

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE ECONOMÍA**

**Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del título de Economista**

Artículo académico

***Valoración económica del ruido de tráfico rodado: estudio del caso
Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Quito. Año 2022.***

***Jean Pierre Enríquez Rodríguez
jpenriquez@puce.edu.ec***

***Directora: PhD. María de los Ángeles Barrionuevo Mora
mabarrionuevom@puce.edu.ec***

Quito, junio de 2022

Resumen

El tráfico rodado generado por la circulación de vehículos motorizados es la principal fuente de contaminación acústica de las ciudades modernas. El ruido por tráfico rodado trae consigo diferentes afecciones de salud, tanto fisiológicas como psicológicas para la sociedad. Este estudio se enfoca en los efectos que este produce sobre el bienestar de los estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), en términos de salud. Acorde con la evidencia científica, la exposición prolongada podría disminuir el desempeño cognitivo de los estudiantes. A fin de determinar el nivel de percepción de ruido y la disposición a pagar (DAP) de los estudiantes por una mitigar el ruido ambiental, se llevó a cabo una valoración económica del tipo contingente. Se confirmó que el ruido por tráfico rodado es percibido como un problema para el 90% de los estudiantes. Los resultados de 174 encuestas válidas establecieron que el impacto para los estudiantes es principalmente a nivel psicológico y que están dispuestos a pagar en promedio \$7.37 semestrales para beneficiarse de una reducción de 35 decibeles de ruido por tráfico rodado en las inmediaciones de su universidad. El estudio concluyó que la DAP de los estudiantes está en función del nivel de ingresos, de atributos socioeconómicos y la percepción ambiental sobre el entorno.

Palabras clave: Contaminación acústica, Mitigación del ruido, Trastornos psicológicos, Externalidad ambiental, Valoración Contingente

Abstract

Road traffic generated by the circulation of motorized vehicles is the main source of noise pollution in modern cities. Road traffic noise brings with it different health conditions, both physiological and psychological, for society. This study focuses on the effects that this produces on the well-being of the students of the Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), in terms of health. According to scientific evidence, prolonged exposure could decrease the cognitive performance of students. In order to determine the level of noise perception and the students' willingness to pay (WTP) for mitigating environmental noise, an economic valuation of the contingent type was carried out. It was confirmed that road traffic noise is perceived as a problem for 90% of students. The results of 174 valid surveys established that the impact for students is mainly on a psychological level and that they are willing to pay an average of \$7.37 per semester to benefit from a reduction of 35 decibels of noise from road traffic in the vicinity of their university. The study concluded that the WTP of students is a function of income level, socioeconomic attributes and perception of the environment.

Keywords: Noise pollution, Noise mitigation, Psychological disorders, Environmental externality, Contingent Valuation

Introducción

El incremento de las actividades económicas ha provocado una constante expansión urbana, así como de las actividades industriales, comerciales y del parque automotor (Correa, Osorio, & Patiño, 2015). En la ciudad de Quito, por ejemplo, el parque automotor presenta, en los últimos años, una variación positiva, equivalente a 35 mil vehículos nuevos cada año (Lucero, 2020). Este aumento de vehículos motorizados trae consigo distintas problemáticas como aumento del tráfico, contaminación del aire, accidentes de tránsito y contaminación por ruido de tráfico rodado (Barahona, 2020), siendo esta última uno de los problemas ambientales más relevantes e importantes de las ciudades modernas.

Ma, Wen, Xu, & Zhang (2021) explican que la contaminación por ruido de tráfico rodado es un importante componente ambiental, dado que afecta a los individuos de una sociedad por ser la energía acústica audible que no es deseada por sus consecuencias de salud adversas en las personas (Kryter, 1994). Existe evidencia científica que corrobora los efectos nocivos derivados de la exposición humana a dicho tipo de contaminación. Por ejemplo, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2018), la exposición a ruido por tráfico rodado puede ser extenuante, causando padecimientos psicológicos como alteraciones del sueño, fatiga, estrés, ansiedad, perturbación, entre otros. Basner et al. (2013) y Hegewald, Schubert, Lochmann, & Seidler (2021) manifiestan también que este tipo de contaminación generaría enfermedades cardiovasculares, ictus, hipertensión, depresión, así como problemas cognitivos.

La presencia de afecciones sobre la salud humana evidencia una disminución del bienestar individual y colectivo de las personas. El ruido por tráfico rodado provoca diversas alteraciones en las actividades cotidianas de la gente y molestia o perturbación que, acorde a investigaciones como las de Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017), Huh & Shin (2018) y Ma, Wen, Xu, & Zhang (2021), producen cambios negativos sobre el bienestar, en términos de salud, de las personas. Por ejemplo, de acuerdo con Basner et al. (2013), este tipo de ruido provocaría disminución en la capacidad cognitiva de los estudiantes, impidiéndoles estudiar, reflexionar, memorizar y resolver problemas de su vida académica.

La reducción de la calidad ambiental puede ser mensurada, de manera económica, a través de las preferencias de los agentes económicos (Bravo, 2017). Existen diversos métodos para estimar el valor o costos relacionados a un mal ambiental como la contaminación acústica. La economía ambiental ha determinado dos enfoques primarios de la valoración económica ambiental: i) los métodos directos o de preferencias declaradas y ii) los métodos indirectos o de preferencias reveladas. Los dos métodos más usados para valorar la contaminación acústica de fuentes móviles son el método de precios hedónicos (método indirecto) y el método de la valoración contingente (método directo). Sin embargo, Bjørner, Kronbak, & Lundhede (2003) explican que la valoración contingente, entendida como el método de valoración más utilizado de los métodos directos, es la mejor alternativa para valorar intangibles como el ruido por tráfico rodado dado que este no posee mercado real ni relación directa con otros bienes de consumo real.

En las ciencias económicas, los métodos de valoración no son un fin en sí mismo sino un medio instrumental técnico para mensurar la calidad y cantidad ambiental. Correa, Osorio, & Patiño (2015) mencionan que, con el objetivo de abordar la contaminación por ruido de tráfico rodado, se han llevado a cabo distintos estudios alrededor del mundo. Todos estos estudios se han realizado para planificar y ejecutar, desde el análisis económico, medidas de prevención, control y paliación de los efectos de dicha contaminación. Si bien los métodos son el medio, la planificación y ejecución de correcciones son el fin de la ciencia económica ambiental ya que mediante proyectos de remediación o compensación se busca reparar aquello que la mano invisible de Adam Smith no puede controlar.

En tal sentido, esta investigación tiene como objetivo examinar la incidencia de la contaminación por ruido de tráfico rodado sobre el bienestar de los estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), sede Quito, mediante el cálculo de su disposición a pagar derivada de la reducción de la cantidad de contaminación acústica en los predios de la universidad. Se ha considerado a este grupo como población objetivo pues los estudiantes de dicha universidad, realizan sus actividades académicas en predios, los cuales colindan con avenidas con gran afluencia vehicular. Acorde a la evidencia científica, este tipo de contaminación acústica produce efectos nocivos en la salud y en el desempeño académico de los estudiantes. El método de valoración económico ambiental empleado es de valoración contingente. El estudio se estructura de la siguiente forma: una primera parte, donde se estudia la evidencia económica y científica, en tanto a los efectos del ruido por tráfico rodado sobre los agentes económicos; una segunda parte, en la cual se revisan estudios empíricos realizados alrededor del mundo; una tercera parte, donde se examina al ruido por tráfico rodado y la toma de decisiones, así como la normativa vigente; una cuarta parte, la cual describe los principales hallazgos y su contraste con la evidencia analizada y, finalmente, una quinta parte, donde se evidencian las conclusiones fundamentales de toda la investigación.

Revisión de literatura

¿Por qué el ruido es un problema que nos afecta a todos?

En el último siglo, se ha denotado un creciente interés por el ambiente, tanto por sus recursos como por sus servicios. Los efectos nocivos derivados de la degradación ambiental reflejan la fragilidad de la vida humana y el propio planeta Tierra. En los últimos 50 años, “los seres humanos hemos cambiado los ecosistemas más rápida y extensamente que en cualquier otro período comparable de la historia de la humanidad” (CEPAL, 2018). El mundo enfrenta una grave crisis ambiental con problemas que van desde el cambio climático y el efecto invernadero, pasando por la sobreexplotación de recursos y pérdida de biodiversidad, hasta llegar a diversos tipos de contaminación como la hídrica, atmosférica y acústica (Azqueta, 2007). Un enorme dilema económico desafía a las sociedades de hoy: cuidar y preservar el ambiente mientras crecen económicamente (Sánchez & Reyes, 2015) o, simplemente, continuar creciendo sin mirar las futuras consecuencias.

El modelo de producción y consumo vigente privilegia el crecimiento económico por sobre el bienestar humano y la calidad ambiental (Huerta, 2013; Moral, 2012). No hay forma de concebir la permanencia humana alienada del ambiente (Haro & Taddei, 2014). Por tal razón, en 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo decanta el auge de nuevos principios éticos, para la defensa y conservación del ambiente, los cuales llamaron “Desarrollo Sostenible”. El Desarrollo Sostenible se conceptualiza como la satisfacción de necesidades humanas, restringida por la preocupación intergeneracional de toda la sociedad, de la mano del equilibrio entre crecimiento económico, bienestar social y protección y cuidado del ambiente (ONU, s.f.; Sachs, 2014). Esta visión toma forma con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), anunciados y sociabilizados por la ONU (2015), que, básicamente, buscan mejorar la calidad de vida y promover el bienestar de todos los habitantes del planeta mediante la abolición del hambre, la pobreza, la desigualdad y, de igual manera, la defensa del ambiente. En otras palabras, el desarrollo sostenible es “un principio ético filosófico que pretende perpetuar la vida humana” (Haro & Taddei, 2014, p. 761) a través del entendimiento del ambiente y su susceptibilidad ante este.

A mediados de 1970, la economía neoclásica, entendida como la corriente tradicional de la economía, reconoce la problemática ambiental dentro del quehacer económico (Fullerton, 2020). Esta corriente estudia la relación del accionar humano y la utilización de recursos escasos para producir mercancías que satisfacen determinadas necesidades individuales (Marshall, 1931; Samuelson, 2003). Producto de la corriente tradicional y tomando como sujeto de estudio al ambiente nace la economía ambiental, cuyo objetivo es emplear diversas herramientas del

análisis económico para mensurar problemas ambientales (Azqueta, 2007). Por ejemplo, analiza cómo y por qué algunos problemas ambientales inciden de forma negativa en el desarrollo de las actividades económicas de los agentes económicos. En otras palabras, la economía ambiental reconoce a la producción de bienes y servicios como una finalidad de la vida humana, donde el ambiente toma el rol de soporte y proveedor del sistema productivo (Mizar & Munzón, 2017; Arango, Galindo, Revelo, & Riveros, 2015). A modo de síntesis, la economía ambiental es el resultado de la experiencia económica neoclásica dirigida a problemas ambientales con el fin de disminuirlos o mitigarlos (Lara & Roos, 2016; Reynaldo, 2012).

La contaminación es un problema ambiental catalogado como una “externalidad negativa”. Las externalidades negativas son efectos del mercado —inherentes a las actividades de producción y consumo— las cuales ocurren cuando un agente genera una acción que afecta a otro que no lo ha consentido y que no recibe una compensación por ello (Stiglitz & Rosengard, 2015; Eidelwein et al., 2018). Estas han sido foco de estudio económico-ambiental de grandes figuras como Alfred Marshall, Arthur Pigou y Ronald Coase. Marshall (1890) ideó el concepto de economías externa, definido como el efecto de las actividades económicas de un agente económico sobre otro, que no se transmiten vía precios del mercado. Más tarde, pigou (1920) Constituyó el término de bienestar económico como una variable subjetiva, capaz de ser medida en términos monetarios. Asimismo, explicó que, para internalizar o corregir externalidades negativas, es necesario incurrir en el uso de instrumentos económicos como la recaudación de impuestos (CEPAL, 2017). Finalmente, Coase (1960) expuso que las interacciones privadas de las personas podrían resolver los problemas de contaminación ambiental, siempre y cuando, los derechos de propiedad estuvieran bien definidos y los costos de transacción fuesen bajos. Dicho de otra forma, tanto la negociación entre las partes involucradas como el libre funcionamiento del mercado, convergen hacia asignaciones económicas Pareto eficientes (Labandeira, León, & Vázquez, 2007).

La ineficiencia en las asignaciones de males ambientales, entendidos como todo aquello que causa malestar y reducciones en el bienestar humano, proviene de la ausencia de mercados (Fullerton, 2020; Varian, 2016). Dicha ausencia es fruto de la falta de derechos de propiedad definidos, dado que, algunas externalidades negativas, no cumplen las características que definen a una mercancía. Sin embargo, la economía ambiental viabiliza la internalización de sus costos dentro del sistema económico a través de precios de mercado. De acuerdo con Eidelwein et al. (2018), existen medidas de origen público o privado, que garantizan que los costos impagos, devenidos de la pérdida de bienestar, se tengan en cuenta dentro de los precios de bienes o servicios. Es decir, la economía ambiental promete cambiar las externalidades “en una escala que sea comparable con los elementos del sistema económico” (Haro & Taddei, 2014, p. 748).

La economía ambiental usa a la valoración económica como instrumento de medición. La valoración, de acuerdo con Costanza et al. (1997) sirve para mensurar el impacto que, cambios en la calidad ambiental, tienen sobre el bienestar humano. Asimismo, la valoración económica ambiental puede ser definida como el compendio de “herramientas teóricas y metodológicas que se utilizan para identificar y cuantificar el valor (...) de los bienes y de los servicios ambientales, así como de los costos ambientales asociados a la degradación de los ecosistemas” (Ministerio del Ambiente del Ecuador-GIZ, 2017, p. 19). La cuantificación de los costos asociados a la degradación ambiental es monetaria, pues, como antes se mencionó, la economía ambiental busca conciliar el sistema económico con los males ambientales. A continuación, se abordarán los dos enfoques de la valoración económica para estimar el impacto ambiental sobre la vida humana.

Siguiendo a Azqueta (1994), la literatura económica entabla 2 enfoques para realizar una valoración económica de los servicios ambientales: los métodos directos y los métodos indirectos. Por un lado, los métodos directos (preferencias declaradas) simulan mercados hipotéticos para descubrir el valor que los agentes económicos dan a los servicios ambientales (Azqueta, 2007). Ejemplo de ello es la valoración contingente, cuyo objetivo es determinar la disposición a pagar (DAP) —definida como la cantidad máxima que los agentes pagarían por incrementar la disponibilidad o calidad de un bien ambiental para evitar una reducción de bienestar— (Bravo, 2017). El atractivo

de los métodos directos yace en la cuantificación de intangibles, pues estos no poseen una relación directa con bienes de consumo reales. Además de la valoración contingente, se encuentran métodos como los modelos de elección, la valoración conjunta y el método de transferencia de beneficios.

Por otro lado, los métodos indirectos (preferencias reveladas) son aquellos que, a priori, infieren el valor que las personas le dan al bien ambiental a través del análisis de precios de mercados relacionados. No obstante, Bontems & Rotillon (2002) enuncian que, dentro de estos métodos, se halla una categoría llamada funciones dosis-respuesta, la cual obedece a evidencia científica, mas no al comportamiento humano. El modelo basado en funciones dosis-respuesta comprende dos etapas: una primera, que vincula, cuantitativamente, una modificación del ambiente (por ejemplo, contaminación acústica) y sus consecuencias (por ejemplo, enfermedades de salud) y una segunda, donde se estima, monetariamente, los costos en los que han incurrido las personas afectadas por el deterioro de la calidad ambiental (por ejemplo, gastos de tratamiento en salud) (Bontems & Rotillon, 2002). En general, dentro de los métodos indirectos están el método del coste de viaje, el método de precios hedónicos, los modelos de utilidad aleatoria y, de igual forma, el método por costos evitados, propio de las funciones dosis-respuesta. Las ventajas de los métodos indirectos residen en su orientación “basada en comportamientos reales de los individuos” (García & Colina, 2004, p. 812).

Estos métodos de la valoración económica ambiental advierten las consecuencias que cambios ambientales negativos tienen sobre el bienestar de las personas. Acorde con Chassagnon (2021), el bienestar, en términos económicos, puede ser comprendido desde una óptica individual y otra social. El bienestar individual, siguiendo a Pindyck & Rubinfeld (2009), se refiere a la satisfacción que causa consumir bienes y servicios que satisfacen determinadas necesidades. El bienestar social, por su parte, es entendido como un agregado del bienestar individual de toda una sociedad en conjunto (Mas-Colell, 1995). Así, la valoración económica ambiental converge hacia un mismo hito: medir monetariamente, la pérdida de bienestar que una persona o colectivo experimenta a causa de una disminución en la calidad ambiental (Raffo, 2015).

Si bien, la visión económica del bienestar es importante, también lo es la reflexión en términos de salud. El objetivo de desarrollo sostenible número 3 considera que la salud y el bienestar van de la mano. Al respecto, la ONU (2015) menciona que para alcanzar un desarrollo sostenible es fundamental garantizar una vida saludable y promover el bienestar de los individuos. La salud es importante para el desarrollo sostenible; las personas que se encuentran más sanas pueden realizar plenamente sus actividades económicas (Organización Panamericana de la Salud, 2013). En torno a la misma línea, en 1948, la OMS acuña una nueva definición: la salud es “un estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de enfermedades” (Jakab, 2011, p. 3). En consecuencia, la salud es una aproximación positiva del bienestar humano (Organización Panamericana de la Salud, s.f.), así lo demuestran en sus hallazgos Gerstenbluth, Rossi, & Triunfo (2008), donde señalan que la salud y bienestar están directamente correlacionados.

Problemas de salud

Algunas afecciones de salud son producto del consumo de males ambientales como, por ejemplo, el ruido. Desde un punto de vista simplista, el ruido solo es una molestia. De acuerdo con Basner et al. (2017), el ruido se define como un sonido no deseado. De igual modo, la normativa europea, Ley 37/2003, en su segunda parte, concibe al ruido como el sonido exterior no deseado producido por actividades humanas como medios de transporte, tráfico rodado, ferroviario, aéreo y, también, por actividades industriales. De acuerdo con Bravo (2017), la relación entre ruido y actividad económica comienza, a partir del siglo XVIII, de la mano de la revolución industrial, cuando el progreso era sinónimo del ruido proveniente de las máquinas de aquel entonces. Hoy en día, la emisión de ruido —distante de significar progreso, desarrollo o avance tecnológico— es considerada una afectación negativa al

bienestar humano, en términos de salud. Las conceptualizaciones que se acaban de exponer, tanto la de Basner (2017) como la de la normativa europea a 2003, carecen de precisión; ninguna explica por sí misma los efectos nocivos del ruido sobre la salud humana. Al respecto, Kryter (1994) sostiene una definición mucho más rica, que pone sobre la mesa dichos efectos: el ruido es energía acústica audible que no es deseada, pues tiene efectos fisiológicos o psicológicos adversos en las personas.

El ruido proviene de fuentes fijas y fuentes móviles (Guijarro, Terán, & Valdez, 2016). Las primeras son entendidas, por ejemplo, como la maquinaria, los equipos industriales y las terminales de buses, trenes o aeropuertos. Mientras que, las segundas, son asimiladas con todo aquello que está en movimiento, por ejemplo, aviones, barcos, trenes o vehículos motorizados; los vehículos a motor, son la fuente más común de todas. De acuerdo con el Ministerio del Medio Ambiente de Chile (s.f.), este es el causante de más del 70% del ruido ambiental en las ciudades. Asimismo, la Agencia Europea de Medio Ambiente (2020) menciona que la causa más profunda de contaminación acústica dentro de toda la Unión Europea es el tráfico rodado, conceptualizado como la circulación de vehículos motorizados, que utilizan ruedas para desplazarse (Real Academia de Ingeniería, 2022). En síntesis, el ruido proviene de diversas fuentes producto de la actividad económica. Sin embargo, la fuente más asidua es la proveniente del desplazamiento de fuentes móviles, específicamente, medios de transporte como automóviles, motocicletas, buses, camiones, entre otros.

