

RUIDO AMBIENTAL Y SU RELACION CON VEHÍCULOS DE TRANSPORTE URBANO EN EL CENTRO HISTORICO DE TOLUCA, ESTADO DE MEXICO.

Carlos Jorge Alvarado Azpeitia¹

Salvador Adame Martínez²

Rosa María Sánchez Nájera³

RESUMEN

Toluca ha sufrido grandes transformaciones que la han convertido en una zona de alta complejidad urbana. Un problemática acuciante que aqueja a esta entidad y en particular a su Centro Histórico (CH) lo constituye la movilidad urbana, en específico el transporte público: desequilibrio en la oferta y demanda, congestionamiento y contaminación entre otras. El malestar por los embotellamientos permanentes y densos flujos de vehículos automotores, incluyendo los camiones de transporte público, hace imprescindible el revisar sus efectos nocivos representados en el ruido ambiental. Así entonces, este trabajo se propuso caracterizar espacialmente el ruido ambiental en el CH y relacionarlo con las actividades del transporte público que accede al mismo. Se parte de la caracterización del ruido ambiental dB(A) mediante muestreo, en 109 estaciones y su espacialización. Asimismo se emplean datos retrospectivos de la unidades de transporte público en el CH (De la Torre y Alarcón, 2012). Como resultados se identificó un núcleo ruidoso alrededor de la zona de mayor afluencia comercial con un valor promedio de 69 dB(A). La presencia de espacios públicos abiertos como plazas, jardines y parques demostraron ser de gran importancia como lugares de descanso o

¹ Biól, M.S.C., Doctorante UAEM, UJAT, cjalvara@hotmail.com

² Dr., UAEM, sadamem@uaemex.mx

³ Dra., UAEM, rmsanchezn@uaemex.mx

isla acústicas. La avenida Lerdo de Tejada, así como el derredor del Cosmovitral, se ubican como la zona más ruidosa del CH, con valores característicos por encima de 70 dB(A).

Palabras Clave: Ruido ambiental, Transporte público, Centro Histórico de Toluca

INTRODUCCIÓN

Es indudable que el ruido ambiental es una variable fuertemente ligada a la ciudades contemporáneas, de la misma forma ambos aspectos los asociamos de inmediato con el tráfico vehicular, teniendo tres elementos estrechamente enlazados. El ruido es un sonido no deseado, una emisión de energía originada por diversos fenómenos vibratorios aéreos que son percibidos por el sistema auditivo y que le causa molestia o daño (Morales et al., 2009:5). También es definido por la directiva 2002/49/CE como un sonido exterior no deseado o nocivo, generado por las actividades humanas (Xunta de Galicia, 2012:2).

El ruido ambiental urbano se corresponde en sus efectos a lo que denominamos contaminación acústica, misma que se ha constituido en un verdadero problema expresado principalmente en los sistemas urbanos y cuya causa principal es el transporte vehicular (FHWA, 2004 en Ramírez et al. 2011:144). Asimismo este asunto ha permeado en una generalidad al punto que se ha convertido en un tema de interés en los procesos que movilizan a nuestras sociedades (Moreno, 2005:154).

Este tema es de gran importancia considerando los aspectos nocivos para la salud, que la contaminación acústica provoca en la población, ya que no es únicamente la pérdida auditiva el daño ocasionado, sino que también produce una disminución de la calidad de vida (Morales et al., 1992:240). Las alteraciones son de tipo fisiológico y psicológico, tales como el incremento en la presión sanguínea y latidos del corazón, cambios en la respiración, vasoconstricción,

hipertensión, arritmia cardíaca, cambio a nivel bioquímico en la sangre, lípidos y hormonas, en lo físico. En lo psicológico, ansiedad, estrés, agresividad, náuseas, depresión, irritabilidad, neurosis, psicosis, disminución de capacidades intelectuales entre otras varias (OMS, 1999 en Ramírez et al., 2011:144).

Entonces, el ruido como concepto implícito de la habitabilidad, va ligado a lo urbano referido a la optimización de las condiciones de vida de las personas y organismos vivos, la capacidad de relación entre ellos y el medio en el que se desarrollan (Rueda, 2012) En este proceso de hacer ciudad sobre lo simplemente urbano, un nuevo espacio público implica habitar en un contexto de revitalización urbana, de tal manera que satisfaga las necesidades y requerimientos de confort físico y ambiental de los usuarios. De esta manera el nivel de calidad ambiental y social que puede lograrse al diseñar y desarrollar un espacio público, se manifiesta en su capacidad intrínseca para revitalizar un barrio, colonia o ciudad (Vidal, 2007).

Toluca es capital del Estado de México y ciudad eje del Valle de Toluca, la cual ha sufrido diversas y fuertes transformaciones en su territorio y economía a partir de los años sesenta, cuando cambia el rumbo, de ser una zona rural para convertirse en una zona de alta complejidad urbana (Adame y Cadena en Orozco 2011).

Con el pasar del tiempo Toluca ha desarrollado diversos problemas dentro de los que podemos mencionar los de movilidad urbana: se han acumulado errores tanto en la infraestructura como en la gestión y la vialidad misma. La distribución modal que prevalece ha acrecentado la segregación social, ya que los índices de accesibilidad y movilidad decrecen de manera constante. Además existen problemas de saturación vial debido a que no existe una vinculación entre la oferta y la demanda en el transporte público, al existir un cuantioso número de unidades, las cuales sobre todo en el primer cuadrante de la ciudad van casi vacías, reduciendo

la velocidad general de otras unidades y deteriorando la imagen urbana (H Ayuntamiento, 2006., 2013).

