

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
PSICOLOGÍA

PSICOLOGÍA SOCIAL Y AMBIENTAL

EFFECTOS PSICOLÓGICOS DE LA  
CONTAMINACIÓN POR RUIDO EN ESCENARIOS  
EDUCATIVOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTOR EN PSICOLOGÍA**

P R E S E N T A

**CESÁREO ESTRADA RODRÍGUEZ**

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

**DIRECTORA: Dra. Isabel Reyes Lagunes**

**COMITÉ: Dra. Anne Reid Rattenberry**

**Dr. Arturo Orozco Santillán**

**Dr. Eduardo Backhoff Escudero**

**Dr. Ricardo Aguayo González**

**Dr. Ignacio Méndez Ramírez**

**Dr. Serafín J. Mercado Domènech**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento sincero para mis admirad@s tutor@s, quienes me guiaron magistralmente en mi afán incesante por lograr un pensamiento claro, lógico y metódico. En especial, a nuestra MAESTRA ISA, mujer ejemplar que con su erudición y afecto esculpió mis ideas, como una artista del conocimiento fue moldeando mi razonamiento.

Un agradecimiento explícito a nuestra Universidad Nacional Autónoma de México y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, por el apoyo institucional para mi desarrollo universitario, un invaluable privilegio que deseo para todos los mexicanos en un futuro inmediato.

Sobre todo, un agradecimiento fraterno para los alumnos, maestros y autoridades del escenario educativo evaluado, quienes me permitieron convivir con ellos esta trascendente experiencia. Igualmente, al Arquitecto Paisajista Andrés Muñoz por sus ilustraciones estéticas para esta tesis.

## DEDICATORIA FIELMENTE AMOROSA

Para mis eternos presentes, quienes habitan amorosamente conmigo silenciosamente, recordándome con su ausencia corpórea mis raíces; que nutren mi origen y mi porvenir. Sin ese amor inmortal, sería otro sin corazón ni rostro humano, viviría sin la luz esencial que enciende y extiende mi existencia.

Para mi presente trino amado, que armoniza a tres seres diferentes, cada uno con sus propios deseos, los tres creando un solo anhelo. Para Patricia, que siendo tan divergentes logramos confluir en un camino etéreo y sinuoso como la vida misma, con un deseo compartido y vehemente que nos armonizó floreciendo en un ser único, nuestra noble obra creadora: nuestra amada y agraciada Ana Victoria, que nos recrea y se perfecciona por ella misma. Para nuestra hija Ana Vic, manantial eterno de Amor y Vida en comunión, porque eternamente me sentiré con ella.

## ÍNDICE

PROLOGO .....	7
I. INTRODUCCIÓN A LA ACÚSTICA .....	11
II. CONTAMINACIÓN POR RUIDO .....	33
EFECTOS DEL RUIDO EN LAS PERSONAS .....	38
III. EFECTOS PSICOLÓGICOS DE LA ACÚSTICA EN SALONES DE CLASE .....	59
IV. MÉTODO .....	79
OBJETIVO GENERAL .....	79
VARIABLES .....	79
PARTICIPANTES .....	80
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN .....	81
ESCENARIO .....	91
PROCEDIMIENTO .....	99
V. RESULTADOS .....	105
A) ACÚSTICA DE LOS SALONES DE CLASE .....	105
B) EFECTOS PSICOLÓGICOS DE LA CONTAMINACIÓN POR RUIDO .....	120
C) RELACIÓN ENTRE LA ACÚSTICA DE LOS SALONES DE CLASE Y LOS EFECTOS PSICOLÓGICOS EN LOS ESTUDIANTES .....	137
VI. DISCUSIÓN .....	143
REFERENCIAS .....	155
ANEXO 1 .....	166
Análisis de discriminación del reactivo .....	166
ANEXO 2 .....	170
ESCALAS DE AUTOREPORTE .....	170
ANEXO 3 .....	179
Instrumento de Inteligibilidad .....	179
ANEXO 4 .....	181
Instrumento de comprensión de textos .....	181

## **PRÓLOGO**

Durante los últimos 30 años, el ruido ha sido considerado, por el público en general, como el principal factor ambiental perturbador de la vida cotidiana. Muzet (2003) considera que la anterior apreciación se confirma a través del gran número de trabajos realizados para evaluar los efectos dañinos por la exposición al ruido. Igualmente, lo confirma la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2004) al considerar que el crecimiento de la contaminación por ruido es insostenible, porque involucra efectos en el ser humano, tanto directos como acumulativos, además de los que son adversos a la salud de las personas, igualmente, porque afectará negativamente a las generaciones futuras por sus impactos socio-culturales, estéticos y económicos.

Las evidencias que se han obtenido a lo largo del mundo indican que, el fenómeno del ruido será uno de los contaminantes ambientales que se estudiará más ampliamente en los próximos años, cuando su impacto ambiental y económico afecte los recursos destinados a los servicios de salud de la población. Como ejemplo de nuestro contexto, actualmente en la ciudad de México el segundo problema ambiental relevante para la población denunciado ante la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D. F. (PAOT, 2007), desde su creación en 2002 hasta Diciembre del 2006, fue el de ruido y vibraciones con el 25.2% del total de las denuncias por delitos de carácter ambiental y en los primeros tres meses del 2007 ocupa el tercer lugar de denuncias con el 17.6%.

El Programa del Ambiente Humano de la Organización Mundial de la Salud (PHE, 2004) considera que el ruido ambiental (llamado también ruido comunitario, ruido residencial o ruido doméstico) es definido como ruido emitido por todas las fuentes sonoras menos el ruido producido al interior de las industrias. Las fuentes principales de ruido ambiental incluyen las calles, el tránsito de vehículos y aeronaves, las industrias, la construcción, el trabajo al aire libre y el vecindario. Las fuentes interiores principales de ruido son sistemas de ventilación, máquinas de oficina y en las viviendas los aparatos eléctricos y los vecinos. El impacto en la salud por la contaminación por ruido se acentúa según los efectos específicos: deterioro de la audición inducido por ruido; interferencia de la comunicación; alteraciones del descanso y el sueño; los efectos psicofisiológicos; efectos en la salud mental y el desempeño; los efectos en el comportamiento y la molestia de los habitantes; así como, la interferencia de actividades planeadas. Además, Gottlob (2000) afirma que existe evidencia epidemiológica de la posibilidad de efectos dañinos en la salud, en particular los concernientes a los ataques al corazón.

En un esfuerzo global especialistas de diferentes países, que conforman la Comisión Internacional sobre los Efectos Biológicos del Ruido (Fields et al., 2001), en un trabajo financiado por la NASA, han desarrollado y probado un método que garantiza encuestas de alta calidad para el ruido ambiental, con el objetivo de tener mediciones comparables internacionalmente sobre las reacciones de las personas en general hacia las fuentes de ruido, porque consideran que después de 35 años de ser reconocido el problema del ruido y del esfuerzo científico expresado en cientos de encuestas publicadas desde los años 1950s, los investigadores continúan usando sus propias preguntas sobre reacciones diversas e incomparables. Los autores recomiendan utilizar al mismo tiempo dos preguntas una de tipo verbal y la otra de tipo numérica, para que en los estudios futuros sobre reacciones al ruido ambiental puedan hacerse comparaciones entre las respuestas transculturales de las encuestas socio-acústicas.

Con base en lo anterior, consideramos indispensable implementar en México estudios sistemáticos sobre el ruido y sus efectos en las personas. Ya que, en contraste a otros problemas ambientales, la contaminación por ruido continúa aumentando y está asociada con un número creciente de quejas de las personas expuestas al ruido. En particular, el presente estudio se enfoca en el contexto educativo, una área prioritaria en México como en muchos países ya que, en las últimas décadas se han realizado un gran número de esfuerzos (modificación de métodos didácticos, capacitación magisterial continua, revisión de textos y currículum, etc.) para mejorar tanto la enseñanza como el rendimiento escolar en la educación básica en nuestro país. Desafortunadamente, éstos no han logrado avances significativos como se puede constatar a través del bajo desempeño de los estudiantes ante evaluaciones internacionales externas como las de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Sin embargo, no todos los esfuerzos han sido vanos, tal como lo muestra el reciente informe 2005 sobre la Calidad de la Educación Básica en México presentado por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE). El reporte indica que, en el último quinquenio, el nivel de rendimiento en la comprensión lectora y matemáticas de los alumnos de 6° de primaria mejoró sustancialmente, resaltando que esto se debe, básicamente a que en las escuelas privadas se incrementó el número de alumnos con niveles de ejecución altos disminuyendo, a su vez, la proporción de alumnos con bajo rendimiento en las escuelas indígenas. Sin embargo, tanto en los esfuerzos gubernamentales como en los reportes de evaluación no se considera como posibles factores influyentes en el rendimiento escolar ni el contexto físico ni la acústica de los salones de clase que, en la literatura

especializada internacional sobre el tema, han mostrado su relevancia como componentes en el impacto educativo de los últimos 40 años. Aunado a lo anterior, si consideramos que los planteles educativos en nuestro país son construidos bajo una normatividad de casi 60 años de antigüedad, solamente revisada en la ciudad de México por los sismos de 1985 (CAPFCE, 2005) cuando tanto la población como los medios emisores de ruido eran menores, se hace apremiante la necesidad de evaluar su impacto en los procesos de enseñanza-aprendizaje, ya que el diseño del ambiente escolar puede apoyar o perturbar las prácticas pedagógicas. Entonces se considera que los aspectos del diseño de las escuelas, aunado a las condiciones de la acústica en los salones de clase, como se realiza en algunos países miembros de la OCDE, deberían haber sido evaluados o considerados en la construcción de los espacios educativos. Es por ello que con la presente tesis aportamos una respuesta de varias posibles a la siguiente pregunta de investigación: ¿Influirán, dentro del ambiente escolar a nivel básico, el diseño físico y las condiciones acústicas de los salones de clase en los siguientes aspectos: la inteligibilidad que tienen los alumnos para oír clara y distintamente el discurso de sus maestros, en la molestia por el ruido en sus salones, en la interrupción de la comunicación alumno-maestro en las clases y en el rendimiento académico de los alumnos?

En este trabajo se instrumentó un diseño que examinó simultáneamente los aspectos acústicos, de diseño y los psicológicos en un escenario educativo, por lo que, se hace una revisión de algunos conceptos acústicos, posteriormente, se proporciona un panorama acerca del estado del arte sobre los diferentes efectos de la contaminación por ruido en las personas, y una revisión de la literatura acerca de la acústica en los salones de clase. Al final, se detalla el método que se implementó para abordar el problema de los efectos psicológicos de la contaminación por ruido en escenarios educativos.



# I. INTRODUCCIÓN A LA ACÚSTICA

## 1. La Acústica y sus campos de aplicación

Los inicios de la sistematización teórica de la Acústica surgen en 1877 cuando el físico inglés Lord Rayleigh publicó *The Theory of Sound*, donde incluía los principios teóricos de esta nueva ciencia y que actualmente sirve como referencia obligada, por esta obra se le considera el padre de la Acústica. En Norteamérica, Wallace Clement Sabine comenzó en 1895 su estudio pionero sobre la aplicación de la acústica en recintos construidos siendo, en ese momento, profesor de física de la Universidad de Harvard, su trabajo lo llevó a desarrollar la ecuación de reverberación de Sabine que aún tiene vigencia como uno de los parámetros para la caracterización acústica de una sala. Sin embargo, la ecuación de Sabine es menos precisa conforme aumentan las características de absorción del recinto, por lo que se han desarrollado nuevas cuantificaciones, como el tiempo de reverberación que es el parámetro principal para caracterizar la acústica de un recinto, existen otras medidas para el mismo propósito, por ejemplo, para espacios más absorbentes es recomendable usar la ecuación de Eyring-Norris para su caracterización acústica.

La acústica se estructura como una nueva ciencia durante los años 1930's auxiliada, principalmente, por el desarrollo tecnológico del equipamiento electrónico en micrófonos, amplificadores y altavoces que conforman las herramientas básicas en los trabajos de campo. Con esta evolución de los equipos electrónicos de medición se ha logrado relacionar variables subjetivas como inteligibilidad de la palabra, con otros parámetros objetivos registrados directamente con mediciones realizadas *in situ* como el tiempo de reverberación entre otros.

El fenómeno del sonido lo estudia la física y, específicamente, la acústica estudia en forma detallada todo lo relativo a la generación, propagación, recepción y consecuencias del sonido (Beristáin, 1998), otra definición equivalente considera que la acústica es la ciencia que trata sobre la creación, transmisión y percepción del sonido (Widex, 1995). Su acelerado desarrollo se puede confirmar en el área de la acústica de recintos que ha permitido, en las últimas décadas, trabajar en el campo de la simulación acústica con dos sistemas complementarios: las maquetas y los programas informáticos

(Carrión, 2001). Iniciándose en la década de los 80 cuando surgen los programas de simulación acústica que proporcionan un cálculo estimado de los parámetros acústicos de los recintos, ya para la década de los 90 aparecen los sistemas de creación de sonido virtual que permiten escuchar un mensaje en forma simulada, esto significa, escuchar antes que dicho espacio se haya construido o remodelado, permitiendo con esto un modelamiento de la acústica de recintos en las etapas de diseño y análisis. Avances significativos en diferentes ámbitos y el desarrollo de instrumentación científica como el analizador de señales y los dispositivos electrónicos de medición y detección, hacen que el campo de la acústica sea muy amplio, englobando la acústica ambiental, la acústica musical, la psicoacústica, la acústica arquitectónica, entre otras.

## **2. Fundamentos del Sonido**

### *2.1. Naturaleza de la audición humana*

El sentido de la audición tiene un lugar especial en nuestro mundo perceptual. Actúa como el centinela entre los sentidos del hombre. Su importancia se deriva tanto por ser el elemento primario en el proceso de la comunicación, como por ser el conducto de experiencias estéticas diversas (Jones y Chapman, 1984). También, por el sentido de la audición, como lo indica Miller (1978), el hombre puede detectar un objeto o evento que produce sonido durante el día o la noche; asimismo el hombre puede localizar la ubicación de un objeto o evento y algunas veces identificarlos sólo por su sonido emitido, de tal manera que al incrementar las oportunidades de identificar objetos o eventos y asegurarse una preparación adecuada para la respuesta inmediata, la evolución ha vinculado la audición a los sistemas de activación fisiológica del hombre que proporcionan energía al cuerpo humano a través de la secreción de la hormona de adrenalina. Adicionalmente, reflejos musculares-auditivos causan que la persona oriente su cabeza y sus ojos en una dirección apropiada que ayude a reconocer e identificar los objetos o eventos sónicos, por estas razones, el papel del sonido y la audición en la vida del hombre puede ser entendido en términos evolutivos (Miller, 1978). Así el oído, el sistema nervioso auditivo, sus relaciones con el resto del cuerpo humano y las funciones conductuales desarrolladas se enfrentan con las demandas de adaptación hacia el ambiente; sin embargo, el paso del cambio genético es lento comparado con los rápidos cambios ambientales provocados por la tecnología, por lo que nuestros organismos adaptados al ambiente del pasado deberán modificarse para enfrentar los cambios ambientales del planeta.

## *2.2. Definición del sonido*

De una manera general se puede distinguir entre sonidos naturales y sonidos creados por el hombre (Burns, 1973); por ejemplo, los sonidos del viento, el agua, el trueno o el bramido de un incendio forestal son los de tipo natural, en contraparte de los sonidos hechos por el hombre, especialmente en los escenarios urbanos; como son los causados por los vehículos, las industrias, la maquinaria o los aparatos domésticos, entre otros ejemplos.

El sonido se define de varias maneras. Las más comunes son las que enfatizan una aproximación desde la visión de la física o de la fisiología; con la óptica de la física el sonido es una perturbación mecánica que se propaga como un movimiento ondulatorio en el aire y otros medios elásticos tales como agua o acero (World Health Organization, 1980) y, con la óptica de la fisiología, el sonido es una sensación auditiva producida por este fenómeno físico. Actualmente se integran los aspectos físico y fisiológico (Carrión, 2001; López, 1998) al definirse el sonido como una vibración mecánica que se propaga en un medio material elástico que es capaz de producir una sensación auditiva o, de manera inversa, como una sensación auditiva producida por una vibración mecánica que se propaga en un medio líquido, sólido o gaseoso. Algunos especialistas daneses en el estudio del sonido (Brüel y Kjaer, 1984) lo definen como cualquier variación de la presión (en aire, agua u otro medio) que el oído humano pueda detectar.

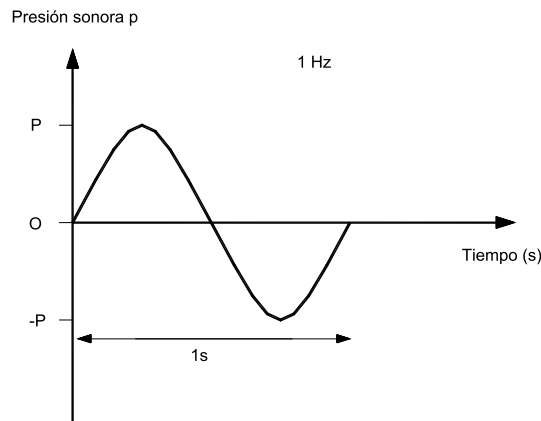
## *2.3. Generación, propagación y frecuencia del sonido*

El sonido se genera cuando un objeto vibra o se producen vibraciones en un medio material. La vibración de un objeto produce una fuente sonora, la cual puede ser golpeada, rasgada o soplada; como en el caso del tambor, las cuerdas de un instrumento musical, las cuerdas vocales o cualquier otro elemento físico vibrante (Beristáin, 1998; Carrión, 2001). En el caso de la propagación del sonido en el aire, esta vibración se trasmite a las moléculas de aire que se encuentran en contacto con la fuente que, a su vez, la transmiten a las moléculas contiguas; pero las partículas de aire no se desplazan con la excitación sólo oscilan alrededor de su posición de equilibrio. A la forma en que este movimiento oscilatorio de las moléculas de aire vibra de un lugar a otro se le llama propagación de la onda sonora, que es una especie de reacción en cadena que continúa en todas las

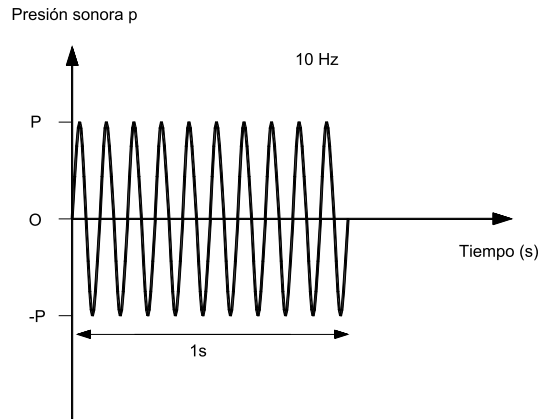
direcciones, con la consideración de que la vibración de las partículas de aire tiene lugar en la misma dirección que la de la propagación de la onda.

Cuando un elemento vibrante, a partir de su posición de reposo entra en oscilación, las partículas de aire a su alrededor se acumulan y se separan, generando una compresión y una dilatación, de tal manera, que al regresar la partícula de aire a su posición inicial se ha recorrido un ciclo completo. Este fenómeno es posible por las características elásticas del aire que obligan a que cada partícula desplazada regrese a su posición de reposo (Beristáin, 1998; Brüel y Kjaer, 1984; López, 1998).

La frecuencia de una onda sonora representa el número de ciclos de variación de presión por segundo y se expresa en Hertz (Hz). Un Hertz corresponde a una vibración completa o ciclo por segundo (ver imagen I.1), y como ejemplo, diez Hertz corresponde a 10 ciclos por segundo (ver imagen I.2). La característica subjetiva asociada a la frecuencia es el tono, o sea, que el ser humano percibe la frecuencia como un tono; cuando un sonido tiene una frecuencia muy alta se percibe como agudo, mientras que una frecuencia baja se percibe como un tono grave. Como podemos representar con la imagen I.3, en su parte izquierda observamos una frecuencia baja o tono grave, y a la derecha de la imagen observamos una frecuencia alta o tono agudo.



**Imagen I.1 Representación de un Hertz**

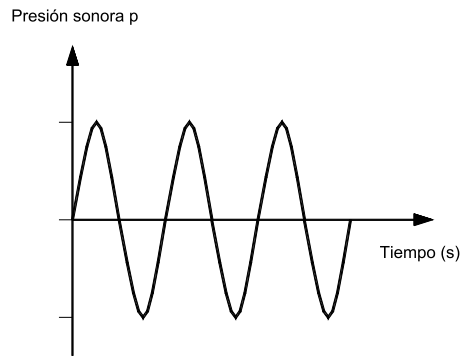


**Imagen I.2 Representación de 10 Hertz (10 Hz)**

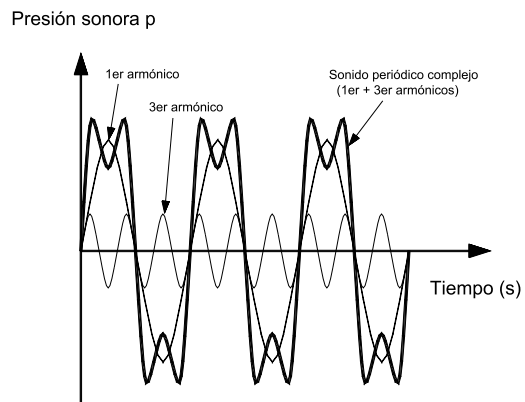
**Imagen I.3 Representación de diferentes frecuencias**

#### 2.4. Clasificación de los sonidos

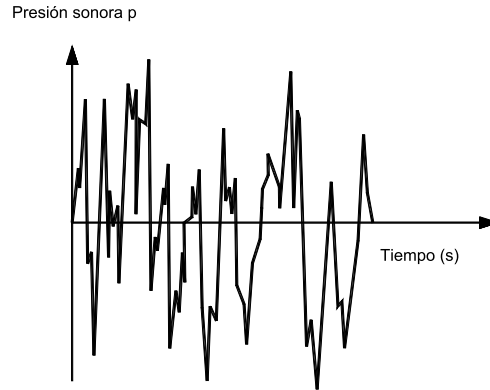
Los sonidos pueden ser clasificados en deterministas y aleatorios (Carrión, 2001); los primeros se pueden representar siempre con una expresión matemática y sus características físicas se pueden predecir, mientras los sonidos aleatorios solamente se pueden describir con parámetros estadísticos. Los sonidos deterministas son subdivididos en: periódico simple o de tono puro, en periódico complejo y en sonido transitorio. El sonido periódico simple es el más sencillo porque se compone de una única frecuencia constante (ver imagen I.4). El sonido periódico complejo está compuesto por una frecuencia inicial y un conjunto finito de frecuencias múltiplos llamados armónicos (ver imagen I.5); un ejemplo, son aquéllos producidos por los instrumentos musicales. El sonido transitorio es producto de explosiones o impactos que contiene gran cantidad de frecuencias, que no tienen relación armónica entre ellas. La otra parte de la clasificación son los llamados sonidos aleatorios que están constituidos por numerosas frecuencias que son impredecibles, a los cuales generalmente se les llama ruidos o sonido no deseado (ver imagen I.6). La información destacada es que, exceptuando los tonos puros que son raramente encontrados (Brüel y Kjaer, 1984), la mayoría de los sonidos están compuestos de diferentes frecuencias.



**Imagen I.4 Sonido periódico simple o de tono puro**



**Imagen I.5 Sonido periódico complejo**



**Imagen I.6 Sonido aleatorio**

### *2.5. Banda de frecuencias*

Se denomina banda a un intervalo de frecuencias establecido entre dos valores dados. Por ejemplo, cuando se requiere información más detallada acerca de un sonido complejo (Brüel y Kjaer, 1984) como en el rango de 20 Hz a 20 kHz, éste puede ser dividido en secciones o intervalos de frecuencia que usualmente tienen un ancho de una octava o un tercio de octava. La octava es una banda de frecuencia donde la frecuencia más alta es el doble de la frecuencia más baja; su nombre se deriva del hecho de que abarca las ocho notas de la escala musical occidental y, por ejemplo, una octava con una frecuencia central de 1 kHz incluye las frecuencias entre 707 Hz y 1414 Hz. Mientras que, un tercio de octava abarca un rango donde la frecuencia más alta es 1.26 veces la frecuencia más baja. En la práctica acústica, al proceso divisorio en las frecuencias que componen un sonido complejo es llamado análisis de frecuencia y los resultados son presentados en una gráfica.

### *2.6. Nivel de presión sonora*

La segunda medida principal que se usa para describir un sonido es el tamaño o amplitud de las fluctuaciones de presión (Brüel y Kjaer, 1984). Por sus características físicas la amplitud de la presión sonora es la forma de expresar la variación de la presión ambiental respecto a su valor medio (Carrión, 2001) y la unidad de medición es el Newton/metro<sup>2</sup> (N/m<sup>2</sup>) o Pascal (Pa). Esta segunda medida del sonido se determina porque, las vibraciones de la fuente sonora afectan no solamente al número de oscilaciones por

segundo del movimiento de las moléculas (llamado frecuencia) sino que, además, las vibraciones producen el desplazamiento de las moléculas de aire con cierta magnitud respecto a su punto de equilibrio (Beristáin, 1998), lo que determina la amplitud o tamaño de la onda sonora.

Respecto a la medida de la amplitud, al medir el sonido en Pascales se tienen números muy grandes y muy pequeños por el umbral de audición humana (Brüel y Kjaer, 1984), por ejemplo, el sonido más débil que puede detectar el oído humano sano tiene una amplitud de 20 millonésimas partes de un Pascal ( $20 \mu\text{Pa}$ ), aunado a que el oído puede tolerar presiones sonoras en una gama de más de un millón de variaciones de amplitud, lo que significa que la escala de presiones audibles contiene una gama aproximada de 1 a 1'000,000 (Beristáin, 1998). Este enorme rango de medición de la intensidad del sonido en Pascales hace que se use otra unidad de medición, el decibel (dB); sin embargo, el decibel no es una unidad absoluta de medición, es una razón entre una cantidad y un valor de referencia acordado (Brüel y Kjaer, 1984), que matemáticamente se expresa como: Nivel de presión sonora =  $20 \log_{10} P/P_{\text{ref}}$ . El nivel de presión sonora se organiza en una escala logarítmica, o sea, usa el umbral auditivo de  $20 \mu\text{Pa}$  como el valor de referencia que equivale a 0 dB de tal manera que, si se multiplica la presión sonora en Pa por 10 se incrementa en 20 dB el nivel; así  $200 \mu\text{Pa}$  corresponden a 20 dB (desde la referencia acordada de  $20 \mu\text{Pa}$ ),  $2,000 \mu\text{Pa}$  corresponde a 40 dB y, así, sucesivamente; lo que significa que las variaciones de amplitud de un millón de Pascales equivalen a una variación de sólo 120 decibeles.

### *2.7. Percepción del sonido*

El sistema auditivo humano tiene un campo de audición limitado por la frecuencia (López, 1998) no percibe todas las vibraciones acústicas presentes en el aire, esto significa que hay un rango audible de frecuencias de entre 20 Hz a 20,000 Hz aproximadamente para un oído humano joven y sano. En términos del nivel de presión sonora (Brüel y Kjaer, 1984), el rango de sonidos audibles va desde el umbral de audición de 0 dB al umbral del dolor que puede estar sobre los 130 dB dependiendo de la frecuencia. Las frecuencias mayores a 20 kHz (ultrasonidos) y menores a 20 Hz (infrasonidos) pueden, en algunos casos, también ser percibidas de alguna manera por el ser humano (Beristáin, 1998), por ejemplo, el caso del infrasonido se percibe en algún órgano interno como vibraciones de baja frecuencia. Si retomamos la noción de que el



sonido tiene dos propiedades físicas principales, frecuencia y magnitud de la vibración, se conoce que las reacciones humanas a estas dos propiedades físicas (Bronzaft, 2002) son, en el caso de la frecuencia la que explica la interpretación psicológica del tono, en el caso de la intensidad es la que explica principalmente la respuesta humana de sonoridad, pero el tono y la sonoridad no son independientes (Beristáin, 1998). Al variar la frecuencia de un sonido, también, se afecta la sonoridad percibida y, al variar la sonoridad, también, se afecta el tono percibido. Es reconocido que la sonoridad percibida de un sonido es determinada por varios factores complejos, uno de ellos es que el oído humano no es igualmente sensible a todas las frecuencias (Brüel y Kjaer, 1984). La audición humana es más sensible a sonidos de entre 2 kHz y 5 kHz y menos sensible a las frecuencias altas y bajas. En cuanto al nivel de presión sonora, un incremento de 6 dB representa el doble de la presión sonora; sin embargo, se requiere en general un incremento de aproximadamente 10 dB antes que el sonido sea percibido como doblemente intenso (el cambio audible más pequeño es alrededor de 3 dB).

### *2.8. Medición del nivel de presión sonora*

Un campo científico generalmente avanza por la disponibilidad de instrumentos adecuados de medición porque como lo indica el aforismo “medir es conocer”. Similarmente, señala Everest (1989) que, las técnicas digitales han revolucionado las mediciones acústicas rápidamente, los instrumentos de medición actuales están basados en los microprocesadores y en microcomputadoras. De la diversidad de instrumentos que se utilizan en las mediciones acústicas (Peterson, 1979) el más usado es el medidor del nivel de presión sonora, que, por lo regular, registra el promedio del nivel de presión sonora sobre un período de tiempo. En la actualidad se necesita disponer de un instrumento electrónico que mida sonidos en condiciones estables que garantice que los resultados obtenidos sean siempre objetivos y repetitivos (Carrión, 2001). Este aparato recibe el nombre de sonómetro que mide exclusivamente niveles de presión sonora y su unidad de procesamiento permite medir parámetros diferentes, e incluso algunos aparatos nuevos permiten medir en bandas de frecuencia, fabricados con base a normas internacionales con el fin de reducir las posibles diferencias entre mediciones de diferentes sonómetros.

### **3. Fundamentos del Ruido**

#### *3.1. Definición de ruido*

El ruido, en los campos de la Física, Electrónica, Neurofisiología y teoría de la Comunicación, significa señales que no tienen información y cuya intensidad varía azarosamente; también es usado, en este sentido, en la Acústica física. Sin embargo, en su relación con el ser humano (Kryter, 1994), el ruido puede ser definido como energía acústica audible (o sonido) que es no deseado porque tiene efectos negativos sobre las personas en sus sistemas auditivo, fisiológico no auditivo y psicológico.

No hay distinción entre sonido y ruido por sus características físicas. Sonido es una percepción sensorial formada por procesos fisiológicos en el sistema auditivo, donde el complejo patrón de ondas sonoras es clasificado perceptualmente como “Gestalts” que es etiquetado como ruido, música, habla, etcétera (World Health Organization, 1999); consecuentemente, no es posible definir ruido exclusivamente desde los parámetros físicos del sonido, en el cual, de acuerdo con Harris (1979), es común definir ruido simplemente como un sonido no deseado. En algunas situaciones el ruido por su misma energía acústica puede afectar adversamente la salud humana, como sería el caso del ruido de muy bajas frecuencias.

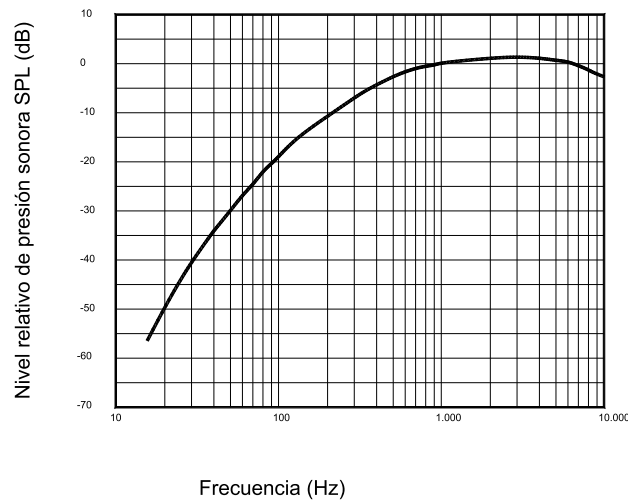
#### *3.2. Tipos de ruido*

La audición reconoce información de los sonidos que se escuchan, el contenido que no se necesita o no se desea es considerado ruido. Los aspectos del ruido que se escuchan y se les pone atención son el tono y los cambios en el nivel sonoro; para medir el ruido se necesita conocer de qué tipo es, el equipo a utilizar y la duración de la medición (Brüel y Kjaer, 2004). Se puede clasificar al ruido como: Continuo cuando es producido por maquinaria que opera sin interrupción como bombas y equipo de procesamiento, la medición del nivel de éste se puede realizar en pocos minutos con un equipo portátil. Intermitente, que es cuando la maquinaria opera en ciclos o cuando pasan vehículos o aeronaves y el nivel del ruido se incrementa y decrece rápidamente, para registrarlo se puede medir un número de eventos similares (ciclos o tránsito de transportes) para obtener un promedio confiable del nivel de presión sonora emitido. El ruido impulsivo es el generado por explosiones o impactos como disparos o martillos hidráulicos por lo que es corto y abrupto, y su efecto alarmante causa una enorme molestia que no podría

reportarse con una simple medición del nivel de presión sonora, medir un ruido impulsivo no es más complicado que los otros ruidos, sino que se dificulta por la relación de sus características físicas con el grado de molestia de las personas.

### *3.3. Curva de frecuencias ponderada A*

En la medición del nivel de presión sonora se utiliza comúnmente dos tipos de ponderaciones de frecuencia: la lineal y la ponderación "A". En la escala lineal, todas las frecuencias contribuyen con el mismo peso en el nivel de presión total, significa que no se aplica ningún tipo de atenuación o realce a las frecuencias integrantes del sonido. Debido a que el oído humano tiene una sensibilidad diferente a las diversas frecuencias, los valores de la escala lineal no corresponden con la sonoridad asociada a un sonido. Por esta razón, para que la medida realizada represente la sonoridad, se utiliza la ponderación "A", donde las bajas frecuencias contribuyen con un peso reducido en el nivel de presión total (Widex, 1995). La ponderación "A" es similar a la sensibilidad de la audición humana que es apenas sensible a las bajas frecuencias (ver imagen I.7), la abreviatura de los niveles de presión sonora medidos con la ponderación A se expresa en dBA o dB(A). Existen otras ponderaciones con características estandarizadas internacionalmente llamadas "B", "C" y "D" que tienen diferentes propósitos en la acústica. En el caso de la ponderación A, las frecuencias menores a 1 kHz tienen una disminución importante de su nivel de presión sonora (Brüel y Kjaer, 1984; Carrión, 2001), de manera similar como ocurre en el oído humano, además se ha probado que proporciona una medición ponderada que correlaciona con pruebas subjetivas de audición.



**Imagen I.7 Ponderación A**

### 3.4. Niveles típicos de ruido

Como se ha mencionado, el sistema auditivo humano no responde linealmente a los estímulos que recibe sino que lo hace de una forma logarítmica, de tal manera que existen una serie de relaciones entre los cambios del nivel sonoro y su efecto perceptual (Carrión, 2001); por ejemplo; 1 dB es el cambio mínimo perceptible del nivel sonoro en la región más sensible del oído; 5 dB es generalmente un cambio claramente percibido del nivel sonoro y aproximadamente 10 dB es el incremento asociado a una sonoridad doble. Para tener una mejor idea del uso de las escalas de medición en las situaciones cotidianas y su sonoridad asociada, en la siguiente tabla I.1 se sintetiza la información reportada al respecto (Beristáin, 1998; Brüel y Kjaer, 1984; Carrión, 2001; Estrada, 2003; Everest, 1989; Harris, 1979;):

Tabla I.1.

Uso de las escalas de medición asociadas a situaciones y sonoridad.

Fuente sonora	Presión sonora en micropascales ( $\mu\text{Pa}$ )	Presión sonora en decibeles (dB)	Situaciones asociadas	Sonoridad asociada
Cohete espacial	100,000'000,000	194	Daño auditivo	Uso de aislantes
Reactor de avión	2,000'000,000	160	Daño auditivo	Uso de aislantes
Avión de hélice	200'000,000	140	Umbral de dolor	Uso de aislantes
Despegue de avión	20'000,000	120	Máximo esfuerzo vocal	Muy fuerte
Discoteca o construcción	~6'000,000	110	Comunicación imposible	Muy fuerte
Equipo neumático	2'000,000	100		Muy fuerte
Camión pesado	~600,000	90	Daño en exposición crónica	Muy fuerte
Calle con tráfico	200,000	80		Fuerte
Interior de auto	~60,000	70	Problemas uso de teléfono	Fuerte
Conversación	20,000	60		Moderada
Oficina privada	~6,000	50	Silencio-quietud	Moderada
Casa tranquila	2,000	40		Moderada
Murmullo	~600	30		Baja
Cabina de radio	200	20		Baja
Hojas de árboles	~60	10	Difícilmente audible	Muy baja
Oídos excelentes	20	0	Umbral de audición	Muy baja

Nota: La presión sonora está expresada en dos escalas: por su unidad de energía ( $\mu\text{Pa}$ ), y por su transformación logarítmica (dB).

#### 4. Ruido Ambiental

##### 4.1. Definición de ruido ambiental

Para algunos expertos en la evaluación acústica (Brüel y Kjaer, 2000), el ruido ambiental es el ruido de todas las fuentes combinadas, tales como: ruido de fábricas, ruido de tráfico, canto de pájaros, la corriente del agua, la gente, etcétera. De manera similar la Unión Europea, por medio de la *Commission of the European Communities* (2000), define al ruido ambiental como un sonido no deseado o dañino creado por la actividad humana al aire libre. Igualmente, para la Organización Mundial para la Salud "OMS" (World Health Organization, 1999), el ruido ambiental es definido como el ruido emitido desde todas las fuentes sonoras, excepto el generado dentro de los lugares de trabajo industrial.

##### 4.2. Propagación del ruido ambiental

Cuando un ruido ambiental se emite desde una fuente se propaga o difunde a través del aire hasta llegar al receptor, sin embargo, para algunos expertos (Brüel y Kjaer, 2000) es importante explicar las variaciones que se presentan en su recepción, ya que,

existen factores que afectan la propagación del ruido ambiental como son: el tipo de fuente, la distancia desde la fuente, la absorción atmosférica, el viento, la temperatura, obstáculos físicos, absorción del terreno, reflexiones, humedad y lluvia. Todos son factores a considerar para una correcta medición, además de que permiten dar una explicación de las variaciones medidas para una misma fuente de ruido ambiental.

#### 4.3. Fuentes de ruido ambiental

La evaluación del ruido se hace generalmente considerando el impacto de una fuente de ruido específica, sin embargo, en casi todos los entornos, existen numerosas y diversas fuentes que generan el ruido ambiental en un determinado punto.

Por lo que, desde el punto de vista técnico (Brüel y Kjaer, 2000), las fuentes de ruido ambiental son todas las fuentes de ruido combinadas, como los ruidos de: fábricas, tráfico, animales, elementos de la naturaleza, etcétera. Desde un punto de vista de política pública, para la Unión Europea (Commission of the European Communities, 1996), el ruido ambiental es causado por el tráfico, las labores industriales y las actividades recreativas. Por tanto, estos países consideran que las fuentes del ruido ambiental son: el tráfico rodado y ferroviario, las instalaciones industriales, las obras de construcción, las instalaciones recreativas, la maquinaria al aire libre y el ruido aeronáutico.

#### 4.4. Medición del ruido ambiental

Los niveles de ruido ambiental varían grandemente porque todas las fuentes sonoras están combinadas, conteniendo a menudo los ruidos impulsivos o incluso sonidos de tonos puros. Es por ello que, las normas establecidas especifican los parámetros a medir en la evaluación de un ruido; en el caso de la evaluación del ruido ambiental (Brüel y Kjaer, 2000) se utiliza el parámetro más importante y preferido para este propósito: el nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A ( $L_{Aeq}$ ), porque es una medida de la energía promedio durante el tiempo de medición en un nivel sonoro variante. En otras palabras, para la *Commission of the European Communities* (1996), el  $L_{Aeq}$  es el método de obtención del promedio del nivel de presión sonora a partir de los resultados instantáneos durante series temporales de la medición (cada minuto, cada cinco minutos, cada hora, etcétera).

En general, la legislación de cada país indica dónde se deberán hacer las mediciones, por ejemplo, en los límites de una instalación o en la propiedad de un demandante. Pero, cuando se mide es importante tener en cuenta otros factores, porque

los niveles de ruido varían por situaciones como: diferentes alturas del nivel del suelo, la distancia entre el punto de medición y obstáculos o fachadas, entre otros factores que afectan a la propagación del ruido ambiental. Por eso, las mediciones deberán realizarse de acuerdo a los expertos (Brüel y Kjaer, 2000): lejos de fachadas y obstáculos, a favor del viento, en condiciones sin humedad y con velocidad del viento menor a 5 m/s, con el micrófono entre 1.2 y 1.5 m sobre el nivel del suelo, aunque la Unión Europea está considerando establecer la medida a 4 m del piso. También en las normas y legislaciones se requieren los datos de la calibración, que fundamentalmente calibrar es comprobar la sensibilidad del instrumento de medición a una frecuencia y un nivel de sonido específico (normalmente a 1 kHz y 94 dB).

#### 4.5. Normatividad

Varios países tienen una legislación referente a los niveles máximos permitidos para la emisión del ruido ambiental, sin embargo son normas muy heterogéneas en sus límites establecidos. Por esta razón, los organismos internacionales han emitido recomendaciones generales acerca de los límites aceptables del ruido ambiental, con el objeto de proteger la salud humana como es el caso de la Organización Mundial de la Salud (Berglund, Lindvall, y Schwela, 1995), que acuerdan la normatividad detallada en el cuadro 1, donde se incluye además de los valores permisibles de ruido ambiental, los efectos en la salud que se han estudiado en las personas expuestas al ruido en esos ambientes específicos.

Tabla I.2. Valores guía para el ruido ambiental en ambientes específicos

		Valores límite recomendados por la Organización Mundial de la Salud		
Recinto	Efectos en la salud estudiados	LAeq (dB)	Tiempo (horas)	LAmaz, fast (dB)
Exterior habitable	Malestar fuerte, día y anochecer	55	16	-
	Malestar moderado, día y anochecer	50	16	-
Interior de viviendas Dormitorios	Interferencia en la comunicación verbal, día y anochecer	35	16	
	Perturbación del sueño, noche	30	8	45
Fuera de los dormitorios	Perturbación del sueño, ventana abierta (valores en el exterior)	45	8	60
Aulas de escolar y preescolar, interior	Interferencia en la comunicación, perturbación en la extracción de información, inteligibilidad del mensaje	35	Durante la clase	-

Dormitorios de preescolar, interior	Perturbación del sueño	30	Horas de descanso	45
Escolar, terrenos de juego	Malestar (fuentes externas)	55	Durante el juego	-
Salas de hospitales, interior	Perturbación del sueño, noche	30	8	40
	Perturbación del sueño, día y anochecer	30	16	-
Salas de tratamiento en hospitales, interior	Interferencia con descanso y restablecimiento	1		
Zonas industriales, comerciales y de tráfico, interior y exterior	Daños al oído	70	24	110
Ceremonias, festivales y actividades recreativas	Daños al oído (asistentes habituales: > 5 veces/año)	100	4	110
Altavoces, interior y exterior	Daños al oído	85	1	110
Música a través de cascos y auriculares	Daños al oído (valores en campo libre)	85 <sup>4</sup>	1	110
Sonidos impulsivos de juguetes, fuegos artificiales y armas de fuego	Daños al oído (adultos)	-	-	140 <sup>2</sup>
	Daños al oído (niños)	-	-	120 <sup>2</sup>
Exteriores en parques y áreas protegidas	Perturbación de la tranquilidad	3		

#### Notas

1: Tan débil como se pueda.

2: Presión sonora pico (no L<sub>Amax</sub>, fast), medida a 100 mm del oído.

3: Las zonas tranquilas exteriores deben preservarse y minimizar en ellas la razón de ruido perturbador a sonido natural de fondo.

4: Bajo los cascos, adaptada a campo libre.

#### 4.6. Reducción del ruido ambiental

El objetivo deseable en todo el mundo es reducir los efectos del ruido ambiental sobre las personas, los conocedores consideran que para ello se deben tener en cuenta tres aspectos básicos (Brüel y Kjaer, 2000): las fuentes de ruido, la vía de transmisión y el tipo de edificios donde viven las personas.

En cuanto a las fuentes de ruido, algunos países desarrollados están exigiendo a los fabricantes de automóviles, aviones y aparatos domésticos tener diseños menos ruidosos, incluso imponiéndoles normas establecidas para tales propósitos. Respecto a la vía de transmisión, el método lógico para reducir el ruido es alejar a las personas de las fuentes de ruido ambiental, como esto no es factible en la mayoría de los casos, se ha optado en los países desarrollados, realizar una atenuación en forma de barreras de ruido en las zonas residenciales, sin embargo, las barreras acústicas atenúan escasamente las frecuencias bajas en comparación con las altas. En relación al tipo de edificios, el objetivo



es lograr un aislamiento acústico de los edificios, a través de recubrimientos especiales en las fachadas o de elementos aislantes añadidos a los mismos materiales de construcción, pero igualmente, los diferentes países desarrollados tienen criterios diferentes sobre este asunto; algunos exigen sólo un nivel mínimo de aislamiento acústico y otros sólo obligan a un aislamiento acústico cuando las fuentes de ruido son muy intensas como en los aeropuertos.

## **5. Acústica en el salón de clases**

Con la aplicación de la Acústica que pretendemos realizar en la presente investigación se intenta tener un recurso para crear ambientes de aprendizaje con condiciones de escucha deseables, puesto que las cualidades acústicas son una consideración importante en el diseño de los salones de clase. Con base en lo anteriormente propuesto se considera que dos características importantes de la acústica en los salones de clase son: el nivel de ruido y la reverberación. Puesto que ya hemos explicado los niveles de ruido ahora consideramos indispensable abordar el concepto de reverberación y otros elementos relacionados.

### *5.1. Interacciones sonido-superficies*

El sonido se trasmite en ondas en todas direcciones desde una fuente hasta encontrarse con obstáculos como paredes o techos, en el caso de un recinto cerrado el oyente recibe el sonido de dos maneras diferentes (Carrión, 2001): una parte le llega de forma directa (sonido directo) como si la fuente sonora y el receptor estuviesen en el espacio libre, la otra parte le llega de forma indirecta (sonido reflejado) por las reflexiones de la onda sonora cuando interactúa con las superficies del recinto. Cuando un sonido golpea una superficie se presentan una serie de interacciones que se denominan (ASA, 2000; Widex, 1995):

- Transmisión: el sonido atraviesa la superficie como la luz traspasa una ventana;
- Absorción: la superficie absorbe el sonido como la tierra absorbe el agua;
- Reflexión: el sonido golpea la superficie y cambia de dirección como una pelota de frontón;
- Difusión: el sonido golpea la superficie y se dispersa en muchas direcciones como un haz de luz sobre un objeto.

Pero, en el caso del sonido, varias de estas acciones pueden ocurrir simultáneamente, así una onda sonora puede, al mismo tiempo, ser reflejada y absorbida parcialmente por una pared, teniendo como consecuencia que la onda reflejada no sea tan fuerte como la onda inicial; también se observa que, las frecuencias del sonido tiene una dinámica diferente cuando interactúan con obstáculos, porque existen muchas superficies que por sus características físicas absorben los sonidos de alta frecuencia y reflejan a los sonidos de frecuencia baja.

### *5.2. Coeficiente de absorción y coeficiente de reducción de ruido (NRC)*

El coeficiente de absorción y el coeficiente de reducción de ruido (ASA, 2000) se usan para especificar la habilidad de un material para absorber sonido. El cálculo de los coeficientes de absorción se realiza en una cámara reverberante, cuarto largo con paredes, techo y piso altamente reflectantes, con el objeto de crear un campo sonoro difuso (Carrión, 2001). Para realizar un diseño acústico se requiere conocer los coeficientes de absorción obtenidos por procedimientos de laboratorio regulados en la norma ISO 354. El coeficiente de absorción es una medida de la eficiencia de una superficie o del material para absorber sonido (Everest, 1989), si el 55% de la energía sonora es absorbida el coeficiente de absorción es de 0.55; lo que significa que, un pie cuadrado (30.5 cm<sup>2</sup>) de este material ofrece 0.55 unidades de absorción (llamadas sabines ingleses, también existe el sabine métrico).