El ruido por tráfico vehicular goza de dos apreciaciones: una objetiva, que constituye al ruido como una magnitud física —energía sonora— y otra subjetiva, que depende de la percepción de las personas —sensación de desagrado o molestia— (Ramírez & Domínguez, 2011). La apreciación objetiva resulta mucho más simple que la subjetiva, pues muestra al ruido como una cuestión física e imparcial; capaz de ser medido a través de sonómetros, que captan la longitud de onda. La apreciación subjetiva, por su lado, establece un marco sometido al juicio humano, donde la subjetividad supone un obstáculo para la mensura del ruido como molestia (Elizondo, 2020). De acuerdo con Ramírez & Domínguez (2011) se han realizado estudios, cuyos resultados demuestran una percepción multisensorial (psicológica y fisiológica) de los individuos con respecto al entorno. Esto no significa que el ruido sea, totalmente, inmensurable. Las mediciones del nivel de ruido arrojan un medio técnico (objetivo) de contraste del ruido bajo distintas condiciones (Elizondo, 2020).

Acorde con Esteban (2003), la medición objetiva del ruido considera tres magnitudes: la primera es el nivel de ruido, medido en decibelios (dB), que se asocia directamente con la energía empleada para generar el ruido; la segunda, la frecuencia, comprendida como la periodicidad de exposición al ruido; y, por último, la duración del ruido, que implica la temporalidad de la onda sonora en el aire. Adicionalmente, Ramírez & Domínguez (2011) dan por entendido que la medición subjetiva se lleva a cabo mediante cuestionarios o encuestas, donde se pide a las personas determinar su grado de molestia ante la exposición al ruido. La Academia Americana de Audiología (2009) y el Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (2019), ambas instituciones de Los Estados Unidos de América, consideran que la percepción objetiva y la percepción subjetiva pueden ser agrupadas y ejemplificadas para facilitar el entendimiento de los daños por exposición (Véase tabla 1).

Tabla 1
Umbrales de ruido desagregado por percepción objetiva y subjetiva

Percepción objetiva	Nivel de ruido	Percepción subjetiva	Daño por exposición
0 dB	Umbral de audición		
10 dB	Respiración normal	Silencio	
20 dB	Susurro de hojas	Tenue	
30 dB	Susurrar		Estos niveles de ruido, normalmente, no tienen ningún impacto auditivo.
40 dB	Biblioteca tranquila	Suave	
50 dB	Música de radio (tono alto)		
60 dB	Conversación normal	Moderado	

70 dB 80 dB	Aspiradora Tráfico Rodado	Ruidoso	Durante períodos prolongados pueden causar una pérdida auditiva.
90 dB 100 dB 110 dB	Secadora de cabello / manos Uso de audífonos a máximo volumen Concierto (cualquier género musical)	Muy ruidoso	Peligroso después de 30 minutos.
120 dB	Aviones Jet durante el despegue	Intolerable	Peligroso después de 30 segundos.
130 dB 140 dB	Ambulancias Disparo de pistola	Doloroso y peligroso	Peligroso en extremo. Se recomienda utilizar protección.

Fuente: The American Academy of Audiology (2009) y Centers of Disease Control and Prevention (2019). Elaboración propia.

De los inconvenientes provocados por el ruido de tráfico rodado, surgen problemas de salud de tipo auditivo y no auditivo. Los problemas auditivos se subdividen en dos: Trauma Acústico e Hipoacusia Neurosensorial. El Trauma Acústico se deriva de una exposición imprevista a ruido de alta intensidad, por ejemplo, un disparo de arma (140 dB). Las personas expuestas a este tipo de trauma pueden perder su capacidad auditiva de forma dolorosa e inmediata (López et al., 2000). Usualmente, la Hipoacusia Neurosensorial implica una reducción de la capacidad auditiva en conjunto con Tinnitus —zumbido parcial o constante—. Los individuos presentan este problema de salud por exposición continua a ruido de mediana intensidad (80 dB), además, en casos avanzados, denotan dificultad para entender y mantener conversaciones (López et al., 2000; Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos, 2022). A pesar de la carencia de estudios científicos, que relacionen la exposición por ruido de tráfico rodado y pérdida auditiva (OMS, 2018), Wang et al. (2021) demuestran que la exposición a niveles superiores a 70 dB de éste aumenta el riesgo de discapacidad auditiva y Tinnitus.

Por otro lado, entre los problemas no auditivos, producidos por ruido de tráfico rodado, están padecimientos psicológicos y fisiológicos. De acuerdo con Basner, et al. (2013), las principales líneas de investigación de los problemas no auditivos son el ruido como perturbación (molestia), el deterioro cognitivo, los trastornos del sueño y padecimientos cardiovasculares como la hipertensión o accidentes isquémicos del corazón. Además, Hegewald, Schubert, Lochmann, & Seidler (2021) instauran que se deberían considerar problemas, tales como accidentes cerebrovasculares y trastornos depresivos.

Dentro de los problemas fisiológicos se encuentran enfermedades de tipo cardiovascular. Según la Junta de Andalucía (s.f), la exposición a niveles agudos de ruido puede provocar respuestas desde el sistema nervioso y endócrino. En otras palabras, el ruido activa la emisión de hormonas de estrés para mantener el cuerpo alerta ante la suposición del ruido como amenaza. Como resultado aumentan factores de riesgo como presión alta, lípidos en la sangre y viscosidad de la sangre, provocando un incremento probabilístico de ocurrencia de hipertensión y accidentes cerebrovasculares (Basner, et al., 2013). La evidencia epidemiológica enuncia que la exposición al ruido por tráfico rodado incrementa el riesgo relativo (RR) de padecer enfermedades cardiovasculares en 1.024 puntos porcentuales por cada 10 dB(A)¹ de exposición (Hegewald, Schubert, Lochmann, & Seidler, 2021). De igual forma, los accidentes cerebrovasculares aumentan en 1.14 de RR de por cada 10 dB(A) de ruido.

En contraste, dentro de los problemas psicológicos se encuentra el ruido como molestia, los trastornos del sueño, los desórdenes depresivos y el deterioro cognitivo. En primer lugar, el ruido como perturbación suele ser asociado a un grado de perturbación. Generalmente, cuanto mayor es el nivel de ruido, mayor será el grado de molestia o perturbación de una persona, dependiendo sus atributos y sensibilidad (Singh, Kumari, & Sharma, 2018). De acuerdo con la OMS (2018), las personas expuestas a ruido por tráfico rodado tienen 3.03 más posibilidades de encontrarse perturbados, por cada 10 decibeles, en comparación con aquellos que no. En segundo lugar, el ruido

¹ dB(A) son la unidad de presión acústica, teniendo en cuenta que el oído humano solo capta frecuencias entre 20 y 20000 hercios.

por tráfico rodado puede generar trastornos de sueño, es decir, generar deficiencias en la calidad y cantidad de sueño nocturno para reparar y recobrar energía (Carrillo, Barajas, Sánchez, & Rangel, 2018). La evidencia demuestra que las personas expuestas a este tipo de ruido presentan 2.13 veces más probabilidades de sufrir trastornos del sueño por cada 10 decibeles. En tercer lugar, el ruido producido por fuentes vehiculares puede producir depresión; enfermedad con síntomas como tristeza profunda, pérdida del disfrute de la vida y, dependiendo del caso, dolor o cansancio (OMS, 2021). Hegewald, Schubert, Lochmann, & Seidler (2021) determinan que el riesgo de contraer depresión aumenta en 4% por cada 10 dB(A) de exposición al ruido de tráfico rodado.

Finalmente, el ruido por tráfico rodado tiene impactos cognitivos desfavorables para las personas. De acuerdo con la OMS (2018), resulta pobre la evidencia que consigne al ruido por tráfico rodado como un causante del deterioro cognitivo. No obstante, existen estudios como el de Basner, et al., (2013), quienes estudiaron 20 casos, cuyos resultados han demostrado que la exposición a ruido proveniente de fuentes móviles genera efectos negativos en el rendimiento escolar de niños. De la misma forma, pero en estudiantes universitarios, Jafari, Khosrowabadi, Khodakarim, & Mohammadian (2019) llegaron a la conclusión, tras estudiar a 54 jóvenes, que el ruido, principalmente, proveniente del tráfico, produce disminuciones de atención visual, auditiva y cognitiva ante exposiciones de 75 a 95 dB(A) confirmando así una relación positiva entre la exposición a ruido de fuentes móviles y la disminución en la capacidad cerebral cognitiva de niños y jóvenes estudiantes.

Tabla 1

Evidencia dosis-respuesta del impacto del ruido por tráfico rodado en la salud humana

Categoría	Enfermedad	Métrica de ruido	Riesgo de ocurrencia por 10 dB(A)	Calidad de la evidencia (OMS)
Auditivo	Hipoacusia Neurosensorial (Pérdida auditiva y Tinnitus)	-	OR: 5.78 (95% CI 2.170 –15.381)	-
	Angustia / Perturbación	L_{den}	OR: 3.03 (95% CI 2.59–3.55)	Moderada
No auditivo	Accidente cardiovascular	L_{den}	RR: 1.02 (95% CI 1.016–1.033)	Alta
	Hipertensión	L_{den}	RR: 0.97 (95% CI 0.90–1.05)	Baja
	Accidente isquémico del corazón	L_{den}	RR: 1.08 (95% CI 1.01–1.15)	-
	Accidente cerebrovascular	L_{den}	RR: 1.14 (95% CI 1.03–1.25)	Moderada
	Desórdenes depresivos	L_{24}	RR: 1.04 (95% CI 1.031–1.050)	-
	Deterioro cognitivo	L_{den}	-	Muy baja
	Trastornos del sueño	L_{noche}	OR: 2.13 (95% CI 1.82 –2.48)	Moderada

Nota. L_{den} es un indicador estándar del nivel de ruido durante el día, la tarde y la noche; L_{noche} es el nivel ponderado en periodos nocturnos y L_{24} es similar del indicador L_{den} . **Nota 2.** RR (Riesgo Relativo) y OR (Odds Ratio). Fuente: Basner, et al. (2014), OMS (2018), Hegewald, Schubert, Lochmann, & Seidler (2021) y Wang et al. (2021). Elaboración propia.

Evidencia empírica de valoración económica ambiental

La evidencia científica corrobora la relación causal entre aumentos de ruido y disminuciones del bienestar y esto puede ser extrapolado para el ruido por tráfico rodado en los que se aplica valoración económica del tipo costos evitados (dosis-respuesta), que, como Azqueta (1994) explica, resulta imperante dentro de la literatura especializada y el quehacer ambiental en relación con tópicos acústicos; este método basa su estimación monetaria en un bagaje científico causa-efecto; arrojando un resultado robusto y objetivo. Por otro lado, la evidencia también fortalece el porqué de la valoración económica dando como producto el uso de otros métodos como el de precios hedónicos o la valoración contingente. Actualmente, estos dos últimos son los métodos más comunes para estimar el impacto del ruido por tráfico rodado (Ma, Wen, Xu, & Zhang, 2021). No obstante, Bjørner, Kronbak, &

Lundhede (2003) explican que el método de precios hedónicos es débil y susceptible a sesgos, puesto que el precio inferido puede incluir otras externalidades como la contaminación del aire, la contaminación por residuos o hasta cuestiones referentes a la inseguridad. Así pues, el método más efectivo para valorar el ruido por tráfico rodado, dada su característica de intangibilidad, es la valoración contingente, cuyo objetivo es estimar la disposición a pagar (DAP) de los agentes económicos ante una disminución del ruido y los costos de tratamiento de enfermedades, respectivamente (Ma, Wen, Xu, & Zhang, 2021).

De acuerdo con Correa, Osorio, & Patiño (2011), existen valoraciones económicas del tipo valoración contingente del ruido por tráfico rodado en países de todo el mundo. Destacan entre las principales investigaciones: las realizadas por Pommerehne (1988), Soguel (1994) en Suiza; Vainio (1995) en Finlandia; Navrud (2000) en Noruega; Lambert y Cham-plovier (2001) en Francia y Salazar (2004) en España. Las primeras tres investigaciones recabaron información con el fin de evaluar y justificar los resultados de la valoración económica ambiental mediante precios hedónicos. Los resultados fueron significativos; Pommerehne (1988) extrapolaron estimaciones significativas para determinar cuánto estaban dispuestos a pagar los habitantes de Basel para disminuir 50% del ruido de fuentes móviles, a través precios hedónicos encontró una DAP de 166.13 euros al mes (179.97 dólares), mientras que con valoración contingente esta fue de 110.25 euros (119.43 dólares); Soguel (1994) encontró que, por cada decibel, las personas estaban dispuestas a pagar entre 60 a 71 euros al año (65 a 75.83 dólares) y Vainio (1995) halló que, a 55 dB de exposición, las personas estaban dispuestas a pagar 72 euros (78 dólares) anuales. Navrud (2000), por su parte, halló que los habitantes de Oslo no valoran disminuciones parciales del ruido por tráfico rodado, sino que valoran la disminución total de este; sus resultados arrojaron una DAP anual de 165 a 275 euros (178.74 a 297.9 dólares) por decibel. Lambert y Cham-plovier (2001) supusieron un escenario hipotético, donde se eliminaba al ruido por tráfico rodado como molestia de hogares cercanos a una autopista Rhone-Alpes. La DAP resultante fue de 7.3 euros (7.91 dólares) por decibel al año. Finalmente, Salazar (2004) detectó que los moradores de viviendas colindantes a una autopista transitada en Valencia estaban dispuestos a pagar entre 92.4 y 127.5 euros (100.10 y 138.12 dólares) al año por las disminuciones de ruido por tráfico vehicular.

Entre las aplicaciones de valoración económica más actuales se hallan las de Istamto, Houthuijs, & Lebret (2014), Huh & Shin (2018), Kim, Shin, Oh, & Jung (2019) y Ma, Wen, Xu, & Zhang (2021). El estudio de Istamto, Houthuijs, & Lebret (2014) se llevó a cabo con data de 5 países europeos: Reino Unido, Finlandia, Alemania, Países Bajos y España. Los encuestados fueron preguntados sobre su DAP por evitar enfermedades como hipertensión, riesgos cardiovasculares, trastornos del sueño, entre otros. El vehículo de pago es interesante, ya que se aplicó un estipendio voluntario de bolsillo, el cual se pagaría de por vida, teniendo en cuenta que su implicación (aumento sustancial) en la expectativa de vida. Los resultados de esta valoración contingente fueron los siguientes: i) las personas estaban dispuestas a pagar 90 euros (97.50 dólares) por año para riesgos generales de salud y ii) las personas estaban dispuestas a pagar 320 euros (346.45 dólares) anuales para evitar un aumento de 50 a 65 dB de ruido por tráfico rodado. Huh & Shin (2018), por su lado, estimaron los costos-beneficios de la aplicación de políticas para mermar el ruido producido por medios de transporte (incluye tráfico rodado, ferrocarriles y aviones); determinaron que la DAP mensual promedio de los hogares de Corea del Sur es 3,507.1 wones (2.82 dólares).

El estudio de Kim, Shin, Oh, & Jung (2019), a diferencia de Huh & Shin (2018), discrimina solo el ruido por tráfico rodado. Dicho estudio desagregó a los habitantes de Corea del Sur en función de su nivel de molestia; encontrando que aquellas personas molestas y extremadamente molestas tenían una DAP de 7.55 y 8.83 dólares anuales, respectivamente, para disminuir el nivel de ruido por tráfico rodado a cero. La encuesta aplicó que un medio de pago tradicional en la valoración contingente: los impuestos; específicamente, un impuesto a la renta. Por último, Ma, Wen, Xu, & Zhang (2021), encuestaron a 1,800 personas de China, descubriendo, que el ruido genera gran molestia en su población a partir de los 70 dB. El medio de pago que utilizaron fueron fondos de donaciones voluntarias, cuyo objetivo era desvanecer los sesgos que implica el estado como recaudador. En cuanto a sus resultados, los hogares estaban dispuestos a pagar 162.64 yuanes (25 dólares) mensuales para reducir el ruido por tráfico rodado.

Es necesario establecer que, la valoración económica del ruido por tráfico rodado en la región latinoamericana es escasa pese a que, la contaminación por ruido de tráfico rodado cobra cada vez más fuerza dentro de las agendas ambientales locales (Correa, Osorio, & Patiño, 2011). Uno de los estudios económicos ambientales hallados es el de Correa, Osorio, & Patiño (2015) en Colombia y Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017) en Ecuador. Por una parte, Correa, Osorio, & Patiño (2015), tras encuestar 1,075 hogares, hallaron que 57% de la muestra estaba dispuesta a pagar, en promedio, desde 3990 pesos colombianos (2.13 dólares) hasta 10,395 pesos colombianos (5.56 dólares) por disminuir el ruido provocado por vehículos motorizados. El escenario hipotético de esta valoración aplicó como vehículo de pago la factura de impuesto predial, donde el dinero recolectado sería utilizado para corregir desperfectos de asfalto y, por tanto, para disminuir el ruido por tráfico rodado. Por otra parte, Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017) determinaron el valor que los habitantes de Quito, capital del Ecuador, le dan al ruido por tráfico rodado. Para ello, encuestaron a 600 personas de las distintas parroquias urbanas de Quito. Los resultados arrojaron que los agentes económicos de la ciudad están, en promedio, dispuestos a pagar 12.19 dólares al año por disminuciones del ruido por tráfico vehicular. El medio de pago utilizado fue una determinada cantidad monetaria mensual receptado dentro de la factura de algún servicio básico como luz o agua. Concorde a Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017), el último censo evidenció 469,388 hogares en el área urbana de Quito, que, multiplicados por la DAP, dan 5.7 millones de dólares potenciales para financiar programas o planes de acción que mitiguen el ruido por tráfico rodado.

Todas estas valoraciones económicas tienen como fin instrumentar el control de los niveles de contaminación (Bontems & Rotillon, 2002). Como se evidenció antes, Eidelwein et al. (2018) establecen la existencia de correcciones mediante mecanismos estatales (reglamentación e instrumentos económicos) y mecanismos privados (soluciones privadas). Recordando el teorema de Coase (1960), la perspectiva estatal resulta más realista debido a la dificultad que supondría solucionar este tipo de problemas basándose únicamente en derechos de propiedad. La perspectiva estatal está en función de medidas basadas en normativa e instrumentos económicos (Azqueta, 2007). Las medidas normativas son de orden regulatorio y de control, suponen la intervención de un tercero, casi siempre el Estado, el cual garantiza el bienestar colectivo y modifica el comportamiento de los agentes económicos mediante la restricción del uso ambiental. Ejemplos de estas son las políticas públicas, los estándares de procesos productivos, las normas sobre utilización del ambiente y las normas de planificación y ordenamiento territorial. A diferencia de las medidas normativas, los instrumentos económicos no afectan directamente el comportamiento de los agentes económicos, pues les permiten elegir si contaminar o no (Azqueta, 2007). Dentro de estos se hallan los impuestos y tasas, los subsidios y los gravámenes de no cumplimiento, asimismo, instrumentos basados en la creación de mercados.

El Ruido por Tráfico Rodado en la toma de decisiones

Tanto los estándares normativos como los instrumentos económicos permiten que la valoración económica sea de mucha utilidad en la toma de decisiones. El Ministerio del Ambiente del Ecuador en alianza con GIZ (2017) establece 5 enfoques utilitarios de valoración económica para la toma de decisiones: i) La asignación de recursos financieros y determinación de los montos óptimos de financiamientos para la preservación y gestión ambiental; ii) La planificación y diseño de políticas pública, pues permite la instauración de comparaciones objetivas propias de la planificación y la regulación de aspectos ambientales, económicos y sociales; iii) La evaluación de proyectos a través de un análisis costo-beneficio, pues da lugar a decisiones de inversión eficientes, donde se sopesan los costos sociales; iv) diseño de mecanismos tributarios y de retribución por servicios ambientales y v) el uso sostenible de los recursos y estimación del valor intergeneracional de los bienes ambientales para protegerlos.