La movilidad en tiempos relativamente recientes en Toluca ha experimentado fuertes cambios e incrementos, tanto la oferta como la demanda de transporte público. En 1992 la capital Mexiquense reportaba la demanda de 44 viajes diarios, atendidos únicamente 568 unidades de transporte, lo que dio pie a una declaratoria de existencia de necesidad de transporte público en el Valle de Toluca (De la Torre y Alarcón, 2012).

De acuerdo al PMDUT 2013, el transporte urbano tiene diversos puntos de origen pero su principal destino o de paso es el Centro, involucrando las calles Morelos, Juárez, Rayón e Isidro Fabela. Así entonces, se generaban 75,141 viajes/persona/día al Centro, la zona de la terminal y el mercado Juárez con 10,066 y la de la Ciudad Universitaria con 26,868, de las más importantes, sumando en total 112,070 (De la Torre y Alarcón, 2012).

Así entonces, las empresas de transporte público concesionadas fueron 28 en modalidades urbanas y suburbanas, mismas que operan en 317 derroteros o rutas autorizadas por el Gobierno Estatal a través de la Secretaría del Transporte. Además existía una sobre oferta de 300 unidades a las 3700 autorizadas, generando la superposición de rutas con los inevitables problemas viales en la zona del Centro Histórico (PMDUT, 2013).

Dentro de la modalidad urbana y de acuerdo al RETIV 2008, existen 13 empresas que atienden 93 rutas con un parque vehicular alto de 2,946 unidades, operando dentro del Municipio de Toluca (De la Torre y Alarcón, 2012). Algunas de las empresas de transporte colectivo, de manera individual ofrecen una cobertura casi completa en la zona del Centro Histórico (CH) de Toluca y la presencia de diversas empresas redundan en la cobertura del servicio.

El malestar por los embotellamientos permanentes y densos flujos de vehículos automotores, incluyendo los camiones de transporte público, hace imprescindible el revisar sus efectos nocivos representados en el ruido ambiental, como medida necesaria para cualquier concienciación o medida de solución. Así entonces, este trabajo se propone caracterizar espacialmente el ruido ambiental en el CH y relacionarlo con las actividades del transporte público que accesa al mismo.

METODO

Este documento se realiza como parte de una investigación doctoral en urbanismo desarrollada en la Universidad Autónoma del Estado de México. Asimismo, el área de estudio se encuentra circunscrita por el acuerdo del Decreto para el CH de Toluca del 2012. Se hicieron prospecciones en una red de 109 estaciones de muestreo ubicadas de acuerdo a las necesidades de la investigación, representativas de los principales espacios públicos del CH. Los promedios de Ruido Ambiental se obtuvieron por medio de un sonómetro datalogger marca REED modelo SD-9300, con un sensor de ruido SL-417 y unidad de almacenamiento. Se efectuó 1 medición por segundo por 5 minutos, completándose 300 por cada estación de muestreo. Se empleó una curva de ponderación A (dB) utilizada para medición de contaminación acústica y riesgo por exposición.

En el proceso de muestreo, se siguieron las recomendaciones generales propuestas por la NOM-080-ECOL-1994 la SEMARNAT para la obtención de datos de fuentes móviles. Las mediciones se efectuaron en horarios de máxima demanda entre las 12:00 y 16:00 hrs.

En el análisis de datos, se empleó la media aritmética para el cálculo general de los promedios de ruido ambiental. La organización de los datos se llevó a cabo por medio de una hoja electrónica y el análisis estadístico por medio del software JMP del SAS. Se empleó un análisis

en dos etapas, la primera incluye un análisis multivariado de distribución libre, el análisis de conglomerado jerárquico. El Método de empleado es el de Ward que trabaja como una función objetivo agrupando aquellos conglomerados para los cuales se tenga el menor incremento en el valor total de la suma de los cuadrados de las diferencias, dentro de cada conglomerado. Así en cada generación, la suma de cuadrados dentro de la agrupación se minimiza sobre todas las particiones que se pueden obtener mediante la fusión de dos grupos de la generación anterior (JMP del SAS, URL revisado Octubre, 2015). La distancia calculada con el método Ward es

