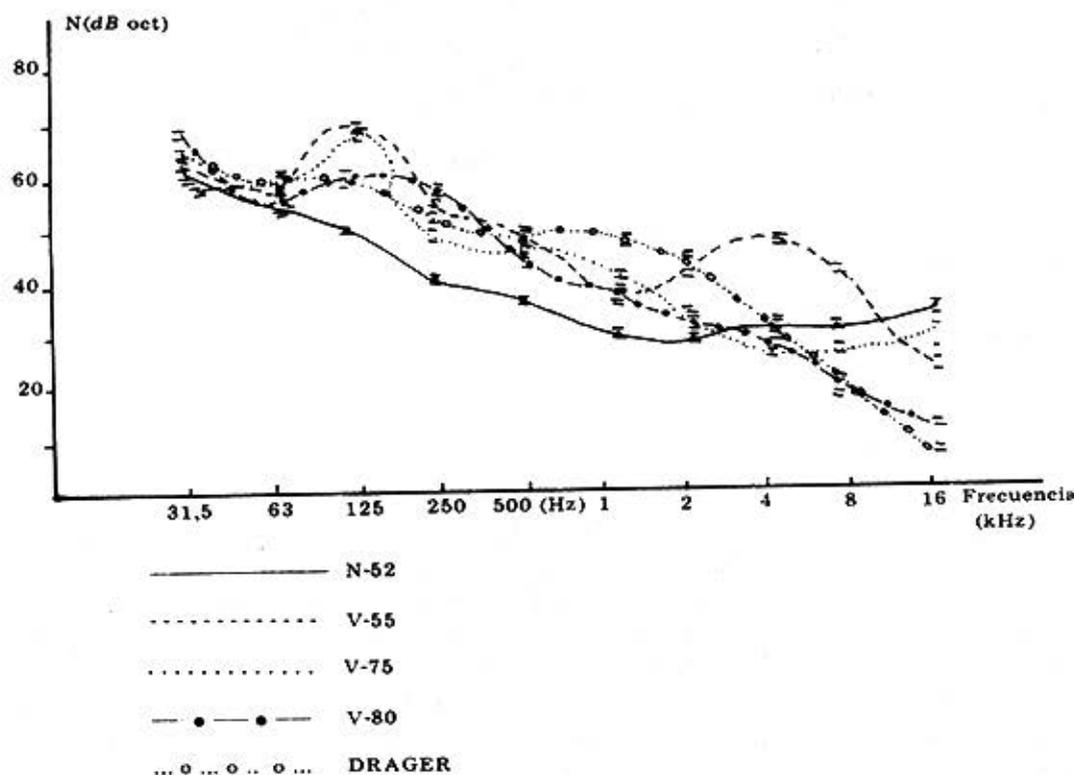


Figura 3. Espectros de ondas de presión de aire en la región de audifrecuencia, según bandas de octava, durante el funcionamiento en la operación de administración de oxígeno por ducto de 5 modelos de incubadoras infantiles dentro de la sala hospitalaria, sin climatización y sin niño, en su recinto habitable. Símbolos: barras en los centros de frecuencia de octava - delimitadores de regiones de confianza para el parámetro de población a .99. $N = 10$ mediciones por banda de octava. Hospital Ginecoobstétrico "Ramón González Coro". Junio - octubre de 1982.

Al igual que sucedió en el caso de la operación normal, la curva espectral por debajo de 500 Hz se levanta con el funcionamiento del climatizador y, según los anexos 2 y 3, la energía total nuevamente está contrastada en rango, mientras la audibilidad A permanece prácticamente solapada en rango. Nuevamente, el estadígrafo t de Student arroja diferencias significativas a .01 en todas las incubadoras, en régimen lineal y en C, pero ahora 3 equipos muestran diferencias en A: N-52, V-55 y V-75. En general, el análisis de la t de Student para cada banda conduce a resultados comparables con lo que observamos en el caso de la operación normal de la incubadora con climatización.

Apreciamos que en la operación de estos equipos, sin climatización de la sala y con administración de oxígeno por ducto, la normalidad no siempre es aceptable por los coeficientes α_3 y α_4 , y mientras en 6 casos Bartlett acepta la homogeneidad de varianza, en 7 la rechaza a .01. No obstante, la F arroja aquí diferencias significativas entre incubadoras a .01 en todas las frecuencias de octava, en A y en C. En otras palabras, los cambios sensibles de energía, en las distintas frecuencias y en la integral, son percibidos como niveles diferentes de audibilidad. La prueba de Duncan es consecuente con este resultado, el cual refleja el bajo nivel sonoro del modelo N-52 que carece de ventilación forzada.

