



## Evaluación de la contaminación acústica en dos centros de educación inicial en la ciudad de bluefields

### Evaluation of noise pollution in two initial education centers in the city of bluefields

Wendy Guadalupe Gutiérrez Matus<sup>1</sup>, Deylin Mayli Díaz Hernández<sup>1</sup>, Tania Veruska Ruíz Acevedo<sup>1</sup>, Juan Asdrúbal Flores-Pacheco<sup>1,2\*</sup>

1. Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente (FARENA), Bluefields Indian & Caribbean University - BICU, Apartado postal 88, Avenida Universitaria, Bluefields, Nicaragua.
2. Dirección de Investigación y Postgrado (DIP), Bluefields Indian & Caribbean University - BICU, Apartado postal 88, Avenida Universitaria, Bluefields, Nicaragua.

\* Correspondencia: [asdrubal.flores@do.bicu.edu.ni](mailto:asdrubal.flores@do.bicu.edu.ni) / ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6553-7202>

*(recibido/received: 02-May-2020; aceptado/accepted: 25-September-2020)*

#### RESUMEN

En la actualidad el crecimiento de las ciudades ha traído consigo el aumento de la contaminación de diversos tipos, entre ellas se destaca la contaminación acústica generada por el exceso de ruido ambiental. En la ciudad de Bluefields existen diversos centros de enseñanza inicial que se encuentran en la zona de mayor actividad comercial de la localidad. Por este motivo y el desconocimiento de los actuales niveles de contaminación acústica en dos de estos centros se ha desarrollado esta investigación en la que se miden los niveles de ruido ambiental de fondo en el interior y exterior de los Colegios San José y de la Asociación Nicaragüense de Docentes de Nicaragua (ANDEN). Se empleó un sonómetro tipo 2 para medir los niveles de ruido con los que se estimaron el tiempo de reverberación ( $\tau$ ), la inteligibilidad de la palabra y la molestia acústica. Las mediciones se realizaron por una semana lectiva en ambos centros en horarios de 7:00 am a 12:00 md. Los resultados demostraron que los niveles de ruido interior y exterior en ambos centros exceden los niveles permisibles de acuerdo a la legislación nacional e internacional. El nivel de ruido continuo equivalente registrado en el colegio San José (92.83 dBA) y ANDEN (83.14 dBA) indican que los docentes y discentes están expuestos a posibles problemas de salud que se ven expresados en estrés y dolores de cabeza. Se hace necesario el diseño de una estrategia para la reducción del impacto del ruido por medio de acciones ejecutadas entre los colegios, las autoridades educativas locales y la municipalidad.

**Palabras claves:** Ruido; espacios de aprendizaje; salud escolar; molestia acústica; nivel de ruido continuo equivalente.

#### ABSTRACT

At present, the growth of cities has brought about the increase of pollution of various types, among them the noise pollution generated by the excess of environmental noise. In the city of Bluefields there are

several centers of initial education that are in the area of greater commercial activity of the locality. For this reason and the ignorance of the current levels of noise pollution in two of these centers, this research has been carried out in which the background ambient noise levels are measured inside and outside the San José Colleges and the Nicaraguan Association of Teachers of Nicaragua (ANDEN). A type 2 sound level meter was used to measure the noise levels with which the reverberation time (echo), word intangibility and acoustic discomfort were estimated. The measurements were carried out for a week in both centers at hours from 7:00 am to 12:00 md. The results showed that the indoor and outdoor noise levels in both centers exceed the permissible levels according to national and international legislation. The equivalent continuous noise level recorded at San Jose (92.83 dBA) and ANDEN (83.14 dBA) indicates that teachers and students are exposed to possible health problems that are expressed in stress and headaches. It is necessary to design a strategy to reduce the impact of noise through actions carried out between schools, local education authorities and the local municipality.

**Keywords:** Noise; learning spaces; school health; acoustic discomfort; equivalent continuous noise level.

## 1. INTRODUCCIÓN

El ruido es considerado como aquel sonido no deseado por el receptor, lo que cataloga al ruido ambiental como un contaminante, que a diferencia de otros contaminantes ambientales tiene un impacto sumamente variable, debido a que la forma de percepción humana al ruido es muy personal, la cual varía considerablemente entre diversas poblaciones de estudio con su régimen social. Sin embargo, una aproximación aceptable al límite de ruido al que puede estar expuesta una persona sin probabilidad de riesgo es el equivalente a una presión de 85 dB durante 8 horas (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2015). El ruido ambiental por su condición de contaminante de alta presencia en la mayor parte de los centros urbanos es considerado una problemática a nivel mundial, que a pesar de que comúnmente se cree que su efecto es mínimo, puede causar desde interferencia en la comunicación hasta diversos daños graves a la salud humana, como pérdida de audición, alteraciones psicológicas y cambios en la conducta (Arana Burgui, 1997). Así mismo, puede causar la degradación de la zona y alteración de las actividades típicas desarrolladas en esta.

Las emisiones del ruido en centros urbanos provienen de dos fuentes principalmente, correspondientes a fuentes móviles, conformadas por el tráfico de vehículos motorizados, y fuentes fijas, conformadas por industrias locales, comercios, algunas actividades domésticas como el uso de equipos de sonido de alta potencia y demás. Aquellas que generan mayor emisión por su constante y elevada presencia son las fuentes móviles (Barreto Gómez & De León Barrios, 2009), y en conjunto con las fuentes fijas son las causantes de que el 50% de la población europea (Lema-Blanco, 2017), latinoamericanas (Echeverri & González, 2011; Pacheco et al., 2009), en Nicaragua (Batres et al., 2007) y localmente en Bluefields (Manzanares & Budier, 2018) vivan en zonas de bajo confort acústico (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2015).