Aun cuando la literatura provee instrumentos desde varios enfoques para controlar y mitigar la contaminación por ruido de tráfico rodado, algunas agendas nacionales siguen utilizando herramientas imprecisas. Por ejemplo, Ecuador no acuña al ruido como problema de salud pública, por lo tanto, no existen políticas públicas que contemplen planes, proyectos o programas que articulen su reducción. Dentro del territorio ecuatoriano, solo existe normativa ambiental como la Constitución del Ecuador (2008), que reconoce al ambiente como sujeto de derechos y, de igual manera, el disfrute de la vida humana en un ambiente pleno; el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, cuyo fin es establecer normas para la gestión integral del territorio y el ambiente y, finalmente, el Código Orgánico del Ambiental (COA), el cual corrobora la existencia de contaminación por ruido, su control y regulación, mas no su incidencia sanitaria como problema.

Hasta antes de abril de 2017, en Ecuador, los principios normativos generales estaban concebidos dentro del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). Este documento puntualizaba definiciones sobre el ruido, metodologías de medición, gestión de mapas de ruido y niveles máximos de emisión de ruido, tanto de fuentes fijas como móviles, así como el uso de suelo. Asimismo, el TULSMA establecía los fines y deberes de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD). De acuerdo con el artículo 94 del TULSMA, los GAD eran los encargados de promover e incentivar el desarrollo sostenible a través de acuerdos, ordenanzas y resoluciones. No obstante, en mayo de 2017, COA entró en vigor, aboliendo al TULSMA. Este cuerpo legal, pese a ser esperado 9 años, presenta deficiencias técnicas y normativas (Ribadeneira, 2019). Una vez más, el glosario de términos concibe al ruido como contaminante que afecta la vida humana. El artículo 194 del COA estipula que la Autoridad Ambiental Nacional y la Autoridad Sanitaria Nacional expedirán parámetros técnicos para el control del ruido, en correspondencia a los límites por fuente y uso de suelo. Sin embargo, a diferencia del TULSMA, el COA no presenta dichos parámetros en ningún apartado. Lo que sí presenta, brevemente, son los artículos 26 y 27, donde faculta a los GAD el control y cumplimiento de criterios ambientales. A causa de lo antes mencionado, se difunden diversas ordenanzas locales (municipales) para precautelar la calidad ambiental. Dentro de las ordenanzas emitidas en respuesta a la contaminación por ruido de tráfico rodado están la “Ordenanza 213” del Municipio de Quito, la “Ordenanza de Control de la Contaminación Ambiental originada por la emisión de ruido” del Municipio de Cuenca, la “Ordenanza No. 035” del Municipio de Esmeraldas o la “Ordenanza No. 19” del Municipio del Catón Pastaza, cuyos objetivos coinciden en el control y reducción del ruido según el tipo de fuente y uso de suelo.

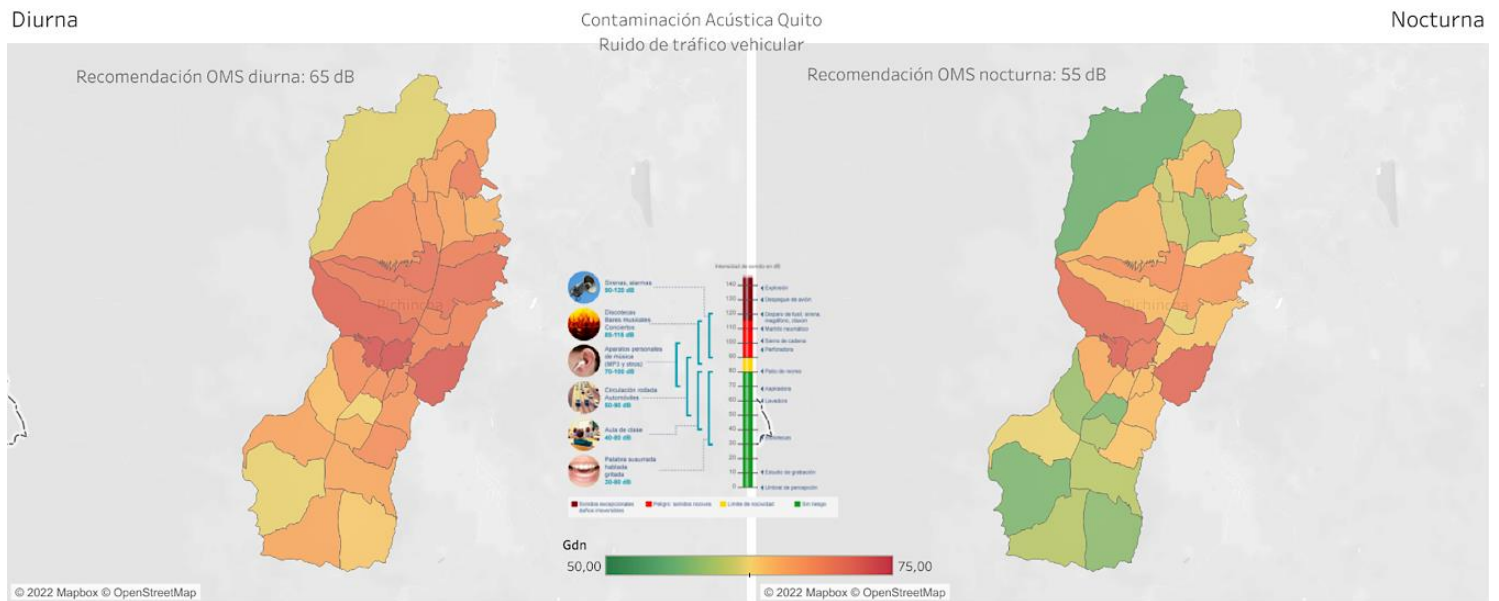
La normativa presente en Quito es más antigua que los mismos TULSMA o COA. En 2003, de la mano de Paco Moncayo, ex alcalde de la ciudad, el municipio de Quito instauró sanciones monetarias para internalizar el ruido por tráfico rodado. Así lo establece la Ordenanza 213 [con fuerza de ley] del Distrito Metropolitano de Quito, donde se tipifica restricciones al ruido proveniente de fuentes fijas y móviles, los umbrales máximos de contaminación acústica, así como distintas amonestaciones monetarias. Por ejemplo, la ordenanza prohíbe el uso de dispositivos sonoros como campanas, bocinas, timbres, sirenas; la implementación de escapes abiertos y, de igual manera, realización de competencias automovilísticas. El estamento técnico, sobre el que yace la ordenanza, se denomina NT003, el cual entabla criterios de medición y disposiciones generales sobre la conceptualización de ruido. A breves rasgos, la Norma Técnica para control de la contaminación por ruido (NT003) tiene por objetivo “preservar la salud y bienestar de las personas y del medio ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos de emisión de ruido” (Municipio de Quito, s.f.). Por estas razones convenidas en la Ordenanza 123, se infiere que esta tiene por fin prevenir, controlar y mitigar la contaminación por ruido, especialmente, la originada en el tráfico rodado.

Las definiciones de la NT003 y el TULSMA fueron provistas por la norma internacional UNE-ISO 1996-2:2009, que consigna “la elaboración de los mapas estratégicos de ruido, principal herramienta para la evaluación de la exposición de la población a la contaminación acústica” (Montes, et al., 2016). El levantamiento y medición de ruido por tráfico rodado, de acuerdo con el punto 7 del TULSMA, es obligatorio en ciudades con más de 250.000 habitantes. Es responsabilidad de los GAD llevar a cabo la elaboración de mapas de ruido, que indiquen el

seguimiento de la planificación territorial, la gestión y el control de la contaminación acústica. Al respecto, el COA (norma vigente) no presenta ningún anexo, el cual tipifique los lineamientos o parámetros técnicos para mensurar el ruido por tráfico rodado. La Secretaría del Ambiente de Quito, en su rol de autoridad ambiental, presenta deficiencias. Puesto que, si bien es la institución encargada de emitir mapas de ruido por tráfico rodado, no lo hace de forma periódica. En consecuencia, otro tipo de instituciones como, por ejemplo, la Universidad de Las Américas (UDLA) han realizado mapas de ruido por tráfico rodado de toda la ciudad.

Como se refirió, no existe un mapa de ruido por tráfico rodado actualizado para la ciudad de Quito. La crisis devenida de la pandemia COVID-19, la paralización de las actividades y el desdén normativo podrían ser algunas de las causas por las que los mapas no han sido actualizados a 2022. No obstante, para evaluar el entorno acústico de la ciudad capital, resulta de gran utilidad el mapa de ruido por tráfico vehicular de Bravo (2020). De acuerdo con su autor, las mediciones sonoras de los mapas obedecieron las directrices de la norma internacional ISO 1996-2 para medir ruido producido por fuentes vehiculares. Estas establecen que el medidor de sonido debe estar a 4 metros del suelo y a una distancia de 1.50 metros de la pared más cercana. En tanto a la dinámica de los mapas, estos se subdividen en dos etapas horarias: una diurna y otra nocturna. Tanto el mapa diurno como nocturno solo toman en consideración a las parroquias urbanas de la ciudad. Cada una de estas concentra cierto nivel de ruido al que sus habitantes están expuestos. Bravo (2020) conglobera dichos niveles parroquialmente mediante la estimación de un promedio de decibeles (Véase figura 1).

Figura 1
Mapa de ruido por tráfico rodado del Distrito Metropolitano de Quito



Fuente: Contaminación Acústica Quito, de L. Bravo, 2020, Tableau (<https://public.tableau.com/app/profile/luis.bravo.moncayo/viz/RuidoQuito/Dashboard1>). Elaborado por Luis Bravo.

Caso de estudio

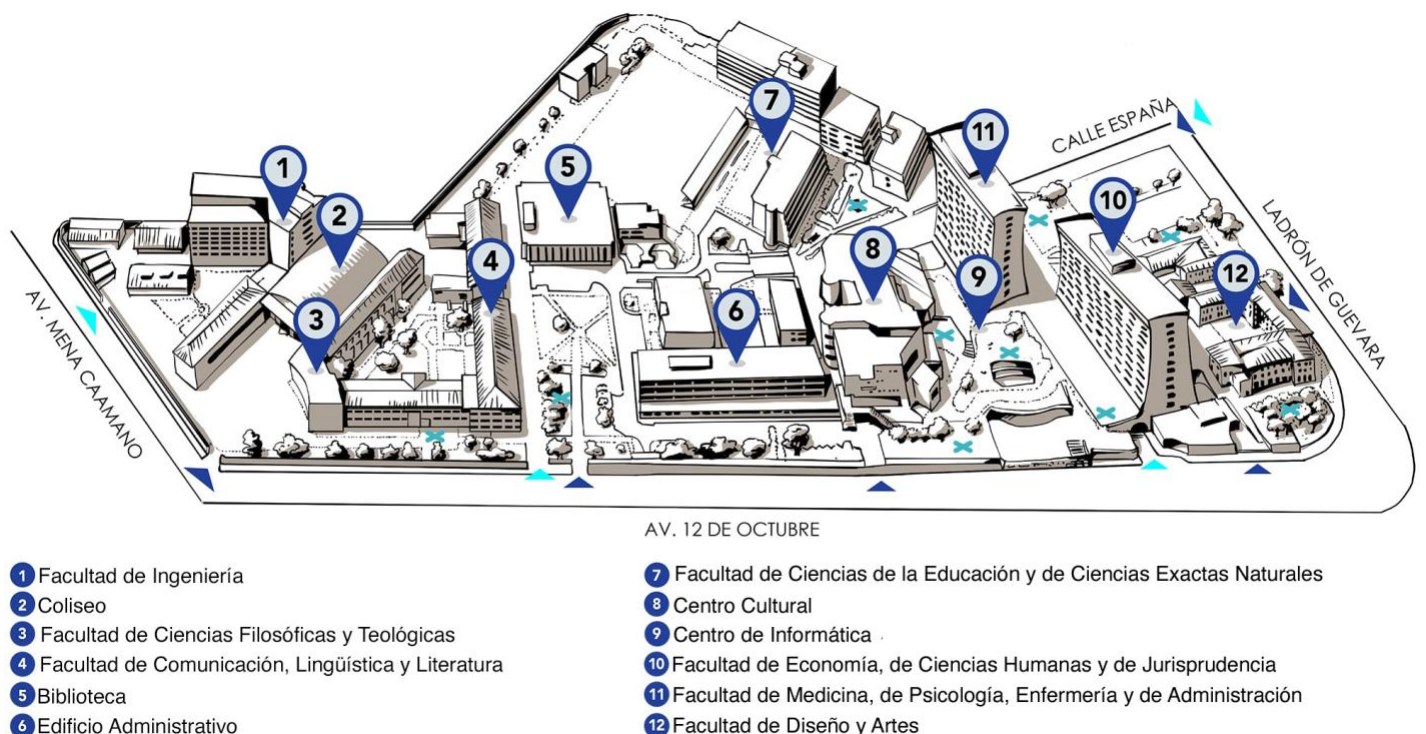
Esta investigación pretende estimar económicamente la incidencia de la contaminación por ruido de tráfico rodado sobre el bienestar de los estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), en términos de salud. El método de valoración económica se estableció bajo el marco de la valoración contingente, estimando, así, la DAP de los estudiantes derivado de mejoras en la calidad ambiental en los predios de la universidad, específicamente, una reducción del nivel de ruido por tráfico rodado.

La PUCE es una de las universidades privadas más importantes y mejor valoradas del Ecuador, de acuerdo con rankings regionales e internacionales. La PUCE está colindada con dos avenidas bastante concurridas: en su frente (noroeste) se encuentra la Avenida 12 de Octubre y en su colateral (sureste) se halla la Avenida Ladrón de Guevara, que conecta con la Avenida Patria. De acuerdo con el mapa de ruido de la Administración Zonal (AZ) la Mariscal de la Secretaría del Ambiente, la Avenida 12 de Octubre presenta de 75 dB(A) a 80 dB(A) mientras que la Avenida Ladrón de Guevara presenta de 70 dB(A) a 75 dB(A) de ruido por tráfico rodado (Véase anexo 5). Dicho de otra forma, la PUCE está expuesta de 70 dB(A) a 80 dB(A), 75 decibeles en promedio, de ruido de fuentes vehiculares durante todo el día. Se debe considerar que las directrices para el ruido comunitario de la OMS sugieren que el nivel de ruido durante sesiones de enseñanza debería ser menor o igual a 35 dB(A) debido a que niveles superiores provocan inteligibilidad del habla, problemas al comunicarse y distracciones o irrupciones cognitivas (Berglund, Lindvall, & Schwela, 1999).

La PUCE acoge una población de 13,468 jóvenes universitarios de distintos niveles económicos, sociales, étnicas y demográficas. Acorde con el sistema de información y estadísticas IGNATUS (2021), de estos 13,486 estudiantes, el 56% son mujeres y el 44% son hombres, de los cuales 11,428 cursan carreras de grado y 2,040, su posgrado. La universidad es cofinanciada (financiada parcialmente por el Estado); brinda beneficios económicos (becas), que van desde el 10% hasta el 100% en algunos casos. A esta asisten estudiantes, esencialmente, de las clases económicas catalogadas como media baja y media alta. La PUCE mantiene 2,753 estudiantes sin ningún tipo de beca, 10,506 estudiantes con beca parcial y 209 estudiantes con beca total.

Finalmente, la infraestructura de la PUCE resulta variada. La universidad acuña edificios pequeños de 4 pisos, edificios medianos de entre 5 y 7 pisos y altos, como las torres 1 y 2, de 13 pisos, así como edificaciones horizontales con jardines de por medio, entre otras. Dentro de ella coexisten 13 facultades y espacios abiertos. Obsérvese en la figura 2, donde los distintos espacios se organizan de la siguiente manera:

Figura 2
Mapa de zonificación por facultades – PUCE



Fuente: PUCE hacia Hábitat III. Elaborado por Equipo Coordinador PUCE HIII.

Como se dilucida, la PUCE enfrenta distintas exposiciones al ruido por tráfico rodado. Algunas facultades como la de medicina, economía, jurisprudencia, enfermería y de ciencias administrativas y contables, pertenecientes a las torres 1 y 2, dada su altura y cercanía a las Avenidas Ladrón de Guevara y 12 de Octubre, presentan mayor exposición al ruido por tráfico rodado. Por otro lado, facultades como Ciencias de la Educación, Ciencias Naturales Exactas, Ingeniería o Ciencias Filosóficas y Teológicas estarían más protegidas, dado que se encuentran mucho más lejos de las avenidas y mantienen árboles e infraestructura como barrera de sonido. Por tal razón, es posible que algunos estudiantes maticen como poco molesto al ruido por tráfico rodado. Sin embargo, un par de estas facultades: Ciencias de la educación y Ciencias exactas, para ser específico, podrían presentar problemas de ruido derivado de otras fuentes. Por ejemplo, el ruido producido por la celebración de partidos de fútbol oficiales y no oficiales, los cuales reúnen a varios estudiantes, que gritan y tocan instrumentos musicales como bombos, fruto de su efervescencia colectiva. Esto podría suponer un sesgo a la hora de mensurar el ruido, pues los estudiantes encuestados podrían considerar este tipo de ruido dentro del ruido por tráfico rodado.

Metodología

El impacto del ruido por tráfico rodado, en los jóvenes universitarios, depende de dos factores: el nivel de exposición dentro de las inmediaciones de la PUCE y el nivel de exposición en las inmediaciones del hogar y/o trabajo. Para la definición del universo se tomaron los datos del sistema de información y estadísticas (INGATUS) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. De acuerdo con este, el último corte poblacional del campus matriz (Quito), diciembre de 2021, fue 13,468. La muestra se diseñó bajo las especificaciones del diseño muestral simple, cuyo cálculo consideró un nivel de confianza del 99%; un error de 9.7% y una probabilidad de ocurrencia de 0.50. Así, bajo dichos parámetros, la muestra significativa se estableció en 174 estudiantes, sirviendo para generalizar características de toda la población estudiantil de toda la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Quito.

Se elaboró un cuestionario dividido en 9 secciones (Véase anexo 6). Las secciones consideradas en la boleta de levantamiento de información fueron: i) Preguntas generales de información y autoidentificación (sexo, rango etario, etnia, ocupación, parroquia de domicilio y laboral, nivel de estudios y facultad). ii) Percepción ambiental: en la que se presenta información sobre problemas ambientales generales como la contaminación por ruido y sobre las consecuencias físicas y/o psicológicas de este tipo de problemas ambientales. iv) Percepción del ruido, calificación como molestia y jerarquización de sus fuentes. V) Ruido por tráfico rodado: Dentro de esta se consignó al ruido por tráfico vehicular como molestia, como fuente principal y como precursor de las enfermedades avaladas por la evidencia científica médica. Las preguntas de esta sección van desde la determinación individual del ruido por tráfico rodado como perturbación, pasando por el tiempo y frecuencia de exposición a este, hasta llegar a los efectos (enfermedades) derivados de la exposición a ruido por tráfico rodado. Vi) Ruido y Salud: los encuestados expusieron su estado de salud actual y los costos en los que han incurrido, en caso de haber presentado alguna enfermedad devenida de su exposición. Vii) Normativa vigente para ruido por tráfico vehicular: explora el conocimiento de los estudiantes, sobre la normativa legal vigente dentro de la ciudad y, de igual forma, posibles planes de mitigación de contaminación acústica desde la PUCE. Viii) Valoración Contingente: permite determinar la disposición a pagar (DAP) de los estudiantes ante un escenario hipotético, donde se plantea una disminución sustancial del ruido por tráfico rodado. Ix) Información socioeconómica: En esta sección se recolecta información socioeconómica para determinar el nivel de renta (quintil económico) al que pertenecen los estudiantes.