El coeficiente de reducción de ruido es un cálculo que se aplica a las paredes divisorias, se expresa en decibeles y es obtenido con una resta aritmética entre el nivel de ruido del cuarto donde está la fuente sonora (ASA, 2000) menos el nivel de ruido que es transmitido en el cuarto adyacente; por ejemplo, en el caso de los salones de clase separados por una pared las interferencias de la comunicación son comunes por los niveles de ruido generados en ambos, situación provocada porque las paredes divisorias sólo ofrecen una reducción no suficiente del ruido entre los dos espacios cerrados.

### *5.3. Razón señal/ruido*

La razón señal/ruido (S/R) es una comparación que puede usarse como una estimación del efecto del ruido existente en un lugar sobre la inteligibilidad del habla. Técnicamente la S/R (Webster, 1979) es la diferencia entre el nivel de presión sonora del habla y el nivel de presión sonora del ruido de fondo que es expresado en decibeles; en otras palabras, el nivel sonoro (dB) de la voz del maestro menos el nivel del ruido de fondo

(dB) en el salón de clase es igual a la razón señal/ruido (dB). Por tanto, a mayor razón señal/ruido mejor inteligibilidad de la palabra (ASA, 2000). Si la S/R es negativa, la voz del maestro tendrá que ser más fuerte para entenderse porque el ruido de fondo es más alto que la señal, esta S/R varía por todo el salón como varían la señal y los niveles de ruido. Las menores S/R son en la parte trasera del salón y cerca de las fuentes de ruido, la *Acoustical Society of America* señala que ya algunos estudios (ASA, 2000) han mostrado que en los salones de clase con S/R menores de +10 dB la inteligibilidad de la palabra disminuye significativamente en los niños con audición normal, y para los niños con algún daño auditivo se necesita al menos una S/R de +15 dB.

#### *5.4. Reverberación*

La reverberación es la persistencia del sonido en un espacio cerrado después de que la fuente sonora se ha detenido (Kelso y Perez, 2004), resultado de las múltiples reflexiones del sonido en las superficies del recinto.

En un espacio cerrado la propagación del sonido difiere de lo que pasaría si la misma fuente sonora estuviera en un campo abierto, esto es porque, el sonido se refleja en las paredes y en los objetos que están dentro de ese espacio cerrado. Esta energía acústica incidente en las paredes y objetos se refleja, se absorbe y se transmite en distintas cantidades, es por ello que la reverberación tiene efectos duales porque es buena en cantidades moderadas y mala en cantidades excesivas. La reverberación puede ser considerada buena o mala dependiendo de su duración y de la función específica de los espacios (Everest, 1989); por ejemplo, los efectos de la reverberación sobre la comprensibilidad del habla es igual de perjudicial tanto en lo más pequeño como en lo excesivo, por lo que debe existir una cantidad óptima de reverberación en los espacios. En el caso de una excesiva reverberación se provoca una confusión en las consonantes del habla, de las cuales depende la inteligibilidad de la palabra. Técnicamente hablando, si un oyente está en un recinto (Waterhouse, 1979) sus oídos reciben el sonido reflejado tan rápido que él no oye las ondas acústicas como repeticiones diversas del sonido original, en lugar de esto, el oyente escucha el sonido original como una prolongación del mensaje hasta que el sonido se desvanece en inaudible. Entonces, es a esta prolongación del sonido, después de que la fuente sonora ha sido interrumpida, lo que se denomina reverberación.

Aunque el efecto de la reverberación en un espacio cerrado era ya conocido, no es hasta los años 1970s y 1980s cuando al tiempo de reverberación se le consideró la característica acústica medible más importante de un espacio (Everest, 1989). Debido a los avances de la investigación, a la disponibilidad de nuevos instrumentos y a nuevos conceptos desarrollados, se definió al tiempo de reverberación para una frecuencia determinada (Waterhouse, 1979) como el número de segundos que le toma al promedio del nivel de presión sonora en un cuarto decrecer 60 dB después de que la fuente sonora es apagada; en otras palabras, es el tiempo requerido para que el sonido en un cuarto disminuya 60 dB (Everest, 1989) que, coloquialmente, es aproximadamente el tiempo requerido para que un sonido muy intenso disminuya hasta un nivel inaudible. Con base en lo anterior, el tiempo de reverberación es usado para determinar cómo disminuye el sonido en un cuarto (ASA, 2000), el cual depende del volumen físico y de los materiales en las superficies de la habitación. Grandes espacios como una catedral y gimnasios, generalmente, tienen grandes tiempos de reverberación y un sonido percibido como “vivo”, en tanto que, en los pequeños cuartos, como recámaras y cabinas, son regularmente menos reverberantes y con sonido percibido como “apagado” o “sordo”.

Se han desarrollado características satisfactorias para una audición óptima en salones de clase con aproximadamente 30 estudiantes, en los que la clase se da desde el frente del salón o los alumnos trabajan en pequeños grupos (ASA, 2000), donde idealmente el salón de clases debería tener un tiempo de reverberación en el rango de 0.4 - 0.6 segundos, aunque muchos salones tienen un tiempo de un segundo o más, existen dos maneras para reducir el tiempo de reverberación en un cuarto: o el volumen se disminuye o la absorción del sonido se incrementa; sin embargo, generalmente, el valor óptimo del tiempo de reverberación se obtiene tanto por el volumen como por la actividad que se realice en el cuarto (Carrión, 2001; Everest, 1989), en el caso de espacios destinados a la palabra se recomienda que los valores del tiempo de reverberación sean bajos, para lograr conseguir una buena inteligibilidad.

### *5.5. Inteligibilidad*

La inteligibilidad es el entendimiento de las palabras habladas (Webster, 1979), en la normatividad de la *International Organization for Standardization* (ISO, 2003) se define a la inteligibilidad del habla (o voz) como una medida de la efectividad para entender el habla. En deducción, para que un discurso sea inteligible en presencia de ruido, el habla debe

llegar más fuerte que el ruido al oído del oyente, también debe incluir palabras y lenguaje familiares de parte del orador, por lo que, la inteligibilidad del habla depende de varios aspectos: el nivel de voz del orador, la distancia entre el orador y el oyente, la familiaridad del oyente con las palabras que usa el orador, el nivel de ruido de fondo, la redundancia del discurso, la claridad del mensaje, entre otros factores contextuales. Es por esta complejidad que se requieren mediciones técnicas y psicológicas para evaluar la inteligibilidad y resolver los problemas en la comunicación oral, por lo que, existen varios métodos para medir la inteligibilidad de la palabra y también algunos métodos para poder predecirla a partir de otras mediciones físicas del sonido. Para la norma internacional (ISO, 2003) existen dos métodos para determinar la inteligibilidad del habla: uno, la estimación subjetiva, donde se requiere del juicio de las personas al escuchar el habla de un orador; y el otro, la estimación objetiva, que se basa en la medición de los parámetros acústicos que caracterizan el canal de transmisión (recinto o espacio).

Por ejemplo una aplicación de inteligibilidad en las escuelas, para el caso de los salones de clase; un diseño indeseable es con techos altos y superficie dura, donde las paredes y pisos tengan recubrimientos duros (ASA, 2000) porque, en un salón con estas características los ecos y la reverberación resultantes contribuyen a degradar la inteligibilidad de la palabra, especialmente en los alumnos preescolares. Para la evaluación en los salones de clase, la inteligibilidad de la palabra puede ser estimada a partir del tiempo de reverberación y la razón señal/ruido, y/o también puede ser medida a través de escalas estandarizadas con listas de palabras monosílabas (en inglés) y sin sentido denotativo.



## **II. CONTAMINACIÓN POR RUIDO**

La Organización Mundial de la Salud (WHO, 2003a) considera que, en contraste a los demás problemas ambientales, la contaminación por ruido continua aumentando y se acompaña por un número creciente de reclamaciones de la gente expuesta. Se considera que el incremento de la contaminación por ruido es insustentable porque involucra efectos adversos en la salud, tanto directa como acumulativamente, también, porque afectará negativamente a las generaciones futuras por sus efectos socio-culturales, estéticos y económicos.

Una manera de aproximarnos al problema del ruido ambiental es dimensionarlo dentro de la visión global del proceso de la contaminación ambiental y sus interrelaciones con el comportamiento humano; así, partiremos de la visión multidisciplinaria de la contaminación ambiental desde la óptica de las ciencias de la tierra, las ciencias ambientales y las ciencias sociales. Estas aproximaciones consideran los sistemas complejos que se presentan en la transacción ambiente-comportamiento

Para las ciencias de la tierra primero se tiene que comprender cómo funciona la Tierra, el planeta en que vivimos. Se considera que la Tierra es un sistema (Ludevid, 1998) que consta de elementos básicos interrelacionados, que responden a una lógica interna de los procesos de funcionamiento del sistema. De hecho, estudiar el sistema terrestre desde un punto de vista integral es muy reciente, gracias a la existencia de instrumentos nuevos como las técnicas de observación espacial (satélites) y el desarrollo de modelos conceptuales y numéricos (modelamiento computarizado). Por ejemplo, en el programa de *Science of the Earth System* de la NASA (2003) se considera que la Tierra es un sistema dinámico complejo que varía en todas las escalas del tiempo, desde minutos a décadas, donde las causas primarias de la variabilidad del sistema terrestre incluye tanto causas naturales (cantidad de energía solar, erupciones volcánicas) como causas inducidas por el hombre (introducción de contaminantes en la atmósfera). Ahora se conoce que las respuestas de la tierra a estos forzamientos primarios producen cambios diversos en el sistema; por ejemplo, ante el calentamiento global, el sistema se manifiesta con la elevación del nivel del mar por el derretimiento del hielo polar; similarmente, el cambio en la frecuencia e intensidad de tormentas, sequías e inundaciones son un resultado de los cambios en la distribución y circulación atmosférica de las nubes. Por lo que se considera

que, el propósito final de las ciencias de la tierra es desarrollar el conocimiento básico para predecir cambios futuros (por ejemplo el clima global) y evaluar los riesgos asociados con tales cambios, conciben que su misión es desarrollar un entendimiento del sistema total de la tierra y de los efectos generados por los cambios tanto naturales como los provocados por el hombre en el ambiente global.

El enfoque de la acción humana y el deterioro del ambiente en un sentido evolutivo lo proporciona la perspectiva de las ciencias ambientales (Vázquez y Orozco, 1989) al considerar que, durante el florecimiento de las especies de antropoides que precedieron a los seres humanos actuales y en el transcurso de muchos milenios de la presencia de la especie humana moderna en la tierra, el hombre fue un animal omnívoro más incorporado en la trama de los ecosistemas naturales, en los que sobrevivía como cazador y recolector, alimentándose de aves, mamíferos, de vegetales comestibles y de animales pequeños e incluso de carroña. En esas etapas evolutivas la densidad de población del hombre era muy baja y el efecto de sus actividades sobre los ecosistemas naturales era intrascendente es, con el desarrollo de la agricultura y la domesticación de algunas especies, donde se inicia el incremento demográfico y el desarrollo de las sociedades urbanas y, en ese momento histórico, se inicia irreparablemente la transformación extensiva de las comunidades naturales y la extinción de especies. Se habla de diferentes grados de alteración de las comunidades naturales que constituyen un ecosistema que van, desde la simple explotación de algunos de sus recursos vegetales y animales que cambia las densidades de las especies explotadas hasta, la radical destrucción de las comunidades y del suelo en que éstas se desarrollan, como ocurre en los casos más extremos de erosión. De hecho, actualmente, ya son pocos los lugares en los que no esté presente la influencia de algún agente ambiental provocado por el hombre y que esté causando una gradual modificación y empobrecimiento de las comunidades naturales, algunos ejemplos de estos cambios son los fuegos recurrentes, la eliminación total o parcial de la cubierta vegetal, la tala de bosques, el pastoreo, la erosión, la alteración de las cuencas hidrológicas, el deterioro de las lagunas costeras, la introducción de especies ajenas, las plagas y la contaminación.

Estos fenómenos pueden ser entendidos desde la perspectiva ecológica (San Martín, 1988) donde originalmente, los ecosistemas de la biosfera de nuestro planeta se desarrollaron en forma natural y con la evolución del hombre se comienzan a producir



cambios en los ecosistemas y la formación de ecosistemas artificiales, por ejemplo, de los ecosistemas naturales como los bosques, las selvas, los lagos, los ríos, las montañas, las praderas, entre otros, se crean los ecosistemas artificiales formados por el hombre que son en realidad una perturbación de los sistemas naturales, como son los ecosistemas urbanos, los agro-ecosistemas, las grandes presas, etcétera. Desde esta perspectiva ecológica los problemas ambientales se manifiestan hasta el siglo XVIII, época de la expansión de la revolución industrial, donde los ecosistemas naturales comienzan a ser intervenidos globalmente y más intensamente por el hombre, sin olvidar que los ecosistemas naturales son transformados desde la época del sedentarismo humano.

Con base en estudios recientes de las ciencias ambientales (Pfirman y AC-ERE, 2003) se considera que los primeros años del siglo XXI ya están presentando cambios ambientales graves, incluyendo el cambio climático y una serie de amenazas biológicas. Como las huellas globales de la actividad humana continúan expandiéndose, los problemas de las ciencias ambientales y la ingeniería brindarán grandes cambios y oportunidades en la próxima década, porque las relaciones complejas entre la gente, los ecosistemas, la biosfera, salud humana y bienestar están vinculadas estrechamente a los ecosistemas locales, regionales y globales. Debido a una nueva instrumentación, un manejo telemático de datos y mayores capacidades metodológicas se están expandiendo los horizontes de lo que se puede estudiar y entender sobre el ambiente, estos avances crean la demanda de grupos de colaboración de ingenieros, científicos naturales y sociales que vayan más allá de la investigación disciplinaria y de la estructura educativa actuales, donde la imaginación, la diversidad y la capacidad para adaptarse rápidamente son las cualidades esenciales para los individuos y las instituciones, no sólo para facilitar la investigación sino para asegurar la inmediata y amplia aplicación de los resultados de investigación relativos al ambiente.

Asimismo, para las ciencias sociales (NSF, 2003), la investigación debe estar enfocada en las interacciones entre los sistemas natural y humano con énfasis en los procesos social y conductual que conforman e influyen estas interacciones. Donde el propósito debe ser claramente relativo a los aspectos sociales, psicológicos, económicos, demográficos, antropológicos, geográficos, legales y éticos del cambio global que incluyan el desarrollo de modelos matemáticos y de metodología estadística, igualmente, estos propósitos tienen que ser entendidos con la teoría relevante de las ciencias sociales y bajo

una perspectiva de las dimensiones humanas del cambio global. Así, en estos y en otros campos, se desarrolla una nutrida investigación (Azuela, Carabias, Provencio y Quadri, 1993) que irá enriqueciendo y precisando un enfoque articulador y transdisciplinario que permita abordar la realidad natural y la social, donde el desarrollo sustentable no se refiera a un problema de adecuaciones ecológicas de un proceso social, sino a una estrategia o modelo múltiple para la sociedad y que debe tener una viabilidad económica y una factibilidad ecológica, que en un sentido muy amplio está referido a la redefinición de las relaciones sociedad – naturaleza. El trabajo interdisciplinario, a nivel mundial, se inicia en 1990 con el Programa internacional de las dimensiones humanas en el cambio ambiental global auspiciado por el Consejo internacional de las ciencias sociales y para 1996 se adhiere como corresponsable el Consejo internacional de ciencias estableciendo su secretariado en Bonn, Alemania con los auspicios del gobierno alemán (Jäger, 2003) teniendo como uno de sus objetivos generales la investigación sobre las dimensiones humanas del cambio ambiental global, relacionada con las causas y consecuencias de las acciones individuales y colectivas de la gente, en lo que se refiere a los aspectos de las actividades humanas que afectan el ambiente, sobre los impactos socioeconómicos del cambio global y acerca de las respuestas individuales y sociales a estos cambios, requiriendo este tipo de investigación la colaboración de un amplio rango de disciplinas y de estudios que contemplen las escalas local, regional y global.

En este proceso inter, multi y transdisciplinario la Psicología es relevante para el cambio ambiental global (Stern, 1992) porque los cambios actuales son, en gran parte, de origen antropogénico, es por eso que la conducta humana es la que debe ser orientada para mejorar o redireccionar el cambio global, reconociendo que cada tipo de cambio ambiental antropogénico tiene causas diferentes, el papel de la investigación psicológica debe comenzar por identificar las conductas humanas que son las causas más importantes de cualquier tipo de cambio global estudiado.

Ya hace más de treinta años que la comunidad internacional se reunió en Estocolmo en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (PNUMA, 2003) para alertar sobre el estado peligroso en que se encontraban la Tierra y sus recursos, desde esta conferencia en 1972 el medio ambiente natural ha soportado las presiones impuestas por la cuadruplicación de la población y por una producción económica mundial dieciocho veces mayor, estas presiones han hecho que la noción de la

vulnerabilidad humana frente al cambio ambiental global sea incorporada en la agenda del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), para analizarla con el fin de determinar su alcance y sus efectos en las personas, realizando evaluaciones ambientales centradas en las preocupaciones humanas y no sólo de los recursos ambientales, considerando los procesos complejos (sociales, económicos y ambientales) que están en juego en lo concerniente a los efectos mayores sobre la población como resultado de los cambios ambientales, la situación actual del mundo ha tenido como resultado que el desarrollo sostenible (y sus principios social, económico y ambiental) sigue siendo en gran parte teórico para la mayoría de la población mundial de más de 6,000 millones de habitantes. Por lo que la salud humana está, cada vez más, determinada por las condiciones ambientales, porque el deterioro de éstas es un factor importante que contribuye al empeoramiento de la salud y a la reducción de la calidad de vida.

Así como el PNUMA reconoce la interrelación del ambiente con la calidad de vida, la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2003b) considera que el ambiente es un componente de la calidad de vida al definirla como la percepción de los individuos acerca de su posición en la vida en el contexto de la cultura y el sistema de valores en los cuales habita, y con relación a sus metas, expectativas, normas e intereses. Siendo un concepto amplio afectado de manera compleja por: 1.- la salud física de las personas, 2.- el estado psicológico, 3.- el nivel de independencia, 4.- las relaciones sociales, 5.- las creencias personales y 6.- la relación con aspectos sobresalientes del ambiente. Estos seis dominios extensos son los que configuran la calidad de vida en las personas.

Retomando que la misma OMS considera que, el crecimiento de la contaminación por ruido es insustentable porque involucra efectos adversos en la salud humana y pone en riesgo a las generaciones futuras, es indispensable implementar en México investigación realizada en el campo del ruido y sus efectos sobre las personas. Porque el papel del sonido y la audición en la vida del hombre puede ser entendido en términos evolutivos (Miller, 1978) donde el oído, el sistema nervioso auditivo, las relaciones con el resto del cuerpo humano y las funciones conductuales desarrolladas se enfrentan con las demandas de adaptación hacia el ambiente; sin embargo, el paso del cambio genético es lento comparado con los acelerados cambios ambientales provocados por la tecnología, por lo que, nuestros genes nos preparan sólo para el ambiente del pasado. También se

puede distinguir entre sonidos naturales y sonidos creados por el hombre (Burns, 1973), por ejemplo, los sonidos del viento, el agua, el trueno o el bramido de un incendio forestal son los de tipo natural, en contraparte de los sonidos hechos por el hombre, especialmente en los escenarios urbanos: como son los causados por los vehículos, las industrias, la maquinaria o los aparatos domésticos, entre otros ejemplos.

Las evidencias que se han obtenido a lo largo del mundo nos indican que el fenómeno del ruido será uno de los contaminantes ambientales que se estudiará ampliamente en los próximos años, cuando su impacto ambiental y económico afecte los recursos destinados a los servicios de salud de la población.

## ***EFFECTOS DEL RUIDO EN LAS PERSONAS***

La audición tiene un lugar especial en el mundo perceptual porque actúa como el centinela de los sentidos, de acuerdo a Jones y Chapman (1984), su importancia deriva tanto por que la audición es el elemento primario del proceso de la comunicación, como por considerarse el camino de experiencias estéticas diversas. Así mismo para Miller (1978), el sonido es de gran valor para el hombre porque le advierte del peligro y le aumenta el nivel general de activación, permite la ventaja invaluable del lenguaje además el sonido puede ser hermoso, puede calmar, excitar y puede provocar alegría o tristeza. Desafortunadamente, el sonido excesivo generado por fuentes irrelevantes al individuo puede activarlo con demasiada frecuencia sin ventajas adaptativas o puede simplemente ser desagradable, también el exceso de sonido puede interferir con la percepción de señales auditivas relevantes e importantes para el individuo.

Por esto, físicamente, no hay distinción entre el sonido y el ruido (World Health Organization, 1999). El sonido es una percepción sensorial provocada por procesos fisiológicos en el sistema auditivo, mientras que al patrón complejo de las ondas sonoras, perceptualmente llamadas *gestalts*, se le etiqueta como ruido, música, discurso, etcétera, por tanto, no es posible definir al ruido sólo por los parámetros físicos del sonido. En lugar de tecnicismos es común que el ruido se defina como un sonido no deseado, sin embargo, se acepta que en algunas circunstancias el ruido en su forma de energía acústica puede afectar negativamente a la salud humana.

Así, para entender los efectos que tiene el ruido en las personas, es importante primero saber qué intensidad de ruido se reporta en diferentes países y si estos valores se

han relacionado con algunos efectos en las personas. Para tener esta información se ha recurrido a las bases de datos que concentran los trabajos publicados al respecto, se reportará primero algunos trabajos sobre ruido ambiental en particular y después los estudios sobre los efectos específicos en las personas en distintos escenarios sonoros.

## **Ruido ambiental evaluado en diferentes países**

De los llamados países emergentes se muestran algunos casos en México, Brasil y Kuwait. En el caso brasileño, ciudad de Curitiba, se reportan niveles de presión acústica equivalente durante el día de 65 dBA hasta 75 dBA, Trombetta, Belisario y Alves (2002) observan que, el tráfico vehicular es la fuente principal del ruido ambiental en esa ciudad, reportando también que otras ciudades brasileñas con problemas de ruido son Sao Paulo, Río de Janeiro, Bello Horizonte y Porto Alegre. En la ciudad de Kuwait se reporta el primer estudio de ruido en el interior de vehículos de pasajeros en el Golfo Pérsico, teniendo mediciones de 68.2 dBA hasta 106.7 dBA y un nivel sonoro equivalente promedio de 79 dBA (Koushki, Ali, Chandrasekhar y Al-sarawi, 2002), donde los pasajeros eran de países como Egipto, Bangladesh, India y Pakistán entre otros, que manifiestan en un 64.7% estar molestos con el nivel de ruido y el 46% consideran que el motor es la fuente de ruido; sin embargo, no encuentran una relación significativa entre la molestia percibida, los efectos del ruido en la salud a largo plazo y los niveles de ruido medidos en el interior de los vehículos. En México recientemente se reportan estudios en el estado de Jalisco, uno en la zona metropolitana de Guadalajara (Ramírez et al., 2004) donde registran en diferentes puntos del anillo periférico y los más críticos tienen niveles de ruido mayores a los 80s dBA, igualmente en el área central de la ciudad de Guadalajara (Figuroa et al., 2004) reportan registros de los niveles de ruido  $L_{eq}$  en el rango de 70-85 dBA, mientras que en la ciudad de Zapopan de menor dimensión (Muñoz et al., 2004) el total de los puntos registrados tiene niveles promedio de ruido que rebasan los 68 dBA.

En los países orientales industrializados el fenómeno también ha sido una preocupación. Por ejemplo, en la ciudad de Tokio, Yoshida et al. (1997) reportan un estudio donde los resultados muestran claramente una relación entre la molestia de los habitantes y el ruido, también se observa un incremento claro de algunos síntomas y enfermedades ante los niveles altos de ruido. Para los autores esto sugiere que, el ruido del tráfico

vehicular tiene un efecto perjudicial sobre el estado de salud de los residentes expuestos, consideran, además, que el nivel de ruido crítico probable sería de 65 dBA ó 70 dBA que se relaciona con un claro incremento en las respuestas relativas a una mala salud. En otro estudio en Japón realizaron una encuesta sobre los efectos en la salud por el ruido de aeronaves en los habitantes que viven alrededor de las bases aéreas de Cadena y Futenma en zonas militares (Miyakita et al., 2002), encontrando relaciones significativas de los niveles sonoros con las escalas de enfermedades imprecisas, respiratorias, digestivas, de inestabilidad mental, depresión y nerviosismo; los autores sugieren que los habitantes pueden padecer tanto efectos físicos como mentales, como un resultado de la exposición al ruido de aviones militares y que tales respuestas se incrementan a mayores niveles de exposición de ruido, ya que consideraron diferentes áreas habitables medidas con el nivel  $L_{dn}$  en el rango de menos de 55 a mayores de 70 decibeles. En un estudio realizado en la ciudad de Beijing, China (Bengang Li, 2004) se midió el ruido por tráfico vehicular en los cuatro principales caminos del área urbana (en los caminos circulares o anillos 2°, 3° y 4° y en la avenida Chang-An) los resultados indicaron que existe una sobrecarga de flujo vehicular en estas vías durante el día, por tanto, los niveles de ruido ( $L_{eq}$  de 75.6 dBA) a lo largo de ellas exceden los estándares ambientales chinos por 5.6 dBA. El autor concluye que expandir los caminos circulares o anillos mitiga el denso flujo vehicular en el centro de Beijing, pero al mismo tiempo propaga hacia fuera el alto ruido vehicular, también reporta que la Agencia de protección ambiental China publica que el 71.4% del nivel de ruido en sus ciudades con más de un millón de habitantes está por arriba de 70 dBA.

Los países más preocupados por la contaminación por ruido son los que conforman la Unión Europea que han estado realizando estudios sistemáticos en sus ciudades, por lo que se revisarán algunos casos publicados. Por ejemplo, en la Unión Europea (Commission of the European Communities, 2000) cerca del 40% de la población es expuesta al ruido del tránsito vehicular a un nivel de presión sonora equivalente ( $L_{eq}$ ) que excede de 55 dBA durante el día, y el 20% es expuesta a niveles que exceden los 65 dBA. Cuando se considera todo el ruido producido por los transportes se estima que, más de la mitad de todos los ciudadanos europeos viven en zonas que no aseguran el confort acústico a sus residentes. De noche, más del 30% es expuesto a niveles equivalentes de presión que exceden 55 dBA, que provoca perturbaciones para dormir. La contaminación

por ruido es también severa en ciudades de países emergentes. Este es causado, principalmente, por el tráfico en caminos intensamente transitados, donde los niveles de la presión sonora equivalente durante 24 horas pueden alcanzar 75–80 dBA. En España, Barrigón, Gómez, Méndez, Vilchez y Trujillo (2002) afirman que, los primeros estudios de ruido ambiental se hicieron en la década de los 1960s en muchas ciudades medianas de ese país. En contraste, los autores reportan un estudio en Cáceres, una pequeña ciudad de menos de 100,000 habitantes con 51,426 vehículos, con el objeto de determinar la contaminación por ruido en la parte urbana de la ciudad, encontrando un nivel  $L_{eq}$  promedio de 70.6 dBA con un rango de 59.3 hasta 79.1 dBA. Además calculan el  $L_{eq}$  como una función del logaritmo del flujo vehicular, que les permite predecir ( $r^2 = 0.69$ ) que los vehículos son la fuente principal de ruido en las áreas de estudio, por tanto, concluyen que en una ciudad pequeña sin industria el mayor contaminante es el ruido de los vehículos. En Londres, en los alrededores del aeropuerto Heathrow, Haines, Stansfeld, Job, Berglund y Head (2001) llevaron a cabo un estudio sobre los efectos en la salud y la cognición de niños expuestos al ruido de las aeronaves, evaluaron la atención sostenida en los niños con la hipótesis de que es un mecanismo que afecta la lectura y los procesos de adaptación a la exposición continua del ruido. Compararon escuelas de áreas ruidosas ( $L_{eq\ 16hr} > 66$  dBA) con escuelas de áreas menos ruidosas ( $L_{eq\ 16hr} < 57$  dBA), los niños fueron evaluados primero para tener una línea base y después en el lapso de un año, se utilizó un cuestionario sobre salud y pruebas cognoscitivas en sus escuelas, reportando que la exposición continua al ruido de aeronaves estuvo asociada con altos valores de molestia y de estrés percibido, también con una pobre comprensión de lectura y baja atención sostenida; concluyen que estos resultados dan evidencia de que el ruido de aeronaves afecta adversamente el desempeño y la salud de los niños escolares, y de que estos efectos se incrementan con el tiempo al no existir la habituación. Sin embargo, reconocen que se requieren estudios longitudinales para resolver el problema de la adaptación a los estresores ambientales, porque también intervienen variables socio-demográficas y factores económicos que influyen en el desempeño académico de los niños.

Se han estudiado otras fuentes de ruido, como en Suecia, con el ruido de trenes (Öhrström y Skanberg, 1996) que es un problema menor comparado con el ruido de tráfico vehicular de ese país, ya que los autores reportan que 350,000 personas son expuestas a

niveles de ruido por trenes que exceden los 55 dBA, mientras que alrededor de 1,600,000 personas son expuestas a niveles similares por ruido de vehículos. Los investigadores evaluaron los efectos a través de un cuestionario postal, sus resultados muestran que la molestia general y las alteraciones de las actividades son mayores en las áreas donde existe una exposición simultánea con la vibración del paso de trenes, también observan que en las áreas sin vibración se incrementa la molestia en proporción al número de trenes que pasan durante el día y la noche, concluyen que el diseño y tipo de construcción de las casas son factores que influyen sobre la molestia por el ruido y la vibración de los trenes, recomiendan reubicar la recámara en un espacio tranquilo y usar materiales de construcción duros. Mientras que en Holanda, De Jong y Miedema (1996) analizaron el impacto del ruido de los trenes de pasajeros y de carga por medio de una base de datos, que incluyó tanto los niveles de ruido del tren como los valores relativos a la molestia, reportando que la molestia esperada para un cierto valor  $L_{etm}$  del tráfico de trenes es independiente de la proporción de los de carga, por lo que concluyen que estos resultados no avalan un cambio en la legislación vigente de uso exclusivo a los trenes de carga, a pesar de que reconocen que estudios anteriores en los 1980s indican que los trenes de carga pueden causar más molestia que los trenes de pasajeros.

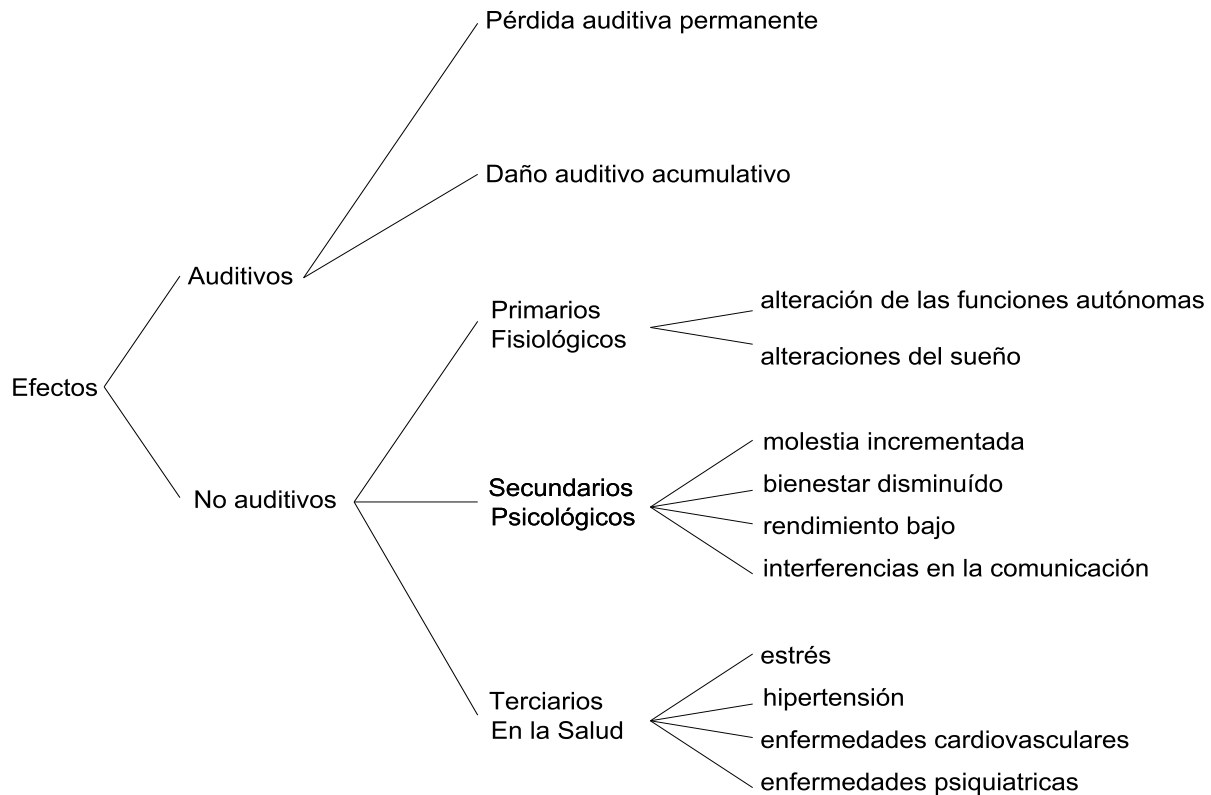
Con una visión más global investigadores suecos y japoneses realizan un estudio transcultural (Yano, Sato, Björkman y Rylander, 2002) para comparar resultados de los dos países, con respecto a las relaciones de la molestia por ruido y variables exógenas y endógenas, las exógenas fueron seleccionadas de factores habitacionales, personales y ambientales, las variables endógenas fueron seleccionadas de las interferencias de la actividad y de los efectos relacionados, los resultados sugieren la presencia de diferencias transculturales en las respuestas comunitarias de tres ciudades hacia el ruido por tránsito vehicular, por ejemplo, el diseño de las viviendas, el sentido de la vida, entre otros. Los autores concluyen que factores no acústicos como las diferentes costumbres de la gente que viven en dos diferentes países y en diferentes tipos de casa, son importantes para la evaluación de la molestia causada por el ruido de tránsito vehicular.

### **Clasificación de los efectos del ruido en las personas**

Los efectos del ruido en las personas puede esquematizarse sintetizando los trabajos de Harris (1979), Mercado (1982), Kryter (1994), Evans (1995), WHO (1999), Griefahn (2000), Commission of the European Communities (2000) y PHE (2004), a partir



de los cuales nos fue posible integrar la información sobre los diferentes efectos del ruido documentados en la literatura científica, este esquema integrador se muestra en la figura II.1 a continuación:



**Figura II. 1. Efectos del ruido en las personas**

El esquema sintetiza los efectos que se han estudiado tanto en situaciones de laboratorio como en estudios de campo. Se observa que el ruido ha sido estudiado desde diferentes disciplinas y con diferentes enfoques, quedando claro que el ruido debe ser abordado de una manera multidisciplinaria para su mejor comprensión y obtención de evidencia suficiente para mostrar sus efectos dañinos en el ser humano.

Organismos internacionales han emitido opiniones sobre las evidencias reportadas por los especialistas (Universität Innsbruck, 2002), expresando concordancias y discrepancias sobre los efectos crónicos del ruido ambiental, como se ilustra en la tabla II. 1.

Tabla II.1.

**Certificación de organismos internacionales sobre los efectos del ruido ambiental en el individuo.**

<b>Efectos Crónicos del Ruido Ambiental</b>				
<b>Organismos Internacionales</b>	<i>National Center for Environmental Health (USA), 1994</i>	<i>World Health Organization, 1995</i>	<i>Institute for Environment and Health (UK), 1997</i>	<i>International Commission on the Biological Effects of Noise, 1998</i>
<b>EFFECTOS</b>				
Enfermedad cardiovascular	++	+/-	++	++
Presión sanguínea en adultos	++	+/-	+/-	+/-
Presión sanguínea en niños	+/-	+/-	+/-	++
Reacción de la hormona de Estrés en adultos	+/-	-	+/-	+/-
Reacción de la hormona de Estrés en niños	n.a.	-	+/-	+/-
Salud psicológica	+/-	+/-	+/-	+/-
Peso al nacer	+/-	+/-	+/-	+/-
Ausentismo por enfermedad	+/-	n.a.	n.a.	+/-
Accidentes	n.a.	n.a.	n.a.	+/-
Respuesta del sistema inmunológico	+/-	-	-	-

Nota: Evidencia suficiente **++** Evidencia insuficiente **-**  
Evidencia inconclusa **+/-** No evaluado **n.a.**

Como se puede observar de la tabla II.1, para la Organización Mundial de la Salud (OMS/WHO) todos los efectos crónicos reportados tienen evidencia inconclusa, insuficiente o no evaluada. Mientras que el efecto crónico del ruido que tiene evidencia suficiente para las demás instituciones es el de las enfermedades cardiovasculares, estas opiniones especializadas nos indican que el fenómeno del ruido ambiental será uno de los contaminantes ambientales que se estudiará ampliamente en los próximos años, cuando su impacto ambiental y económico afecte los recursos destinados a los servicios de salud de la población.

De las visiones originales que se consideraron para estructurar el esquema integrador conciben, en uno de los casos, que se puede distinguir tres tipos de efectos en las personas (Mercado, 1982); un efecto anatomofisiológico que se traduce en lesiones temporales y pérdidas permanentes de la capacidad auditiva, un efecto perceptual que se traduce en una “interferencia” de los sonidos, y en un efecto psicológico propiamente dicho, que se traduce en un efecto “emocional” y una “sobresaturación” del aparato perceptual o cognoscitivo. Con una visión psicoambiental (Evans, 2001) se considera que, generalmente, cuando se piensa en el ruido y en su impacto, se remite a las afecciones en la salud y específicamente al órgano de la audición; sin embargo, gran parte del impacto del ruido no es sobre el sistema auditivo, sino que afecta otros sistemas del individuo, porque el ser humano está expuesto a diversas fuentes de ruido, por ejemplo, el originado por: medios de transporte, la exposición ocupacional, tránsito vehicular y por otras personas. Desafortunadamente, los intentos para normar esta emisión de ruido están basados sólo en los daños causados en el órgano de la audición, por ejemplo, los estándares americanos permitidos para emisión de ruido son para los efectos al sistema auditivo, así si los trabajadores están expuestos al ruido por ocho horas no existen problemas auditivos en ellos, sin embargo habría que considerar los impactos acumulativos y los efectos no auditivos, por ello se habla de tres tipos principales de efectos no auditivos: los cognoscitivos, los fisiológicos y los motivacionales.

Asimismo, los especialistas de la Commission of the European Communities (2000) afirman que, el ruido ambiental tiene diferentes efectos sobre los humanos, donde el más importante, en términos del número de gente afectada, es la llamada molestia o enfado, que está fuertemente conectada con efectos específicos como la necesidad de cerrar ventanas para: evitar disturbios en el sueño o interferencia en la comunicación, escuchar la TV, el radio o la música. Además de que existen diversos efectos médicos serios, tales como: hipertensión, estrés psicológico, ataques del corazón y daños auditivos que conciernen a pequeñas partes de la población. Existen, además, efectos negativos sobre las capacidades de aprendizaje en los niños. Por lo que, la gente que reporta molestia inducida por ruido experimenta una reducción en su calidad de vida, siendo esta una realidad para al menos el 25 % de la población de la Unión Europea, añadiendo que entre el 5 y el 15% de su población presentan serias alteraciones del sueño por ruido. Para los especialistas europeos, el ruido ambiental significa sonido no deseado o dañino creado

por la actividad humana al aire libre, incluyendo el ruido emitido por los medios de transporte y el generado desde edificios o zonas industriales.

Complementando la información de la Unión Europea, Griefahn (2000) considera que, el 40% de la población europea tiene una exposición al ruido de transportes en niveles al menos de 55 dBA y el 20% a mayores de 65 dBA, por esta razón presenta el estado del arte concerniente a los efectos extra-auriculares del ruido, donde considera que las alteraciones relacionadas al ruido comprenden los efectos primarios que ocurren durante el período de exposición al ruido (por ejemplo: interferencias en la comunicación, desórdenes de sueño y alteración en las funciones autónomas), los efectos secundarios que son consecuencia de los efectos primarios (por ejemplo: molestia, bienestar y rendimiento degradados), y los efectos terciarios con impacto en la salud a largo plazo (hipertensión, enfermedades cardiovasculares). La autora considera que las relaciones causales entre el ruido y los efectos primarios agudos (como despertarse) son evidentes, y también muy probablemente existan en los efectos primarios acumulativos o graves (hormonas de estrés) y en los efectos secundarios; sin embargo, aún es imposible determinar las relaciones causales entre los trastornos de la salud y la exposición al ruido a pesar de la formulación de buenas hipótesis. Las dificultades para determinar las relaciones causales se incrementan por el retraso temporal entre la exposición al ruido y la manifestación del efecto particular. Es por ello que, los efectos primarios se estudian en su mayoría en situaciones experimentales controladas en laboratorios, contrariamente a los efectos en la salud que no pueden ser estudiados sino en campo, donde las situaciones acústicas varían considerablemente y donde muchos otros agentes ambientales pueden incrementar, atenuar o sobre enmascarar los efectos primarios y secundarios al ruido expuesto, pero no obstante, como un estímulo no específico, el ruido contribuye en la génesis y manifestación de efectos en la salud. Otro factor importante es la habituación, que causa una reducción de las respuestas primarias y secundarias con el transcurso del tiempo. Bárbara Griefahn considera que, aparte de la pérdida auditiva y del enmascaramiento de información acústica, los efectos del ruido son por lo general no específicos, por lo que, elucidar relaciones causales llega a ser difícil e incluso imposible, porque en la mayoría de las veces existe un retraso temporal entre el inicio de la exposición al ruido y la manifestación del efecto particular, además de que los efectos de un ruido definido no se puede separar de las respuestas a otros estímulos acústicos y no

acústicos que ocurren al mismo tiempo y provocan similares efectos agudos no específicos (por ejemplo, la secreción de hormonas de estrés).

Los estudios publicados donde se reportan efectos específicos en las personas son de gran diversidad y de muy heterogéneas fuentes de información, por lo que, para tratar de ordenarlos, se revisarán conforme al esquema integrador propuesto; primero los efectos auditivos y en segundo lugar los no auditivos subdivididos en los efectos fisiológicos, psicológicos y en la salud.

### **Efectos auditivos en las personas**

Para la *World Health Organization* (1999) el daño en la audición se define típicamente como un incremento en el umbral auditivo que es medido con una audiometría, considerando la discapacidad auditiva como una desventaja impuesta por el daño auditivo que afecta la eficiencia de una persona en las actividades de la vida diaria. Se expresa usualmente en términos de incompreensión del habla convencional bajo niveles típicos de ruido circundante. Se reconoce mundialmente que el daño auditivo provocado por el ruido es el mayor peligro ocupacional irreversible, incluso en los países desarrollados, ya no únicamente el ruido ocupacional sino también el ruido ambiental es un factor de riesgo para el daño auditivo. Es conocido que el ruido puede afectar de diversas formas, por una parte los sonidos muy intensos producen pérdida auditiva por el daño a las estructuras del oído interno, donde la pérdida puede ser temporal o permanente, pero también cada pérdida temporal va produciendo un remanente que se va acumulando permanentemente. Se afirma que, el oído se puede perder a 150 dB, pero puede haber daños desde 90 a 120 dB por alteraciones en las vellosidades que se encuentran en la cóclea o caracol en el oído interno (Bell, Greene, Fisher, y Baum, 1990) porque, a una creciente intensidad del sonido y de la duración de los ruidos, corresponde un aumento de los daños físicos en el sistema auditivo, ejemplos de los daños auditivos son: la presbiacusia enfermedad conocida como la dureza de oído causada por la vejez y relacionada a la arteriosclerosis; la socioacusia, dureza del oído provocada por motivos sociales, es decir, la paulatina acumulación de pérdidas a lo largo de la vida del sujeto; por último, el silbido de oídos o tinnitus se trata de un tono muy agudo que los afectados perciben durante varios minutos causado por la exposición a un ruido muy intenso o por alguna enfermedad.

En los Estados Unidos de Norteamérica, Bechtel (1997) reporta que, casi el 53% de los trabajadores se exponen a niveles de 80 dB o más, mientras que 5.1 millones trabajan en ambientes con niveles de 90 dB; por esta razón, el ruido se considera actualmente el mayor peligro ocupacional de los trabajadores norteamericanos, ya que consideran que la audición puede dañarse permanentemente por exposición al ruido en niveles arriba de 75 dB durante una jornada de 8 horas. Asimismo, reporta que el presidente del Consejo de calidad ambiental estima que aproximadamente 13.5 millones de estadounidenses se exponen a niveles de ruido vehicular de 75 dB o más, siendo un nivel suficiente para causar daños permanentes. Por ejemplo, en estudios realizados en Estados Unidos (Melnick, 1979), los datos reportados indican que la pérdida de audición en las frecuencias del lenguaje (500, 1000 y 2000 Hz) tiende a progresar lentamente pero de manera continua, mientras la persona es expuesta al mismo ruido dañino.

### **Efectos no auditivos de tipo fisiológico en las personas**

Respecto a los efectos no auditivos de impacto fisiológico se han reportado tanto estudios realizados en laboratorio como estudios de campo, en una exhaustiva revisión realizada por Bell et al. (1990) se documentan estudios donde se observa que: el efecto del ruido es mediado por una reacción emocional, la cual perturba el equilibrio de nuestro organismo, produciendo alzas de presión sanguínea, aceleración del ritmo cardíaco, incremento de la secreción estomacal y otros síntomas asociados al incremento de la actividad simpática (Cohen, 1980); además de que el ruido eleva la actividad electrodérmica, la constricción de las venas periféricas del cuerpo y aumenta la presión diastólica y sistólica de la sangre, así como la secreción de catecolamina. También en esa revisión Doring, Hauf, Serbling (1980) sugieren que el ruido puede afectar el tejido intestinal directamente, igualmente Cohen, Glass y Philips (1977) afirman que el ruido debilita al individuo y se relaciona con incidencias gastrointestinales, se aumenta la actividad electrodérmica (Glass y Singer, 1972) y en otro estudio, se reporta que las secreciones de adrenalina producen que la musculatura del brazo se tense y disminuya la profundidad del sueño (Frankenhaeuser y Landberg, 1977 en Holahan, 1996).

En Japón, con estudios experimentales, Kuwano, Mizunami, Namba y Morinaga (2002) reportan que el nivel  $L_{Aeq}$  es el mejor índice para medir los efectos del ruido en el sueño, además que sus resultados muestran que sonidos de niveles altos (45 dBA) y que son significativos (canciones o conversaciones) pueden tener un gran efecto de alteración

del sueño, contrario a los sonidos de niveles bajos (25 dBA) y sin sentido (aire acondicionado y tráfico) que tienen un efecto en el sueño sólo en periodos cortos. Sin embargo, los investigadores europeos reconocen que los estudios de campo y los experimentos de laboratorio sobre las alteraciones del sueño por ruido, muestran más o menos resultados conflictivos dependiendo del criterio empleado sobre el tipo de alteraciones del sueño (Öhrström y Skanberg, 2004). A pesar de esto, se afirma que el ruido ambiental causa una variedad de efectos adversos a la salud, incluyendo efectos agudos y de largo plazo en el sueño, donde es muy conocido que la habituación se presenta en el comportamiento del despertarse, no así en otros efectos como las reacciones de la tasa cardiaca y reacciones menores en la activación, registradas por electroencefalografía (EEG) las cuales muestran que no tienen una habituación al ruido.

Los resultados de investigaciones de largo plazo o longitudinales son concluyentes en el sentido de que, la exposición a niveles altos de ruido del tránsito vehicular induce efectos negativos sobre el sueño (Öhrström, 2004) y que, la calidad del sueño mejora significativamente después de una disminución del ruido ambiental.