En la figura 4, relativa al suministro de oxígeno por máscara al neonato, apreciamos dos máximos espectrales, el primero centrado en la frecuencia de 125 Hz y el segundo, en 8 kHz. La campana de alta frecuencia es poco perturbada por la presencia del aire acondicionado y su origen se asocia a la inyección del gas sin difusor.

El empleo del aire acondicionado introduce también un marcado contraste de energía, no así de audibilidades como se expresa en los anexos 2 y 3. Pero las audibilidades en esta modalidad de operación resultan las más elevadas de los 3 modos estudiados. Según la prueba de la t de Student, el efecto de energía reducida en altas frecuencias cuando funciona el aire acondicionado no es tan general y sólo la V-55 no mostró diferencias en audibilidades, con aire acondicionado y sin él.

En la operación de estos equipos con oxígeno por máscara y sin aire acondicionado, la homogeneidad de varianza es rechazada en 10 casos a .01, aunque los coeficientes de asimetría y apuntamiento sugieren normalidad en mayor número de ocasiones. De cualquier modo, el estadígrafo F es significativo a .01 en todas las frecuencias y ponderaciones analizadas. La prueba de Duncan, bajo ponderación A, revela diferencias significativas al contrastar la V-75 con la 7310 y la N-52 con la 7310 pero la diferencia más marcada aparece entre la V-55 y la V-80. En el régimen lineal, se obtuvieron resultados comparables con mayor contraste entre la V-75 y la N-52.

Como se observa en los anexos 2 y 3 los niveles sonoros medidos en el conjunto de todas las incubadoras bajo cualquier modalidad de operación, con aire acondicionado exterior o sin él, no están agudamente contrastados aun bajo rechazo de la hipótesis nula. Por esto, variaciones del modo de operación o introducción de fuentes exteriores cambian la jerarquía de los niveles de ruido en el grupo de incubadoras y, por ende, no existe un modelo que en cualquier caso pueda ser nombrado como de mayor ruidosidad.

Por otra parte, la fracción audible de la energía desplegada en regímenes, normal y de oxígeno por ducto, estuvo siempre por debajo del límite máximo recomendado por el Comité de Riesgo Ambiental de la Academia Americana de Pediatría,²³ pero al administrar el oxígeno por máscara este nivel es sobrepasado por los modelos N-52 y V-75 con funcionamiento del aire acondicionado y por el V-55 con funcionamiento del sistema de climatización de la sala y sin él.

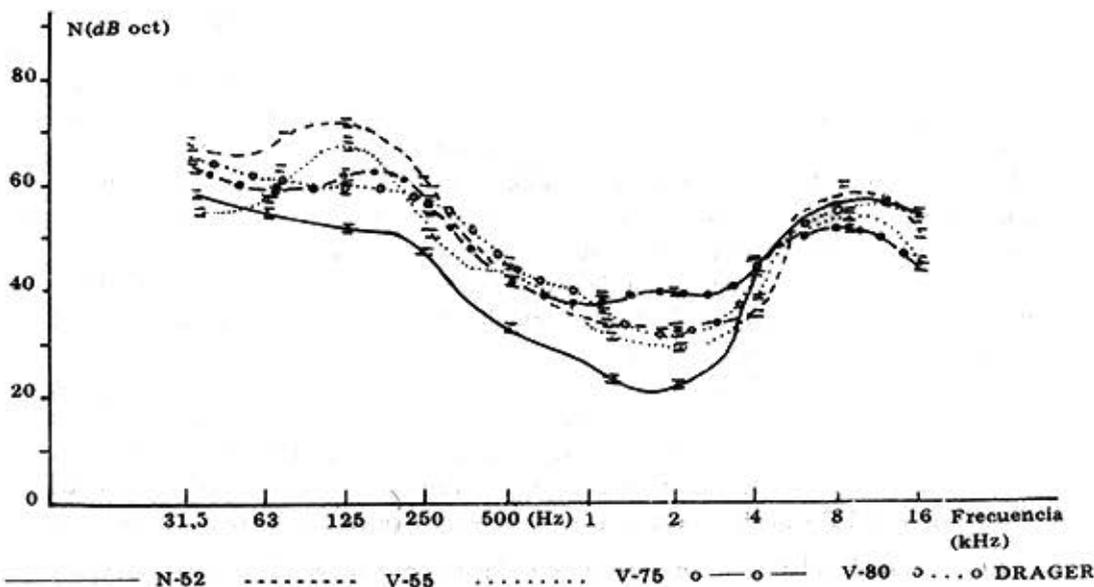


Figura 4. Espectros de ondas de presión de aire en la región de audiofrecuencia, según bandas de octava, durante el funcionamiento en la operación de administración de oxígeno por máscara en 5 modelos de incubadoras infantiles dentro de la sala hospitalaria, sin climatización y sin niño dentro de su recinto habitable. Símbolos: barras en los centros de frecuencia de octava · delimitadores de regiones de confianza para el parámetro de población a .99. N · 10 mediciones por banda de octava. Hospital Ginecoobstétrico "Ramón González Coro". Junio · octubre de 1982.