En Nicaragua un estudio de cambios auditivos generados por ruido ambiental a estudiantes de cuarto grado de la escuela Francisco Morazán definido como casos y escuela Bello Amanecer definido como controles, en el departamento de Managua, en el año lectivo 2014, brinda información sobre los cambios auditivos que puede provocar el ruido ambiental al que están expuestos los niños y niñas de los centros escolares en mención, en el cual se identificaron escotomas acústico posterior a la exposición al ruido en los estudiantes, así como factores de riesgos, signos y síntomas que pueden estar relacionados con la exposición al ruido ambiental (Batres et al., 2007)

Existen diferentes fuentes de ruido en los centros escolares. En primer lugar, el ruido del tránsito, en escuelas ubicadas en zonas de gran circulación. Una segunda fuente son los gritos de los niños, donde tienen un efecto bastante nocivo, pues se encuentran en el rango de frecuencias donde el oído es más

sensible, no sólo perceptivamente sino desde el punto de vista del riesgo de hipoacusia. Esta fuente es especialmente importante en clases de actividades prácticas, así como en clases de gimnasia u otras en las cuales el silencio no sea condición imprescindible (González Sánchez & Fernández Díaz, 2014; Restrepo Díaz, 2002).

El ruido admisible al que una persona puede estar expuesta está representado por la energía sonora total, que depende de la intensidad, duración y frecuencia de la onda, y es considerado como el equivalente a 85 dB durante un máximo de 8 horas al día o 100 dB durante 15 min al día (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2015). A la fecha de inicio de esta investigación se desconocían los niveles de contaminación acústica (dB) a los que están expuestos los centros de educación de la ciudad de Bluefields y, por tanto, si existen casos de docentes y discentes que expresen afectaciones significativas a su salud. Dos de estos centros son los colegios San José y ANDEN (Asociación Nacional de Educadores de Nicaragua), ambos ubicados en el barrio central de la ciudad que es la zona de mayor actividad comercial en que a su vez se conglo mer a en mayor parquin vehicular. Estas condiciones conjugadas con las instalaciones antiguas y sin tratamientos de insonorización son factores que pueden incidir en los niveles de asimilación del conocimiento y aprendizaje de los estudiantes de los centros en estudio.

A pesar de la existencia de una normativa regulatoria es imposible su aplicación sin los estudios previos que identifique y caractericen (en reverberación, ruido interior de fondo, ruido exterior de fondo, molestia acústica e intangibilidad de la palabra) el origen de la contaminación acústica. Este ruido ambiental afecta con mayor intensidad a los niños en edad de educación preescolar (3-5 años). Ambas condiciones son las que impulsan el origen y posterior ejecución de esta investigación que pretende presentar una propuesta de acciones locales y legislación para las mitigaciones de hipotéticas perturbaciones al aprendizaje de los niños de ambos centros escolares por efecto del ruido ambiental.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Para este estudio se tomó en cuenta dos colegios de preescolar, el colegio de la Asociación Nacional de Educadores de Nicaragua (en adelante ANDEN) que se localiza en la calle Cabezas frente donde fue el cine Variedades y el colegio San José ubicado en la calle Reyes contiguo a la Catedral Nuestra Señora del Rosario, ambos citan en el barrio Central de la ciudad de Bluefields. Estos colegios imparten enseñanza preescolar y están en la zona de acciones de los ruidos ocasionados por las actividades comerciales y tráfico vehicular. Este estudio descriptivo con enfoque cuantitativo y corte transversal porque se consideró que es la que más se ajusta al problema que se investigó.

### **2.1. Universo - Población**

Se tomo como universo, a ambos centros escolares que ofertan la educación inicial con una población estudiantil entre las edades de 3 a 5 años, los cuales son de 255 discentes, de los cuales 126 en los niveles 1 a 3 estudiaban en ANDEN y los otros 129 discentes en el colegio San José.

2.1.1. Los criterios utilizados para la selección de los centros escolares:

- Ubicación (zona urbana dentro del área de tráfico privado y comercial).
- Infraestructura (Local(es) aprobados por el ministerio de Educación).
- Al menos 100 alumnos con un mínimo del 80% de asistencia diaria.
- Disponibilidad de la dirección del centro escolar y docentes a colaborar en el estudio.

## 2.2. Muestra y muestreo

En el colegio San Jose se seleccionaron por conveniencia los tres grupos (dos de segundo nivel y uno de tercero) y en ANDEN los cinco grupos (uno de primer nivel, dos de segundo nivel y dos de tercer nivel) tomando la totalidad de discentes que asistieron duran la fase de mediciones. Se realizo un muestreo no probabilístico tomando a la totalidad de los discentes y docentes que asistieron a los centros escolares durante el desarrollo de la investigación, para medir la intensidad del ruido en relación con el horario, la fuente, su frecuencia y duración al tiempo se registró las reacciones de los niños a estos estímulos (ruido) (guía de observación y verificación). Los docentes fueron abordados por medio de entrevistas directas (Herranz Pascual & López Barrio, 2000; Sanchís, Segura, Navarro & García, 2000).

### 2.2.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las mediciones de las distintas intensidades de ruido se realizaron con la cooperación de la dirección y personal docente de cada centro escolar. Se iniciaron las mediciones en el mes de septiembre finalizando en octubre realizando mediciones diariamente durante una semana lectivas (de lunes a viernes) en horario lectivo (de 7:00 am – 12:00 dm) en ambos centros escolares. Cada medición duro aproximadamente 30 minutos, se repitieron cuatro veces cada día (7:00 am, 9:00 am, 11:00 am y 12 md). Se conto con el acompañamiento profesional del profesor guía evitando la generación de alteraciones en el orden del salón. El sonómetro tipo 2 modelo CEM DT-8851 / IIEC 61672-1 CLASS2 (Ficha técnica, ver anexo 5) se ubicó a una distancia de 1.5 metros de la pared y a un 1.2 m de altura (soportado en un trípode) (Echeverri & González, 2011), esto por ambos lados para estimar los niveles de ruido interior y exterior al salón de clases (Figura 3). Posteriormente empleando la misma metodología se colocó el sonómetro en cada esquina del salón y, finalmente, en el centro de este para la medición armonizada del tiempo de reverberación, intangibilidad de la palabra y molestia acústica (Tabla 3) (Velis & Tomeo, 2015).