$$D_{KL} = \frac{\|\bar{x}_K - \bar{x}_L\|^2}{\frac{1}{N_K} + \frac{1}{N_L}}$$

donde

\bar{x}_K es el vector promedio para el conglomerado CK

CK es el k -ésimo conglomerado K, subconjunto de $\{1, 2, \dots, n\}$

N_K es el número de observaciones en CK

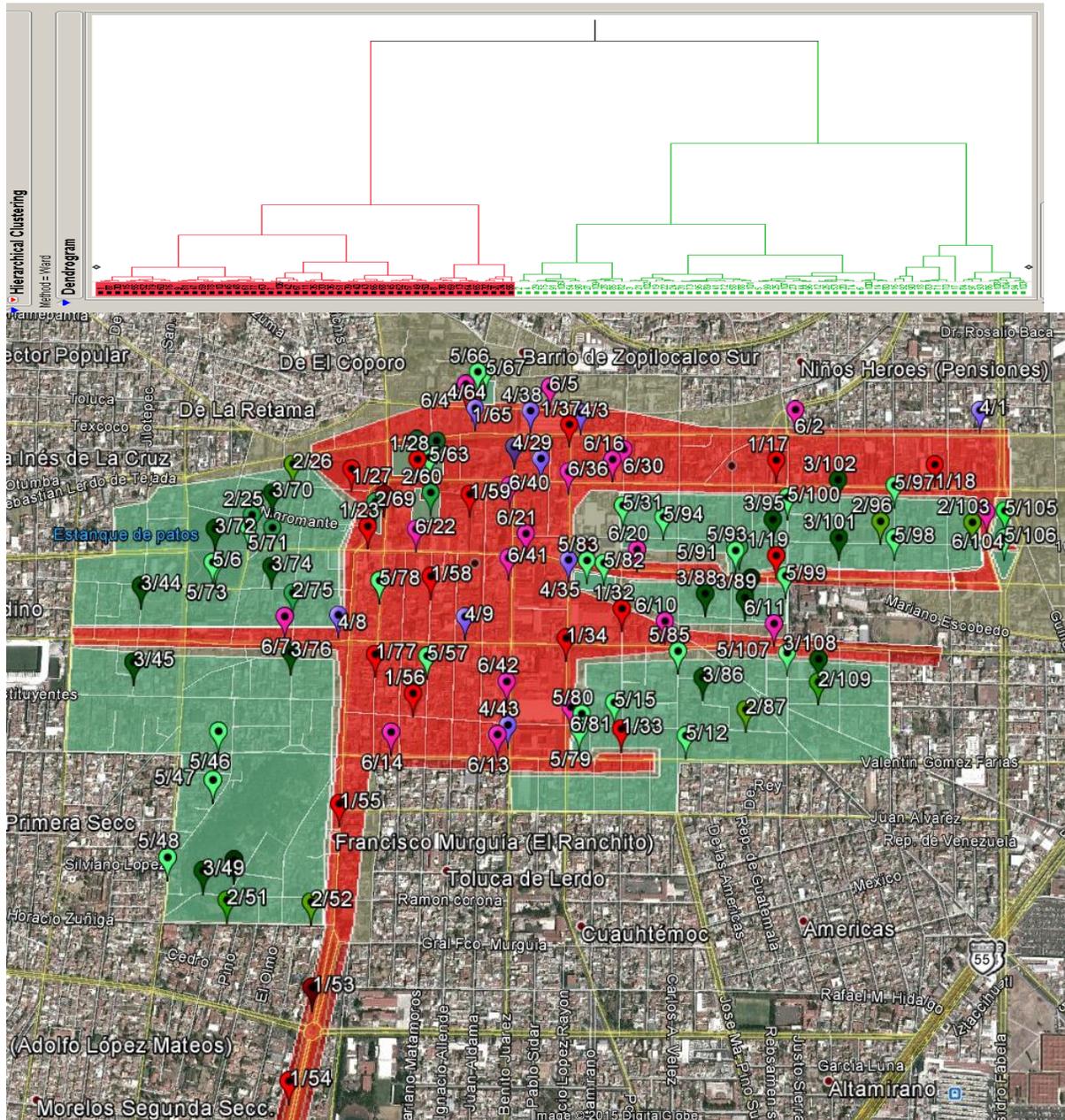
El funcionamiento del transporte urbano se estudió empleando datos retrospectivos (De la Torre y Alarcón, 2012), a partir de ellos se obtuvo datos del número de empresas de transporte urbano que circulan en un momento dado en calles del CH. Una vez obtenida la zonificación de ruido ambiental, se le adicionó los correspondientes valores del funcionamiento del transporte urbano, procediendo a una segunda etapa de comparación.

RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos del muestreo de ruido ambiental, se decidió emplear una estrategia para visualizarlos de manera espacial; se procedió a ubicar a los dos grupos de estaciones identificadas en la primera división clasificatoria del análisis de clusters, en color rojo

los valores más elevados y en verde los menores. Posteriormente se sobrepusieron las estaciones, su ubicación, y por medio de colores el modo en que se distribuyen dentro del marco clasificatorio general. El intervalo de valores se ubican en la Figura 1. El ruido ambiental se ha podido fraccionar en dos importantes grupos que muestran como está distribuidos en términos generales las regiones más o menos ruidosas del CH. El análisis de conglomerados identificó de manera muy clara, dos grandes grupos cuyos promedios son 59.5 y 69.2 dB (A). Esto es importante porque uno y otro se encuentran respectivamente dentro y fuera de la recomendación de la OMS para ruido ambiental en espacios públicos. La configuración espacial del ruido en el CH, muestra claramente algunas tendencias: un núcleo central ruidoso, donde se ubica la máxima confluencia comercial y vehicular de Toluca, los portales y las calles de frente a ella, la zona del Palacio Municipal, principalmente. En este Centro es notorio la presencia de espacios menos ruidosos que corresponden a zonas peatonales, la plaza Arratia, con un promedio de 57.3 dB(A) es una muestra de lo valioso del empleo de la estrategia hundida en desnivel que atenúa el ruido circundante. La plaza España también con valores dentro de la norma de 58.1 dB (A), le favorece una menor circulación vehicular en la mayor parte de su área. La plaza frente a la catedral con un promedio de 57,2 dB(A) y la de los mártires con un promedio de 60 dB(A), son una muestra de la rápida disipación del ruido ambiental y de la importancia de éstos espacios, como lugares de descanso en medio del caos ciudadano. Por otro lado con respecto al área ruidosa central, si bien corresponde a las zonas de mayor comercio, empieza a ser evidente que la distribución de las estaciones con valores por encima de los 70 dB(A), siguen los derroteros del transporte urbano. Este núcleo central con forma rectangular, muestra trazas estriadas por donde entra y salen del CH, los camiones de transporte urbano.

Figura 1 Distribución espacial del ruido ambiental: Promedios de ruido ambiental sobre primera clasificación del análisis multivariado.