INFLUENCIA DEL NEONATO EN EL RECINTO DE LA INCUBADORA

Durante el funcionamiento en el modo normal, las audibilidades de las incubadoras estudiadas en aislamiento acústico y dentro de la sala hospitalaria, permiten suponer un flujo sonoro hacia la sala (V-55 y V-75) y desde la sala hacia su interior (V-80), a tenor de la comparación de los anexos 1 y 2. El nivel lineal denota aquí resultados compatibles con este hecho. Este fenómeno debe estar asociado a los diferentes valores de los coeficientes de absorción y transmisión del medio físico que rodea al equipo.

En la figura 5-A, generalizando los contrastes reseñados para todo el recorrido de los espectros de octava en 3 incubadoras deshabitadas, se nota una penetración o pérdida selectiva por frecuencia del ruido exterior de la sala hospitalaria que depende de la banda de frecuencia analizada y la incubadora. El equilibrio entre la energía que sale y entra a lo largo del recorrido del espectro explica las diferencias observadas en los niveles sonoros A y L. La incorporación del niño al recinto habitable introduce una importante distorsión como elemento de absorción en su estado pasivo (figura 5-B) y de emisión en su actividad (figura 5-C).

La razón de que la V-80 no delate la absorción puede asociarse con el hecho del predominio del flujo de energía hacia dentro, en este modelo. En el caso mostrado de diferencias espectrales con niño activo, los niveles están generalmente 20 dB oct por encima del producido por la incubadora. Este resultado es congruente con el criterio de Gaedeke y colaboradores.²⁴

COEFICIENTES ESPEC- TRALES DE TRANSMI- SION

Dada la importancia de los flujos de energía por las paredes, se han obtenido los coeficientes de transmisión relativos a bandas de octava para incubadoras aisladas acústicamente, no activas mecánicamente y sujetas a la emisión de una fuente isotrópica de ruido blanco. En la figura 6 puede apreciarse que hay cierta comunidad de características en las curvas. Así, los mayores coeficientes coinciden con las frecuencias inferiores, fenómeno antes registrado,²⁴ en tanto parecen existir efectos de resonancia, en frecuencias bajas, en los modelos V-75 y V-80.

No obstante, las regiones de confianza calculadas por probabilidad condicional para el parámetro de población sugieren una relativa independencia entre las curvas, los contrastes no son agudos. Así, según I-B, no es posible explicar la mayor importancia de la penetración del ruido exterior en la V-80 sin tomar en cuenta por I-A, que ésta es la incubadora que ofrece una audibilidad más reducida y, por ende, la más susceptible de ser penetrada por el ruido, tomando en cuenta que los niveles sonoros se añaden logarítmicamente.

Mediante la comparación de los niveles sincrónicos más frecuentemente observados en la fracción audible, en el interior vacío y exterior de la incubadora (sala hospitalaria), se observó en la N-52 una caída de 7 dB AF para una reducción del 15,2 % del fondo; en la V-55 se apreció una caída de 33 dB AF con 49,2 % de reducción —la mayor de todas—; en la V-75, 5 dB AF con 11,1 %; en la V-80, 13 dB AF con 30,2 % de atenuación

