

## RUIDO AMBIENTAL SOBRE ADOLESCENTES EN REPOSO. EXPERIENCIAS DE LABORATORIO CON ELEMENTOS PSICOFISIOLOGICOS

INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, EPIDEMIOLOGIA Y MICROBIOLOGIA

Lic. Carlos Barceló\*, Dr. Enrique Molina\*\*, Dr. Troadio L. González\*\*\*, Lic. Olga Iglesias\*\*\*\*, Dra. Magdalena Mirabal\*\*\*\*\* y Dra. Isel Pantoja\*\*\*\*\*

Barceló, C. y otros: *Ruido ambiental sobre adolescentes en reposo. Experiencias de laboratorio con elementos psicofisiológicos.*

Se efectuó un estudio caso-control (adolescente-adultos) en varones expuestos en reposo, a 6 sesiones homólogas de 1 hora de ruido grabado, cada vez con una naturaleza distinta (campo, suburbano, comercial, tránsito, industrial y hospitalario), y se registró la marcha de la reacción de anticipación, la fatiga subjetiva y la frecuencia cardíaca (ECG). Los sujetos fueron comparables en reactividad normal para la edad a estímulos sensoriales, según selección a partir de examen físico, cardiovascular, otorrinolaringológico y psicológico. Se destaca que los resultados fueron evaluados en diferencias contra la situación del reposo no perturbado en cada grupo. Se expresa que el establecimiento de límites de confianza para la media, a partir de la dispersión asociada con la no perturbación, sirvió para evaluar los posibles efectos imputables al ruido. Se observaron la aparición de síntomas de fatiga subjetiva en adultos, cierta reactividad cardiovascular más intensa en los adolescentes y retardo en la coordinación óculo-psicomotora en ambos grupos luego de las exposiciones. Se concluye que de las naturalezas de sonido ambiental investigadas, el ruido de área comercial urbana resultó ser el de más sensible reacción psicofisiológica asociada, a pesar de presentar una audibilidad intermedia en las naturalezas investigadas.

### INTRODUCCION

En las zonas urbanas de más ruido ambiental ha sido hallada una mayor incidencia de enfermedades cardiovasculares en sujetos mayores de 20 años, en relación con grupos poblacionales de características socioeconómicas y demográficas comparables, pero vinculados a zonas de menos ruido.<sup>1</sup> No obstante, personas con trastornos cardiovasculares reales o latentes reflejan el desarrollo de una sensibilidad aguda ante el ruido.<sup>2</sup> De otra parte, el estado funcional del organismo se ha correlacionado con la razón de cambio del nivel sonoro en el tiempo, particularmente la pérdida de sensibilidad auditiva y la presión diastólica y sistólica.<sup>3</sup>

\* Licenciado en Física. Investigador Auxiliar.

\*\* Especialista de I Grado en Higiene.

\*\*\* Candidato a Doctor en Ciencias Médicas. Especialista de I Grado en Fisiología.

\*\*\*\* Licenciada en Psicología. Centro Provincial de Higiene y Epidemiología de Ciudad de La Habana.

\*\*\*\*\* Especialista de I Grado en Higiene.

\*\*\*\*\* Especialista de I Grado en Higiene.

Debido a que la adolescencia es una etapa significativa, caracterizada por intensos cambios de diferenciación tanto estructurales como funcionales en la vida del hombre, interesaría diferenciar las modalidades de reactividad de los adolescentes ante el ruido en el ámbito comunal.

## MATERIAL Y METODO

### DISEÑO

Se desarrolló un estudio caso-control (adolescente-adultos) donde se sometían sujetos en estado de reposo, cuyas condiciones anatomofuncionales presentaron reactividad normal para la edad a los estímulos sensoriales, a un conjunto de 7 pruebas de estimulación sonora variable, al mantener constantes los factores extrínsecos de la frecuencia cardíaca y considerar los intrínsecos,<sup>4</sup> como entropía de la información. Cada prueba, separada en el tiempo por no menos de 3 días, una de otra para cada sujeto, contenía la siguiente secuencia de sucesos.

El sujeto se acomoda a la relajación, sentado por 5 minutos en condiciones prefijadas -nivel sonoro: 30 *dbAF* (niveles equivalentes continuos del ruido fluctuantes) (*Leq*), temperatura de 20 a 22 °C, humedad de 40 a 60 %, ventilación menor a 1 *m/s*, iluminación 200 a 300 *lux* tiempo entre las 0800 a.m. y las 1600 p.m. horas, bajo la incidencia de no encontrarse el sujeto en estado pospandrial, estados afectivos no intensos en la preestimulación-; realiza las pruebas de fatiga subjetiva y coordinación óculo-psico-motora, para reflejar condiciones iniciales y luego en decúbito supino, conectados los electrodos del electrocardiograma (ECG) a muñecas y piernas, bajo las condiciones ambientales y subjetivas referidas permanece en reposo 5 minutos adicionales, y se efectúa entonces un registro basal de actividad cardíaca en la derivación  $D_2$ , con una longitud de 12 complejos R-R. En lo adelante el sujeto recibe una estimulación visual disociativa, que consiste en la proyección sistemática de diapositivas de paisajes naturales y culturales, con 1 *min* de intervalo hasta el final de la experiencia. Aleatoriamente sin reemplazo, el sujeto sufre aquí la exposición a una de las 7 diferentes situaciones de ruido probadas. A intervalos de 20 *min* durante cada prueba, se repite el registro del ECG hasta completar 1 hora de exposición, para luego pasar por 2da vez las pruebas de coordinación y fatiga. Este tiempo de exposición ha sido recomendado en la literatura.<sup>5</sup>

No consideramos que los sujetos seleccionados sean necesariamente representativos de un cierto universo, sino ortodoxamente de sí mismo, por lo que no procede la inferencia estadística, aunque en ocasión lo hemos docimado como criterio enteramente convencional, de diferenciación- semejanza. Ello no implica la imposibilidad discursiva de una extrapolación, en la medida que nuestros sujetos reflejan la respuesta de un ser social sometido a una condición concreta.

En las experiencias se ha incluido una situación de control, en la que el sujeto sólo percibía el ruido tenue de un climatizador, estructurado en baja frecuencia. Los ruidos de estimulación empleados fueron: campestre, suburbano, comercial, tránsito, industrial y hospitalario. Las grabaciones, estéreo sobre cinta BASF a 7,5 *pulg/seg* -frecuencia de corte en 20 *kHz*, se efectuaron sobre un tono Dolby, que permitió controlar la audibilidad en cada prueba, al nivel originario mediante su monitoreado con un sonómetro BK 2206, calibrado por el pistófono BK 4230 a la altura y posición de los oídos del sujeto acostado,

de modo que la intensidad sonora fue cercanamente la misma para cada sujeto, que correspondía a la del fenómeno real en el punto de grabación. La reproducción se efectuó con bocinas de rango completo, en local sonoamortiguado, luego de editadas las matrices y regrabadas en cinta *Sonny*. En la tabla se aprecia que el ruido más intenso fue el industrial, seguido por el del tránsito y el de zona comercial.

Tabla. Algunos percentiles de la distribución complementaria acumulativa y nivel sonoro equivalente continuo del ruido grabado empleado en el experimento. Ciudad de La Habana, Febrero-Marzo de 1983

Naturaleza del ruido	Percentil 10 (dbAF)	Percentil 50 (dbAF)	Percentil 90 (dbAF)	Leq (dbAF)
Campestre	52,3	50,0	47,7	50,0
Suburbano	47,3	45,0	42,8	45,6
Comercial	65,4	59,9	54,6	61,0
Tránsito	80,0	70,3	61,0	78,4
Industrial	85,4	73,1	69,0	80,4
Hospitalario	62,8	57,1	49,0	59,4

Fuente: Procesamiento de datos primarios.