El cuestionario consideró las recomendaciones del panel NOAA (Arrow, et al., 1993) y de Osorio & Correa (2009) con el fin de evitar posibles sesgos durante la aplicación del instrumento. Las recomendaciones a considerar son las siguientes: i) La valoración contingente deberá establecer un futuro cambio en la calidad ambiental, antes que un cambio que ya ocurrió. Asimismo, el escenario hipotético debe estar correctamente formulado, de manera que

el encuestado entienda los efectos del programa. ii) Para la determinación individual de la DAP, los encuestados deberán responder preguntas tipo referendo. Es decir, preguntas que sólo tengan como respuesta sí o no. iii) La encuesta deberá recordar al individuo la existencia de bienes sustitutos para las mercancías. Este punto resulta alienado de la valoración de males intangibles como la contaminación por ruido de tráfico rodado porque, como se explicó en la revisión literaria, estos carecen de características mercantiles. iv) Incorporar preguntas de validación dentro del formulario para validar la comprensión del escenario y, por consiguiente, la disposición a pagar dentro de este. v) La encuesta debe aplicarse, de preferencia, a través de entrevistas personales. De no ser posible, deberá realizarse vía telefónica o virtual.

En cuanto a la primera recomendación, el escenario hipotético se desarrolló alrededor de un mejoramiento futuro de la calidad ambiental. Los estudiantes fueron puestos en un escenario, donde el Municipio de Quito y la PUCE se ponen de acuerdo para aplicar un programa de reducción del ruido por tráfico rodado, durante 5 años que es el tiempo promedio que dura una carrera de pregrado. La finalidad del programa es reducir los niveles de ruido, desde 75 decibeles, equivalentes a una sirena de patrulla policiaca, hasta 40 decibeles, que es el que se nivel de una biblioteca tranquila con el fin de mitigar la molestia del ruido y evitar futuros problemas de salud en los estudiantes de la PUCE. Las medidas que tomará el Municipio estarán enfocadas en campañas de educación y sensibilización; disminución de circulación de vehículos motorizados; implementación y mejora del asfalto; monitoreo continuo; aplicación de sanciones más rígidas y aumento de las multas monetarias para los infractores. Por su lado, la PUCE centrará sus esfuerzos en la colocación de ventanas de vidrio más grueso o doble vidrio; ubicación de árboles en las calles colindantes para establecer una barrera natural; campañas de educación internas e implementación de actividades extracurriculares para paliar los efectos causados por el ruido de tráfico rodado.

El vehículo o medio de pago, dentro del escenario hipotético, fue establecido siguiendo los consejos de Azqueta (1994) y Ma, Wen, Xu, & Zhang (2021). Estos consejos plantean que algunos vehículos de pagos como impuestos o recaudaciones desde el Estado generan sesgos producto de la desconfianza en el agente recaudador. Recomiendan utilizar como vehículo de pago las donaciones (pagos voluntarios); no obstante, producto de la complicación que supone, el vehículo de pago utilizado fue un estipendio monetario reflejado dentro del comprobante de pago arancelario y de matrícula obligatorio que los estudiantes deben realizan cada semestre.

Referente a la segunda recomendación, para determinar la DAP de los estudiantes se usó la técnica referéndum-subasta. El punto de partida fue \$3.50, equivalentes a un almuerzo en las afueras de la universidad. A continuación, se estableció, con base a los \$3.50, una lista de valores monetarios predeterminados, los cuales aumentaban en \$0.50, hasta llegar a \$7 como tope máximo al semestre. Sin embargo, dado que habría estudiantes que estarían dispuestos a pagar cantidades menores a \$3.50 y superiores a \$7, se dispuso de preguntas abiertas para determinar dichas cantidades. La lista de valores predeterminados fue ascendiendo a forma de subasta con dos opciones sí (para aceptar) y no (para rechazar). Por ejemplo, si un estudiante respondía que su DAP era de \$3.50; en seguida se desplegaba otra opción donde la cantidad aumentaba a \$4; si el estudiante manifestaba su aceptación, la cantidad aumentaba a \$4.50 hasta \$7 o más si así lo establecían.

Para la cuarta recomendación, la encuesta presentó, preguntas de control. En la sección 1 y 2, los estudiantes respondieron interrogantes para puntualizar su caracterización geográfica y demográfica, tomando como fundamento el mapa de ruido de (Bravo, 2020). Dentro de las secciones 3, 4, 5, los estudiantes encuestados mostraron su posición frente al ruido y al ruido por tráfico rodado, mostrando su nivel de molestia. Continuando con las secciones 6, los estudiantes respondieron sobre su estado de salud; la frecuencia de exposición al ruido; el diagnóstico de enfermedades como hipertensión, ictus, depresión o pérdida de cognición; los costos incurridos en medicinas y/o tratamientos médicos y psicológicos. por la contaminación por ruido de tráfico rodado (Bontems & Rotillon, 2002). En la sección 7 es posible discernir el conocimiento de la normativa. La sección 8 es de control, una vez terminada la subasta, el encuestado debe elegir su disposición máxima a pagar por mitigar el ruido por tráfico rodado, recordando sus efectos nocivos en la salud. Por último, dentro de la sección 9, los jóvenes

universitarios respondieron interrogantes sobre su caracterización socioeconómica con base a las directrices del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador (INEC) (s.f.).

Finalmente, en tanto a la quinta recomendación, una vez terminado el ensamblaje de la encuesta, esta fue piloteada en 10 estudiantes. El pilotaje determinó que todas las respuestas fueron protesta, entendidas como aquellas respuestas que expresan rechazo al plan hipotético de remediación ambiental. Asimismo, en ninguna observación se observó algún tipo de costo incurrido en salud. Es decir, nadie estaba dispuesto a pagar por una mejora en la calidad ambiental y, tampoco manifestaron haber sufrido algún padecimiento relacionado. Ello permitió robustecer las preguntas referentes a la DAP, así como el escenario hipotético. Concretamente, el cambio más grande se llevó a cabo en la narración del escenario. Al respecto, Correa, Osorio, & Patiño (2011) sugieren detallar cuántos decibeles de ruido se van a disminuir. De tal forma que, el estudiante fuera capaz de captar, de mejor forma, lo que conlleva una mejora de la calidad ambiental (disminución del ruido por tráfico rodado).

La encuesta se realizó de forma virtual durante el mes de abril de 2022. La plataforma Microsoft Forms fue la mejor opción, pues su versatilidad concede una personalización completa del cuestionario. Asimismo, garantiza que el encuestado siga el orden previsto y evita que los encuestados puedan moverse entre secciones antes de hora (Azqueta, 1994).

Por fines de rigurosidad, se establece que la investigación se aplicó en un escenario atípico. Los estudiantes de todas las universidades del Ecuador, incluida la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, retomaron la presencialidad este año debido a la pandemia COVID-19. La readaptación podría moldear la percepción del ruido por tráfico rodado; tomando en cuenta que varias actividades pasaron a la virtualidad durante aproximadamente 2 años. Es probable que algunos problemas de salud causados por la exposición a este tipo de ruido aparezcan en años próximos, puesto que, los estudiantes, al haber estado enclaustrados dentro de sus viviendas, tendrían una exposición menor es por ello por lo que no se aplicó el método de costos evitados.

La modelización econométrica se llevó a cabo bajo la conceptualización de Hanemann (1984). De acuerdo con este, las personas derivan utilidad (bienestar) de la calidad ambiental y de su nivel de ingresos. Aguilar (2015) explica que, inicialmente, la función de utilidad depende del ingreso y de otras variables exógenas, las cuales mensuran el nivel de bienestar, como, por ejemplo, el nivel de escolaridad, la edad y otras características propias de los individuos. La función de utilidad es conocida por las personas, mas no por el investigador. Se debe, por lo tanto, dar tratamiento no determinista (estocástico). La función de utilidad se define de la siguiente forma:

$$U_0 = u(h_0, Y; S) \quad (1)$$

$$U_1 = u(h_1, Y - P; S) \quad (2)$$

Ambas funciones están explicadas por las condiciones ambientales (h), el ingreso de los individuos (Y) y los atributos socioeconómicos (S). La función de utilidad inicial (U_0) se explica por la calidad ambiental inicial, por las características socioeconómicas y el ingreso, mientras que la función de utilidad final (U_1) se explica por las condiciones ambientales mejoradas devenida del proyecto de remediación y por el precio ofertado que pagarían las personas por mejoras en dichas condiciones. Como se explicó, no todos los componentes resultan observables para el investigador. En consecuencia, “se asume que la utilidad es la variable aleatoria con media observable y una distribución paramétrica” (Cuesta, Rodríguez, Hurtado, & Cuesta, 2019). Dando como resultado, la ecuación 3, donde v representa el valor de las medias y ε representa el componente no observable de la utilidad individual.

$$U(h, Y; S) = v(h, Y; S) + \varepsilon \quad (3)$$

Considerando estas ecuaciones de utilidad, se establece que los estudiantes de la PUCE tendrán una disposición a pagar positiva siempre y cuando la utilidad que les genere la mejora de la calidad ambiental sea superior a la

utilidad que mantienen, actualmente, sin ninguna corrección de las condiciones ambientales. La ecuación 4, por tanto, se expresa de la forma siguiente:

$$v_0(h_0, Y; S) + \varepsilon_0 \leq v_1(h_1, Y - P; S) + \varepsilon_1 \quad (4)$$

Charry & Delgado (2015) explican que los estudiantes conocen cuando se cumple esta condición derivada del conocimiento que tiene sobre su propia función de utilidad. No obstante, el investigador no puede observar su cumplimiento. Siguiendo a Hanemann (1984), se debe asumir que la condición tiene probabilidad de cumplirse para cada uno de los estudiantes. La ecuación 5 corresponde a la probabilidad de que la respuesta de los estudiantes sea positiva:

$$Pr(sí) = Pr[v_0(h_0, Y; S) + \varepsilon_0 \leq v_1(h_1, Y - P; S) + \varepsilon_1] \quad (5)$$

Cuesta, Rodríguez, Hurtado, & Cuesta (2019) determinan que, para Hanemann (1984), la función de probabilidad de que un estudiante responda afirmativamente, con relación a su DAP, toma forma logística. De acuerdo con los experimentos de elección discreta (variables binarias) de Carson, Hanemann, & Steinberg (1990), el método logístico permite mensurar el cambio, en términos de bienestar, de un individuo ante mejoras en la calidad ambiental (Véase en la ecuación 6).

$$Pr(Sí) = \frac{1}{1 + \exp^{-(v_0 - v_1)}} \quad (6)$$

En otras palabras, el modelo econométrico logístico (Logit) permite determinar la maximización de la utilidad de los estudiantes derivada de una disminución de la contaminación provocada por el tráfico rodado. Así, la probabilidad de que un estudiante responda afirmativamente estará determinada por distintas variables, sean estas socioeconómicas, de percepción de la calidad ambiental y del nivel de ingresos. La disposición media representa la "(...) la cantidad máxima de dinero que el individuo representativo está dispuesto a pagar por el bien ambiental ofrecido" (Osorio & Correa, 2009, p. 19). Es decir, es la cantidad máxima que los estudiantes de la PUCE estarían dispuestos a pagar por reducir la cantidad de ruido devenido del tráfico vehicular. Al respecto Bravo (2017), especifica que la DAP media funciona como medida del bienestar causado por la disminución derivada del ruido por tráfico rodado. Dando como resultado la ecuación 7:

$$Pr(Sí) = \frac{1}{1 + e^{-Z\beta}} \quad (7)$$

Donde, Z acoge a todas las variables independientes o explicativas del modelo logístico. Continuando con el desarrollo de la medida de bienestar, de acuerdo con Hanemann (1984), tomando el valor promedio de las variables independientes, el valor de la disposición a pagar debe aseverar que la probabilidad de que un estudiante responda positivamente mayor o igual al 50%. Resumiendo, la ecuación 8 quedaría de la siguiente manera:

$$0.5 = \frac{1}{1 + e^{-Z\beta}} \quad (8)$$

Resolviendo la ecuación, y despejando la variable de valor (precio hipotético) daría como resultado la ecuación 9, donde β_n representan los coeficientes y \bar{X}_n es el promedio de las variables categóricas dentro del total de cada uno de los grupos.

$$DAP_{Media} = - \frac{(\beta_0 + \beta_2 \bar{X}_2 + \dots + \beta_n \bar{X}_n)}{\beta_1} \quad (9)$$

Resultados y Discusión

Los resultados de este artículo se consignaron en base a lo expuesto por la teoría económica ambiental. Se presentó un estudio de valoración contingente micro fundamentado sobre el modelo de Hanemann (1984), cuyo objetivo es extrapolar la disposición a pagar de un agente económico como una aproximación del bienestar que le genera una mejora en la calidad ambiental. En adición, se tomó de Azqueta (1994) y Bontems & Rotillon (2002) los fundamentos conceptuales del método de costos evitados para enriquecer los resultados estadísticos descriptivos de este artículo. Así, de los 174 estudiantes encuestados, 54.02% son mujeres y 45.98% hombres. El rango etario más frecuente (97.70% del total de la muestra) es de 18 a 25 años, autodefinidos étnicamente como mestizos (93.10%), blancos (2.87%), seguido de mulatos e indígenas en 2.87% y 1.15%, respectivamente. El 70.69% de los estudiantes indica que solo se dedica a estudiar, mientras que el 29.31% restante estudia y trabaja simultáneamente. De estos últimos, solo el 56.86% está afiliado al Instituto Ecuatoriano de Seguro Social (IESS). A continuación, la tabla 3 recoge los principales resultados de la encuesta.

Tabla 3

Resumen de resultados

Variable	Categorías	Porcentaje	Recuento
Sexo	Hombre	45.98%	80
	Mujer	54.02%	94
Edad	18 a 25	97.70%	170
	26 a 35	1.72%	3
	36 a 45	0.57%	1
Etnia	Blanco	2.87%	5
	Indígena	1.15%	2
	Mestizo	93.10%	162
	Mulato	2.87%	5
Ocupación	Estudia y trabaja	29.31%	51
	Solo estudia	70.69%	123
Facultad	Diseño y Artes	2.30%	4
	Comunicación, Lingüística y Literatura	10.92%	19
	Ciencias Administrativas y Contables	18.39%	32
	Ciencias de la Educación	0.57%	1
	Ciencias Exactas Naturales	10.34%	18
	Ciencias Humanas	8.62%	15
	Economía	35.63%	62
	Medicina	4.60%	8
	Enfermería	1.72%	3
	Ingeniería	1.72%	3
	Jurisprudencia	2.30%	4
	Psicología	2.87%	5
Nivel de ingresos	\$1 - 425	7.47%	13
	\$426 - 1000	26.44%	46
	\$1001 - 2000	33.33%	58
	\$2001 - 4000	18.39%	32
	> a \$4000	14.37%	25

DAP	Respuesta Protesta	52.87%	92
	Cero legítimo	4.02%	7
	< de \$3.50	9.20%	16
	De \$3.50 a \$4.50	11.49%	20
	De \$4.51 a \$5.50	8.05%	14
	De \$5.51 a \$7	6.32%	11
	> de \$7	8.05%	14

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de la muestra por facultades determinó que el 35.63% de los estudiantes estudia en la Facultad de Economía; 18.39%, en la Facultad de Ciencias Administrativas y Contables; 10.92%, en la Facultad de Ciencias Exactas Naturales; 8.62%, en la Facultad de Ciencias Humanas; 4.60%, en la Facultad de Medicina; 2.87%, en la Facultad de Psicología. El 11.49% restantes de la muestra se distribuye entre la Facultad de Psicología, Arquitectura, Diseño y Artes, Jurisprudencia, Enfermería, Ingeniería y Ciencias de la Educación. Del total de la muestra, el 97.13% afirma cursar estudios de tercer nivel (pregrado) y tan solo un 2.87% manifiesta cursar estudios de cuarto nivel (posgrado). El 100% de los estudiantes de pregrado asiste a clases de forma presencial. Por su lado, 80% de los educandos de posgrado manifestaron asistir presencialmente, mientras que el 20% restante asiste de forma híbrida. Los estudiantes encuestados se subdividieron en 5 grupos, donde el 23.56% dice estar entre primero y segundo semestre; 16.09%, entre tercero y cuarto semestre; 23.56%, entre quinto y sexto semestre y, finalmente, 33.91% refirió estar en los últimos niveles (séptimo a décimo semestre) de sus respectivas carreras.

El 72.36% del total de la muestra establece residir en el área urbana del Distrito Metropolitano de Quito, mientras que el 27.64% lo hace dentro del área rural. Las parroquias urbanas más frecuentes son La Kennedy, Mariscal Sucre, La Magdalena, La Concepción, Quitumbe, Iñaquito, Cotacollao, Carcelén, Belisario Quevedo, San Isidro, Rumipamba, Comité el Pueblo y Chimbacalle, agrupando el 52.87% de estudiantes, mientras que las parroquias rurales más significativas son Conocoto, Tumbaco, Calderón, Conocoto, Cumbayá, Sangolquí y Pomasqui, con un 25.86% del total de la muestra (Véase anexo 1). El 21.27% restante de estudiantes asegura vivir en alguna de las otras 20 parroquias remanentes. Al respecto, del total de estudiantes que trabajan y estudian, 85.27% realizan sus actividades laborales dentro del área urbana y 13.73% las lleva a cabo en el área rural.

Respecto a la percepción ambiental, más del 80% de los estudiantes califica como importante o muy importante a los distintos tipos de contaminación predefinidos dentro de la encuesta. Sin embargo, el tipo más frecuente fue la contaminación por ruido, la cual fue catalogada como importante o muy importante un 86.21% de las veces. Adicionalmente, en tanto a los efectos de la salud, los estudiantes asocian el ruido con efectos negativos sobre la salud física y psicológica en un 54.02% de las veces. De la misma forma, casi la mitad de muestra estima, en promedio, que otro tipo de fuentes provoca los mismos efectos: la contaminación por residuos (48.85%); la contaminación del aire (48.28%); la contaminación de agua (45.98%) y la contaminación visual (43.10%). Es decir, pese a que, haya otros tipos de contaminación, la contaminación por ruido juega un papel crucial dentro de la percepción ambiental de los estudiantes.

La fuente principal, que los estudiantes asocian al ruido, es el tráfico vehicular (62.07% de las veces). Asimismo, las actividades comerciales e industriales y trabajos de reparaciones de infraestructura, el 9.20% y 20.69% de las veces, respectivamente. Por último, 8.05% de las veces catalogaron como fuente principal a los eventos y conciertos a alto volumen, así como a los bares, restaurantes y discotecas. Cuando esto mismo se les preguntó con relación a las inmediateces de la PUCE, el porcentaje aumenta. Pues, el 76.44% de las veces, los estudiantes consideran como fuente principal al ruido por tráfico rodado. En otras palabras, la mayoría de las estudiantes percibe que el ruido proviene, esencialmente, de fuentes móviles como automóviles, motocicletas y otros medios de transporte. A continuación, se presentan los resultados específicos de la exposición a ruido por tráfico rodado en las inmediateces de la PUCE, domicilio y trabajo.

En cuanto a las inmediaciones de la PUCE, estas están expuestas entre 75 y 80 decibeles de ruido por tráfico rodado en todo el día. Los estudiantes aseguran que los horarios con mayor afluencia de ruido por tráfico vehicular son la mañana (7 a.m. a 12 p.m.) y medio día (12 p.m. a 2,30 p.m.), seguido de la tarde (2:30 p.m. a 7 p.m.) y noche (7 p.m. a 10 p.m.). Dentro de estos horarios, los estudiantes afirman que el ruido por tráfico rodado les molesta mucho y extremadamente mucho mientras hablan con alguien (68.97%); al recibir clases (76.44%); al estudiar (memorizar o concentrarse) (90.23%) y al descansar (51.72%). Resulta evidente la relación positiva entre el tiempo de exposición en las inmediaciones de la PUCE y el grado de molestia de los estudiantes. De la misma forma, resulta visible, tras analizar el nivel de exposición, la frecuencia y la percepción de los estudiantes, que, el ruido por tráfico rodado perturba negativamente las actividades cotidianas de un estudiante de la PUCE (Véase anexo 2).