### **Efectos no auditivos de tipo psicológico en las personas**

En lo que respecta a los efectos no auditivos de impacto psicológico se han estado realizando estudios considerando diferentes procesos cognoscitivos, Hellbrück (2000) considera que el estudio de los efectos cognoscitivos en la evaluación del sonido está aún en sus inicios, porque la influencia de los factores cognoscitivos como: la atención, la memoria de corto y largo plazo sobre la intensidad total del sonido aún no ha sido investigado sistemáticamente. Este autor reporta que, los sujetos evalúan una escena ruidosa total en términos de un juicio global intenso, más que por medio de la intensidad de los sonidos de períodos cortos y largos; por esta razón asume que, las impresiones muy intensas tienen una influencia más fuerte sobre las evaluaciones subjetivas de eventos acústicos del pasado, ya que el juicio de intensidad total se asume que depende de formas de memoria no sensoriales. Similarmente Kuwano y Namba (2000) afirman que, las diferencias entre fuentes de sonido no pueden explicarse por las diferencias de las propiedades físicas solamente, ya que los factores cognoscitivos pueden contribuir a la diferencia; por ejemplo, cuando los niveles permisibles de cada fuente de sonido están determinados, se tiene que tomar en cuenta la influencia de los factores cognoscitivos, ya que la impresión de los cambios de sonido también depende de la información visual,

porque el sistema auditivo tiene características dinámicas específicas y la mayoría de los sonidos en el ambiente varían con el tiempo. En la búsqueda de otros factores cognoscitivos que puedan influir en el impacto del ruido, Miedema y Vos (2003) informan que, en una revisión anterior, se encontró que la sensibilidad al ruido no tenía ninguna relación con la exposición al ruido físico, sin embargo en análisis recientes, se muestra que la relación de la molestia con el nivel de exposición al ruido es relativamente mínima para las personas con poca sensibilidad mientras que es máxima para los más sensitivos al ruido.

Los estudios sobre las fuentes de ruido han reportado que el auto es mencionado frecuentemente como origen del ruido urbano y el incremento de las carreteras aumenta el disgusto de los residentes (Lawson y Walters, 1974 en Bell et al. 1990) también los aviones son otra fuente de ruido y de molestia de los residentes, dos terceras partes de las personas que viven cerca de un aeropuerto consideran como una gran molestia al ruido (de 75 a 95 dB) (Sue, Shumake y Evans, 1984 en Gifford, 1987). El ruido en la calle afecta cómo pensamos acerca de otros (Siegel y Steel, 1980 en Gifford, 1987) haciendo que los juicios sean siempre más extremos, de la misma manera Appleyard y Lintell (1972 en Holahan, 1996) encontraron menor participación social entre los residentes de una calle ruidosa y con tránsito que en una calmada y silenciosa.

Los efectos psicológicos han sido estudiados en diferentes escenarios de vida y con usuarios diversos, evaluando procesos cognoscitivos relacionados con las actividades y funciones de cada ambiente específico.

En ámbito de los escenarios urbanos, Kuno, Omiya, Okumura, Hayashi, Mishina y Oishi (2000) realizaron mediciones de ruido ambiental y aplicaron una encuesta social en la Ciudad de Nagoya en 1982. El cuestionario sobre el ruido al aire libre se refería a la intensidad, la molestia, lo ruidoso y la actitud mental (¿qué piensa sobre el ruido?: debe ser disminuido - no poner atención), reportan que las reacciones positivas son aproximadamente del 30% para cada pregunta, entre el 10-15% de la gente reacciona fuertemente al ruido, mientras que la mayor reacción es, sin embargo, neutral en un 40-50%; con base en estos resultados los autores promueven los criterios de ruido ambiental basados en las reacciones neutrales, que en este estudio son la mayor parte de las reacciones de los 2,026 encuestados. Mientras que Ouis (2001) realiza una revisión sobre los efectos negativos del ruido por tránsito vehicular reportando que, la molestia es



la principal reacción al ruido ambiental, también considera que décadas de investigación ya permiten determinar una relación cuantitativa entre el ruido ambiental y la reacción de molestia de la gente.

En escenarios habitacionales, en un estudio realizado en México, Estrada, Ortega y Mercado (1996) reportan una relación entre la intensidad del sonido y la evaluación de los aspectos psicológicos en la vivienda, reportan que existe una relación lineal negativa entre ellas, lo que significa que a menor sonido en las recámaras (con mayor silencio), se tiene una percepción de la vivienda de mayor privacidad, mejor habitabilidad, más posibilidad de desplazamiento, una adjudicación de valores positivos, se incrementa la percepción de seguridad y se evalúa con mayor significatividad a la vivienda. En un estudio realizado en Estados Unidos, Bronzaft (1998) compara a dos grupos, uno viviendo con el patrón de vuelo de un aeropuerto principal y el otro en una área sin vuelos, para determinar si estos grupos respondían diferencialmente a preguntas pertinentes al ruido, a la percepción de la salud y aspectos de la calidad de vida, encontró que cerca del 70% de los residentes que viven en los corredores aéreos reportaron molestia por el ruido de las aeronaves, también los sujetos que son perjudicados por el ruido de aviones reportaban dificultades para dormir y se percibían con una salud pobre. Con otra perspectiva metodológica, Ng (2000) considera que la contaminación por ruido es un problema ambiental en las ciudades y que los estudios se han enfocado al ruido del transporte, mientras que la exposición al ruido en la construcción de edificios no ha sido estudiada. Con un estudio cuasi-experimental, moradores de tres residencias estudiantiles cercanas a un lugar en construcción sirvieron como tres grupos de comparación, donde se analizaron las mediciones de los niveles sonoros, los registros del movimiento de los residentes y las observaciones sistemáticas de ventanas abiertas o cerradas, encontrando diferencias significativas sobre los efectos conductuales percibidos tales como; estar despertando, dificultad con la relajación y las actividades relacionadas con el estudio e interrupciones en las conversaciones y observación de televisión, siendo estos efectos más significativos para los residentes más cercanos al sitio de construcción que aquellos más alejados, además, los residentes afrontan el ruido hablando más fuerte, manteniendo las ventanas cerradas y saliendo del cuarto. En un estudio realizado en Austria con 1280 niños de educación primaria (8-11 años), Lercher, Evans, Meis y Kofler (2002) investigaron la relación entre los niveles de ruido ambiental y múltiples índices de salud mental, considerando factores de riesgo

psicosocial y biológicos como moderadores potenciales. Para medir la exposición al ruido en sus viviendas primero se evaluó por modelamiento con el apoyo de un sistema de información geográfica, con lo cual se identificaron los puntos de medición en las viviendas de la localidad cercana a Innsbruck. Los autores reportan que los niveles de ruido ambiental fueron asociados con decrementos en la salud mental de los niños, también muestran que los niños con bajo peso al nacer o los prematuros pueden ser más vulnerables a las consecuencias adversas en la salud mental por la exposición al ruido ambiental. Finalmente los investigadores ofrecen con estos resultados la primera evidencia de una función de reacción dosificada entre la exposición al ruido y la salud mental en niños.

En la línea de investigación de la percepción de riesgos ambientales, Staples y Cornelius (1999) reportan la importancia de la percepción de riesgo ambiental y las disposiciones a estar generalmente preocupado o sensible al ruido, en la predicción de la molestia del ruido de aviones. Sus resultados muestran que la molestia fue predicha por la valoración del riesgo de ruido ambiental ( $Beta = .60, p < .0001$ ) pero, no por la preocupación general o sensibilidad al ruido. Concluyen que esta percepción de riesgo del ruido ambiental es un constructo que puede contribuir a entender cómo la gente evalúa las consecuencias de una fuente de ruido en desarrollo.

En los escenarios hospitalarios, Reidl, Ortega y Estrada (1998) reportan la relación que existe entre la evaluación psicoambiental que hacen los usuarios durante su estancia en una sala de espera hospitalaria, con la medición de la intensidad sonora (dBA) y la edad de los usuarios. Indican, además, que el sonido tiene una asociación negativa mientras que la edad mantiene una relación positiva con la evaluación psicoambiental reportada por los usuarios, lo que apunta a que, a menores niveles de sonido y mayor edad, los usuarios perciben una mejor calidad psicoambiental del escenario. Igualmente Ortega, Hernández, Chávez, López y Estrada (2000) hacen una descripción de los niveles sonoros de un Centro para la atención de la salud, encontrando una intensidad promedio de 62.9 dBA en los pasillos, de 64.4 dBA en los consultorios con puerta abierta y de 60.3 dBA con la puerta cerrada. Con base en lo anterior, los autores proponen como alternativas para reducir los niveles de ruido, el tratamiento acústico en la sala de espera, reubicación de actividades ruidosas, pisos revestidos con techos difusores en los pasillos,

enmascarar el ruido con música o el sonido de elementos naturales como agua, cascadas y el canto de aves.

En los escenarios laborales donde se necesita tener alto desempeño, Sundstrom y Town (1994) reportan que, de 2391 empleados encuestados, el 54% dice estar frecuentemente molesto por el ruido, especialmente por personas caminando y los timbres telefónicos; esta molestia por el ruido correlaciona con la insatisfacción del ambiente y del trabajo, pero no con el rendimiento expresado por el supervisor y el autoreportado, por lo que consideran que la molestia por el ruido en las oficinas puede reflejar una variedad de características ambientales y de trabajo, y que puede tener un rol en la satisfacción laboral a través de ambas características. Contrariamente, Auble y Britton (1958 en Bell et al., 1990) encontraron efectos del ruido en el desempeño de la tarea, reportando que se pueden cometer más errores cuando se trata de una tarea que requiere concentración, en tanto que un ruido repentino puede ayudar al desempeño de una tarea porque activa a una persona medio dormida. Igualmente, Broadbent (1971 en Holahan, 1996) considera que el ruido es estimulante pero en exceso reduce la atención.

En los escenarios educativos con alumnos de educación superior, Belojevic, Slepcevic y Jakovljevic (2001) aplicaron una tarea aritmética a 123 estudiantes de medicina bajo dos condiciones de laboratorio, silencioso (42 dB  $L_{Aeq}$ ) y ruidoso (ruido de tránsito de 88 dB  $L_{Aeq}$ ). Evaluaron, además, el rasgo de personalidad de intro-extroversión a través de un cuestionario para formar dos grupos (introvertidos y extrovertidos) reportando que no fue significativo el efecto del ruido en el proceso mental bajo las condiciones de silencio; sin embargo, los sujetos extrovertidos rindieron significativamente más rápido en la condición ruidosa que en la condición silenciosa, mientras que los problemas de concentración y fatiga fueron más pronunciados en la condición ruidosa en los sujetos introvertidos, de tal manera que el análisis de correlación revela una relación negativa altamente significativa entre la extroversión y la molestia del ruido durante el proceso mental.

### **Efectos no auditivos sobre la salud de las personas**

Con respecto a los estudios sobre los efectos del ruido en la salud humana se han reportado algunos datos en la literatura científica psicológica, en diferentes escenarios y con metodologías diversas.

En Estados Unidos de Norteamérica, en un estudio longitudinal en Los Ángeles, Cohen, Krantz, Evans y Stokols (1981) reportan que los niños y los adultos pueden ser afectados negativamente por la exposición crónica al ruido. Con los datos encontrados muestran que existe una relación entre el ruido y la desesperanza, además de la afectación negativa del desempeño de tareas por la exposición al ruido concomitante. Concluyen que los efectos de la exposición al ruido parecen ser muy duraderos y que puede tomar más de un año para que las personas regresen a sus niveles normales de conducta y salud.

En 1956, Selye (en Holahan, 1996) afirmó que el individuo gasta energía psíquica en el proceso de adaptarse a condiciones ambientales de estrés, por ejemplo, en diversas situaciones donde el ruido es impredecible. Posteriormente Glass y Singer (1972 en Holahan, 1996) encontraron que el ruido impredecible era mas aversivo que el predecible. Otras evidencias muestran que niveles de ruido alto aumenta la tensión fisiológica típica del estrés (Cohen 1977 en Bell et al., 1990); donde un ruido intenso es asociado con dolores de cabeza, nauseas, inestabilidad, ansiedad, impotencia sexual y cambios de humor.

Borsky (1969 en Bell, 1990.) sugirió otros factores de molestia del ruido: si percibimos el sonido como innecesario, si pensamos que quienes ocasionan el ruido son unos desconsiderados del bienestar de los demás, si se piensa que el ruido es dañino para la salud, si se asocia el ruido con miedo y si la persona está insatisfecha con otros aspectos de su ambiente

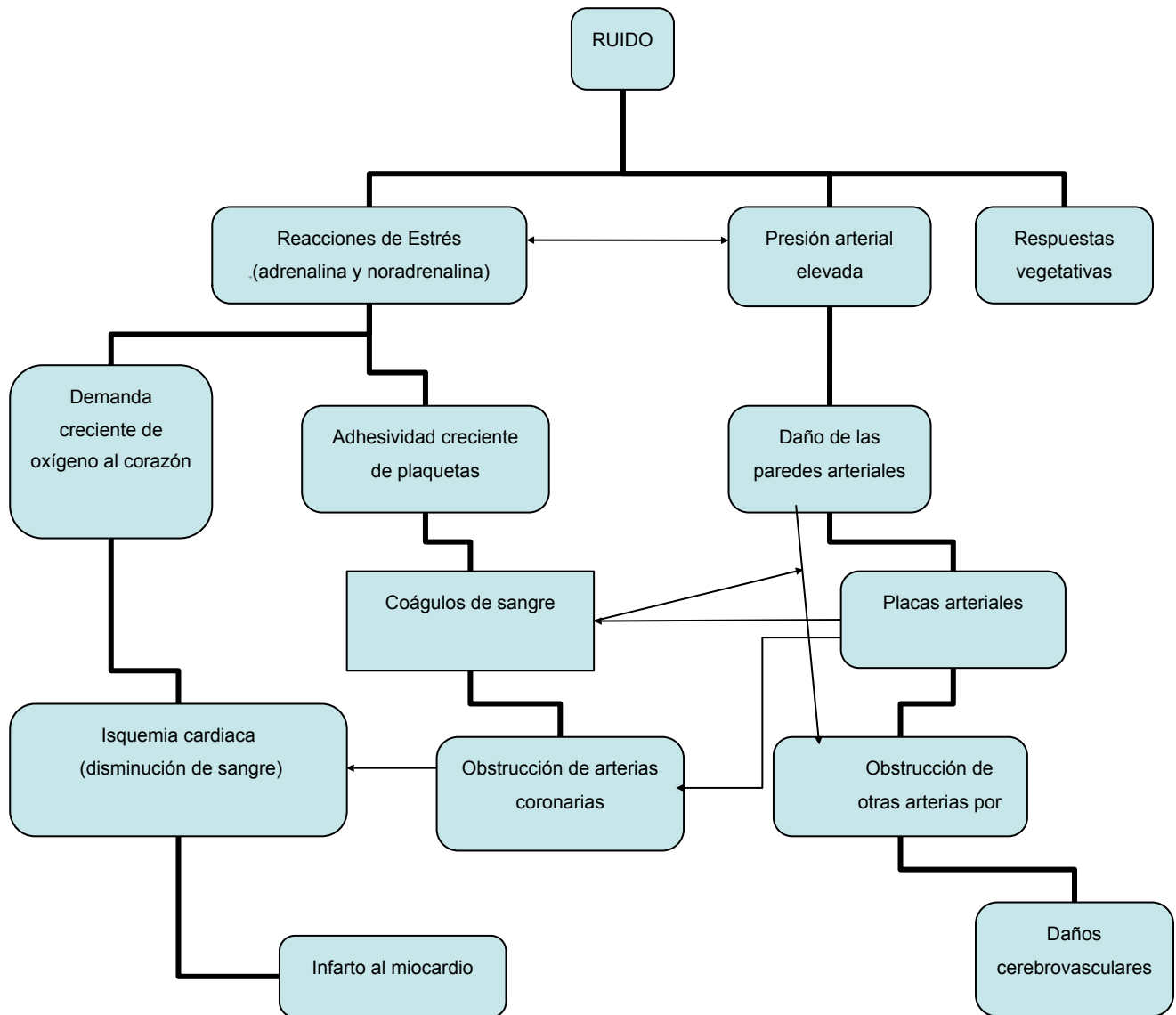
Investigaciones realizadas en situaciones de laboratorio han mostrado que el ruido provoca reacciones fisiológicas asociadas con el estrés, se ha visto que el ruido aumenta la actividad electrodérmica (Glass y Singer, 1972), la secreción de adrenalina (Frankenhaeuser y Landberg, 1977) y la presión arterial (Cohen, Evans, Krantz y Stokols, 1980).

En México, Souza y Machorro (1986) reporta que existen evidencias científicas que sugieren que hay relación entre el ruido y el estrés. Durante la gestación de los animales esta relación produce anormalidades fetales y defectos postnatales conductuales, ya que parece disminuir la circulación útero-placentaria fetal. El impacto auditivo postnatal afecta el eje hipotálamo-hipofisario y el sistema autonómico vegetativo, de lo cual resultan los signos sistémicos del estrés. Los efectos conductuales, como la afectación en la ingestión

de comida y agua, y las convulsiones audiogénicas son debidos al estrés. Los efectos señalados en los seres humanos son iguales a los encontrados en los animales, pero las diferentes personalidades, el significado subjetivo y la patología individual subyacente modifican la respuesta. Los efectos persisten en una intensidad igual a la inicial aun después de cesar el estímulo, por lo que pudiera no haber habituación tras la exposición crónica. En los individuos que trabajan bajo condiciones ruidosas aparece una gran variedad de trastornos, los estudios de poblaciones expuestas al ruido reportan un incremento en la morbimortalidad. Por ello, la relación que hay entre el ruido y los trastornos mentales parece deberse al ruido intenso, el ruido también puede influir para que se presente el cáncer, o acelerar su desarrollo por vía teratogénica. El estrés auditivo puede inducir conductas que propicien el consumo de tabaco, alcohol y otras sustancias químicas, así como aumentar las posibilidades de riesgo y propensión a múltiples enfermedades.

En el documento *Greenpaper Future Noise Policy* (European Commission, 1996) se proporciona una norma establecida en la Unión Europea para el límite del ruido ambiental de 65 dBA en el día, sin embargo, cuando la exposición al ruido excede el  $L_{Aeq}$  de 65 dBA, Gottlob (2000) afirma que existe evidencia epidemiológica de la posibilidad de efectos dañinos en la salud, en particular los concernientes a los ataques al corazón.

Para concluir con los efectos en la salud por la exposición al ruido, investigadores norteamericanos de la Agencia de protección ambiental realizaron un sendero hipotético de los posibles daños cardiovasculares provocados por el ruido (Environmental Protection Agency 1976, EPA 550/9-76-007 en Burns, 1979), como lo observamos en la siguiente figura II.2.



**Figura II.2. Efectos del ruido en la salud humana**

Después de años de investigación de la comunidad científica se ha tenido un impacto en los tomadores de decisiones; por ejemplo, Bronzaft (2002) reporta que, en el año 2000, el Congreso de los Estados Unidos aprobó un llamado legislativo para que la Academia Nacional de Ciencias (NAS) condujera un estudio sobre los efectos del ruido en la salud y el aprendizaje en niños. Por considerar que la opinión científica es justa en la demanda de más evidencia rigurosa para vincular ruido con salud, sobre todo los impactos negativos del ruido sobre la salud. Se concluye que la evaluación realizada hasta ahora sobre los efectos del ruido en la salud fisiológica y psicológica, señala que hay evidencia suficiente para justificar la advertencia de que el ruido puede ser peligroso para la salud y el bienestar.

En nuestra opinión, el trabajo de investigación futuro sobre los efectos del ruido en las personas, se orientará en el descubrimiento de los procesos individuales que intervienen en el impacto negativo que padece el ser humano en sí mismo y en sus actividades. Con la meta final, como pronostica el especialista Gary Evans de la Universidad de Cornell en Estados Unidos, de que debemos pensar en el ruido como un problema de salud pública, y no como un problema menor al cual nos habituamos sin riesgo alguno.





### **III. EFECTOS PSICOLÓGICOS DE LA ACÚSTICA EN SALONES DE CLASE.**

Si nos enfocamos en nuestro contexto educativo nacional y vislumbramos el impacto potencial del fenómeno encontramos que, de acuerdo a la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2006), en México en el ciclo escolar 2004-2005 se inscribieron en la educación primaria 14.7 millones de niños de 6 a 14 años en 98,178 escuelas de todo el país, asignados a 734,661 grupos de primaria, con una relación alumno/maestro de 26.2 a nivel nacional. También reportan que en el D. F. existen 3,392 escuelas con 37,835 grupos con una relación alumno/maestro de 26.5. Igualmente, en el Distrito Federal con información del Sistema Nacional de Información Educativa de la SEP (SNIE, 2007) en el ciclo escolar 2005-2006, la matrícula en la educación primaria fue de 964,303 alumnos inscritos; de los cuales 763,219 se inscribieron en escuelas públicas y 201,084 en escuelas particulares. Este número de alumnos asistieron en el mismo ciclo escolar a 3,386 escuelas; de las cuales 2,230 eran públicas y 1,156 escuelas particulares. Con estos datos se puede calcular la densidad de alumnos por escuela; obteniendo en promedio 342 alumnos en cada escuela pública (tienen 12 ó 18 aulas) y 174 alumnos por cada escuela particular. Actualmente ya se reconoce a la infraestructura educativa como desfavorable por la propia autoridad educativa, tal como lo comenta la ex administradora federal de servicios educativos en el D. F., S. Ortega (2005) al advertir que la infraestructura educativa del D. F. tiene un rezago de 25 años, afirma que el problema no es trivial porque “tenemos evidencia de que los resultados de los alumnos se relacionan con el ambiente escolar. Es decir, a mejor ambiente, mayores logros, eso está probado estadísticamente” (p. 42).

A continuación revisaremos la literatura especializada de estudios realizados en escenarios educativos, se hará la revisión con una perspectiva cronológica considerando décadas de investigación, que nos sugiere una evolución del conocimiento en esta área. Estos avances científicos se han centrado en la medición física de diversas variables acústicas de los espacios de aprendizaje, y su relación con variables de tipo psicológico en los alumnos.

Los estudios sobre los efectos del ruido ambiental en los escenarios educativos se incrementan a partir de los años 1970's, al mismo tiempo que se crea la Agencia de

Protección Ambiental Estadounidense en 1970, y dos años después en 1972 se realiza la Conferencia de Estocolmo de la ONU sobre la situación ambiental mundial, a partir de la cual, se gestan nuevos conocimientos sobre el impacto ambiental. De manera paralela, en el campo de la Acústica, desde 1970 como un producto del desarrollo teórico-técnico se utiliza el tiempo de reverberación como una variable cuantificable de un espacio o recinto cerrado, por lo que, posiblemente los primeros estudios documentados responden a estas nuevas demandas ambientales formuladas en estos foros e instituciones combinado con los avances tecnológicos en la Acústica.

### **Estudios iniciales en las décadas de 1970's y 1980's**

Como un ejemplo de las respuestas surgidas a estas demandas ambientales, la misma *U. S. Environmental Protection Agency* (1981) documenta que los efectos indirectos del ruido en la interferencia de la comunicación son: alteración de las actividades educativas, riesgos de seguridad y una fuente de molestia extrema. Con niveles altos de ruido se reduce el número de conversaciones así como su contenido, calidad y fidelidad. Mientras que en los niños, que tienen una relativa falta de conocimiento del lenguaje, los hace menos capaces para escuchar las palabras, ya que alguna de las señales acústicas del mensaje se pierde. Sugiriendo que la exposición constante a niveles elevados de ruido en las etapas críticas del desarrollo humano, podría afectar el desarrollo conceptual y la adquisición del habla y el lenguaje junto con las habilidades relacionadas como la lectura y la escucha.

De la misma manera, en el mundo académico, los expertos iniciadores en la investigación psicoambiental sobre ruido; Cohen, Glass y Singer (1973), en un estudio con niños expuestos al ruido por tránsito vehicular, encontraron que aquellos que vivían en los pisos bajos de edificios de 32 niveles mostraron mayores deterioros en la discriminación auditiva y déficit de lectura, que los niños que vivían en los pisos más altos. En un trabajo conjunto entre las instituciones gubernamental y académica en Estados Unidos, Bronzaft y McCarthy (1975) reportan una relación significativa entre el ruido de trenes elevados y los puntajes bajos en lectura en una escuela de la parte pobre y ruidosa de Nueva York, similar a los resultados de Cohen et al. (1973). Los datos reportados por Bronzaft y McCarthy se deben a que los niños toman las clases todo el año en un lado ruidoso del edificio, donde también se realizan las pruebas de lectura obligatorias, esto lo confirman con entrevistas con maestros donde afirman que los puntajes en lectura son bajos, porque

el ruido en el salón de clase existe todo el tiempo durante el año escolar y es donde los exámenes son aplicados.

Posteriormente, Cohen, Evans, Krantz y Stokols (1980), al estudiar los efectos del ruido de aviones en alumnos de primaria de escuelas ruidosas y escuelas con menos ruido, reportan que sus resultados son consistentes con los estudios de laboratorio sobre las respuestas fisiológicas al ruido, puesto que, los alumnos de escuelas ruidosas tienen más alta presión sanguínea que los de escuelas no ruidosas; también, los alumnos expuestos al ruido tuvieron más errores en tareas cognoscitivas y desistieron antes del término de la tarea. En la misma dirección de los efectos cognoscitivos, Bronzaft (1981) realiza tratamientos acústicos en los techos de tres salones de la misma escuela de Nueva York del estudio mencionado previamente (Bronzaft et al., 1975), para probar si existe un cambio en los puntajes de lectura bajos de los alumnos; sin embargo, sólo logra disminuir el ruido de 89 dBA por el paso constante de trenes a un rango de 81 a 86 dBA, por lo que no encuentra diferencias en el logro de lectura entre los niños del lado ruidoso y aquellos del lado silencioso, debido a que el ruido sigue siendo muy alto a pesar de la disminución por el tratamiento acústico.

El estudio de los efectos del ruido en los niños escolares continúa desarrollándose, Bell (1984 en Gifford, 1987) halló que el ruido durante el aprendizaje repercute sólo cuando hay que poner en práctica lo aprendido, reportó también que, los niños que asistían a escuelas ruidosas no se habitúan nunca al ruido; es decir, sus síntomas no decrecientan o se eliminan con el tiempo, inversamente, son cada vez más acentuados sus problemas de atención que los hace más distraídos. Concluye que los logros escolares de los niños no fueron afectados cuando el origen del ruido era la escuela, pero sí hubo efectos en aquellos niños que tenían ambientes ruidosos en casa. También, Damon (1977 en Bell, Greene, Fisher y Baum, 2001) reporta que los niños que viven en casas cercanas al ruido del tráfico asistían menos a la escuela.

Asimismo, Suter (1991) considera que, la interferencia de la comunicación hablada es uno de los componentes sobresalientes del ruido que produce molestia, donde la interrupción resultante puede ser desde una incomodidad hasta un riesgo serio, dependiendo de las circunstancias. Por esto se considera que el ruido puede interferir con el proceso educativo y producir déficit escolar, porque el ruido sea de aviones, trenes y

autos puede interrumpir la comunicación en el salón y afectar incluso a los métodos de enseñanza.

En resumen, las investigaciones iniciales de los años 1970's y 1980's sobre los efectos del ruido en los niños escolares se centra en: el rendimiento académico y en la interferencia de la comunicación entre el maestro y los alumnos y entre los propios estudiantes. Aunado a lo anterior solo se identificaban como fuentes de ruido el tránsito de autos, trenes y aviones alrededor de la escuela. Para la década de los 1990's e inicio de los 2000's los estudios son más complejos, porque se consideran más efectos psicológicos y se utilizan más mediciones de variables acústicas de las escuelas, como se documenta a continuación.

### **Estudios recientes en la década de 1990's e inicio de los 2000's**

En 1995, Evans comparó los efectos del ruido en niños escolares expuestos al tránsito aéreo en Alemania midiendo la presión arterial y las hormonas de estrés en muestras de orina y de saliva. Los resultados indicaron un elevado incremento en las mediciones neuroendocrinas ante la exposición al ruido crónico; así como reactividad cardiaca en respuesta a tareas demandantes, déficit tanto en la memoria a largo plazo, como en la atención y la lectura. Asimismo, los niños que vivían en comunidades ruidosas evaluaban el lugar donde vivían de manera negativa en términos de molestia y fastidio. De la misma manera, evaluaron su calidad de vida, especialmente la de orden psicológico, como más pobre en comparación con los niños que habitaban lugares no ruidosos. Continuando con esta línea, Evans y Maxwell (1997) reportan que, escolares de primero y segundo grado expuestos crónicamente al ruido de aviones, muestran déficit significativo en la lectura al ser evaluados con una prueba estandarizada de lectura administrada en condiciones silenciosas. Estos hallazgos indican que los efectos nocivos del ruido están relacionados a exposiciones crónicas. También se ofrece evidencia de que, la correlación inversa de ruido crónico con la lectura se puede atribuir, parcialmente, al déficit en la adquisición del lenguaje porque, los niños expuestos crónicamente al ruido sufren también de una percepción deteriorada del habla la cual es, parcialmente, mediadora del vínculo ruido-exposición-déficit de lectura. Maxwell y Evans (2000), continuando con la investigación del vínculo entre la exposición al ruido y habilidades de lectura, informan que los alumnos en edad escolar se ven afectados negativamente por tales exposiciones. Los autores utilizan un modelo de cohorte para estudiar los efectos del ruido crónico sobre las

habilidades de pre-lectura en niños de preescolar de 4 y 5 años. Los niños fueron evaluados antes de instalar atenuadores de sonido en los salones y después de la instalación de paneles de absorción sonora, encontrando que, en la condición silenciosa los niños califican más alto que en la cohorte ruidosa acerca del reconocimiento medido de letra-número-palabra de una escala de lenguaje.

Similarmente, Mackensen, Bullinger, Meis, Evans y Hygge (1999), en una investigación longitudinal prospectiva acerca de los efectos del ruido de aviones de un nuevo aeropuerto en Alemania, evaluaron la salud psicológica de niños de 9 a 13 años con una escala de calidad de vida. Los resultados mostraron un decremento significativo en la calidad de vida a los 18 meses de inaugurado el aeropuerto, así como un déficit motivacional en el área del nuevo aeropuerto por la exposición al ruido de aviones. En un estudio complementario, Evans, Bullinger y Hygge (1998) reportan que, durante un período de dos años, evaluaron los índices del estrés en niños de 9 a 11 años que vivían cerca del aeropuerto; midiendo su presión sanguínea en reposo y sus niveles de hormonas neuroendocrinas. Encontraron que la exposición crónica al ruido de aviones eleva el estrés psicofisiológico de los niños; valorado tanto por la presión sanguínea como por los niveles de hormonas neuroendocrinas (epinefrina y norepinefrina). En resultados complementarios del anterior estudio longitudinal, Hygge, Evans y Bullinger (2002) reportan que, después de abierto el nuevo aeropuerto, el grupo de niños expuestos al ruido tuvieron deterioros en la memoria de largo plazo, la lectura y la percepción del habla. Como una réplica de los anteriores estudios y con otra aproximación metodológica, Haines, Stansfeld, Job, Berglund y Head (2001b) realizaron un estudio en Londres que probó si los efectos del ruido encontrados previamente son atribuidos a la exposición de ruido de aeronaves, sin embargo, reportan que sus resultados confirman parcialmente los estudios anteriores sobre la asociación entre exposición al ruido con el deterioro en la lectura y la molestia elevada. Ya que, no se confirman todos los aspectos porque los altos niveles de ruido no están asociados con: la memoria, la atención, la secreción elevada de catecolamina y el estrés auto reportado, sólo la exposición al ruido de aeronaves estuvo asociada débilmente con la hiperactividad y el equilibrio psicológico. También, complementando estos resultados, Haines, Stansfeld, Job, Berglund y Head (2001a), en un estudio con niños que asisten a escuelas alrededor del aeropuerto Heathrow en Londres, indican que la exposición crónica al ruido de aviones fue asociada con niveles

elevados de molestia y con deterioro en la comprensión de lectura, pero el ruido no estuvo asociado con problemas de salud mental ni con secreciones elevadas de cortisol. Con resultados complementarios, Haines, Stansfeld, Head y Job (2002) reportan que, la exposición crónica al ruido de aviones fue relacionada a un escaso rendimiento en lectura y matemáticas, concluyendo que esta asociación es afectada por factores socioeconómicos.

El impacto de los aspectos socioeconómicos lo han documentado Shield y Dockrell (2004a) en un estudio en 170 escuelas de Londres donde identifican que las fuentes de ruido son el tránsito vehicular y las áreas cercanas al aeropuerto Heathrow. Reportan una relación entre el ruido y factores socioeconómicos, al encontrar los niveles más altos de ruido asociados con las áreas de mayor privación social. En un trabajo complementario de las mismas autoras, Shield y Dockrell (2004b) informan los niveles de ruido registrado en 142 escuelas alejadas del tráfico aéreo, donde el 86% de ellas son expuestas al ruido del tránsito vehicular, teniendo una exposición promedio de 57 dBL<sub>Aeq</sub> en los exteriores de las escuelas londinenses.

Dockrell y Shield (2004) consideran que, los niños de escuelas primarias son particularmente vulnerables a las fuentes extrañas de ruido porque, a esa edad, requieren una mayor razón de señal/ruido que los adultos para lograr una precisión en el entendimiento del habla. Sin embargo, en los salones de clase se tiende a una pobre acústica, los niños son expuestos a altos niveles de ruido y a largos tiempos de reverberación, en esta situación, muchas palabras serán distorsionadas y difícilmente comprendidas. A pesar de este riesgo, aún es poco el conocimiento que se tiene sobre la percepción que tienen los niños sobre los aspectos acústicos de su entorno escolar. De acuerdo a las autoras, los primeros estudios sobre el ruido en las escuelas indicaban que los niños eran expuestos a altos niveles por encima de 70 decibeles, en los estudios recientes se ha confirmado estos datos sobre todo en las escuelas cercanas a aeropuertos y vialidades. Igualmente informan que, la respuesta subjetiva más difundida y mejor documentada es la molestia, sin embargo, aún no ha sido establecido si los niños están molestos por el ruido en el salón y si los grados de molestia están relacionados con los niveles de ruido registrados. Por esta razón, las autoras en este estudio diseñaron un cuestionario basado en entrevistas a maestros y alumnos con un lenguaje entendible para los niños, apoyándose en dibujos para contextualizar las preguntas. Trabajaron con una

muestra de 2036 niños divididos en grupos de 6 a 7 años y de 10 a 11 años, provenientes de 43 escuelas de los grados escolares 2° y 6° del sistema británico. Los resultados reportados para la intensidad promedio del ruido en  $L_{Aeq,5min} = 57.4$  dB y en  $L_{Amax,5min} = 70.1$  dB. Asimismo, reportan que la fuente principal del ruido fue el tráfico vehicular principalmente de autos. Igualmente, la molestia que reportan los niños hacia las diferentes fuentes de ruido es independiente del contexto donde las escuchan, en este caso, tanto en la escuela como en la casa les molesta ese ruido. Mientras que las correlaciones entre los grados de molestia y los niveles de ruido registrados fueron similares a los estudios reportados con adultos, lo cual indica que los niños son sensibles a los ruidos en su ambiente y pueden discriminar fuentes de ruido que les molesta. Las autoras concluyen, en general, que los datos muestran que el nivel de ruido en el exterior de las escuelas influye en lo reportado por los niños, con respecto a la facilidad de audición de sus maestros.

Sincrónicamente, en otra parte de Europa, Enmarker y Bonan (2004) llevan a cabo un estudio para evaluar la molestia por ruido en escolares de educación media, donde los alumnos identifican las conversaciones en clase y el arrastre de sillas y mesas como las principales fuentes de ruido en sus escuelas, quedando claro que los ruidos producidos por ellos mismos son el origen de su molestia, sin encontrar diferencias entre hombres y mujeres en sus respuestas; lo cual indica, resultados contrarios acerca de las diferencias por género en la molestia producida por el ruido, porque en otros estudios las mujeres reportan mayor molestia que los hombres.

Del mismo modo, Lercher, Evans y Meis (2003) afirman que, la literatura indica un patrón claro de la adquisición mediocre en la habilidad de lectura cuando existen niveles altos de ruido. Con los datos del estudio realizado con niños ( $M = 9.7$  años) *que* viven en pueblos y áreas rurales en las regiones alpinas de Austria (de 57 a 74 dBA), los autores sugieren que incluso la exposición a niveles modestos de ruido ambiental puede tener efectos perjudiciales sobre el desarrollo de procesos cognoscitivos (atención y memoria) de los niños pequeños.

De manera paralela a los anteriores estudios con orientación ambiental que se han enfocado al escenario educativo en su conjunto, se han realizado estudios con orientación educativa enfocados en los salones de clase. Esta integración de estudios de tipo educativo donde se relacionan variables de aprovechamiento escolar con variables

acústicas, han permitido tener evidencia de diversos efectos en los alumnos. La realización de estudios de campo y experimentales con enfoque educativo han producido normas para una acústica adecuada en los salones de clase. Una muestra de estos estudios los revisaremos a continuación.

## **Estudios con enfoque educativo**

Palmer (1998) considera que, los salones de clase son ambientes auditivos-verbales donde la “escucha” es el cimiento del sistema educativo, y el mensaje pronunciado en cualquier salón es acompañado por interferencias en forma de ruido y reverberación, que al mismo tiempo afectan el reconocimiento del mensaje. Por esta razón, la *American Speech and Hearing Association* (ASHA, 1995 en Palmer, 1998) recomienda que la voz de los maestros sea de 15 dB arriba del ruido de fondo o ambiental (+15 dB de razón señal-ruido) dentro de un salón de clases para oyentes jóvenes, también que el tiempo de reverberación no exceda los 0.4 segundos para lograr un máximo reconocimiento del discurso en los salones con oyentes niños. Además de estos parámetros y, acorde al estándar sueco, Lubman (1997) afirma que, un salón desocupado satisfactorio acústicamente debería tener un nivel de ruido ambiental no mayor de 30 dBA, mientras que las cafeterías y los gimnasios escolares no más de 40 dBA. Años después; Sutherland y Lubman (2001) señalan que los estudios de investigación educativa muestran que el aprendizaje es dependiente de la habilidad para comunicar por medio del lenguaje hablado, de la misma manera que la percepción del lenguaje hablado es la base para la habilidad de leer y escribir.

Para Dockrell, Shield y Rugby (2004), los salones de clase pueden ser lugares muy ruidosos que dificulta a los niños el escuchar y entender a sus maestros. A causa del pobre diseño acústico de las escuelas se propicia que: incrementen los problemas del ruido, eleven la dificultad en la audición de los niños y en el entendimiento de los maestros. Las autoras reportan que en este estudio, con niños de 7 a 11 años de edad en escuelas primarias de Londres, los niños mayores fueron más conscientes del ruido aunque los menores reportan más molestia, sus datos también sugieren que el ruido intermitente (trenes, motos, sirenas y camiones) es el causante de mayor molestia en los niños escolares. También refieren que los niños no sólo están conscientes del ruido en sus



salones sino, además; estudios recientes han mostrado que existen efectos marcados del ruido interior sobre la lectura, las matemáticas y el rendimiento académico de los niños. Sin embargo, hasta ahora los mecanismos que determinan el impacto sobre el rendimiento son aún indeterminados o indefinidos.

De manera similar; Johnson (2001) considera que, la mala acústica en los salones de clase interfiere con la inteligibilidad de la palabra, o sea, la habilidad de un alumno para escuchar e interpretar correctamente instrucciones o discusiones. Cuando en un salón se escuchan “ecos”, o cuando entra el ruido del tráfico, o cuando generan ruido las otras actividades en la escuela, generalmente se interrumpe la concentración de los alumnos y, es probable, que los estudiantes pierdan o malinterpreten parte del contenido de las clases.

Igualmente, Petry, McClellan y Myler (2001) proponen, que los estudios confirman que el ambiente acústico en un salón es una variable importante en el logro académico de los niños, indicando que para tener una comunicación efectiva en el salón, el nivel de ruido ambiental sin alumnos no debería exceder de 30 a 35 dBA, con un tiempo de reverberación no mayor de 0.4 segundos. Los autores afirman que una excesiva reverberación y/o ruido en los salones puede afectar la percepción del habla, además de la habilidad de lecto-escritura y la concentración.

En Alemania, Schick, Meis y Reckhardt (2000) hacen un análisis de los trabajos publicados internacionalmente donde muestran que, la acústica de los salones de clase se ha descuidado tristemente por todo el mundo tanto en Alemania como en otros países, la excepción es Estados Unidos donde la acústica en el salón de clase ha comenzado a ser cada vez más importante. En contraste, se le da más importancia a los escenarios laborales de todas las regiones del mundo, donde la intensidad de los niveles de ruido que se reporta en los lugares de trabajo no son más altos que lo establecido por las normas. Esto significa que; mientras se protege a los padres en sus lugares de trabajo se espera que, sus niños aguanten condiciones adversas por años. Las investigaciones también muestran que los niños sufren de dificultades para aprender bajo tales condiciones estresantes. En ocasiones estas condiciones pueden, incluso, inducir a los niños a obtener una pobre ejecución en las pruebas escolares, cuando los salones de clase son ruidosos que cuando son silenciosos. El informe de los autores resume las dificultades comprobables que los niños tienen al aprender a leer y hablar en entornos ruidosos.

Concluyen que, hoy parece justificarse la suposición de que el desempeño en la escuela tiene que ser atribuido, entre otros factores, a las condiciones ergonómicas inadecuadas presentes en las escuelas; donde, el ruido causado por los usuarios de las escuelas junto con la características acústicas terribles son los principales responsables de esta situación.

Crandell y Smaldino (2000) reportan una revisión de la literatura donde se analizan varias variables acústicas como: ruido, reverberación, razón señal/ruido y distancia orador-oyente; las cuales pueden afectar negativamente la percepción del habla en los salones de clase. Por ejemplo, el ruido ambiental en un salón afecta la habilidad de los niños para percibir el habla, debido al enmascaramiento de las señales acústicas y lingüísticas que componen el mensaje hablado del maestro, porque en general, la energía espectral de las consonantes es menos intensa que la energía de las vocales, consecuentemente, el ruido en el salón reduce primordialmente la percepción de las consonantes. Desafortunadamente, aún decrementos mínimos en la percepción de consonantes puede influir significativamente en la percepción del habla, porque la mayoría de la habilidad de los oyentes para entender el habla es el resultado de la energía consonántica. También, en la mayoría de los ambientes de aprendizaje, la consideración más importante para la exacta percepción del habla no es el tipo o intensidad de ruido, sino la relación entre la intensidad de la señal (voz) y la intensidad del ruido ambiental en el oído de los niños, esta relación es lo que se llama razón señal/ruido. Adicionalmente, al deterioro del reconocimiento del habla, el ruido puede también comprometer el rendimiento académico, las habilidades de lectura y ortografía, la concentración, la atención y la conducta en los niños. Igualmente, la reverberación puede afectar la percepción del habla a través del enmascaramiento de la energía directa por la energía reverberante resultando en, un “aplastamiento” o enmascaramiento del habla. Al igual que el ruido, la reverberación tiende a afectar adversamente la percepción de las consonantes, específicamente, la reverberación causa una prolongación de la energía espectral del sonido de las vocales, la cual oculta o enmascara los fonemas consonantes subsecuentes, particularmente aquellas consonantes al final de la palabra.

Para los autores, la interacción del ruido y la reverberación afectan adversamente la percepción del habla mayormente que si consideramos la suma de ambos tomados independientemente. Por ejemplo; si existe ruido y reverberación en el salón sus efectos

combinados reducen en un 40 ó 50% la percepción del habla, mientras que el efecto del ruido o de la reverberación por separado reducen en un 10% la percepción. Otro factor acústico que influye en la percepción del habla es la distancia del maestro al alumno; donde en distancias largas (> 3 metros) predomina el sonido indirecto o reverberante, que puede reducir significativamente la percepción del habla. Por ejemplo; se ha reportado que en un salón acústicamente bueno ( $S/R = +6$  dB;  $tR = 0.4$  segundos) los niños pudieron reconocer el 71% de los estímulos (monosílabos sin sentido), mientras que en un salón acústicamente malo, comúnmente reportado en la literatura ( $S/R = 0$  dB;  $tR = 1.2$  segundos) los puntajes en la percepción del habla decayeron a menos del 30% de respuestas correctas. Los autores concluyen que los datos que se han reportado son alarmantes porque la acústica inapropiada de los salones puede afectar negativamente no sólo la percepción del habla, sino también los logros psicoeducativos y psicosociales.

Es importante mencionar que los parámetros acústicos están muy interrelacionados y dependen del diseño físico del salón, por lo que, Bistafa y Bradley (2000) recomiendan que salones de clase muy silenciosos, con tamaño y forma estándar, obtienen el 100% de inteligibilidad de la palabra con un tiempo de reverberación de por lo menos entre 0.4 s a 0.5 s. También recomiendan que el nivel de ruido de fondo ideal es de 25 dB, con un máximo recomendado de 20 dB por debajo del nivel de la voz a 1 metro frente al orador. De tal manera que, el ruido máximo junto con el tiempo de reverberación recomendados proporcionan una razón señal-ruido de más de 15 dB en los salones de clase. Por ejemplo, Hodgson (2004) llevó a cabo una modificación en 14 aulas universitarias donde midió sus características acústicas antes y después de tal adecuación. Los resultados indicaron que únicamente algunas renovaciones fueron benéficas, aún así, con esta modificación la calidad de la comunicación verbal paso de pobre a buena. Concluye que para lograr una alta calidad acústica en los salones es esencial un sistema de ventilación silencioso, además de una cantidad apropiada de absorbentes de sonido en el interior de las aulas.

Knecht, Nelson, Whitelaw y Feth (2002) afirman que se han establecido tres características acústicas para evaluar cómo un individuo puede escuchar y entender un discurso en los salones de clase, la primera es el nivel de ruido ambiental, la segunda es el tiempo de reverberación y la tercer característica es la llamada razón señal/ruido. Para tener más claro el uso del concepto de tiempo de reverberación, se reconoce que; a

menor volumen de un espacio y mayor absorción del ruido en ese cuarto, el tiempo de reverberación disminuye. En el caso de la razón señal/ruido, se reconoce que; ante altos niveles de ruido y/o largos tiempos de reverberación, la razón señal/ruido es baja. Los autores reportan un estudio en 32 salones desocupados de escuelas primarias urbanas, suburbanas y rurales utilizando mediciones físicas, y también, manejan una lista de verificación para observar sin necesidad de medir las características acústicas en los salones de clase desarrollada por Crandell (1995). Las mediciones de ruido y reverberación se hicieron en cinco puntos del salón. Los resultados del ruido en los 32 salones desocupados fue de 34.4 dBA a 65.9 dBA, donde sólo cuatro salones tenían niveles debajo de 35 dBA como indica la norma. El tiempo de reverberación fue de 0.2 a 1.27 segundos, donde 13 salones exceden la norma ANSI y sólo seis tienen el valor óptimo de 0.4 segundos. La lista de verificación de Crandell, que pretende evaluar la acústica sin mediciones objetivas, no brindó una estimación o predicción de los niveles de ruido y del tiempo de reverberación como se esperaba.

De acuerdo a la revisión anterior, se han desarrollado varios estándares para la acústica de los salones de clase, que han sido formulados por algunas organizaciones internacionales como se indica en la siguiente tabla III.1:

**Tabla III.1.**

**Normas sugeridas para salones de clase**

Organismos Internacionales	Espacios	Nivel de ruido en dB $L_{Aeq}$	Tiempo de reverberación en segundos	Razón señal/ruido en dB
WHO-Organización Mundial de la Salud, 1999	salones	35	0.6	
American National Standards Institute, USA 2002	<283 m <sup>2</sup>	35	0.6	
Depart. for Education and Skills, UK 1993	salón de primaria	35	<0.6	
American Speech Hearing Association, USA 1995	salones	30-35	<0.4	>15

British Association of Teachers of the Deaf, UK 2001	salones	<35	<0.4	>15
--	---------	-----	------	-----

Sin embargo, Stefaniw (2001) afirma que, ninguno incluye aspectos de diseño arquitectónico puesto que los estándares actuales consideran sólo tres aspectos: el tiempo de reverberación, la razón señal/ruido y el nivel de ruido. Con base en lo anterior, propone una evaluación arquitectónica para lograr la mejor geometría que proporcione una alta inteligibilidad, y así, mejorar la comunicación en los espacios de aprendizaje. Pero desde el punto de vista del diseño acústico, Hodgson (2005) predice con sus modelos empíricos que el factor más importante del diseño que determina la calidad del habla en los salones de clase ha sido el ruido de fondo, ya que la calidad del habla generalmente decrece cuando el ruido se incrementa.

