



**UNIVERSIDAD
EAFIT®**



Informe Mensual de Ruido Ambiental Enero de 2022

Contrato CCT 799 de 2021

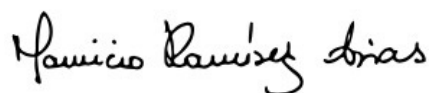
Elaborado por:
Universidad EAFIT



Desarrollar una investigación aplicada e innovación tecnológica, en el contexto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, para optimizar todos aquellos aspectos relacionados con la reducción y el manejo de eventos críticos asociados a riesgos por eventos multiamenaza y en gestión, y seguimiento de la calidad del aire en el marco del cumplimiento del PIGECA.

Elaborado por:
Juan David Berrío Bernal, Analista de datos.

Revisado y Autorizado por:
Mauricio Ramirez Arias, Líder Calidad del Aire.



Fecha de emisión:
09 de febrero del 2022

Código:
F-GAA-RA-76
Versión:
2

Nota: Este informe no puede ser replicado sin autorización del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.



Contenido

1. Introducción	1
2. Descripción de la Red de Ruido Ambiental	2
Descripción de las estaciones de monitoreo de Ruido Ambiental	6
3. Resultados de las Mediciones de Ruido	12
Nivel de Presión Sonora	12
Nivel de presión sonora diurna	15
Nivel de presión sonora nocturna	16
Nivel día noche	16
Estadísticos de Ruido	18
Indicadores de Ruido ambiental	19
Ciclo Diurno	24
4. Meteorología	26
Ciclo diurno temperatura, humedad relativa y presión	26
Precipitación	27
Vientos	29
5. Anexos	33
Anexo 1. Métodos de medición	33

Anexo 2. Cálculo Indicadores	33
Anexo 3. Cálculo de incertidumbre	34
Anexo 4. Regla de decisión para la medición de ruido ambiental	37

Índice de Figuras

2.1. Estaciones de monitoreo de Ruido Ambiental	2
2.2. Localización de sonómetro en la estación GIR-BOTJ	6
2.3. Localización de sonómetro en la estación CEN-TRAF	7
2.4. Localización de sonómetro en la estación ITA-ACUA	9
2.5. Localización de sonómetro en la estación ITA-SAMA	10
2.6. Localización de sonómetro en la estación SAB-SEMS	11
3.1. Continuación	12
3.1. Continuación	13
3.1. Continuación	14
3.2. Nivel de presión sonora Diurna	15
3.3. Nivel de presión sonora Nocturna	16
3.4. Nivel de Presión Sonora Día Noche para las estaciones de monitoreo de Ruido Ambiental	16
3.5. Niveles de presión sonora equivalente semanal diurnos	18
3.6. Niveles de presión sonora equivalente semanal nocturnos	18
3.7. Nivel de ruido de tráfico diurno y nocturno	20
3.8. Factor de clima sonoro diurno y nocturno	21
3.9. Nivel de contaminación por ruido diurno y nocturno	22
3.10. Nivel de exposición sonora diurno y nocturno	23
3.11. Diferencia de presión sonora diurno-nocturno	24
3.12. Ciclo diurno de los niveles de presión sonora	24
3.12. Continuación	25
4.1. Presión, Temperatura y Humedad Relativa para las distintas estaciones	27
4.2. Precipitación horaria y acumulada para las distintas estaciones	28
4.3. Rosas de Viento diurnas para las distintas estaciones	30
4.4. Rosas de Viento nocturnas para las distintas estaciones	31

4.5. Rosas de Viento totales para las distintas estaciones	32
--	----

Índice de Tablas

2.1. Tipo de filtro utilizado en la medición de las estaciones de ruido.	3
2.2. Sector, subsector y estándares máximos de ruido ambiental para cada estación.	4
2.3. Porcentaje de datos válidos para el mes de Enero del 2022	5
3.1. Nivel de presión sonora equivalente para cada día de la semana y para cada una de las estaciones.	17
3.2. Estadísticos para las estaciones de monitoreo de Ruido Ambiental.	19
4.1. Porcentaje de datos invalidados por condiciones meteorológicas para el mes de Enero del 2022	26
4.2. Estadísticos Precipitación	29
5.1. Método utilizado dentro de la red de ruido	33
5.2. Estimación de la incertidumbre para los sonómetros de la red	36
5.2. Estimación de la incertidumbre para los sonómetros de la red	37

1 Introducción

El Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA), es un proyecto de Ciencia y Tecnología y una estrategia para la gestión de riesgos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Alcaldía de Medellín.

El SIATA tiene como tarea fundamental alertar en tiempo real a los organismos gestores de riesgos y a la comunidad, frente a la posible ocurrencia de un fenómeno natural que pueda generar una emergencia, con este fin se realiza monitoreo en tiempo real de condiciones hidrometeorológicas de la región; desarrollo de modelos de pronóstico meteorológico e hidrológico, ajustados a las condiciones de la región; y entrega oportuna de información. El SIATA posee y opera equipos de monitoreo a lo largo y ancho del Valle del Aburrá y en menor proporción fuera de él. Las sedes de investigación y desarrollo del proyecto se ubica en el sector Estadio (Calle 50 # 71-147) y Aguacatala (Carrera 48A # 10Sur-123), de la ciudad de Medellín (teléfono: 403 88 70).

Desde el 1 de Agosto de 2016 el SIATA se constituye como operador de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (REDMCA), encargándose de la operación permanente de la red y la activación de protocolos de contingencia en caso de falla del sistema. De igual forma, debe apoyar de manera priorizada la gestión de eventos críticos relacionados con la calidad del aire de los municipios de la jurisdicción, entregando reportes de situaciones críticas de manera permanente y ante alteraciones de las condiciones ambientales de la región que puedan ser monitoreadas por el sistema.

Las condiciones meteorológicas han sido identificadas como un elemento esencial para el pronóstico, entendimiento y planificación de la calidad del aire dentro de nuestra región metropolitana, siendo la atmósfera el medio donde se liberan, transportan y dispersan los contaminantes. La topografía compleja del Valle de Aburrá favorece, bajo condiciones de estabilidad atmosférica, la acumulación de contaminantes cerca de la superficie, especialmente durante las primeras horas de la mañana y durante las horas posteriores al atardecer.

En este informe se presenta el análisis de los registros obtenidos de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental del Valle de Aburrá.

2 Descripción de la Red de Ruido Ambiental

Durante el mes la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental estuvo constituida por 8 puntos de monitoreo ubicados en 4 de los 10 municipios que conforman el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En dichas estaciones se realizaron mediciones tanto de nivel de presión sonora en bandas de frecuencia de tercios de octava, como de parámetros meteorológicos adicionales que pueden afectar las mediciones de nivel de presión sonora y son requeridos por la normativa nacional. La Figura 2.1 presenta un mapa con la ubicación geográfica de las distintas estaciones de monitoreo.