Para describir el régimen de ruido al cual están sometidos usualmente los individuos sujetos a estudio, se han efectuado un conjunto de mediciones del nivel sonoro en diferentes zonas de la ciudad, en que viven y laboran los individuos. Sin pretender presentar más que algunos elementos de orientación sobre el ruido comunal en nuestro medio, las mediciones se efectuaron con un sonómetro calibrado a 1,5 m de altura sobre la acera, con un micrófono de 0,5 pulg, dirigido transversalmente al eje de la vía con un protector de poliuretano acoplado, separado de las paredes a no menos de 3 m, en el horario de 0900 a.m. a 1500 p.m. horas, en días laborables.

## GRUPOS. OBJETIVOS

Se han elegido, luego del examen médico sistemático de voluntarios, 10 adolescentes y 13 adultos varones, para conformar los grupos de estudio y control respectivamente, con vistas a valorar posibles reacciones psico-somáticas inespecíficas, a la exposición a diferentes naturalezas de ruido ambiental en los sistemas cardiovascular (frecuencia cardíaca), y nervioso central (fatiga subjetiva y coordinación óculo-psicomotora), reveladas como posibles perturbaciones del estado de reposo simple de los sujetos.

## ANTECEDENTES Y EXAMEN CLINICO

### Adolescentes

Ocho sujetos con 14 años y 2 con 15 de edad biológica, estudiantes de 9no grado de ESBU, todos residentes, nacidos y desarrollados en zona urbana, sin exposición previa a trauma acústico; 3 de 10 pacientes asmáticos, ninguno sufrió osteopatía, con presión arterial y frecuencia de pulso normales; 9 de 10 sin padecimiento nervioso; 4 de 10 consumen

vacunas antialérgicas, salbutamol, intal y diazepam, con examen del conducto auditivo externo (CAE) y membrana timpánica normal en todos los casos, uno con hipertrofia amigdalina y el resto con orofaringe normal; 9 sujetos con Weber Rinne y Schawbach normales y 1 con Rinne negativo, asociado con la afectación de oído derecho posmeningoencefalitis; 8 sujetos con audiometría tonal normal -efectuada con equipo Madsen OB-70, en cámara de insonorización- y 2 con leve hipoacusia por encima de 4 kHz, en solo un oído, examen cardiorrespiratorio normal, ECG normal en todas las derivaciones.

## Adultos

Con edades entre 23 y 33 años, media de 28 años, dedicados a trabajos intelectuales con actividad física ligera, residentes, nacidos y desarrollados en área urbana, 69 % universitarios 23 % técnicos medios, ninguno con nivel inferior a IPU; un 23 % declaró haberse expuesto alguna vez al ruido intenso, igual por ciento padece asma bronquial; sin antecedentes ni presencia de osteopatía ni trastornos de presión arterial ni frecuencia de pulso; un sujeto con referencias de bloqueo de rama derecha en la infancia, 62 % sujeto a intal, arcibendol, salbutamol, rutascorbín y diazepam en general, orofaringe y membrana timpánica normales, cerumen en CAE en un caso, 85 % normales en audiometría tonal, el resto con ligera hipoacusia por encima de 4 kHz; inspección y auscultación del tórax normales, excepto un caso de soplo sistólico grado II/VI; en foco mitral que no irradiaba; en 9 de 13 sujetos ECG enteramente normal, en el resto, determinado signo de alguna de las siguientes alteraciones: taquicardia sinusal, bradicardia sinusal y vagotomía, arritmia sinusal y *fibrilo-flutter* en algunas derivaciones, que no persistió en exámenes posteriores efectuados.

## CARACTERIZACION PSICOLOGICA

### Comparación intergrupo

Los factores primarios y secundarios de la personalidad, mostrados en la figura 1 según las pruebas psicométricas Raven y 16 PF,<sup>6</sup> y los elementos de trastornos vegetativos, en la figura 2 según el *Cornell Index*, permiten calificar ambos grupos de igualmente sociales aunque ligeramente reservados, y son además extraversivos, impulsivos, aunque controlados y dominantes, confiados y seguros de sí mismos, con buena imaginación y rendimiento intelectual elevado, pero con una leve tendencia a las respuestas depresivas y ciertas reacciones de temor en ambos grupos, que en los adolescentes aparecen como propensión a alguna dificultad de adaptación. Los adolescentes fueron más emotivos, dinámicos y rudos que los adultos, y estos últimos más independientes, astutos y liberales, suficientes y creativos que los primeros.

### Contraste con patrones normales

Se ha definido convencionalmente un intervalo de confianza para cada media de grupo, a partir de la desviación típica en el grupo y el número de sujetos componentes y se ha contrastado con el baremo, según el estadígrafo de la distribución de Student, por lo que pueden calificarse ambos grupos como normales, desde el punto de vista de afectación psíquica en general y en lo referente a su personalidad. Ambos grupos mostraron baja tensión érgica, lo cual posiblemente se asocia con su autorrealización.

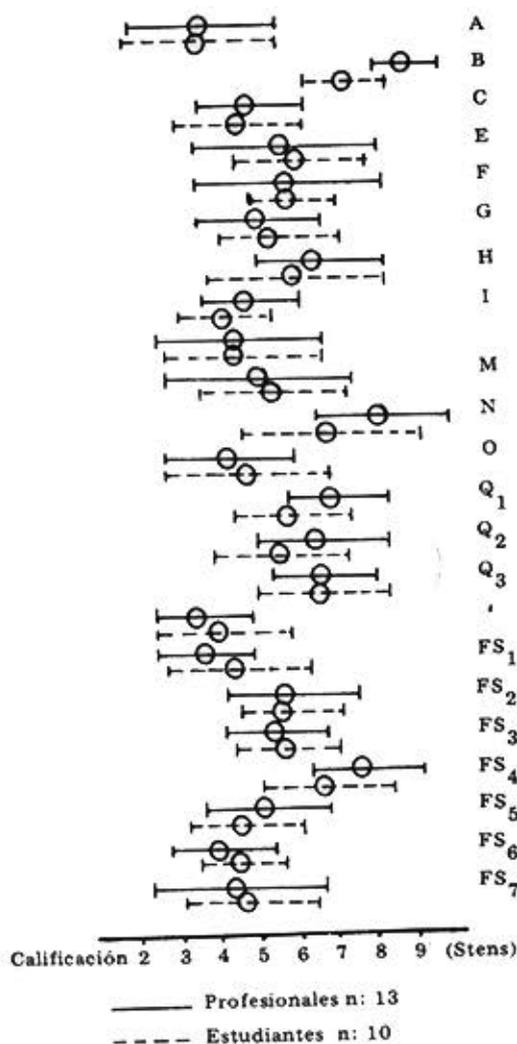


Figura 1. Factores primarios y secundarios de la personalidad de los sujetos experimentales, a la luz de una banda de dispersión centrada en la media de grupo. Pruebas 16 PF y Raven -factor B. Bipolares: A (reservado-comunicativo); B (menos más inteligente); C (emotivo-severo); E (sumiso-dominante); F (prudente-impulsivo); G (despreocupado-juicioso); H (tímido-sociable); I (rudo-tierno); L (confiado-desconfiado); M (práctico-imaginativo); N (franco-astuto); O (seguro de sí-inseguro); Q<sub>1</sub> (conservador-liberal); Q<sub>2</sub> (dependiente-suficiente); Q<sub>3</sub> (descontrolado controlado) y Q<sub>4</sub> (relajado-tenso). Monopolares: FS<sub>1</sub> (ansiedad); FS<sub>2</sub> (extraversión); FS<sub>3</sub> (dinamismo); FS<sub>4</sub> (independencia); FS<sub>5</sub> (creatividad); FS<sub>6</sub> (neuroticismo) y FS<sub>7</sub> (psicotismo). Ciudad de La Habana. Febrero-marzo de 1983.