- <55 Verde oscuro
- 55-59.9 Verde medio
- 60-64.9 Verde claro
- 65-69.9 Rojo
- 70-72.9 Lila
- 73-75 Morado
- >75 Morado oscuro

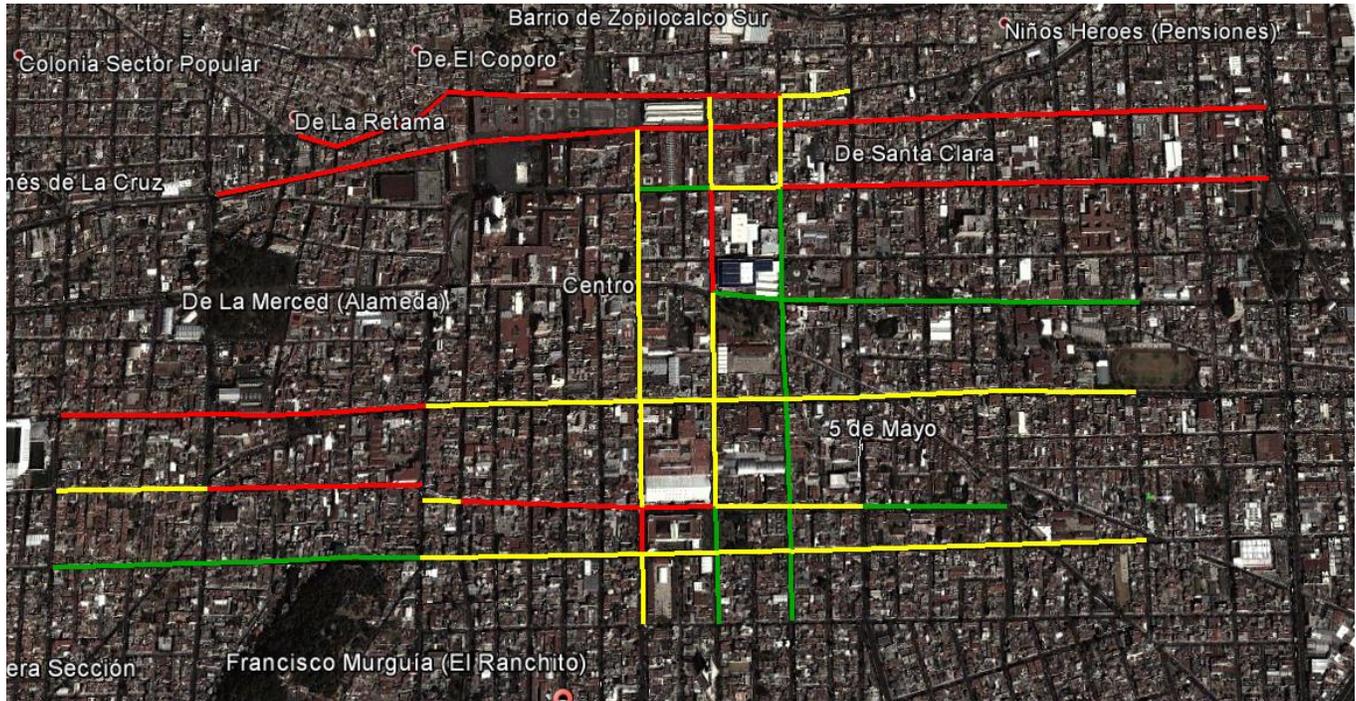
-Explicación en el Texto- (Elaboración Propia).

Con respecto al transporte público se considera un indicador que muestre la superposición de empresas transportistas que confluyen constituyendo un Indicador de redundancia en el tramo de ruta. Se ha tomado como indicador simple la suma de diferentes empresas que confluyen en el segmento y que de manera implícita involucran diversos derroteros que tiene concesionados y que encuentren en el mismo tramo de calle de acuerdo al estudio de campo de De la Torre y Alarcón (2012), en su estudio de “La movilidad urbana del transporte público de la zona Centro de la ciudad de Toluca”. Para obtener tramos completos con información, se identificaron los recorridos a partir de los esquemas de monitoreo de la movilidad de las empresas de transporte público urbano que incluyen datos de acceso, salidas, desvíos y enlaces de unidades, como parte de sus resultados de componentes espaciales de desplazamiento cada 15 minutos. Los resultados de han vertido en un esquema espacial que permite identificar de manera muy concreta su densidad en tres intervalos (Figura 2).

El número de Empresas de Transporte Público (ETP) visualizadas espacialmente en el CH, muestran como tendencia general, que son las avenidas con circulación Oeste-Este y viceversa, las que presentan mayor aglutinamiento entre 10 y 13, estamos hablando de las calles Lerdo de Tejada, Santos Degollado e Independencia, más al sur del CH. Morelos y Constituyentes-Instituto Literario, estas últimas sobre todo en su región Oeste. Una sección central de calles representadas principalmente por Benito Juárez y Rayón en sentido Norte-Sur; así igualmente un área central y zona Este de las calles Morelos y Gómez Farías, presentan valores intermedios entre 6 y 9 empresas transportistas. Las avenidas que presentan la menor densidad de ETP operando corresponde a Sor Juana Inés de la Cruz e Hidalgo, igualmente segmentos finales dentro del espacio muestral del Instituto Literario y Gómez Farías, e inicio de Rayón. En términos generales tenemos que en el espacio muestral revisado 16.3Km., el promedio de Empresas Transportistas que oscilan entre 1-5 corresponde precisamente a 4 unidades y ocupan una extensión lineal de aproximadamente el 19% (Verde); inmediatamente

el promedio en el intervalo de 6-9 es en efecto 7.8, redondeando 8 (Amarillo), la extensión que ocupa es de 41%; por último en el caso de las zonas con mayor número de ETP en el intervalo de 10-13, el promedio en 11.7 redondeado a 12 ETP, ocupan el 40% en las las avenidas del CH.