**Observación perceptual del sitio:** Paralelamente a las mediciones detalladas anteriormente se tomaron mediciones complementarias en los patios, canchas, pasillos, portón principal en las horas entrada (7:00 am) y salida (12:00 md) de los estudiantes. En cada uno se registraron los niveles de ruido ambiental sus fuentes y respuesta de los alumnos al estímulo (Platzer, Iñiguez, Cevo & Ayala, 2009).

**Encuestas:** En la encuesta a docentes recogió elementos sobre las fuentes de ruido, su frecuencia, intensidad y momentos de mayor impacto. Asimismo, obtuvo información de la afectación del exceso de ruido tanto en docentes como en los padres de los estudiantes (Yepes, Gómez, Sánchez & Jaramillo, 2009). Estas fueron realizadas en el aula de clases posterior al termino de las clases cuando los docentes y padres de los estudiantes aceptaban cooperar voluntariamente en el estudio. Todo basado en la percepción de los encuestados.

## 2.3. Variable Evaluadas

### 2.3.1. Nivel Sonoro Continuo Equivalente LeqA,

$$\frac{Leq_A}{HorarioLeq_A} = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^N 10^{\frac{Li}{10}}}{N} \quad (1)$$

En la cual, Li es el nivel sonoro continuo equivalente obtenido en cada una de las mediciones hechas en el respectivo turno y N el número de mediciones que se hicieron en el punto, en el respectivo turno.

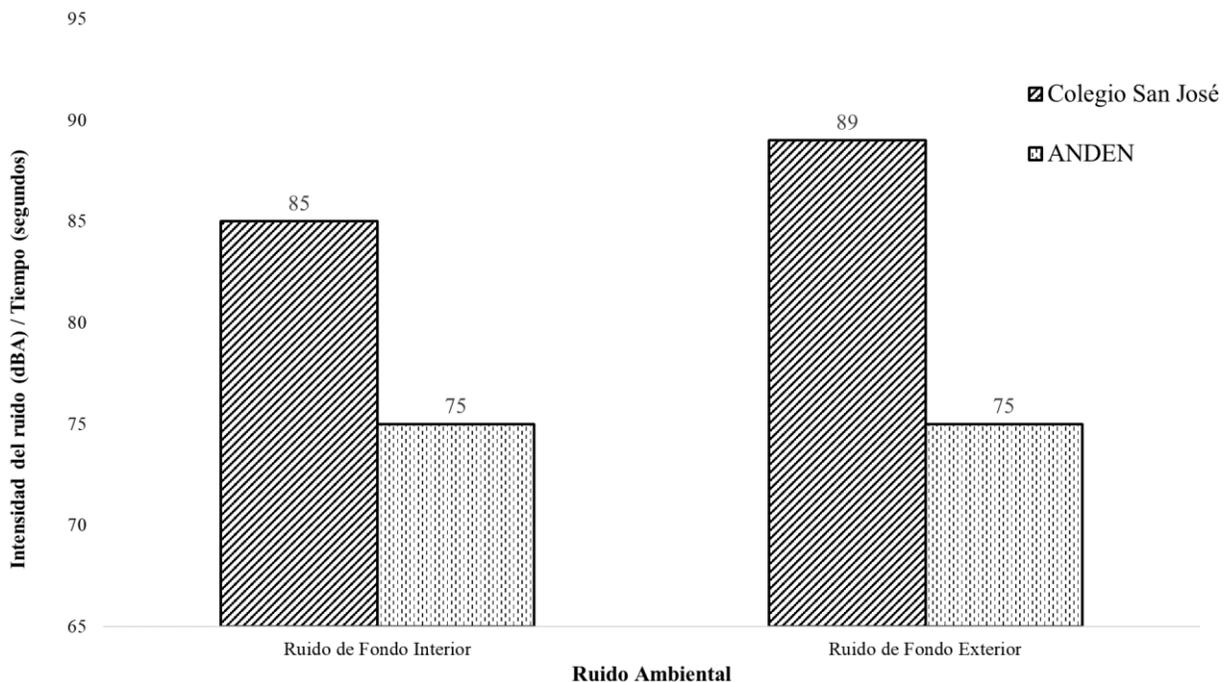
**Tabla 1.** Operacionalización de las variables

<b>variables</b>	<b>Conceptos</b>	<b>Calculo</b>
Ruido ambiental	Se usa variable (ruido), concepto (sonido que supera 75 dB), indicador (ruido percibido en el momento de lectura por el sonómetro), valor (75 dB +), escala Cuantitativa nominal	Uso de sonómetro tipo 2
Tiempo de reverberación (ECO)	Tiempo transcurrido e intensidad del ruido desde la emisión del sonido hasta la recepción en el extremo opuesto del espacio cerrado.	Uso de sonómetro tipo 2 y cronometro.
Ruido de fondo Interior	Percepción de la intensidad del ruido en el externo más lejano del aula interior vacía y llena de alumnos.	Sonómetro tipo 2 y cronometro
Ruido de fondo Exterior	Percepción de la intensidad del ruido en el externo más lejano del aula exterior vacía y llena de alumnos.	Sonómetro tipo 2 y cronometro
Inteligibilidad de la palabra	Momento en que la intensidad del ruido ambiental no permite la comprensión de las palabras entre personas a dos metros de distancia.	Sonómetro tipo 2 – Encuesta
Molestia acústica	Intensidad del ruido ambiental en que el sujeto es incapaz de realizar actividades cognitivas (lectura, análisis y platicas fluidas)	Sonómetro tipo 2 – Observación
Ocupación del espacio	Relación de la cantidad de niños por unidad de área y los niveles de ruido ambiental registrados.	Conteo general, estimación de área del polígono y relación matemática