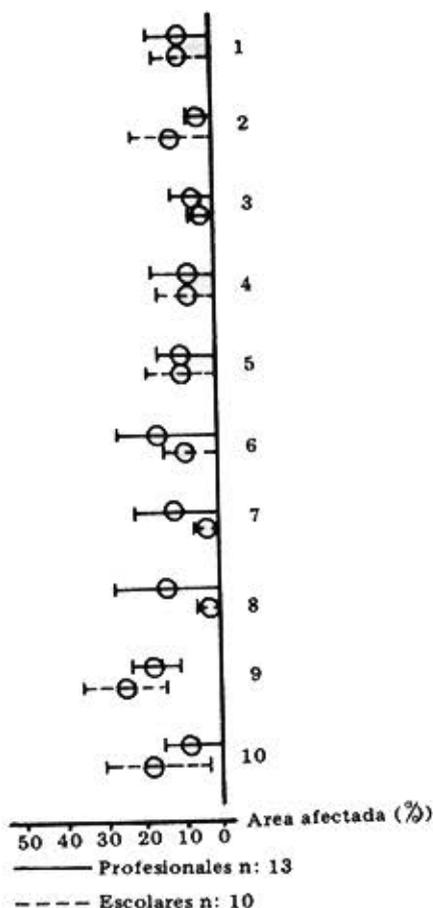


Figura 2. Trastornos neurovegetativos de los sujetos experimentales a la luz de una banda de dispersión centrada en la media de grupo. Prueba Cornell Index. Áreas: 1 (trastornos psicósomáticos); 2 (sensibilidad); 3 (síntomas gastrointestinales); 4 (hipocondría y astenia); 5 (síntomas psicósomáticos); 6 (reacciones de temor); 7 (síntomas neurocirculatorios); 8 (nerviosismo y ansiedad); 9 (depresión) y 10 (temor y mala adaptación). Ciudad de La Habana. Febrero-marzo de 1983.

## MEDICIONES

### PRUEBA DE FATIGA SUBJETIVA

Por relacionarse con capacidades psicomotoras y psicofísicas<sup>7</sup> se emplea la prueba de Joshitake<sup>8</sup> evaluada en diferen-

cias que van desde la pos a la preestimulación, y se asume independencia de respuesta entre las 2 aplicaciones.

#### PRUEBAS DE LA REACCION DE ANTICIPACION

Se emplea el medidor de reacción de anticipación Takei 1 108,<sup>9</sup> para evaluar en diferencias el reflejo perceptivo-intelectivo-motor, y se entiende que no permanece una memoria de reactividad ante la prueba.

Como reacción individual más probable se tomó la media de 10 mediciones en cada caso.

La habituación fue evitada por un esquema aleatorio de estimulación con 2 tiempos de reacción-tipo: lento (2,08 seg) y rápido (1,04 seg).

#### REGISTRO ELECTROCARDIOGRAFICO

Los complejos R-R, en derivación D<sub>2</sub>, se registraron con un electrocardiógrafo Phillips (Cardiopan), con electrodo estándar a muñeca y piernas, a velocidad de barrido de 25 mm/s y relación potencial-distancia 1 mV: 10 mm de ordenada. Con la calibración revisada sistemáticamente, los registros se efectuaron sin percepción de los sujetos.

Las distancias R-R fueron medidas varias veces con precisión de 0,5 mm equivalente a 20 m/s, y se promediaron los resultados.

#### VARIABLES Y FUNCIONES

$\Delta_1$ : Cambio de los síntomas de embotamiento y somnolencia asociado con la experiencia, expresado en tanto por ciento, según *Joshitake*.

$\Delta_2$ : Cambio de los síntomas de dificultad de concentración asociado a la experiencia, expresado en tanto por ciento, según *Joshitake*.

$\Delta_3$ : Cambio de los síntomas de deterioro físico asociados a la experiencia, expresado en por ciento, según *Joshitake*.

$\Delta'_j$ : Cambio del tiempo de reacción anticipada relativo al tiempo de reacción anterior a la experiencia, para la velocidad de desplazamiento de la luz a través de la ranura del reactómetro, expresado en tanto por ciento.<sup>1</sup>

Son  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$ ,  $\Delta_3$  y  $\Delta'_j$  variables definidas en el individuo.

$\Delta F$ : Cambio en las diferencias de las medias de grupo (m) -adolescentes y adultos- de las frecuencias cardiacas medias en el tiempo i (20', 40', 60', respecto a la frecuencia media basal, de una experiencia j, en relación con el control, expresado en *latidos/min*.

$$F_{i,j}, m = (\bar{F}_i - \bar{F}_{\text{basal}})_j^{(m)} - (\bar{F}_i - \bar{F}_{\text{basal}})_c^{(m)}$$

$\Delta S$ : Cambio de las diferencias sucesivas de las medias de grupo (m), de la frecuencia cardiaca media en el tiempo i respecto a la frecuencia en el tiempo i-1 (registro anterior), de una experiencia j en relación con el control, expresado en *latidos/mir*.

$$S_{i,j,m} = (\bar{F}_i - \bar{F}_{i-1})_j^{(m)} - (\bar{F}_i - F_{i-1})_c^{(m)}$$

$\Delta f$ : Variaciones de la frecuencia cardiaca media del tiempo  $t$ , con respecto al instante inicial basal, para un individuo del grupo ( $m$ ), en la experiencia  $j$  calculada a partir del registro de 12 complejos R-R en cada  $t$ .

$$\Delta f = f_t - f_{\text{basal}}$$

donde,  $t$ : (20', 40', 60')

$\Delta S$ : Variaciones sucesivas de la frecuencia cardiaca media en lapsos de 20' para un individuo del grupo ( $m$ ) en la experiencia  $j$  calculada a partir del registro de 12 complejos R-R en cada  $t$ .

$$\Delta s = f_t - f_{t-20}$$

donde,  $t$ : (20', 40', 60').

$V$ : Variabilidad de la frecuencia cardiaca. Es una medida del cambio de la frecuencia cardiaca en el período de tiempo continuo de un registro electrocardiográfico, basada en el máximo contraste de las distancias R-R relativo al promedio, expresado en tanto por ciento.<sup>10,11</sup>

$$V_{i,j,m} = \frac{RR_{\max} - RR_{\min}^{(m)}}{RR_{\text{prom } i,j}} \times 100$$

$V'$ : Variabilidad sucesiva media cuadrática de la frecuencia cardiaca. Es una medida del cambio de la frecuencia cardiaca en el período continuo de un registro electrocardiográfico, basada en los contrastes cuadráticos de los R-R sucesivos, expresado en  $m/s$ .<sup>12,13</sup>

$$V'_{i,j,m} = k \sum_{l=2}^n \frac{RR_l - RR_{l-1}}{n}^2 \quad i,j$$

donde,  $k$ : parámetro de conversión de unidades de longitud a tiempo.

$$\text{Dimensión: } \frac{\text{tiempo}}{\text{longitud}}$$

1: índice de enumeración de intervalos R-R.

W: Cambio del campo de variación de cierta variable usada en el experimento j, respecto a la variación de la misma variable en el control, expresado como proporción relativa al propio campo de variación del control en el tiempo i, en el grupo (m). Esta función indica la alteración de la entropía informacional, a cuenta de los cambios situacionales en el experimento. Se expresa en por ciento.

$$W_{i,j,m} = \frac{S_i - S_c}{S_c} \cdot \frac{(m)}{i,j} \times 100$$

## CONTROL: REPOSO SIMPLE

Los componentes de fatiga subjetiva no fueron alterados en tendencia central  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  y  $\Delta_3$  nulos, con recorridos de  $\pm 10\%$ , salvo un caso de variación  $50\%$  de un adulto, con el indicador de psicotismo mayor en los grupos. Se aprecia un incremento del  $5\%$  en mediana muestral del tiempo de reacción, en las 2 velocidades-tipo en los 2 grupos. En los adolescentes el retardo aumenta hasta un  $11\%$  en las reacciones rápidas.

La frecuencia cardiaca cae en el tiempo en los 2 grupos, aunque más acentuadamente en los adultos.

La variabilidad de la frecuencia cardiaca fue más alta en los adolescentes.