Las inmediaciones domiciliarias evidencian una distribución parroquial variada. Los estudiantes viven en distintas zonas, tanto urbanas como rurales, las cuales están expuestas de 61.9 a 72.7 decibeles durante todo el día (Véase anexo 1). De acuerdo con los resultados, los horarios con mayor ruido por tráfico rodado son la mañana y la tarde, seguidos del medio día y la noche. En cuanto al grado de molestia, las respuestas son similares a la percepción en las inmediaciones de la universidad. La información de los estudiantes expuestos a más de 2 horas sugiere una tendencia positiva con respecto al grado de molestia. Por su lado, en tanto a las inmediaciones de aquellos que tienen empleo, estas se distribuyeron sin mayores cambios al igual que las parroquias domiciliarias (Véase anexo 1). Se observa el mismo patrón: a mayor exposición de ruido por tráfico rodado, mayor es el nivel de molestia (Véase anexo 3 y 4). De la misma forma, se evidencia que los estudiantes están expuestos a distintos niveles de ruido cuando se habla de los predios domiciliarios y de trabajo.

Al analizar los resultados de la DAP (tabla 1), de los 174 estudiantes, 99 contestaron a modo de protesta y cero legítimo², mientras que 75 estudiantes sí están a favor de pagar para mitigar el ruido por tráfico rodado. Las respuestas protesta indican que los estudiantes no están dispuestos a pagar una cantidad de dinero para reducir el ruido porque i) opinan que la PUCE debería costear todo el programa de disminución del ruido por tráfico rodado (36.97%); ii) creen que el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito debería costear todo con respecto a dicho programa (27.27%); iii) opinan existen otros problemas ambientales mucho más importantes o no creen en los programas para mejorar la calidad ambiental (27.88%), iv) tienen sus propias razones como, por ejemplo, bajos ingresos (3.64%) y, por último, v) no asocian al ruido como molestia (4.24%). Este último resultado facilitó el control de los ceros legítimos, cuya aparición fue de solo 4.02% dentro de la DAP. En otras palabras, el 4.02% de los estudiantes están tienen una DAP igual a 0\$; 52.87% estudiantes no estarían dispuestos a pagar nada y el 43.11% restante sí lo estaría, siempre y cuando se disminuyan el ruido por tráfico rodado en las inmediaciones de la PUCE.

El 71.26% de la muestra califica al ruido como muy molesto o extremadamente molesto. Así también, 21.84% de los estudiantes calificaron al ruido como moderadamente molesto. Solamente, un 6.90% lo consideró ligeramente molesto o nada molesto. Asociando el nivel de molestia y la DAP promedio de aquellos que respondieron afirmativamente, se obtiene como resultado la figura 3, cuya tendencia determina una relación directa entre el nivel de molestia y la DAP de los estudiantes. Dicho sea en otras palabras, cuanto más crece el nivel de molestia, mucho mayor será la disponibilidad de pago de los estudiantes.

Figura 3

Respuestas DAP por nivel de molestia

² El cero legítimo corresponde a la disponibilidad a pagar de 0\$. Este se deriva de dos razones i) la no disponibilidad de recursos económicos del individuo o ii) la no asociación de un problema ambiental, por tanto, la disponibilidad es cero.

Respuestas DAP por nivel de molestia



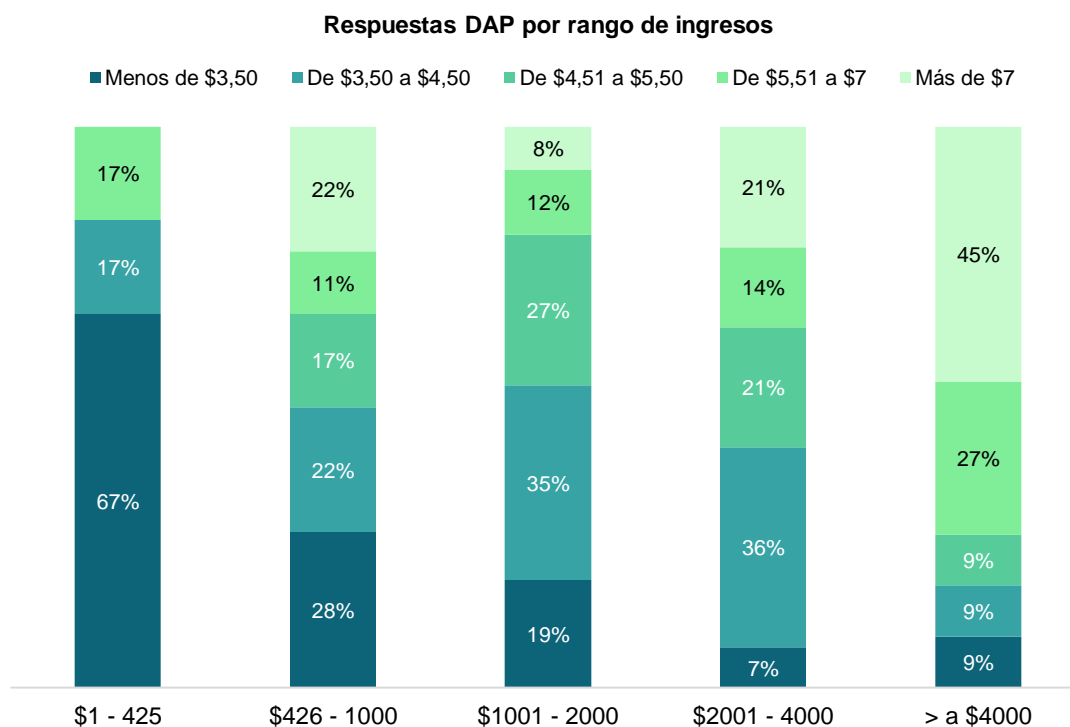
Fuente: Elaboración propia.

Desde la perspectiva de ingresos, la muestra se distribuye de manera normal. El estudio contempló en un principio 5 rangos de ingresos: i) 1 a \$425, es decir hasta un salario básico unificado; ii) de \$426 a \$1000; iii) de \$1001 a \$2000; iv) de \$2001 a \$4000 y, por último, v) ingresos mayores a \$4000. El resumen porcentual (frecuencia) se puede evidenciar en la tabla 3. El rango con ingresos de hasta un salario básico (\$1 a \$425) denota una DAP mucho menor a medida que aumenta el precio hipotético para mitigar el ruido por tráfico rodado. Los rangos intermedios tienen un comportamiento interesante, dado que no parecen tener un patrón de comportamiento determinado. El último rango (> a \$4000), por su lado, evidencia una DAP mucho mayor que el resto (Véase figura

4). Así, al analizarse todos los rangos en conjunto, resulta visible que mientras crece el ingreso, mayor es la cantidad de dinero que los estudiantes están dispuestos a pagar.

Figura 4

Respuestas DAP por rango de ingresos



Fuente: Elaboración propia.

En tal sentido, los resultados de la valoración contingente, denotan que el 47.13% de los estudiantes estarían dispuestos a pagar un estipendio monetario para disminuir la contaminación por ruido. La disposición a pagar asociada a esta externalidad negativa, de acuerdo con Correa, Osorio, & Patiño (2015), Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017), Huh & Shin (2018) y Ma, Wen, Xu, & Zhang (2021), se asocia directamente con el nivel de molestia que perciben los individuos. Con relación a esto, se observa el cumplimiento de la teoría económica: a medida que el ruido aumenta, los estudiantes están dispuestos a pagar más por mermarlo. Cuando se toma en cuenta el tiempo de exposición, se denota que a mayor nivel de exposición mayor es el nivel de molestia. Por tanto, se puede deducir que, los estudiantes con mayor tiempo de exposición a ruido por tráfico rodado tienen una mayor disposición a pagar que aquellos que están menos expuestos, tanto en los predios de la universidad como los de su vivienda o trabajo.

Por el lado de la percepción ambiental y el estado de salud, del total de la muestra, 50.57% de los estudiantes considera su estado de salud bueno o muy bueno, 40.80% lo cataloga como neutral y 8.62% lo considera malo. Adicionalmente, en tanto a si perciben una afectación devenida del ruido por tráfico rodado, 11.49% de los estudiantes creen que su estado de salud está muy relacionada a su exposición de ruido por tráfico rodado, 72.99% cree que la asociación es poca y el 15.52% restante opina que no está relacionada en lo absoluto. Con respecto a las enfermedades prevalentes en los estudiantes, se observa que los padecimientos más frecuentes son estrés, pérdida de atención, depresión y trastornos del sueño. El estrés resulta alarmante, pues de los 174 encuestados, 105 estiman haberlo padecido de forma reciente; le sigue la pérdida de atención con una frecuencia de 64 estudiantes y, por último, los trastornos del sueño y depresión con una frecuencia de 58 estudiantes cada uno.

Para enfrentar dichas enfermedades los estudiantes incurren en costos médicos de orden psicológico y médico. Acorde a ello, solo 5.75% de los estudiantes expresa haber recibido o estar recibiendo algún tipo de tratamiento, mientras que el 94.25% menciona que no ha recibido tratamiento de ningún tipo. De este pequeño grupo, el cual dice haber recibido o estar recibiendo tratamiento, los principales gastos son en consulta médica o psicológica en un 69.57% de las veces; en medicinas, un 26.09% y, finalmente, gastos en tratamientos especializados tan solo un 4.35%. Las instituciones con mayor acogida para realizar sus tratamientos fueron clínicas privadas en un 50%, hospitales públicos o centros de salud en 42.86% y centros médicos en 7.14%. Las especialidades médicas más visitadas fueron Psiquiatría, Psicología y en menor cuantía Otorrinolaringología, Neurología y Medicina General. El origen de los ingresos para costear la consulta médica y medicina, principalmente, fueron recursos propios de los estudiantes en un 50% de las veces; seguido de seguro privado en 40% e IESS en 10% de los casos. El precio de las consultas médicas oscila entre \$20 y \$40 en un 40% de los casos; más de \$40 en un 40% y nada para el 20% restante. Cuando de gastos psicológicos se habla, estos oscilan, principalmente, entre \$20 y \$40, el 20% de las veces; entre \$41 y \$80, un 60% de las veces y nada el 20% faltante. Es decir, aquellos estudiantes que afirman haber padecido alguna enfermedad, devienen en costos médicos, generalmente, psicológicos.

El ruido por tráfico rodado puede vincularse directamente con enfermedades fisiológicas y psicológicas. De acuerdo con el levantamiento de información, los estudiantes afirman haber presentado últimamente padecimientos, esencialmente, psicológicos como problemas cognitivos, depresión, ansiedad y estrés. Pese a que la mayoría no ha incurrido en gastos médicos o tratamientos de salud, estos expresan haber presentado síntomas ligados a dichos padecimientos psíquicos. Por su lado, los problemas físicos no arrojaron mayores resultados. Resulta casi imperceptible el número de estudiantes que han padecido síntomas relacionados a enfermedades fisiológicas asociadas al ruido por tráfico rodado. Esto podría deberse a la edad promedio de los estudiantes, puesto que el 98% estudiantes son bastante jóvenes, encontrándose entre los 18 y 25 años.

De todas las variables consignadas en el levantamiento de datos, solo se seleccionaron 7 para explicar el modelo (tabla 4). Las variables más significativas se escogieron mediante la utilización del software estadístico R-Studio. La librería “Leaps” permitió realizar reiteraciones repetidas dentro del conjunto de datos hasta encontrar las variables que mejor pudiesen explicar a la variable dependiente (DAP), disminuyendo así los valores logarítmicos de verosimilitud.

Tabla 3

Resumen de variables utilizadas en el modelo

Variable	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
DAP_SI	0.471	0.500	0	1
PRECIO_HIPOTETICO	8.589	6.025	0	35
SOLO_ESTUDIO	0.706	0.456	0	1
TRANSPORTE_RUIDO_RODADO	0.902	0.297	0	1
AFECCION_RUIDO_SALUD	0.494	0.501	0	1
PROGRAMA_PUCE_RUIDO	0.908	0.289	0	1
INGRESOS	3.057	1.151	1	5

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó Stata para correr la regresión logística mejor ajustada. En la tabla 5, se presentan los resultados sobre la disposición a pagar de los estudiantes derivados de una reducción de 35 decibeles de ruido. A continuación, se presenta la ecuación econométrica que cuantifica el modelo y los resultados.

$$\Pr(Sí) = -\beta_0 + \beta_1(\text{Precio}_{hipotético}) - \beta_2(\text{Ocupación}_{estudia}) + \beta_3(\text{Transporte}_{RR}) + \beta_4(\text{Afección}_{salud}) + \beta_5(\text{Programa}_{PUCE}) + \beta_6(\text{Ingresos})$$

Tabla 5*Resultados del modelo logístico*

DAP	Coefficiente	Error Estándar	z	P > z	Intervalo de Confianza (95%)	
PRECIO_HIPOTETICO	-0.1894	0.0807	-2.35*	0.019	-0.3475	-0.0311
SOLO_ESTUDIO	-0.8549	0.4055	-2.11*	0.035	-1.6498	-0.0600
TRANSPORTE_RUIDO_RODADO	1.5636	0.6261	2.50*	0.013	0.3364	2.7907
AFECCION_RUIDO_SALUD	0.9919	0.3523	2.82**	0.005	0.3014	1.6825
PROGRAMA_PUCE_RUIDO	2.1620	0.7055	3.06**	0.002	0.7791	3.5449
INGRESOS	0.2868	0.1483	1.93	0.053	-0.0038	0.5775
Constante	-2.7533	1.2470	-2.21*	0.027	-5.1975	-0.3092

Observaciones: 174

Pseudo R2: 0.2354

Log pseudolikelihood: -92.0006

Nota. Nivel de significancia al 1% y 5% está representado por (**) y (*), respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

Se diferenciaron los tres grupos avalados por los experimentos de elecciones discretas de Hanemann (1984): vector socioeconómico, vector de percepción ambiental y el vector de ingreso. Dentro del vector socioeconómico se acuñó la variable de ocupación y la variable de uso de transporte motorizado hasta la universidad. Como se observa, ambas tienen el signo positivo, los estudiantes que solo estudian tienen una probabilidad menor en disponer una cantidad de dinero para reducir el ruido, así también, aquellos estudiantes que se transportan en vehículos motorizados tienen una disposición mayor a pagar por reducir la contaminación por ruido de tráfico rodado. El vector de percepción ambiental contiene dos variables: la una, si el estudiante cree que el ruido por tráfico rodado provoca afecciones sobre su salud y la otra, si el estudiante está de acuerdo con la creación de un plan dentro de la universidad para paliar el ruido. Estas muestran un signo positivo, lo cual demuestra que, aquellos estudiantes que creen que el ruido les afecta, tienen mayor probabilidad a pagar un estipendio monetario para mermarlo. Por su lado, la variable de ingresos, acorde con la teoría de Hanemann (1984), tiene signo positivo. Esto indica que, si el ingreso de un estudiante es mayor, mayor será su disposición a pagar. Finalmente, dentro de la variable de precio hipotético, se tiene un signo negativo. Es decir, a medida que crece el precio ofertado para disminuir la cantidad de ruido por tráfico rodado, disminuye la probabilidad de que un estudiante quiera pagar.

Los efectos marginales permiten la interpretación del modelo logístico binario (Véase en tabla 6). De los resultados se puede inferir que, dejando el resto de las variables constantes: i) Frente a un incremento de 50 centavos en el precio hipotético ofertado al estudiante, la probabilidad que responda afirmativamente se reduce en 3.33%. ii) Los estudiantes que solo se dedican a estudiar tienen un 15% menos de probabilidad de responder de manera positiva en cuanto a su disposición a pagar. iii) Aquellos estudiantes que utilizan transporte vehicular tienen un 28% más de probabilidades, que aquellos que no, en estar de acuerdo con pagar para mitigar el ruido. iv) Aquellos estudiantes que creen que el ruido tiene afecciones sobre su salud mantienen una probabilidad mayor de 18% en disponer una cantidad para mitigarlo. v) Los estudiantes que creen necesario un programa para reducir el ruido en la PUCE tienen una probabilidad mayor de 38% en responder positivamente a la DAP. vi) Si el nivel de ingresos de un estudiante aumenta de un rango a otro, la probabilidad de responder positivamente, en tanto a una disposición a pagar para disminuir el ruido, crece 5%.

Tabla 6*Efectos Marginales del modelo logístico*

DAP	dy/dx	Error Estándar	z	P > z	Intervalo de Confianza (95%)	
PRECIO_HIPOTETICO	-0.0335	0.0105	-3.18**	0.001	-0.0542	-0.0128
SOLO_ESTUDIO	-0.1515	0.0678	-2.23*	0.025	-0.2844	-0.0186

TRANSPORTE_RUIDO_RODADO	0.2770	0.1186	2.34*	0.020	0.0445	0.5096
AFECCION_RUIDO_SALUD	0.1757	0.0593	2.96**	0.003	0.0594	0.2921
PROGRAMA_PUCE_RUIDO	0.3831	0.1147	3.34**	0.001	0.1581	0.6081
INGRESOS	0.0508	0.0268	1.89	0.058	-0.0017	0.1034
Observaciones: 174						

Nota. Nivel de significancia al 1% y 5% está representado por (**) y (*), respectivamente. Fuente: Elaboración propia.

Bondad de ajuste del modelo

Para medir la bondad de ajuste del modelo, se empleó la prueba de Hosmer-Lemeshow, asimismo, se probó el poder predictivo del modelo mediante la tasa de aciertos o precisión. Por un lado, el test de Hosmer-Lemeshow contrasta los valores esperados en el modelo con los valores realmente observados en 10 subgrupos del conjunto de datos. Obsérvese los resultados en la tabla 7, donde el coeficiente chi cuadrático demuestra que el modelo se ajusta muy bien. Por otro lado, en correspondencia al test de Hosmer-Lemeshow, la figura 5 demuestra el poder de predicción a la hora de clasificar las posibles respuestas del modelo. Podría decirse que el modelo explica la DAP de los estudiantes en un 81.03%.

Tabla 7

Prueba Homer-Lemeshow

Número de observaciones	174
Número de grupo	10
Hosmer-Lemeshow chi2(8)	66.18
Prob > chi2	0,0000

Nota. Test de Hosmer-Lemeshow llevado a cabo en Stata. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5

Prueba de clasificación de resultados

Classified	True		Total
	D	~D	
+	66	17	83
-	16	75	91
Total	82	92	174
Classified + if predicted Pr(D) >= .5 True D defined as DAP_SI != 0			
Sensitivity	Pr(+ D)		80.49%
Specificity	Pr(- ~D)		81.52%
Positive predictive value	Pr(D +)		79.52%
Negative predictive value	Pr(~D -)		82.42%
False + rate for true ~D	Pr(+ ~D)		18.48%
False - rate for true D	Pr(- D)		19.51%
False + rate for classified +	Pr(~D +)		20.48%
False - rate for classified -	Pr(D -)		17.58%
Correctly classified			81.03%

Nota. El 81.03% se traduce en el poder de predicción (precisión) del modelo. Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la Disposición a Pagar Media

Para calcular la disposición a pagar media de los estudiantes, entendida como el valor monetario máximo que los estudiantes asocian con la contaminación por ruido de tráfico rodado, se utilizó la ecuación del modelo logístico derivada de los criterios de Hanemann (1984):

$$\beta_1(DAP) = -(-\beta_0 + \beta_2(Ocupación_{estudia}) + \beta_3(Transporte_{RR}) + \beta_4(Afección_{salud}) + \beta_5(Programa_{PUCE}) + \beta_6(Ingresos))$$

$$DAP_{media} = \frac{-(-\beta_0 + \beta_2(Ocupación_{estudia}) + \beta_3(Transporte_{RR}) + \beta_4(Afección_{salud}) + \beta_5(Programa_{PUCE}) + \beta_6(Ingresos))}{-\beta_1}$$

$$DAP_{media} = 7.365826 = \$7.37 \text{ semestrales}$$

Esto quiere decir que, los estudiantes de la PUCE, en promedio, tienen una disposición a pagar semestral de \$7.37 para mermar la contaminación acústica producida por el tráfico rodado en las inmediaciones de la universidad o lo que es igual a decir que los estudiantes de la PUCE están dispuestos a pagar anualmente \$14.74 para reducir el ruido por tráfico rodado en 35 decibeles.