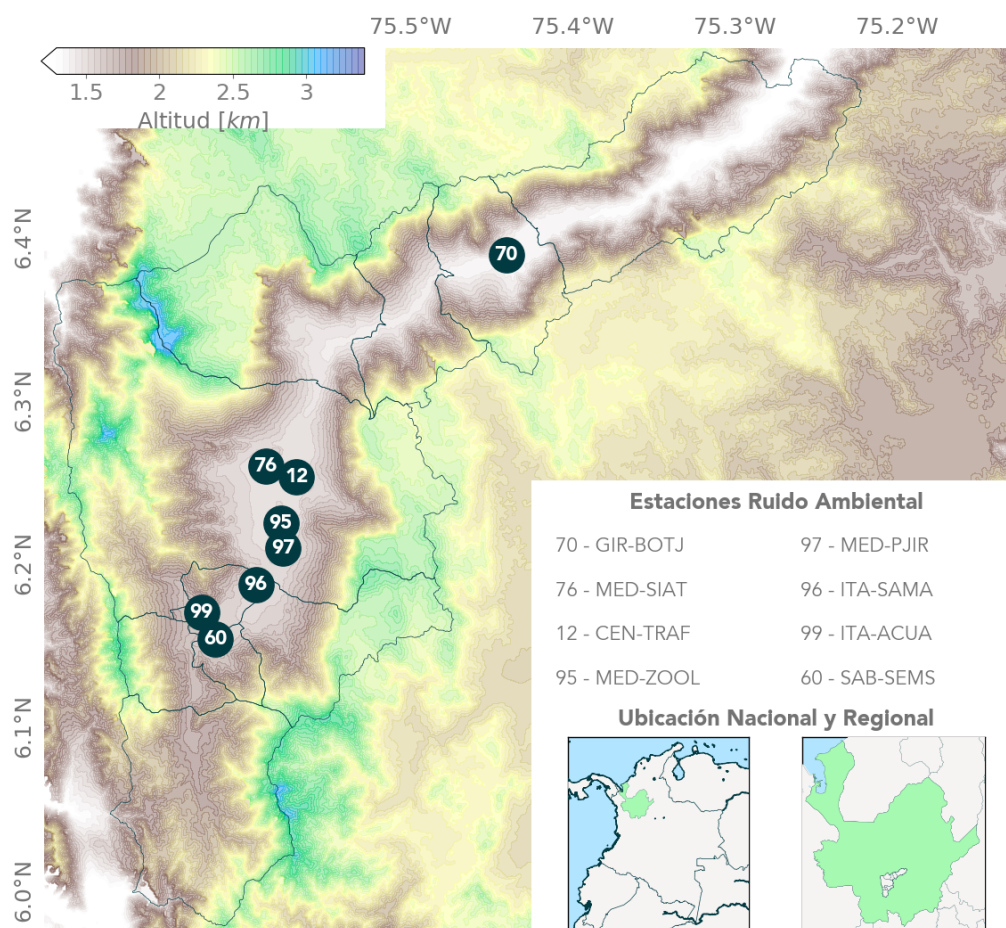


Figura 2.1: Estaciones de monitoreo de Ruido Ambiental

Algunas estaciones de la red utilizan un filtro de ponderación A, el cual está diseñado para simular la percepción del oído humano ante el ruido: ya que el oído humano no presenta la misma sensibilidad a todas las frecuencias. Así pues, este filtro atenúa las frecuencias bajas y en menor medida las altas,

de forma que su rango de mayor sensibilidad esta entre los 500 Hz y 6000 Hz. Los equipos de las demás estaciones utilizan un filtro frecuencial tipo Z, el cual es un filtro de frecuencias plano que responde a las frecuencias entre 10 Hz y 20000 Hz; al procesar los datos, los registros de dichos equipos se adaptan a filtro de ponderación A como requisito de la Resolución 0627 del 2006. La Tabla 2.1 presenta un resumen del tipo de filtro utilizado por el equipo de medición en cada una de las estaciones.

Tabla 2.1: Tipo de filtro utilizado en la medición de las estaciones de ruido.

ESTACIÓN	SIGLA	FILTRO
Droguería Botica Junín	GIR-BOTJ	A
Torre SIATA	MED-SIAT	Z
Tráfico Centro	CEN-TRAF	A
Zoológico Santa Fe	MED-ZOOL	A
Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Regional	MED-PJIC	Z
Acuaparque Ditaires	ITA-ACUA	A
Santa María	ITA-SAMA	A
Secretaria de Educación de Sabaneta	SAB-SEMS	A

Nota: Los datos de las estaciones que miden con filtro de poderación Z se corrigen usando un filtro de ponderación A al procesar los datos

La Resolución 0627 de 2006 del MAVDT (actual MADS) define los estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido para los periodos diurno y nocturno, de acuerdo al tipo de zona en donde se ubique la estación. La Tabla 2.2 establece el sector, el subsector y los niveles máximos permisibles de emisión de ruido en el horario diurno (entre las 07:01 y 21:00) y la nocturno (entre las 21:01 y 07:00) para cada una de las estaciones de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental, esta clasificación fue realizada de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial de los respectivos municipios.

Tabla 2.2: Sector, subsector y estándares máximos de ruido ambiental para cada estación.

ESTACIÓN	SECTOR	SUBSECTOR	NORMA (dB)	
			DIURNA	NOCTURNA
GIR-BOTJ	C	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, discotecas, bingos, casinos	70	55
MED-SIAT	C	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, discotecas, bingos, casinos.	70	55
CEN-TRAF	C	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, discotecas, bingos, casinos.	80	70
MED-ZOOL	C	Zonas con usos institucionales.	65	50
MED-PJIR	B	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.	65	50
ITA-SAMA	C	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, discotecas, bingos, casinos.	70	55
SAB-SEMS	C	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, discotecas, bingos, casinos.	70	55
ITA-ACUA	C	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, discotecas, bingos, casinos.	70	55

Los niveles de presión sonora equivalentes ponderados A en un periodo de tiempo T ($LAeqT$) son corregidos por ajuste de tonalidad y contenido de información frecuencial, para obtener los niveles corregidos de presión sonora continuos equivalentes ponderados A ($LRAeqT$) con los cuales se realiza la comparación con los estándares máximos permisibles de emisión de ruido y ruido ambiental, este procedimiento se efectúa de acuerdo con la metodología establecida en la Resolución 0627 de 2006. De igual forma se invalidan los datos en los periodos con precipitaciones o donde la velocidad del viento supera 3 metros por segundo.

En la Tabla 5.2 se organizan los porcentajes de datos válidos para cada variable de ruido ambiental por estación de la Red. Se hace énfasis en que los niveles de presión sonora continuo equivalente diurno ($LRAeq, d$) y nocturno ($LRAeq, n$) son obtenidos a partir del promedio logaritmico de los niveles de presión sonora horario ($LRAeqh$), en su respectivo periodo del día.