Se detectó una pulsación conductual de estas variables en el tiempo, pero a la luz de la dispersión no puede establecerse que tal suceso sea determinístico. Luego no se rechaza en  $\Delta f$  y  $\Delta s$  una tendencia.<sup>14,15</sup>

## RESULTADOS

### AUDIBILIDADES EN LA CIUDAD DE LA HABANA

En la figura 3 las áreas industrial y comercial-tránsito se proyectan en la abscisa con rangos solapados, con valores  $Leq$  por encima de  $72\text{ dbAS}$ , en tanto los niveles suburbanos alcanzan hasta  $63\text{ dbAS}$ . Parecería que la banda intermedia de audibilidad pudiera corresponder a zonas mixtas (residencia-comercio-industria). Las normas del CAME<sup>16</sup> para microdistritos urbanos, no se cumplen por  $Leq$  y  $P_{10}$ . En zonas de menor restricción las normas son también incumplidas en los dominios comercial-tránsito e industrial, no sólo en  $Leq$ ,  $P_{10}$  y  $P_{50}$  sino también por los valores de fondo  $P_{90}$ , de modo que los sujetos estudiados estarían expuestos a elevados niveles de ruido ambiental en su medio.

### FATIGA SUBJETIVA

En la figura 4 se aprecia que la exposición a diferentes naturalezas de ruido, produce incremento en el 1er patrón de síntomas de fatiga subjetiva ( $\Delta_1$ ), más agudo en el grupo de adultos que en adolescentes, y que la naturaleza de ruido más fatigante fue la comercial para adultos y la hospitalaria para adolescentes. El ruido suburbano, que no mostró cambios en síntomas de fatiga subjetiva en los adultos, incrementó la efectividad del reposo en los adolescentes. La magnitud de los tenores de fatiga desarrollados es reducida, por

lo que resulta comparable en tendencia central a la que desarrollan obreros de mantenimiento de una fábrica de agregados de calzado, aunque por debajo de las magnitudes halladas en trabajadores de línea y relleno de dibujo animado o edición musical en Ciudad de La Habana.

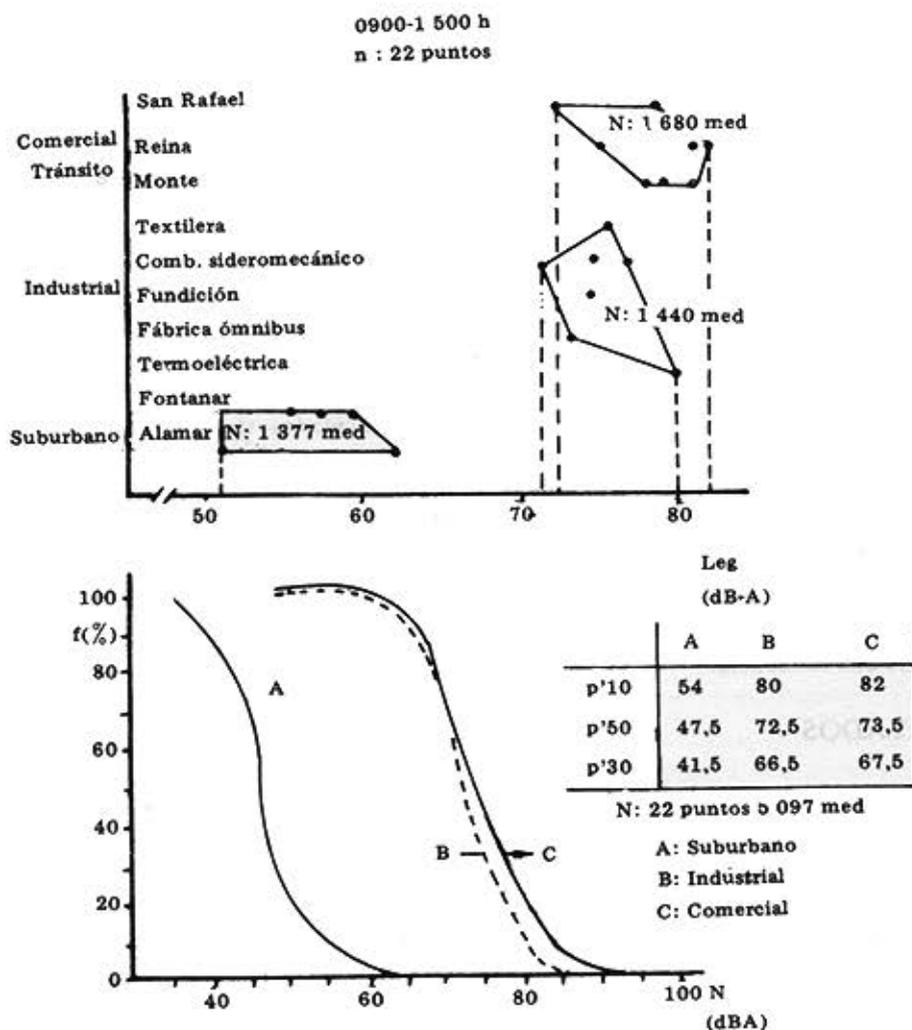


Figura 3. Niveles equivalentes continuos del ruido fluctuante ( $Leq$ ), horarios y curvas de frecuencia acumulativa relativa complementaria de los niveles sonoros -RMS: 1 seg, ponderado A- en diferentes zonas de la Ciudad de La Habana. Junio-octubre de 1980.

#### REACCION DE ANTICIPACION

Puede notarse en la figura 5, el predominio del retardo de los tiempos de reacción posestimulación acústica, como característica común de los 2 grupos, principalmente en la naturaleza comercial de ruido, tanto por mediana como por valores extremos, en velocidades del punto luminoso del reactómetro tanto lentas como rápidas. La variable  $\Delta_j$  indicó, en el caso de los adultos, aceleración del tiempo de respuesta en velocidades reac-

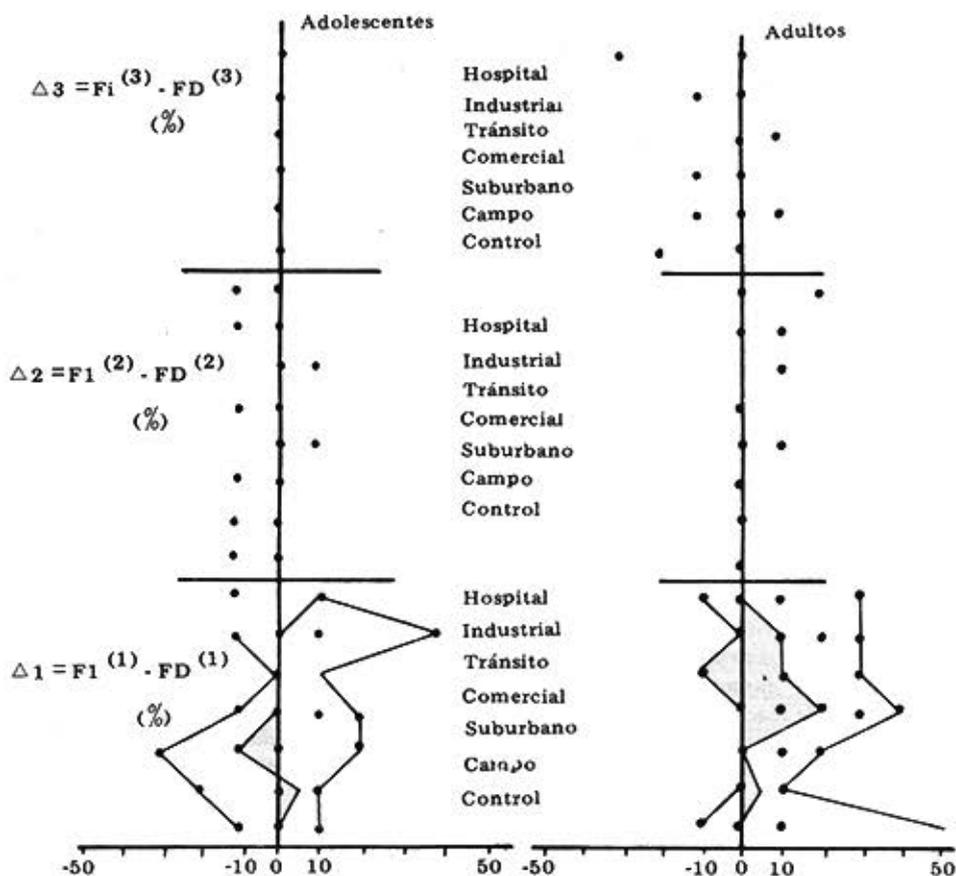


Figura 4. Contraste de síntomas subjetivos de fatiga según los patrones de Joshitake, observados individualmente durante las experiencias con diferentes naturalezas de ruido ambiental: F Índice de fatiga individual (%). Subíndices: 1, Situación posterior a la experiencia, o - situación anterior a la experiencia. Supraíndice: 1. Síntomas de somnolencia y embotamiento; 2. Síntomas de dificultad de concentración y 3. Síntomas de proyección de deterioro físico. Quebradas: extrema - delimitadoras del rango muestral. Central - mediana muestral. Ciudad de La Habana. Febrero-marzo de 1983.

tométricas lentas, en ruidos de tránsito y hospitalarios y en velocidades rápidas sólo en ruido hospitalario, fenómeno no observado en los adolescentes, para quienes según la mediana de velocidades rápidas y extremos de las lentas, correspondía fuerte enlentecimiento en ruido campestre.