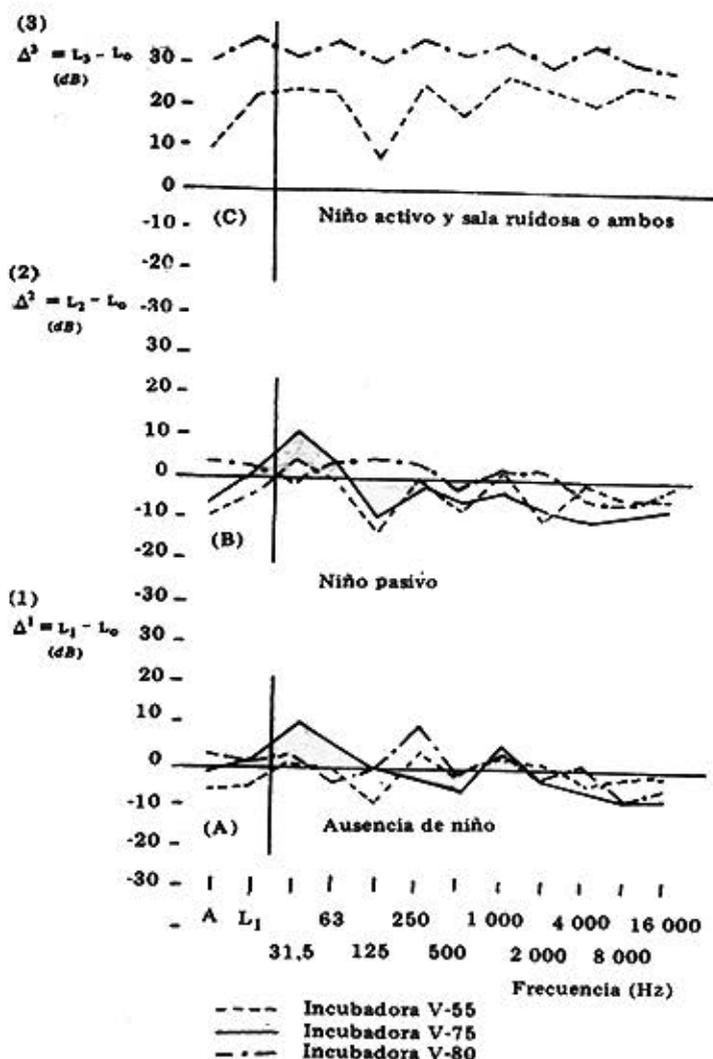


Figura 5. Contraste de espectros de ondas de presión de aire en bandas de octava en la región de audiofrecuencia bajo distintas situaciones del uso de 3 incubadoras infantiles operando en modalidad normal dentro de la sala hospitalaria. Variables: L_0 - nivel sonoro en incubadora aislada, L_1 - nivel sonoro con ausencia de niño, L_2 - nivel sonoro con niño pasivo, L_3 - nivel sonoro con niño en actividad y sala ruidosa o ambos. Hospital Ginecoobstétrico "Ramón González Coro". Diciembre de 1982 - julio de 1983.

y en la 7310, 23 dB AF con 35,3 % de reducción del fondo. Las diferencias ostensibles entre la transmisión del ruido blanco y del fondo ambiental, dependen del espectro del fondo y su variabilidad y del posicionamiento de la incubadora en el campo de ruido.