Tabla 2.3: Porcentaje de datos válidos para el mes de Enero del 2022

Estaciones	$LRAeqh$	$LRAeq, d$	$LRAeq, n$
GIR-BOTJ	70.0	90.3	93.5
MED-SIAT	95.4	100.0	100.0
CEN-TRAF	47.5	56.7	56.7
MED-ZOOL	78.2	83.9	83.9
MED-PJIR	96.0	100.0	100.0
ITA-SAMA	90.3	100.0	100.0
ITA-ACUA	95.3	100.0	100.0
SAB-SEMS	95.7	100.0	100.0

Los equipos de ruido pertenecientes a la red poseen un mantenimiento semanal, en donde se lleva a cabo la limpieza general, revisión de conexiones eléctricas y la descarga de los datos; además de otras actividades que sean necesarias. En ocasiones los equipos presentan algún inconveniente técnico que no permite el registro satisfactorio de los datos, y será solo evidente en el momento de su descarga.

Durante el procedimiento para la operación, mantenimiento y descarga de datos del equipo de monitoreo ubicado en la estación GIR-BOTJ, realizado el 20 de enero de 2022, se encontraron problemas con la red de alimentación eléctrica del equipo y la batería de emergencia, la cual entra en proceso de cambio debido al número de fallas consecutivas que ha presentado, así pues, se encontró el equipo apagado y no se tienen datos del 16-17-18 y 19. Dicho inconveniente sumado a los datos invalidados por meteorología llevaron a tener un 30 % de datos invalidados, por lo que no se logra la meta de 75 % de datos válidos para el mes en dicha estación.

Por otro lado, el 06 de enero se realizó la instalación del equipo 01 dB CUBE en la estación CEN-TRAF después de regresar de servicio técnico con el fabricante, sin embargo, fue necesario anular datos entre el 6 y el 14 y entre el 19 y 26 debido a la realización de cambios en la configuración del equipo para implementar las correcciones de impulsividad en las mediciones de esta estación para permitir la transmisión y entrega de datos de nivel de presión sonora corregidos horarios $LRAeqH$ en tiempo real, cumpliendo con todas las correcciones y los requisitos definidos en la Resolución 627 de 2006 del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dichas anulaciones representaron un 51.8 % de datos invalidados, por lo que no se logra la meta de 75 % de datos válidos para el mes en dicha estación.

Finalmente vale la pena indicar que durante el mes de enero todas las estaciones lograron cumplir con la meta del 75 % de datos válidos para LAeqD y LAeqN, exceptuando CEN-TRAF por los problemas mencionados.

Nota: 1. Debido a las condiciones técnicas de medición que se presentan en los equipos que componen la red de ruido ambiental, en las cuales se dificulta conocer cada una las fuentes específicas que causan el ruido y resulta imposible apagarlas, no es posible hacer el seguimiento de los niveles de ruido residual según lo requerido en la Resolución 0627 de 2006. En este sentido, y como estimación del ruido residual contemplada en dicha resolución para los casos donde no es posible apagar la fuente, se reporta el Nivel Percentil L90 para cada estación.

Los resultados presentados en este informe se calculan a partir de los niveles de presión sonora sometidos a muestreo durante el mes de Enero, en responsabilidad del proyecto SIATA. Los calculos se realizan según lo definido en el procedimiento P-GAA-RA-14 Ruido Ambiental

Los equipos de la red de monitoreo de ruido son calibrados anualmente por parte de los proveedores de los dispositivos, estos son INTECCON y TEKCEM, ambos cuentan con laboratorios acreditados bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025

Descripción de las estaciones de monitoreo de Ruido Ambiental

Estación GIR-BOTJ

La estación GIR-BOTJ, ubicada en el municipio de Girardota se encuentra en una esquina del parque municipal, en el local comercial de la Droguería Botica Junín, con dirección: Carrera 15 No 6 - 05. Esta estación tiene como coordenadas 6° 22' 49,3" N y 75° 26' 56,1" W y una altura sobre el nivel del mar de 1424 m.

La estación está influenciada por las actividades inherentes al parque municipal; como almacenes y locales comerciales, bares, discotecas y por flujos vehiculares del sector, que generan un aporte importante al Ruido Ambiental de la zona.



Figura 2.2: Localización de sonómetro en la estación GIR-BOTJ

Estación MED-PJIR

La estación MED-PJIR se encuentra ubicada dentro del Politecnico Jaime Isaza Cadavid en la carrera 48 N 7 -151, en un parqueadero cercano a la Av. Regional. Su principal fuente de ruido es el tráfico rodante que circula por dicha avenida, que incluye motos, autos y tráfico pesado (buses, camiones, tractomulas). El punto de instalación tiene como coordenadas 06 12' 24,8" N y 75 34' 44,4" W y una altura sobre el nivel del mar de 1532 m.



Estación CEN-TRAF

La estación CEN-TRAF se encuentra ubicada en la carrera 53 N° 52-51, en un parqueadero localizado en el centro de la ciudad de Medellín, con coordenadas 6°15' 9.2"N y 75°34'10.488"W, a una altura de 1472 msnm. Su ubicación le confiere un ambiente permeado por el quehacer social y comercial de la ciudad, caracterizado por la confluencia constante de personas provenientes de diferentes lugares de la ciudad y fuera de ella.

Su principal fuente de ruido está dada por el denso flujo vehicular que lo rodea, al encontrarse en cercanía de una intersección vehicular por la que transitan diferentes rutas de buses y diversos tipos de vehículos como motocicletas, camiones medianos y vehículos livianos. El ruido en el sector además está influenciado por la presencia de venteros ambulantes, almacenes comerciales y restaurantes.



Figura 2.3: Localización de sonómetro en la estación CEN-TRAF

Estación MED-ZOOL

La estación MED-ZOOL se localiza en la carrera 52 N° 20-63, en el Parquedero del Parque Zoológico Santa Fe de la ciudad de Medellín, contiguo a la avenida Guayabal. Posee coordenadas de 6°13'28,1"N y 75°34'45,2"W a una altura sobre el nivel del mar de 1486 msnm.

De su ubicación, la principal fuente de ruido es la avenida Guayabal, una de las principales vías del suroccidente de Medellín, que es transitada por diversos tipos de vehículos, incluyendo motos, camiones y varias rutas de buses. En sus proximidades se encuentran las instalaciones del Zoológico Santa Fe y el Parque Confenalco Guayabal; donde se realizan ocasionalmente eventos y espectáculos sociales que también pueden constituir una fuente importante de ruido.