## FRECUENCIA CARDIACA

### INDIVIDUOS

El estudio de las atipicidades en  $\Delta f$ ,  $\Delta s$ ,  $V$  y  $V'$ , se perfiló en cada grupo  $m$  al plantear un espacio bidimensional para cada variable en cada tiempo  $i$ , que contenía axialmente el conjunto de las experiencias  $[j]$ , incluido el control y ortogonalmente el campo de

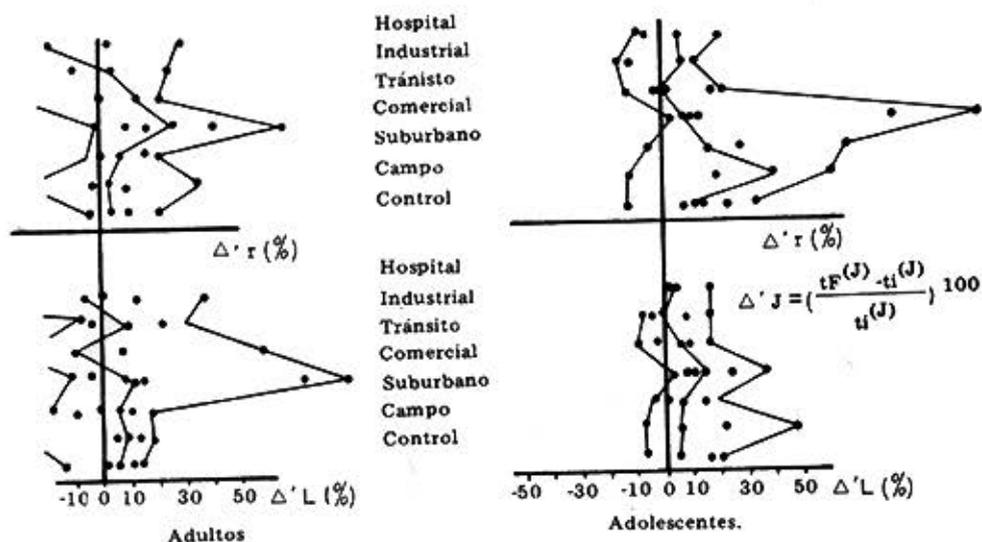


Figura 5. Contraste de los tiempos de reacción de anticipación según el reactómetro Takei 1108, observados individualmente durante las experiencias con diferentes naturalezas de ruido ambiental. Variables:  $t_r^{(j)}$  - tiempo de reacción anticipada posterior a la experiencia y  $t_l^{(j)}$  - tiempo de reacción anticipada anterior a la experiencia. Supraíndice: r-rápida y l-lenta. Quebradas: extrema-delimitadoras del rango muestral. Central-mediana muestral. Ciudad de La Habana. Febrero-marzo de 1983.

variación de la variable. Cada sujeto significó un valor puntual en cada  $j$  para el parámetro  $i$ , de modo que se generaba una región de dispersión. A partir de la dispersión particular de la experiencia de control en cada  $i$ , se proyectó una banda de permisibilidad para las  $j$ 's, en la cual, las respuestas individuales estaban dentro del rango de respuestas de reposo simple. Convencionalmente los puntos no comprendidos en la banda fueron evaluados como atípicos en cada  $j$ ,  $i$ ,  $m$ , para cada variable.

Se observó en este análisis, que los sujetos aportan atipicidades cambian entre las pruebas, en los diferentes tiempos y dentro del grupo en cada variable, de modo que las atipicidades constituyeron respuestas personales, irregulares e inestables. Estas singularidades parecen reflejar hiper o hipo-reactividades transitorias, que operan como un alza del nivel de "ruido fisiológico", difícilmente adscribible a la estimulación acústica.

## GRUPOS

Las funciones que analizan las respuestas de grupo en frecuencia cardiaca  $-\Delta f$ ,  $\Delta S$  sustraen el efecto de modulación cardiovascular, por el reposo simple y la condición inicial de frecuencia cardiaca, que el sujeto aporta cuando enfrenta una experiencia  $j$ . No obstante, no queda cancelada la modulación de la respuesta autónoma dada por la ley de los valores iniciales del sistema nervioso central (SNC),<sup>17</sup> al introducir una fuente de variación en el dominio de grupo.

La incertidumbre del reposo simple, de otra parte, constituida por la singularidad de los individuos en el grupo, constituyó un ruido informacional empleado como barrera,

para la detección de señales de perturbación no adscribible a la situación interindividual del reposo simple. Comoquiera que las funciones  $\Delta F$ ,  $\Delta S$ ,  $V$  y  $V'$  están definidas en medias, la transposición de la dispersión interindividual del control, a la dispersión de la media en cualquiera  $j$ , se consigue mediante el cálculo de los intervalos de confianza para cada tiempo  $i$ . Convencionalmente, se supone que hay perturbación, si una señal transgrede el intervalo de confianza .95 del campo interindividual del modo de relajación del reposo simple.

En la figura 6 se aprecia que  $\Delta F$  tiende a aumentar en el tiempo, en ambos grupos en todas las naturalezas de ruido.

Pero en el grupo de adultos la barrera de .95 no es rota en caso alguno. En el grupo de adolescentes aparecen señales a los 40' y 60' que transgreden la barrera. La función  $W$  indica, que en los adolescentes la información se concentra en los 20' primeros y luego se dispersa respecto al reposo simple, como tendencia. Según la figura 7,  $\Delta S$  muestra también una tendencia de incremento con el tiempo en los adultos, pero no hubo regularidad en los adolescentes. Sin embargo, sólo los adolescentes rompieron la banda de .95 a los 60' de exposición al ruido comercial. Aquí también  $W$  sugiere concentración de información inicial y disgregación final. En la figura 8 se nota una propensión a la reducción de la variabilidad  $V$ , con el paso del tiempo en algunas naturalezas de ruido, pero solo se admiten señales de incremento de  $V$ , en adolescentes en ruido comercial. Hay concentración de información en adultos e irregularidad en los adolescentes. En la figura 9, se observan cambios menores de  $V'$  en los adultos y se confirman decrecimientos en los adolescentes. Hay concentración de información en los adultos y en cierta medida en los adolescentes.

En suma, se observan incrementos de frecuencia cardiaca en los adolescentes, mayormente a los 60' de exposición, en ruido comercial, tránsito y hospital. La afectación principal de variabilidad fue su decremento general a los 40' de exposición también en los adolescentes. Las señales más fuertes de afectación correspondieron al ruido comercial seguido del industrial, en adolescentes.

## DISCUSION

### FATIGA SUBJETIVA

Los resultados serían explicables si se atiende a la hiperreactividad propia del SNC en la adolescencia, que permitiría que el efecto de pérdida de reactividad o de grado de facilitación central de fondos neuronales, por la condición experimental, fuese menos intenso que en los adultos. A esto pudiera contribuir en parte, el hecho de que en los adolescentes en general, el valor de la tasa metabólica basal es más elevado. Se presume que el ruido comercial y hospitalario pudo resultar más fatigante para los adultos, por su mayor significado subjetivo, que debió conducir a una tensión perceptual más elevada. Este significado no dependió directamente de la intensidad, pues éstos no fueron los ruidos más intensos de la experiencia, por lo que los síntomas de fatiga no resultan adscribibles a la sobrecarga de energía en el analizador auditivo, sino antes posiblemente al procesamiento de la información en corteza.