En relación a los efectos en los escolares provocados por estas variables acústicas, Yacullo y Hawkins (1987) examinan los efectos del ruido y el tiempo de reverberación sobre el reconocimiento del habla. Con base en su estudio, afirman que las condiciones acústicas actuales en los salones no permiten un adecuado reconocimiento del habla, además de que, la reverberación afecta más a los niños que a los adultos. Igualmente, Picard y Bradley (2001) consideran que las evidencias muestran que los niveles de ruido en los salones están muy alejados de cualquier regla razonable sobre los valores óptimos que permitan facilitar la comprensión del habla en estos salones. Asimismo, sugieren que para los alumnos adolescentes y adultos jóvenes la exposición al ruido ambiental no debe exceder los 40 dBA, con un tiempo de reverberación sobre los 0.5 segundos. Mientras que para los alumnos normales más pequeños la exposición debería ser entre 28.5 dBA a 39 dBA, y para los alumnos vulnerables se requieren niveles tan bajos como 21.5 dBA.

Godfrey (2003), en Estados Unidos, reporta un estudio en el estado de Ohio en 34 salones desocupados de áreas urbanas, semiurbanas y rurales, tanto de educación pública como privada donde encontró niveles de ruido de fondo alrededor de 50 dBA y tiempos de reverberación entre 0.6 y 1 segundos, los cuales compara con la norma ANSI S12.60-2002 que indica que el límite máximo de ruido es de 35 dBA y el del tiempo de reverberación de 0.6 s. Lo que indica que los salones no cumplen con la normatividad estadounidense.

A su vez, Wilson (2002) presenta los hallazgos de un estudio regional sobre las características acústicas de salones de clase de escuelas primarias de Nueva Zelanda, realizado por un grupo de profesionales multidisciplinario que cree fuertemente que una buena acústica debería ser la consideración del diseño de nuevos salones de clase. Porque mucho de lo que se aprende en la escuela se produce a través de la audición y la escucha, donde los niños son oyentes ineficientes y requieren condiciones óptimas para escuchar y entender, ya que son neurológicamente inmaduros e inexpertos para predecir a partir del contexto. Por estas razones, los niños están significativamente en desventaja al perder continuamente palabras clave, frases y conceptos por las malas condiciones acústicas. El autor en esta investigación evaluó los escenarios educativos de siete escuelas primarias de Auckland utilizando cuestionarios para maestros y un registro de los detalles de construcción de los salones. Con esa información identificaron seis salones adecuados y seis salones inadecuados, a partir de la información proporcionada por los maestros y de los detalles de construcción observados. Estos doce salones fueron evaluados a detalle con los siguientes métodos: pruebas de percepción de la palabra en condiciones de ruido natural y de ruido simulado en los salones; registro diario de los niveles de ruido en los salones; mediciones acústicas de claridad y tiempo de reverberación; modificación de los salones que los maestros identificaron como acústicamente malos, instalando en ellos techos acústicos para que, se repitieran posteriormente las mediciones acústicas en esos salones. En este estudio realizado con alumnos de 8 a 11 años de edad, la muestra seleccionada fue de cuatro niños en cada salón a los que se les aplicó la prueba de percepción del habla, en las dos condiciones establecidas; con ruido simulado de entre 62 a 70 dBC<sub>Leq</sub> y con ruido real de entre 63 a 77 dBC<sub>Leq</sub>. Asimismo, las mediciones de tiempo de reverberación y claridad fueron registradas en los 12 salones tanto ocupados como desocupados, para ello utilizaron un equipo de medición de acústica de cuartos y los registros los analizaron con un software desarrollado en Francia y Nueva Zelanda para acústica de recintos. Los resultados de la encuesta a los maestros tuvo una media de 2.8, con una mediana y moda de 3, considerando una escala de 1 (muy buen ambiente acústico) a 5 (muy mal ambiente acústico). Con respecto a la posición que mantenían más frecuentemente los maestros dentro del salón; refieren que en primer lugar fue la de “caminando alrededor” y después en segundo fue “al frente” y en tercer lugar era “al centro”. Mientras que el estilo de enseñanza que empleaba el mayor

tiempo en la clase era “el trabajo en grupo”. Sin embargo, los resultados de la prueba de percepción del habla no difieren significativamente entre los salones adecuados e inadecuados. Mientras que, los resultados del tiempo de reverberación en los salones “adecuados” fue de 0.4 segundos y el de los salones “inadecuados” tuvo un rango de 0.53 a 0.63 segundos, con un promedio de 0.57 s. Con respecto a la modificación de los salones “malos”, lograron disminuir el tiempo de reverberación de 0.6 a 0.4 segundos. Los autores concluyen que la prueba de percepción del habla utilizada no ayudo para discriminar entre los salones acústicamente “adecuados” e “inadecuados”.

Por el lado de los países orientales de gran desarrollo socioeconómico, en Hong Kong, China, Tang y Yeung (2006) llevaron a cabo un estudio sobre la calidad de la transmisión del discurso en aulas vacías de 18 escuelas públicas de nivel primaria y secundaria, donde la mayoría de ellas tenían diseños arquitectónicos estándar. Reportan que las relaciones encontradas entre los tiempos de reverberación y los índices de transmisión del discurso no parecen depender de las funciones (aulas, laboratorios y salas de música), ni de las condiciones de operación de las salas de clase. Sino que, observan que utilizando el análisis de regresión se obtiene una relación lineal entre los índices de la transmisión del discurso y el exponencial de los tiempos de reverberación. Las buenas correlaciones entre los tiempos de reverberación en las frecuencias de 500 Hz hasta 4 kHz y los índices de la transmisión sonora revelan la utilidad de estos parámetros en el diseño arquitectónico para lograr una calidad de transmisión del discurso dentro de las salas de clase. Además, muestran que el tiempo de reverberación, en la frecuencia de octavo de banda de 1 kHz, puede actuar como una estimación rápida sobre la calidad de transmisión del discurso en un salón de clase.

Del lado de los países emergentes, Loro y Zannin (2004) realizaron un estudio en la ciudad de Curitiba, Brasil, donde reportan que los tiempos de reverberación de cuatro salones fueron de: 1.65 segundos (salón vacío), 1.15 segundos (con 20 alumnos) y 0.76 s (con 40 alumnos). De la misma manera, el ruido de fondo en el salón vacío fue de 63.3 dBA y la fuente de ruido percibida fueron los salones contiguos. Estos resultados se exceden de los convenidos en todas las normas establecidas en el mundo.

Para conocer los efectos en el rendimiento escolar se han utilizado también estrategias metodológicas de tipo experimental donde se comprueban algunos de los efectos encontrados en estudios de campo.

Allen, Brogan y Allan (2004) realizaron un estudio en Canadá con una aproximación experimental, teniendo condiciones controladas del ruido entre un salón silencioso y un salón ruidoso (60 dB SPL y +10 S/N). Reportan una reducción significativa del rendimiento en la condición de ruido, pero sólo en la tarea de lectura en silencio y sólo en los niños mayores (séptimo y octavo grado). Concluyen que el efecto del ruido en los salones puede variar significativamente según la tarea y los niños.

Similarmente, Hygge (2003) en Londres, en una investigación experimental con 1358 niños de 12 a 14 años quienes participaron en diez experimentos en sus salones, fueron examinados sobre el recordar y reconocer un texto una semana después de ser leído. A los alumnos los expusieron a fuentes de ruido simples y combinadas en intervalos de 15 minutos a una intensidad de 66 dBA, también se les expuso a fuentes de ruido simple como el tráfico aéreo y el vehicular a una intensidad de 55 dBA. Los resultados mostraron un efecto mayor del ruido sobre el recordar el texto, y un efecto pequeño pero significativo sobre el reconocimiento del mismo. También reporta que la activación, distracción, el esfuerzo y la dificultad percibidas en la lectura y el aprendizaje no mediaron los efectos sobre el recordar y el reconocimiento.

Allen (2004) afirma que niveles altos de ruido en los salones pueden tener efectos a largo plazo en el progreso académico de los niños, en varios reportes se ha sugerido que los niños que asisten a escuelas con salones ruidosos pueden tener puntajes más bajos en lectura y en ejecución de tareas, que los que asisten a escuelas silenciosas (Bronzaft y McCarthy, 1975; Evans y Maxwell, 1995; Maxwell y Evans, 2000) observándose que, estos efectos son más pronunciados en los niños mayores. La autora realizó un estudio de laboratorio bien controlado para evaluar el impacto inmediato del ruido sobre la lectura y habilidades relacionadas; aplicó pruebas de lectura oral, de lectura en silencio, de conocimientos generales y vocabulario a 85 niños del octavo grado, cada niño respondió una de las cinco pruebas tanto en la condición de ruido como en la de silencio utilizando pruebas paralelas. Para lograr las condiciones de ruido-silenció fue seleccionado el ruido de un salón típico de la *Sound Effects Library* de la BBC de Londres. Los resultados, en general, muestran que el ruido tuvo un efecto muy pequeño sobre el rendimiento, los puntajes en la lectura no mostraron diferencias entre las condiciones de ruido y silencio, los puntajes de vocabulario fueron acordes a las expectativas a la edad de los niños, pero sin diferencias significativas entre el ruido y el silencio. La lectura en silencio mostró más



variabilidad al obtenerse un bajo rendimiento en la condición de ruido pero sólo en los niños mayores. Concluye la autora que estos resultados sugieren que el efecto del ruido sobre el rendimiento académico de los niños puede ser limitado y con grandes diferencias entre los niños, ya que, sólo el efecto sobre la lectura en silencio en los niños mayores muestra tendencias consistentes. También considera que en un salón real el ruido puede ser más intenso que el utilizado para este estudio y podría tener un impacto en la comprensión de la palabra, en la motivación y en la atención que son interferencias del proceso de aprendizaje.

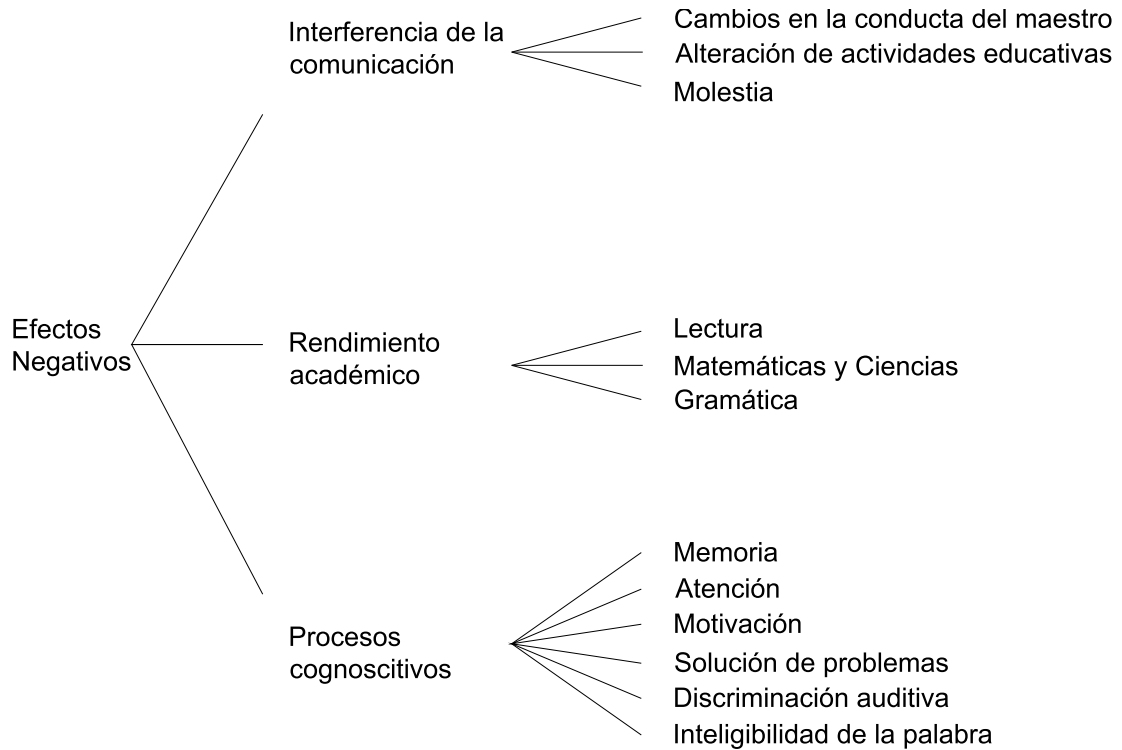
En un esfuerzo multinacional, Stansfeld, Berglund, Clark, López-Barrio, Fisher, Öhrström, Haines, Head, Kamp y Berry (2005) realizaron un estudio transnacional en el cual evaluaron 2844 niños de 9 a 10 años de edad, quienes asistían a 89 escuelas primarias cercanas a los aeropuertos de Schiphol, Barajas y Heathrow en Holanda, España y Reino Unido respectivamente. Fue realizado entre Abril y Octubre del 2002 con 908 niños de 27 escuelas de España, 1174 niños de 29 escuelas del Reino Unido y 762 niños de 33 escuelas de Holanda. Seleccionaron a los niños por su exposición al ruido del tráfico aéreo y vehicular, igualando las escuelas por el estatus socioeconómico de los países y por la exposición equivalente de ruido. Midieron los aspectos de salud y cognoscitivos con pruebas estandarizadas y cuestionarios aplicados en los salones. Los resultados muestran una asociación lineal entre la exposición crónica al ruido de aviones con el deterioro en la comprensión de la lectura y con la memoria de reconocimiento. Mientras la exposición al ruido vehicular fue asociado linealmente con aumentos inexplicables en la memoria episódica (recordar conceptos e información), y también con la molestia. Los autores consideran que sus resultados indican que un estresor ambiental crónico, como el ruido de aviones, podría perjudicar el desarrollo cognoscitivo en los niños, específicamente la comprensión de la lectura.

En un estudio reciente en salones universitarios de Canadá, Kennedy, Hodgson, Edgett, Lamb y Rempel (2006) detectan que la fuente de ruido que mayormente interfiere en la comunicación son los propios alumnos, tanto al estar platicando en clase como al estar moviéndose en el salón, seguido de los ruidos intermitentes que vienen del exterior de los salones y del edificio. Esta situación provoca que los alumnos experimenten las consecuencias de: no escuchar la participación de sus compañeros, romper su concentración, incrementar su fatiga y hacer un esfuerzo mayor para escuchar. También,

los resultados les indican que existe una asociación significativa entre la percepción de los alumnos en cuanto a escuchar fácilmente en los salones con el índice de transmisión del discurso (medida física calculada entre la señal, el ruido y el tiempo de reverberación de las aulas), siempre y cuando los demás factores evaluados se mantengan constantes. Para los autores estos datos sugieren que, en la situación de los salones actuales, existen otros factores, sumados a las características acústicas físicas, que juegan un papel importante en la percepción que los usuarios tienen referente a la calidad del ambiente de escucha. Por lo que, proponen que el diseño acústico óptimo de los salones de clase necesita considerar las condiciones de ocupación habitual, así como las características físicas y acústicas de los salones desocupados. Igualmente, los salones deberían ser diseñados para una comunicación efectiva entre los estudiantes y desde ellos al maestro, así como del instructor a los alumnos.

Por último, en una revisión del estado del arte de los efectos del ruido sobre los niños en la escuela, Shield y Dockrell (2003) consideran que en los 30 años de investigación sobre el tema, en su mayoría se ha realizado en la educación primaria con niños de entre 5 y 11 años. Reportan que muchos de los estudios se enfocan en los efectos del ruido sobre el procesamiento cognoscitivo de los niños ante la ejecución de tareas, del mismo modo, sobre el rendimiento académico en la escuela. Desigualmente, existe un número limitado de estudios sobre la molestia experimentada por los niños escolares. Además, las autoras refieren que el efecto mayor del ruido en el salón es la reducción de: la inteligibilidad de la palabra, la audición y el entendimiento del discurso.

Como conclusión, a partir de la revisión de la literatura especializada sistematice los principales hallazgos en la siguiente figura III.1., que sintetiza los efectos en los alumnos generados en parte por la acústica en sus salones de clase.



**Figura III.1. Efectos en los alumnos por la acústica de los salones de clase**

La revisión de la literatura nos demuestra la importancia de estudiar la contaminación por ruido en los escenarios educativos, porque el ruido en los salones de clase tiene un impacto en los alumnos, que indirectamente, entre otros factores, puede influir en el rendimiento escolar. Igualmente, la literatura consultada nos muestra una ausencia de estudios previos en México, relacionados con el impacto del ruido en los niños escolares. Esta situación nos indica que en nuestro país, los diversos esfuerzos realizados para aumentar el nivel educativo y rendimiento escolar no han contemplado los aspectos del diseño arquitectónico y de la acústica de los salones de clase que, como en otros países, deberían haber sido evaluados o considerados como probables obstáculos físicos para la calidad de la educación.

## **IV. MÉTODO**

### **OBJETIVO GENERAL**

Identificar los efectos psicológicos de la contaminación por ruido de molestia, interferencia de la comunicación, inteligibilidad de la palabra y comprensión de textos en alumnos de educación primaria; considerando además que, estos efectos son influidos por la interrelación entre el diseño arquitectónico de la escuela y las condiciones acústicas de los salones de clase.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Valorar la acústica de los salones de clase: mediciones físicas del ruido ambiental, el tiempo de reverberación y la razón señal/ruido.
2. Evaluar los efectos psicológicos en los alumnos: molestia e interferencia de la comunicación (medidas de autoreporte), inteligibilidad de la palabra (medida de discriminación auditiva) y comprensión de textos (medida de procesamiento cognoscitivo).

### **HIPÓTESIS**

La acústica que se produce por el diseño de los salones de clase impacta negativamente a los alumnos de educación primaria, incrementando la probabilidad de manifestar los siguientes efectos psicológicos: incrementa la molestia por el ruido; aumenta la interrupción en la comunicación docente; favorece una menor inteligibilidad de la palabra y disminuye la comprensión de textos en los estudiantes.

### **VARIABLES**

El diseño del estudio exploró las siguientes variables:

#### **Variables independientes**

Las variables acústicas que se midieron son:

1. Ruido ambiental, es todo sonido no deseado o dañino creado por la actividad humana al aire libre.

2. Tiempo de reverberación, es el tiempo requerido para que el sonido en un cuarto disminuya 60 decibeles, en otras palabras, es aproximadamente el tiempo requerido para que un sonido muy intenso disminuya hasta un nivel inaudible.
3. La razón señal/ruido (S/R), es la diferencia entre el nivel de presión sonora del habla y el nivel de presión sonora del ruido de fondo que es expresado en decibeles.

Las variables derivadas del diseño arquitectónico que se registraron son:

1. La distancia del maestro a los alumnos y
2. La ubicación física de los alumnos en el interior de los salones.

### **Variables independientes moderadoras**

Las variables de tipo sociodemográficas de los alumnos que se consideraron fueron:

1. Sexo
2. Edad
3. Nivel educativo de la madre
4. Nivel educativo del padre y
5. Densidad social en la vivienda del participante

### **Variables dependientes**

Las variables psicológicas que se evaluaron fueron:

1. Molestia, es una reacción de incomodidad que expresan los alumnos por el ruido que perciben en sus salones de clase.
2. Comprensión de textos, es la habilidad del sujeto para estudiar un texto corto e identificar una palabra clave borrada del texto.
3. Inteligibilidad de la palabra, es el entendimiento de las palabras habladas.
4. Interrupción de la comunicación, es la dificultad que perciben los alumnos para mantener una comunicación clara por el ruido en sus salones de clase.

## ***PARTICIPANTES***

La muestra fue no probabilista y la constituyeron todos los alumnos presentes al momento de las mediciones.

Los participantes del estudio fueron 189 alumnos de educación primaria que respondieron al menos a tres de las cuatro pruebas psicométricas aplicadas. De los cuales el 44.1% (82) eran mujeres y el 55.9% (104) hombres. Con respecto a sus edades en años cumplidos eran de 8 a 13 años al momento de la aplicación: el 8.5% (16) tenía 8 años; el 24.3% (46) tenía 9 años; el 24.9% (47) tenía 10 años; el 24.9% (47) con 11 años; el 15.9% (30) tenía 12 años y sólo uno (.5%) tenía 13 años. Los alumnos que participaron en el estudio cursaban del 3° al 6° grados escolares, con una distribución de la siguiente manera: tercer grado el 23.3% (44); cuarto grado el 23.8% (45); quinto grado el 27% (51); y sexto grado el 25.9% (49).

## ***INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN***

Se utilizaron dos tipos de instrumentos de medición; unos para evaluar los atributos psicológicos de los alumnos y otros para registrar las características acústicas de los salones.

Para la medición de las características acústicas de los salones, se utilizaron dos modalidades de instrumentación:

1. Para la medición de la intensidad sonora se utilizó un sonómetro digital estandarizado en las siguientes variables evaluadas, que se midieron con el parámetro de nivel sonoro continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq}$ ):
  - a. ruido ambiental
  - b. ruido de fondo
  - c. la señal/voz de los maestros
2. Para la medición del tiempo de reverberación se usó el mismo sonómetro programado con un software especializado, aunado a una fuente sonora que emite señales de ruido en diez frecuencias para incitar la reverberación en cada salón, utilizando en todas las mediciones realizadas el parámetro T20.

Para la medición de los atributos psicológicos se utilizaron tres modalidades de instrumentos:

1. De discriminación auditiva (ver anexo 3)  
Inteligibilidad de la palabra

2. Procesamiento cognoscitivo (ver anexo 4)

Comprensión de textos

3. De autoreporte, cuatro escalas (ver anexo 2)

a. Molestia: uno en formato verbal y el otro en formato numérico

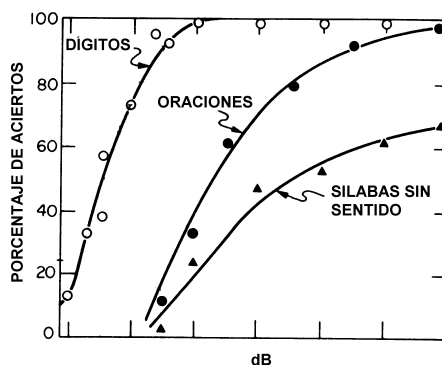
b. Interferencia de la comunicación: uno con el maestro y el otro entre los compañeros

## Descripción de los instrumentos de medición de los atributos psicológicos

### INSTRUMENTO DE DISCRIMINACIÓN AUDITIVA

La prueba de Inteligibilidad del habla fue desarrollada en México por Santiago Jesús Pérez Ruiz (ver anexo 3), investigador del Laboratorio de Acústica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la UNAM.

Para su desarrollo respetó los principios sobre la estimación subjetiva de la inteligibilidad del habla, la cual no debe confundirse con la calidad del habla, ya que la prueba está relacionada a la cantidad de palabras que se reconocen correctamente. Aunque en la práctica, se pueden utilizar tanto palabras (con o sin sentido), como oraciones o frases. Sin embargo, se debe considerar que la tarea de percibir fonemas aislados o palabras es diferente, y por tanto, requiere de un proceso neuronal distinto, una forma de entenderlo es observando la siguiente figura, denominada función psicométrica (Wilson y Margolis, 1983), que consiste en una grafica sobre la medición del desempeño frente a un conjunto de estímulos.



Donde se observa que las palabras sin sentido son un material del habla más difícil de percibir, a un nivel de sonido dado (dB), ya que tendrá un porcentaje de aciertos menor.

En el otro extremo están los dígitos (0,1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) que se perciben muy fácilmente, ya que el nivel dB para alcanzar el 20% de aciertos para sílabas sin sentido es el mismo para alcanzar casi 100 % en dígitos. Por lo que, en una prueba de inteligibilidad se elige un material del habla intermedio, mientras en el idioma inglés se utilizan palabras de una sola sílaba (monosílabos sin sentido), para el idioma español no hay un número suficiente de monosílabos para integrar un conjunto apropiado. Por esta razón en esta prueba mexicana, se determinó seleccionar como material palabras bisílabas, cuidando que estuvieran representados todos los fonemas más usuales en el idioma (es decir, fonéticamente balanceados).

En México, el autor procedió de la siguiente manera para seleccionar el material: Se analizaron 20 cintas magnéticas de 45 minutos de duración, con diálogos de programas de entrevistas de radio y televisión. Tomando una palabra cada 5 segundos, al reproducir las cintas, se recopilaron más de 80 000 palabras de lenguaje hablado. Estas palabras se analizaron con una computadora, esta cantidad de palabras representó 381 572 caracteres (Castañeda, 1987). El resultado fueron 200 palabras bisilábicas que se agruparon en listas de 50 y 25 palabras cada una. Con este material se grabó un disco compacto. El orador se eligió entre varios, después de varias pruebas donde se examinaba la articulación, control de esfuerzo vocal y el timbre de voz. Al inicio del disco se grabó un tono de calibración de 1000 Hz. Antes de realizar la prueba se realizaron varios estudios para verificar varios aspectos del material y contar con un material confiable (Castañeda y Pérez, 1991; Pérez y Castañeda, 1997; Salinas, 2007).

Todo este trabajo se realizó en el laboratorio de acústica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la Universidad Nacional Autónoma de México. Debido a que los sujetos para la prueba fueron niños, se consideró que era importante no abusar de su participación y no demandar que se concentraran demasiado tiempo, por lo tanto, no se grabó frase introductoria como algunos autores recomiendan. La prueba se contesta solicitando a la persona su respuesta escrita sobre lo escuchado. Por esta razón, en la grabación se consideró un silencio de 4 segundos, entre estímulos para dar tiempo a la respuesta. La prueba se califica por número de aciertos en porcentaje del 0 al 100, al calificar los aciertos se hace caso omiso de las reglas gramaticales relacionadas con la ortografía.



## INSTRUMENTO DE PROCESAMIENTO COGNOSCITIVO

El instrumento que se utilizó para medir el procesamiento cognoscitivo por medio de la comprensión de textos (ver anexo 4), es una sub-prueba de la batería Woodcock de proficiencia en el idioma (BWPI) en su versión en español. Esta batería de Richard W. Woodcock es un conjunto de subpruebas que cubren límites amplios de edades y que sirven para medir la proficiencia en el lenguaje oral, la lectura y el lenguaje escrito. La BWPI contiene ocho subpruebas que puede aplicarse íntegramente en subpruebas individuales o en compuestos de subescalas, la selección depende del tipo de habilidades específicas que se evalúen ya sea al evaluar a un individuo o al evaluar programas. La subprueba de comprensión de textos mide la habilidad del sujeto para estudiar un texto corto e identificar una palabra clave borrada del texto. La tarea es un proceso minucioso donde el sujeto determina una palabra que deberá ser apropiada en el contexto del texto. Esta tarea produce en el sujeto el uso de una variedad de herramientas de vocabulario y comprensión de su parte. Esta subprueba consta de 28 reactivos, y la mayoría está basada en textos contemporáneos tomados de una diversidad de material impreso. La información sobre la investigación y desarrollo de la BWPI en español no está disponible, ya que es una publicación aparte que no existe en el material consultado de la BWPI, en ella se incluyen los datos, en un informe técnico, sobre la confiabilidad y validez de la batería.

## INSTRUMENTOS DE AUTOREPORTE

Los instrumentos de autoreporte evalúan dos variables psicológicas, para cada variable se utilizaron dos escalas diferentes, por lo que se diseñaron ex profeso cuatro escalas donde se incluyeron las 17 fuentes de ruido probables alrededor del escenario educativo (ver anexo 2). La primera variable psicológica es la Molestia por ruido que perciben los alumnos en clase; una de las escalas fue diseñada en formato verbal tipo Likert con cinco opciones de respuesta que gradúan de nada a muchísimo, y la otra escala se diseñó con un formato numérico que califica del 0 al 10. La segunda variable psicológica es la Interferencia de la comunicación que perciben los alumnos durante las clases; una escala fue desarrollada para evaluar la interferencia de la comunicación con el maestro, y la otra escala valora la interferencia de la comunicación entre los compañeros. Ambas escalas se diseñaron en un formato tipo Likert con cinco opciones de respuesta que gradúan de nada a muchísimo.

El instrumento de molestia por ruido fue elaborado exclusivamente para este estudio, está creado con 17 reactivos que evalúan la respuesta a diferentes fuentes de ruido en la escuela y su entorno. Para el diseño del instrumento observamos y adaptamos las sugerencias de un grupo de expertos internacionales en el estudio del ruido ambiental (Fields et al. 2001), quienes sugieren estandarizar los formatos de encuesta para medir la molestia por ruido, con el propósito de lograr que los resultados puedan ser comparables entre los diferentes países y contextos socioculturales.

El instrumento de interferencia de la comunicación también fue construido exclusivamente para este estudio, está realizado con 17 reactivos que evalúan la percepción de los alumnos concerniente a la interrupción de la comunicación que se produce en sus clases a causa de las fuentes de ruido en su escuela. Para el diseño del instrumento adaptamos las sugerencias de los expertos (Fields et al. 2001) en particular, en lo referente a la redacción de la pregunta-estímulo, la forma de inclusión de las fuentes de ruido en la escala y en la graduación y contenido de las opciones de respuesta.

Los cuatro instrumentos de autoreporte que fueron creados e innovados por nosotros requirieron de un procesamiento estadístico para garantizar la confiabilidad y validez en su medición, proceso que se puede revisar en el anexo 1 y en el apartado siguiente sobre el análisis psicométrico de las escalas de autoreporte.

#### ANÁLISIS PSICOMÉTRICO DE LAS CUATRO ESCALAS DE AUTOREPORTE

El análisis psicométrico de las escalas de autoreporte consiste en un conjunto de análisis estadísticos que permiten valorar las propiedades métricas de un instrumento de medición psicológica, dicho conjunto se compone de cuatro análisis en particular; el análisis de discriminación del reactivo, análisis de correlación, el análisis factorial y el análisis de confiabilidad por medio del coeficiente alfa. A continuación se presentan los resultados en específico para cada uno de estos análisis estadísticos.

Los resultados del análisis de discriminación del reactivo se presentan con mayor detalle en el anexo 1. Donde se sintetiza los datos más importantes de la prueba *t* de *student* utilizada para conocer la capacidad de discriminación de cada reactivo, que se obtiene comparando las puntuaciones ( $M$  = media) del grupo en el primer cuartil (extremo bajo) con las puntuaciones del grupo en el cuarto cuartil (extremo alto). Los resultados de

este análisis nos indican que todos los reactivos están discriminando por su contenido ( $p \leq .05$ ), exceptuando el de pasillos en la escuela en la escala de “Escuchar al maestro” con una diferencia entre los grupos pero con una probabilidad mayor ( $p = .09$ ), ya que ambos grupos reportan ruido generado en los pasillos de la escuela y que afectan escuchar a su maestro. Por lo que, de acuerdo a estos datos consideramos que todos los reactivos tienen una capacidad de discriminación de su contenido entre los participantes del estudio, entonces, todos los reactivos se incluirán en el análisis factorial para conocer la estructura sintetizada de los datos y en el análisis de confiabilidad por medio del coeficiente alfa.

En las tablas IV.1a, IV.1b y IV.1c, se presentan los resultados que se obtuvieron con la técnica estadística del análisis factorial con el método de extracción de factores principales y con el método de rotación factorial oblicua, como se observa en las tablas, los reactivos se agruparon en tres subescalas que corresponden a las tres fuentes de ruido que se exploraron en este estudio: fuentes móviles, fuentes fijas y fuentes en la escuela. Es importante mencionar que los reactivos se agruparon en esta forma en las cuatro escalas aplicadas: molestia en formato verbal (Likert), molestia en formato numérico (0 a 10), Interferencia de la comunicación con el maestro e Interferencia de la comunicación entre compañeros.

Las cargas factoriales de cada reactivo en cada una de las cuatro escalas tuvieron un peso mayor de 0.40 que representa al menos un 16% de explicación de la varianza en la subescala, como se puede ver en la tabla IV.2, las cargas tienen valores en un intervalo de 0.442 a 0.856, lo cual nos indica que todos los reactivos están contribuyendo de manera suficiente en las varianzas de las subescalas extractadas por el análisis factorial.

Una vez extractados los factores o agrupaciones se buscó alguna congruencia conceptual documentada que justificara estas subescalas, encontrando que coincide con la norma mexicana sobre ruido ambiental (NOM-081 ECOL-1994) en lo referente al concepto que tiene sobre las fuentes de ruido ambiental existentes; las fuentes de ruido fijas o desde los establecimientos y las fuentes de ruido móviles o de los vehículos.

Con esta conformación de las subescalas y por su congruencia conceptual se calculó el coeficiente de confiabilidad para cada subescala de cada una de las cuatro escalas evaluadas.

Tabla IV.1a.

## Análisis factorial de las escalas de autoreporte de las fuentes móviles

Estructura Factorial de las Escalas		
Reactivos de Fuentes Móviles (7)	Cargas factoriales de las escalas	
	Escalas	Cargas factoriales
Coches	Molestia (Likert)	0.741
	Molestia (0-10)	0.787
	Escuchar al Maestro	0.737
	Escuchar al Compañero	0.706
Camiones	Molestia (Likert)	0.781
	Molestia (0-10)	0.780
	Escuchar al Maestro	0.764
	Escuchar al Compañero	0.823
Aviones	Molestia (Likert)	0.627
	Molestia (0-10)	0.800
	Escuchar al Maestro	0.629
	Escuchar al Compañero	0.555
Altavoz de la escuela	Molestia (Likert)	0.475
	Molestia (0-10)	0.442
	Escuchar al Maestro	0.656
	Escuchar al Compañero	0.543
Tráfico	Molestia (Likert)	0.729
	Molestia (0-10)	0.784
	Escuchar al Maestro	0.802
	Escuchar al Compañero	0.764
Alarmas de coches	Molestia (Likert)	0.795
	Molestia (0-10)	0.841
	Escuchar al Maestro	0.856
	Escuchar al Compañero	0.830
Claxonazos	Molestia (Likert)	0.810
	Molestia (0-10)	0.812
	Escuchar al Maestro	0.824
	Escuchar al Compañero	0.800

Tabla IV.1b.

## Análisis factorial de las escalas de autoreporte de las fuentes fijas

<b>Estructura Factorial de las Escalas</b>		
	<b>Cargas factoriales de las escalas</b>	
<b>Reactivos de Fuentes Fijas (5)</b>	<b>Escalas</b>	<b>Cargas factoriales</b>
Puestos en la calle	Molestia (Likert)	0.675
	Molestia (0-10)	0.697
	Escuchar al Maestro	0.643
	Escuchar al Compañero	0.693
Tiendas en la calle	Molestia (Likert)	0.770
	Molestia (0-10)	0.729
	Escuchar al Maestro	0.764
	Escuchar al Compañero	0.801
Talleres en la calle	Molestia (Likert)	0.688
	Molestia (0-10)	0.721
	Escuchar al Maestro	0.576
	Escuchar al Compañero	0.719
Padres en la escuela	Molestia (Likert)	0.640
	Molestia (0-10)	0.742
	Escuchar al Maestro	0.733
	Escuchar al Compañero	0.728
Gente en la calle	Molestia (Likert)	0.832
	Molestia (0-10)	0.834
	Escuchar al Maestro	0.683
	Escuchar al Compañero	0.729

Tabla IV.1c.

## Análisis factorial de las escalas de autoreporte de las fuentes en la escuela

Estructura Factorial de las Escalas		
	Cargas factoriales de las escalas	
Reactivos de Fuentes en la escuela (5)	Escalas	Cargas factoriales
Patio de la escuela	Molestia (Likert)	0.597
	Molestia (0-10)	0.703
	Escuchar al Maestro	0.581
	Escuchar al Compañero	0.585
Salones adyacentes	Molestia (Likert)	0.515
	Molestia (0-10)	0.659
	Escuchar al Maestro	0.487
	Escuchar al Compañero	0.641
Pasillos de la escuela	Molestia (Likert)	0.683
	Molestia (0-10)	0.677
	Escuchar al Maestro	0.621
	Escuchar al Compañero	0.669
Compañeros del salón	Molestia (Likert)	0.660
	Molestia (0-10)	0.664
	Escuchar al Maestro	0.627
	Escuchar al Compañero	0.618
Arrastrar sillas en el salón	Molestia (Likert)	0.597
	Molestia (0-10)	0.659
	Escuchar al Maestro	0.663
	Escuchar al Compañero	0.670

En la tabla IV.2 se presentan los coeficientes de consistencia interna (*alpha* de Cronbach) calculados en cada subescala y sus respectivas cargas factoriales de cada reactivo, como se puede ver se calcularon doce coeficientes alfa para cada una de las subescalas; que se conforman de los tres factores obtenidos con el análisis factorial en cada una de las cuatro escalas evaluadas.

Como se puede observar en la tabla, los valores del coeficiente alfa de las subescalas tienen un intervalo de 0.58 a 0.88 y el intervalo de las cuatro escalas es de 0.81 a 0.86. En el caso de las cuatro escalas se puede afirmar, que por su nivel de confiabilidad, son muy aceptables, ya que todas son mayores al 0.80 que es un valor reconocido como muy aceptable para la psicometría. Mientras que en el caso de las subescalas obtenidas su

nivel de confiabilidad es de aceptable a muy aceptable, ya que la fuente de ruido en la escuela es el factor que tiene valores aceptables en sus coeficientes alfa (0.58 a 0.72).

Con estos valores del coeficiente alfa podemos afirmar que tanto las cuatro escalas como las doce subescalas son pruebas con niveles de confiabilidad aceptables de acuerdo a la psicometría, tal como lo reporta Gronlund (1985) donde señala que la mayoría de las pruebas psicológicas reportadas en la literatura poseen confiabilidades de entre 0.60 y 0.85.

**Tabla IV.2.**

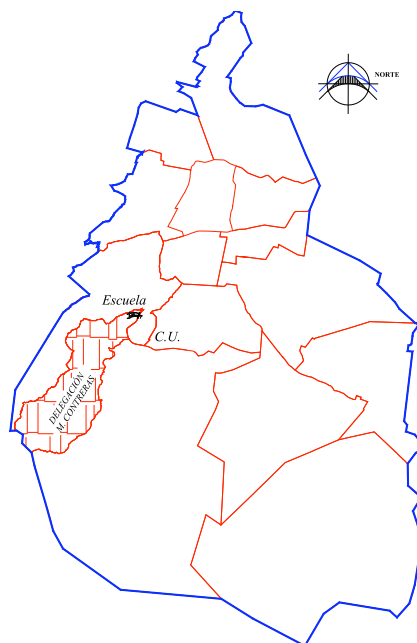
**Análisis de confiabilidad y las cargas factoriales de cada reactivo**

<b>Cargas factoriales y consistencia interna</b>	<b>MOLESTIA VERBAL</b>	<b>MOLESTIA NUMÉRICA</b>	<b>ESCUCHAR MAESTRO</b>	<b>ESCUCHAR COMPAÑERO</b>
<b>Fuentes de Ruido Móvil</b>	<b><math>\alpha = 0.85</math></b>	<b><math>\alpha = 0.88</math></b>	<b><math>\alpha = 0.88</math></b>	<b><math>\alpha = 0.85</math></b>
Coches	0.741	0.787	0.737	0.706
Camiones	0.781	0.780	0.764	0.823
Aviones	0.627	0.800	0.629	0.555
Altavoz	0.475	0.442	0.656	0.543
Trafico	0.729	0.784	0.802	0.764
Alarmas	0.795	0.841	0.856	0.830
Claxonazos	0.810	0.812	0.824	0.800
<b>Ruido en la Escuela</b>	<b><math>\alpha = 0.63</math></b>	<b><math>\alpha = 0.72</math></b>	<b><math>\alpha = 0.58</math></b>	<b><math>\alpha = 0.67</math></b>
Patio	0.597	0.703	0.581	0.585
Salones de junto	0.515	0.659	0.487	0.641
Pasillos	0.683	0.677	0.621	0.669
Compañeros	0.660	0.664	0.627	0.618
Arrastrar sillas	0.597	0.659	0.663	0.670
<b>Fuentes de Ruido Fijo</b>	<b><math>\alpha = 0.79</math></b>	<b><math>\alpha = 0.82</math></b>	<b><math>\alpha = 0.79</math></b>	<b><math>\alpha = 0.83</math></b>
Puestos de la calle	0.675	0.697	0.643	0.693
Tiendas en la calle	0.770	0.729	0.764	0.801

Talleres en la calle	0.688	0.721	0.576	0.719
Padres en la escuela	0.640	0.742	0.733	0.728
Gente en la Calle	0.832	0.834	0.683	0.729
<b>Confiabilidad Total</b>	<b>0.81</b>	<b>0.86</b>	<b>0.85</b>	<b>0.86</b>

## ESCENARIO

El estudio se realizó en una escuela primaria pública al suroeste de la ciudad de México (ver Ilustración 1), circundada al norte, este y oeste por una unidad habitacional, mientras que en su parte sur existen diversos elementos urbanizados; una pequeña zona comercial, una clínica médica, el paso a una zona deportiva, un centro de servicios recreativos y culturales y una calle que da acceso desde el periférico hacia todos estos conjuntos urbanos de la zona habitacional y de servicios (ver Ilustraciones 2 y 3).



**Ilustración 1.**  
Ubicación geográfica de la escuela



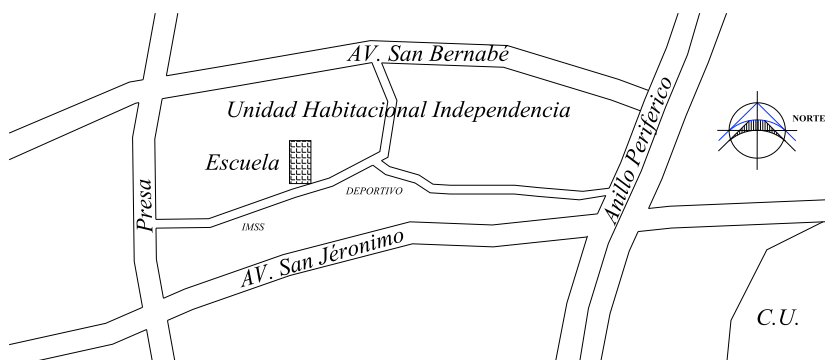


Ilustración 2. Entorno urbano de la escuela

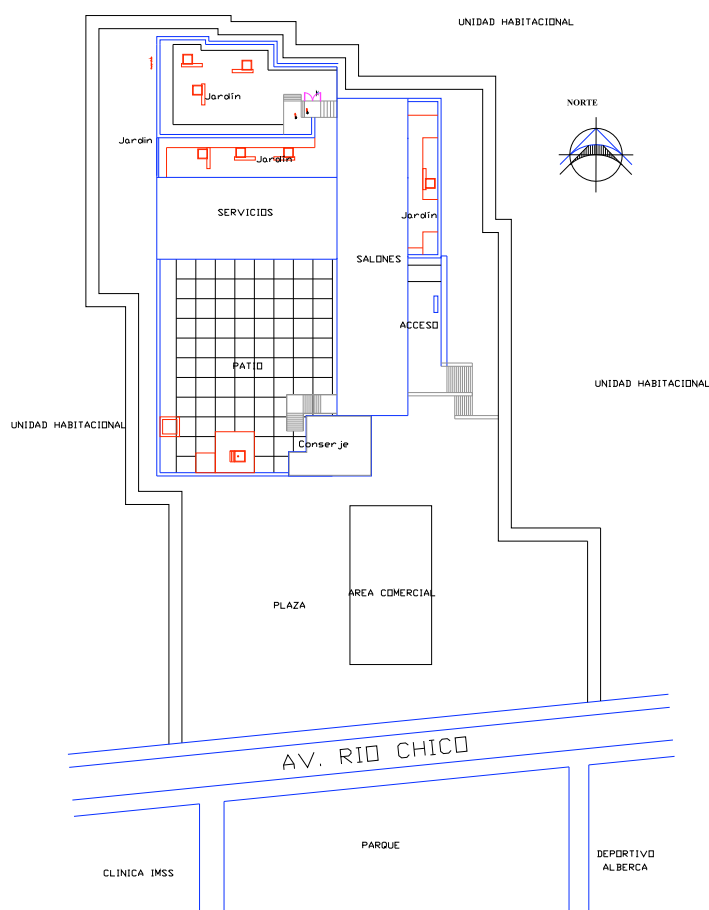
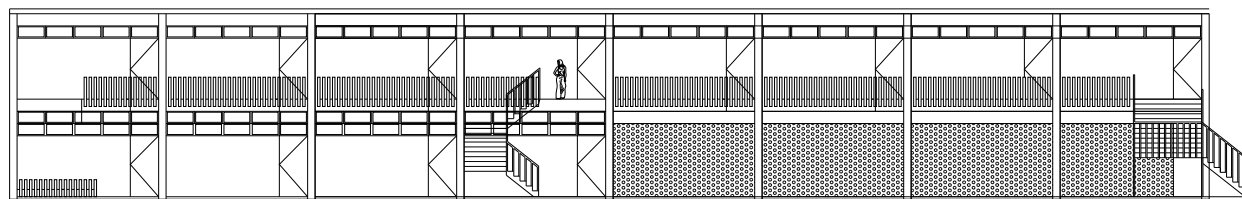


Ilustración 3. Colindancia de la escuela

La escuela trabaja en un horario extendido de las 8:00 a las 16:00 horas de forma continua, atendiendo alumnos del primero al sexto grado de educación primaria con dos grupos de cada nivel escolar. El edificio de la escuela consta de dos niveles (ver Ilustración

4) distribuidos de la siguiente manera: en la planta baja, están los primero y segundo grados en la parte norte y, en el otro extremo, está el área administrativa y de servicios para los docentes (ver Ilustración 5); en la planta alta, en el lado norte están ubicados los grupos de tercer grado y en forma sucesiva los demás grados hasta el sexto en la parte sur del edificio, teniendo en total ocho aulas en fila con las dimensiones normalizadas en México por el Comité Administrador del Programa Federal de Construcción de Escuelas (CAPFCE) de 6 metros de ancho, 8 de largo y una altura de 3 metros. Frente a las aulas existen diferentes servicios de la misma escuela; los grupos de tercero tienen un espacio abierto para actividades extracurriculares, los grupos de cuarto tienen enfrente a los baños y la escalera que une los dos niveles y también conduce a la oficina de la Inspección escolar; mientras que, los grupos de quinto y sexto grados tienen de frente al patio de la escuela donde se cumple con la educación física de todos los alumnos, entre otras actividades escolares y culturales (ver Ilustración 6).