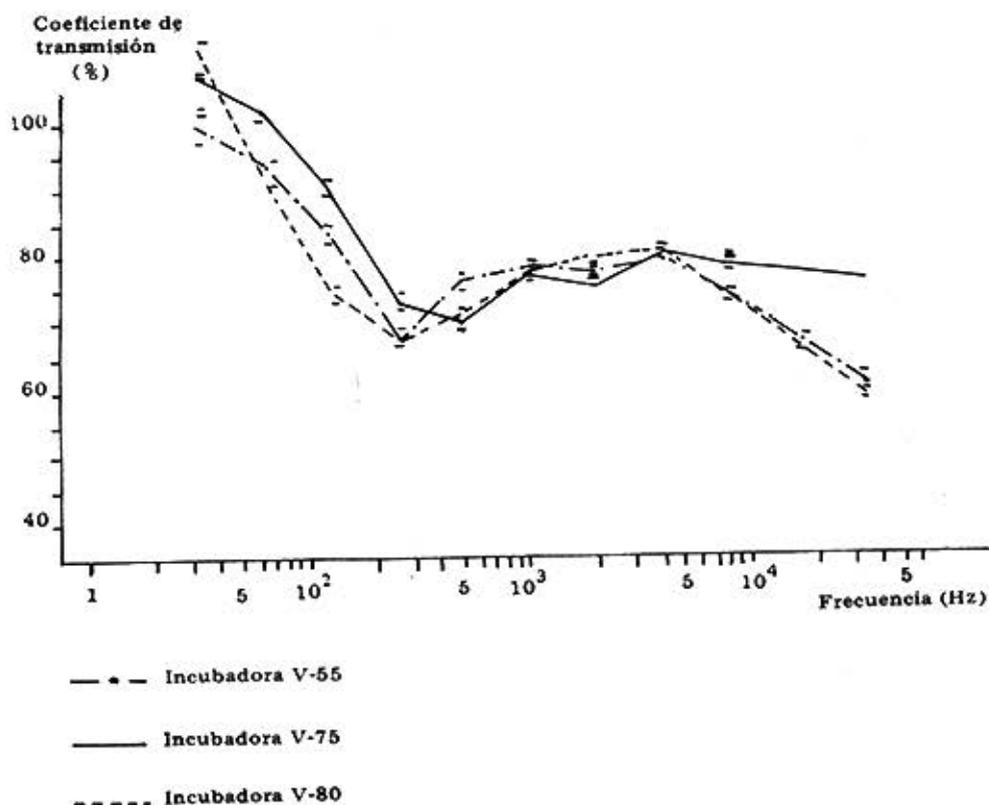


Figura 6. Coeficientes espectrales de transmisión de ondas de presión en bandas de octava en la región de audiofrecuencia referidos a ruido blanco para el paso de energía a través de las paredes hacia el recinto habitable de 3 incubadoras infantiles. Símbolos: barras en los puntos de inflexión - delimitadores de regiones de confianza a .90 para el parámetro de población, puntos de inflexión - medias muestrales de los coeficientes, según bandas de octava, en la frecuencia central de abscisa. N - 10 mediciones duplicadas por banda de octava.

Transientes sonoros

Se ha registrado la conducta cronológica del nivel sonoro en alta resolución y se han determinado los espectros en bandas de octava para todas las incubadoras en caso de ruido impulsivo, atendiendo 3 situaciones: cierre de la tapa de la incubadora, apertura y cierre de las puertas del gabinete. Los golpes de ruido, registrados en régimen de pico lineal, fueron más energéticos con el cierre de la tapa y los espectros asociados que se presentan en la figura 7, muestran intervalos de confianza más anchos por la variabilidad entre golpes. Los coeficientes de asimetría y apuntamiento sugieren y los estadígrafos G_1 y G_2 asociados confirman que en 58 niveles de análisis la normalidad es confiable, que existen violaciones moderadas en 5 y severas sólo en 2 casos a .01. La varianza aceptó la homogeneidad en 8 ocasiones en tanto la rechazó en 5 a nivel .01. Se hallaron diferencias

significativas entre incubadoras en los 13 análisis efectuados, comprendiendo todas las frecuencias de octava y los valores lineales, A y C. El rango de niveles máximos medios del cierre de la tapa de la incubadora se movió de 113 dB LP para la 7310 a 128 dB LP para la V-80 y la audibilidad máxima estuvo entre 92,4 dB AI para el modelo N-52 y 104,1 dB AI para el V-80. La prueba de Duncan, tanto para régimen lineal como A, indica que hay contraste a .01 en 6 de 10 casos.