Figura 2. Densidad de Empresas Transportistas por Segmento

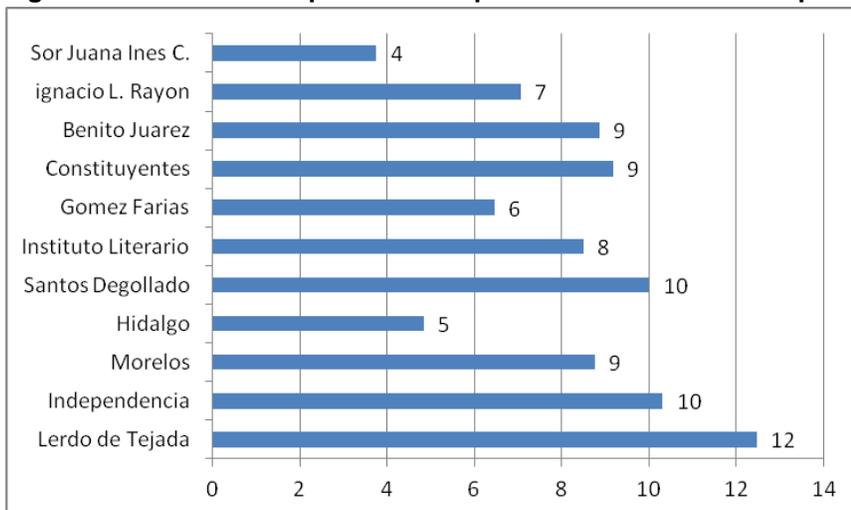


Verde 1-5, Amarillo 6-9, Rojo 10-13 Empresas

(Elaboración Propia basado en De la Torre y Alarcón, 2012).

Las vías del CH más saturadas por ETP es Lerdo de Tejada con 12, misma que constituye la principal puerta de entrada; le sigue en densidad las avenidas Independencia y Santos Degollado, ambas con 10; las calles Morelos de gran circulación Oeste-Este, así como Benito Juárez sitio por donde bajan, abordan o transbordan pasajeros en gran parte de esta vía, ambas con 10 ETP, principalmente (Figura 3).

Figura 3. Número de Empresas Transportistas Concecionarias por Calle

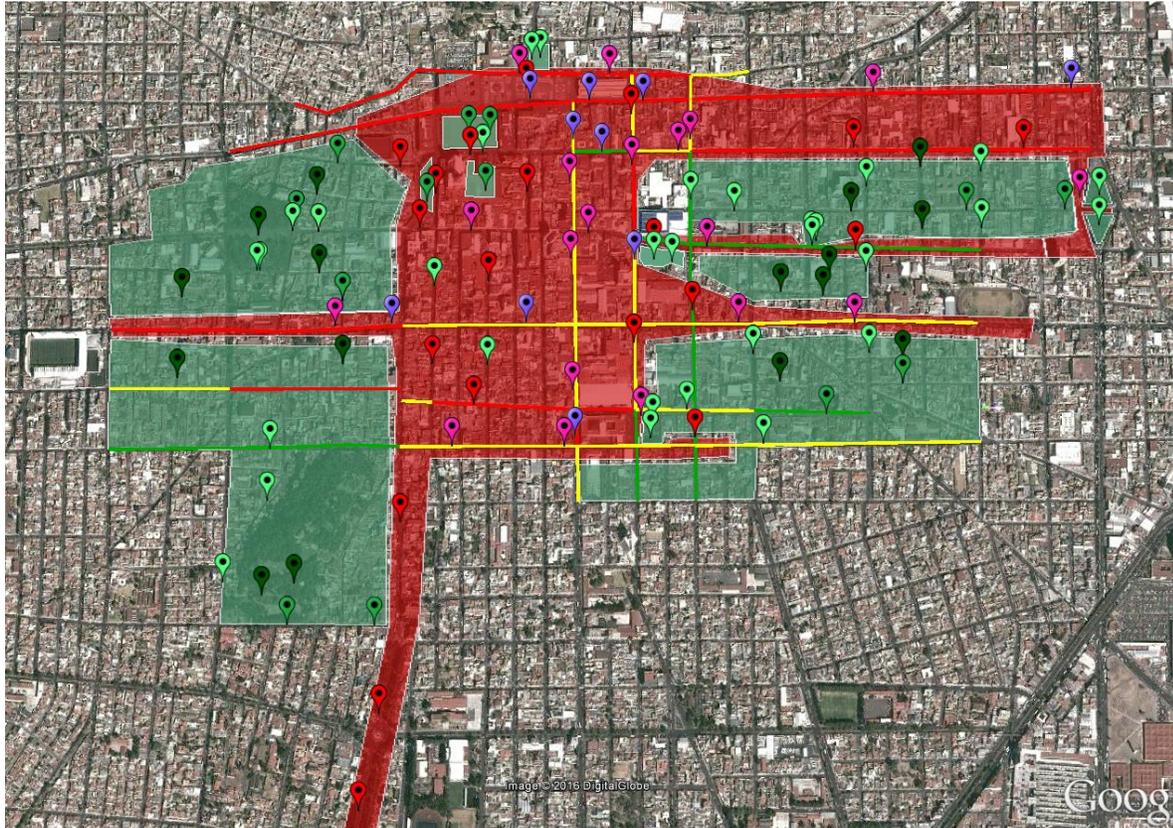


(Elaboración Propia basado en De la Torre y Alarcón, 2012).