**Ilustración 4. Vista frontal interna de los dos niveles de la escuela**

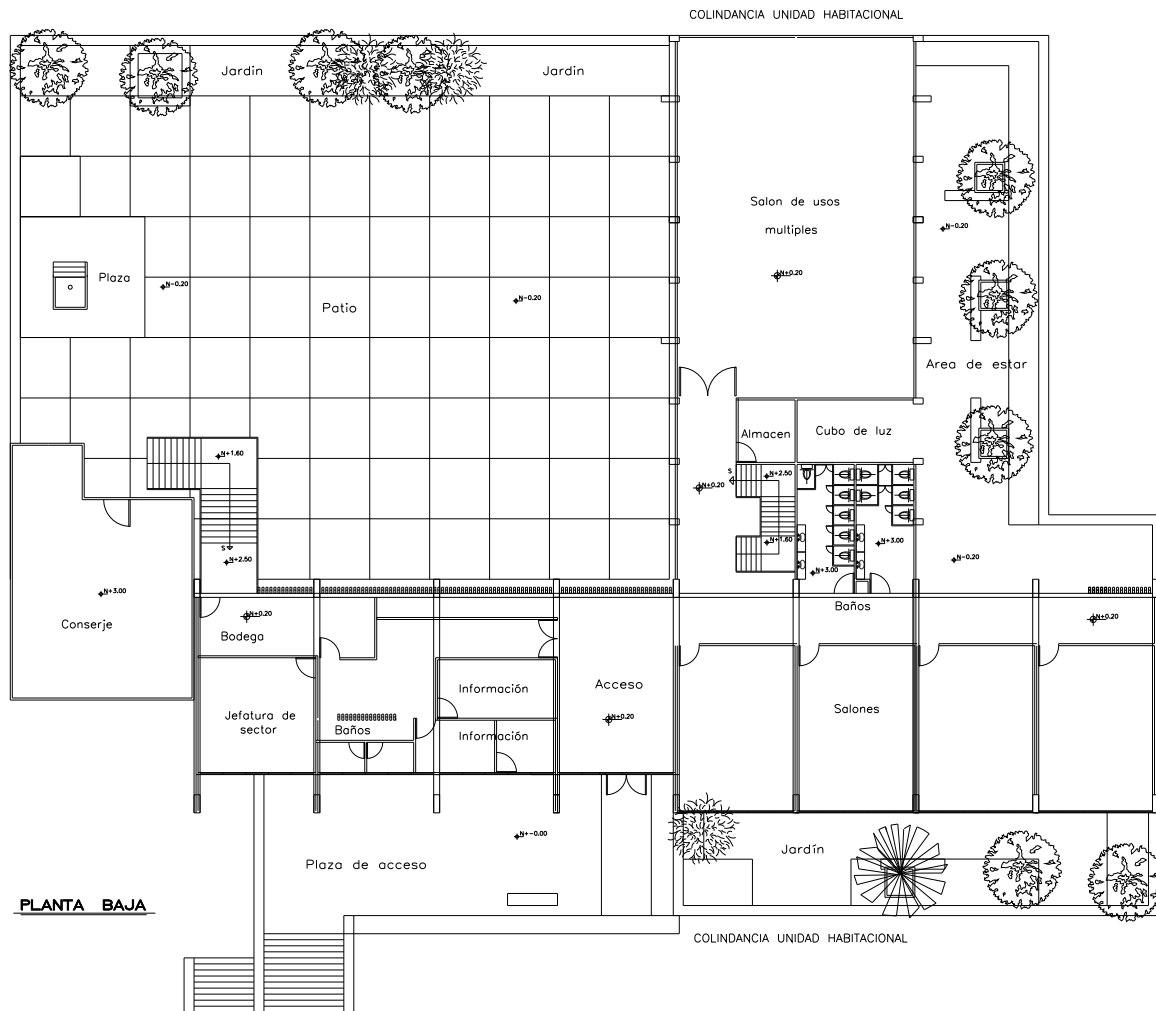
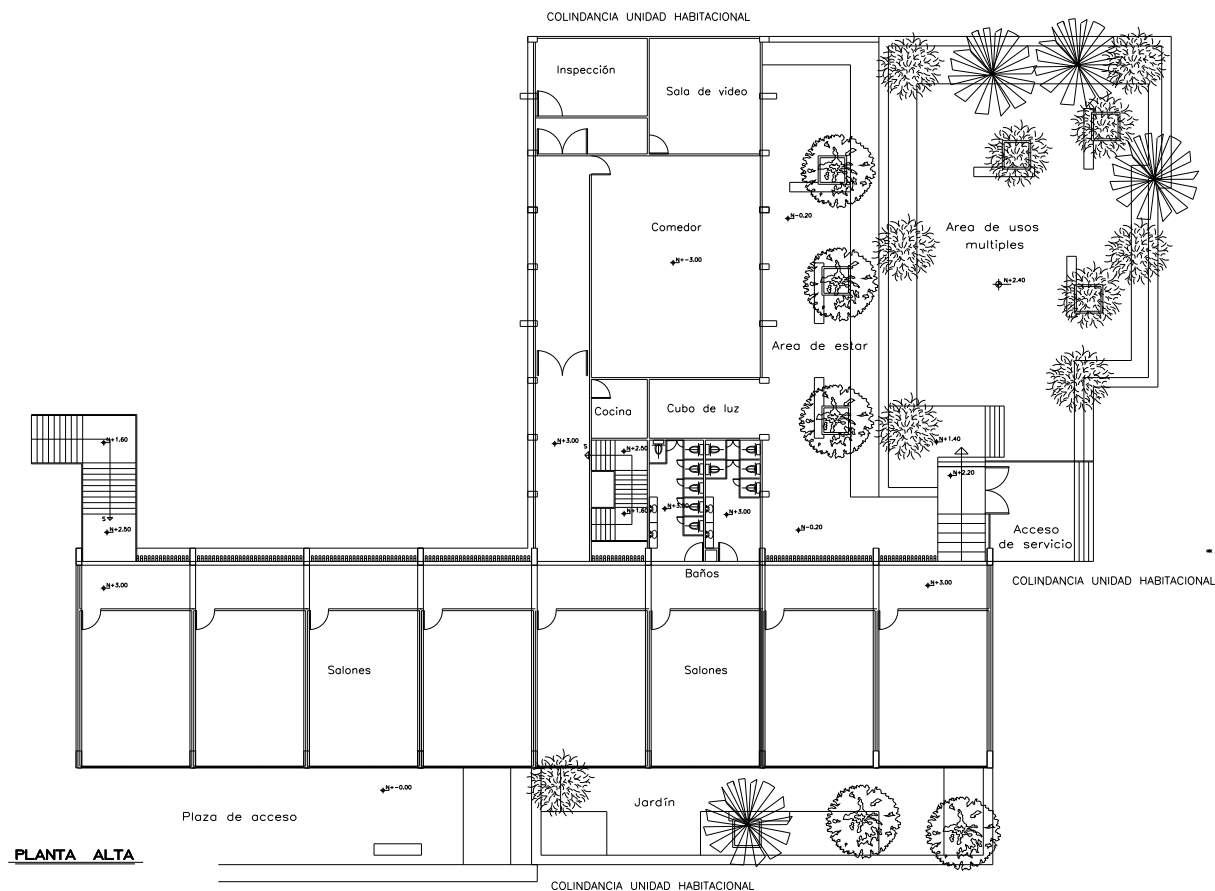


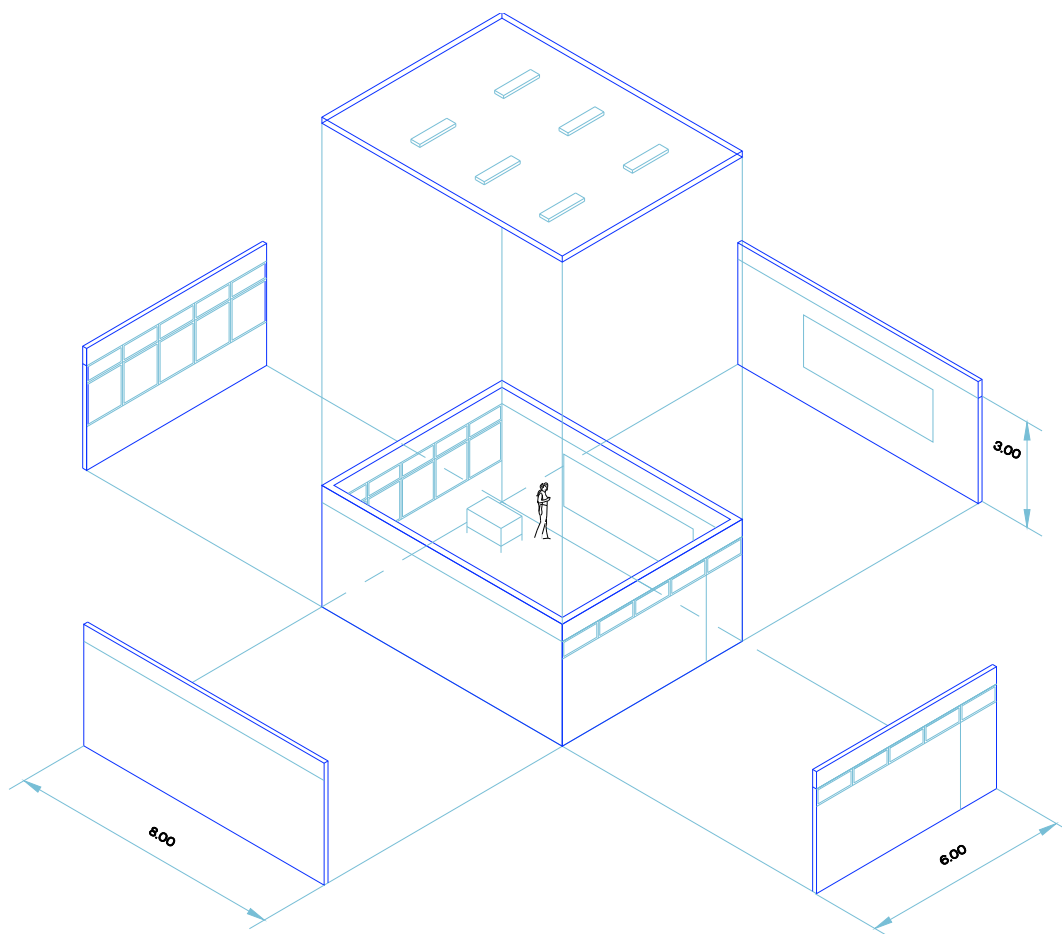
Ilustración 5. Planta baja de la escuela



**Ilustración 6. Planta alta de la escuela**

Los salones, además de las mismas dimensiones físicas (ver Ilustración 7), tienen los mismos acabados arquitectónicos; es decir, el mismo piso de granito, las paredes con terminado en tabique recocido y esmaltado, pizarrones para usar con gis o tiza, recubrimiento en techos (ver Ilustración 8), ventanal de 6 por 2 metros en la parte este u oriente del salón con dos ventanas abatibles (ver Ilustración 9), puerta de metal sin cerraduras y sin ajuste hermético, con pequeñas ventanas con vidrio fijo de 5 metros por 50 centímetros en el lado superior del muro oeste o poniente del salón (ver Ilustración 10). Con respecto al mobiliario escolar se observó que, cada grado escolar tiene diferentes muebles acorde al tamaño de los alumnos y a sus actividades de aprendizaje, desde mesas y sillas por separado en los grupos de tercero y cuarto hasta pupitres o mesa-bancos en los grupos de quinto y sexto grado (ver Ilustración 11); cada salón tiene una pequeña biblioteca de aula y uno o dos estantes para guardar material de trabajo, un

escritorio metálico con su silla para los maestros y al final del presente estudio se instaló en los grupos de quinto y sexto grados el equipo de cómputo del programa gubernamental de “Enciclomedia”. La escuela tuvo en el ciclo escolar 2005–2006 un total de 374 alumnos con 12 maestros en todos los grados escolares, y con quienes se trabajó para el presente estudio eran 244 alumnos del tercero al sexto grados y sus 8 maestros, sin embargo, en la muestra final quedaron 189 alumnos por cuestiones de ausentismo o por falta de respuesta en una de las pruebas.



**Ilustración 7. Dimensiones de los salones de clase**

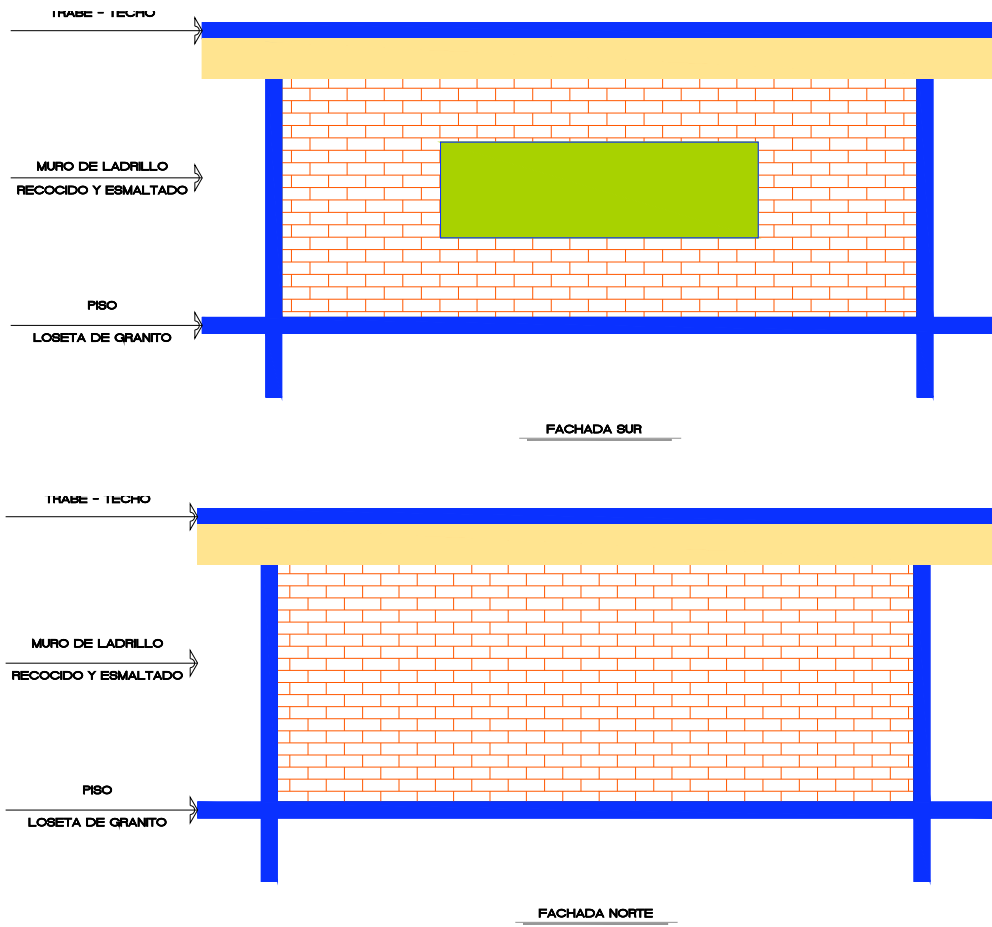


Ilustración 8. Acabados de los salones de clase

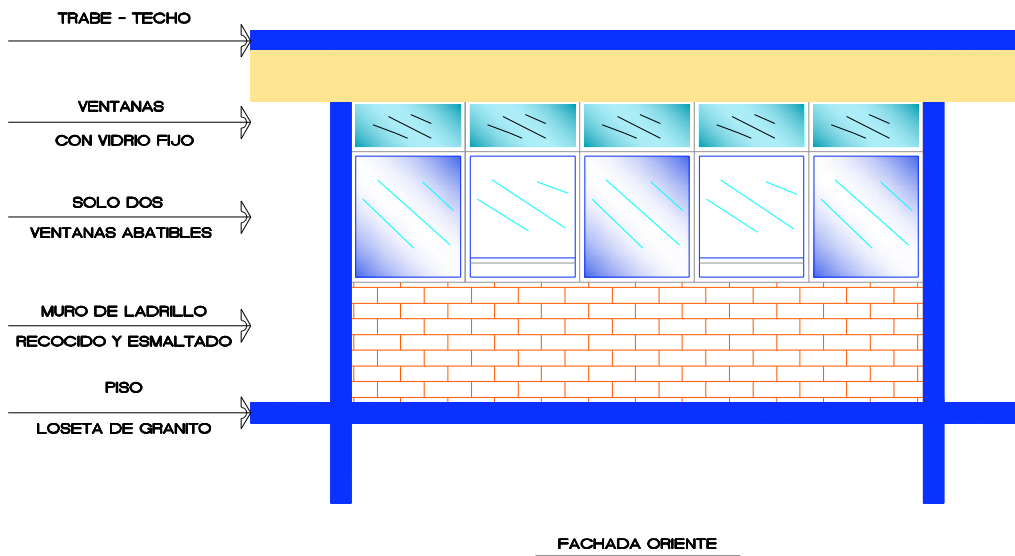


Ilustración 9. Ventanas de los salones de clase

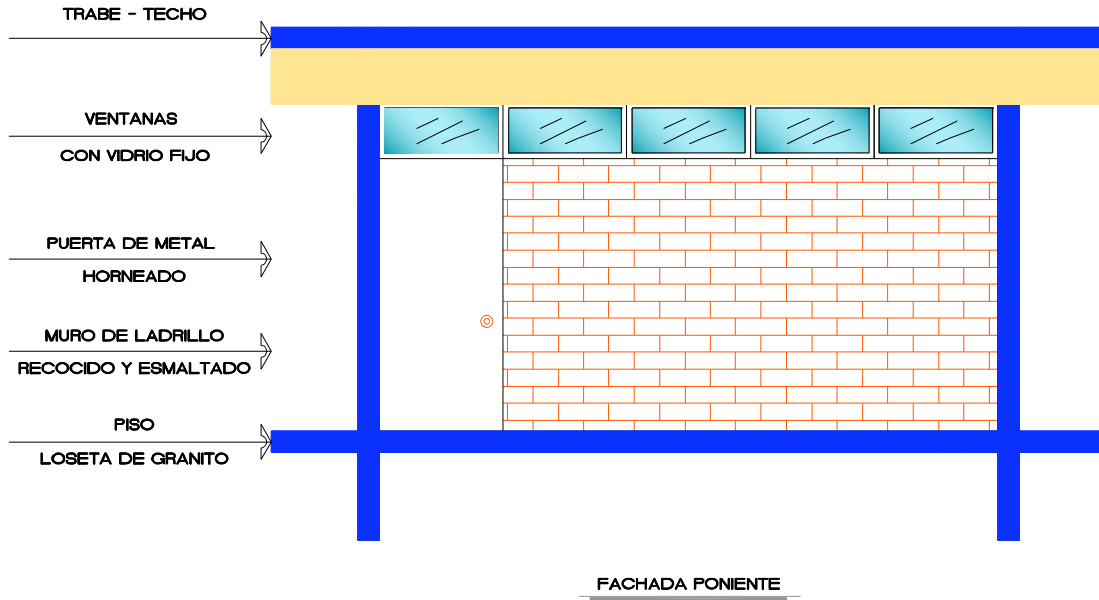


Ilustración 10. Puerta de los salones de clase

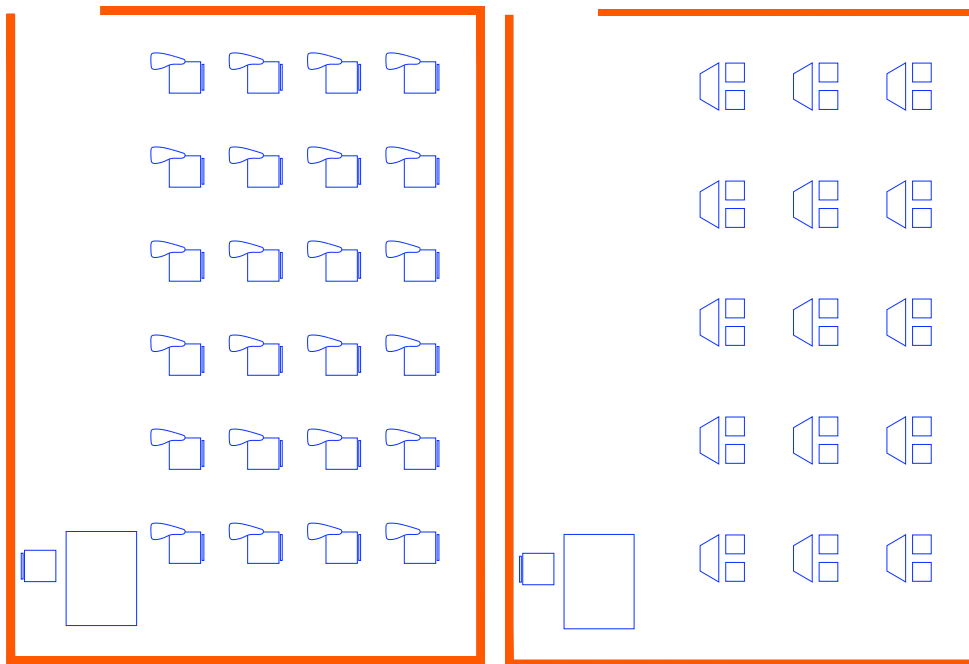


Ilustración 11. Mobiliario en los diferentes grados escolares

## **PROCEDIMIENTO**

La primera actividad fue gestionar ante las autoridades educativas su autorización para la implementación del estudio empírico en la escuela primaria bajo su responsabilidad. Para este propósito se cumplieron con todos los requisitos exigidos por las autoridades: el proyecto escrito de manera legible y sin tecnicismo, carta de solicitud formal con aval institucional, entrevistas con el director de la escuela, compromiso por escrito para cumplir con las obligaciones hacia los alumnos y maestros, planeación por escrito de las actividades y el tiempo requerido en cada salón, y el requisito más importante para el desarrollo del estudio, una reunión con todo el personal docente de la escuela para explicarles el proyecto y obtener su apoyo para su implementación adecuada. Consiguiendo el consentimiento de las autoridades y el personal docente se logró terminar el estudio satisfactoriamente, cumpliendo al final con los compromisos de entregar un informe escrito del estudio, y dictar una conferencia a todo el personal docente para explicar los resultados y que ellos juzgaran sobre la probable influencia en su práctica docente.

Terminada la actividad para gestionar el escenario, se inició el estudio piloto para la prueba de instrumentos y del proceso a realizar. Para el caso de los instrumentos psicológicos utilizados se necesitaron diferentes actividades de verificación antes de su uso final, donde el objetivo fue lograr un formato de presentación que facilitara una mejor comprensión de los alumnos de los cuatro atributos psicológicos evaluados, para ello: los instrumentos de autoreporte se ajustaron en su tamaño para lograr que cada escala quedara completa y se observará del principio al fin en la misma hoja de impresión, antecedida en otro papel por sus respectivas instrucciones de respuesta. El instrumento de discriminación auditiva que midió la inteligibilidad se diseñó en ocho versiones diferentes para no repetir la sucesión de las palabras, y tener una versión diferente para cada grupo evaluado, también, se diseñó a propósito una hoja de respuesta para que los alumnos vieran claramente el espacio para escribir lo que escucharon. El instrumento para evaluar el proceso cognoscitivo a través de la comprensión de textos, se adecuó en un formato de autoaplicación, a diferencia de la sub-prueba de la batería Woodcock que la aplica un entrevistador, asimismo, se diseñaron dos formas del instrumento, uno para los grados 3° y 4° y el otro para los de 5° y 6° grados escolares, tal como lo establece la sub-prueba original diseñada en una complejidad progresiva acorde al grado educativo.



Con respecto a los instrumentos de medición de las características acústicas de los salones, se midió la intensidad sonora con un sonómetro recién calibrado en un laboratorio certificado internacionalmente para estos equipos líderes en su campo, igualmente, se midió la reverberación con el mismo sonómetro y una fuente sonora que fue probada apropiadamente en el laboratorio de Acústica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En relación con el proceso a realizar en los salones de clase, se efectuaron pruebas con el equipo operando en dos recintos de la UNAM; en un salón de clase y en un auditorio ambos desocupados en el momento de las mediciones. El objetivo fue implementar un proceso de evaluación que cumpliera con los intereses del estudio y con los requerimientos de la escuela, para este propósito se buscaron múltiples soluciones: primero, conocer el funcionamiento de los dos equipos trabajando al mismo tiempo; segundo, lograr una interfase flexible entre ambos equipos; tercero, simular los movimientos a ejecutar en la medición real con alumnos; cuarto, precisar los tiempos necesarios para cada medición; quinto, establecer las cinco áreas de medición en los salones; sexto, tener mediciones diferentes para comparar con las que se obtendrían en el escenario real de la evaluación; y séptimo, determinar la logística a implementar para la medición de todas las características acústicas de cada salón evaluado.

Terminada la actividad del estudio piloto, se procedió a planear el levantamiento de la información en la escuela, el cual se realizó en dos etapas con una diferencia de dos y medio meses entre cada una, con el fin de lograr un análisis completo de la información de la primera etapa, para que en caso necesario, se tuviese la oportunidad de hacer alguna modificación en el proceso implementado o en los instrumentos aplicados. La planeación se desarrolló en función de los objetivos del estudio, de las variables a medir, los horarios disponibles para las mediciones y las actividades escolares de los grupos evaluados. Por lo que, la planeación tenía que contemplar el logro de todas las necesidades tanto del estudio como de las actividades normales de la escuela.

Al término de la actividad de planeación, se realizó el levantamiento de la información con la siguiente implementación general:

De forma descriptiva, el procedimiento en específico en cada salón de clase se efectuó de la siguiente manera: primero, las mediciones se hicieron durante la jornada normal de los días escolares, es decir, desde las 8:00 hasta las 16:00 horas, ya que es una

escuela primaria de turno ampliado; segundo, los maestros sabían la programación de las mediciones, de tal manera que podía ingresar a los salones en los horarios programados durante una hora aproximadamente para cada evaluación, con algunas salvedades debido a otras actividades de los grupos; tercero; los maestros presentaron al investigador y él procedió a explicar a los alumnos el motivo de su presencia; cuarto, el investigador mostró el equipo acústico y aclaró a los alumnos tanto su funcionamiento como el objeto de medición, respondiéndoles sus dudas al respecto; quinto, el investigador distribuyó los cuestionarios respectivos a cada alumno, inmediatamente dio las instrucciones para que respondieran a todas las preguntas de la escala que en ese momento se evaluaba; sexto, para las mediciones de molestia, interferencia de la comunicación e inteligibilidad primero respondieron los instrumentos psicológicos e inmediatamente se procedió a realizar las mediciones acústicas respectivas, en la medición de comprensión de textos y la razón señal/ruido se realizaron ambas mediciones simultáneamente; séptimo, todas las mediciones acústicas se efectuaron en las cinco áreas establecidas en todos los salones, esto es, el noreste, el sureste, el noroeste, el suroeste y la parte central, con una duración aproximada de cinco a diez minutos por cada zona en todos los salones; octavo, por consecuencia, se le pidió a todos los alumnos escribir la zona en que se encontraban en el momento de las mediciones, para tener asociadas ambas medidas para cada uno de los alumnos que participaron en el estudio; y noveno, cuando cada una de las mediciones psicológica y acústica terminaban, el investigador agradeció la participación e informó que el proceso continuaba, y una vez concluido el estudio, el investigador se despidió de cada uno de los grupos reiterando su gratitud por la colaboración de todos@s.

Es importante mencionar antes que, en el caso específico de las mediciones de ruido ambiental de todos los salones y en todas sus zonas interiores, las medidas se realizaron en cuatro diferentes condiciones escolares: salones vacíos sin actividad escolar en la escuela, salones vacíos con actividad normal en la escuela, salones con alumnos ejecutando una tarea en silencio y salones con alumnos en actividad docente.

Para la primera etapa, se evaluó las variables psicológicas de interferencia de la comunicación y molestia de manera consecutiva, y al término de sus respuestas, inmediatamente se midió la variable de ruido ambiental durante 5 a 10 minutos en cada uno de los cinco puntos de medición de cada salón ocupado, y para los salones vacíos se midieron los mismos cinco puntos de cada uno en los tres momentos del día (antes de la

entrada, durante el recreo y durante su tiempo de comida), este levantamiento se efectuó durante dos semanas continuas, una semana para la variable de molestia y la otra para la interferencia de la comunicación, y ambas evaluaciones se realizaron intercaladamente entre los diferentes salones durante tres momentos diferentes del día escolar (a la entrada, al mediodía y antes de la salida), con el objeto de tener un muestreo de un día normal de actividades, y para aprovechar los momentos en que los alumnos no estaban en clase para poder evaluar su salón vacío (la formación en la entrada, el recreo y la hora de comida).

En la segunda etapa, se evaluó la variable psicológica de inteligibilidad al mismo tiempo que la variable acústica del tiempo de reverberación, posteriormente en otra semana, se valoró la variable psicológica de comprensión de textos simultáneamente a las variables acústicas de razón señal/ruido. Esta etapa tuvo una duración de dos semanas, una semana por cada par de mediciones que se realizaron de la siguiente manera; para el caso de las variables inteligibilidad y el tiempo de reverberación se efectuaron cuatro mediciones al día (dos salones con alumnos y dos salones vacíos), primero se aplicó la prueba de inteligibilidad pidiéndole a la maestro que leyera las palabras como si fuera un dictado pero sin repetición, dando tiempo entre cada vocablo para que los alumnos escribieran cada palabra escuchada, al término de la prueba, se les pidió mantenerse en silencio para medir el tiempo de reverberación, explicando de antemano en que consistía esta medición y que escucharían desde la fuente sonora, se midieron los tiempos de reverberación en diez frecuencias diferentes en cada uno de los puntos del salón, esta medición se hizo igual tanto con los salones ocupados como cuando estaban vacíos.

Para la evaluación de las variables comprensión de textos y razón señal/ruido se realizaron dos mediciones al día (con y sin educación física en el patio). La dinámica fue la siguiente; primero se les explicó en que consistía la prueba y se dieron las instrucciones para responder, enfatizándoles que era una tarea a realizar en silencio absoluto, una vez logrado este objetivo e iniciada la labor por parte de ellos, se procedió a medir el ruido de fondo en cada uno de los cinco puntos del salón al mismo tiempo que ejecutaban la tarea de comprensión de textos, en ese momento todos los alumnos se mantenían en silencio respondiendo la prueba y el ruido registrado provenía del exterior de cada salón evaluado. Posteriormente, al término de la prueba y de la medición del ruido, se les pidió a los maestros que leyeran en voz alta los textos completos incluyendo la palabra faltante mientras los alumnos se mantenían en silencio, con dos objetivos, uno que los estudiantes

conocieran el resultado esperado y el otro para que se pudiera medir la variable de señal en cada uno de los cinco puntos del salón, aprovechando esta situación, se midió la variable acústica de la señal al registrar sólo la voz de los maestros al estar leyendo los textos con los alumnos en silencio, ya que en el momento que se escuchaba la voz se midió su intensidad sonora en cada uno de los cinco puntos evaluados. Con estas dos mediciones acústicas registradas por separado en los mismos puntos del salón, se calcula la razón señal/ruido que es la diferencia aritmética de la intensidad de la señal menos la intensidad del ruido.

## **V. RESULTADOS**

Se presentan los resultados divididos en tres secciones de acuerdo a la naturaleza de la información examinada, primero examinamos la información objetiva de los salones, segundo exploramos la información percibida por los estudiantes, y tercero relacionamos ambos resultados del ambiente y de las personas, por lo que: en la primera sección, se muestran los resultados de las características acústicas encontradas en los salones de clase; en la segunda sección, se contemplan las características socio-demográficas de los alumnos y se presentan los resultados que describen a los efectos de tipo psicológico de la contaminación por ruido de los estudiantes en su entorno educativo, que se obtuvieron con la información del autoreporte, la discriminación auditiva y del desempeño en la comprensión de los alumnos; y en el tercer conjunto, se exponen los análisis estadísticos realizados con los datos de las dos anteriores secciones, que indican la relación que existe entre la percepción y el desempeño de los alumnos con las condiciones acústicas medidas objetivamente en sus salones de clase.

### **A) ACÚSTICA DE LOS SALONES DE CLASE**

La medición de la acústica en los salones de clase se compone de tres características físicas que se deben valorar: la reverberación, el ruido y la razón señal/ruido. Entonces, los resultados de la acústica medida en los salones de clase los presentamos con la información registrada de las tres variables mencionadas, ya que cada una de ellas fue medida en diferentes tiempos, de maneras distintas y en situaciones diversas.

Se organiza la información de cada variable acústica de manera secuencial en función del nivel de complejidad dado por la misma actividad escolar, esto es, se comienza con las situaciones donde no existe actividad docente en los salones o en la escuela y se continúa hasta situaciones más complejas por el trabajo docente y por tanto de mayores niveles de ruido en los salones.

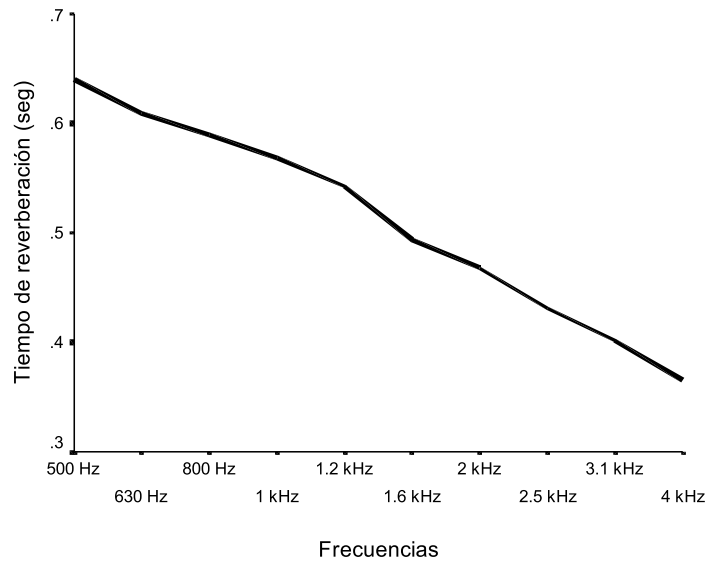
#### **1. REVERBERACIÓN**

La medición del tiempo de reverberación se llevo a cabo en cada uno de los salones en dos condiciones diferentes; la primera, en cada salón vacío con actividades normales en la escuela pero sin la presencia de sus respectivos alumnos, la segunda condición, en cada

salón ocupado por los alumnos presentes. En la condición de salón vacío, el tiempo de reverberación se midió en cuatro de las cinco zonas espaciales establecidas en todos los salones, quedando la zona suroeste sin medir, donde está la puerta de acceso, debido a la cercanía con la fuente sonora que es un impedimento técnico para la medición. En la condición de cada salón ocupado por los estudiantes, el tiempo de reverberación se midió tres veces únicamente en la parte central de los salones, por las siguientes razones humanas y técnicas: la dificultad de mantener en silencio absoluto a los estudiantes durante aproximadamente 45 minutos que duró la valoración, y debido a esto, el equipo acústico no lograba hacer la medición en los primeros intentos, a causa del alto nivel de ruido presente tanto del interior como del exterior de los salones, provocando múltiples mediciones con la presencia de los estudiantes en silencio hasta que el equipo calculaba correctamente. La medición consiste en calcular el tiempo de reverberación para cada una de las 10 frecuencias que emite la fuente sonora, comenzando con la frecuencia de 500 hercios (500 Hz) hasta la de 4,000 hercios (4 kHz), por consiguiente, se midieron las diez frecuencias en cada una de las zonas de los ocho salones en las dos condiciones con y sin alumnos.

### 1.1. REVERBERACIÓN SIN ALUMNOS

Los resultados de la primera condición con los salones vacíos y sin alumnos en el momento de la medición se pueden ver en la figura V.1, que deben ser comparados con la normatividad internacional y desde la óptica de la teoría acústica.



**Figura V. 1 Reverberación de salones vacíos sin alumnos**

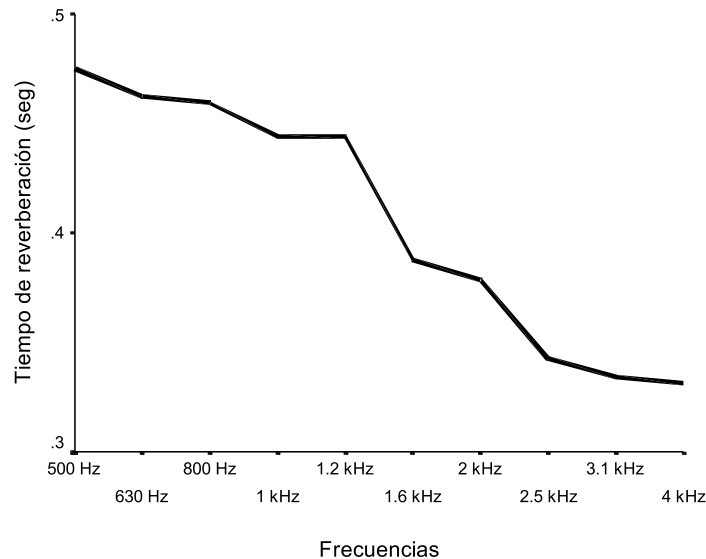
Comparando estos resultados con la norma internacional revisada anteriormente, podemos afirmar que en general los salones cumplen con lo establecido en cuanto al tiempo de reverberación, ya que sólo en el caso de las bajas frecuencias de 500 y 630 Hz se obtuvo un tiempo por encima de los 0.6 segundos que, sin embargo, no es preocupante ya que los salones en actividad siempre están ocupados por maestros y alumnos, quienes por su masa corporal absorben las señales acústicas reverberantes, tal como observaremos con la reverberación de los salones con alumnos presentes.

Desde la óptica de la teoría, igualmente se aprecia en la figura V.1 que el tiempo de reverberación medido disminuye conforme la frecuencia aumenta (de 500 Hz a 4kHz) en el espectro del sonido audible, tal como se espera teóricamente y, por tanto, se podría considerar que la reverberación en los salones es adecuada para escuchar un discurso inteligible, en otros términos, en los salones evaluados de acuerdo a sus características de reverberación es posible oír clara y distintamente la palabra hablada, sin embargo, esta variable acústica no es la única que interviene para escuchar adecuadamente el lenguaje hablado, tal como se revisará con las otras variables evaluadas.

## 1.2. REVERBERACIÓN CON ALUMNOS

Los resultados de la segunda condición con los salones ocupados por los alumnos de cada grupo se aprecian en la figura V.2, los cuales deben ser analizados igualmente

desde el punto de vista de la normatividad internacional y desde la óptica de la teoría acústica.



**Figura V. 2 Reverberación de salones con alumnos presentes**

Si recordamos la norma propuesta sobre el tiempo de reverberación óptimo para lograr una buena inteligibilidad del discurso, se recomienda tener menos de 0.6 segundos de tiempo en cada una de las frecuencias involucradas en el lenguaje humano, lo cual se cumple en los salones evaluados como lo indica la figura V.2, donde todas las frecuencias tienen un promedio del tiempo de reverberación menor de 0.5 segundos.

Igualmente, la teoría acústica nos señala que el tiempo de reverberación va disminuyendo conforme va aumentando la frecuencia de la señal acústica, tal como lo vemos en la figura V.2, donde el tiempo va disminuyendo desde la baja frecuencia de 500 Hz hasta la alta frecuencia de 4 kHz.

De tal manera que, si comparamos las figuras V.1 y V.2, nos percatamos que en ambas condiciones de salones vacíos y ocupados, el tiempo de reverberación está dentro de los parámetros sugeridos, y en ese sentido se puede considerar que los salones evaluados no presentan problema en sus características de reverberación, y en consecuencia, sostiene el hipotético conceptual de que, estas condiciones observadas en los salones contribuyen al logro probable de una adecuada inteligibilidad de la palabra hablada.



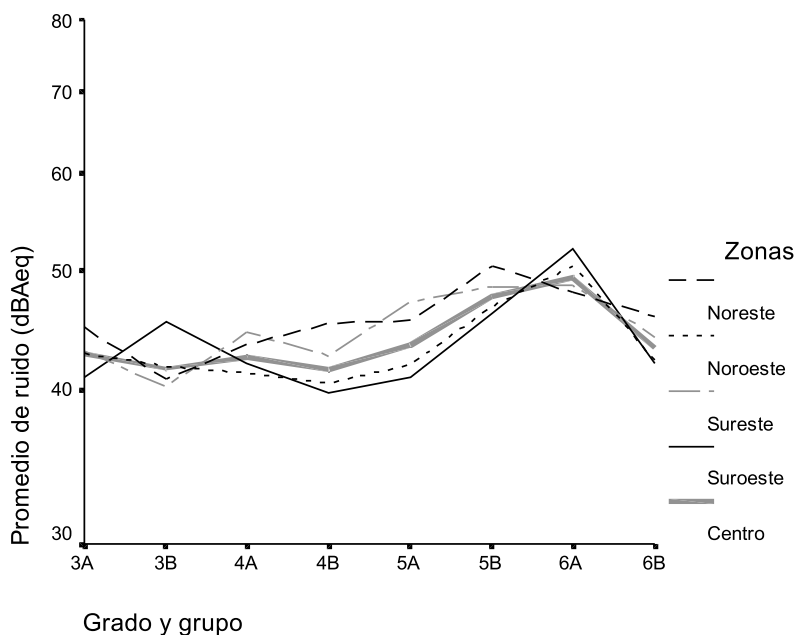
## **2. RUIDO AMBIENTAL**

El ruido ambiental de todos los salones de clase fue medido en cuatro escenarios diversos: salones vacíos sin actividades en la escuela, desocupados sin alumnos, con alumnos realizando una tarea en silencio y salones ocupados en la actividad docente cotidiana. Por tanto, los resultados los presentamos en cada uno de los escenarios evaluados, iniciando con el escenario que registró menores niveles de ruido ambiental, y continuando gradualmente hasta el escenario que resultó con mayores niveles de ruido.

### **2.1. RUIDO AMBIENTAL EN SALONES VACÍOS SIN ACTIVIDAD EN LA ESCUELA**

Esta medición se realizó en un día hábil para la actualización de los maestros y en ausencia de alumnos en toda la escuela, con el objetivo de tener un punto de referencia acerca de la intensidad del ruido que se origina del ambiente y se transmite a los diferentes salones de clase.

Como vemos en la figura V.3, observamos información importante en tres aspectos: primero, el nivel de ruido disminuye de manera importante a niveles de 40 a 50 decibeles, segundo, la variabilidad del ruido en las diferentes zonas del salón es evidente, y tercero, cada salón está expuesto de manera desigual al ruido ambiental que se transmite a la escuela. Se analiza en seguida esta información desde la faceta de los tres aspectos observados.



**Figura V. 3 Ruido en salones sin alumnos en la escuela**

Comparando estos resultados con los parámetros sugeridos por los organismos internacionales y asociaciones de expertos, el dato más revelador que observamos es que la intensidad de ruido está aún por encima de la normatividad de 35 dBA, a pesar de la ausencia de alumnos en la escuela, lo que nos indica que existe un impacto importante del ambiente en los salones de clase por su alta exposición al ruido, que en términos numéricos significa una exposición de intensidad sonora de entre el 100% al 300% más de lo recomendado por la norma acústica.

Con respecto a la variabilidad del ruido en las diferentes zonas del salón, vemos que existe una dinámica acústica al interior de todos los salones, sin el predominio de alguna zona en particular, sólo se observa que el ruido se propaga con un dinamismo complejo y heterogéneo al interior de los salones de clase vacíos.

Referente a la exposición desigual del ruido ambiental en los diferentes salones, en la figura V.3 se observa claramente que los salones de los grados 3° y 4° tienen una exposición similar al ruido del entorno, que fundamentalmente proviene del conjunto habitacional circundante, mientras que los salones de los grados 5° y 6° tienen una exposición al ruido ambiental de mayor intensidad y de más variación, debido probablemente a su progresiva cercanía a la zona de servicios públicos (hospital, tiendas,

estacionamientos) y a la calle donde transitan vehículos y un mayor número de personas, además de la misma unidad habitacional vecina.

## 2.2. RUIDO AMBIENTAL EN LOS SALONES DE CLASE SIN ALUMNOS PRESENTES

Para lograr esta medición se utilizaron los tiempos en que los alumnos tenían que salir del salón para realizar otras actividades, por ejemplo; educación física, comer, el recreo, actividades recreativas, ceremonias u otras que permitieran al menos media hora libre para las mediciones.

Los resultados los podemos apreciar en la figura V.4, los cuales pueden ser presentados igualmente con tres facetas de un análisis comparativo; entre los salones, entre las zonas de cada salón y la comparación con la normatividad sugerida.

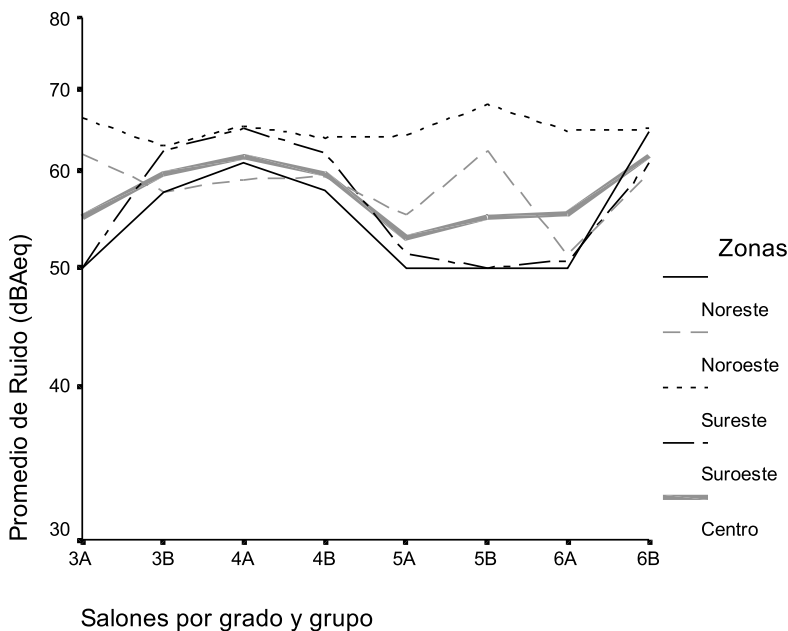


Figura V. 4 Ruido en salones sin alumnos presentes

La comparación entre los salones nos muestra que, el nivel de ruido que se transmite a las aulas es evidentemente alto con valores desde 50 hasta casi 70 decibeles en todas sus zonas, a pesar de que estas mediciones se hicieron con la puerta cerrada en cada salón. Esto sucede porque a pesar de no haber alumnos presentes en el salón existían actividades normales en la escuela, donde podemos observar que la zona con mayor nivel de ruido es la sureste, donde se ubica el escritorio de los docentes y donde

convergen en línea recta una ventana al exterior y la puerta, que son dos accesos principales por donde se transmite el ruido a los salones, uno desde el entorno externo al edificio y el otro desde el interior de la escuela . Por lo que, la variación que observamos en los diferentes grupos puede ser explicada por dos aspectos del diseño de la escuela; por su ubicación espacial y por su infraestructura física, aspectos físicos que explicamos a continuación.

Con relación a la disposición espacial, podemos identificar las variaciones tanto por su ubicación al interior del edificio como por la ubicación territorial alrededor de la escuela, ya que mientras unos grupos están expuestos al ruido que se genera por las diferentes actividades de la escuela, otros grupos están expuestos al ruido que se genera en el exterior de la escuela; que llega desde las viviendas de enfrente, como de la calle cercana y de la gente en tránsito permanente. En relación con las condiciones de la infraestructura física escolar, se puede aclarar estas variaciones entre los grupos debido al mal estado de las puertas y ventanas de cada salón: en algunos grupos no es posible cerrar completamente la puerta y en ningún caso existe el cierre hermético de ellas; el estado físico de las ventanas es similar, algunas es imposible cerrar y ninguna tiene un cierre hermético ni mucho menos aislamiento por doble vidrio, aunado a que generalmente mantienen las ventanas abiertas para evitar el calor al interior del salón.

La comparación entre las zonas de cada salón, permite prestar atención a las condiciones acústicas de cada aula, donde resalta la homogeneidad en los niveles de ruido en todas las zonas del grupo 6° B, en comparación con la variabilidad del ruido en las diferentes zonas de los demás grupos o salones. Pero, esto no significa que en dicho salón la uniformidad sonora es buena en si misma ya que también registra niveles altos de ruido entre 60 y 65 decibeles, lo que sí se puede decir sobre este salón del 6° B son dos aspectos de su diseño; primero, que por su ubicación dentro del edificio, de su lado sur se extiende una barda protectora que evita que las ventanas queden expuestas directamente al ruido ambiental; segundo, que por cerrar más acopladamente su puerta y ventanas, se disminuye la transmisión del ruido que se produce tanto en el exterior como en el interior de la escuela. En contraste, observamos la variación que se presenta en los grupos 3° A, 6° A y los dos grupos de quinto grado. Posiblemente ocasionado por distintos aspectos del diseño escolar: en el caso del 3° A, la variabilidad es atribuible a su ubicación espacial en el lado norte del edificio escolar, ya que existe una transmisión y difusión del ruido que se

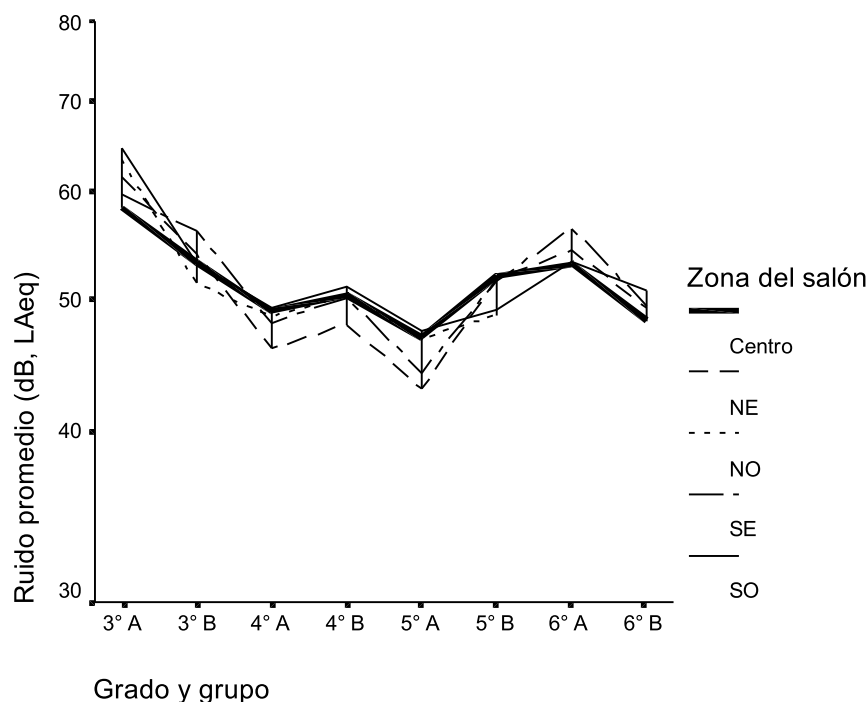
genera desde el piso inferior donde están los grupos del primer grado escolar, los cuales sustentan una práctica docente con mayor uso del lenguaje oral. Para el caso de los salones del sexto A y los dos grupos del quinto grado, la variación de ruido en las diferentes zonas es probablemente por su ubicación espacial al frente del patio escolar, donde se realizan todo tipo de actividades al aire libre, aunado a esta situación, es probable un incremento en la transmisión del ruido al interior por el cierre desajustado en las puertas y ventanas de estos salones.