Estación MED-SIAT

La estación MED-SIAT se encuentra ubicada en la calle 50 con carrera 71, dentro de la unidad deportiva Atanasio Girardot, tiene como coordenadas 6° 15' 33,2" N y 75° 35' 19.1" W y una altura sobre el nivel del mar de 1484 m. Se encuentra en una de las zonas residenciales más centrales de la ciudad, en el centro occidente de Medellín, en donde confluyen dos importantes vías: la avenida 70, que corre de sur a norte y la avenida Colombia que corre de oriente a occidente.



Estación ITA-ACUA

La estación ITA-ACUA se encuentra ubicada en el Acuparque Ditaíres con dirección calle Cl. 36 # 59-69. Esta estación está influenciada por locales comerciales, restaurantes, bares y discotecas que se encuentran a su alrededor, por el parque recreativo y por el Estadio Metropolitano del municipio, los cuales pueden generar un aporte importante de ruido ambiental de la zona. Tiene como coordenadas 6° 18.0841' N y 75° 37' 37.0247' W y una altura sobre el nivel del mar de 1668 m.



Figura 2.4: Localización de sonómetro en la estación ITA-ACUA

Estación ITA-SAMA

La estación ITA-SAMA se encuentra ubicada en el parqueadero de la distribuidora Milenium, Cra 52 N 77 b-10, barrio Santa María. Junto a la estación se encuentra un alto flujo vehicular que genera aportes significativos de ruido ambiental en la zona. Tiene como coordenadas 6° 11' 12.8" N y 75° 35' 41.2" W y una altura sobre el nivel del mar de 1530.



Figura 2.5: Localización de sonómetro en la estación ITA-SAMA

Estación SAB-SEMS

La estación SAB-SEMS se encuentra ubicada en la Secretaría de Educación de Sabaneta sobre la vía que conduce al parque municipal en la dirección carrera 45 N 72 sur-25 y está rodeada de locales comerciales, restaurantes, bares y discotecas. Estos factores generan un aporte importante en ruido ambiental de la zona. Tiene como coordenadas $6^{\circ} 9' 13,0''$ N y $75^{\circ} 37' 11,2''$ W y una altura sobre el nivel del mar de 1618.



Figura 2.6: Localización de sonómetro en la estación SAB-SEMS

3 Resultados de las Mediciones de Ruido

Nivel de Presión Sonora

Las Figura 3.1 presenta los niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente diurno ($LRAeq,d$) y los niveles de presión sonora continuo equivalente nocturno ($LRAeq,n$) para cada estación de la red con su respectiva incertidumbre expandida U calculada según el Anexo 3 del presente documento. Todos los resultados reportados son validados por condiciones meteorológicas, (mediciones en presencia de precipitaciones no son tenidas en cuenta para el procesamiento de la información), y corregidos por ajuste de componentes tonales y horario. Los datos no son corregidos por componentes impulsivos puesto que los equipos no permiten la medición simultánea en filtro de ponderación slow (S) e Impulsive (I).