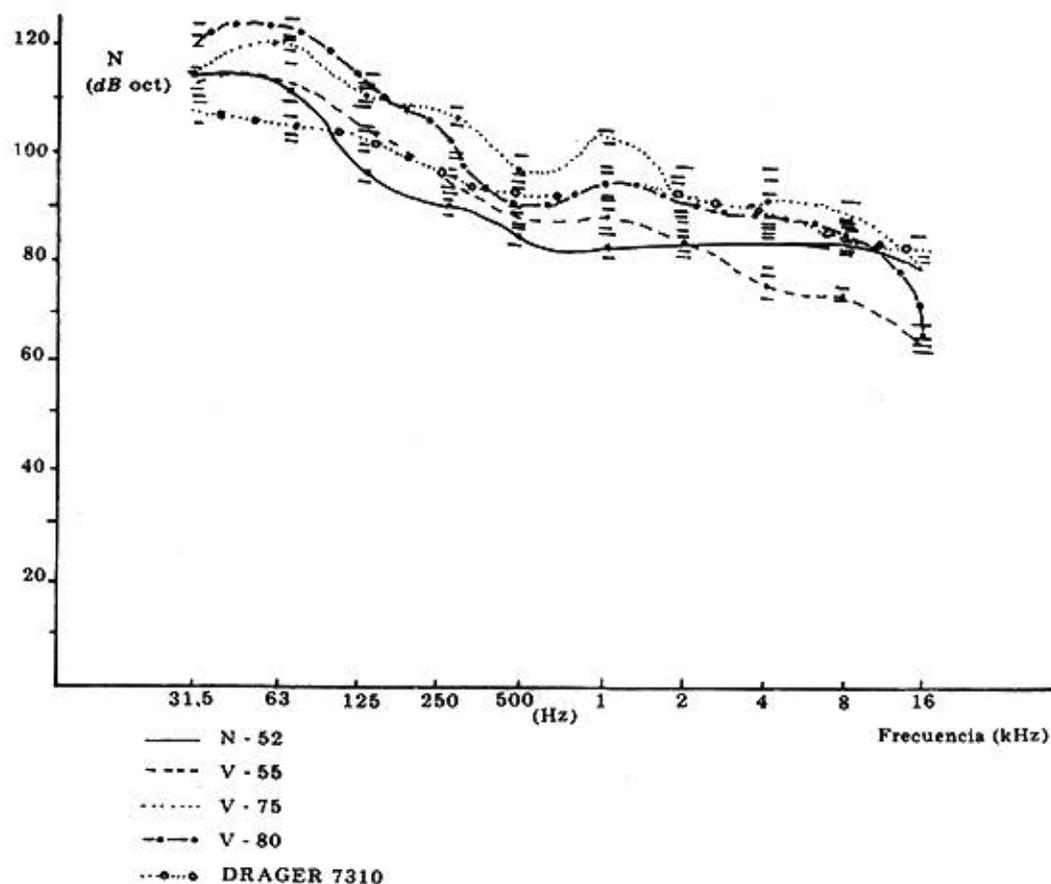


Figura 7. Espectros de ondas de presión de aire en la región de audiofrecuencia, según bandas de octava, para la máxima energía de los transientes durante el cierre de las tapas de 5 incubadoras infantiles dentro de la sala hospitalaria, sin climatización y sin niño en su recinto habitable. Símbolos: barras en los centros de frecuencia de octava - delimitadores de regiones de confianza a .99 para el parámetro de población. N - 10 mediciones por banda de octava. Hospital Ginecoobstétrico "Ramón González Coro", Junio-octubre de 1982.

Los tiempos totales de duración de sucesos son relativamente estables, entre 1,1 y 1,6 segundos en la apertura y entre 1,1 y 2,2 segundos en el cierre. El tiempo de compresión es de 0,2 segundos y los tiempos de descompresión están entre 0,8 y 1,2 segundos en la apertura y de 0,8 a 1,5 en el cierre. Los tiempos de reverberación son del orden de 2 a 2,7 segundos en la apertura y de 2 en el cierre, en todos los casos.

Los espectros de apertura y cierre de las puertas del gabinete presentan, igualmente, débiles pendientes pero resultan menos energéticos.

En la apertura de las puertas del gabinete, observamos que todos los espectros se desarrollan sobre 50 dB oct con suaves pendientes oscilatorias. El nivel lineal recorre de 93,3 dB LP en la 7310 hasta 98,6 dB LP en la V-75, con fracción audible de 71 dB AI en la V-80 hasta 86,6 dB AI en la 7310. Por los coeficientes α_3 y α_4 y la docimacia por G_1 y G_2 se obtuvo normalidad confiable en 29 casos, violaciones moderadas en 4 y severas en 2 a .01. La homogeneidad se rechazó también en 4 ocasiones de 12 a .01 y la F arrojó diferencias significativas en los 12 casos analizados. La prueba de Duncan mostró diferencias significativas generales por A, pero en régimen lineal sólo aparecieron diferencias a .01 entre la V-75 y la 7310. Los tiempos totales de duración de eventos están entre 1,1 y 1,5 segundos y los tiempos de reverberación oscilan de 2 a 2,8 segundos.

En el cierre del gabinete, el recorrido de niveles máximos medios está entre 97,7 dB LP en la V-55 y 105 dB LP en la 7310 con fracción audible entre 75,5 dB AI y 90,1 dB AI. Los coeficientes de asimetría y apuntamiento y la inferencia de normalidad por G_1 y G_2 señalan 42 casos de normalidad confiable, 7 con violaciones moderadas y 2 de violaciones severas a .01. La homogeneidad de varianzas fue rechazada en 5 casos y aceptada en 8; detectándose diferencias significativas a .01, según F, en 12 análisis y sólo en 1 no hubo diferencias, correspondiendo a la frecuencia de octava de 31,5 Hz. La prueba de Duncan indica que sólo 1 caso presentó diferencias significativas en A y 2, en lineal. El tiempo de duración total de eventos oscila entre 1 y 1,7 segundos, con tiempo de comprensión de 0,1 a 0,3 segundos y descompresión entre 0,7 y 1,5. Los tiempos de reverberación están entre 2 y 3,7 segundos.

Por ello, no rechazamos la hipótesis de que las diferencias espectrales de los golpes de ruido entre las distintas incubadoras estudiadas resultan verdaderas y que las energías involucradas pudieran implicar riesgo sanitario para el neonato pretérmino tanto por efectos aurales como extraurales.