#### 2.4. Procesamiento de la información

La significancia asintótica estadística para cada variable se evaluó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Sokal & Rohlf, 1981) y Kolmogórov-Smirnov (Di Rienzo et al., 2005). Con la prueba de Kruskal-Wallis y de Wilconxon (García-Pérez, 2010), para los cual se analizaron los supuestos de Muestras Relacionadas con Pruebas No Paramétricas desde el programa estadístico SPSS® versión 25 (IBM® Statistical SPSS®, 2016), a posteriori se realizará comparaciones de U de Mann-Whitney que permitieron observar cuales tratamientos presentan diferencias significativas entre ellos (Vargas Franco, 2007). Se generará un modelo de correlación por medio de pruebas de Chi-cuadrado de Spearman con el fin de encontrar alguna dependencia o independencia entre las variables planteadas en el estudio.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



**Figura 1.** Niveles de contaminación acústica en distintas zonas de dos centros escolares de educación inicial en la ciudad de Bluefields.

Tras las mediciones del parámetro Ruido Ambiental de acuerdo a lo propuesto por la Universidad de Medellín (2016) los resultados indican que variables acústicas de Ruido de fondo Interior con 85 y 89 dBA para los Colegios San José y ANDEN, respectivamente. El Ruido de fondo Exterior que se registro fue de 75 dBA para ambos centros no presentan diferencias estadísticas entre ellas ( $X^2= 47.13$ ,  $gl= 6$ ,  $P>0.39$ ) indicando la ubicación del colegio no es un factor determinante en la variación de la contaminación acústica. A pesar que las diferencias en el tamaño entre ambos centros son notoria se resalta el hecho que ambos ubican sus aulas a escasos metros de vías de tránsito vehicular, el Colegio San José por su parte trasera y ANDEN por el lado frontal, este hecho concuerda con investigaciones hechas en España donde las aulas más cercanas a las calles son las más afectadas (Farías et al., 2011). Es de considerar el hecho que estas mediciones se realizaron durante el periodo de la mañana correspondiente al horario (8:00 am – 12:00 md) que los niños asisten a sus clases por lo cual se ven expuestos de forma continua y prolongada a elevados niveles de ruido ambiental que de acuerdo a lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005) no debe superar los 65 dBA en ambientes escolares que es aún mayor al considerado en el Código Penal de la República de Nicaragua (2014) que no debe exceder los 35 dBA.

Se conoce que niveles de ruido ambiental desde los 70 dBA afectar adversamente a la lectura, la atención, la resolución de problemas y la memoria. Los fallos en el desempeño de la actividad educativa y laboral pueden producir accidentes por falta de atención (García & García, 1939). Los niveles por encima de 80 dBA puede aumentar el comportamiento agresivo. La principal consecuencia social es el deterioro de la audición, que produce incapacidad de entender una conversación en condiciones normales y que este es considerado una desventaja social severa (Gonzalez & Fernández, 2014). Es necesario destacar que los datos expresados en la figura 4 corresponden a las medias para cada parámetro ya que los niveles más elevados en el Colegio San José (90 dBA) y en ANDEN (88 dBA) se registraron en horario de las 11:00 am a las 12:10 md momentos en que salen los niños de clases y aumenta la actividad vehicular aumenta

significativamente cuando padres y taxistas llegan a recoger a sus hijos. Este fenómeno se da a diario de la misma manera sin que las administraciones y/o direcciones de ambos centros de enseñanza puedan tener control sobre ello.

En este sentido el estudio de la relación de ocupación del espacio indica que en el colegio San Jose hay promedio de 1.27 niños por metro cuadrado, eso contrasta con el colegio ANDEN con una ocupación media de 0.83 niños por metro cuadrado, esta diferencia es significativa ( $X^2= 54.7$ ,  $gl= 1$ ,  $P>0.000$ ) excediendo la recomendación de un máximo de 20 alumnos por aula no superando la ocupación de un niño por metro cuadrado (Pozo & Gómez Crespo, 2010). Al relacionarse este dato con la intensidad de ruido ambiental registrado en cada colegio se obtuvieron resultados de la correlación de Spearman ( $\rho$ ) Ocupación del Espacio – Ruido Ambiental de 0.91 y 0.87 para San José y ANDEN, respectivamente. Se demuestra que al haber mayor ocupación del espacio se genera más ruido que viaja distancias menores generando mayor impacto los individuos debido a su cercanía (Estrada-Rodríguez, Cesáreo, Méndez Ramírez, 2010).

**Tabla 2.** Fuente e intensidad del ruido ambiental en cada colegio

Colegio	Fuente del estímulo (ruido)	Cantidad de niños que reaccionan*	Nivel de ruido (dBA)	Niveles permisibles**
Colegio San José	Asamblea del colegio	650	64	35
	Entrada (Portón)	620	74	35
	Lluvia	620	86	35
	Gritos de niños	620	86	35
	Ruido externo	620	84	35
ANDEN	Asamblea del colegio	101	93	35
	Entrada (Portón)	101	82	35
	Lluvia	101	75	35
	Gritos de niños	101	97	35
	Ruido externo	101	99	35

\*Asistencia basada en listado oficial los días de mediciones en cada centro.

\*\* Basado en lo dispuesto en el Art. 534. Perturbación por ruido en la Ley N° 641, Gobierno de la Republica de Nicaragua, 2014.