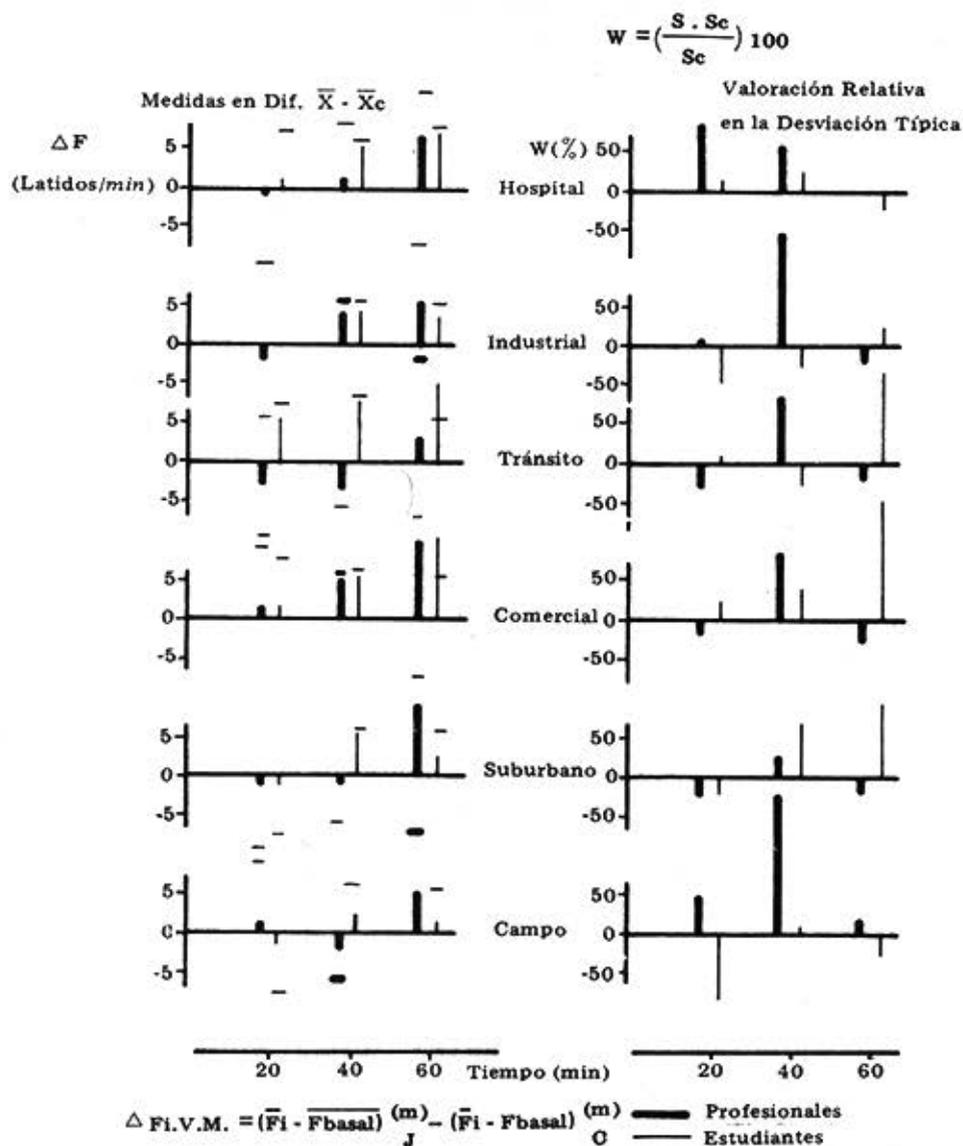


Figura 6. Seguimiento de la alteración de la frecuencia cardiaca respecto a la situación inicial (basal), según las medias muestrales y la desviación típica, en las diferentes naturalezas de ruido experimentadas. Intervalos de confianza bilaterales, para la media de población  $\alpha: .05$ . Ciudad de La Habana. Febrero-marzo de 1983.

#### REACCION DE ANTICIPACION

Al cuerpo geniculado interno y al tubérculo cuadrigémino inferior llega la estimulación acústica, por la vía auditiva accesoria, la cual podría disminuir el grado de facilitación de neuronas relacionadas con la visión y explicar el enlentecimiento observado en

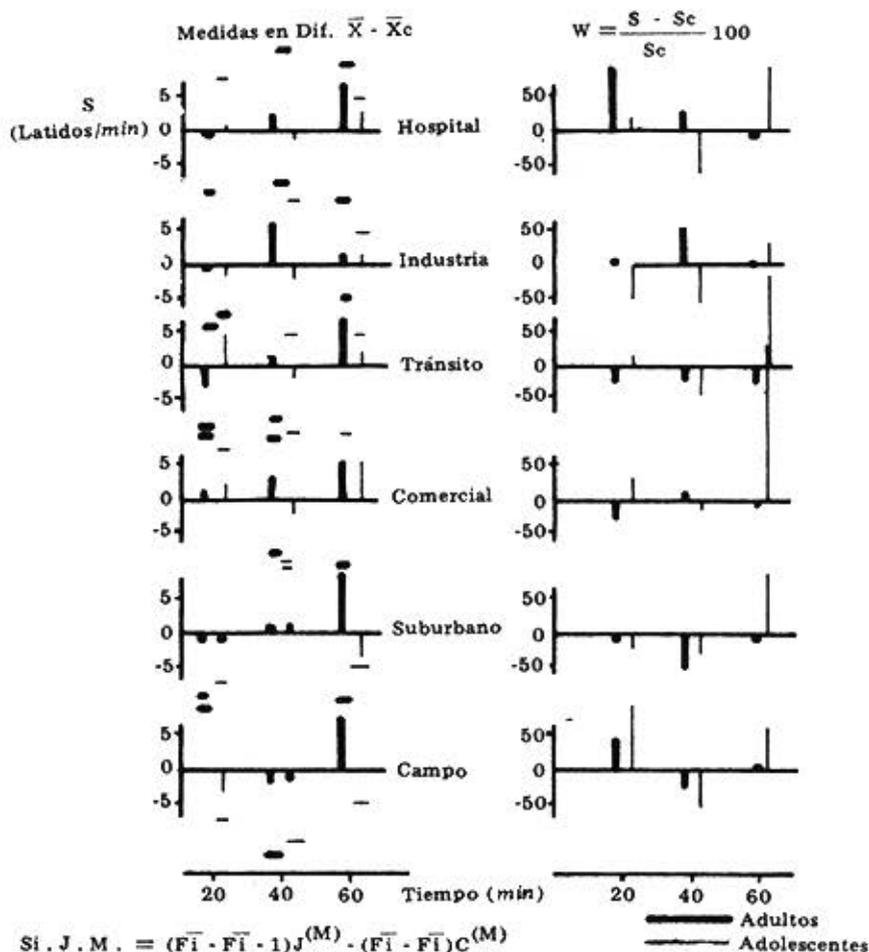


Figura 7. Seguimiento de la alteración cronológica sucesiva de la frecuencia cardiaca, en lapsos de 20 min, según las medias muestrales y la desviación típica en las diferentes naturalezas de ruido experimentadas. Intervalos de confianza bilaterales, para la media de población  $\alpha : .05$ . Ciudad de La Habana. Febrero-marzo de 1983.

esta reacción, en la cual incidiría la pérdida de reactividad, por la posición decúbito. De otra parte, la aparición de acortamiento en el tiempo de reacción de los adultos, pudiera asociarse con el reflejo socio-histórico, conectado a la experiencia de la vida y madurez de personalidad de estos sujetos, que aún no ha aparecido en el grupo de adolescentes, y a una reactividad neuronal basal menor en los adultos. La conciencia no pareció modular la reactividad del sujeto, en función de la audibilidad del sonido, sino antes bien, en función de los significados subjetivos del mismo.