CONCLUSIONES

1. La morfología espectral del ruido, propio de las incubadoras estudiadas, se reproduce cuando éstas operan sin niño dentro, en la Sala de Neonatología, bajo la influencia del ruido hospitalario. Las componentes de baja frecuencia son comúnmente más energéticas, en todos los casos, pero los niveles de las distintas incubadoras para una misma frecuencia no son idénticos.
2. El aire acondicionado de la sala penetra y levanta aún más el espectro en la región de baja frecuencia, pero algunas reducciones de nivel fueron observadas en las zonas de alta frecuencia en cualquier modo de operación.
3. La administración de oxígeno por ducto reduce las pendientes espectrales y provee espectros más oscilantes y energéticos. El oxígeno por máscara introduce una campana centrada en 8 kHz.
4. En el modo normal de operación no hay diferencias significativas de audibilidad entre incubadoras, pero el administrar oxígeno aparecen las diferencias a .01.
5. En la administración de oxígeno por máscara, se supera un nivel máximo permisible de incubadoras en algunos equipos, no sucede así en las otras modalidades de operación.

6. El niño opera como un elemento de absorción en estado pasivo y emisión, activo; introduciendo sensibles distorsiones espectrales en el análisis de tiempo real.
7. Los coeficientes de transmisión para bandas de octava revelan máximas permeabilidades en la región de baja frecuencia en los 3 modelos estudiados. Las reducciones interiores de audibilidad ante el fondo exterior estuvieron entre 11 y 49 % del ruido exterior en el equipo desconectado.
8. Los ruidos de impulso, por el accionamiento de la tapa del recinto habitable y las puertas del gabinete, son muy energéticos, con valores sobre los 110 dB LP en el primer caso y sobre 90 dB LP en el segundo. Los tiempos de reverberación no son inferiores a 2 segundos.

SUMMARY

Barceló, C. et al.: *Physical structure of continuous and impulse sounds in infantile incubators used in our country.*

Operation of ATOM N-52, V-55, V-75, V-80 and DRAGER 7310 incubators with octave spectral analysis, was studied. At normal operation, their spectra, which are all more energetic in the zone of low frequencies, are not statistically similar. However, such differences do not introduce significant audibility changes between incubators. At the oxygen operation, by duct, it is appreciated that spectra having gain unanimously energy in high frequencies, are neither statistically similar; in correspondence their audibilities are higher and significantly different between incubators. When oxygen is administered by mask a bell in 8 kHz characterizes spectra. Audibility also differs significantly between incubators and are the highest within the three operations, coming in this case to break permissible peak level (PPL) for incubator noise in some equipments. Penetration of climatizer sound of the ward increases, even more, spectral curves in low frequencies and some incubators show statistical differences in audibility. Presence of the infant in the incubator introduces an absorption factor and, sometimes, an emission factor, which raises levels up to 20 dB (oct). The highest transmission coefficients appear in low frequencies, in all the cases. The most energetic impulse noise with wide spectrum come from the closure of the cover of the incubator with reverberation time not lesser than 2 seg and levels up to 128 dB LP, facts which involve a risk possibility for aural and extra-aural effects on the preterm neonate.

RÉSUMÉ

Barceló, C. et al.: *Structure physique des sons continus et d'impulsion dans des incubateurs infantiles d'emploi national.*

Il a été étudié l'opération des incubateurs ATOM N-52, V-55, V-75, V-80 et DRAGER 7310 avec analyse spectrale d'octave. Dans l'opération normale, leurs spectres, qui sont tous plus énergétiques dans la zone de basses fréquences, ne sont pas similaires du point de vue statistique. Cependant, ces différences n'introduisent pas de changements significatifs d'audibilité entre les incubateurs. Lors d'opérer l'oxygène, par ductus de nouveau, il est noté que les spectres, après avoir gagné de l'énergie à de hautes fréquences, ne sont non plus statistiquement similaires; s'accordant avec ceci, leurs audibilités sont plus élevées et significativement différentes entre incubateurs. Lorsque l'oxygène est fourni par un masque, une cloche en 8 kHz caractérise les spectres. Les audibilités diffèrent aussi significativement entre incubateurs et sont les plus élevées des 3 opérations, dépassant même le niveau maximal autorisable (NMA) pour le bruit d'un incubateur dans certains appareils. La pénétration du son du climati-

seur de la salle élève encore plus les courbes spectrales dans les basses fréquences et certains incubateurs montrent de différences statistiques en ce qui concerne l'audibilité. La présence de l'enfant dans l'incubateur introduit un facteur d'absorption et occasionnellement d'émission, qui augmente les niveaux jusqu'en 20 dB (oct). Les coefficients de transmission les plus élevés apparaissent dans les basses fréquences, dans tous les cas. Les bruits d'impulsion les plus énergétiques avec un large spectre, proviennent de la fermeture du couvercle de l'incubateur, avec des temps de réverbération supérieurs à 2 s et des niveaux même de 128 dB LP, faits qui constituent une possibilité de risque d'effets extra-aurals et aurals, pour le nouveau-né avant terme.