Es evidente que la saturación de ETP circulando y trabajando por los mismos segmentos del CH es excesiva; para poder identificar los efectos perniciosos de esta situación, ajustamos sus valores espacialmente con los valores de ruido ambiental (Figura, 4). La ubicación espacial de ambas variables, empieza a mostrar de manera presuntiva pero muy clara, que los segmentos de vías con alta densidad de ETP en la zona del CH, se encuentran fuertemente relacionados. Son principalmente las vías primarias con circulación y densidades altas de ETP, la que muestran igualmente valores elevados de ruido ambiental. Los espacios públicos o calles que quedan intermedios a dichas avenidas, presentan notoria mejoría del ruido ambiental, a niveles aceptables de acuerdo al máximo de la OMS de 65 dB(A). En la zona de CH, estos espacios más tranquilos en lo que a ruido se refiere, corresponde al noroeste, a la zona de la Alameda y calles que la circundan; la circulación moderada sin ETP y el espacio público del parque con su vegetación, sin duda fomentan valores aceptables del ruido ambiental con varias zonas con valores por debajo de 55 dB(A), pero que en su total no rebasan la norma de la OMS. El área de suroeste del CH, corresponde al cerro de la Teresona, en donde se ubica un espacio público

con áreas verdes y que igualmente presenta valores por debajo de los 55 dB(A), algunas calles con menos de 60 dB(A) y tres segmentos con valores dentro de la norma de ruido ambiental.

Figura 4. Relación del ruido ambiental con el número de empresas transportistas por segmento de vía



(Elaboración Propia, datos propios y basado en De la Torre y Alarcón, 2012).

En la zona noreste por debajo de la avenida Lerdo de Tejada, se puede identificar una zona de casas habitación que disfrutan de un poco de tranquilidad con valores de ruido ambiental dentro la normativa. La avenida Hidalgo, tiene densidades “verdes” de ETP, lo que permite una continuidad en áreas menos ruidosas hasta seguir bajando donde intercepta una línea ruidosa constituida por la avenida Morelos, con valores excedidos promedio en el rango de 69.2 hasta 75.2 dB(A), uno de los valores promedio más altos de este estudio. Pasando esta frontera ruidosa, en la zona sureste del CH, gracias a las densidades bajas de ETP menores a 5 en la

parte final de la avenida Instituto Literario y la avenida Sor Juana Inés de la Cruz, es que se puede encontrar otra zona de tranquilidad acústica, gran parte de este sector presenta ruidos ambientales dentro de la norma de la OMS.

Una mención especial merece la calle Lerdo de Tejada la cual es una es una vía primaria que en su paso por el CH, aglutina la mayor cantidad de empresas de transporte, en sus diferentes segmentos revisados 2.4 Km., esta densidad cae en el intervalo entre 10 y 13 el promedio es de 12.5. La totalidad de los segmentos revisados nos permite afirmar que la calle Lerdo de Tejada en su paso por el CH, presenta un elevado promedio de ETP concesionadas que compiten activamente en la prestación de servicios. Sin embargo esta avenida de acuerdo a observaciones en campo, muestra que el procedimiento de las ETP no es ordenado y prudente ya que las unidades entran a la altura de Isidro Fabela y conforme van levantando usuarios, aceleran circulando a velocidades altas, compitiendo con unidades de otras empresas e inclusive de la misma, esta carrera termina al acercarse a la altura del Cosmovitral en donde buscan un sitio apropiado para dejar a los usuarios. Esta manera de funcionar se relaciona de manera directa con el ruido ambiental con un valor promedio muy elevado de 74.9 dB(A) al ingreso al CH, bajando un tanto con 70.1 dB(A) hasta otro valor excedido de 74.4 dB(A), cercano al Cosmovitral. Sin duda que Lerdo de Tejada y las calles que circundan al Cosmovitral constituyen el área más ruidosa del CH. En estos segmentos revisados correspondientes a Lerdo de Tejada se encontró hasta un máximo de 21 unidades de transporte urbano (UTU) en el lapso de tiempo de muestreo de 15 minutos. Como ejemplo de la densidad de unidades de transporte que puede encontrarse en esta calle, revisamos una imagen de Google Earth del 09/06/2011 (Figura 5), en donde puede evidenciarse que en un segmento de 160 mts. Ubicado a un costado del Cosmovitral se observan 10 UTU que representan una densidad de 1 unidad cada 16 metros; en tanto que en el segmento que comprende Isidro Fabela hasta Nicolás Bravo puede hallarse hasta 37 UTU con una densidad de 1 unidad cada 46 metros en promedio. Esta

calle se constituye como una de los principales accesos al CH., si bien es deseable que exista una adecuada cobertura de transporte público, el hecho de poder encontrar densidades tan altas, es un exceso que pone en evidencia la urgencia de modificar tal situación.

Figura 5. Unidades de Transporte Urbano Calle Lerdo de Tejada frente al Cosmovital, Segmentos de Rayón y Benito Juárez.



(Elaboración Propia Fragmento Imagen Google Earth 09/06/2011)

Otra Calle de gran interés es Independencia, considerando el segmento entre las calles Sor Juana Inés de la Cruz e Isidro Fabela con circulación en dirección Oeste-Este la densidad de ETP es de 12 como promedio y con un registro máximo de 24 unidades en 15 minutos, este es el valor más alto encontrado en el espacio muestral. Este segmento de más de 1 Km., constituye otra de las vías primarias más saturadas, sin embargo a pesar de ello a diferencia de Lerdo de Tejada, el modo en que se movilizan las unidades es tanto más prudente en comparación. Una revisión de imágenes de satélite en Google Earth no mostró aglomeraciones importantes. El ruido ambiental asociado a este segmento de vía, es de 68.6 dB(A), a pesar de

que se escapa de la norma, sin duda que influye el modo de operación de las unidades el que este valor no esté tan excedido como los promedios de Lerdo de Tejada.