Haciendo la comparación con la normatividad vigente sugerida, se puede ver que ningún aula mantiene el nivel de ruido propuesto para los salones de clase, es decir, los 35 dBA que establecen las normas acústicas, de forma más preocupante, enfatizando que estas mediciones reportadas se realizaron sin estudiantes presentes en los salones. Lo que evidencia que este escenario educativo tiene una alta contaminación por ruido con niveles promedio aproximado de entre 50 a 70 decibeles, valores que significan un incremento de entre 400% y 500% más de presión o intensidad sonora en cada salón con respecto a lo indicado por la normatividad internacional. Situación que se confirma con las anteriores mediciones en el escenario de salones vacíos sin actividad en la escuela, donde el incremento fue del 100% al 300% más de lo establecido normativamente.

### **2.3. RUIDO AMBIENTAL EN SALONES CON ALUMNOS EJECUTANDO UNA TAREA EN SILENCIO**

Esta medición de ruido se efectuó en cada uno de los salones al mismo tiempo que los alumnos resolvían la prueba de comprensión de textos, las condiciones para la evaluación en todos los grupos fue: mantener en todos los salones la puerta cerrada y conservar a los estudiantes callados para solucionar la prueba en completo silencio. Además, se le pidió a cada alumno escribir el lugar donde se encontraba en ese momento, considerando a las cinco zonas en que fue dividido el salón, con el objeto de asociar posteriormente sus respuestas a la prueba de comprensión de textos con las mediciones de ruido efectuadas en las mismas zonas del aula.

El nivel de ruido registrado se muestra en las figuras V.5 y V.6, que examinamos desde dos perspectivas: por su nivel o intensidad y por su diferencia entre las zonas del salón.



**Figura V.5 Ruido en salones con alumnos resolviendo una tarea**

En la figura V.5, podemos observar la intensidad del ruido promedio (Media = 51.4 decibeles, DE = 4.39) en la que trabajan los alumnos de todos los salones, continuando por encima de lo establecido en las normas acústicas, recordemos que se propone un nivel de ruido de 35 dBA. Los valores registrados en los salones tuvieron un mínimo de 42.8 y un máximo de 64.8 decibeles. Este aumento en la intensidad de ruido registrado en todos los salones significa, en términos de presión o intensidad sonora que recibe el oído, un incremento aproximado de entre el 150% al 450% más de lo recomendado por la normatividad actual.

En la figura V.6 vemos la intensidad promedio del ruido en las cinco zonas en que se dividió a los salones, que nos señala un moderado dinamismo heterogéneo del ruido en las aulas, propiciando que los alumnos estén expuestos al ruido de manera desigual en el mismo salón, dependiendo del lugar en donde se ubiquen para trabajar en clase, por consiguiente, con la probabilidad de que esta situación acústica tenga efectos adversos en el rendimiento de los estudiantes, como trataremos de mostrarlo más adelante. Esta figura nos señala que la zona noroeste (NO) es la que registra la menor intensidad de ruido,

igualmente, sabemos que es la zona más alejada al escritorio del docente ubicado en el lado opuesto o zona sureste (SE), que en contraste, es el área donde registramos la mayor intensidad de ruido, tal como se explicó en el apartado sobre el escenario del ruido en salones sin alumnos presentes.

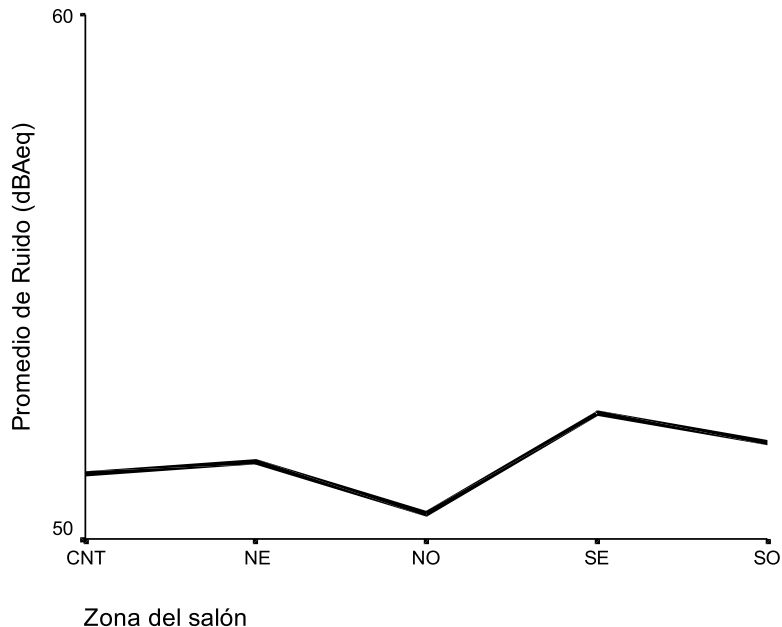
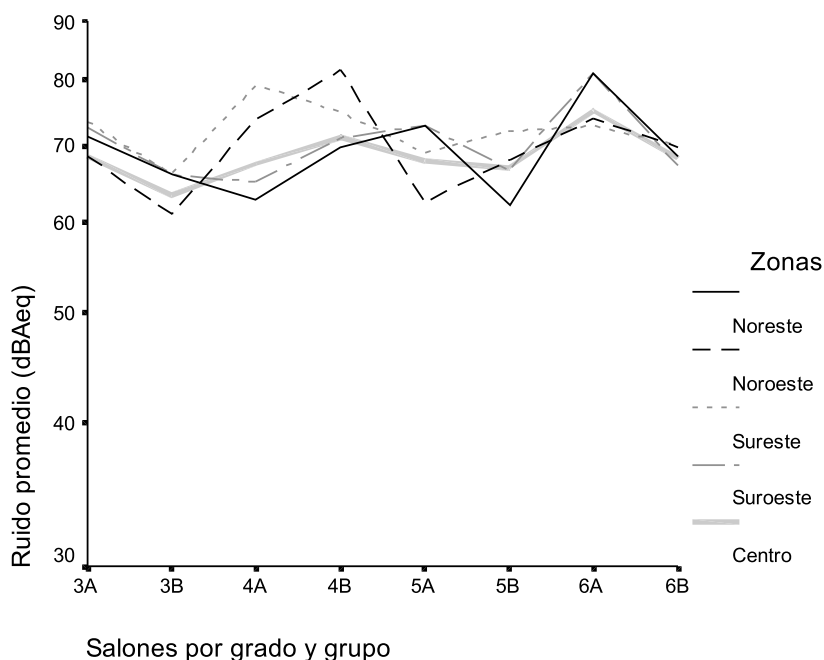


Figura V. 6 Ruido en zonas del salón con alumnos resolviendo una tarea

## 2.4. RUIDO AMBIENTAL EN LOS SALONES DE CLASE CON ACTIVIDAD DOCENTE

Los resultados del nivel de ruido que se produce en cada salón cuando tienen una actividad docente se pueden ver en la figura V.7, donde las líneas representan a cada una de las cinco zonas del salón donde se midió la intensidad sonora. Es importante mencionar que en esta medición se registraron las condiciones acústicas durante las clases habituales, donde se incluyen las voces del docente y los alumnos sumado al ruido ambiental del escenario educativo. Esta medición se realizó en diferentes horas del día, en distintos días de la semana y durante dos semanas continuas, con el objetivo de tener una muestra temporal que mostrara la situación cotidiana en la escuela.



**Figura V. 7 Ruido en salones con actividad docente**

La información que observamos en la figura V.7 puede ser aclarada desde tres perspectivas de comparación: entre los grupos, dentro de cada grupo y desde la normatividad actual.

La comparación entre los grupos, puede ser observada por la variación del ruido que existe en los diferentes salones, resaltando los niveles muy altos alrededor de los 80 dBAeq registrados en algunos salones y en las cinco zonas evaluadas como se observa en: la zona sureste del 4° A, la zona noroeste del 4° B y las zonas noreste, suroeste y centro del salón del 6° A. Sin embargo, esta diferenciación puede originarse por dos situaciones diferentes: para el caso de los salones del 4° A y 4° B puede ser resultado de su cercanía a los baños, a las escaleras y al pasillo que lleva tanto al comedor como a las oficinas de la inspección escolar; y en el caso del salón del 6° A puede ser producto tanto por su ubicación frente al patio escolar, como por la propia dinámica escolar del grupo, ya que éste se caracterizó por ser el más inquieto.

La comparación dentro de cada grupo, es la diferenciación que vemos al interior de cada salón, resaltando la similitud de los niveles de ruido registrados en las cinco zonas de los salones 3° A, 3° B y del 6° B que es el aula más homogénea en sus niveles de ruido. En contraste, observamos la heterogeneidad de los niveles de ruido en las cinco zonas de los



salones del 4° A, del 4° B y en menor grado, en los del 5° A y 5° B. Del mismo modo, esta disimilitud puede ser explicada por características de organización espacial de la escuela; porque los salones del 4° A y 4°B tienen enfrente a los baños, la escalera y el pasillo al comedor y a las oficinas, en tanto que, los salones del 5° A y 5° B están ubicados enfrente al patio donde se realizan las actividades cívicas y de educación física de toda la escuela.

La tercera perspectiva comparativa es con base en la normatividad actual sobre ruido en los salones de clase, tal como revisamos en el estado del arte, donde diferentes organismos internacionales proponen que el nivel óptimo de ruido dentro de los salones de clase debería ser de 35 dBA. Si comparamos este valor con lo que observamos en la figura V.7, vemos que esta norma es quebrantada enormemente en una forma exponencial en todos los salones y en todas sus zonas medidas, esto significa numéricamente, que en todas las aulas evaluadas existe aproximadamente 600% más de presión sonora de lo recomendado, ya que registramos un promedio de 71 dBA de intensidad sonora en todos los salones y en todas sus zonas. Este dato se calculó sumando el incremento a partir de la norma de 35 dB en la escala logarítmica en que se mide el sonido, donde cada incremento de 6 dB es el doble (100%) de presión sonora, entonces, el resultado final es un 600% más de intensidad sonora de lo que sugieren los expertos para un escenario educativo óptimo.

### **3. RAZÓN SEÑAL/RUIDO**

El cálculo para obtener el valor de la razón señal/ruido está basado en dos mediciones distintas; por un lado, es la medición de la intensidad de la voz del maestro (señal) que registramos en cada zona del salón y por la otra parte, es la medición del nivel de ruido registrado en todas las zonas del salón con alumnos y maestro en silencio. Con estas dos mediciones se realiza la operación aritmética de sustracción; en otras palabras, a la intensidad de la señal o voz medida en cada zona de los salones se le resta el nivel de ruido registrado en esos mismos espacios, dando como resultado el valor numérico llamado razón señal/ruido (señal/ruido = señal o voz – ruido).

Estas mediciones acústicas se realizaron al mismo tiempo que los estudiantes solucionaron la prueba de comprensión de textos. Para la medición del ruido de fondo o ambiental, se le pidió a los estudiantes que respondieran la prueba en absoluto silencio, durante el tiempo en que ellos realizaban esta tarea, simultáneamente, se midieron los niveles de ruido en cada una de las cinco zonas de los salones. Para la medición de la

señal o de la intensidad sonora de la voz del docente, se le solicitó a las maestros que leyeran, como lo hacen para el dictado en clase, los textos de la prueba con la palabra faltante para que los estudiantes escucharan las respuestas correctas, en esta tarea también se les solicitó a los alumnos guardar silencio para poder escuchar inteligiblemente, durante el tiempo en que escuchaban los textos, simultáneamente, se midió la intensidad de la voz del docente en las cinco zonas de los salones evaluados.

Primero veremos los resultados de ambas mediciones independientes, tal como apreciamos en la figura V.8, donde se puede ver la intensidad sonora de la señal o voz de los docentes con valores por encima de los 60 dBA en todas las zonas de los salones, y en la línea inferior, la intensidad del ruido con valores por encima de los 50 dBA de igual forma en todas las zonas medidas, la diferencia que se observa es la esperada entre ambas mediciones, ya que la voz del docente tiene que ser de mayor intensidad que el ruido para poder ser escuchada en todo el salón.

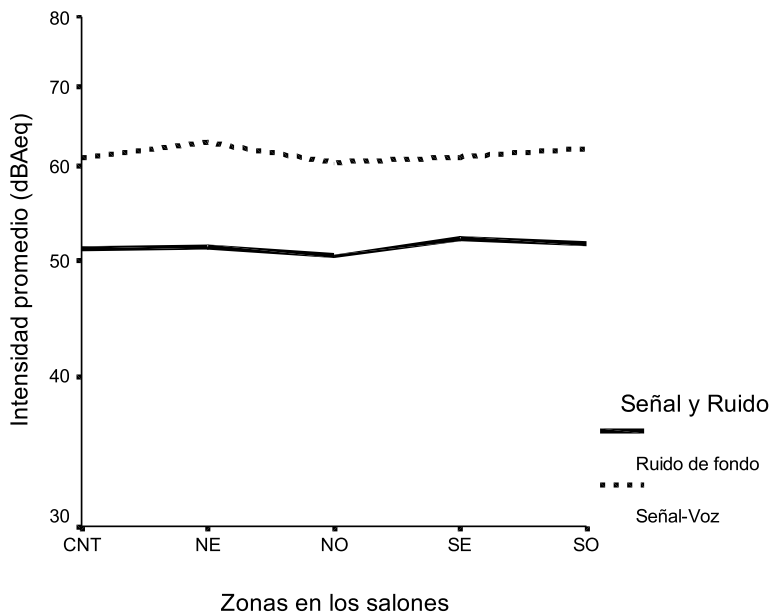
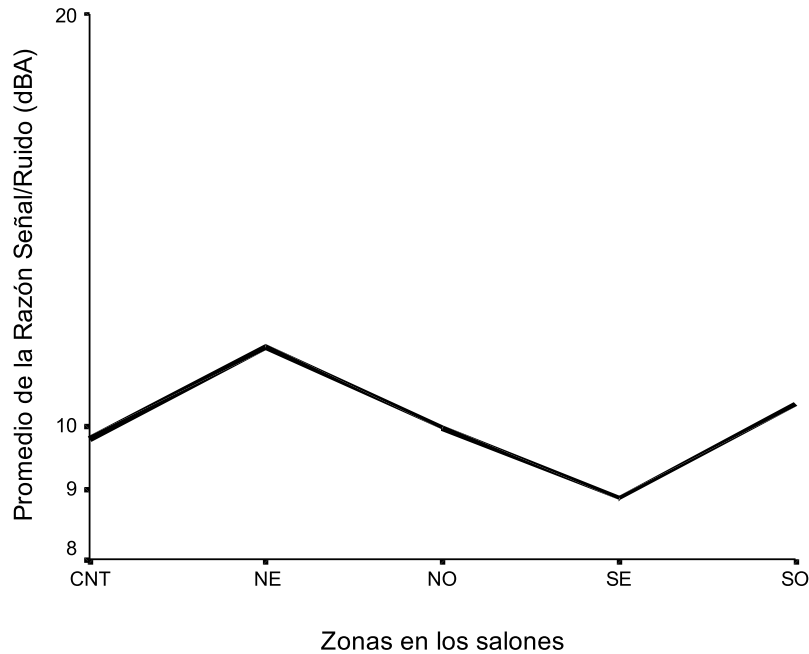


Figura V. 8 Señal-Voz y Ruido en los salones

Sin embargo, estos datos ya nos indican que el ruido es lo que afectará a la razón señal/ruido, ya que su nivel registrado rebasa el valor propuesto en la normatividad de 35 decibelios, provocando que el maestro deba aumentar la intensidad de su voz para poder ser escuchad@.

Utilizando ambas mediciones y una vez realizada la operación aritmética de sustracción de la señal (S) menos el ruido (R), se obtiene el valor denominado razón señal/ruido (S/R). Estos valores los vemos en la figura V.9 donde observamos la razón S/R de las zonas en los salones evaluados.



**Figura V. 9 Razón Señal/Ruido en las zonas de los salones**

Los resultados pueden analizarse bajo dos perspectivas: primera, por los valores observados en general y por su variabilidad en las diferentes zonas del salón, y segunda, por los criterios sugeridos en la normatividad.

Desde el punto de vista de los datos observados, la razón S/R que calculamos en los salones en general, tiene una media de 10.01 decibelios con una desviación estándar de 4.64, y un intervalo con un mínimo de -2.90 hasta un máximo de 17.7 decibelios (ver figura V.10). Si comparamos estos datos con los de la figura V.9, podemos ver que tenemos una distribución asimétrica de la razón S/R también en todas las zonas del salón, encontrándose una variabilidad entre todas las zonas debido a una diferente exposición tanto al ruido como a la señal existentes en los salones de clase.

Si analizamos estos resultados desde el criterio de la normatividad propuesta, podemos afirmar que en ninguna zona del salón encontramos una óptima razón señal/ruido, ya que la norma nos indica como valor adecuado una razón de más de 15 decibelios,

para que la voz del docente tenga posibilidad de ser escuchada nítidamente sin realizar esfuerzos vocales.

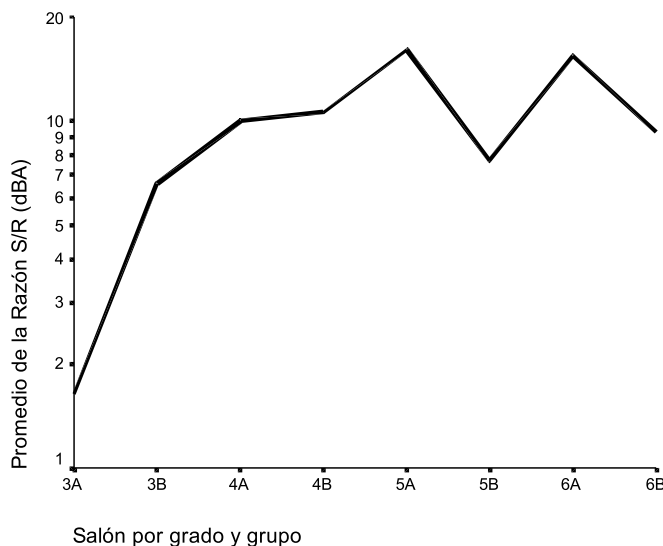


Figura V.10 Promedio de Razón S/R en los salones

## **B) EFECTOS PSICOLÓGICOS DE LA CONTAMINACIÓN POR RUIDO**

Estos resultados que examinaremos nos indican los efectos psicológicos en los estudiantes originados, probablemente, por la contaminación por ruido en su escenario educativo. Estos efectos se evaluaron en tres atributos psicológicos del alumn@; la percepción ambiental que tienen acerca de su escenario educativo, la habilidad de su discriminación auditiva y el rendimiento de su procesamiento cognoscitivo. La evaluación se efectuó con cuatro diferentes instrumentos de medición psicológica. Para conocer su información aportada, la presentación de los resultados se ordenará atendiendo el gradiente de complejidad de los atributos psicológicos evaluados. Comenzaremos reportando en primer lugar, las características socio-demográficas de los participantes; en segundo lugar, presentaremos los resultados de la molestia percibida por el ruido en su formato verbal y numérico; en tercer lugar, reportamos los resultados de la percepción que tienen los estudiantes sobre la interrupción de la comunicación en su salón a causa del ruido, tanto con su maestro como con los compañeros; en cuarto lugar, seguimos con la presentación de los resultados de la prueba de inteligibilidad de la palabra; terminamos en

quinto lugar, con los resultados de la prueba de comprensión de textos como un indicador del rendimiento académico.

## **1. CARACTERÍSTICAS SOCIO-DEMOGRÁFICAS.**

Con la intención de conocer la densidad social en la que viven los alumnos se les preguntó sobre su situación demográfica al interior de su vivienda, respondiendo con los siguientes resultados: en relación al número de personas que viven en su casa reportan en promedio a 5.4, con un mínimo de 2 y un máximo de 21 personas; en relación al número de recámaras que tiene su casa reportan en promedio 3.2, desde una hasta 13 recámaras en una casa; y en relación al número de hermanos reportan en promedio a 1.6, en un intervalo de quienes no tienen hasta los que tienen 8 hermanos.

Para conocer los antecedentes de instrucción escolar en el contexto familiar de los alumnos, les pedimos nos informaran sobre el nivel máximo de estudios de sus padres. Como se utilizó un formato de preguntas abiertas, las respuestas se clasificaron en: enseñanza básica (primaria y/o secundaria incompletas o terminadas), enseñanza media (preparatoria y/o carrera técnica), enseñanza superior (estudios universitarios incompletos o terminados) y no sabe, para quienes desconocían los estudios de los padres. Además, les preguntamos que nos proporcionarán su promedio de calificación obtenido en los años escolares anterior y actual, para esta información reportamos el dato proporcionado por los mismos alumnos.

En la figura V.11 podemos observar el nivel de estudios de la madre; donde la mayoría de los alumnos (57.2%) no sabe lo que estudió su mamá, el 19.3% reporta que tiene educación básica y el restante 23.5% menciona que su madre tiene una educación media o superior

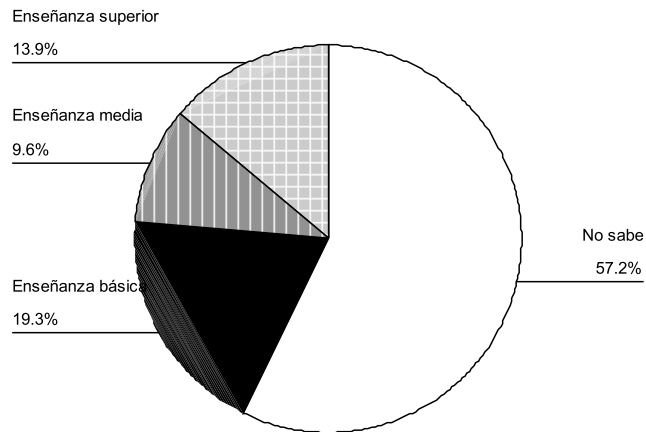
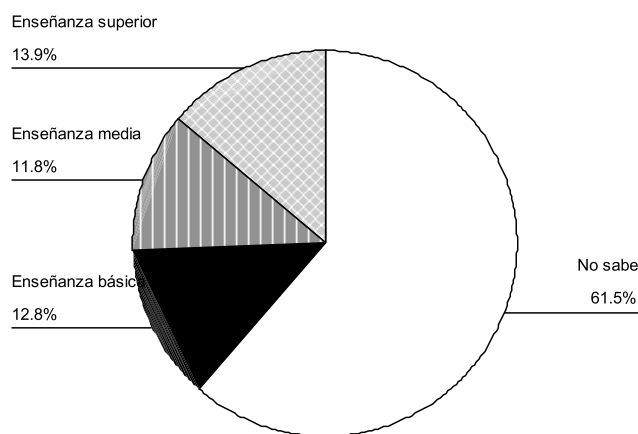


Figura V. 11 Educación de la madre

En la figura V.12 se muestra el nivel de estudios reportados para el padre, donde igualmente la mayoría reporta (61.5%) que no sabe lo que estudió su papá, el 12.8% declara que tiene una enseñanza básica y el restante 25.7% menciona que su padre tiene una educación media o superior.

Relacionando esta información de la educación de los padres es importante mencionar que existe una relación significativa entre ellos ( $r = .41, p = .000$ ), de tal manera que vemos una tendencia moderada de que los padres posean similares niveles educativos; sin embargo, quien modifica esta linealidad es la madre con educación superior, ya que su pareja tiene una instrucción desconocida y/o básica o tiene educación superior sin encontrar casos de parejas con instrucción media, contrario a los padres con educación superior donde se reportan parejas de todos los niveles educativos.



**Figura V. 12 Educación del padre**

Con respecto al promedio de calificación reportado por los propios alumnos tenemos los siguientes datos: el promedio que reportan 111 alumnos sobre su año escolar pasado fue de 8.95 con una desviación estándar de .83; mientras que el promedio que reportaron sólo 64 alumnos sobre su año escolar presente fue de 8.81 con una desviación estándar de 1.0. Los alumnos que no respondieron a las preguntas son porque no sabían o no recordaban sus promedios de calificación.

Para el caso de los 64 alumnos que si conocían sus calificaciones actuales, mostrando tal vez con ello un interés en su desempeño o al menos tienen un seguimiento al respecto, encontramos una pequeña relación significativa ( $r = .20$ ,  $p = .009$ ) entre su promedio presente y el nivel educativo de la madre, donde se ve la tendencia de que a mayor instrucción de la madre el alumno tiene mejores calificaciones escolares. Esta tendencia se ve reforzada con otra relación significativa ( $r = .58$ ,  $p = .000$ ) entre los promedios de calificación que reportan los alumnos de sus años escolares anterior y actual, que nos indica que los alumnos tienden medianamente a mantener su rendimiento escolar de un año a otro.

## **2. EFECTO PSICOLÓGICO DE LA MOLESTIA POR RUIDO**

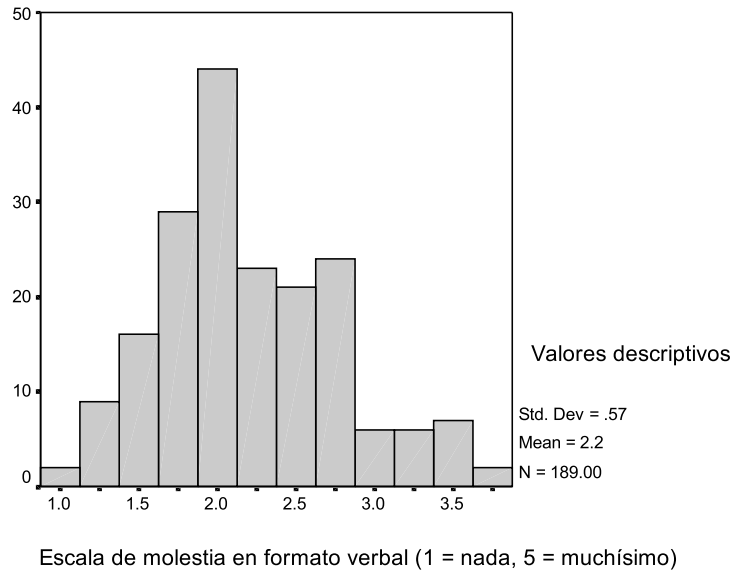
La escala para medir el efecto psicológico de la molestia por el ruido se diseñó en dos formatos diferentes: uno en forma de respuesta verbal tipo Likert, con cinco intervalos de contestación de nada a muchísimo; y el otro en forma de respuesta numérica, con intervalos del 0 al 10 como opciones. Para la presentación de los resultados que

expresaron los estudiantes, primero mostraremos los datos obtenidos con las escalas completas, o sea, el resultado calculado con la suma de los valores contestados en los 17 reactivos que forman a cada escala, y posteriormente mostraremos la conformación factorial obtenida en cada escala, la cual se formó utilizando el método estadístico del análisis factorial exploratorio. Es importante tomar en consideración en la presentación de estos resultados dos variantes utilizadas: con respecto a la presentación gráfica de los datos, la escala utilizada en el eje o coordenada cartesiano “Y” u ordenada de la gráfica, tiene el mismo intervalo numérico que los utilizados en el instrumento, o sea, del 1 al 5 y del 0 al 10; y con respecto a la escala numérica utilizada para realizar los cálculos estadísticos, se utilizaron los datos brutos o sumados de cada factor o de la escala completa, por ejemplo, en el caso de un factor con cinco reactivos que tienen un intervalo de respuesta del 1 al 5, los datos brutos o sumados contienen valores mínimo de cinco y máximo de 25.

### **ESCALA DE MOLESTIA EN FORMATO VERBAL**

Como se aprecia en la figura V.13, el promedio de la molestia percibida en los alumnos es de 2.20 en el intervalo de 1 a 5 con una desviación estándar de .57, esto quiere decir, que a los estudiantes en general les molesta de poco a regular el ruido que llega a sus salones. También observamos las calificaciones extremas reportadas, desde la mínima de 1.0 (nada de molestia) hasta la máxima de 3.7 (mucho molestia).



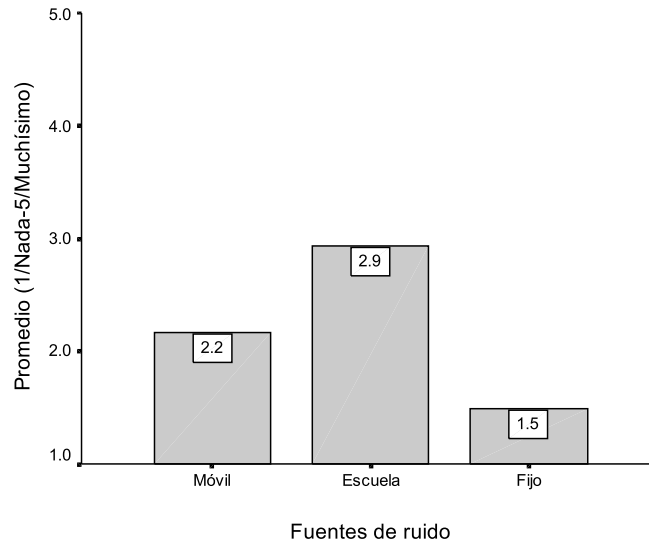


**Figura V. 13 Escala de molestia en su forma verbal**

## CONFORMACIÓN FACTORIAL DE LA ESCALA DE MOLESTIA EN FORMATO VERBAL

Utilizando el método del análisis factorial se pudo identificar una configuración que agrupa a tres factores o dimensiones con significado común, esta conformación factorial se organizó introduciendo en el análisis a las 17 respuestas que dan los alumnos sobre las fuentes de ruido que les provoca alguna molestia.

Esta conformación factorial la podemos ver en la figura V.14: donde se aprecia que la molestia percibida de los alumnos es mayor para las fuentes de ruido que se dan en la misma escuela ( $M = 2.93$ ,  $DE = .73$ ); seguido de las fuentes de ruido móvil generado por los vehículos en general ( $M = 2.17$ ,  $DE = .88$ ); y es mínima la molestia debido a las fuentes de ruido fijo provocado desde los establecimientos comerciales colindantes a la escuela ( $M = 1.49$ ,  $DE = .67$ ).



**Figura V. 14 Conformación factorial de la Molestia en formato verbal**

Esta agrupación de la medición por las fuentes de ruido, nos proporciona información precisa acerca de lo que les molesta en particular a los alumnos, en este caso, queda claro que la fuente de ruido que les molesta medianamente es la generada por ellos mismos en su escuela. Asimismo, encontramos que el grupo que reportó mayor molestia son las mujeres ( $M = 15.43$ ,  $DE = 3.78$ ) por el ruido generado en la misma escuela, más significativamente que el grupo de los hombres ( $M = 14.1$ ,  $DE = 3.48$ ),  $t(184) = 2.47$ ,  $p = .01$ .

## ESCALA DE MOLESTIA EN FORMATO NUMÉRICO

Como se aprecia en la figura V.15 el promedio de la molestia percibida en los alumnos es de 2.98 en el intervalo de 0 a 10 con una desviación estándar de 1.68, lo que nos indica, que los estudiantes perciben en general poca molestia por los ruidos que llegan a sus salones. Reportándonos una calificación desde la mínima de 0 (nada) hasta la máxima de 10 (muchísimo).

Estos resultados también nos indican que las mujeres perciben mayor molestia ( $M = 55.15$ ,  $DE = 30.9$ ), con una diferencia significativa a la de los hombres ( $M = 46.73$ ,  $DE = 26.23$ ),  $t(184) = 2.0$ ,  $p = .05$ .

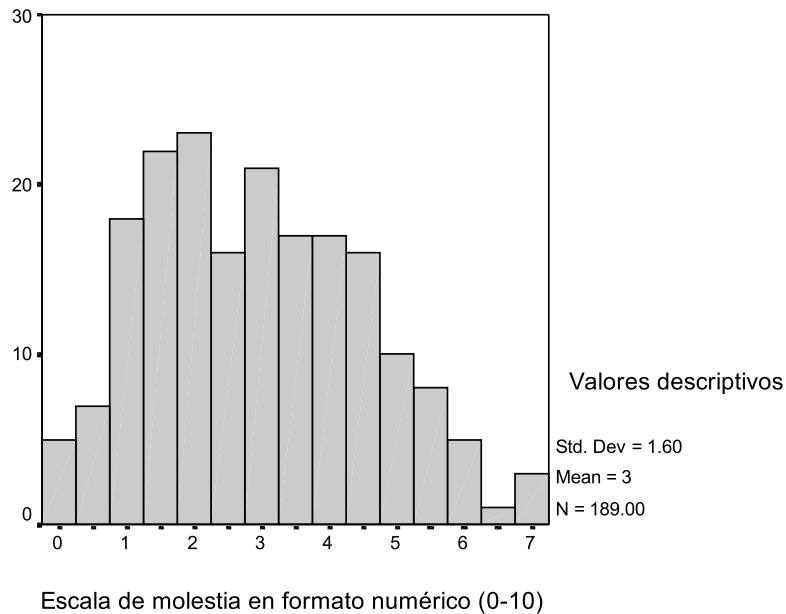
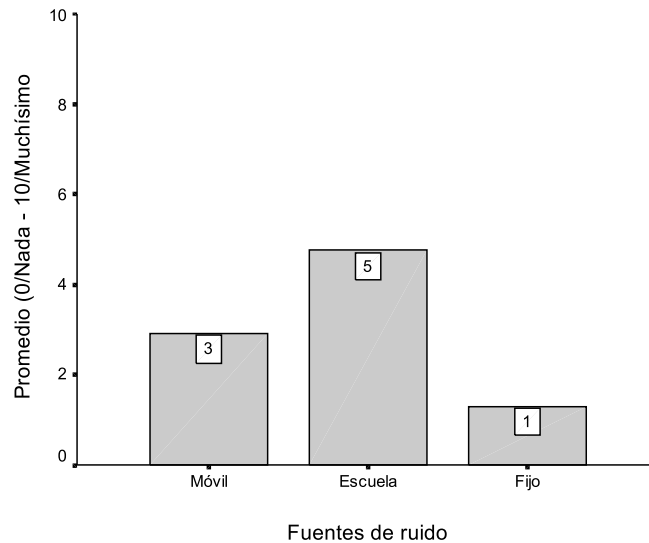


Figura V. 15 Escala de Molestia en formato numérico

## CONFORMACIÓN FACTORIAL DE LA ESCALA DE MOLESTIA EN FORMATO NUMÉRICO

De la misma manera, utilizando el método del análisis factorial se pudo identificar una conformación que agrupa a tres factores o dimensiones con significado común, esta conformación factorial se organizó introduciendo en el análisis a los 17 reactivos o respuestas que dan los alumnos sobre las fuentes de ruido que les provoca alguna molestia, en este análisis, las respuestas de la escala tienen un formato numérico de 0 a 10 en sus opciones.

Podemos ver la conformación factorial en la figura V.16, donde observamos que, de forma similar a la escala con formato verbal en sus respuestas, se agruparon los reactivos con la misma configuración de tres factores con un significado común. Resultando una estructura equivalente en su significado pero de diferente intensidad, tal como se esperaba originalmente desde el diseño de las escalas. Apoyados en los datos representados en esta figura V.16, podemos aseverar que la mayor molestia de los alumnos es por el ruido generado en la escuela ( $M = 4.75$ ,  $DE = 2.27$ ), en segundo lugar, la molestia por el ruido producido desde los vehículos en general ( $M = 2.92$ ,  $DE = 2.5$ ), y con una mínima molestia de los alumnos por el ruido proveniente de los establecimientos comerciales alrededor de su escuela ( $M = 1.3$ ,  $DE = 1.78$ ).



**Figura V. 16 Conformación factorial de la Molestia en formato numérico**

De nuevo vemos que esta configuración nos da información precisa acerca de lo que molesta a los alumnos en particular, igualmente, queda claro que la fuente de ruido que les molesta medianamente es la generada por ellos mismos en su escuela. De la misma forma que en la otra escala con formato verbal, encontramos que el grupo que reportó mayor molestia son las mujeres ( $M = 25.82$ ,  $DE = 11.52$ ) por el ruido generado en la misma escuela, más significativamente que el grupo de los hombres ( $M = 22.0$ ,  $DE = 11.0$ ),  $t(184) = 2.28$ ,  $p = .02$ .

### **3. EFECTO PSICOLÓGICO DE INTERFERENCIA DE LA COMUNICACIÓN POR RUIDO**

La escala para medir el efecto psicológico de la interferencia de la comunicación se diseñó especialmente para este estudio, se desarrollaron dos versiones; una para conocer la obstrucción de la comunicación con su maestro(a), la otra, para que nos informaran sobre la dificultad percibida de la comunicación con sus compañeros de clase. Ambas escalas se elaboraron con 17 reactivos o preguntas, donde se consideraron las probables fuentes de ruido que podían interferir en la comunicación durante las clases. Para la presentación de los resultados, primero analizaremos los datos con la escala total, y posteriormente examinaremos los datos extraídos de la conformación factorial de cada una de las escalas utilizadas.

Del mismo modo, es importante tomar en consideración en la presentación de estos resultados dos variantes utilizadas: con respecto a la presentación gráfica de los datos, la escala utilizada en el eje o coordenada cartesiano “Y” u ordenada de la gráfica, tiene el mismo intervalo numérico que el utilizado en los instrumentos, en este caso del 1 al 5; y con respecto a la escala numérica utilizada para realizar los cálculos estadísticos, se utilizaron los datos brutos o sumados de cada factor o de la escala completa, por ejemplo, en el caso de un factor con siete reactivos que tienen un intervalo de respuesta del 1 al 5, los datos brutos o sumados contienen valores mínimo de siete y máximo de 35.

### **ESCALA DE INTERFERENCIA DE LA COMUNICACIÓN CON EL MAESTRO**

En la figura V.17 apreciamos los resultados de la escala de interferencia de la comunicación con el maestro(a), esta información nos indica que los alumnos en general perciben en sus salones una dificultad moderada para escuchar y comunicarse con su maestro(a) ( $M = 2.33$ ,  $DE = .64$ ), teniendo estudiantes que consideran que no tienen dificultad en la comunicación (valor mínimo = 1.0) y estudiantes que manifiestan tener muchísima dificultad para comunicarse con su maestro (valor máximo = 4.4).

Igualmente que en el caso de la molestia por el ruido, encontramos que las mujeres perciben más interferencia de la comunicación con su maestro ( $M = 41.8$ ,  $DE = 12.27$ ), significativamente mayor que los hombres ( $M = 37.56$ ,  $DE = 9.3$ ),  $t(184) = 2.68$ ,  $p = .008$ . También observamos una relación negativa significativa entre la interferencia de la comunicación con su maestro y la edad de los alumnos ( $r = -.28$ ,  $p = .000$ ), indicándonos que los alumnos de menor edad padecen mayor interferencia de la comunicación con su maestro por los ruidos que llegan a sus salones.

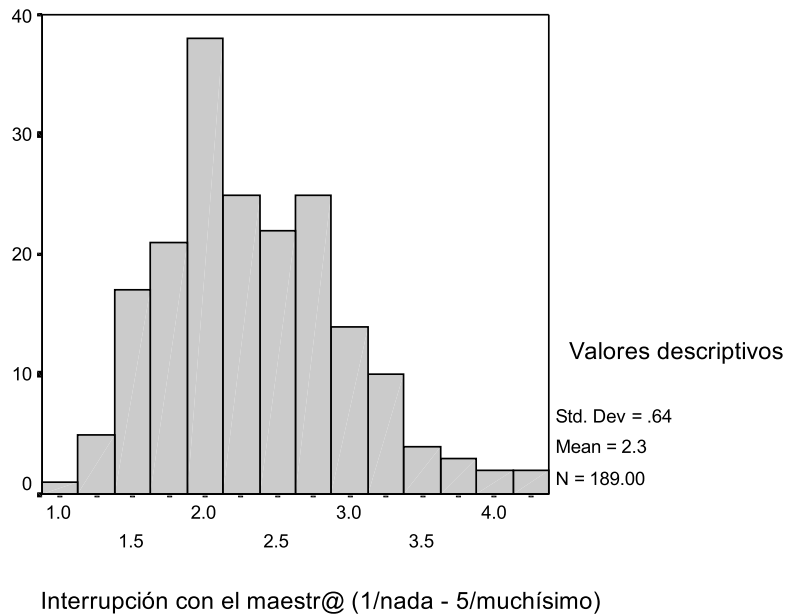
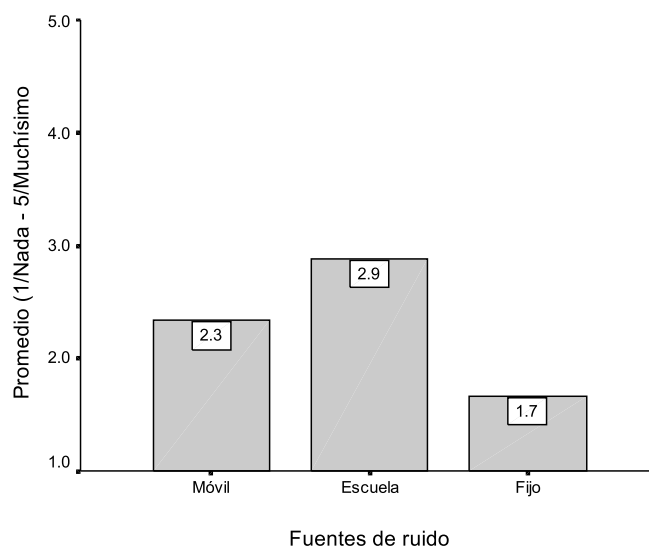


Figura V. 17 Escala de Interferencia de la comunicación con el maestro

## CONFORMACIÓN FACTORIAL DE LA ESCALA DE INTERFERENCIA DE LA COMUNICACIÓN CON EL MAESTRO

Del mismo modo que en los instrumentos de molestia, utilizando el método estadístico del análisis factorial, se identificó una configuración idéntica de tres factores o dimensiones con significado común que agruparon a las 17 respuestas de los estudiantes, quedando organizadas las mismas fuentes de ruido que se pensaron originalmente. La conformación factorial semejante la podemos ver en la figura V.18, donde la fuente de ruido escolar generado en la misma escuela es la que dificulta más la comunicación con sus maestros ( $M = 2.89$ ,  $DE = .80$ ), seguida de la fuente de ruido móvil producido por los vehículos en general ( $M = 2.34$ ,  $DE = .99$ ), y con una dificultad mínima para la comunicación con los docentes, se reporta la fuente de ruido fija que proviene de los establecimientos comerciales alrededor del edificio ( $M = 1.67$ ,  $DE = .72$ ).



**Figura V. 18 Conformación factorial de la interferencia de la comunicación con el maestro**

Una vez más, se corrobora que el grupo de las mujeres percibe que las tres fuentes de ruido dificultan más significativamente la comunicación con sus maestros, en comparación a lo que percibe el grupo de los hombres, tal como señalan los siguientes datos:

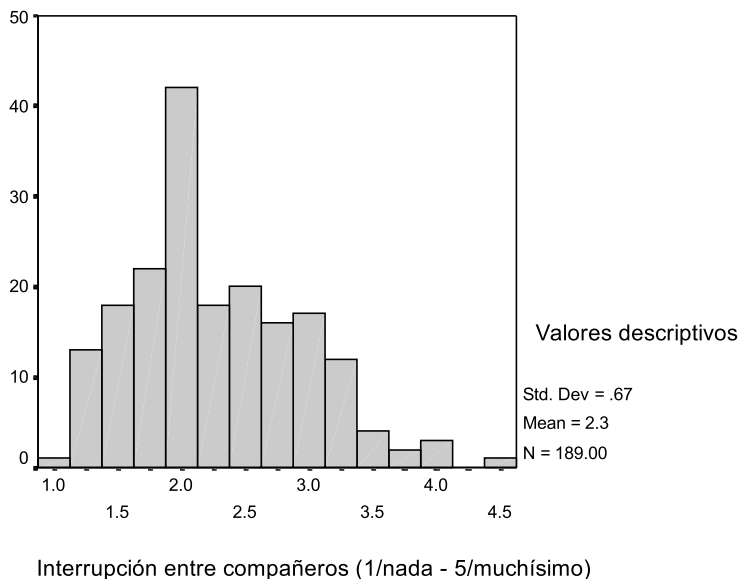
FUENTE	SEXO	MEDIA (M)	DE	t	gl	Sig.
Ruido móvil	Mujeres	17.49	7.5	2.1	184	.03
	Hombres	15.35	6.3			
Ruido de la escuela	Mujeres	15.06	4.2	2.0	184	.04
	Hombres	13.87	3.9			
Ruido fijo	Mujeres	8.95	4.3	2.2	184	.03
	Hombres	7.76	2.9			

También al relacionar estos datos con las características socio-demográficas de los estudiantes, tenemos relaciones negativas significativas entre la interferencia de la comunicación con sus maestros y la edad de los alumnos, tanto para la fuente de ruido móvil ( $r = -.23$ ,  $p = .001$ ) como para la fuente de ruido fijo ( $r = .24$ ,  $p = .001$ ). Esta información nos indica que, los alumnos de menor edad perciben más dificultad para comunicarse con sus maestros, a causa del ruido que escuchan en sus salones tanto de los vehículos como de los establecimientos cercanos a su escuela.

## ESCALA DE INTERFERENCIA DE LA COMUNICACIÓN CON LOS COMPAÑEROS

En la figura V.19 notamos los resultados de la escala de interferencia de la comunicación con los compañeros, donde los alumnos en general perciben poca o regular

dificultad para comunicarse con sus compañeros en sus salones ( $M = 2.27$ ,  $DE = .67$ ), paralelamente, algunos estudiantes expresan no tener dificultad (mínimo = 1.1) y otros exteriorizan muchísima dificultad (máximo = 4.6) para comunicarse con sus compañeros en clase.



**Figura V. 19 Interferencia de la comunicación con los compañeros**

De forma consistente como en las evaluaciones de la molestia y en la de interferencia de la comunicación con el maestro, encontramos que las mujeres reportan mayor interrupción de la comunicación con sus compañeros ( $M = 40.35$ ,  $DE = 12.7$ ), más significativamente que la reportada por los hombres ( $M = 36.87$ ,  $DE = 10.1$ ),  $t(184) = 2.08$ ,  $p = .04$ . Con la misma consistencia, observamos una relación negativa significativa entre la interferencia de la comunicación con sus compañeros y la edad de los alumnos ( $r = -.28$ ,  $p = .000$ ), mostrándonos que los alumnos de menor edad perciben mayor interferencia de la comunicación con sus compañeros por el ruido en sus salones.

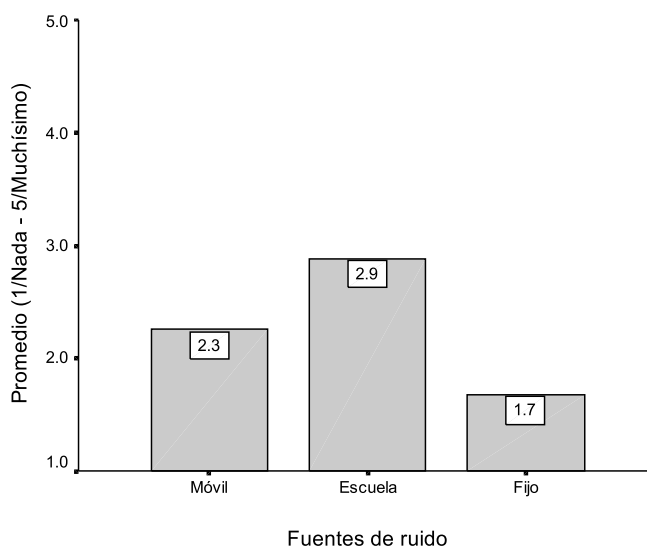
## CONFORMACIÓN FACTORIAL DE LA ESCALA DE INTERFERENCIA DE LA COMUNICACIÓN CON SUS COMPAÑEROS

Idénticamente, utilizando la técnica estadística del análisis factorial, se pudo identificar una configuración semejante que las anteriores, donde las 17 respuestas que dan los alumnos se agrupan en los tres factores o dimensiones con el mismo significado



común, que corresponden con las mismas fuentes de ruido pensadas originalmente, que en este proceso explorado, interfieren en la comunicación con sus compañeros.