#### FRECUENCIA CARDIACA

En relación con la influencia del ruido en la actividad cardiovascular se informan criterios controversiales,<sup>18-21</sup> en tanto nuestros resultados son congruentes con una posible

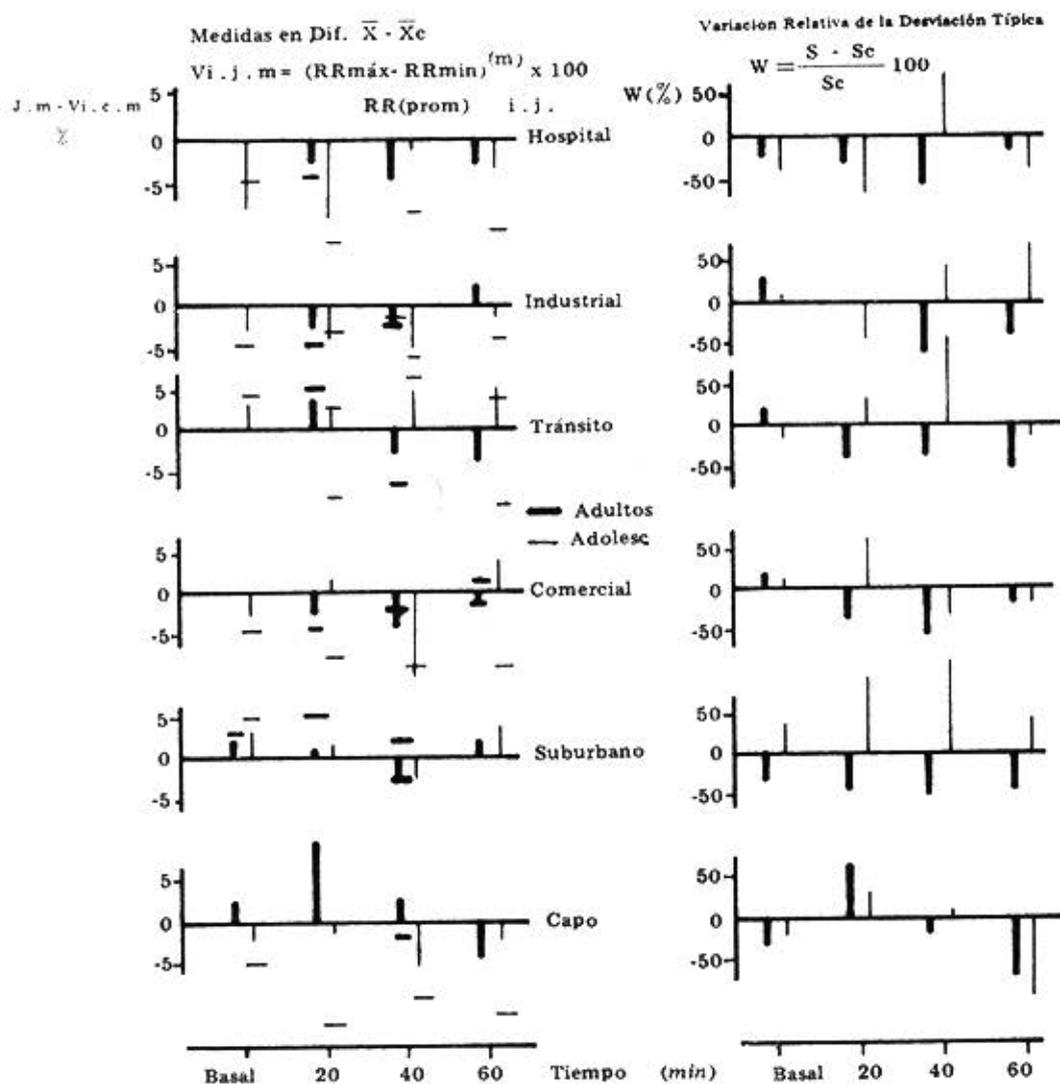


Figura 8. Seguimiento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca por contraste de los valores R-R extremos, sobre el promedio según las medias muestrales y la desviación típica en las diferentes naturalezas de ruido experimentadas. Intervalos de confianza para la media de población  $\alpha$ : .05. Ciudad de La Habana. Febrero-marzo de 1983.

respuesta cardiovascular. Al tomar en cuenta la organización morfofuncional del órgano de la audición, podría hipotetizarse que las características intrínsecas del ruido y no sólo su intensidad, pudieran intervenir en el condicionamiento de los procesos de análisis-síntesis, en estructuras superiores, lo cual se reflejaría fenológicamente, a través de efectos extra-aurales diferentes, en sentido general y sobre el sistema cardiocirculatorio, en particular, de modo que ruidos "menos conscientes" al reflejarse en menor grado en la corteza, serían capaces de ser integrados completamente en estructuras nerviosas subcortica-

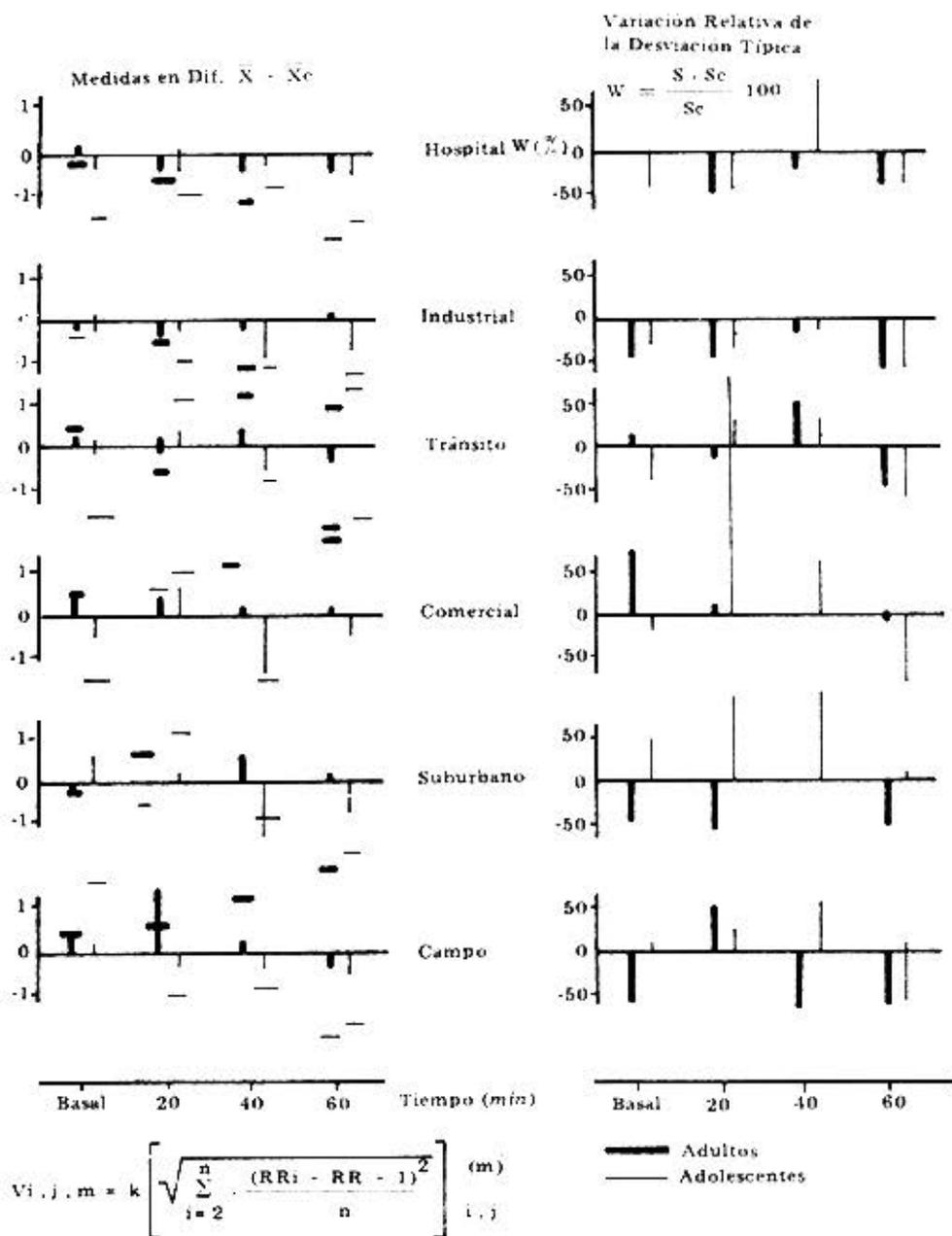


Figura 9. Seguimiento de la variabilidad de la frecuencia cardíaca por las diferencias cuadráticas sucesivas de las distancias R-R, según las medias muestrales y la desviación típica en las diferentes naturalezas de ruido experimentadas. Intervalos de confianza bilaterales, para la media de población  $\alpha: .05$ . Ciudad de La Habana, Febrero-marzo de 1985.