Como se ha mencionado antes existen algunas avenidas en las que las UTU tienen ciertas facilidades para aumentar su velocidad de acuerdo a su conveniencia y eso da por resultado un proceso inadecuado e inclusive peligroso para los transeúntes, y nocivo por la contaminación ambiental. Este es también el caso de la calle Valentín Gómez Farías, en el segmento de Benito Juárez a Villada en Dirección Este-Oeste, en donde se observó que las UTU van saliendo del área aglutinada del CH hacia otros derroteros, aumentan de manera notoria la velocidad para cruzar Villada o girar hacia Paseo Colón. Esta importante salida de UTU actúa como espejo en sentido opuesto de la avenida Lerdo de Tejada, y representan flujos importantes de entrada-salida al CH. Como consecuencia de esta conducta, movida por el deseo de salir lo más rápidamente de la zona del CH, las UTU generan ruido en 70 dB(A) promedio.

Un punto neurálgico del CH lo constituye una zona comprendida en la confluencia de las Calles Lerdo de Tejada, Rayón y Benito Juárez, estas dos últimas corren paralelas en sentido Norte-Sur en sentidos opuestos, creando un sector de enorme dinamismo y movilidad vehicular, Rayón ubicada en el intervalo amarillo con un promedio de 7 ET y una carga importante de hasta 20 unidades en un segmento, puede verse congestionada por la confluencia con vehículos privados, sobre todo en su porción entre las calles Hidalgo y Lerdo de Tejada. La movilidad de las UTU en esta área es relativamente prudente en el sentido de circular a baja velocidad y guardar orden sin hacer carreras por ganar usuarios o espacios. Esto se hace evidente cuando se revisan los niveles de ruido en la calle Benito Juárez, en términos generales se ubica en 66 dB(A), Rayón en cambio presenta estaciones con valores superiores a 70 dB(A).

Como una manera de formalizar las relaciones identificadas de manera visual, presuntiva y por asociación simple hacia otra no influenciada por la manipulación del investigador, se empleó los resultados de los dos primeros clusters para asociarlas con el tipo de circulación que predomina en los segmentos de vía, revisados. Considerando que el tipo A, corresponde a automóviles y motocicletas, el tipo M, que corresponden a mixto de UTU, automóviles y motocicletas y finalmente los de tipo P, peatonales. La estrategia consiste en tomar los dos principales grupos clasificados de ruido ambiental y calcular sus promedios considerando el tipo de circulación (Tabla 1, subtabla a), los valores a usar son los más “representativos” de esos grupos, considerados así por la mayor cantidad de elementos agrupados (Tabla 1, subtabla b).

Tabla 1. Tipo de circulación en la vía relacionado con promedios de ruido ambiental, primera clasificación del análisis multivariado.

Rótulos de fila	1	2
A	67.4	58.6
M	69.9	63.3
P	65.8	59.4
subtabla a		
A	10	35
M	37	9
P	2	16
subtabla b		

-Explicación en el Texto- (Elaboración Propia).

De esta manera disponemos ahora, de promedios de ruido ambiental similares en las vías A correspondiente a automóviles y motocicletas con las vías P peatonales, ambas con un valor asociado por dentro de la norma de la OMS, por debajo de los 65 dB(A). En tanto en las vías M, mixtas incluyendo las UTU, entonces el valor se incrementa en más de 10 unidades. Esto es una prueba irrefutable de que las vías por las que circulan la ETP, son mucho más ruidosas que aquellas por donde no circulan. No es viable emplear alguna prueba estadística para apoyar esta conclusión por la razón de que los valores implícitos en cada unidad decibel, aumenta en

10 veces cada vez que se incrementa una unidad de valor. Esto da como consecuencia que la medida arimética a evaluar no corresponde con su valor incrementado en diez partes, de esa manera, el disponer de estos resultados no guiados por cálculos del investigador, representan una prueba en sí mismos.

Por otro lado, el número de ETP que circulan sus UTU en las calles del CH, conlleva asociado un importante valor que corresponde al incremento de la carga sobre la vía con todos los efectos perniciosos ya descritos y en especial haciendo énfasis en el ruido ambiental que incrementan. De esta forma es predecible que a medida que aumenta el número de ETP, podrá preverse un aumento en los niveles de ruido ambiental en dB(A). Tal como puede visualizarse en la Tabla 2, aquellas vías que representan una mayoría por las que no circulan las UTU, corresponde a 61 segmentos de calle muestreadas y que presentan un valor de ruido ambiental de 60 dB(A), apropiado de acuerdo a la OMS. A partir de este nivel de ruido de un entorno de calle sin UTU, se incrementan los niveles gradualmente. Para obtener más consistencia con las unidades muestreadas, se agruparon primeramente en donde existen UTU pertenecientes a 1 o hasta 5 ETP, el resultado fue de 65.8 dB(A), apenas en el nivel apropiado de la norma de la OMS. Sin embargo la agrupación de vías donde circulan UTU correspondiente de 6 a 10 empresas de transporte público, el valor promedio fue de 69.5 dB(A). Al promediar a las últimas tres, con ETP entre 11 a 13, se incrementa a 71 dB(A). Estos valores ponen de manifiesto que el incremento de la unidad hasta más de 10 unidades de ETP, se reflejan en un aumento igualmente de casi 10 decibelios. Sin embargo hay que considerar que el aumento de la presión sonora crece 10 veces por cada decibel, así entonces, no debe perderse de vista para la discusión.

Tabla 2. Promedios de ruido ambiental en segmentos de vías, de acuerdo al número de empresas transportistas.

ETP	dB (A)	Agrupado	n	n agrupado	
0	60.1502024		60.2	61	61
1	65.9295681			1	
2	66.3445183			1	
3	65.2997093			8	
4	66.926			1	
5	64.8693368		65.8	5	16
6	67.8302326			1	
7	68.4150621			7	
8	69.50957			6	
9	70.7484219			4	
10	71.2642933		69.5	3	21
11	70.5256895			3	
12	69.5105167			5	
13	73.1536814		71	3	11

-Explicación en el Texto- (Elaboración Propia).