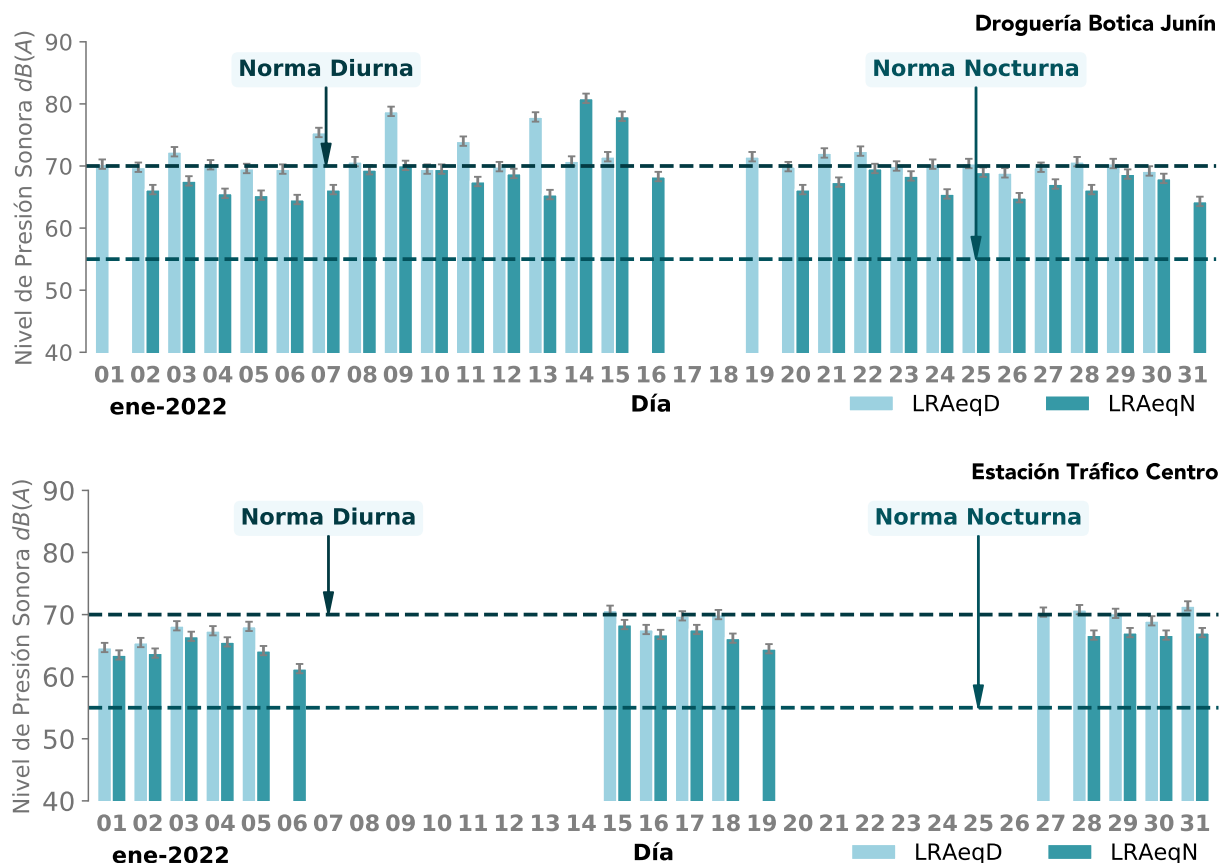


Figura 3.1: Continuación

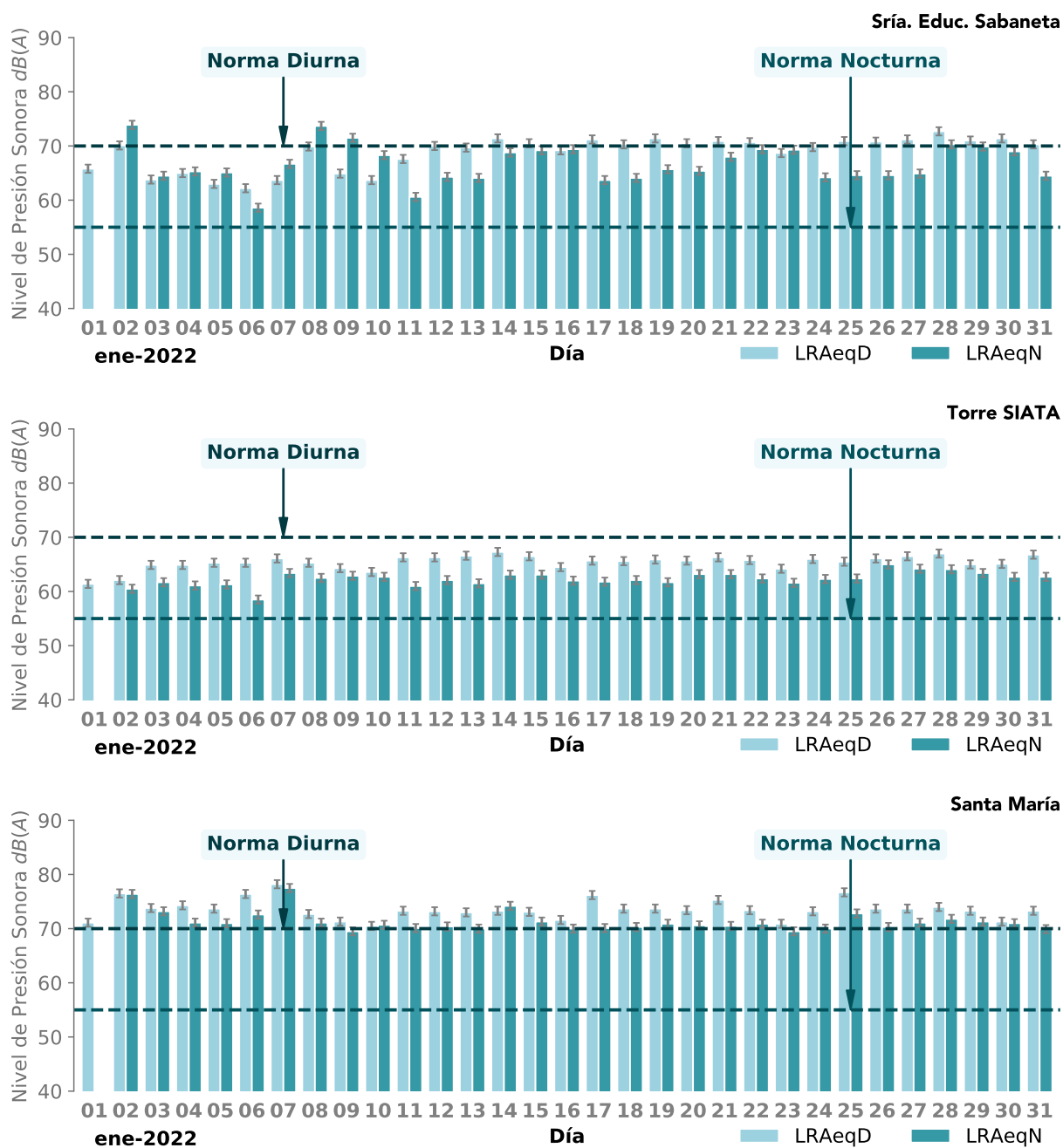


Figura 3.1: Continuación

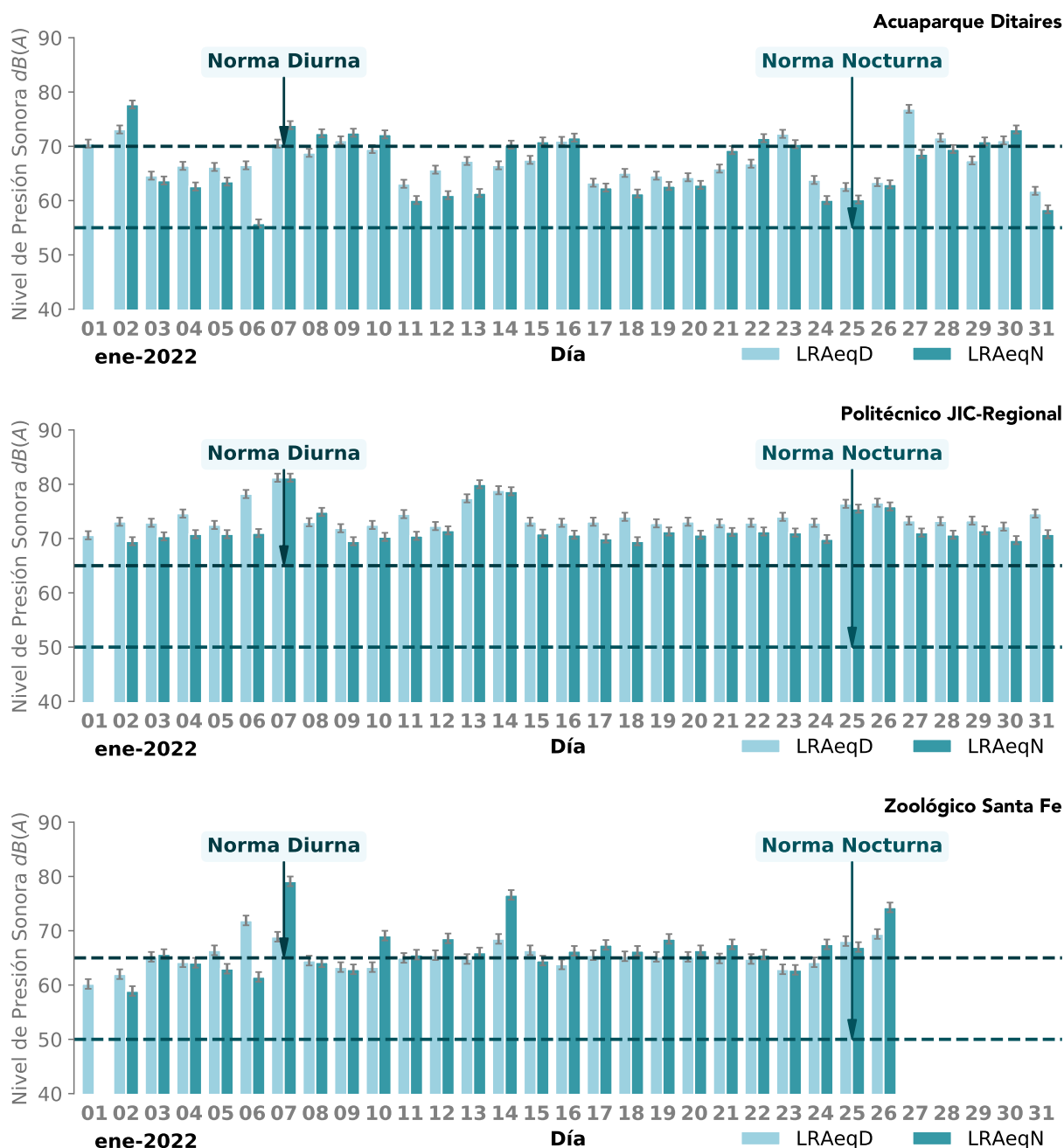


Figura 3.1: Continuación

De acuerdo con los resultados obtenidos es posible observar como las estaciones ITA-SAMA y MED-PJIR, para el total de sus muestras, presentan los mayores porcentajes de excedencias a la norma diurna, igual a 100.0% . Mientras que en la estación MED-SIAT no se registró excedencias a la norma diurna.