Para la identificación de las fuentes e intensidades del ruido ambiental se empleó un sonómetro tipo 2 y una lista de cotejo donde se anotaron los orígenes de estos. En ambos centros se constató que la fuente interna de mayor intensidad son los gritos de los niños (Colegio San José con 86 dBA y ANDEN con 97 dBA) que superan ampliamente los límites permisibles de ruido ambiental fijado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005) (65 dBA) y el Código Penal de la Republica de Nicaragua (2014) (35 dBA). En ambos casos los eventos extremos se dan cuando se reúne a la mayor parte de la población estudiantil (horas de entrada, de salidas y asambleas generales) que en ambos sitios se dan en ubicaciones cerradas con techos de variables elevaciones que intervienen en la facilidad de salida del sonido (Colegio San José) o en la reverberación (ECO) de este (ANDEN) siendo un factor a considerar en las futuras remodelaciones y/o construcciones que se den en cualquiera de estos centros.

Es importante recalcar que el simple hecho de que un mensaje se escuche por tener suficiente sonoridad (medida en decibelios) no asegura que el mensaje pueda ser comprendido en su totalidad, hecho a destacar en las asambleas y demás reuniones grupales de estudiantes y docentes en los centros evaluados (Díaz Jiménez et al., 2015). La comprensión de un mensaje está sujeta a la capacidad de comprender en forma individual las estructuras sónicas que componen una palabra. Sílabas, consonantes, fonemas y pausas en el

fluir del mensaje, deben distinguirse claramente sin que se obstaculicen entre ellos o agentes externos, como el ruido o la excesiva reverberación en el recinto en que se recibe el mensaje perjudiquen el grado de discernimiento entre los componentes de la estructura sónica (sonido) (Jaramillo et al., 2009; Yepes et al., 2009). Dicho esto, ambos colegios son víctimas de sus propias costumbres de reuniones colectivas con sus estudiantes y resto de personal que lejos de tener el efecto deseado de aumentar la comprensión del mensaje desde el emisor a los receptores bloquea la capacidad de asimilación es los últimos. Con ello nace la recomendación a las direcciones de un cambio de estrategia donde se aborden a grupos cada vez más pequeños que no requieran superar los 60 – 70 dBA considera para una conversación en tono alto a una distancia de 2 a 3 metros entre personas (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2015).

Los valores registrados en la categoría Ruido externo corresponden a los sonidos emitidos por los autos (en su mayoría taxis) y motocicletas que circulan en las inmediaciones de los colegios. Se logro determinar que los responsables del mayor impacto sonoro son las motocicletas con los escapes modificados ( $X^2= 54.87$ ,  $gl= 27$ ,  $P<0.001$ ) frente a los automóviles. A pesar que esto es comentado por los padres de familia y docentes del centro las autoridades de Transito de la Alcaldía Municipal de Bluefields y de la Policía Nacional no realizan ninguna acción para su regulación, ello a pesar que se incurre en delitos contra la tranquilidad publica, para centros escolares y el ambiente (Ley 217. Ley General del Medio Ambiente y Los Recursos Naturales, 1996).

**Tabla 3.** Correlación no paramétrica de Spearman para las variables acústicas evaluados

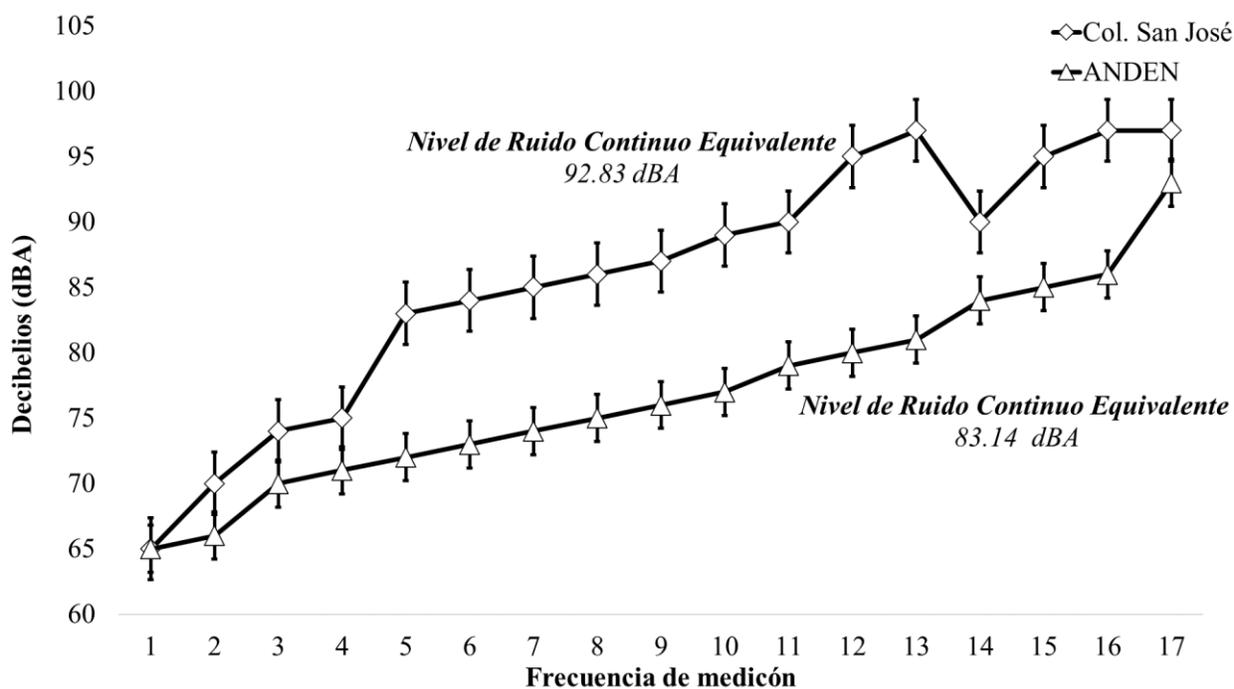
<i>Rho de Spearman</i> $R^2$	Ubicación del Colegio	Ruido ambiental	Tiempo de reverberación (ECO)	Ruido de fondo Interior	Ruido de fondo Exterior	Inteligibilidad de la palabra	Molestia acústica
Ubicación del Colegio		0.531**	0.620**	-0.688**	-0.708**	0.821**	0.835**
Ruido ambiental			-0.047	0.267**	0.418**	0.027	-0.201**
Tiempo de reverberación (ECO)				-0.178*	-0.158*	0.016	-0.018
Ruido de fondo Interior					0.493**	0.153*	0.246**
Ruido de fondo Exterior						0.114	-0.118
Inteligibilidad de la palabra							-0.100
Molestia acústica							

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

\* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).