Al contrastar la DAP media de los estudiantes de la PUCE con estudios como los de Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017), esta resulta comparable, dado que fueron realizadas en la misma ciudad. Es decir, los sujetos de estudio comparten costos de vida similares. No obstante, se debe tener en cuenta que unos son ciudadanos comunes, mientras que, los sujetos de este estudio son estudiantes dependientes. Al contrario, las valoraciones económicas de Pommerehne (1988), Vainio (1995), Navrud (2000) Lambert y Cham-plovier (2001) y Salazar (2004) indican que la DAP es mucho mayor en la región europea (alrededor de \$100). Pues, el costo de vida en regiones como Europa es más alto, por tanto, sus salarios también y, asimismo, su DAP por mejorar la calidad ambiental que les rodea.

En cuanto a las variables explicativas para estimar la DAP, si bien la variable de nivel de molestia no tuvo suficiente poder estadístico para explicar el modelo, si lo fueron otras variables de percepción ambiental. Se tomaron como variables la creencia de afección del ruido en la salud y la necesidad de un programa para reducir el nivel de ruido. Ambas variables arrojaron que aquellos estudiantes, a los que les molesta o perciben una baja calidad ambiental devenida de la contaminación acústica por tráfico vehicular, tienen mayor probabilidad de sacrificar dinero para mitigarla. En concordancia, Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017) concluyeron, exactamente, lo mismo: los habitantes de Quito con percepción negativa de la calidad ambiental están más dispuestos a pagar que aquellos que no.

Por otro lado, las variables de atributos individuales que resultaron significantes: medio de transporte frecuente y ocupación del estudiante, también dilucidaron lo esperado. Aquellos estudiantes que se movilizan a menudo en vehículos motorizados tienen una mayor DAP que aquellos que no. Ello podría deberse a la molestia de movilizarse, principalmente, en transporte público, el cual suele ser muy ruidoso. La ocupación, por otra parte, indicó que los estudiantes que solo se dedican a estudiar tienen menor probabilidad de pago que aquellos que estudian y trabajan. Esta característica podría explicarse por la frecuencia de movilización entre lugares, por la incidencia de niveles de exposición superiores en los predios del lugar de trabajo y, de igual manera, por el ingreso que supone tener un empleo. Es importante mencionar que, en los estudios revisados, especialmente los de Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017) y Ma, Wen, Xu, & Zhang (2021), la edad y sexo resultaron importantes para explicar la DAP. Para este estudio, ni el rango etario ni la autodefinición étnica resultaron explicativas, dado que más del 90% de

los estudiantes son mestizos entre 18 y 25 años. La variable sexo, por otro lado, pese a presentar una distribución similar a la del universo poblacional de la PUCE, exhibió un poder estadístico demasiado bajo, por lo que se descartó dentro del modelo final.

Respecto al nivel de ingresos y el precio hipotético ofertado, ambas variables resultan significativas para explicar el modelo. Los resultados fueron similares a los de Cuesta, Rodríguez, Hurtado, & Cuesta (2019), Aguilar (2015), Ma, Wen, Xu, & Zhang (2021), Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017) y Huh & Shin (2018). Los signos de las variables explicativas coincidieron con el planteamiento de Hanemann (1984) y dichos autores. La variable de precios hipotéticos resulta en un signo negativo, lo cual demuestra la existencia de una relación indirecta entre el aumento del valor propuesto en la valoración contingente y la disponibilidad de pago de un estudiante. Este resultado tiene sentido con la teoría neoclásica de la demanda: cuando mayor es el precio, disminuye la cantidad demandada.

En cuanto a la variable de ingresos, pese a no ser estrictamente significativa, esta denota una relación directa con la DAP (Huh & Shin, 2018). Ello corrobora la teoría de Hanemann (1984), quien expone que un estudiante solo estaría dispuesto a sacrificar dinero si su nivel de utilidad aumentase producto del proyecto de remediación. En cuanto a la no significancia estadística de esta variable, Ning & Lee (2019) explican que la correlación insignificante entre el nivel de ingresos y la DAP de una persona nacida entre 1990 y 2000 podría atribuirse a dos limitaciones: i) el estudio no comprende adecuadamente las características de este grupo etario, por ejemplo, en lugar de sacrificar dinero para mitigar un problema ambiental, prefieren hacerlo ellos mismos y ii) la encuesta se formuló de tal manera que fue incomprensible para los encuestados jóvenes. Asimismo, a modo de reflexión, la insuficiencia de poder estadístico explicaría que los estudiantes no son tan sensibles en cuanto a su disposición a pagar, debido a que la mayoría de los estudiantes no ganan dinero por esfuerzo propio, por ende, su sensibilidad o sacrificio monetario podría estar sesgada.

La medida de bienestar (DAP media) de este estudio refleja diferencias en comparación a estudios anteriores de la región. La valoración contingente de Correa, Osorio, & Patiño (2015) estimó que los habitantes de Medellín estaban, en promedio, dispuestos a pagar entre \$2.13 y \$5.56 anuales por disminuir la cantidad de ruido por tráfico rodado, mientras que la valoración de Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017) determinó que los habitantes de la ciudad capital del Ecuador mantienen una disposición de pago promedio de \$12.19 anuales por reducciones de dicha externalidad ambiental. En contraste a ambos estudios, esta investigación estima que la disposición a pagar media de los estudiantes permanentes a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador es de \$7.37 semestrales o, su equivalente, \$14.74 anuales.

Cabe mencionar que los estudios de Correa, Osorio, & Patiño (2015) y Bravo, Pavón, Naranjo, & Mosquera (2017) presentan bondades, per se, pues, ambos realizaron muestreos estratificados proporcionales, los cuales presentaron gran poder estadístico. En este estudio aquello resulta en una limitación, dado que la muestra fue establecida de manera aleatoria simple y no por conglomerados de acuerdo con el número de estudiantes por cada facultad. Por ende, al tomar esto en cuenta, sería correcto establecer que, si bien \$14.74 es la disposición a pagar media de un estudiante, esto no aplica de manera determinista para todos los estudiantes de la universidad.

La percepción de molestia del ruido por parte de los estudiantes es indudable. La medida de bienestar apunta a una aproximación, donde los estudiantes sopesarían positivamente una reducción del ruido por tráfico rodado. Pues, el ruido condicionaría negativamente la ejecución de sus actividades cotidianas. Si se multiplican los \$7.37 obtenidos por los 13,468 estudiantes activos de la universidad, se obtiene un presupuesto de \$99,202.95 semestrales para la implementación y seguimiento de acciones que busquen paliar el ruido, mejorando el bienestar de los estudiantes. Al respecto, la OMS sugiere niveles de ruido menores a 35 dB dentro de este tipo de zonas, pues niveles superiores de ruido provocan problemas cognitivos y de comunicación (Berglund, Lindvall, & Schwela, 1999). Devenido de este presupuesto, la universidad podría costear la aplicación de medidas de insonorización

ecológicas como, por ejemplo, la plantación de árboles alrededor de las zonas colindantes a las avenidas con mayor nivel de ruido por tráfico vehicular, con el objetivo de salvaguardar el bienestar de sus estudiantes.

Conclusiones

La teoría económica ambiental modeliza adecuadamente a la realidad. La corriente tradicional de la economía reconoce que los mecanismos de ajuste automático del mercado no siempre conllevan a asignaciones eficientes. La mano invisible, en ocasiones, deriva en externalidades ambientales negativas, las cuales perjudican, tanto a aquellos que contaminan como a los que no. El quehacer económico ambiental ha generado métodos de valoración, los cuales permiten internalizar los costos devenidos de dichas externalidades. Estos métodos de valoración permiten abstraer, de forma monetaria, el valor o costo asociado a un mal ambiental como el ruido por tráfico rodado. No obstante, es importante aclarar que, dicho valor o costo asociado, no es un valor económico exacto, sino más bien un acercamiento monetario a las pérdidas en el bienestar de los individuos ante deterioros de la calidad ambiental.

El bienestar económico, tanto el individual como el colectivo son importante dentro del quehacer económico ambiental. Dicho bienestar va de la mano del estado de salud de las personas. Así lo establece la OMS (1948) y la Organización Panamericana de la Salud (2013) al afirmar que para el desarrollo satisfactorio de las actividades económicas, los individuos deben gozar de un buen estado de salud físico y mental.

En general, los métodos de valoración económica presentan algunas limitaciones. Estos métodos buscan estimar el valor o costo asociado a bienes o males, siempre y cuando estos generen utilidad o perjudiquen a los agentes económicos. Los dos métodos más utilizados para cuantificar el ruido por tráfico rodado son el método de precios hedónicos y la valoración contingente. No obstante, el mejor método de valoración económica ambiental para valorar intangibles, como el ruido por tráfico rodado, es la valoración contingente, dado que discrimina totalmente al objeto de estudio por sobre otros. La limitación de la valoración contingente yace en la subjetividad propia de cada individuo a la que está sujeta. En otras palabras, los agentes económicos valoran de manera distinta los bienes o males ambientales y la valoración contingente está restringida por ello.

La aplicación de valoración contingente fue exitosa, tomando en cuenta los parámetros y recomendaciones del panel NOAA. La encuesta mantuvo coherencia y se aisló, satisfactoriamente, al ruido por tráfico rodado mediante el hilo conductor demarcado en cada sección.

La contaminación de fuentes vehiculares reduce el bienestar de los agentes económicos. El crecimiento económico resulta cada vez más notorio. La expansión de las zonas urbanas y de las ciudades modernas en sí mismo producen varios problemas para el ambiente como, por ejemplo, contaminación acústica. La circulación de vehículos motorizados o también llamada tráfico rodado es la principal fuente de contaminación acústica. La evidencia científica demuestra que la contaminación por ruido de tráfico rodado produce problemas de salud en los individuos, en especial, perturbaciones que impiden el desarrollo cotidiano y normal de las actividades económicas.

Los resultados sugieren la existencia de dos grandes hallazgos: i) gran parte de los estudiantes de la PUCE asevera padecer trastornos psíquicos relacionados al ruido por tráfico rodado y ii) más del 90% de estudiantes de la PUCE es perturbado por el ruido de tráfico rodado, provocándoles impedimentos a la hora de llevar a cabo actividades como descansar, estudiar, hablar y resolver problemas. Dicha percepción depende de los atributos propios de cada estudiante. Mientras que para unos no resulta perturbador el ruido por tráfico rodado, para otros sí. Son aquellas

características de percepción individuales, el nivel y tiempo de exposición las que definen el grado de perturbación de cada uno.

La fundamentación microeconómica de Hanemann (1984) sirve para mensurar el bienestar derivado de mejoras en la calidad ambiental. La modelización matemática de la realidad (disposición a pagar de los estudiantes de la PUCE) resultó fiable. Pues, como el modelo de Hanemann (1984) lo señala, la utilidad de un agente económico estará en función de su percepción ambiental, de su nivel de ingresos y otros atributos socioeconómicos. Los resultados de las pruebas de clasificación del modelo demostraron que este fue capaz de predecir el 81.03% de las respuestas de los estudiantes de la PUCE, en tanto a su DAP.

Los estudiantes solo se muestran dispuestos a pagar cuando se les da brinda suficiente información como para comparar su utilidad actual vs. la utilidad que les podría generar un proyecto de remediación ambiental. Así, se determinó que dentro del escenario debe ser explícita la cantidad de decibeles a reducirse tras la intervención de remediación. De igual manera, se definió que el punto de partida y el vehículo de pago deben generar confianza en el estudiante, de otra forma se podría caer en respuestas totalmente sesgadas.

Mediante el tratamiento y análisis de los resultados obtenidos en la valoración contingente, se estimó que 43% de los estudiantes estarían dispuestos a pagar una determinada cantidad de dinero por reducir el ruido por tráfico rodado. La disposición a pagar media, entendida como una medida de bienestar de los estudiantes de la PUCE, fue \$7.37 semestrales, siempre y cuando se reduzca en 35 decibeles la cantidad de contaminación por ruido de tráfico rodado. Tomando en cuenta el valor semestral, multiplicado por la cantidad de estudiantes en la universidad se obtiene una posible recaudación de \$99,202.95 semestrales para impulsar programas de subsanación de la contaminación acústica. No obstante, se debe tener en cuenta que la disposición a pagar media no es determinista: no aplica para todo el universo de estudiantes de la PUCE.

La disposición a pagar está en función, esencialmente, del nivel de ingresos. Este nivel de ingresos se deriva del costo de vida de cada país o región. De acuerdo con la evidencia revisada, a mayor costo de vida, mayor será la disposición a pagar de los individuos. No obstante, debe tomarse en cuenta que existen otros factores que inciden en la forma como se percibe la calidad ambiental y, de igual forma, la incidencia de factores adicionales, los cuales inciden en el ingreso. Por ejemplo, los estudiantes de la PUCE poseen menor sensibilidad ante cambios en el nivel de ingresos, dado que, en la gran mayoría de casos, no lo ganan con su propio esfuerzo. Asimismo, su baja sensibilidad estaría en función de su percepción de la realidad; los estudiantes jóvenes prefieren mejorar la calidad ambiental (disminuir el ruido por tráfico rodado) con sus propias manos en lugar de sacrificar dinero para que otro lo haga.

Es importante tomar en cuenta la existencia de mecanismos como el seguimiento de la normativa municipal, con respecto al uso de suelo. La PUCE está expuesta al doble de contaminación acústica recomendada por la OMS para zonas de estudio. Por lo tanto, se debe establecer política pública, la cual reconozca mediante una estructura normativa, de programas, planes y acciones, al ruido por tráfico rodado como un problema que puede afectar la salud de las personas, específicamente, aquellas que realizan actividades académicas. Al respecto, se determina que la PUCE debería contemplar planes propios para implementar acciones que permitan paliar la contaminación acústica de sus predios.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, R. (2015). Cálculo de la disposición a pagar por la conservación y mejora de los servicios turísticos de la Laguna de Pacucha. *Revista Ciencia & Desarrollo*, 71-76.
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 333-338.
- Arango, A., Galindo, J., Revelo, J., & Riveros, M. (2015). Selva Mater: crisis ambiental y modernidad, capitalismo y energía, desarrollo y espíritu humano. *Aleth. rev. desarro. hum. educ. soc. contemp.* vol.7 no.1, 70-87.
- Arrow, K., Solow, R., Portney, P., Leamer, E., Radner, R., & Schuman, H. (1993). Report of the NOAA panel on Contingent Valuation. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Asociación Española de Normalización. (2009). UNE-ISO 1996.
- Azqueta, D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental. Alcalá: McGraw-Hill.
- Azqueta, D. (2007). Introducción a la economía ambiental. Madrid: McGraw-Hill.
- Barahona, M. (2020). Modelo de optimización para externalidades negativas del servicio de transporte público urbano de la ciudad de ambato. Ambato.
- Basner et al. (2017). Aviation Noise Impacts: State of the Science. *Noise & Health*, 41-50.
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2013). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*.
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. (1999). Guidelines for community noise. Estocolmo: OMS.
- Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos. (21 de marzo de 2022). MedlinePlus. Obtenido de Hipoacusia neurosensorial: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003291.htm>
- Bjørner, T., Kronbak, J., & Lundhede, T. (2003). Valuation of Noise Reduction – Comparing results from hedonic pricing and contingent valuation. Pensilvania: AKF Forlaget.
- Bontems, P., & Rotillon, G. (2002). Economía del Ambiente. Quito: Ediciones Abya-Yala.
- Bravo, L. (12 de mayo de 2020). Ruido de tráfico vehicular - Quito. Obtenido de Tableau Public: <https://public.tableau.com/app/profile/luis.bravo.moncayo/viz/RuidoQuito/Dashboard1>
- Bravo, L. (2017). Valoración económica contingente del ruido de tráfico rodado mediante redes neuronales artificiales. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Bravo, L. (22 de enero de 2018). \$ 9 millones al año le cuesta el ruido a Quito. Obtenido de Gestión Digital: <https://www.revistagestion.ec/index.php/sociedad-analisis/9-millones-al-ano-le-cuesta-el-ruido-quito>
- Bravo, L., Pavón, I., Naranjo, J., & Mosquera, R. (2017). Contingent valuation of road traffic noise: A case study in the urban area of Quito, Ecuador. *Case Studies on Transport Policy*, 722-730.
- Carrillo, P., Barajas, K., Sánchez, I., & Rangel, M. (2018). Trastornos del sueño: ¿qué son y cuáles son sus consecuencias? *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 61(1), 6-19.
- Carson, R., Hanemann, M., & Steinberg, D. (1990). A Discrete Choice Contingent Valuation Estimate of the Value of Kenai King Salmon. *The Journal of Behavioral Economics*, 54-69.
- Centers of Disease Control and Prevention. (7 de octubre de 2019). What Noises Cause Hearing Loss?. Obtenido de Centers of Disease Control and Prevention: https://www.cdc.gov/nceh/hearing_loss/what_noises_cause_hearing_loss.html#:~:text=Common%20Sources%20of%20Noise%20and%20Decibel%20Levels&text=A%20whisper%20is%20about%2030,immediate%20harm%20to%20your%20ears.
- CEPAL. (2018). Daño y pérdida de biodiversidad. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/temas/biodiversidad/perdida-biodiversidad>
- Chang, M. Y. (2005). La economía ambiental. México.

- Charry, A., & Delgado, W. (2015). Disponibilidad a pagar por un plan de conservación en la cuenca del río Tunjuelo Bogotá-Colombia. Grupo de Investigación Economía y Sociedad - Universidad Católica de Colombia, 1-7.
- Coase, R. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 1-44.
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Desarrollo sostenible*. Naciones Unidas. Obtenido de Antecedentes:
<https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml#:~:text=Se%20define%20%20C2%ABel%20desarrollo%20sostenible,para%20satisfacer%20sus%20propias%20necesidades%20%BB>.
- Constitución de Montecristi. (2008). Decreto Legislativo. Montecristi.
- Correa, F., Osorio, J., & Patiño, B. (2011). Valoración económica del ruido: una revisión analítica de estudios. *Semestre Económico*, 14(29), 53-75.
- Correa, F., Osorio, J., & Patiño, B. (2015). Valoración económica de la reducción del ruido por tráfico vehicular: una aplicación para Medellín (Colombia). *Semestre Económico*, 18(37), 11-50.
- Costanza et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 253-260.
- Cuesta, G., Rodríguez, M., Hurtado, F., & Cuesta, I. (2019). Estimación econométrica de la disponibilidad a pagar por el ingreso a las termas de la “Virgen Recreativas” del cantón baños de agua santa provincia de Tungurahua. *Revista Inclusiones*.
- Eidelwein et al. (2018). Internalization of environmental externalities: Development of a method for elaborating the statement of economic and environmental results. *Journal of Cleaner Production*, 1316-1327.
- Elizondo, F. (2020). Medidores de Sonido. Obtenido de Universidad Autónoma de Nuevo León:
<http://elizondo.fime.uanl.mx/acustica/instrumentacion/medidores%20de%20sonido.pdf>
- Esteban, A. d. (2003). Contaminación acústica y salud. *Observatorio medioambiental*, 73-95.
- Fullerton, D. (2020). *Environmental Economics: The 50th Anniversary of the Birth of This Field around the First Earth Day*. Munich Society for the Promotion of Economic Research - CESifo GmbH.
- García, L., & Colina, A. (2004). Métodos directos e indirectos en la valoración económica de bienes ambientales. Aplicación al valor de uso recreativo del Parque Natural de Somiedo. *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 22, 811-838.
- Gerstenbluth, M., Rossi, M., & Triunfo, P. (2008). Felicidad y salud: una aproximación al bienestar en el Río de la Plata. *Estudios de Economía*. Vol. 35 - N° 1, 65-78.
- Guijarro, J., Terán, I., & Valdez, M. (2016). Determinación de la contaminación acústica de fuentes fijas y móviles en la vía a Samborondón en Ecuador. *Ambiente y Desarrollo*, 41-51.
- Hanemann, M. (1984). Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses. *American Journal of Agricultural Economics*, 332-341.
- Haro, A., & Taddei, I. (2014). Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental *Econ. soc. territ* vol.14 no.46 Toluca sep./dic. 2014. *Econ. soc. territ* vol.14 no.46, 743-767.
- Hegewald, J., Schubert, M., Lochmann, M., & Seidler, A. (2021). The Burden of Disease Due to Road Traffic Noise in Hesse, Germany. *Int J Environ Res Public Health*, 1-19.
- Huerta, A. (2013). Los problemas actuales del capitalismo son reflejo de su decadencia. *Economía UNAM* vol.10 no.30, 93-109.
- Huh, S.-Y., & Shin, J. (2018). Economic valuation of noise pollution control policy: does the type of noise matter? *Environ Sci Pollut Re* (25), 30647–30658.
- IGNATUS. (08 de diciembre de 2021). Estudiantes. Obtenido de Sistema de Información y Estadísticas PUCE: <https://puceeduec.sharepoint.com/sites/ignatius/Paginas/Estudiantes.aspx>
- INEC. (s.f.). Obtenido de Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico:
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Encuesta_Estratificacion_Nivel_Socioeconomico/Cuestionario_Estratificacion.pdf
- Istamto, T., Houthuijs, D., & Leuret, E. (2014). Willingness to pay to avoid health risks from road-traffic-related air pollution and noise across five countries. *Science of the Total Environment*, 420-429.