Con respecto a la norma nocturna, las estaciones CEN-TRAF, GIR-BOTJ, ITA-ACUA, ITA-SAMA, MED-PJIR, MED-SIAT, MED-ZOOL y SAB-SEMS, para el total de sus muestras, presentan los mayores

porcentajes de excedencias igual a 100.0% . Las estaciones CEN-TRAF, GIR-BOTJ, ITA-ACUA, ITA-SAMA, MED-PJIR, MED-SIAT, MED-ZOOL y SAB-SEMS tienen el menor porcentaje de excedencias a la norma nocturna equivalente a 100.0% en estas estaciones.

Nota: Los resultados asociados al de número de excedencias (NEN) y porcentaje de excedencias, se calculan teniendo en cuenta los valores límite definidos según la resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para el respectivo sector en el que se encuentra ubicada la estación de medición y la regla de decisión especificada en el Anexo 4 del presente documento.

Adicionalmente, se añaden los valores correspondientes a los Niveles de presión sonora corregida Diurna y Nocturna en las figuras siguientes

Nivel de presión sonora diurna

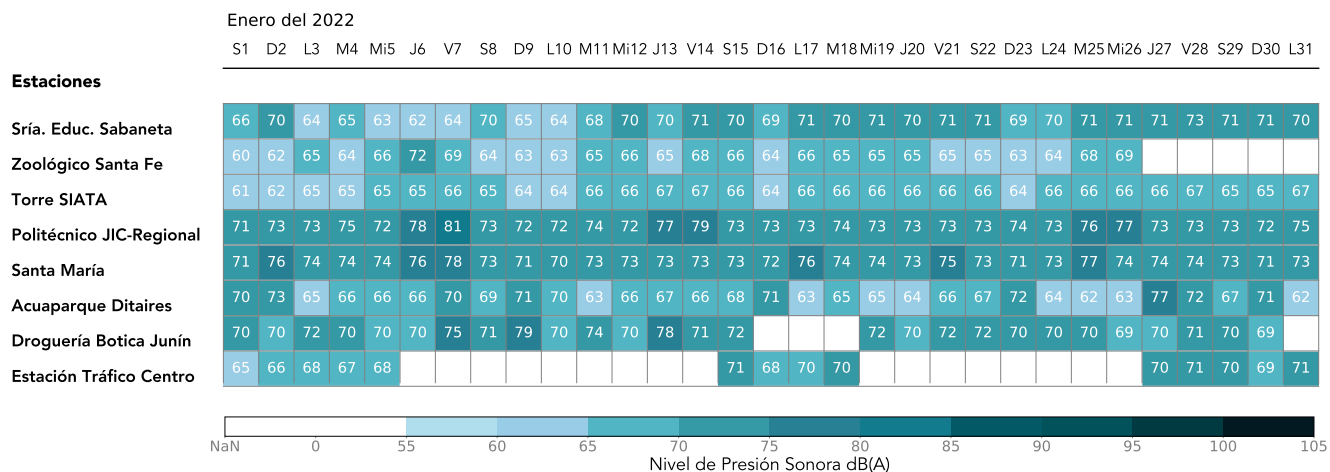


Figura 3.2: Nivel de presión sonora Diurna

Nivel de presión sonora nocturna

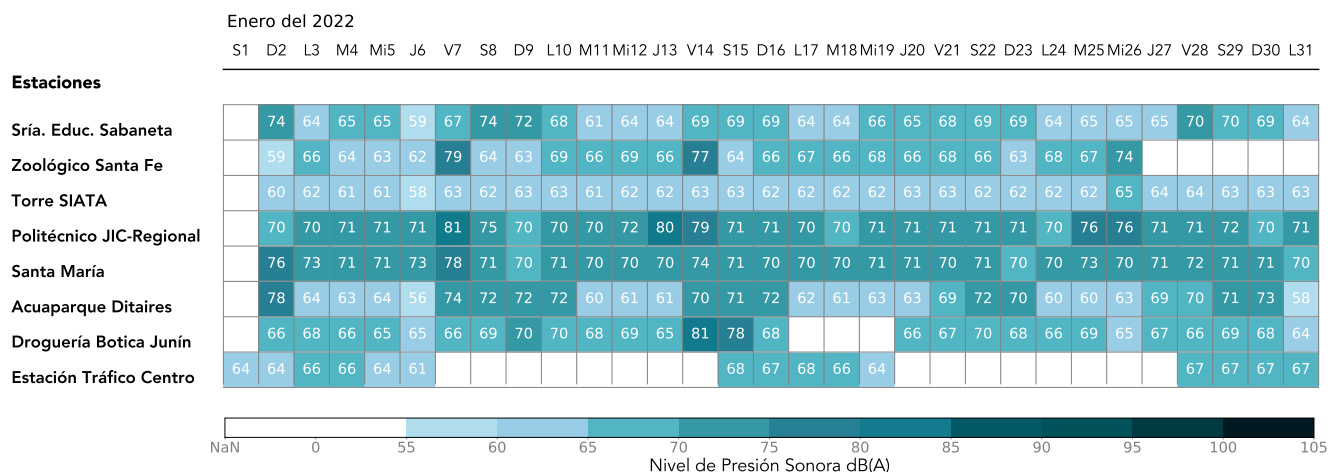


Figura 3.3: Nivel de presión sonora Nocturna

Nivel día noche

Otro parámetro utilizado en la evaluación de ruido ambiental y que deriva de los niveles diurnos y nocturnos, es el nivel día noche. Este surgió en la Unión Europea y luego dio lugar al $LRAeq, dn$, un nivel equivalente de 24 horas que penaliza el nivel de presión sonora continuo equivalente del periodo nocturno en 10dB, asumiendo que el horario diurno incluye 14 horas y el nocturno 10. Este parámetro busca cuantificar la molestia recibida por el ruido ocasionado en la noche y por eso penaliza las mediciones nocturnas con 10dB(A). Los resultados del nivel día noche para cada una de las estaciones se presentan en la Figura 3.4.