BIBLIOGRAFIA

1. Schuschke, G.: Lärm und gesundheit -aktueller erkenntnisstand und aufgaben einer kommunalhygienisch orientierten lärmforschung in der DDR. *Z ges Hyg* 4: 252, 1978.
2. Carlestan, G. et al.: Stress and disease in response to exposure to noise. A review. *In: Proceeding of the Internal Congress on Noise as a Public Health Problem*. Washington, Dubrovnik, U.S. EPA, 1973. P. 479.
3. Arvidson, O.; T. Lindvall: Subjective annoyance from noise compared with some directly measurable effects. *Arch Env Health* 33: 159, 1978.
4. World Health Organization: Noise. *Environmental Health Criteria* 12, 15 ed., Ginebra, UNEP WHO, 1980. P. 32.
5. Duerden, C.: Noise abatement. I ed. London, Butterworth, 1972. P. 96.
6. Bürk, W.: Manual de medidas acústicas para el control del ruido. I ed. Madrid, Editorial Blume, 1969. P. 176.
7. Starr, A. et al.: Development of auditory function in newborn infants revealed by auditory brainstem potentials. *Pediatrics* 40: 831, 1977.
8. Schulman, C.; R. Galambos: Brainstem evoked response audiometry in newborn hearing screening. *Arch Otolaryngol* 105: 86, 1979.
9. Stennert, E. et al.: Incubator noise and hearing loss. *Early Hum Dev* 1: 113, 1977.
10. Abramovich, S.J. et al.: Hearing loss in very low birthweight infants treated with neonatal intensive care. *Arch Dis Child* 54: 421, 1979.
11. Stennert, E. et al.: Frühburt, inkubatorlärm und korschaden. *HNO* 24: 386, 1976.
12. Stennert, E. et al.: The etiology of neurosensory hearing defects in preterm infants. *Arch Otorhinolaryngol* 221: 171, 1978.
13. Winkel, S. et al.: Possible effects of kanamycin and incubation in newborn children with low birthweight. *Acta Paediatr Scand* 67: 709, 1978.
14. Coutín, P. y otros: Audiometría y potenciales evocados auditivos en niños tratados en incubadoras. *En: Memoria del VIII Seminario Científico del CNIC*. Ciudad de La Habana, MES, 1982. P. 283.
15. Douek, E. et al.: Effects of incubator noise on the cochlea of the newborn. *Lancet* 2: 1110, 1976.
16. Seleny, F.L.; M. Streczym: Noise characteristics in the baby compartment of incubators. *Am J Dis Child* 4: 445, 1969.
17. Victor, K.W.; H. Manzke: Geräuschmessungen an intensivpflegergeräten in der Padiatrie. *Med Welt* 28: 1427, 1977.
18. Gavinelli, R.; C. Bordone: Il rumore nelle incubatrici. *Minerva Pediatr* 30: 185, 1978.
19. Tiller, R. et al.: Geräusentwicklung in inkubatoren. *Kinderarztl Prax* 46: 544, 1978.
20. Lapj, B.; I. Twarowska: Ocena halasu w cieplarnie dla noworodka. *Polski Tygodnik Lekarski* 30: 1189, 1975.
21. Bess, F.H. et al.: Further observations on noise levels in infant incubators. *Pediatrics* 63: 100, 1979.
22. Blennow, G. et al.: Noise levels in infant incubators (adverse effects?). *Pediatrics* 53: 29, 1974.
23. Hursey, F.W.; W.E. Powers: Noise pollution. *Pediatrics* 65: 188, 1980.
24. Gaedeke, R. et al.: Untersuchungen über die geräuschbelastung von säuglingen in inkubatoren. *Monatsschr Kinderheilkd* 127: 144, 1979.

Recibido: 13 de marzo de 1985. Aprobado: 3 de diciembre de 1985.

Lic. Carlos Barceló. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Infanta No. 1158, Ciudad de La Habana, Cuba.