Tras finalizar la medición directa de las variables ya descritas en la tabla 3 (operacionalización de las variables) se procedió al cálculo de la correlación entre ellas fin de identificar las relaciones mayor relevancia. La ubicación del colegio (aplica para ambos casos) si es un factor de interés ( $R^2= 0.531$ ;  $gl= 6$ ;  $P>0.001$ ) al momento de explicar la incidencia del ruido (interno y externo) en las aulas donde los niños reciben clases, ello se debe a la nula planificación urbanística y el caso omiso de las normales y regulaciones para la generación de ruidos en zonas escolares (Morales & Fernández, 2009).

El tiempo de reverberación (Eco) registra relación muy fuerte ( $R^2= 0.620$ ;  $gl= 6$ ;  $P>0.001$ ) con la configuración de los locales donde se reciben clases. Debe entenderse que este variable se considera de especial interés en la distracción de los emisores del mensaje sonoro (voz) ya que se liga directamente con la intangibilidad de la palabra ( $R^2= 0.821$ ;  $gl= 6$ ;  $P>0.001$ ) y la molestia acústica ( $R^2= 0.835$ ;  $gl= 6$ ;  $P>0.001$ ) que a su vez incrementan la imposibilidad de la comunicación efectiva entre las personas en estas instalaciones (Echeverri & González, 2011; Universidad de Medellín, 2016). Estos datos deben servir para las consideraciones de autoridades de los centros escolares, municipales y regionales para la reducción de las emisiones de ruido en las horas de desarrollo de las clases (Salas López & Barboza Castillo, 2016). En ambientes educativos se ha demostrado que la insonorización de los espacios de enseñanza se vuelve necesario con el avance del desarrollo de las ciudades y el aumento de su población (Moreno Jiménez, 2008). En el caso del Ruido de fondo Interior ( $R^2= - 0.688$ ;  $gl= 6$ ;  $P>0.001$ ) y Ruido de fondo Exterior ( $R^2= - 0.708$ ;  $gl= 6$ ;  $P>0.001$ ) son inversamente proporcionales a la localización de los centros escolares. Los posibles motivos de este comportamiento se han discutido en la tabla 5 de este documento.



**Figura 2.** Nivel de ruido continuo equivalente por cada centro escolar. Curva de tendencia calculado con la frecuencia absoluta de las mediciones (dBA). Se empleo la prueba de Chi-cuadrado ( $X^2$ ) para comparar los grupos. Las barras representan el Error estándar.

La figura 2 muestra el nivel sonoro continuo equivalente (LAeqT) siendo un indicador que permite describir la contaminación acústica en una localización, en este caso el Colegio San José y ANDEN. Se muestra el nivel de ruido acumulado a lo largo de un período T (8:00 am – 12:00 md) durante una semana lectiva, que se ha estandarizado con respecto a dicho intervalo (Alfie Cohen & Salinas Castillo, 2016). Los niveles no difieren estadísticamente ( $X^2=8.416$ ;  $gl= 8$ ;  $P>0.394$ ) para el Colegio San José (92.83 dBA) y ANDEN (83.14 dBA) permitiendo la completa caracterización de los ambientes sonoros de estos dos centros.

Al trasladar este resultado a la práctica es notorio el hecho que los estudiantes de ambos centros están expuestos de forma continua a niveles de contención acústica que excede los 35 dBA y 65 dBA regulados por el Código Penal Nicaragüense y la Organización Mundial de la Salud, respectivamente. Con ello queda confirmado que esa población estudiantil, sus docentes y resto de personas que interactúan en los

locales se encuentran expuestos a peligros en su salud fisiológica y psicológica (Benasayag, 2000). A fin de determinar con la mayor exactitud estos riesgos es necesario que se aúnen esfuerzos entre especialistas ambientales, médicos y civiles (constructores) en alianza con las autoridades regulatorias para el diseño de estrategias de minimicen el origen interno y externo ya identificados y descritos en esta investigación de los elevados niveles de contaminación acústica.

**Tabla 4.** Efecto de la contaminación acústica la población (Docentes – Padres de familia) de los centros escolares.

<b>Colegio</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Nivel Registrado</b>	<b>Niveles permisibles</b>
Colegio San José	Dolor de cabeza / Cansancio	33.3	80 dB	35 dB
	Estrés / Insomnio	50.0	77 dB	35 dB
	Otro	16.7	86 dB	35 dB
ANDEN	Estrés	100.0	89 dB	35 dB

Se ha demostrado la presencia de ruido en los centros de enseñanza evaluados y que este es un elemento a considerar por las afecciones en la salud de los niños en diferentes etapas de desarrollo, incluso desde muy pequeños y a los docentes. El ruido lleva implícito un fuerte componente subjetivo. Un mismo sonido puede ser considerado un elemento molesto para unas personas mientras que para otras no, dependiendo de las características del receptor y del momento que se produce el ruido (Gonzalez & Fernández, 2014; Restrepo Díaz, 2002). Algunos factores que pudieron identificar son: horario en el que se produce, actividad de la persona en ese momento, tiempo de exposición, intervalo entre exposiciones, antecedentes socioculturales, lo habituada que esta la persona a un determinado ruido, si el ruido es continuo o intermitente, la intensidad y la frecuencia del sonido, la edad del receptor, entre otras (Garrido & García Sanz, 2003).