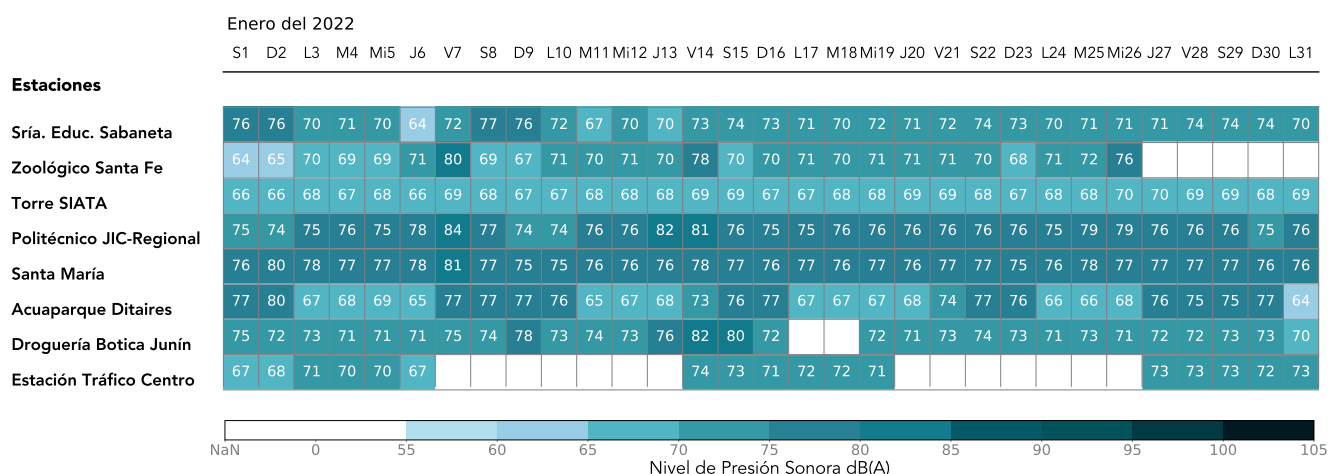


Figura 3.4: Nivel de Presión Sonora Día Noche para las estaciones de monitoreo de Ruido Ambiental

El Nivel de presión sonora equivalente para cada día de la semana es presentado en la Tabla 3.1 para cada una de las estaciones. Estos valores son el resultado de sumar logarítmicamente el nivel de presión sonora de cada día de medición válido y posteriormente dividir por el número de días de medición válidos para el mes, con lo cual se puede calcular un equivalente promedio en el mes, por ejemplo, todos los lunes con datos válidos se suman y posteriormente se divide por el número de lunes con datos válidos en el mes para buscar un valor equivalente mensual del día lunes.

Tabla 3.1: Nivel de presión sonora equivalente para cada día de la semana y para cada una de las estaciones.

Estación		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	L-V	S-D
CEN-TRAF	Diurna	69.99	68.89	68.10	70.40	70.80	69.24	67.60	69.71	68.49
	Nocturna	67.09	65.91	64.35	61.30	66.70	66.78	65.97	65.85	66.39
GIR-BOTJ	Diurna	70.86	71.91	70.08	73.52	72.71	71.13	74.14	72.05	72.73
	Nocturna	67.18	67.58	66.71	65.92	75.34	73.44	68.37	70.56	71.35
ITA-ACUA	Diurna	65.53	64.56	65.10	71.87	69.30	68.41	71.80	68.17	70.43
	Nocturna	66.51	61.17	62.65	64.38	71.20	71.47	73.89	66.72	72.98
ITA-SAMA	Diurna	73.77	74.72	73.58	74.35	75.64	72.80	72.94	74.44	72.87
	Nocturna	70.98	71.21	70.66	71.19	74.35	71.15	72.26	71.88	71.80
MED-PJIR	Diurna	73.26	74.98	73.96	76.10	77.95	72.68	72.88	75.49	72.78
	Nocturna	70.29	72.28	72.93	75.35	77.61	72.48	70.15	74.32	71.34
MED-SIAT	Diurna	65.53	65.60	65.92	66.06	66.70	65.11	64.15	65.96	64.65
	Nocturna	62.26	61.69	62.79	62.33	63.47	62.87	62.02	62.54	62.42
MED-ZOOL	Diurna	64.63	65.92	66.98	68.62	67.77	64.49	63.05	66.84	63.83
	Nocturna	67.59	65.88	70.34	65.12	76.45	64.81	63.47	70.95	64.10
SAB-SEMS	Diurna	68.83	69.02	69.76	69.47	70.71	69.92	69.33	69.57	69.64
	Nocturna	65.41	63.98	64.96	63.91	68.65	70.99	71.06	65.76	71.03

L-V: Lunes a Viernes, S-D: Sábado a Domingo

El mayor nivel de contaminación acústica del mes en horario diurno, igual a 81.2 $dB(A)$, se presentó el día viernes, 07 de enero en la estación MED-PJIR; esta estación también presentó el mayor nivel de presión equivalente nocturno, con un valor de 81.2 para el viernes 07 de enero.

Las Figuras 3.5 y 3.6 corresponden a la representación gráfica de la información anterior, de acuerdo a esto puede observarse como los niveles de presión sonora equivalente semanal nocturnos para los días sábado y domingo son mayores ante los demás días de la semana para las estaciones de ruido ITA-ACUA y SAB-SEMS. Los niveles de presión sonora equivalente semanal nocturnos para los días de la semana son más altos que los fines de semana para las estaciones de ruido MED-ZOOL. No se observan diferencias entre los niveles de presión sonora equivalente semanal diurnos entre los días de la semana y los fines de semana en las estaciones de monitoreo de Ruido Ambiental.