Esta conformación factorial análoga la visualizamos en la figura V.20, donde de manera similar a las evaluaciones de molestia y de interferencia de la comunicación con el maestro, la fuente de ruido escolar generado en la misma escuela es la que dificulta más la comunicación con sus compañeros ( $M = 2.89$ ,  $DE = .80$ ), en segundo lugar la fuente de ruido móvil producido por los vehículos en general ( $M = 2.25$ ,  $DE = .96$ ), y con una dificultad mínima para la comunicación entre compañeros, reportan la fuente de ruido fija que proviene de los establecimientos comerciales cercanos a la escuela ( $M = 1.68$ ,  $DE = .83$ ).



**Figura V. 20 Estructura factorial de la interferencia de la comunicación con los compañeros**

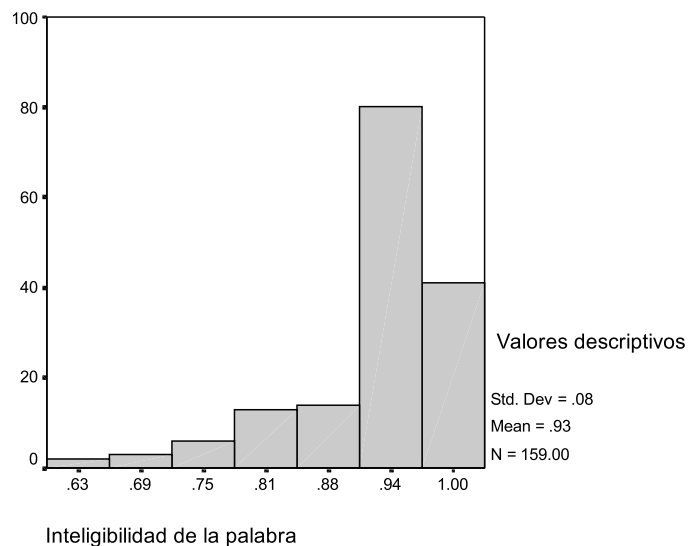
Como se ha estado indicando persistentemente con las demás evaluaciones, se ratifica que el grupo de las mujeres percibe que la fuente de ruido generado en la misma escuela dificulta más significativamente la comunicación con sus compañeros ( $M = 15.06$ ,  $DE = 4.17$ ), que lo que percibe el grupo de los hombres ( $M = 13.86$ ,  $DE = 3.85$ ),  $t(184) = 2.02$ ,  $p = .04$ . De la misma manera, distinguimos relaciones negativas significativas entre la interferencia de la comunicación con sus compañeros y la edad de los escolares, tanto para la fuente de ruido móvil ( $r = -.26$ ,  $p = .000$ ) como para la fuente de ruido fijo ( $r = .29$ ,  $p = .000$ ); indicándonos que los alumnos de menor edad perciben mayor interferencia en la comunicación con sus compañeros, como una consecuencia del ruido que escuchan en

sus salones, tanto de los vehículos en general como de los establecimientos próximos a su escuela.

#### 4. EFECTO PSICOLÓGICO DE INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA HABLADA

El instrumento de medición utilizado para conocer el grado de inteligibilidad de la palabra en los estudiantes es una prueba diseñada en la UNAM, que fue desarrollada para aplicarse de forma controlada desde una grabación digital, pero, para el presente estudio se utilizó otra forma de aplicación; que consistió en el dictado de una lista de 25 palabras monosílabas, tarea realizada por los docentes de cada salón para que los alumnos escucharan el mismo lenguaje como en sus clases reales, el maestro dictaba una palabra sin repetirla y daba tiempo para que los estudiantes escribieran en una hoja organizada cada una de las palabras escuchadas. La prueba se califica por el porcentaje de aciertos obtenidos por cada alumno en una escala de 0 a 100 % de inteligibilidad, donde por cada palabra escuchada inteligiblemente se le asigna un 4%.

Como apreciamos en la figura V.21, el promedio obtenido por los alumnos en su inteligibilidad de la palabra fue de 93% con una desviación estándar de .08, teniendo como valor mínimo el 64% y el máximo de 100% de inteligibilidad.



**Figura V. 21 Calificación de la inteligibilidad de la palabra**

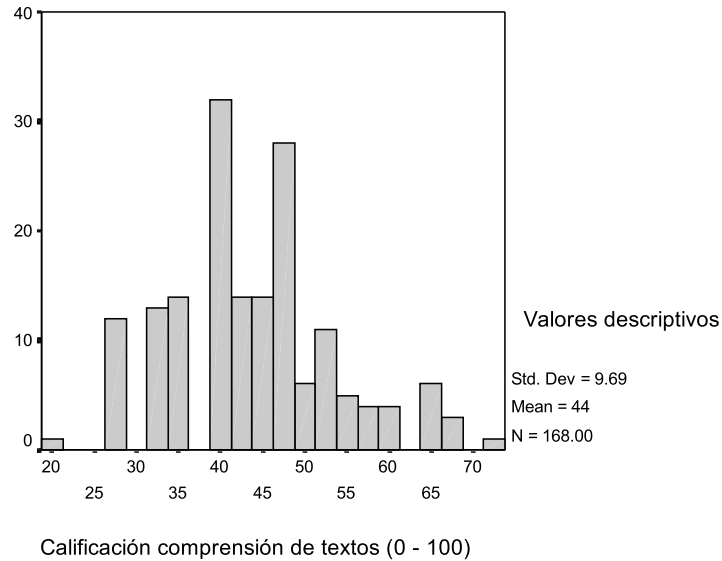
Estos resultados nos están mostrando un nivel de discriminación auditiva adecuado, en el cual no existe pérdida significativa de información, esto significa, que los alumnos en general oyen clara y distintamente el 93% del discurso de los maestros. También,

relacionando estos datos con las características socio-demográficas, observamos una pequeña tendencia hacia una mejor inteligibilidad de los alumnos conforme crecen e incrementan sus habilidades cognoscitivas, como nos indica la relación significativa entre la edad de los alumnos y su nivel de inteligibilidad ( $r = .20$ ,  $p = .01$ ).

## **5. EFECTO PSICOLÓGICO EN LA COMPRESIÓN DE TEXTOS**

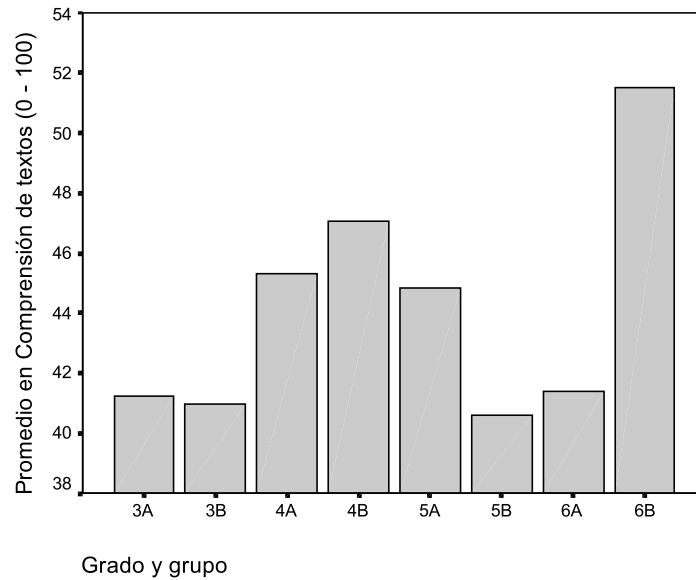
Para medir el efecto psicológico en la comprensión de los estudiantes se empleó la sub-escala de comprensión de textos de la batería Woodcock, la prueba consiste en 28 textos que les falta una palabra clave, la tarea de comprensión del alumno involucra sus habilidades cognoscitivas y de vocabulario para deducir la palabra faltante, porque la palabra que seleccionará y escribirá en el espacio faltante deberá ser apropiada al contexto y significado del texto. Esta prueba fue diseñada para todos los niveles educativos, por lo que los textos tienen un orden de menor a mayor complejidad en su información, por esta razón, se van omitiendo los textos iniciales cuando se aplica a personas con mayor grado escolar, para el presente estudio; los grados escolares de 3° y 4° respondieron a los 28 textos, mientras en los grados escolares de 5° y 6° respondieron sólo a 25 de los textos, omitiéndose los tres textos iniciales que son muy básicos. Para calificar la prueba de manera uniforme en todos los grados, se hizo una transformación equivalente del número de respuestas correctas a una calificación proporcional con escala de 0 a 100, o sea, en la prueba con 25 textos cada respuesta o palabra correcta tiene un valor de 4, y en la prueba con 28 textos cada respuesta correcta tiene un valor de 3.57.

Como vemos en la figura V.22, el promedio general obtenido por los estudiantes en la prueba de comprensión de textos fue de 43.9, con una desviación estándar de 9.7, obteniendo algunos alumnos calificaciones mínima de 20 y la máxima de 71.4.



**Figura V. 22 Calificación de comprensión de textos**

Si observamos los resultados de esta prueba, con la idea de ver una tendencia ascendente en la comprensión de los alumnos conforme avanzan en su escolaridad, lo que en realidad nos están indicando los datos, es un desfase en su comprensión si lo examinamos conforme a los grados y grupos al que pertenecen, como puede verse en la figura V.23. En esta gráfica, observamos que la tendencia ascendente en la comprensión se interrumpe en los grupos 5° B y 6° A, que se corrobora con una diferencia estadísticamente significativa,  $F(7,160) = 3.19$ ,  $p = .003$ , y se identifica en específico por medio de la prueba Tukey entre los resultados del grupo 6° B y los de estos dos grupos; el 5° B ( $p = .005$ ) y el 6° A ( $p = .02$ ).



**Figura V. 23 Comprensión de textos en los grados y grupos escolares**

Es oportuno mencionar que estos dos grupos (5° B y 6° A), con una apreciación subjetiva basada en la experiencia de la evaluación realizada, se identificaron por ser desordenados e indisciplinados a las instrucciones de sus maestras, y quien mantiene la tendencia ascendente en la comprensión de textos es el grupo 6° B, quien se identificó como el grupo más colaborador, más ordenado y disciplinado con su maestra.

### ***C) RELACIÓN ENTRE LA ACÚSTICA DE LOS SALONES DE CLASE Y LOS EFECTOS PSICOLÓGICOS EN LOS ESTUDIANTES***

Para conocer la relación entre las variables acústicas y los efectos psicológicos en los alumnos empleamos el análisis de regresión lineal múltiple, este método estadístico calcula objetivamente la magnitud y dirección de la relación lineal entre variables, que congruente con nuestra hipótesis inicial, con este estudio pretendemos encontrar una relación lineal entre la variación o varianza de los efectos psicológicos en los alumnos y la variación o varianza de las condiciones acústicas medidas objetivamente en sus salones de clase. Conjuntamente, para la prueba de esta interrelación, se incorporan en el análisis más variables: algunas características sociodemográficas de los estudiantes, y la distancia física desde el docente en el pizarrón hasta las zonas que ocupan los estudiantes dentro del salón. Para el logro de estos propósitos, se realizaron varios análisis de regresión lineal

múltiple con el método de búsqueda secuencial de estimación por etapas (paso a paso o stepwise) en la búsqueda del modelo de regresión con mejor ajuste. El proceso general realizado fue evaluar cada uno de los efectos psicológicos como variables dependientes, introduciendo un efecto a la vez como la variable dependiente, y determinando a todas las demás como variables independientes; en este caso fueron, las socio-económicas, las variables acústicas, y los otros efectos psicológicos que no se evaluaban en el análisis correspondiente como variable dependiente.

Para dar cumplimiento al objetivo general del estudio, mostraremos las relaciones estadísticas encontradas entre las variables exploradas en este trabajo empírico. Para ello, ordenaremos los resultados con base en las tres modalidades de los efectos psicológicos o variables dependientes evaluadas: primero, las variables de autoreporte valoradas (molestia e interferencia de la comunicación); segundo, la variable de discriminación auditiva (inteligibilidad de la palabra); y en tercer lugar, la variable de procesamiento cognoscitivo evaluada (comprensión de textos).

### **ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DE LA VARIABLE QUE SE RELACIONA CON LA MOLESTIA EN FORMATO NUMÉRICO**

En este análisis de regresión se considero como variable dependiente a la Molestia que experimentan los alumnos expresada en un formato numérico (0 a 10) y como variable independiente relevante se identifico a la interferencia de la comunicación con el maestro. En la siguiente tabla, se observa el resumen del análisis efectuado.

Resumen del análisis de regresión de la variable relacionada con la Molestia en un formato numérico ( $N = 188$ )			
<b>Variable</b>	<b>B</b>	<b>EE C</b>	<b><math>\beta</math></b>
Interferencia de la comunicación con el maestro	1.607	.152	.613*

Nota.  $R^2 = .38$

\* $p < .001$

Estos datos nos indican numéricamente que la variable interferencia de la comunicación con el maestro contribuye o explica el 38% de varianza de la variable de molestia por el ruido, en otras palabras, estos datos nos apoyan para poder afirmar que; los

estudiantes expresan molestia por el ruido en sus salones porque, concurrentemente, perciben que el ruido interrumpe la comunicación con sus maestros.

### **ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL DE LA VARIABLE QUE SE RELACIONA CON LA MOLESTIA EN FORMATO VERBAL**

En este análisis de regresión se considero como variable dependiente a la Molestia que experimentan los alumnos expresada en un formato verbal (nada a muchísimo) y como variable independiente relevante se identifico a la interferencia de la comunicación con el maestro. En la siguiente tabla, se observa el resumen del análisis efectuado.

Resumen del análisis de regresión de la variable relacionada con la Molestia en un formato verbal (N = 188)			
<i>Variable</i>	<i>B</i>	<i>EE C</i>	<i>β</i>
Interferencia de la comunicación con el maestro	.601	.049	.669*

Nota.  $R^2 = .45$

\* $p < .001$

Estos datos ratifican los obtenidos con la molestia en formato numérico, esto es, los datos nos indican numéricamente que la variable interferencia de la comunicación con el maestro contribuye o explica el 45% de varianza de la variable de molestia por el ruido, en otras palabras, estos datos nos apoyan para poder afirmar que; los estudiantes expresan molestia por el ruido escuchado en sus salones porque, paralelamente, perciben que el ruido interrumpe o dificulta la comunicación con sus maestros.

### **ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LAS VARIABLES QUE SE RELACIONAN CON LA INTERFERENCIA DE LA COMUNICACIÓN CON EL MAESTRO**

En este análisis de regresión se considero como variable dependiente a la Interferencia de la comunicación con el maestro que perciben los alumnos y como variables independientes relevantes se identificaron a tres de ellas: la edad, el sexo y el número de hermanos de los alumnos. En la siguiente tabla, se observa el resumen del análisis realizado.

Resumen del análisis de regresión de variables relacionadas con la Interferencia de la comunicación con el maestro (N = 188)			
<b>Variable</b>	<b>B</b>	<b>EE C</b>	<b><math>\beta</math></b>
Edad del alumn@	-2.457	.613	-.276*
Sexo del alumn@	-3.851	1.514	-.175*
Número de hermanos	1.251	.571	.150*

Nota.  $R^2 = .13$

\*p < .05

Estos datos nos señalan numéricamente que la variable de interferencia de la comunicación con el maestro es explicada en un 13% por el sexo, la edad y el número de hermanos de los estudiantes. Esto significa en otros términos que; los estudiantes que manifiestan una mayor dificultad para comunicarse con su maestro por el ruido de su salón, son las mujeres, los de menor edad y quienes tienen más hermanos.

### **ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LAS VARIABLES QUE SE RELACIONAN CON LA INTERFERENCIA DE LA COMUNICACIÓN ENTRE COMPAÑEROS**

En este análisis de regresión se considero como variable dependiente a la Interferencia de la comunicación entre compañeros que experimentan los alumnos y como variables independientes relevantes se identificaron a dos de ellas: la edad y el sexo de los alumnos. En la siguiente tabla, se observa el resumen del análisis efectuado.

Resumen del análisis de regresión de variables relacionadas con la Interferencia de la comunicación entre compañeros (N = 188)			
<b>Variable</b>	<b>B</b>	<b>EE C</b>	<b><math>\beta</math></b>
Edad del alumn@	-2.487	.655	-.266*
Sexo del alumn@	-3.063	1.619	-.132*

Nota.  $R^2 = .10$

\*p < .05

Estos datos ratifican en parte los reportados con respecto a la interrupción de comunicación con el maestro, ya que, los datos nos señalan numéricamente que la variable de interferencia de la comunicación con los compañe@s es explicada en un 10% por el sexo y la edad de los estudiantes. Esto significa en otros términos que; los estudiantes que



declaran una mayor dificultad para comunicarse con sus compañeros por el ruido en sus salones, son las mujeres y los alumnos de menor edad.

## ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LAS VARIABLES QUE SE RELACIONAN CON LA INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA

En este análisis de regresión se considero como variable dependiente a la inteligibilidad de la palabra que discriminaron los alumnos y como variable independiente relevante se determinó la edad del alumno. En la siguiente tabla, se observa el resumen del análisis efectuado.

Resumen de análisis de regresión de la variable relacionada con la Inteligibilidad de la palabra de los alumnos ( $N = 188$ )			
<i>Variable</i>	<i>B</i>	<i>EE C</i>	<i><math>\beta</math></i>
Edad del alumno	.01	.005	.195*

Nota.  $R^2 = .04$

\* $p < .01$

Este dato nos indica numéricamente que la edad de los estudiantes contribuye o explica escasamente al 4% de la varianza en la inteligibilidad del habla evaluada en ellos mismos. En otros términos significa que, la inteligibilidad que poseen los estudiantes para entender el habla en el salón de clase va aumentando con la edad, y por ende, por las habilidades cognoscitivas que van acrecentándose.

Otro dato que es importante señalar, es al comparar los niveles de inteligibilidad entre los diferentes grupos y grados evaluados, donde observamos diferencias significativas entre tres bloques de salones homogéneos en sus evaluaciones: el de menor nivel de inteligibilidad es el salón del 3° B ( $M = .81$ ,  $DE = .07$ ), los de nivel intermedio en su inteligibilidad son los salones de 3° A, 4° A, 5° A y B, 6° A y B ( $M =$  desde  $.89$  a  $.95$ ,  $DE =$  desde  $.02$  a  $.10$ ) y el mayor nivel de inteligibilidad fue el 4° B ( $M = .97$ ,  $DE = .04$ ) obtenidos con la prueba F y el contraste posterior de Tukey [ $F(7, 151) = 12.2$ ,  $p = .000$ ].

## ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE DE LAS VARIABLES QUE SE RELACIONAN CON LA COMPRESIÓN DE TEXTOS

En este análisis de regresión, la variable dependiente fue la prueba de Comprensión de textos que resolvieron los alumnos, a la cual se le realizó una transformación logarítmica para normalizar su distribución, y como variables independientes relevantes se identificaron a tres de ellas: el ruido ambiental, la interferencia de la comunicación entre compañeros, y la distancia desde el docente (en el centro del pizarrón) al alumno (por zona de ubicación) en los salones de clase. En la siguiente tabla, se observa el resumen del análisis logrado.

Resumen de análisis de regresión de variables relacionadas con la Comprensión de textos de los alumnos (N = 188)			
<b>Variable</b>	<b>B</b>	<b>EE C</b>	<b><math>\beta</math></b>
Interferencia de la comunicación entre compañeros	-.001	.001	-.228*
Ruido ambiental	-.003	.002	-.167*
Distancia de docente a alumno	-.01	.005	-.156*

Nota.  $R^2 = .09$

\* $p < .000$

Estos datos nos señalan numéricamente que la comprensión de textos de los estudiantes es explicada en un 9% por tres diversas cualidades; la dificultad para comunicarse con sus compañeros, el ruido ambiental que penetra a sus salones, y la distancia física que existe entre el docente frente al pizarrón y el lugar que ocupa cada alumno dentro del salón.

En otras palabras, la comprensión de textos de los estudiantes es mejor cuando ellos perciben una menor interferencia del ruido en la comunicación entre compañeros, al mismo tiempo que, cuando hay niveles más bajos de ruido ambiental dentro de su salón y cuando están más cerca del maestro frente al pizarrón.

## **VI. DISCUSIÓN**

La discusión de los resultados obtenidos con este estudio se desarrolla con el mismo orden que seguimos para la presentación de los mismos, donde compararemos los datos conseguidos con la información reportada en la literatura especializada. Primero, abordaremos la situación encontrada en relación a la acústica de los salones de clase; en segundo lugar, discutiremos acerca de los efectos psicológicos que experimentan los estudiantes en esas condiciones acústicas; como tercer punto, reflexionaremos acerca de las aportaciones, limitaciones y posibles aplicaciones que se han generado con los resultados del estudio.

Para discutir las condiciones de la acústica en los salones de clase comenzaremos con la reverberación, después el ruido y terminamos con la razón señal/ruido.

La reverberación calculada en todos los salones de clase por medio del parámetro T20 del tiempo de reverberación resultó ajustada a la normatividad sugerida, ya que registramos en todas las frecuencias, un rango promedio de 0.37 a 0.64 segundos en los salones vacíos y en los ocupados con alumnos un intervalo medio de 0.33 a 0.48 segundos, y si comparamos estos resultados con los sugeridos en las normas (ASA, 2000; World Health Organization, 1999), donde plantean que idealmente el salón de clases debería tener un tiempo de reverberación en el rango de 0.4 a 0.6 segundos, notamos que no hay una diferencia importante con las mediciones encontradas, sin embargo, se requiere de evaluaciones en otros escenarios educativos por la siguiente noción acerca de la reverberación.

El fenómeno de la reverberación depende básicamente de dos características físicas de los recintos: de su volumen y de los materiales de fabricación de sus superficies (paredes, piso y techo) Entonces, hay dos maneras para reducir el tiempo de reverberación en un cuarto: o el volumen se disminuye o la absorción del sonido se incrementa, sin embargo generalmente, el valor óptimo del tiempo de reverberación se obtiene tanto por el volumen como por el tipo de actividad (música, conferencias) que se realice en el recinto (Carrión, 2001; Everest, 1989).

Si utilizamos las ideas anteriores para reflexionar acerca de una adecuada reverberación, para el caso de los salones de clase podríamos vislumbrar dos ejes de discusión: una, en relación al volumen con base en la actividad educativa, y dos, respecto a

los materiales de construcción necesarios para un aula docente. En relación con el volumen de los salones, en principio nos debe hacer pensar en el número máximo de alumnos que pueden permanecer de manera que se les facilite, tanto el rendimiento académico como el bienestar físico sin hacinamiento. Respecto a los materiales de fabricación para un salón de clase, nos dirige a tener presente el significado que le damos a la actividad educativa, tanto por la solidez del espacio construido como por la imagen que se trasmite a los estudiantes. Si revaloramos los escenarios educativos en México, los materiales con los que se construyen también cambiarían, fabricando muros que sirvan tanto para el aislamiento acústico como un apoyo para la enseñanza. En el caso de la construcción de paredes aislantes, actualmente existen materiales que si son añadidos a los comúnmente utilizados para construir muros, les incrementa su capacidad de aislamiento térmico y acústico. Para el caso de los muros como un apoyo didáctico, se puede lograr si recubrimos las paredes internas añadiendo elementos benéficos; como libros de consulta, materiales didácticos, murales fijos para colocar objetos pedagógicos cambiables, pantalla móvil de proyección, entre otros apoyos didácticos, que promuevan una imagen visualmente agradable de un espacio para el aprendizaje. Un ejemplo, conceptualmente similar, lo podemos apreciar en las aulas nombradas como “salón tecnológicamente mejorado” que se están implementando actualmente en los países europeos, las cuales son equipadas con todos los progresos de la tecnología telemática, desde el acceso mínimo a una computadora conectada a la información local y de Internet, hasta la disponibilidad de la información y visualización remota que suministran los satélites en el espacio.

La otra variable evaluada de la acústica en los salones fue el nivel de ruido valuado en cuatro diferentes situaciones; sin actividad en la escuela, sin alumnos en los salones, con alumnos resolviendo una tarea en silencio, y con los alumnos en actividad académica normal. La información recabada nos enfoca en tres puntos de comparación para la discusión; con la normatividad propuesta, y con las comparaciones entre grupos y al interior del mismo salón.

Los niveles de ruido que se proponen en diversas normatividades internacionales (ANSI, 2002; ASA, 2000; BATOD, 2001; World Health Organization, 1999), sugieren un nivel de ruido de 35 dB (LAeq) en los salones durante todo el tiempo de las clases. Si comparamos este nivel de ruido con los que registramos en los salones de este escenario,

observamos que en ninguna situación evaluada se cumpliría con esta norma porque los niveles promedio de ruido hallados fueron: sin actividad en la escuela ( $M = 44.6$  dB,  $DE = 3.2$ ), sin alumnos en los salones ( $M = 58.3$  dB,  $DE = 4.5$ ), con alumnos resolviendo una tarea en silencio ( $M = 51.4$  dB,  $DE = 4.4$ ) y en actividad académica normal ( $M = 70.2$  dB,  $DE = 5.2$ ).

Observando los resultados a partir de la comparación entre los diferentes salones evaluados, se aprecia una diferente exposición al ruido en cada aula, característica originada principalmente por la ubicación del salón dentro del edificio y por la ubicación de la escuela en su entorno urbano, ya que se identificaron dos fuentes de ruido que impactan heterogéneamente a los salones; el ruido ambiental que se transmite tanto por las ventanas como por la puerta de los salones. El impacto desigual por la ubicación del salón dentro del edificio, se presenta porque frente a la puerta de cada aula se realizan diferentes actividades o servicios continuos; frente al salón del 4°A están los sanitarios, frente al 4°B está la escalera y el acceso tanto al comedor como a la Inspección escolar, frente a los quintos y sextos grados está el patio escolar. Por esta razón, el ruido generado por las actividades propias de la escuela se transmite desigual a través de las puertas de los salones colocadas en la zona Poniente del edificio. El impacto heterogéneo por la ubicación de la escuela en el entorno urbano, se puede observar por la mayor exposición registrada en los salones más cercanos a la vialidad, comercios y servicios ubicados en el sureste de la escuela, en contraste, con los niveles de ruido registrados en los salones más alejados del complejo urbano en el noreste del edificio, en ambos casos, el ruido se transmite a través de las ventanas que están colocadas en la zona Oriente de la escuela.

En relación a la comparación del ruido al interior de cada salón, observamos que existe una diferencia estadísticamente significativa en el ruido registrado en las cinco zonas de todas las aulas. Tal como se determinó con la prueba de *Friedman* al comparar el nivel de ruido de las cinco zonas en las siguientes condiciones evaluadas: en la situación sin actividad en la escuela [ $\chi^2 (4, N = 189) = 158.2, p = .000$ ]; en la situación sin alumnos en los salones [ $\chi^2 (4, N = 189) = 425.5, p = .000$ ]; y en la situación con actividad normal en los salones [ $\chi^2 (4, N = 189) = 85.5, p = .000$ ]. Esta información es muy valiosa ya que no se encontró referencia alguna en la literatura revisada acerca de una comparación similar al interior de los salones, esta diferencia en los niveles de ruido indica que existe una dinámica compleja causada por el diseño arquitectónico del salón, lo que requeriría un

estudio enfocado a este aspecto desde la Acústica arquitectónica. Tal como lo señala Stefaniw (2001), que propone una evaluación arquitectónica para lograr la mejor geometría que proporcione una alta inteligibilidad, y así, mejorar la comunicación en los espacios de aprendizaje.

Estos tres ejes de comparación; con la normatividad propuesta, con las desigualdades entre los grupos y al interior del mismo salón, nos proporcionan una perspectiva del mismo problema, que es el exceso de ruido en el escenario educativo con sus probables efectos negativos en la comunicación docente, en los procesos cognoscitivos para el aprendizaje y en el rendimiento académico de los estudiantes. Como análogamente lo sugiere Hodgson (2005) desde el punto de vista del diseño acústico, donde predice con sus modelos empíricos que el factor más importante del diseño que determina la calidad del habla en los salones de clase ha sido el ruido de fondo, ya que la calidad del habla generalmente decrece cuando el ruido se incrementa.

Los resultados hallados en la variable razón señal/ruido (S/R), tienen que ser discutidos en función de la normatividad que proponen organismos internacionales relacionados con la Educación y la Audición (ASHA, 1995; BATOD, 2001), donde sugieren tener una razón señal/ruido mayor a 15 decibeles para que la voz del docente pueda ser escuchada en los salones. Este valor de la razón S/R está en relación con el nivel de ruido igualmente regulado, de un valor de 35 decibeles, de tal manera que si ambos se cumplen, la S/R mayor de 15 decibeles quiere decir que la voz de los docentes se trasmite en su intensidad normal para una conversación (50 a 60 decibeles), sin necesidad de incrementar el nivel de la voz o gritar para ser escuchado. Asociando esta información con los datos discutidos anteriormente, sobre el ruido registrado en el escenario educativo evaluado, se infiere que los docentes se ven obligados a incrementar su intensidad de voz para ser escuchados por los estudiantes, su voz tiene que transmitirse a niveles por encima de una conversación normal, ocasionando no sólo un esfuerzo vocal por parte de los maestros y alumnos para hacerse escuchar, sino también, problemas en la calidad del habla, que es el mecanismo fundamental de la educación básica. Por estas razones, los especialistas (ASA, 2000) consideran que a mayor S/R mejor inteligibilidad de la palabra o habla, entonces, si la S/R es negativa significa que la voz del docente tendrá que ser más fuerte para entenderse ya que el ruido es más alto que la señal, de la misma manera que las otras variables acústicas, la razón S/R varía por todo el salón en proporción a la variación de la

señal o voz y los niveles de ruido. Apreciación conceptual que se confirma con nuestros resultados obtenidos, al encontrarse una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de S/R calculados en las cinco zonas de los salones, tal como se determinó con la prueba *Kruskal Wallis*, [ $\chi^2$  (4, N = 168) = 9.3,  $p = .05$ ], donde se indica que la zona Sureste es la de menor rango de S/R, por ser el lugar donde converge el ruido que se transmite tanto por la ventana como por la puerta, por esta ubicación física con mayor exposición al ruido y a pesar de ser el lugar más cercano a los docentes, no es la zona más apropiada para una razón S/R favorable.

Hasta este punto, hemos discutido las variables relacionadas con la acústica de los salones de clase calculadas con instrumentos de medición especializada, ahora iniciaremos una discusión acerca de las variables psicológicas de los estudiantes, que son las respuestas o efectos que los alumnos expresan o ejecutan estudiando en esas condiciones acústicas, en otras palabras, son los efectos psicológicos de la contaminación por ruido que evaluamos en los estudiantes en su escenario educativo. Para lograr este propósito, mantendremos el mismo orden que el utilizado para analizar los resultados, discutiremos los efectos psicológicos en los alumnos con la siguiente secuencia: primero, la molestia expresada; segundo, la percepción acerca de la interferencia de la comunicación educativa; tercero, el grado valorado de inteligibilidad de la palabra; y cuarto, la ejecución mostrada en la comprensión de textos.

Con respecto al efecto psicológico de molestia que experimentan los estudiantes por el ruido en los salones de clase, nuestros datos señalan que los alumnos expresan en promedio una mínima molestia no obstante estar expuestos a elevados niveles de ruido en su salón. Empero, ellos pueden discriminar las diversas fuentes de ruido que perciben en su aula, además quedando claro que la fuente que les genera una molestia de forma regular son los ruidos causados en la escuela por ellos mismos. Esta identificación del efecto psicológico de molestia en los escolares por la contaminación por ruido en sus escuelas, concuerda con estudios realizados en otros países como lo reportan Dockrell, Shield y Rugby (2004); Enmarker y Bonan (2004); Dockrell y Shield (2004).

Al relacionar estadísticamente los resultados del efecto de molestia con las demás variables psicológicas, acústicas y sociodemográficas, se determinó una relación significativa con la respuesta psicológica de interferencia de la comunicación con el maestro. Este hallazgo nos indica que los alumnos experimentan mayor molestia cuando

perciben más interrupción de la comunicación con su maestro. En otras palabras, el ruido percibido en los salones de clase, que proviene de todas las fuentes sonoras, tiene un efecto en la molestia experimentada por los estudiantes, y quienes perciben mayor molestia son aquellos que expresan igualmente mayor interrupción de la comunicación con su maestro por el ruido. No existen estudios en la literatura que reporten resultados similares derivados de esta relación estadísticamente significativa, sólo existen reportes sobre la molestia de los alumnos por el ruido en sus escuelas sin considerar su relación con la interferencia de la comunicación.

En cuanto al efecto psicológico de la interferencia de la comunicación manifestada por los estudiantes a causa del ruido en su salón, nuestros resultados indican que los alumnos perciben en general poca interrupción de la comunicación tanto con docentes como con compañeros, a pesar de una exposición a niveles altos de ruido en su salón. No obstante, los escolares pueden discriminar las diferentes fuentes de ruido que perciben en su aula, quedando explícito que la fuente que les ocasiona una interrupción de la comunicación de modo regular, tanto con docentes como con compañeros, son los ruidos causados en la escuela por actividades escolares y cotidianas. Con esta identificación del efecto psicológico de la interferencia de la comunicación educativa de los escolares por la contaminación por ruido, procedimos a relacionar estadísticamente este efecto con las demás variables psicológicas, acústicas y sociodemográficas, y se determinaron relaciones significativas en ambos efectos de interferencia de la comunicación tanto con los docentes como con los compañeros.

En la interrupción que perciben los alumnos por el ruido en la comunicación entre sus compañeros dentro de los salones de clase, se obtuvo una relación negativa con la edad y el sexo de los estudiantes evaluados; lo cual indica que, los alumnos de menor edad y las mujeres son quienes perciben una mayor interrupción para escuchar con claridad a sus compañeros, información semejante con los hallazgos reportados por Evans y Maxwell (1997); Maxwell y Evans (2000); Dockrell y Shield (2004). Respecto a la interrupción que perciben los estudiantes por el ruido en la comunicación con su maestro en el salón de clase, se corrobora la relación negativa con la edad y el sexo de los alumnos, mostrando que, las mujeres y los menores de edad son quienes expresan tener mayor interferencia en comunicarse claramente con su maestro en los salones de clase. Resultado ya reportado en la literatura, respecto al mayor impacto del ruido tanto en



mujeres como en los menores de edad, como lo señalan Evans y Maxwell (1997); Maxwell y Evans (2000); Dockrell y Shield (2004).

En relación con el efecto psicológico de discriminación auditiva evaluado por medio de la prueba de inteligibilidad de la palabra, los resultados nos indican que los estudiantes perciben o comprenden en promedio un 93% de la información hablada, en otras palabras, según esta prueba no existe una pérdida significativa de la información hablada por el maestro. Este resultado concuerda con la apreciación de Crandell y Smaldino (2000) en cuanto que, el impacto del ruido en los salones, sin considerar la reverberación, reduce en un 10% la percepción del habla, en contraparte, una situación que no se presentó en este estudio, donde salones con ruido elevado y reverberación alta disminuyen en un 40% ó 50% el habla percibida. De la misma manera, observamos una conexión con las apreciaciones de otros especialistas [Evans y Maxwell (1997); Maxwell y Evans (2000); Dockrell y Shield (2004)], en el sentido de que los estudiantes de menor edad son los más susceptibles al impacto del ruido, como nos señala el análisis de varianza comparando los resultados de inteligibilidad entre los diferentes grados escolares,  $F(7, 151) = 12.2, p = .000$ , donde el grupo 3° B con menor inteligibilidad fue el que estableció una diferencia estadísticamente significativa con los demás grados.

Al relacionar estadísticamente los resultados del efecto psicológico de inteligibilidad de la palabra con las demás variables psicológicas, acústicas y sociodemográficas, se determinó una relación significativa positiva con la variable de edad del alumno, como lo señaló la diferencia significativa encontrada en el grupo 3° B. En otras palabras, la inteligibilidad evaluada es mejor en los alumnos de mayor edad. Estimación concordante con los trabajos de la US Environmental Protection Agency (1981); Yacullo y Hawkins (1987); y Picard y Bradley (2001), en el sentido de que las condiciones acústicas de los salones de clase, impactan negativamente el reconocimiento del habla y con una afectación mayor en los niños más pequeños.

Como último resultado, concerniente al efecto psicológico del rendimiento académico que se evaluó por medio de la prueba de comprensión de textos que desempeñaron los estudiantes, quienes lograron un desempeño general cercano al 44% ( $M = 43.9, DE = 9.7$ ), con un mínimo de 20% y un máximo de 71.4%. La distribución observada es asimétrica o con un sesgo dirigido al deficiente desempeño en la comprensión de textos de los estudiantes, situación explicada en una parte mínima, por otras variables exploradas de

tipo psicológico, acústico y de diseño, como revisaremos en las siguientes relaciones significativas encontradas.

Ya que los análisis de regresión muestran que la variable comprensión de textos, que se considero como un indicador del rendimiento académico, está relacionada de forma negativa con las variables físicas medidas de ruido y con la distancia del docente al estudiante, igualmente, con la variable evaluada de interferencia de la comunicación entre los compañeros. Esto significa, que los alumnos tienen una mejor comprensión de textos cuando: se sitúan en las áreas del salón con niveles bajos de ruido, están a una distancia menor del emisor, y cuando perciben habitualmente una interferencia en la comunicación entre los compañeros. Estos resultados están, parcialmente, identificados en otros estudios, por ejemplo: La relación de la comprensión de lectura con el ruido la reportan; Cohen, Glass y Singer (1973); Evans y Maxwell (1997); Hygge, Evans y Bullinger (2002); Haines, Stansfeld, Job, Berglund y Head (2001<sup>a</sup>); Lercher, Evans y Meis (2003); Petry, McClellan y Myler (2001); Schick, Meis y Reckhardt (2000). La relación de la comprensión de lectura con la distancia docente/alumno lo reporta, entre otros, Crandell y Smaldino (2000); Bistafa y Bradley (2000); Picard y Bradley (2001). Pero, no existe en la literatura revisada algún referente sobre la relación de la comprensión de textos con la variable psicológica de interferencia de la comunicación entre los compañeros.

Finalmente, a partir de un análisis reflexivo acerca del estudio realizado, enfatizaremos algunos elementos puntuales en relación a las limitaciones, las aportaciones, y las aplicaciones resultantes del presente estudio.

Respecto a las limitaciones del estudio, las clasificamos en operativas y de control de variables. Las operativas se refieren a la implementación del estudio, porque a pesar de la complejidad en su ejecución, no contamos con personal de apoyo y por tanto, el levantamiento de la información total fue realizado únicamente por el investigador, en condiciones comprometidas con el objetivo de alterar lo menos posible las actividades escolares. La limitación en el control de variables, se presentó básicamente por la naturaleza misma de un estudio de campo, donde el objetivo fue alterar lo menos posible las condiciones normales del escenario, que provoco, por ejemplo, que en la prueba de inteligibilidad, el lugar donde el docente leyó las palabras no fue el mismo en todos los salones, dejando la elección del lugar a los maestros con el propósito de no alterar el escenario normal. Además, los docentes conocían de antemano el objetivo de esta prueba,

sin embargo, no sabemos que tanto se modificaría el resultado si hubiésemos mantenido un lugar fijo para el dictado de las palabras, porque en las condiciones naturales el maestro se desplaza por el salón. Otra limitación, de la que no podemos valorar su influencia, fue la explicación previa que tuvieron los docentes acerca de los objetivos y pruebas del estudio, siendo uno de los requisitos solicitados para poder ingresar al escenario educativo.

Respecto a las probables aportaciones realizadas, consideramos tres aspectos a resaltar; los instrumentos de medición, el diseño realizado y el inicio en la tarea para conceptualizar el impacto psicológico de la contaminación por ruido en los escenarios educativos. Con respecto a los instrumentos de medición, podemos afirmar que aportamos dos escalas de autoreporte con psicometría confiable y válida, tanto para medir la molestia como la interferencia de la comunicación, ambos efectos psicológicos causados por el ruido ambiental en las escuelas. En cuanto al diseño empleado, desarrollamos una estrategia metodológica que, a pesar de su complejidad, permitió una aproximación integral al problema examinado, sin provocar cambios primordiales en la actividad docente de la escuela. En relación al inicio de la labor para la conceptualización del impacto psicológico del ruido, primero se tiene que enfatizar, que en México no existe un estudio similar que esté reportado en la literatura, aunado a la preocupación mundial acerca del ruido ambiental, como nos indica la literatura revisada, el ruido es preocupante por sus efectos en la salud integral de las personas y en el aprendizaje de los estudiantes. Al respecto de esta preocupación internacional, nosotros consideramos en base en nuestros resultados que estos efectos no son directos por la exposición al ruido, sino que existen procesos individuales de tipo bio-psico-social que median la relación [causa (ruido) – efecto (salud y aprendizaje)], en otras palabras, no se puede probar la relación de manera directa entre la exposición al ruido, por consiguiente, efectos en la salud y aprendizaje, ya que el reto académico, es identificar y probar modelos de forma progresiva que exploren las relaciones indirectas en un proceso mediador de: [causa (ruido) – diferencias individuales (bio-psico-social) – efectos (salud y aprendizaje)]. Por eso consideramos que este trabajo es el inicio, ya que con este estudio pretendíamos identificar algunos de los efectos psicológicos que se producen por el ruido en el escenario educativo, el paso siguiente será probar un modelo vislumbrado en nuestra evaluación, para que progresivamente, sigamos examinando otras variables que nos puedan ir explicando los efectos de la contaminación por ruido en los escenarios educativos. Por ejemplo, el Instituto Nacional para la Evaluación de la

Educación (INEE, 2005) identificó algunos factores causales que explican el logro educativo en México, que son agrupados en tres rubros; factores familiares, factores del entorno social y factores escolares. En este caso, el reto académico sería asociar indicadores de estos factores en los subsecuentes estudios para avanzar con una visión integral en el problema del ruido y su impacto en el aprendizaje.

Referente a las aplicaciones potenciales a considerar concerniente al ruido en el escenario escolar, se pueden vislumbrar tres aspectos generales: la ubicación geográfica de las escuelas, el diseño arquitectónico del plantel y la configuración física del salón.

Las escuelas urbanas se construyeron principalmente en las vías primarias y secundarias de la vialidad de las ciudades, con criterios urbanísticos de conexión a los servicios urbanos, que con el tiempo, se han convertido en vías de comunicación con tránsito intenso y por consiguiente, las escuelas han quedado expuestas continuamente a los altos niveles de ruido de los vehículos, establecimientos y personas alrededor de los planteles; donde incluso, las ventanas de los salones se encuentran frente a las vialidades sin aislamiento alguno. Igualmente, no existen muros que aislen a las escuelas o a los salones de esta contaminación por ruido. Por esta razón, resulta indispensable tener un inventario de las escuelas que tienen una ubicación geográfica en las vialidades primarias y secundarias de las ciudades, con el objetivo de buscar el mejor mecanismo de aislamiento acústico de sus instalaciones, una vez que con el conocimiento científico se vaya probando los efectos negativos sobre el aprendizaje de los estudiantes.

El diseño de las escuelas no consideró en general los criterios acústicos para su construcción y distribución espacial, situación que se observa en la falta de muros perimetrales que amortiguarían el ruido ambiental que se transmite a las escuelas, igualmente en la colocación de las ventanas que abren directamente hacia las vialidades sin ningún aislamiento acústico. También se observa en la distribución sin una separación entre los servicios varios y los salones, en lugar de una distribución dividida que posibilite las actividades didácticas en las aulas, sin tener la perturbación sonora de las otras actividades de servicio cotidianas (baños, escaleras, oficinas, cocina, comedor). Las escuelas en general, carecen de un manejo sistémico en las energías térmica, lumínica y acústica. Situación que propicia un desequilibrio energético, por ejemplo, se tienen ventanales para tener luz natural pero se eleva la temperatura por el sol que entra por ellos, o sí abren las ventanas para refrescar el aire se transmite más ruido de la calle.

En relación a la configuración física del salón, nuestros resultados señalan que la mejor zona del salón, acústicamente hablando, es la parte central. Entonces, si buscamos una configuración física que aproveche los muros para instalar elementos didácticos que, al mismo tiempo, por sus materiales de construcción sean absorbentes acústicos. Adicionalmente, si ubicamos a los estudiantes en la parte central promoveremos tanto una mejor calidad del habla como una mejor interacción educativa. Completando con un sistema eficiente de la interdependencia de energías, por medio de una puerta hermética y ventanas con aislamiento que faciliten la ventilación e iluminación.

Los nuevos avances tecnológicos pueden proporcionar soluciones viables para reacondicionar las escuelas y salones que presenten graves problemas de contaminación por ruido, si logramos avanzar de manera interdisciplinaria en la búsqueda de evidencias sistemáticas sobre los efectos negativos del ruido en la salud integral y el aprendizaje de las personas.

Como última reflexión orientada al campo de la Psicología ambiental, se confirma la necesidad de realizar un trabajo interdisciplinario en el estudio del ruido ambiental y sus impactos en la salud y el aprendizaje humanos, porque intervienen múltiples factores causales directos e indirectos de campos de conocimiento variados como; la Psicología, la Acústica, la Arquitectura, la Estadística y las ciencias relacionadas a la Educación, entre otras. Este estudio demuestra la factibilidad de lograr evaluaciones integrales con mediciones acústicas, académicas y psicológicas en el contexto educativo mexicano. Con estas evaluaciones integrales podemos validar directamente nuestros instrumentos psicológicos, al poder relacionar las medidas objetivas con las psicológicas, por ejemplo. Aunado a la importancia, en sí mismo, de contar con mediciones independientes objetivas del ruido junto con lo percibido por los alumnos. Incluso para reflexionar el por qué de las divergencias entre unas y otras mediciones, por ejemplo, los niveles de ruido rebasan alarmantemente las normas internacionales, sin embargo, los estudiantes no lo perciben similarmente. De la misma manera, que no percibimos alarmantemente los niveles de contaminación en el aire, el agua, en la tierra, u otros problemas ambientales que actualmente preocupan a los países líderes en el mundo, como es el problema cada vez más reconocido del cambio climático global y sus impactos destructivos en la población.