les o subconscientes. Ello explicaría por qué ruidos menos intenso, de diferentes naturaleza, producen una reacción cardíaca más intensa, que los ruidos de mayor audibilidad, más "conscientes". En este caso se destacaría el papel de las estructuras nucleares de las vías auditivas accesoria, que envían colaterales hacia la sustancia reticular activadora ascendente, de tallo cerebral e hipotálamo.

## CONCLUSIONES

1. Los niveles sonoros medidos en diferentes zonas de la Ciudad de La Habana constituyen un índice de riesgo físico, a la luz de la higiene comunal. Los sujetos investigados en ambos grupos -adolescentes y adultos- residen, estudian y laboran bajo estos niveles.
2. De la observación combinada de los diferentes elementos analizados en las experiencias de laboratorio, puede afirmarse que, en los individuos objeto de estudio, el ruido comercial presentó la más elevada reactividad, al afectar más agudamente la fatiga subjetiva de los adultos, el ritmo cardiaco de los adolescentes y por igual la coordinación óculo-psicomotora en ambos grupos, a pesar de no ser este ruido el de mayor audibilidad en los experimentos.

## SUMMARY

Barceló, C. et al.: *Environmental noise on resting adolescents. Laboratory experiences with psychophysiological elements.*

A control-case study (adolescent-adults) was performed to males exposed, at rest, to 6 homologous sessions of one hour recorded noise, each time different in nature (field, suburban, commercial, transit, industrial and hospital noises) and speed anticipation reaction, subjective fatigue and heart rate (EEG) were recorded. Individuals were comparable in normal reactivity for age to sensory stimuli, according to selection starting from physical, cardiovascular, otorhinolaryngologic and psychologic examination. In each group, results were evaluated into differences against non perturbed resting situation. The establishment of confidence limits for mean, starting from dispersion associated with non-perturbation, was useful to evaluate possible effects imputable to noise. Onset of subjective fatigue symptoms in adults, certain cardiovascular reactivity more intense in adolescents and retardation in oculo-psycho-motor coordination were observed in both groups after expositions. It is concluded that of nature of environmental sound investigated, noise of urban commercial area result to be the one with highest sensitive psychophysiological associated reaction, despite of presenting intermediate audition in nature investigated.

## RÉSUMÉ

Barceló, C. et al.: *Bruit environnant sur des adolescents en repos. Expériences de laboratoire avec des éléments psychophysiologiques.*

Il a été réalisé une étude cas-contrôle (adolescent-adulte) sur des garçons en repos exposés à 6 séances homologues de 1 heure de bruit enregistré sur bande magnétique, le bruit étant chaque fois de nature différente (de la campagne, de zones suburbaines, de zones de commerce, du trafic automobile, de l'industrie et hospitalier). Il a été enregistré le déroulement de la réaction d'anticipation, la fatigue subjective et la fréquence cardiaque (ECG). Les sujets ont été comparables en réactivité normale pour l'âge face aux stimulus sensoriels, suivant la sélection à partir de l'examen physique, cardio-vasculaire, oto-rhino-laryngologique et psychologique. Les résultats ont été évalués suivant les différences par rapport à la situation de repos non perturbé dans chaque groupe. L'établissement de limites de confiance pour la moyenne, à partir de la dispersion associée à la non perturbation, a servi pour évaluer les possibles effets imputables au bruit. Il a été observé l'apparition de symptômes de fatigue subjective chez les adultes, une certaine réactivité cardio-vasculaire plus intense chez les adolescents et un retard dans la coordination oculo-psycho-motrice dans les deux groupes après les expositions. En ce qui concerne la nature des bruits environnants étudiés, le bruit provenant de l'aire de commerce urbaine a été le plus sensible en ce qui concerne la réaction psycho-physiologique associée, malgré qu'il présente une audibilité intermédiaire dans les natures étudiées.

## BIBLIOGRAFIA

1. Schulze, Von B. et al.: Verkehrslärm und Kardiovaskulären Risiko; - Eine epidemiologische Studie. Dt Gesundh-Wesen 38: 596, 1983.
2. Schulze, Von B. et al.: Zu einigen Aspekten der Bedeutung des kommunalen Lärms für die Entstehung von Herz-Kreislaufkrankungen. Z Gesamte Hyg 26: 780, 1980.
3. Koganov, A.V.: Hygienic evaluation of certain characteristics of intermittent noise. Gig Sanit 5: 8, 1983.
4. Vogt, J.J. et al.: Motor, thermal and sensory factors in heart rate variation: a methodology for indirect estimation of intermittent muscular work and environmental heat loads. Ergonomics 16: 45, 1973.
5. Shandalá, M.G. et al.: Metodicheskie osnovy kolichestvennogo izuchenia vliania shuma na organizm chelovicka. Documento del CAME, 1984. P. 14.
6. Catell, R.B.: Handbook for the Sixteen Personality and Ability Testing, Champaign, Illinois, 1970.
7. Hernández, A. et al.: Relación entre índices subjetivos y objetivos de fatiga. Validación de una prueba. Rev Cub Hig Epid 20: 239, 1982.
8. Joshitake, H.: Tres patrones característicos de síntomas subjetivos de fatiga. Ergonomics 21: 231, 1978.
9. Takei, S.: Digital speed anticipation reaction tester. Operation Manual. Tokio, Takei and Company Ltd. 1979. P. 13.
10. Boice, P.R.: Sinus arrhythmia, a measure of mental load. Ergonomics 2: 177, 1974.
11. Hitche, M. et al.: Cardiac responses to demanding mental load. Ergonomics 4: 379, 1980.
12. Mulder, G.; M.H. Van der Meuler: Mental load and the measurement of heart rate variability. Ergonomics 16: 69, 1973.
13. Opmeer, C.H. et al.: The information content of successive R-R interval times in the ECG. Preliminary results using factor analysis and frequency analysis. Ergonomics 16: 105, 1973.
14. Akert, K. et al.: Sleep mechanism. Prog Brain Res (18), 1965.
15. Coccagna, G. et al.: Arterial pressure changes during spontaneous sleep in man. Electroencephalogs. Clin Neurophysiol 31: 277, 1971.
16. Bonito, L.A.: La medición del ruido del tránsito y su evaluación sanitaria. Boletín de Higiene 1: 4, 1981.
17. Firth, P.A.: Psychological factors influencing the relationship between cardiac arrhythmia and mental load. Ergonomics 16: 5, 1973.
18. Verdun di Cantogno, L. et al.: Urban traffic noise, cardiocirculatory activity and coronary risk factors. Acta Otolaryngol Suppl 339: 55, 1976.
19. Cohen, S. et al.: Cardiovascular and behavioral effects of community noise. Am Sci 69: 528, 1981.
20. Cartwright, L. et al.: The effects of broadband noise on the cardiovascular system in normal resting adults. Am Ind Hyg Assoc J 36: 653, 1975.
21. Jansen, G. et al.: The influence of sound stimulus and music on the ballistogram. J Appl Physiol 20: 258, 1964.

Recibido: 29 de marzo de 1985. Aprobado: 8 de junio de 1985.

Lic. Carlos Barceló. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Infanta 1158, Ciudad de La Habana 3, Cuba.