- Jafari, M. J., Khosrowabadi, R., Khodakarim, S., & Mohammadian, F. (2019). The Effect of Noise Exposure on Cognitive Performance and Brain Activity Patterns. *Open Access Maced J Med Sci.*, 2924–2931.
- Jakab, Z. (2011). Presentation: “Designing the road to better health and well-being in Europe”. 14th European Health Forum Gastein, (págs. 1-16). Bad Hofgastein.
- Jiang, L., & Nellthorp, J. (2020). Valuing transport noise impacts in public urban spaces in the UK: Gaps, opportunities and challenges. *Applied Acoustics*, 166.
- Junta de Andalucía. (s.f.). Diputación de Barcelona. Obtenido de Ruido y Salud: https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfded&groupId=7294824
- Kim, K., Shin, J., Oh, M., & Jung, J.-K. (2019). Economic value of traffic noise reduction depending on residents' annoyance level. *Environ Sci Pollut Res Int.*, 7243-7255.
- Kryter, K. (1994). *The Handbook of Hearing and the Effects of Noise: Physiology, Psychology, and Public Health* 1st Edición. San Diego: Academic Press.
- Labandeira, X., León, C., & Vázquez, M. (2007). *Economía Ambiental*. Madrid: Pearson.
- Lara, B., & Roos, M. (2016). Las perspectivas de la economía pluralista. Obtenido de *Economía neoclásica*: <https://www.exploring-economics.org/es/orientacion/economia-neoclasica/>
- Ley 37/2003. (2003). Ley 37/2003. «BOE» núm. 276.
- Lindgren, S. (2021). A sound investment? Traffic noise mitigation and property values. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 428-445.
- López et al. (2000). Hipoacusia por ruido: Un problema de salud y de conciencia pública. *Rev Fac Med UNAM Vol.43 No.2*, 41-42.
- Lucero, K. (15 de octubre de 2020). Mientras el transporte público sea deficiente, el parque automotor seguirá engordando. *Revista Gestión*.
- Ma, H., Wen, M., Xu, L., & Zhang, Z. (2021). Contingent valuation of road traffic noise: A case study in China. *Transportation Research Part D*.
- Marshall, A. (1931). *Principios de la Economía*. París: El Consultor bibliográfico.
- Mas-Colell, A. (1995). *Microeconomic Theory*. New York: Oxford University Press.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador-GIZ. (2017). Guía de valoración económica de los recursos genéticos de los anfibios en Ecuador. Quito: Informe Técnico preparado por la firma consultora CTOTAL.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (s.f.). El ruido es un contaminante invisible. Obtenido de *El ruido de tránsito vehicular*: <https://ruido.mma.gob.cl/temas/>
- Mizar, D., & Munzón, C. (2017). Impacto ambiental de los procesos de producción. Una revisión de su evolución y tendencias. *Revista I+D en TIC Volumen 8 Número (1)*, 15-20.
- Monroy, R., Valdivia, R., & Hernández, J. (2019). Valoración Económica del Servicio Ambiental a través del modelo tipo subasta en los Prismas Basálticos, Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53).
- Montes, D., Barrigón, J., Rey, G., Moraga, P., Vílchez, R., Méndez, J., & Maderuelo, R. (2016). Mapas de Ruido y Metodología de medida basada en ISO 1996. *EuroRegio2016*.
- Moral, L. d. (2012). Crisis del capitalismo global: Desarrollo y medio ambiente. *Documents d'Anàlisi Geogràfica* 2013, vol. 59/1, 77-103.
- Municipio de Quito. (s.f.). Norma Técnica para el control por ruido (NT003). Quito.
- National Center for Biotechnology Information. (30 de marzo de 2021). National Center for Biotechnology Information. Obtenido de *Risk Relative*: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430824/#:~:text=Relative%20risk%20is%20the%20ratio%20of%20the%20risks%20for%20an,event%20based%20on%20some%20exposure.>
- Ning, P., & Lee, S.-H. (2019). Estimating the Young Generation's Willingness to Pay (WTP) for PM2.5 Control in Daegu, Korea, and Beijing, China. *Sustainability*.

- OMS. (13 de septiembre de 2021). Depresión. Obtenido de Centro de Prensa: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression>
- OMS. (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region. Denmark: WHO Regional Office for Europe.
- ONU. (2015). Agenda 2030: Objetivos de Desarrollo Sostenible. París.
- ONU. (s.f.). Desarrollo sostenible. Obtenido de <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml#:~:text=Se%20define%20%C2%ABel%20desarrollo%20sostenible,para%20satisfacer%20sus%20propias%20necesidades%C2%BB>.
- Organización Panamericana de la Salud. (2013). Salud, ambiente y desarrollo sostenible: hacia el futuro que queremos. Una colección de textos basado en la serie de seminarios de la OPS/OMS hacia Rio+20 que se produjo en el periodo comprendido entre el 8 de febrero del 2012 al 13 de junio del 2012. Washington.
- Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). Caja de Colores. Obtenido de Guía para trabajar con la herramienta "Salud y bienestar": <http://bvsp.paho.org/videosdigitales/matedu/Cajadecolores/web/herramientas/Gu%C3%ADa%20para%20trabajar%20con%20la%20herramienta%20Salud%20y%20Bienestar.pdf>
- Osorio, J., & Correa, F. (2009). Un análisis de la aplicación empírica del método de valoración contingente. *Semestre Económico*, 12(25), 11-30.
- Pigou, A. (1920). *The Economics of Welfare*. London: Macmillan & Co.
- Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (2009). *Microeconomía*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Raffo, E. (2015). Valoración económica ambiental: el problema del costo social. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 108-118.
- Ramírez, A., & Domínguez, E. (2011). El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. *Rev. acad. colomb. cienc. exact. fis. nat.* vol.35 no.137.
- Real Academia de Ingeniería. (2022). Diccionario español de ingeniería. Obtenido de <https://diccionario.raing.es/es/lema/tr%C3%A1fico-rodado#:~:text=Definici%C3%B3n%3A,emplean%20ruedas%20para%20su%20desplazamiento>.
- Reynaldo, C. (2012). La Economía Ambiental y su evolución en el pensamiento económico. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, Vol 5. Nº 13.
- Ribadeneira, M. (2019). ¿Es El Código Orgánico Del Ambiente El Nuevo Driver Contra La conservación De La Biodiversidad? *USFQ Law Review*, 6(1), 181-00. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/lawreview/article/view/1404/1620>
- Ripka, A., Luiz, C., & Hernández, A. (2018). Métodos de valoración económica ambiental: instrumentos para el desarrollo de políticas ambientales. *Universidad y Sociedad*, 10(4), 246-255.
- Sachs, J. (2014). *La era del desarrollo sostenible: Nuestro futuro está en juego: incorporemos el desarrollo sostenible a la agenda política mundial*. New York: Columbia University Press.
- Samuelson, P. (2003). *Economía*. McGraw-Hill.
- Sánchez, L., & Reyes, O. (2015). *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Secretaria del Ambiente. (2019). *Mapa Estratégico de Ruido: Administración Zonal La Mariscal*. Quito.
- Singh, D., Kumari, N., & Sharma, P. (2018). A Review of Adverse Effects of Road Traffic Noise on Human Health. *Fluctuation and Noise Letters* Vol. 17, No. 1.
- The American Academy of Audiology. (2009). Levels of Noise. Obtenido de The American Academy of Audiology: https://audiology-web.s3.amazonaws.com/migrated/NoiseChart_Poster-%208.5x11.pdf_5399b289427535.32730330.pdf
- Universidad de San Martín de Porres. (2017). *Metodología de la Investigación*. Lima.
- Wang et al. (2021). Association between exposure to road traffic noise and hearing impairment: a case-control study. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*.

Anexos

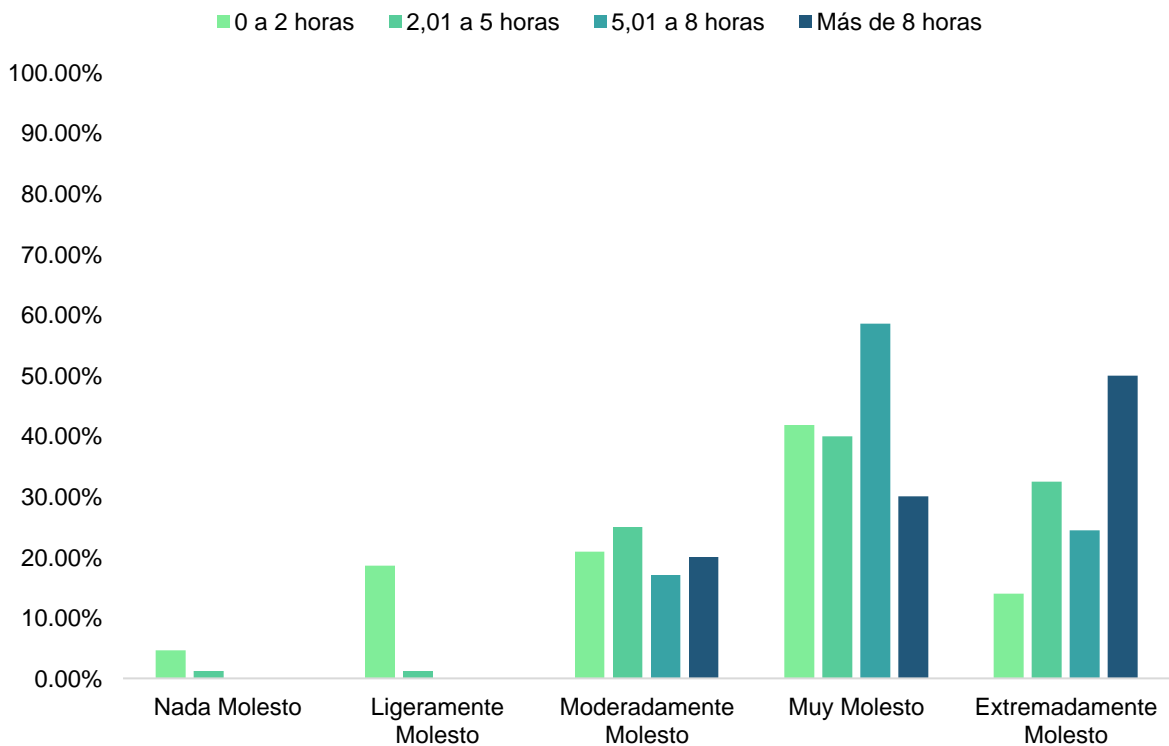
Anexo 1: Desagregación parroquial por nivel de ruido en horario diurno y nocturno. Fuente: Contaminación Acústica Quito, de L. Bravo, 2020, Tableau (<https://public.tableau.com/app/profile/luis.bravo.moncayo/viz/RuidoQuito/Dashboard1>). Elaboración propia.

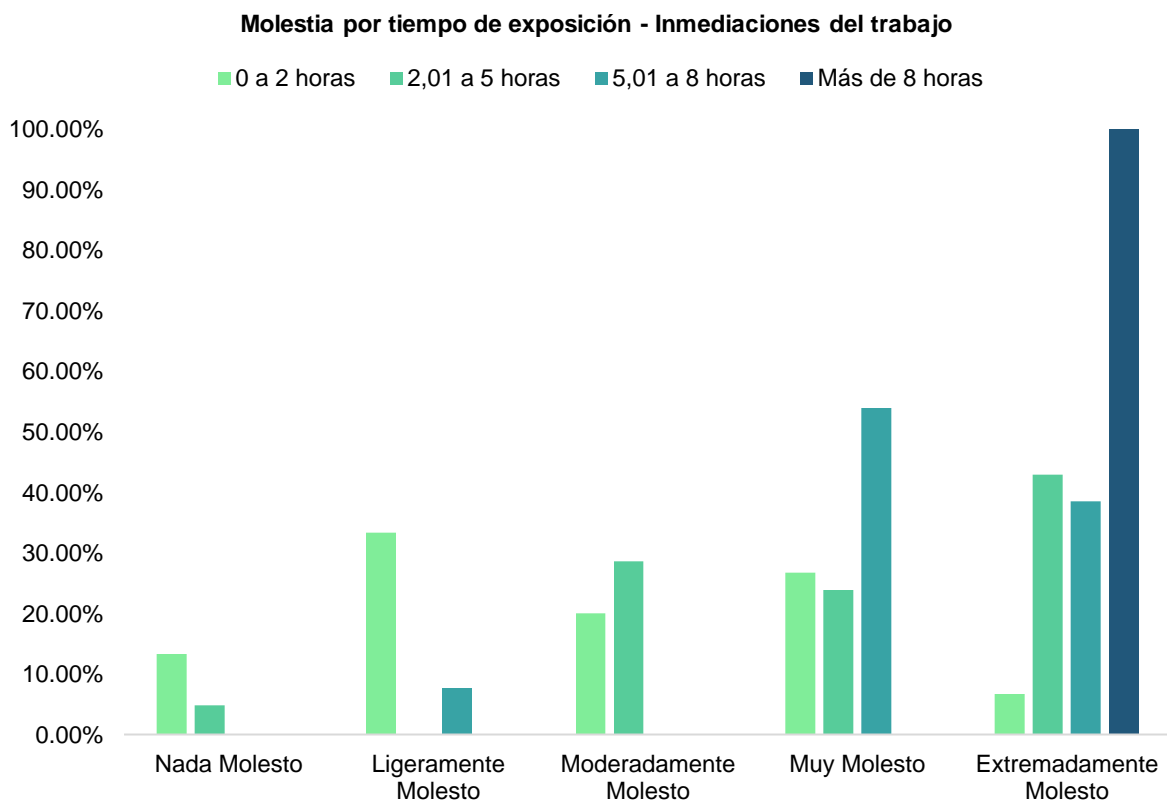
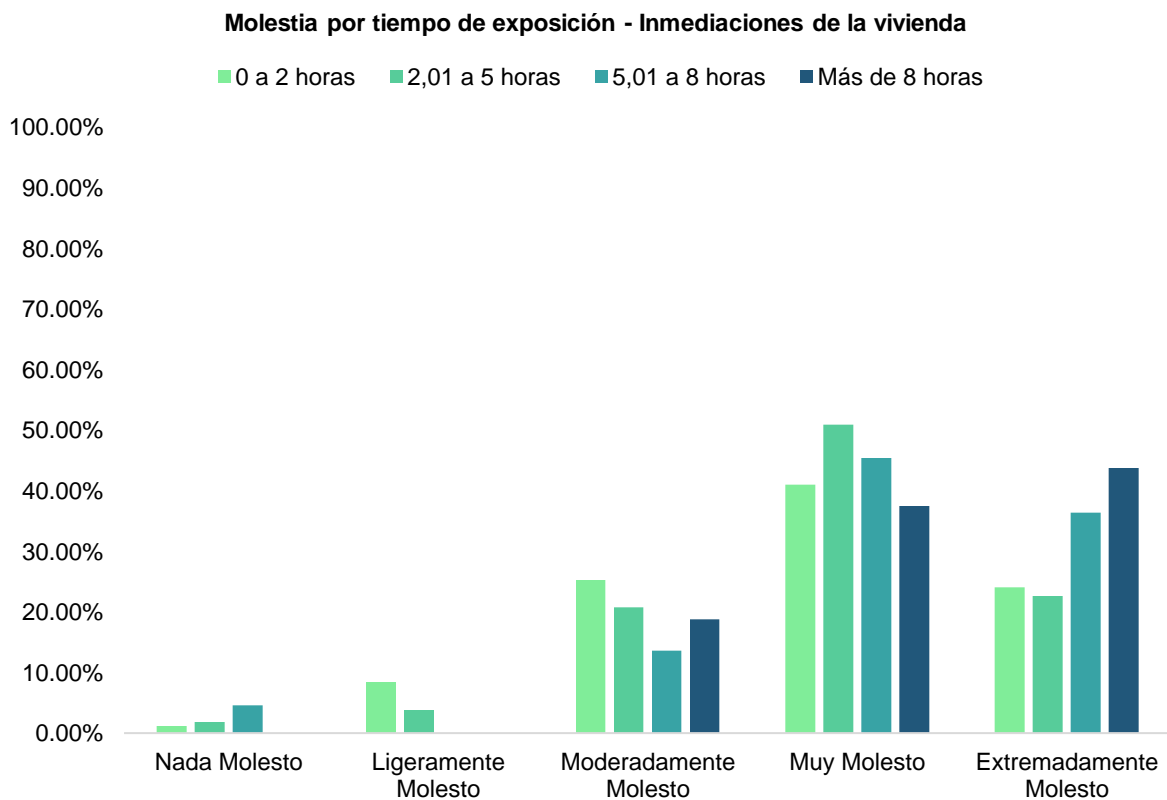
Tipo de Parroquia	Parroquia	dB(A) día	dB(A) noche	Porcentaje	Recuento distinto
Urbana				69,54%	121
	Belisario Quevedo	69,4	61,3	3,45%	6
	Carcelén	66	58,5	3,45%	6
	Centro Histórico	72,7	65,7	2,30%	4
	Chilibulo	67,6	62,1	-	-
	Chillo Gallo	65,7	59,8	2,30%	4
	Chimbacalle	68	61,3	2,87%	5
	Cochapamba	67,3	61,5	0,57%	1
	Comité del Pueblo	69,2	62,6	2,87%	5
	La Concepción	66,8	58,9	4,02%	7
	Cotacollao	66	58,9	3,45%	6
	El Condado	61,9	54,8	1,72%	3
	Guamaní	65,4	58,1	0,57%	1
	Iñaquito	70,2	63,1	3,45%	6
	Itchimbia	68,6	60,7	0,57%	1
	Jipijapa	69	60	1,15%	2
	Kenedy	65,8	57,2	5,75%	10
	La Argelia	67,6	60,7	-	-
	La Ecuatoriana	62,2	55,6	-	-
	La Ferroviaria	66,7	61,1	1,15%	2
	La Libertad	72,6	67,4	1,15%	2
	La Magdalena	67,3	61,2	4,02%	7
	La Mena	63,7	56,9	0,57%	1
	Mariscal Sucre	68,7	59,7	6,90%	12
	Ponceano	66,1	61,3	1,15%	2
	Puengasí	71,9	66,8	3,45%	6
	Quitumbe	65,4	58,2	3,45%	6
	Rumipamba	70,2	63,8	2,87%	5
	San Bartolo	62,6	55,7	1,15%	2
	San Isidro	64,9	57,7	2,87%	5
	San Juan	71,2	66,1	1,72%	3
	Solanda	65,1	57,8	0,57%	1
	Turubamba	63,2	56,2	-	-
Rural				30,46%	53

Alangasí	-	-	1,15%	2
Calderón	-	-	6,32%	11
Conocoto	-	-	10,34%	18
Cumbayá	-	-	2,87%	5
La Merced	-	-	0,57%	1
Nayón	-	-	1,15%	2
Pifo	-	-	0,57%	1
Pintag	-	-	0,57%	1
Pomasqui	-	-	1,72%	3
San Rafael	-	-	0,57%	1
Sangolquí	-	-	1,72%	3
Tumbaco	-	-	2,87%	5