CONCLUSIONES

La distribución espacial del ruido ambiental en el CH, siguió una tendencia a formar un núcleo compacto ruidoso en la zona de mayor afluencia comercial, caracterizado también por la mayor confluencia vehicular. Este núcleo ruidoso presenta irradiaciones a partir de las avenidas por las que circulan las UTU, hasta salir del CH, los valores promedio de ruido ambiental prevalecientes en esta área es de 69.2 dB(A). El resto conformado por varios sectores de relativa calma acústica atravesadas por algunas vías ruidosas, estos sectores tranquilos que corresponden sobre todo a zonas habitacionales presentan valores promedio de ruido ambiental de 59.5 dB(A), lo cual es favorable de acuerdo a la norma internacional de la OMS, de una máxima de 65 dB(A) para espacio públicos.

La presencia de espacios públicos abiertos como plazas, parques y jardines demostraron ser de gran importancia como lugares de descanso o calma a manera de islas acústicas en medio

de un CH ruidoso. A partir de los sitios revisados, han sido estrategias diferentes como la distancia de las fuente ruidosas que atenúan el ruido ambiental, es el caso de la plaza de los mártires; la vegetación en la Alameda; el desnivel del suelo en la plaza Arratia, que han mostrado su valor y la importancia de preservar e incrementar dichos espacios públicos.

En las vías donde circulan las UTU, la mayor proporción en extensión, corresponde a las concesionadas a 8 empresas de transporte público con un 41%, le siguen las vías que fueron concesionadas a 12 ETP con 40% y solamente el 19 % corresponde a vías donde las ETP son 4. Esto pone de manifiesto el exceso en las concesiones de la misma vía o derrotero para más de una empresa de transporte.

Las avenidas donde circulan las UTU, la más densa en el número de ETP concesionarias, es Lerdo de Tejada con 12, sigue Santos Degollado e Independencia con 10; le siguen Benito Juárez y Morelos con 9 ETP. Es relevante considerar el exceso de empresas transportistas que redundan sobre estas vías, debido a los múltiples efectos perniciosos como la contaminación acústica, así como la competencia por ganar pasajeros que desemboca en carreras, mal servicio y peligro de colisión o atropellamiento.

La avenida Lerdo de Tejada, así como el derredor del Cosmovitral, se ubican como la zona más ruidosa del CH, valores característicos por encima de 70 dB(A) es típico en este lugar que es ocupado por las ETP para bajar o embarcar pasajeros.

Las vías con tipo de circulación mixto (M) que incluye UTU, automóviles y motos, excede en casi 10 unidades dB(A) a las de tipo (A) automóviles y motos, así como a las de tipo (P) peatonal.

Las vías que por las que no circulan UTU, su promedio es de 60.2 dB(A) por debajo de la norma de la OMS, esto pone de manifiesto la importancia de considerar esta información. Las vías con UTU concesionadas no debiera exceder de 5, ya que su promedio fue de 65.8 dB(A), apenas dentro de lo adecuado. Por encima de esto el exceso es pernicioso, con un intervalo de 6 a 10 el promedio fue de 69.5 dB(A). Entre 11 a 13 ETP concesionarias, los valores son excesivos, el promedio se ubica en 71 dB(A).

Se ha podido demostrar que mucho del ruido ambiental excesivo que prevalece en el CH de Toluca, proviene de unidades de transporte urbano, pertenecientes a diversas ETP que circulan con derroteros similares por las mismas vías. Entender como de una manera bastante directa la reducción de las ETP sobre la vías, puede mejorar este aspecto de la habitabilidad, es esperanzador para poder ejecutarse planteando la estrategia apropiada.

BIBLIOGRAFIA

LIBRO

De la Torre L. J., Alarcón G. A. (2012) *La movilidad urbana del transporte público de pasajeros en la zona centro de la ciudad de Toluca*. Tesis de Grado. Licenciado en Planeación Territorial. Universidad Autónoma del Estado de México. México. 162 p.

H. Ayuntamiento de Toluca (2006-2009) *Plan de Desarrollo Municipal de Toluca*. México. 234 p.

H. Ayuntamiento de Toluca (2013-2015) *Plan de Desarrollo Municipal de Toluca*. México. 354 p.

Rueda S., R. Cáceres, A. Cuchí, Ll. Brau (2012) *Urbanismo ecológico. Su aplicación en el diseño de un ecobarrio en Figuerres*. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. Barcelona. 304 p.

Xunta de Galicia (2012) *Ruido Ambiental Informe 2012*. Consellería del Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras. España.

ARTICULO

M. M. Morales Suárez-Varela, A. Llopis González, P. Cotanda G., A.M. García G., A. García R. *Evaluación de los efectos del ruido ambiental sobre los residentes en el centro histórico de Valencia*. Rev San Hig Pub. 1992. Vol 66, 3-4.

Moreno J., A. *El ruido ambiental urbano en Madrid. Caracterización y evaluación cuantitativa de la población potencialmente afectable*. Boletín de la A.G.E. Madrid. 2005: 40.

Ramírez A. G., Efraín A. D. C., Isabel B. M. *El ruido vehicular urbano y su relación con medidas de restricción del flujo de automóviles*. Rev Acad Colomb Cienc. ISSN 0370-3908. 2011. 35 (135): 143-156.

Vidal R. Rodrigo A. *Del medio ambiente al espacio público. Precisiones conceptuales*. Theoría. ISSN 0717-196X. 2007. Vol 16 (1): 63-76.

PÁGINA ELECTRÓNICA

SAS, *JMP Statistical Discovery* from SAS, Octubre, 2015,

http://www.jmp.com/support/help/Statistical_Details_11.shtml.