Los estudiantes y docentes expuestos a ambientes ruidosos pueden padecer insomnio y cansancio al despertar como se comprobó en ambos colegios vía encuestas, lo que puede afectar el rendimiento académico y laboral del día. Diversos estudios revelan que los individuos que interactúan de forma continua y prolongada con ruido tienen episodios de sueño menos numerosos y prolongados, siendo afectados los procesos restaurativos de esta fase del descanso (Llopis González et al., 1989). El momento de aparición del ruido en el entorno, la sensibilidad del individuo, el estímulo acústico y la adaptación al ruido son factores que influyen en el efecto de interferencia. De ahí que es sumamente importante respetar los niveles de sonoridad en el horario de enseñanza y descanso (especialmente el sueño) en los centros escolares (Platzer et al., 2009). Los principales efectos a la salud provocados por el ruido pueden ser auditivos y no auditivos. Entre los primeros se encuentran el desplazamiento temporal o permanente del umbral de audición. Entre los segundos dilatación de las pupilas y parpadeo acelerado, agitación respiratoria, aceleración del pulso y taquicardias, aumento de la presión arterial, dolor de cabeza (Moreno, 2010). Además, también se describen afectaciones en la esfera psicológica como el insomnio, dificultades para conciliar el sueño, fatiga, estrés, depresión, irritabilidad, agresividad, entre otras (Estrada-Rodríguez, Cesáreo, Méndez Ramírez, 2010).

#### 4. CONCLUSIONES

Los niveles de contaminación acústica evaluada por medio de la medición del ruido ambiental (interior y exterior) en conjunto con el nivel de ruido continuo equivalente que se registraron en ambos centros educativos exceden los niveles permisibles para zonas escolares y entornos de aprendizaje establecidos por entes regulatorios nacionales e internacionales. A esto también se le suma la ocupación del espacio con alta relación con los niveles de ruido por la cantidad excesiva de discentes por unidad de área. Los eventos que generan mayor contaminación acústica en el interior de los colegios son las asambleas y reuniones multitudinarias de los estudiantes y personal del centro en locales que no brindan las

condiciones necesarias para estas actividades. La fuente de ruido externa de mayor significación es el generado por el tráfico de motocicletas superando al generado por el tráfico vehicular selectivo (taxis).

Los elevados niveles de contaminación acústica generan condiciones de intangibilidad de la palabra, molestia acústica y reverberación (eco) que además de generar afectaciones en el aprendizaje de los alumnos, el desempeño del personal docente y resto de funcionarios de los centros educativos intervenidos. La intensidad del ruido registrada en las distintas fases de esta investigación sugiere que se pueden dar casos de perturbaciones y afectaciones negativas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, sin embargo, los datos aún son escasos, por ello se deben integrar nuevas variables como lectura, la atención, la solución del problema y la memorización entre otras en futuras investigaciones.

### **CONFLICTO DE INTERESES**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### **AGRADECIMIENTO**

Esta investigación fue posible por el apoyo financiero de la Dirección de Investigación y Postgrado (DIP) de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU) a la cooperación de las direcciones de ambos colegios, sus docentes y padres de familia.

### **REFERENCIAS**

- Alfie Cohen, M., & Salinas Castillo, O. (2016). Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable / Noise in the city. Acoustic pollution and the walkable city. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(1), 65. <https://doi.org/10.24201/edu.v32i1.1613>
- Arana Burgui, M. (1997). Evolución del ruido ambiental en Pamplona. *Revista de Acústica*, 28, 47–48.
- Ley 217. Ley General del Medio Ambiente y Los Recursos Naturales, (1996).
- Barreto Gómez, K., & De León Barrios, G. (2009). Evaluación de la contaminación acústica en intersecciones de la ciudad de Cartagena. Cartagena de Indias. In *Universidad de Cartagena*.
- Batres, D., Quintana, J., & Ruiz, S. (2007). *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua , León ( Unan – León ) Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales Modalidad Sabatina Monografía para optar al Título de Licenciado en Derecho Tema : Análisis y Eficacia de la Ley 559 , Ley Especial de Delitos cont.* Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León).
- Benasayag, E. M. (2000). El ruido nos mata en silencio. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 20, 149–161.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Gonzales, L., Tablada, E., Diaz, M. del pilar, Robledo, C., & Balzarani, M. (2005). *Estadística para Ciencias Agropecuaria*.
- Díaz Jiménez, J., Gil, C. L., Para, A., Díaz, J., & Correo, J. (2015). Efectos en salud del ruido de tráfico: Más allá de las " molestias " Health effects of noise traffic: Beyond “discomfort” Efeitos do ruído de tráfico na saúde: para além das " moléstias " *Rev. Salud Ambient. Díaz Jiménez J, Linares Gil C. Rev. Salud Ambient, 15(152), 121–131.* <http://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/viewFile/709/714>
- Echeverri, C., & González, A. (2011). Protocolo para medir la emisión de ruido por fuentes fijas. *Revista de Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(18), 51–60. <http://www.scielo.org.co/pdf/riium/v10n18/v10n18a06.pdf>
- Estrada-Rodríguez, Cesáreo, Méndez Ramírez, I. (2010). Impacto del ruido ambiental en estudiantes de educación primaria de la Ciudad de México. *Revista Latinoamericana de Medicina Conductual*, 1(1), 57–68. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283021975007>
- Farías, E., Herrera, M., & Olivera, J. (2011). El ruido en el ambiente laboral. *Guía Práctica N° 2 Gerencia de Prevencion*, 1–13. <http://www.srt.gob.ar/adjuntos/prevencion/guiaruido.pdf>
- García-Pérez, A. (2010). Métodos avanzados de estadística aplicada. Métodos robustos y de remuestreo. In *Universidad Nacional a Distancia*.