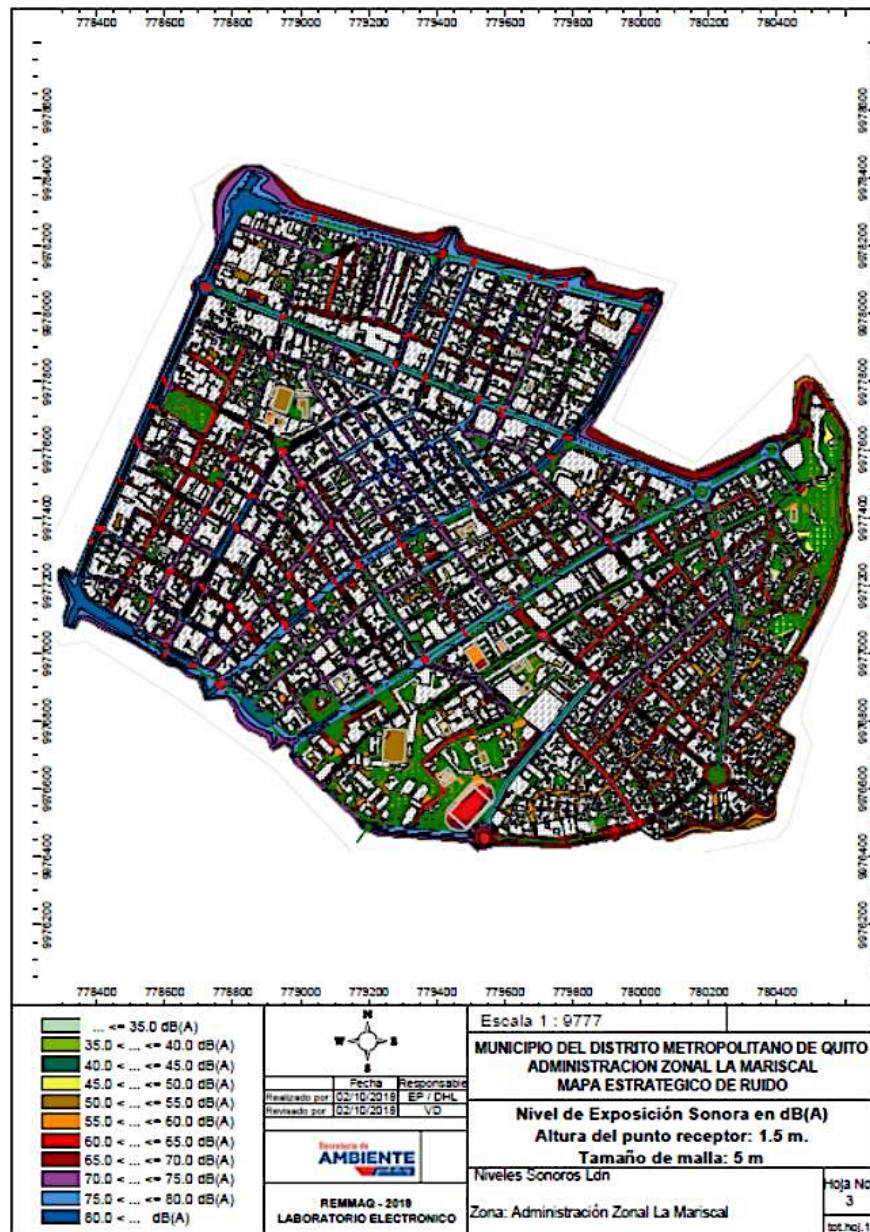
Anexo 2: Percepción de molestia por tiempo de exposición dentro de las inmediaciones de la PUCE. Elaboración propia.

Molestia por tiempo de exposición - Inmediaciones de la PUCE





Anexo 5: Mapa de contaminación por ruido de tráfico rodado de la Administración Zonal Mariscal Sucre. Elaborado por Secretaría del Ambiente.



Anexo 6: Adaptación de Encuesta de percepción y valoración contingente realizada en Microsoft Forms. Elaboración propia.

<p>Encuesta de Percepción de Ruido por Tráfico Rodado - Estudiantes PUCE 🚗</p>
<p>Hola, mi nombre es Jean Pierre Enríquez, soy estudiante de la Facultad de Economía de la PUCE. Estoy desarrollando un estudio económico sobre la percepción de estudiantes del ruido por tráfico vehicular. Tu aporte es esencial dentro de este proceso de levantamiento de datos.</p> <p>Recuerda que la información suministrada es estrictamente confidencial, solo será usada con fines académicos.</p> <p>¡Muchísimas gracias por tu apoyo!</p>
<p>Datos de contacto</p>
<p>Por favor, digita tu correo institucional</p> <p>Nuevamente, recuerda que esta información es confidencial. Se solicita el correo institucional para validar tu permanencia como estudiante de la PUCE.</p>

Preguntas Generales

1. Sexo

Hombre	Mujer
--------	-------

2. Edad

18 a 25	26 a 35	36 a 45	46 a 55	56 a 65	Más de 65
---------	---------	---------	---------	---------	-----------

3. Autodefinición étnica

Indígena	Negro	Mulato	Montubio	Mestizo	Blanco
----------	-------	--------	----------	---------	--------

4. Ocupación

Solo estudio	Estudio y trabajo
--------------	-------------------

5. Parroquia del lugar donde vives

6. ¿En qué sector trabajas?

Sector público	Sector Privado	Independiente / emprendedor
----------------	----------------	-----------------------------

7. ¿Estás asegurado al IESS?

Sí	No
----	----

8. Parroquia del lugar donde trabajas

9. ¿Qué tipo de estudios estás realizando?

Pregrado	Posgrado
----------	----------

10. Facultad en la que estudias

Ciencias Administrativas y Contables	Economía	Medicina	Enfermería	Arquitectura, Diseño y Artes	Comunicación, Lingüística y Literatura	Ciencias de la Educación	Ciencias Exactas Naturales	Ciencias Filosófico Teológico
Ingeniería	Jurisprudencia	Psicología	Ciencias Humanas					

11. Semestre que cursas actualmente

1ro - 2do	3ro - 4to	5to - 6to	7mo - 8vo	9no - 10mo
-----------	-----------	-----------	-----------	------------

12. En qué modalidad estudias

Presencial	Virtual	Híbrida
------------	---------	---------

Percepción Ambiental

13. ¿Cómo valorarías los siguientes problemas ambientales?

	Nada importante	Poco importante	Neutral	Importante	Muy importante
Contaminación por ruido					
Contaminación por residuos					
Contaminación del aire					
Contaminación del agua					
Contaminación visual					

14. ¿Qué consecuencias de salud crees que tienen estos tipos de contaminación?

	Consecuencias físicas	Consecuencias psicológicas	Ambas consecuencias
Contaminación por ruido			
Contaminación por residuos			
Contaminación del aire			
Contaminación del agua			
Contaminación visual			

15. ¿Dentro de los siguientes lugares, ¿Cómo consideras el nivel de calidad ambiental?

La calidad ambiental es entendida como el estado del entorno natural. Por ejemplo, el nivel de la calidad del aire que respiramos depende de qué tan contaminado esté. **(Utiliza "No aplica" únicamente si no trabajas)**

	Bajo	Medio	Alto	No aplica
Inmediaciones domicilio				
Inmediaciones de la PUCE				
Inmediaciones de trabajo				

Percepción del Ruido

El ruido se define como cualquier sonido calificado como molesto, que tiene efectos nocivos a nivel físico y/o psicológico en las personas.

De acuerdo con la Agencia Europea del Medio Ambiente, se estima que cada año **el ruido causa 16.600 muertes prematuras y 72.000 hospitalizaciones en Europa.**

16. En la siguiente escala, ¿Cuánto te molesta el ruido?, tomando en cuenta que 0 equivale a nada molesto y 10 extremadamente molesto.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

17. En la siguiente escala, ¿Cuánto te molesta el ruido?

Fuente	Orden
Tráfico y movilización vehicular	
Actividades comerciales e industriales	
Trabajos de reparaciones de infraestructura	
Conciertos, eventos a alto volumen	
Bares, restaurantes y discotecas cercanos	

18. En las inmediaciones de la PUCE, ¿Cuáles crees que son las fuentes más ruidosas?

Fuente	Orden
Tráfico y movilización vehicular	
Actividades comerciales e industriales	
Trabajos de reparaciones de infraestructura	
Conciertos, eventos a alto volumen	
Bares, restaurantes y discotecas cercanos	
Cancha de fútbol de la PUCE; durante partidos oficiales y no oficiales	

Ruido por Tráfico Rodado

La fuente principal de ruido en Europa y América Latina es el tráfico vehicular. A continuación, la encuesta se enfocará en el ruido por tráfico rodado.

19. En los siguientes lugares, ¿Qué tan molesto consideras el ruido causado por tráfico vehicular?

	Nada molesto	Ligeramente molesto	Moderadamente Molesto	Muy Molesto	Extremadamente molesto
Inmediaciones domicilio					
Inmediaciones de la PUCE					
Inmediaciones del trabajo					

20. En tanto a las actividades cotidianas, ¿Cuánto crees que te molesta el ruido por tráfico rodado?

	No me molesta	Me molesta poco	Neutral	Me molesta	Me molesta mucho
Mientras hablo con alguien					
Al recibir clases					
Al estudiar (memorizar)					
Al dormir					
Al descansar (esparcimiento)					

21. En las siguientes inmediaciones, ¿A qué hora piensas que existe mayor ruido por tráfico vehicular?

PUCE		Domicilio		Trabajo	
Mañana (7 a.m. a 12 p.m.)		Mañana (7 a.m. a 12 p.m.)		Mañana (7 a.m. a 12 p.m.)	
Medio día (12 p.m. a 2:30 p.m.)		Medio día (12 p.m. a 2:30 p.m.)		Medio día (12 p.m. a 2:30 p.m.)	
Tarde (2:30 p.m. a 7 p.m.)		Tarde (2:30 p.m. a 7 p.m.)		Tarde (2:30 p.m. a 7 p.m.)	
Noche (7 p.m. a 10 p.m.)		Noche (7 p.m. a 10 p.m.)		Noche (7 p.m. a 10 p.m.)	

22. ¿Qué tiempo, en el horario diurno (6 a.m. a 8 p.m.), pasas expuesto a ruido por tráfico vehicular?					
	0 a 2 horas	2,01 a 5 horas	5,01 a 8 horas	Más de 8 horas	No aplica
Inmediaciones domicilio					
Inmediaciones de la PUCE					
Inmediaciones del trabajo					

23. De los siguientes medios de transporte, ¿Cuál utilizas con más frecuencia para movilizarte?						
	Transporte público	Auto	Bicicleta	Taxi / Uber / Didi	Moto	No aplica
Inmediaciones domicilio						
Inmediaciones de la PUCE						
Inmediaciones del trabajo						

24. ¿Cómo calificarías la importancia de los siguientes efectos del ruido por tráfico rodado?					
	Muy poco importante	Poco importante	Medianamente importante	Importante	Muy importante
Pérdida Auditiva y Tinnitus					
Perturbación					
Problemas Cardiovasculares					
Derrames cerebrales					
Pérdida de atención					
Trastornos del sueño					
Estrés					
Depresión					

Ruido y Salud

25. En general, ¿Cómo calificarías tu estado de salud actual?				
Muy mala	Mala	Ni bien, ni mal	Buena	Muy buena

26. ¿Habías pensado que tu salud puede estar siendo afectada por el ruido?	
Sí	No

27. ¿Consideras que tu estado de salud está relacionado con la contaminación por ruido de tráfico rodado?		
Nada	Poco	Mucho

28. En general, en los últimos 2 meses, ¿Qué grado de dificultad has tenido para las siguientes actividades?					
	Ninguna	Poca	Moderada	Mucha	Demasiada
Concentrarse o recordar cosas					
Comprender nueva información					
Procesar y resolver nuevos problemas					

29. En general, en los últimos 2 meses, ¿Qué grado o frecuencia presentaste de lo presentado a continuación?					
	Ninguna	Poca	Moderada	Mucha	Demasiada
Dificultad para dormir (despertarse frecuentemente en la noche o quedarse dormido durante el día)					
Dificultad para sentirte descansado y renovado durante el día					
Dificultad para Procesar y resolver nuevos problemas					

30. En los últimos 2 meses, en qué grado te has sentido:					
	Ninguno	Poco	Moderado	Mucho	Demasiado
Deprimido					
Ansioso					
Fatigado					
Estresado					

31. En los últimos 2 meses, ¿Has sido diagnosticado o padecido alguna de estas enfermedades?						
			Sí	No		
	Pérdida Auditiva y Tinnitus					
	Perturbación					
	Problemas Cardiovasculares					
	Derrames cerebrales					
	Pérdida de atención					
	Trastornos del sueño					
	Estrés					
	Depresión					
32. ¿Crees que tus padecimientos están relacionados con el ruido de tráfico rodado?						
	Sí	No				
33. ¿Has recibido algún tipo de tratamiento médico por haber estado expuesto al ruido por tráfico rodado?						
	Estoy recibiendo tratamiento	Recibí tratamiento; ya lo finalicé	No he recibido ningún tratamiento			
35. ¿Qué tipo de gastos incluyó el tratamiento?						
	Gastos en consulta médica	Gastos en medicina	Gastos en tratamientos especializados	Gastos en consulta psicológica	Otros:	
36. ¿En qué tipo de institución realizaste tu tratamiento?						
	Hospital Público	Centro de Salud	Clínica Privada	Centro Médico de la PUCE		
37. ¿Qué especialidad médica visitaste?						
	Cardiología	Neurología	Psiquiatría	Otorrinolaringología	Psicología	Médico Familiar
38. De los padecimientos que seleccionaste anteriormente, ¿Cuál fue el número de consultas que tuviste en promedio?						
	1 – 3	4 – 6	7 – 10	Más de 10		
39. ¿Cómo costeaste tu tratamiento?						
	Seguro de la PUCE	Seguro Social (IESS)	Seguro Privado	Dinero propio		
40. ¿Cuál fue el monto total que gastaste?						
		\$ 20 - 40	\$ 41 - 60	\$ 61 - 80	Más de \$ 80	No gasté nada
	Consultad Médicas					
	Medicamentos					
	Consultas Psicológicas					
	Tratamientos Especializados					
Normativa vigente para ruido por tráfico vehicular						
41. ¿Sabías que dentro de Quito existe una normativa para controlar los niveles de ruido por tráfico vehicular?						
	Sí	No				
42. Estarías de acuerdo con la siguiente afirmación: "La normativa existente para regular el ruido funciona correctamente, pues ha disminuido la cantidad de ruido existente en la ciudad de Quito".						
	Sí	No				
43. ¿Cuáles crees que deberían ser las acciones que tome el Municipio de Quito para mitigar el ruido originado por los vehículos?						
	Aplicar una normativa con sanciones más rígidas					
	Capacitar a la población sobre los efectos del ruido en la salud humana					
	Aplicar medidas de restricción a la circulación vehicular					
	Otras:					
44. En las inmediaciones de la PUCE, ¿Te gustaría que exista un programa para mitigar el ruido por tráfico vehicular?						
	Sí	No				

45. ¿Qué piensas debería la PUCE contemplar en este programa?

Mover el campus Quito a otra dirección más silenciosa	
Aplicar técnicas de insonorización. Por ejemplo, plantar más árboles o aumentar el espesor del vidrio de las ventanas para evitar el ruido	
Pactar con el Municipio de Quito y desviar el tráfico vehicular por otras calles	
Realizar los concierto o eventos de la PUCE a lugares insonorizados (centro cultural, coliseo)	
Realizar los trabajos de mantenimiento en infraestructura los fines de semana	
Otras:	

46. Además de ese programa, ¿Opinas que la PUCE debería tener un plan integral para tratar los efectos del ruido sobre la salud de sus estudiantes?

Sí	No
----	----

Valoración Contingente

46. Actualmente, la PUCE está expuesta de 75 a 80 decibeles (unidades de sonido), equivalentes a la sirena de un auto de policía. **La OMS recomienda estar por debajo de los 50 decibeles, semejantes a una conversación normal.**

Imagina que el Municipio de Quito y la PUCE aplican un programa de reducción del ruido por tráfico rodado que durará los siguientes 5 años. **La finalidad de este programa es reducir los niveles de ruido hasta 40 decibeles, equivalentes a una biblioteca tranquila.** Esto con el fin de mitigar la molestia del ruido y evitar futuros problemas de salud en los estudiantes de la PUCE.

Las medidas que tomará el Municipio estarán enfocadas en campañas de educación y sensibilización; disminución de vehículos motorizados; implementación y mejora del asfalto; monitoreo continuo; aplicación de sanciones más rígidas y aumento de las multas monetarias para los infractores.

Asimismo, la PUCE centrará sus esfuerzos en la colocación de ventanas de vidrio más grueso; plantación de árboles en las calles colindantes; campañas de educación internas e implementación de actividades extracurriculares para paliar el malestar causado por el ruido. La PUCE y el Municipio no pueden subvencionar el costo total del programa. Por tanto, solicitan un pago semestral de los estudiantes; visible en la comprobante de cada semestre.

Bajo este escenario, ¿Estarías dispuesto a pagar semestralmente una cantidad de dinero para beneficiarte de la disminución de ruido?

Sí	No
----	----

47. En caso de haber respondido no ¿Por qué no?

No creo que los programas para mejorar la calidad ambiental funcionen	
Existen otros problemas ambientales más importantes	
El municipio debería costear todo	
La PUCE debería costear todo	
No asocio al ruido como una molestia; estoy dispuesto a pagar \$0	
Otras:	

48. Para tu referencia, un almuerzo cerca de la PUCE, en promedio, cuesta \$3.50. Considerando este importe mínimo, **¿Estarías dispuesto a pagar semestralmente \$3.50 a la PUCE para beneficiarte de la reducción del ruido en sus inmediaciones?**

	Sí	USD 3.50	No	
	Sí	USD 4.00	No	
	Sí	USD 4.50	No	
	Sí	USD 5.00	No	
	Sí	USD 5.50	No	
	Sí	USD 6.00	No	
	Sí	USD 6.50	No	
	Sí	USD 7.00	No	

49. (En caso de responder no al punto de partida) **Semestralmente, ¿Qué valor menor a \$3.50 estarías dispuesto a pagar para beneficiarte de la reducción de contaminación por ruido?**

50. (En caso de responder rebasar el límite) **¿Qué valor mayor a \$7 estarías dispuesto a pagar, semestralmente, para beneficiarte de la reducción de contaminación por ruido?**

51. Recordando que el ruido tiene un impacto nocivo en la salud humana **¿Cuál es la cantidad máxima que estarías dispuesto a pagar semestralmente por el programa, cuyo objetivo es disminuir la contaminación por ruido causada por el tráfico vehicular?**

Menos de \$3,50	De \$3,50 a \$4,50	De \$4,51 a \$5,50	De \$5,51 a \$7	Más de \$7
-----------------	--------------------	--------------------	-----------------	------------

Características socioeconómicas

52. **¿Cuáles de los siguientes recursos/servicios tecnológicos posees en tu hogar?**

	Sí poseo	No poseo
Teléfono convencional		
Teléfono celular		
Computadora de escritorio		
Servicio de internet		
Computadora portátil		
Televisión a color		
Redes sociales		
Equipo de sonido		

53. **¿Cuál es el tipo de vivienda que habitas?**

Casa	Departamento	Mediagua	Cuarto en casa de inquilinato	Suite de lujo
------	--------------	----------	-------------------------------	---------------

54. **¿Cuál es el tipo de vivienda que habitas?**

Hormigón	Ladrillo o Bloque	Adobe	Madera
----------	-------------------	-------	--------

55. **¿Cuál es el material que predomina en el piso de tu vivienda?**

Duela, parquet, tablón o piso flotante	Cerámica, baldosa, vinil o marmetón	Ladrillo o cemento	Tabla sin tratar	Tierra
--	-------------------------------------	--------------------	------------------	--------

56. **Sumando todos los ingresos de los miembros de tu hogar, ¿Cuál es su rango de ingresos?**

\$1 - 425	\$426 - 1000	\$1001 - 2000	\$2001 - 4000	> a \$4000
-----------	--------------	---------------	---------------	------------

57. **¿Cuántos autos posee tu familia?**

1	2	Más de 2
---	---	----------