## REFERENCIAS

- Allen, P. (2004, Mayo). Impact of classroom noise on reading and vocabulary skills in elementary school-aged children. Presentado en la reunión 147<sup>th</sup> de The Acoustical Society of America, New York, NY, EE. UU.
- Allen, P., Brogan, N. & Allan, C. (2004). Impact of classroom noise on reading and vocabulary skills in elementary school aged children [Resumen]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 115, 5, 2371.
- ANSI (2002). *Standard S12.60-2002, Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools*. USA: American National Standards Institute.
- ASA (2000). *Classroom acoustics*. USA: Acoustical Society of America.
- ASHA (1995). *Acoustics in educational settings*, American Speech-Language-Hearing Association, ASHA Supplement 14.
- Azuela, A., Carabias, J., Provencio, E. y Quadri, G. (1993). *Desarrollo sustentable: hacia una política ambiental*. México: UNAM.
- Barrigón, J. M., Gómez, V., Méndez, J. A., Vílchez, R. & Trujillo, J. (2002). An environmental noise study in the city of Cáceres, Spain. *Applied Acoustics*, 63, 1061-1070.
- BATOD (2001). Classroom acoustics recommended standards, British Association of Teachers of the Deaf. *BATOD Magazine*, January 2001.
- Bechtel, R. B. (1997). *Environment & Behavior*. USA: Sage Publications.
- Bell, P. A., Greene, Th. C., Fisher, J. D. & Baum, A. (1990). *Environmental Psychology*. Forth Worth (Tx): Harcourt Brace.
- Bell, P. A., Greene, Th. C., Fisher, J. D. & Baum, A. (1996). *Environmental Psychology*. Forth Worth (Tx): Harcourt Brace.
- Bell, P. A., Greene, Th. C., Fisher, J. D. & Baum, A. (2001). *Environmental Psychology* (5th ed.). Forth Worth (Tx): Harcourt, Inc.
- Belojevic, G., Slepcevic, V. & Jakovljevic, B. (2001). Mental performance in noise: the role of introversion. *Journal of Environmental Psychology*, 21, 2, 209-213.
- Bengang Li, S. T. (2004). Influence of expanding ring roads on traffic noise in Beijing City. *Applied Acoustics*, 65, 243-249.
- Berglund, B., Lindvall, T. y Schwela, D. H. (1995). *Guías para el ruido urbano*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud

- Beristáin, S. (1998). *Audio* (1ª ed.). México: Instituto Mexicano de Acústica.
- Bistafa, S. R. & Bradley, J. S. (2000). Reverberation time and maximum background noise level for classroom from a comparative study of speech intelligibility metric. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107, 2, 861-875.
- Bronzaft, A. L. & McCarthy, D. P. (1975). The Effect of elevated train noise on reading ability. *Environment and Behavior*, 7, 4, 517-527.
- Bronzaft, A. L. (1981). The effect of a noise abatement program on reading ability. *Journal of Environmental Psychology*, 1, 215-222.
- Bronzaft, A. L. (1998). Aircraft noise: a potencial health hazard. *Environment & Behavior*, 30, 1, 101-115.
- Bronzaft, A. L. (1998). Noise pollution: a Hazard to physical and mental well-being. En R. B. Bechtel & A. Churchman (Eds.). *Handbook of Environmental Psychology*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Bronzaft, A. L. (2002). Noise pollution: A hazard to physical and mental well-being. En R. B. Bechtel & A. Churchman (Eds.). *Handbook of Environmental Psychology*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Brüel, P. V. & Kjaer, V. (1984). *Measuring Sound*. Denmark: K. Larsen & Son.
- Brüel, P. V. & Kjaer, V. (2000). *Ruido ambiental*. Dinamarca: Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S.
- Brüel, P. V. & Kjaer, V. (2004). *Environmental noise*. [En red]. Disponible en: <http://www.bksv.com/>
- Burns, W. (1973). *Noise and man*. London: William Clowes & Sons.
- Burns, W. (1979). Physiological effects of noise. En C. M. Harris (Ed.). *Handbook of noise control*. USA: McGraw-Hill.
- Carrión, A. (2001). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. México: Alfaomega.
- Castañeda, R. (1987). Análisis Estadístico del Español: Inteligibilidad y una Aplicación en Recintos. *Tesis inédita de Licenciatura en Ciencias*. Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castañeda, R. y Pérez, S. J. (1991). Análisis fonético de las listas de palabras de uso mas extendido en logaudiometría. *Anales de Otorrinolaringología Mexicana*, XXXVI (1), 23-30.
- Cohen, S., Evans, G. W., Krantz, D. S. & Stokols, D. (1980). Psychological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: Moving from the laboratory to the field. *American Psychological Assn, USA*. 35(3), 231-243. Resumen de la base de datos PsycINFO.

- Cohen, S., Glass, D. C. & Singer, J. E. (1973). Apartment noise, auditory discrimination and reading ability in children. *Journal of Experimental Social Psychology*, 9(5), 407-422. Resumen de la base de datos PsycINFO.
- Cohen, S., Krantz, D. S., Evans, G. W. y Stokols, D. (1981). Cardiovascular and behavioral effects of community noise. *American Scientist*, 69(5), 528-535. Resumen de la base de datos PsycINFO.
- Commission of the European Communities. (1996). Política futura de lucha contra el ruido: libro verde de la Comisión Europea. Bruselas, ES/11/96.
- Commission of the European Communities. (2000). Document COM (2000) 468 Final. Directive of The European Parliament and of the Council relating to the Assessment and Management of Environmental Noise. Brussels, 26.07.2000.
- Crandell, C. C. & Smaldino, J. J. (2000). Classroom acoustics for children with normal hearing and with hearing impairment. *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, 31, 362-370.
- De Jong, R. G. & Miedema, H. M. E. (1996). Is freight traffic noise more annoying than passenger traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*, 193(1), 35-38.
- Dockrell, J. E. & Shield, B. (2004). Children's perceptions of their acoustic environment at school and at home. *Journal of the Acoustical Society of America*, 115, 6, 2964-2973.
- Dockrell, J. E., Shield, B. M. and Rigby, K. (2004). *Acoustic Guidelines and Teacher Strategies for Optimizing Learning Conditions in Classrooms for Children with Hearing Problems*. London: Achieving Clear Communication Employing Sound Solutions (ACCESS), 217-227.
- Enmarker, I. & Boman, E. (2004). Noise annoyance responses of middle school pupils and teachers. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 527-536.
- Environmental Agency Government of Japan. (1998). *Environmental Quality Standards for Noise*. [En red]. Disponible en: <http://www.env.go.jp/en/lar/regulation/noise.html>
- Estrada, C. (2003). *El papel de la sintaxis espacial en la generación de ruido ambiental*. Tesis no publicada de Maestría en Psicología Ambiental. México: UNAM.
- Estrada, C., Ortega, P. y Mercado, S. (1996). Relación de la percepción de la vivienda con el sonido. *La Psicología Social en México*. Vol. 6. México: AMEPSO. 110-115.
- European Commission, 1996. *Greenpaper Future Noise Policy* (Document COM (1996) 540). [En red]. Disponible en: <http://europa.eu.int/comm/environment/noise/greenpap.htm>
- Evans, G. W. & Maxwell, L. (1997). Chronic noise exposure and reading deficits: the mediating effects of language acquisition. *Environment & Behavior*, 29, 5, 638-657.



- Evans, G. W. (1995). Chronic noise and psychological stress. *Psychological Science*, 6, 6, 333-338.
- Evans, G. W. (2001, 15 de Octubre). El AICM, "de los peores generadores de ruido". La Jornada, pp. 28.
- Evans, G. W., Bullinger, M. & Hygge, S. (1998). Chronic noise exposure and physiological response: A prospective study of children living under environmental stress. *Psychological Science*, 9(1), 75-77. Resumen de la base de datos PsycINFO.
- Everest, F. A. (1989). *The Master Handbook of Acoustics* (2nd ed.). USA: TAB Books.
- Fields, J. M., De Jong, R. G. Gjestland, T., Flindell, I. H., Job, R. F. S., Kurra, S., Lercher, P., Vallet, M., Yano, T., Guski, R., Felscher-Suhr, U. & Schumer, R. (2001). Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: research and a recommendation. *Journal of Sound and Vibration*, 242(4), 641-679.
- Figuroa A., Orozco, M. G., García, J., García, J., Macias, J. H. y Frías, H. (2004). Diagnóstico de ruido ambiental en puntos críticos por tráfico vehicular de la ciudad de Guadalajara. *Memoria del 11° Congreso Mexicano de Acústica*. Morelia: Instituto Mexicano de Acústica.
- GDF (2005). Gobierno del Distrito Federal. [En red]. Disponible en [www.df.gob.mx](http://www.df.gob.mx)
- Gifford, R. (1987). *Environmental Psychology. Principles and practice*. Newton, MA: Allyn and Bacon.
- Glass, D. & Singer, J. (1972). *Urban stress*. New York: Academic Press.
- Godfrey, R. D. (2003). A comparison of background noise levels and reverberation times measured in unoccupied elementary classroom [Resumen]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 113, 4, 2188.
- Gottlob, D. P. A. (2000). Current activities of the European Union concerning harmonised noise indicators and prediction and measurement methods. *Journal Acoustical Society Japan (E)*, 21, 6, 355-359.
- Griefahn, B. (2000). Noise-induced extraaural effects. *Journal Acoustical Society Japan (E)*, 21, 6, 307-317.
- Gronlund, N. E. (1985). *Measurement and evaluation in teaching*. Nueva York: Macmillan.
- Haines, M. M., Stansfeld, S. A., Brentnall, S., Head, J., Berry, B., Jiggins, M. & Hygge, S. (2001). The west London schools study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health. *Psychological Medicine*, 31, 1385-1396.
- Haines, M. M., Stansfeld, S. A., Head, J. & Job, R. F. S. (2002). Multilevel medelling of aircraft noise on performance tests in schools around Heathrow airport London.

*Journal of Epidemiology & Community Health*, 56(2), 139-144. Resumen de la base de datos PsycINFO.

Haines, M. M., Stansfeld, S. A., Job, R. F. S. Berglund, B. & Head, J. (2001a). Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychological Medicine*, 31, 265-277.

Haines, M. M., Stansfeld, S. A., Job, S., Berglund, B. & Head, J. (2001b). A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. *International Journal of Epidemiology*, 30, 839-845.

Harris, C. M. (1979). *Handbook of noise control*. USA: McGraw-Hill.

Harris, C. M. (1979). Introduction, Terminology, Abbreviations and Symbols. En Cyril M. Harris (Ed.). *Handbook of Noise Control*. USA: McGraw-Hill.

Hellbrück, J. (2000). Memory effects in loudness scaling of traffic noise -How overall loudness of short-term and long-term sounds depends on memory. *Journal Acoustical Society Japan (E)*, 21, 6, 329-332.

Hodgson, M. (2004). Case-study evaluations of the acoustical designs of renovated university classrooms. *Applied Acoustics*, 65, 69-89.

Hodgson, M. (2005). Measuring and predicting the acoustical quality classrooms. *Proceedings of the Twelfth International Congress on Sound and Vibration*, Lisbon, 12, 1-16.

Holahan, Ch. (1996). *Psicología Ambiental: Un enfoque general*. México: Limusa.

Hygge, S. (2003). Classroom experiments on the effects of different noise sources and sound levels on long term recall and recognition in children. *Applied Cognitive Psychology*, 17, 8, 895-914.

Hygge, S., Evans, G. W. & Bullinger, M. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychological Science*, 13 (5), 469-479. Resumen de la base de datos PsycINFO.

INEE (2005). Resultados de logro educativo. Factores que los explican. *Temas de evaluación 12*, México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.

ISO. (2003). Assessment of Speech Communication (ISO-9921). *International Organization for Standardization*.

Jäger, J. (2003). The internacional human dimensions programme on global environmental change. *Global Environmental Change*, 13, 69-73.

Johnson, E. (2001). Let's hear it for Learning. *American School & University*, 43, 11, 28-30.

Jones, D. & Chapman, A. (1984). *Noise and Society*. New Cork: John Wiley & Sons.

- Kelso, D. & Perez, A. (2005). *Control Terms made somewhat easier*. [En red]. Disponible en : [www.nonoise.org/index.htm](http://www.nonoise.org/index.htm)
- Kennedy, S. M., Hodgson, M., Edgett, L. D., Lamb, N. y Rempel, R. (2006). Subjective assessment of listening environments in university classrooms: Perceptions of students. *Journal of the Acoustical Society of America*, 119, 1, 299-309.
- Knecht, H. A., Nelson, P. B., Whitelaw, G. M. & Feth, L. L. (2002). Background noise levels and reverberation times in unoccupied classrooms: Predictions and Measurements. *American Journal of Audiology*, 11, 65-71.
- Koushki, P., Ali, M. A., Chandrasekhar, B. & Al-Sarawi, M. (2002). Exposure to noise inside transit buses in Kuwait: measurements and passenger attitudes. *Transport Reviews*, 22, 3, 295-308.
- Kryter, K. D. (1994). *The handbook of hearing and the effects of noise*. USA: Academic Press.
- Kuno, K., Omiya, M., Okumura, Y., Hayashi, A., Mishina, Y. & Oishi, Y. (2000). Criteria for environmental noise based on neutral reaction of inhabitants. *Journal Acoustical Society Japan (E)*, 21, 6, 349-353.
- Kuwano, S. & Namba, S. (2000). Psychological evaluation of temporally varying sounds with Laeq and noise criteria in Japan. *Journal Acoustical Society Japan (E)*, 21, 6, 319-322.
- Kuwano, S., Mizunami, T., Namba, S. & Morinaga, M. (2002). The effect of different kinds of noise on the quality of sleep under the controlled conditions. *Journal of Sound and Vibration*, 250(1), 83-90.
- Lercher, P., Evans, G. W. & Meis, M. (2003). Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren. *Environment and Behavior*, 35, 6, 725-735.
- Lercher, P., Evans, G. W., Meis, M. & Kofler, W. W. (2002). Ambient neighbourhood noise and children's mental health. *Occupational and Environmental Medicine*, 59, 6, 380-386.
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización. (1999). Poder Legislativo Federal. [En red]. Disponible en: <http://www.cddhcu.gob.mx/leyinfo/130/41.htm>
- López, I. (1998). Factores físicos medioambientales. En J. I. Aragonés y M. Amérgo. *Psicología Ambiental*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Loro, C. P. & Zannin, P. T. (2004). Classroom acoustics in public schools: A case study [Resumen]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 115, 5, 2371.
- Lubman, D. (1997, June). America's Need for Standards and Guidelines to ensure satisfactory Classroom Acoustics. Presentado en la *133rd Meeting of the Acoustical Society of America*. State College, PA, EE. UU.

- Ludevid, M. (1998). *El cambio global en el medio ambiente*. México: Alfaomega.
- Mackensen, S. Bullinger, M., Meis, M., Evans, G. & Hygge, S. (1999). The psychological cost of aircraft noise for children [Resumen]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105, 2, 1219.
- Maxwell, L. E. & Evans, G. W. (2000). The effects of noise on pre-school children's pre-reading skills. *Journal of Environmental Psychology*, 20, 1, 91-97.
- Melnick, W. (1979). Hearing Loss from Noise Exposure. En C. M. Harris (Ed.). *Handbook of noise control* (pp 9.1-9.16). USA: McGraw-Hill.
- Mercado, S. J. (1982). Ruidos, ruidos, ruidos... *Comunidad Conacyt*, año VIII, núm. 136-137, 114-119.
- Miedema, H. M. E. & Vos, H. (2003). Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions, *Journal Acoustical Society of America*. 113(3), 1492-1504.
- Miller, J. D. (1978). Effects of noise on people, en E. Carterette and M. Friedman (eds.). *Handbook of Perception*, volume IV. London: Academic Press, Inc.
- Miyakita, T., Matsui, T., Ito, A., Tokuyama, T., Hiramatsu, K., Osada, Y. & Yamamoto, T. (2002). Population-based questionnaire survey on health effects of aircraft noise on residents living around U. S. airfields in the Ryukyus- part I: an analysis of 12 scale scores. *Journal of Sound and Vibration*, 250(1), 129-137.
- Muñoz, C. E., Orozco, M. G., Cuevas, F. J., Madrigal, J., Frías, H. y García, J. (2004). Diagnóstico de ruido ambiental en puntos críticos por tráfico vehicular en la zona urbana de Zapopan. *Memoria del 11° Congreso Mexicano de Acústica*. Morelia: Instituto Mexicano de Acústica.
- Muzet, A. (2003). Noise exposure from various sources sleep disturbance, dese-effect relationships on adults. En World Health Organization (Ed.). *Technical meeting on exposure-response relationships of noise on health*.
- NASA (2003). National Aeronautics and Space Administration. [En red]. Disponible en: <http://www.earth.nasa.gov/science/index.htm>
- Ng, F. Ch. (2000). Effects of building construction noise on residents: a cuasi-experiment. *Journal of Environmental Psychology*, 20, 4, 375-385.
- NOM-011-STPS-1994. Norma Oficial Mexicana de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. [En red]. Disponible en: [http://www.stps.gob.mx/312/312\\_1011.htm](http://www.stps.gob.mx/312/312_1011.htm)
- NOM-081-ECOL-1994. Norma Oficial Mexicana del Poder Ejecutivo Federal del Reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión del ruido. [En red]. Disponible en: [http://www.semarnat.gob.mx/marco\\_juridico/reglamentos/ruido.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/marco_juridico/reglamentos/ruido.shtml)

- NSF (2003). *National Science Foundation*. [En red]. Disponible en <http://www.nsf.gov/sbe/hdgc/hdgc.htm>
- Öhrström, E. & Skanberg, A. (2004). Longitudinal surveys on effects of road traffic noise: substudy on sleep assessed by wrist actigraphs and sleep logs. *Journal of Sound and Vibration*, 272, 1097-1109.
- Öhrström, E. & Skanberg, A. B. (1996). A field survey on effects of exposure to noise and vibration from railway traffic, part I: annoyance and activity disturbance effects. *Journal of Sound and Vibration*, 193(1), 39-47.
- Öhrström, E. (2004). Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise: effects on sep assessed by general questionnaires and 3-day sep logs. *Journal of Sound and Vibration*, 276, 713-727.
- Ortega, P., Hernández, F., Chávez, V., López, E. y Estrada, C. (2000). Factores físicos de ruido y señalización en un Centro de atención a la salud. *Memoria del VII Congreso Mexicano de Acústica*. Veracruz: Instituto Mexicano de Acústica, 385-392.
- Ortega, S. (2005, 26 de abril). Presenta rezago de 25 años la infraestructura educativa del DF. *La Jornada*.
- Ouis, D. (2001). Annoyance from road traffic noise: a review. *Journal of Environmental Psychology*, 21, 1, 101-120.
- Palmer, C. V. (1998). Quantification of the Ecobehavioral Impact of a Soundfield Loudspeaker System in Elementary Classroom. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41, 4, 819-833.
- PAOT (2006). Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal. [En red]. Disponible en: <http://www.paot.org.mx/listadoden/denuncias.php>
- Pérez, S. J., Castañeda, R. y Rodel, A. (1997). Estudio Experimental sobre el reconocimiento Auditivo de Monosílabos sin Sentido y Bisílabos ambos Fonéticamente Balanceados. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, XVIII (3), 11-16.
- Peterson A. P. G. (1979). Noise Measurements: Instruments. En Cyril M. Harris (Ed.). *Handbook of Noise Control*. USA: McGraw-Hill.
- Petry, E., McClellan, J. & Myler, P. (2001). Listening and learning in classroom acoustical design [Resumen]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109, 5, 2478.
- Pfirman, S. and the AC-ERE (2003). Complex Environmental Systems: Synthesis for Earth, Life and Society in the 21st. Century. [En red]. Disponible en: <http://www.nsf.gov/geo/ere/ereweb>
- PHE (2004). Programa del ambiente humano de la Organización Mundial de la Salud. [En red]. Disponible en: <http://www.who.int/peh/>

- Picard, M. & Bradley, J. S. (2001). Revisiting speech interference in classroom. *Audiology*, 40(5),221-244. Resumen de la base de datos PsycINFO.
- PNUMA (2003). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. [En red]. Disponible en: <http://www.rolac.unep.mx>
- Ramírez, M., Gutierrez, J. A., Mendoza, F., Toscano, J., Cisneros, N. E. y Orozco, M. G. (2004). Estudio de contaminación por ruido en el anillo periférico de la zona metropolitana de Guadalajara. *Memoria del 11° Congreso Mexicano de Acústica*. Morelia: Instituto Mexicano de Acústica.
- Reidl, L., Ortega, P. y Estrada, C. (1998). El sonido como un elemento de la evaluación psicoambiental. *Memoria del 5° Congreso Mexicano de Acústica*. Querétaro: Instituto Mexicano de Acústica, 243-248.
- Salinas, G. A. (2007). Validación Mediante Índices Acústicos de Material de Voz para Medir Inteligibilidad. *Tesis inédita de Licenciatura*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.
- San Martín, H. (1988). *Ecología Humana y Salud*. México: Prensa médica mexicana.
- Schick, A., Meis, M. & Reckhardt C. (2000). Contributions to Psychological Acoustics: Results of the 8th Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics, pp. 533-569. Oldenburg: Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg.
- SEP (2006). Secretaría de Educación Pública de México. [En red]. Disponible en [www.sep.gob.mx](http://www.sep.gob.mx)
- Shield, B. & Docckrell, J. E. (2003). The effects of noise on Children at school: A review. *Building Acoustics*, 10,2,
- Shield, B. & Docckrell, J. E. (2004a). Noise and social deprivation an urban environment [Resumen]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 115, 5, 2592.
- Shield, B. & Docckrell, J. E. (2004b). External and internal noise surveys of London primary schools [Resumen]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 115, 2, 730.
- SNIE (2007). Estadísticas educativas. [En red]. Disponible en [www.snie.gob.mx](http://www.snie.gob.mx)
- Souza y Machorro, M. (1986). El estrés debido al ruido y la salud. *Salud Mental*, 9(4), 15-24.
- Stansfeld, S. A., Berglund, B., Clark, C., López-Barrio, I., Fisher, P., Öhrström, E., Haines, M. M., Head, J., Kamp, I. & Berry, B. F. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet*, 365, 1942-1949.
- Staples, S. L. & Cornelius, R. R. (1999). Noise disturbance from a developing airport. *Environment & Behavior*, 31, 5, 692-713.

- Stefaniw, A. (2001). Ease of hearing in various classroom geometries [Resumen]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109, 5, 2478.
- Stern, P. C. (1992). Psychological dimensions of global environmental change. *Annual Review of Psychology*, 43, 269-302.
- Sundstrom, E. & Town, J. P. (1994). Office noise, satisfaction and performance. *Environmental & Behavior*, 26, 2, 195-223.
- Suter, A. H. (1991). *Noise and Its Effects*. Reporte para la Administrative Conference of The United States.
- Sutherland, L. C. & Lubman, D. (2001, Septiembre). The impact of classroom acoustics on scholastic achievement. Presentado en la reunion 17<sup>th</sup> International Commission for Acoustics, Rome, Italy.
- Tang, S. K. & Yeung, M. H. (2006). Reverberation times and speech transmission indices in classrooms. *Journal of Sound and Vibration*, 294, 596-607.
- Trombetta, P. H., Belisario, F. & Alves, W. (2002). Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. *Applied Acoustics*, 63, 351-358.
- U. S. Environmental Protection Agency (1981). *Noise effects handbook*. Florida: National Association of Noise Control Officials.
- U.S. Environmental Protection Agency, 1974. Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety. [En red]. Disponible en: <http://www.epa.gov/history/topics/noise/01.htm>
- Universität Innsbruck (2002). State of the art of environmental noise. [En red]. Disponible en: <http://info.uibk.ac.at/c/c5/c543/stateofheart.html>
- Vazquez, C. y Orozco, A. (1989). *La destrucción de la naturaleza*. México: Fondo de cultura económica.
- Webster, J. C. (1979). Effects of Noise on Speech. En Cyril M. Harris (Ed.). *Handbook of Noise Control*. USA: McGraw-Hill.
- WHO (2003a). World Health Organization. [En red]. Disponible en : <http://www.who.int/es/index.html>
- WHO (2003b). World Health Organization. [En red]. Disponible en : [http://www.who.msa.org/it/text3/05\\_lifequality.html](http://www.who.msa.org/it/text3/05_lifequality.html)
- WHO (2004). World Health Organization: Noise and health. [En red]. Disponible en <http://www.euro.who.int/noise/>
- Widex ApS. (1995). *Sound & Hearing*. Denmark: FB 9-95

- Wilson, O. (Ed.). (2002). *Classroom Acoustics: A New Zealand Perspective*. Wellington: The Oticon Foundation in New Zealand.
- Wilson, R.H & Margolis R. H. (1983). Measurements of Auditory Thresholds for Speech Stimuli. En D. F. Konkle y W. F. Rintelmann (Eds.). *Principles of Speech Audiometry*. Baltimore: University Park Press.
- World Health Organization (1980). Noise. Environmental Health Criteria 12. Geneve: WHO.
- World Health Organization (1999). Guidelines for Community noise. [En red]. Disponible en: <http://www.who.int/peh/noise/guidelines2.html>
- World Health Organization (1999). *Guidelines for Community noise*. [En red]. Disponible en: <http://www.who.int/peh/noise/guidelines2.html>
- Yacullo, W. S. & Hawkins, D. B. (1987). Speech recognition in noise and reverberation by school-age children. *Audiology*, 26(4), 235-246. Resumen de la base de datos PsycINFO.
- Yano, T., Sato, T., Björkman, M. & Rylander, R. (2002). Comparison of community response to road traffic noise in Japan and Sweden-part II. Path analysis. *Journal of Sound and Vibration*, 250(1), 169-174.
- Yoshida, T., Osada, Y., Kawaguchi, T., Hoshiyama, Y., Yoshida, K. & Yamamoto, K. (1997). Effects of road traffic noise on inhabitants of Tokio. *Journal of Sound and Vibration*, 205(4), 517-522.



## **ANEXO 1.**

# **Análisis de discriminación del reactivo**

<b>Reactivo: Fuente de ruido</b>	<b>Escalas</b>	<b>Grupos extremos</b>	<b>M</b>	<b>DE</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>p</b>
reactivo 1 Coches	Molestia (Likert)	bajo	1.19	0.4	-8.49	51.895	0.000
		alto	2.8	1.19			
	Molestia (0-10)	bajo	0.21	0.52	-9.676	45.562	0.000
		alto	4.77	3.08			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.29	0.51	-8.16	58.401	0.000
		alto	2.98	1.31			
	Escuchar al Compañero	bajo	1.19	0.45	-9.579	50	0.000
		alto	3.17	1.27			
reactivo 2 Patio de la escuela	Molestia (Likert)	bajo	2.04	0.75	-6.153	156	0.000
		alto	3.41	1.28			
	Molestia (0-10)	bajo	1.5	1.49	-6.702	57.549	0.000
		alto	5.48	3.63			
	Escuchar al Maestro	bajo	2.16	0.95	-4.322	79.419	0.000
		alto	3.24	1.4			
	Escuchar al Compañero	bajo	1.7	0.69	-7.727	62.239	0.000
		alto	3.38	1.25			
reactivo 3 Puestos en la calle	Molestia (Likert)	bajo	1.02	0.15	-6.942	44.542	0.000
		alto	2.16	1.08			
	Molestia (0-10)	bajo	0.2	0.81	-4.36	47.06	0.000
		alto	2.51	3.88			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.05	0.21	-6.703	47.197	0.000
		alto	2.46	1.41			
	Escuchar al Compañero	bajo	1.09	0.29	-5.909	41.806	0.000
		alto	2.45	1.43			
reactivo 4 Salones de junto	Molestia (Likert)	bajo	2.24	1.02	-1.952	83.41	0.054
		alto	2.7	1.23			
	Molestia (0-10)	bajo	2.1	2.17	-4.605	69.817	0.000
		alto	5.05	3.57			
	Escuchar al Maestro	bajo	2.04	1.11	-3.916	87.36	0.000
		alto	3	1.21			
	Escuchar al Compañero	bajo	1.81	0.85	-6.635	74.134	0.000
		alto	3.26	1.17			
reactivo 5 Camiones	Molestia (Likert)	bajo	1.13	0.34	-8.628	48.409	0.000
		alto	2.91	1.33			
	Molestia (0-10)	bajo	0.36	0.82	-9.12	46.471	0.000
		alto	5.49	3.59			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.25	0.53	-11.847	62.164	0.000
		alto	3.59	1.22			
	Escuchar al Compañero	bajo	1.13	0.4	-11.686	50.302	0.000
		alto	3.29	1.13			

reactivo 6 Pasillos de la escuela	Molestia (Likert)	bajo	2.02	0.97	-3.99	81.324	0.000
		alto	2.95	1.24			
	Molestia (0-10)	bajo	1.79	1.94	-4.594	71.198	0.000
		alto	4.41	3.22			
	Escuchar al Maestro	bajo	2.3	1.06	-1.693	87	0.094
		alto	2.7	1.13			
Escuchar al Compañero	bajo	2.02	0.8	-3.813	69.537	0.000	
	alto	2.85	1.17				
reactivo 7 Tiendas en la calle	Molestia (Likert)	bajo	1.06	0.25	-4.999	47.091	0.000
		alto	1.91	1.1			
	Molestia (0-10)	bajo	7.14 E-02	0.34	-5.059	44.03	0.000
		alto	2.52	3.2			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.09	0.37	-5.339	53.372	0.000
		alto	2.11	1.23			
Escuchar al Compañero	bajo	1.11	0.31	-5.767	43.133	0.000	
	alto	2.49	1.5				
reactivo 8 Compañeros del salón	Molestia (Likert)	bajo	2.87	1.13	-3.712	85.02	0.000
		alto	3.79	1.18			
	Molestia (0-10)	bajo	3.6	3.29	-5.542	82.993	0.000
		alto	7.58	3.34			
	Escuchar al Maestro	bajo	2.96	1.19	-3.219	88.291	0.002
		alto	3.8	1.33			
Escuchar al Compañero	bajo	2.57	1.03	-3.535	73.849	0.001	
	alto	3.49	1.36				
reactivo 9 Aviones	Molestia (Likert)	bajo	1.19	0.61	-8.22	62.686	0.000
		alto	2.86	1.21			
	Molestia (0-10)	bajo	0.38	0.88	-9.29	47.108	0.000
		alto	5.65	3.61			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.19	0.5	-7.561	60.307	0.000
		alto	2.67	1.23			
Escuchar al Compañero	bajo	1.31	0.67	-5.103	55.447	0.000	
	alto	2.56	1.43				
reactivo 10 Altavoz de la escuela	Molestia (Likert)	bajo	1.5	0.78	-9.184	72.108	0.000
		alto	3.47	1.18			
	Molestia (0-10)	bajo	1.44	1.99	-7.615	67.638	0.000
		alto	6.23	3.63			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.27	0.5	-12.091	59.914	0.000
		alto	3.65	1.23			
Escuchar al Compañero	bajo	1.57	0.86	-7.866	74.515	0.000	
	alto	3.31	1.18				
reactivo 11 Talleres en la calle	Molestia (Likert)	bajo	1	0	-6.035	43	0.000
		alto	2.18	1.3			
	Molestia (0-10)	bajo	7.32 E-2	0.26	-6.193	42.434	0.000
		alto	3.63	3.75			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.11	0.44	-7.65	57.413	0.000
		alto	2.57	1.2			
Escuchar al Compañero	bajo	1.11	0.38	-7.737	47.106	0.000	
	alto	2.79	1.35				

reactivo 12 Sillas del salón	Molestia (Likert)	bajo	2.55	1.06	-4.117	85.683	0.000
		alto	3.51	1.14			
	Molestia (0-10)	bajo	2.93	2.51	-6.953	81.323	0.000
		alto	7.2	3.17			
	Escuchar al Maestro	bajo	2.44	0.89	-6.391	82.388	0.000
		alto	3.84	1.17			
Escuchar al Compañero	bajo	2.47	0.95	-6.571	82.861	0.000	
	alto	3.38	1.06				
reactivo 13 Tráfico	Molestia (Likert)	bajo	1.2	0.58	-8.328	56.572	0.000
		alto	3.11	1.42			
	Molestia (0-10)	bajo	0.14	0.42	-11.236	41.123	0.000
		alto	6.29	3.48			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.23	0.48	-13.65	58.169	0.000
		alto	3.93	1.25			
Escuchar al Compañero	bajo	1.02	0.15	-12.039	41.956	0.000	
	alto	3.57	1.36				
reactivo 14 Padres en la escuela	Molestia (Likert)	bajo	1.15	0.42	-4.492	51.459	0.000
		alto	2.02	1.20			
	Molestia (0-10)	bajo	0.21	0.61	-5.134	47.043	0.000
		alto	2.48	2.86			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.18	0.39	-5.601	52.105	0.000
		alto	2.31	1.29			
Escuchar al Compañero	bajo	1.2	0.4	-6.636	49.125	0.000	
	alto	2.5	1.21				
reactivo 15 Gente en la calle	Molestia (Likert)	bajo	1.13	0.34	-7.542	49.064	0.000
		alto	2.64	1.28			
	Molestia (0-10)	bajo	0.17	0.49	-6.331	46.047	0.000
		alto	2.75	2.66			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.3	0.71	-6.605	69.528	0.000
		alto	2.27	1.33			
Escuchar al Compañero	bajo	1.11	0.31	-8.621	46.095	0.000	
	alto	2.76	1.21				
reactivo 16 Alarmas de coches	Molestia (Likert)	bajo	1.33	0.63	-11.251	63.503	0.000
		alto	3.6	1.18			
	Molestia (0-10)	bajo	0.57	1.11	-12.614	52.534	0.000
		alto	6.98	3.14			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.3	0.51	-16.402	67.538	0.000
		alto	4.02	1			
Escuchar al Compañero	bajo	1.37	0.53	-14.272	59.627	0.000	
	alto	3.93	1.05				
reactivo 17 Claxonazos	Molestia (Likert)	bajo	1.3	0.62	-11.565	66.646	0.000
		alto	3.5	1.11			
	Molestia (0-10)	bajo	0.4	0.87	-16.439	50.686	0.000
		alto	7.74	2.79			
	Escuchar al Maestro	bajo	1.35	0.57	-14.885	72.238	0.000
		alto	3.91	1.01			
Escuchar al Compañero	bajo	1.4	0.69	-13.91	72.098	0.000	
	alto	3.98	1				

## **ANEXO 2.**

### **ESCALAS DE AUTOREPORTE**

1.- Escala de Molestia en formato verbal

2.- Escala de Molestia en formato  
numérico

3.- Escala de Interferencia de la  
comunicación con el maestro

4.- Escala de Interferencia de la  
comunicación con los compañeros

Somos un grupo de universitarios que estamos realizando una investigación sobre las características presentes en los salones de esta escuela. Por lo que, te solicitamos nos ayudes a responder las siguientes preguntas, considerando que la información que nos brindes es confidencial y con fines estadísticos. Tu cooperación será de mucha ayuda para la investigación universitaria.

**Grupo:** \_\_\_\_\_ **Número de lista:** \_\_\_\_\_ **Lugar en el salón:** \_\_\_\_\_

A continuación, te haremos una serie de preguntas que ejemplifican situaciones alrededor de tu salón. Por favor, para cada una de las situaciones selecciona y marca la opción de respuesta que muestre tu sentir. Por ejemplo:

**Desde que estás en este salón, qué tanto te molesta el humo de:**

Si tu respuesta es que el humo de las motos **NO** te molesta en absoluto, debes marcar la opción de Nada.

<b>Las motos</b>	<b>X</b>
Nada Poco Regular Mucho Muchísimo	

Si te molesta **demasiado** el humo de las motos, debes marcar la opción de Muchísimo.

<b>Las motos</b>	<b>X</b>
Nada Poco Regular Mucho Muchísimo	

Si **más o menos** te molesta el humo de las motos, debes marcar la opción de Regular.

<b>Las motos</b>	<b>X</b>
Nada Poco Regular Mucho Muchísimo	

Considera que puedes elegir cualquiera de las otras opciones que muestre tu sentir en el salón, recuerda que estas preguntas no te califican a ti sino al ambiente de tu escuela. Si tienes alguna duda por favor pregunta al investigador.

**NO se te olvide contestar a todas las situaciones y NO marques más de una "X" en cada renglón.**

**Desde que estás en este salón, qué tanto te molesta el RUIDO de:**

<b>Los coches</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>El patio de la escuela</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Los puestos de la calle</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Los salones de junto</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Los camiones</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Los pasillos de la escuela</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Las tiendas en la calle</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Los compañeros de mi salón</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Los aviones</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>El altavoz de la escuela</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Los talleres en la calle</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Cuando arrastran las sillas</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>El tráfico</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Los papás afuera de la escuela</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>La gente en la calle</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo
<b>Las alarmas de los coches</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchísimo

<b>Los claxonazos</b>	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchisimo
<b>Otra causa, (escríbela):</b> _____	Nada	Poco	Regular	Mucho	Muchisimo



**¿CUÁLES SON TUS DATOS GENERALES?**

SEXO: \_\_\_\_\_ EDAD: \_\_\_\_\_ ¿EN QUÉ COLONIA VIVES? \_\_\_\_\_

¿CUÁNTAS PERSONAS VIVEN EN TU CASA INCLUYENDOTE A TI? \_\_\_\_\_

¿CUÁNTAS RECAMARAS TIENE TU CASA? \_\_\_\_\_ ¿CUÁNTOS HERMANOS TIENES? \_\_\_\_\_

¿QUÉ ESTUDIO TU MAMÁ? \_\_\_\_\_ ¿QUÉ ESTUDIO TU PAPÁ? \_\_\_\_\_

¿QUÉ PROMEDIO DE CALIFICACIÓN TIENES EN ESTE AÑO ESCOLAR? \_\_\_\_\_

¿QUÉ PROMEDIO TUVISTE EL ANTERIOR CICLO ESCOLAR? \_\_\_\_\_

A continuación se da una escala de opinión de cero a diez para que tú puedas expresar cuánto te molesta o perturba el ruido cuando te encuentras en tu salón. Por ejemplo:

**Ahora, desde que estás en este salón, califica del cero al diez qué tanto estás molesto por el RUIDO de:**

Si tú estás “**Nada**” molesto por el ruido de los perros deberías escoger el número cero.

**Los perros****X**0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Nada Muchísimo

Si tú estás “**muy, muy**” molesto por el ruido de los perros deberías escoger el número diez.

**Los perros****X**0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Nada Muchísimo

O si tú estás “**más o menos**” molesto por el ruido de los perros podrías escoger otro número que califique mejor lo que sientes.

**Los perros****X**0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
Nada Muchísimo

Considera que puedes escoger cualquier número que exprese tu opinión, recuerda que esta escala no te califica a ti sino al ambiente de tu escuela. Si tienes alguna duda por favor pregunta al investigador.

**NO se te olvide contestar a todas las situaciones y NO marques más de una “X” en cada renglón.**

**Ahora, desde que estás en este salón, califica del cero al diez qué tanto estás molesto por el RUIDO de:**

<b>Los coches</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>El patio de la escuela</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Los puestos de la calle</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Los salones de junto</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Los camiones</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Los pasillos de la escuela</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Las tiendas en la calle</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Los compañeros de mi salón</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Los aviones</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>El altavoz de la escuela</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Los talleres en la calle</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Cuando arrastran las sillas</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>El tráfico</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Los papás afuera de la escuela</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>La gente en la calle</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Las alarmas de los coches</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Los claxonazos</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Nada										Muchísimo
<b>Otra causa, (escríbela):</b>	_____										

Somos un grupo de universitarios que estamos realizando una investigación sobre las características presentes en los salones de esta escuela. Por lo que, te solicitamos nos ayudes a responder las siguientes preguntas, considerando que la información que nos brindes es confidencial y con fines estadísticos. Tu cooperación será de mucha ayuda para la investigación universitaria.

Grupo: \_\_\_\_\_ Número de lista: \_\_\_\_\_ Lugar en el salón: \_\_\_\_\_

A continuación, te haremos una serie de preguntas que ejemplifican situaciones alrededor de tu salón. Por favor, para cada una de las situaciones selecciona y marca la opción de respuesta que muestre tu sentir. Por ejemplo:

**Al estar en clase en este salón, qué tan difícil es escuchar claramente a tus compañeros y que ellos te escuchen por el RUIDO de:**

Si tu respuesta es que el ladrido de los perros **NO** te dificulta en absoluto, debes marcar la opción de Nada.

<b>Los perros</b>					<b>X</b>
	Muchisimo	Mucho	Regular	Poco	Nada

Si te dificulta **demasiado** el ladrido de los perros, debes marcar la opción de Muchísimo.

<b>Los perros</b>	<b>X</b>				
	Muchisimo	Mucho	Regular	Poco	Nada

Si **más o menos** te dificulta el ladrido de los perros, debes marcar la opción de Regular.

<b>Los perros</b>			<b>X</b>		
	Muchisimo	Mucho	Regular	Poco	Nada

Considera que puedes elegir cualquiera de las otras opciones que muestre tu sentir en el salón, recuerda que estas preguntas no te califican a ti sino al ambiente de tu escuela. Si tienes alguna duda por favor pregunta al investigador.

**NO se te olvide contestar a todas las situaciones y NO marques más de una "X" en cada renglón.**

**Al estar en clase en este salón, qué tan difícil es escuchar claramente a tu maestro y que él te escuche por el RUIDO de:**

<b>Los coches</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>El patio de la escuela</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los puestos de la calle</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los salones de junto</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los camiones</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los pasillos de la escuela</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Las tiendas en la calle</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los compañeros de mi salón</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los aviones</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>El altavoz de la escuela</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los talleres en la calle</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Cuando arrastran las sillas</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>El tráfico</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los papás afuera de la escuela</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>La gente en la calle</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Las alarmas de los coches</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los claxonazos</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Otra causa, (escríbela):</b> _____	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada

<b>Al estar en clase en este salón, qué tan difícil es escuchar claramente a tus compañeros y que ellos te escuchen por el RUIDO de:</b>					
<b>Los coches</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>El patio de la escuela</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los puestos de la calle</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los salones de junto</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los camiones</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los pasillos de la escuela</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Las tiendas en la calle</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los compañeros de mi salón</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los aviones</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>El altavoz de la escuela</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los talleres en la calle</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Cuando arrastran las sillas</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>El tráfico</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los papás afuera de la escuela</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>La gente en la calle</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Las alarmas de los coches</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Los claxonazos</b>	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada
<b>Otra causa, (escríbela):</b> _____	Muchísimo	Mucho	Regular	Poco	Nada

## **ANEXO 3.**

# **Instrumento de Inteligibilidad**

	<b>lista 1</b>	<b>lista 2</b>	<b>lista 3</b>	<b>lista 4</b>	<b>lista 5</b>	<b>lista 6</b>	<b>lista 7</b>	<b>lista 8</b>
<b>1</b>	nube	suela	cedros	jalan	corea	damas	radio	brazo
<b>2</b>	dejo	duque	goce	nuca	dulce	pajes	mide	sebo
<b>3</b>	críos	mimo	meta	noche	siglo	cabe	sello	lacre
<b>4</b>	cuales	cita	sella	codo	yeso	carmen	mini	plato
<b>5</b>	beca	diosa	duda	nena	taches	corta	irma	tapia
<b>6</b>	clavo	selva	pluma	miope	pura	ciega	algún	senda
<b>7</b>	surco	caro	fierro	puse	vino	libre	cano	clame
<b>8</b>	pleno	cierta	lina	viena	níquel	déme	dieta	listo
<b>9</b>	flaca	crean	pista	cero	monte	mismo	tigre	curas
<b>10</b>	torno	une	duelo	pacto	nilo	surco	hombro	sones
<b>11</b>	grasa	gestor	nombre	laca	canción	tina	unos	control
<b>12</b>	neta	listo	cumbres	niña	reto	vienen	reto	tape
<b>13</b>	medios	pera	disco	himno	tecleo	regla	freno	carmen
<b>14</b>	miden	cifra	ciega	cera	tarde	suela	cerca	lista
<b>15</b>	reno	prima	trenza	allá	flanes	dardo	sudo	feria
<b>16</b>	nina	simple	manto	talco	busto	fino	diego	dante
<b>17</b>	botes	persa	cebra	seda	turco	cielo	seda	dones
<b>18</b>	perros	toro	timbre	conde	viernes	necios	jaque	seta
<b>19</b>	calor	déme	dije	tiro	quepa	dota	pisen	nave
<b>20</b>	duna	veinte	norte	saco	celtas	trance	prensa	nulo
<b>21</b>	ellos	dime	perla	dique	hacia	padre	pili	buque
<b>22</b>	sigo	lenta	cena	lista	cama	pardo	calle	queso
<b>23</b>	piano	celda	celo	seso	lloro	onda	lila	esos
<b>24</b>	choca	tiendas	tira	cura	luces	nadie	cardo	siete
<b>25</b>	llenos	nada	lince		premios	pica	hambre	asno

## **ANEXO 4.**

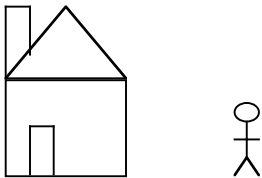
# **Instrumento de Comprensión de textos**



Grupo: \_\_\_\_\_ Número de lista: \_\_\_\_\_ Lugar en el salón: \_\_\_\_\_

**A continuación, se presentan una serie de oraciones a las cuales les hace falta una palabra. Por favor, lee en silencio cada una de las oraciones y escribe la palabra que debe ir en el espacio en blanco.**

Ejemplo "A"



La casa es más grande que el \_\_\_\_\_.

1. Luis y Rosa \_\_\_\_\_ amigos.
2. Tenga cuidado con los carros al cruzar la \_\_\_\_\_.
3. Ana llegó temprano, pero Elena llegó \_\_\_\_\_.
4. En el zoológico usted puede ver muchas clases de \_\_\_\_\_.
5. En los países de mucho sol el sombrero protege la cabeza en los días en que el \_\_\_\_\_ quema.
6. Pedro y Javier están jugando con una pelota en el patio durante el recreo. En un momento, la \_\_\_\_\_ choca en la ventana y rompe un cristal.
7. Rojo es el \_\_\_\_\_ que siempre me ha gustado.

8. El perfume natural es una sustancia concentrada que muchas veces se obtiene de los pétalos de las \_\_\_\_\_.
9. La noche resultó tan penosa como el día. Estaba tan inquieto que no podía \_\_\_\_\_ y se pasó toda la noche en suspiros y lágrimas.
10. El acordeón es como una flauta con teclas de piano. Se sopla y al apretar en las diversas teclas se producen diferentes \_\_\_\_\_ musicales.
11. Lentamente me dirigí a casa. El ruido de mis pasos sonaba de un modo extraño, produciendo un eco que me daba la impresión de que \_\_\_\_\_ me venía siguiendo.
12. Como puedes ver, hay una relación muy estrecha \_\_\_\_\_ las poblaciones que habitan la isla. Todas ellas forman una comunidad.
13. Los animales que viven en las zonas polares están provistos de pelaje grueso o plumaje esponjoso que los mantiene \_\_\_\_\_.
14. Dicen que dentro del mar hay montañas y llanuras, desiertos y selvas, como en la \_\_\_\_\_, pero que lo que aquí es aire allí es agua.
15. El vasco predomina en las áreas rurales, pero desaparece muy rápidamente en las ciudades. Todo el mundo \_\_\_\_\_ español, aun aquéllos que usan el vasco todos los días.
16. Me puse a pregonar “Naranjas de Gelves” y no \_\_\_\_\_ una. Entonces se me ocurrió la idea de pregonar “Naranjas de Cádiz”, y las he vendido todas.
17. Si no fuera posible remitir el equipaje que ampara este talón en el mismo avión en que salga el pasajero, la empresa podrá enviarlo en el \_\_\_\_\_ viaje y entregarlo a domicilio sin que haya lugar a reclamar en su contra.
18. Sin decirme nada, se fue lentamente hacia la mesa y sirvió dos copas grandes de aguardiente. \_\_\_\_\_ me paso una, que bebí en silencio.
19. Sus \_\_\_\_\_ eran el de asistir a la Universidad de California, pero termino asistiendo a la Universidad de Oregon.

20. Carlo Borbolla constituye el caso más extraordinario de la música cubana contemporánea. Todo es singular y digno de atención en este \_\_\_\_\_: su formación, su trayectoria al margen de los itinerarios propuestos al artista criollo, su vida, sus actividades, su obra.
21. Los motivos empleados siguen siendo europeos en su mayoría, pero sufren \_\_\_\_\_ gracias al impulso de una nueva sensibilidad. Dentro de esas transformaciones, la variabilidad de las “expresiones regionales” establece a su vez la pluralidad interpretativa del artesano americano.
22. La adquisición de destrezas se enseña en secuencia. El estudiante aprende primeramente una estrategia básica. Cuando domina cómo manejar esta estrategia, \_\_\_\_\_ variaciones que le permitan cambiar su forma de desempeñarse con los clientes.
23. El arte mexicano no es una simple copia del español, sino que se distingue de él por su originalidad. En estos monumentos se notan las mismas ideas artísticas que animan los viejos \_\_\_\_\_ mayas y aztecas, que son el orgullo de la nación mexicana.
24. He leído su anuncio en “La Vanguardia” \_\_\_\_\_ un empleado que conozca mecanografía y los idiomas inglés y alemán a la perfección, y tengo el gusto de ofrecerles mis servicios en dicha capacidad.
25. Bolivia tiene la rara distinción de mantener \_\_\_\_\_ ciudades capitales. La Paz, la capital mas alta del mundo, es la sede del gobierno. La aristocrática ciudad de Sucre es la capital legal.
26. Los metales son considerados \_\_\_\_\_ crudos, los cuales después de ser procesados se convierten en artículos manufacturados.
27. El Fondo de Mejoramiento es una organización sin fines de lucro, cuyo propósito fundamental es \_\_\_\_\_ el mejoramiento humano y el mejoramiento ambiental en Puerto Rico.
28. Tenían una religión naturalista, fundada en la \_\_\_\_\_ de los astros y las fuerzas naturales, pero no un sacerdocio constituido en una clase social independiente y poderosa.