- García, A., & García, A. (1939). Estudio Del Ruido Ambiental Y Sus Efectos Sobre Los Trabajadores En Industrias De La Madera , Textil Y Metal. *Acústica* 200, 1–7.
- Garrido, F. J., & García Sanz, B. (2003). La contaminación acústica en nuestras ciudades. *Coleccion De Estudios Sociales*, 12, 252. [https://obrasocial.lacaixa.es/deployedfiles/obrasocial/Estaticos/pdf/Estudios\\_sociales/es12\\_esp.pdf](https://obrasocial.lacaixa.es/deployedfiles/obrasocial/Estaticos/pdf/Estudios_sociales/es12_esp.pdf)
- Gobierno de la Republica de Nicaragua. (2006). *Ley General De Educación. Ley N° 582 (1°)*. Gobierno de la Republica de Nicaragua. La Gaceta, Diario Oficial.
- Codigo Penal De La Republica De Nicaragua, Igarss 2014 (2014). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- González Sánchez, Y., & Fernández Díaz, Y. (2014). Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiologia*, 52(3), 402–410.
- Gonzalez, Y., & Fernández, Y. (2014). Efectos de la contaminación sónica sobre la salud de estudiantes y docentes, en centros escolares Noise pollution in schools: its effect on the health of students and teachers. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 402–410. <http://scielo.sld.cu>
- Herranz Pascual, K., & López Barrio, I. (2000). *Modelo de impacto del ruido ambiental*. 1–7. <https://digital.csic.es/handle/10261/6915>
- IBM® Statistical SPSS®. (2016). *IBM® SPSS® 23.0* (p. Statistical Package for the Social Sciences). <http://www.spss.com/>
- Jaramillo, A., González, A., Betancur, C., & Correa, M. (2009). Estudio comparativo entre las mediciones de ruido ambiental urbano a 1,5 m y 4 m de altura sobre el nivel del piso en la ciudad de medellín, antioquia-colombia comparative study between urban measurement environmental noise at heighth 1,5 m and 4 m in mede. *Dyna*, 76(157), 71–79. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n157/a07v76n157.pdf>
- Lema-Blanco, I. (2017). *Nuevas tendencias en investigaciones en Educación Ambiental* (Issue January 2007).
- Llopis González, A., María García García, A., & García Rodríguez, A. (1989). Alteraciones del sueño producidas por el ruido ambiental. In *Gaceta Sanitaria* (Vol. 3, Issue 12, pp. 421–426). [https://doi.org/10.1016/S0213-9111\(89\)70963-8](https://doi.org/10.1016/S0213-9111(89)70963-8)
- Manzanares, M., & Budier, B. (2018). *Aplicación y eficiencia de las leyes relacinadas al ruido ambiental en el casco urbano de la ciudad de Bluefields, RACCS, durante el año 2017*. Bluefields Indian & Caribbean University (BICU).
- Morales, J., & Fernández, J. (2009). Análisis de algunas variables que influyen en el ruido debido al tráfico urbano en una gran ciudad. *Tecnología y DesarrolloV*, VII, 29.
- Moreno, J. E. (2010). Ambiental Y La Molestia Que Ocasiona En Aulas De Educación Media En Quito ., *Sonac*, 1(1), 6–11.
- Moreno Jiménez, A. (2008). Is the urban acoustic polution equitably distributed? An assessment of environmental justice in Madrid. *Estudios Geográficos*, LXVIII(263), 595–626. <https://doi.org/10.3989/egeogr.2007.i263.70>
- OMS. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS. *OMS*.
- Organización Mundial de la Salud - OMS. (2015). Guías para el ruido urbano. In *academia.edu*.
- Pacheco, J., Franco, J. F., & Behrentz, E. (2009). Contaminacion auditiva en bogota. *Revista de Ingeniería*, 30, 72–80.
- Platzer, U., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2009). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 67(2), 122–128. <https://doi.org/10.4067/s0718-48162007000200005>
- Pozo, J., & Gómez Crespo, M. (2010). Por qué los alumnos no comprenden la ciencia que aprenden. Qué podemos hacer nosotros para evitarlo. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*.
- Restrepo Díaz, M. C. (2002). El ruido. Un contaminante del medio ambiente y sus efectos sobre la salud humana. *Revista Estomatologia*, 10(1).
- Salas López, R., & Barboza Castillo, E. (2016). Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la

- Universidad Nacional Toribio Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. *Rev.Lnde*, 2, 89–96. <https://doi.org/10.25127/indes.201401.0>
- Sanchís, R., Segura, J., Navarro, E. A., & García, A. (2000). Estudio de ruido ambiental y sus efectos en una pequeña ciudad: Banyeres de Mariola. In *Revista Española de Acústica* (Vol. 31, Issues 1–2, pp. 1–6).  
[https://scholar.google.com/scholar?hl=en&q=niveles+ruido&btnG=&lr=lang\\_es&as\\_sdt=1%2C5&as\\_sdtp=#5](https://scholar.google.com/scholar?hl=en&q=niveles+ruido&btnG=&lr=lang_es&as_sdt=1%2C5&as_sdtp=#5)
- Sokal, R., & Rohlf, F. J. (1981). *Biometry*. Francisco, California, 259 p.
- Universidad de Medellín. (2016). *Protocolo para la medición de emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido*.
- Vargas Franco, V. (2007). *Estadística descriptiva para ingeniería ambiental con SPSS*. 312. <https://doi.org/978-958-33-9319-3>
- Velis, A. G., & Tomeo, D. (2015). Análisis de la evolución de parámetros acústicos del ruido urbano en la ciudad de La Plata a lo largo de un día. *Asociación de Acústicos Argetinos*, 1(21), 12.
- Yepes, D. L., Gómez, M., Sánchez, L., & Jaramillo, A. C. (2009). Acoustic map making methodology as a tool for urban noise handling - Medellín case. *DYNA (Colombia)*, 76(158), 29–40.