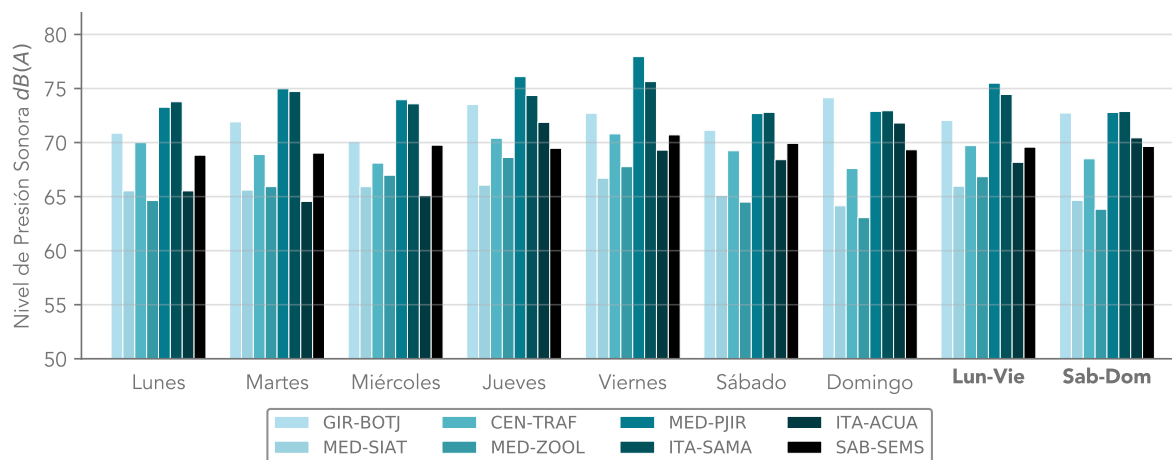


Figura 3.5: Niveles de presión sonora equivalente semanal diurnos

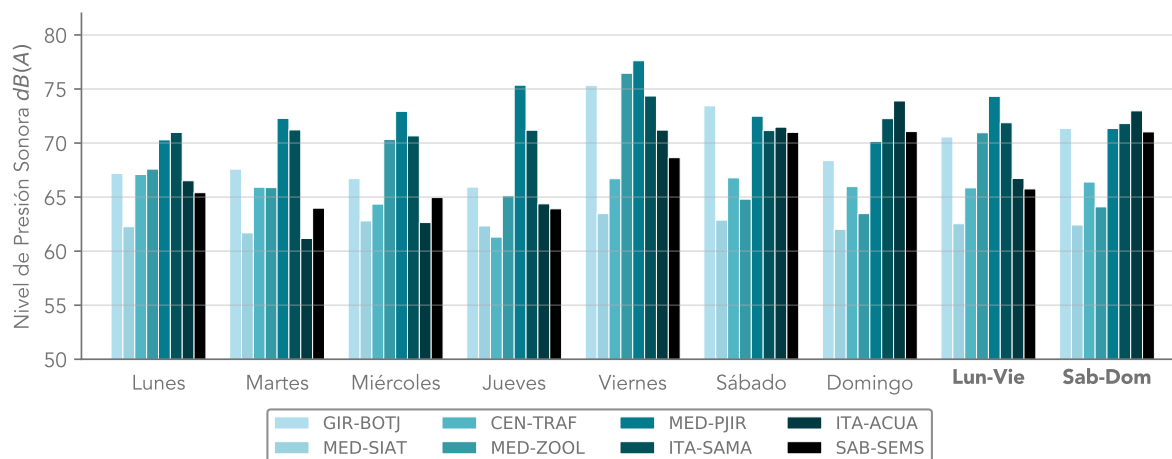


Figura 3.6: Niveles de presión sonora equivalente semanal nocturnos

Estadísticos de Ruido

Los parámetros estadísticos para las estaciones de ruido del Área Metropolitana del Valle de Aburrá se muestran en la Tabla 3.2. Estos datos fueron calculados con los resultados de nivel de presión sonora corregido continuo equivalente diurno y nocturno por medio de herramientas estadísticas. Así mismo, se presenta el Nive Percentil L90 calculado a partir de los registros de nivel de presión sonora corregido continuo equivalente horario, y que se interpreta como una estimación del ruido residual en el lugar de medición.

Tabla 3.2: Estadísticos para las estaciones de monitoreo de Ruido Ambiental.

Estación		Muestras	Media [dB(A)]	Mínimo [dB(A)]	Máximo [dB(A)]	L90 [dB(A)]	NEN
CEN-TRAF	Diurna	14	69.23	64.70	71.40	65.10	7
	Nocturna	15	66.08	61.30	68.40	60.70	15
GIR-BOTJ	Diurna	27	72.29	68.90	78.80	67.30	25
	Nocturna	27	70.84	64.30	80.90	59.60	27
ITA-ACUA	Diurna	31	69.03	61.80	76.90	60.50	10
	Nocturna	30	69.66	55.80	77.70	53.00	30
ITA-SAMA	Diurna	31	74.00	70.50	78.20	70.78	31
	Nocturna	30	71.85	69.50	77.50	67.90	30
MED-PJIR	Diurna	31	74.79	70.60	81.20	71.40	31
	Nocturna	30	73.62	69.50	81.20	67.21	30
MED-SIAT	Diurna	31	65.58	61.40	67.30	62.99	0
	Nocturna	30	62.50	58.50	65.00	57.30	30
MED-ZOOL	Diurna	26	66.11	60.20	71.90	62.03	20
	Nocturna	25	69.86	58.90	79.10	55.27	25
SAB-SEMS	Diurna	31	69.60	62.20	72.70	57.82	20
	Nocturna	30	68.09	58.60	73.90	53.20	30

Indicadores de Ruido ambiental

Los indicadores de ruido ambiental, así como cualquier otro de tipo ambiental, busca de una manera sencilla y con validación científica, brindar información sobre la magnitud de un suceso, simplificando los procesos de comunicación y sirviendo de herramienta para los tomadores de decisiones y el público en general.

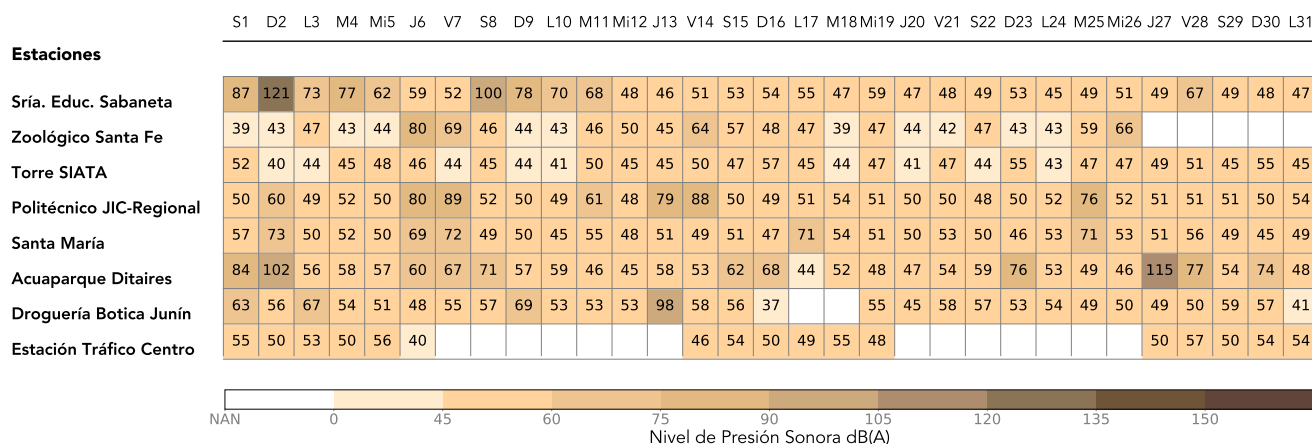
En esta sección se presentan algunos de los indicadores más usados para la descripción y el seguimiento del ruido ambiental al que está expuesta la población del Valle de Aburrá; estos son: Nivel de ruido de tráfico (NRT), factor de clima sonoro (CS), nivel de contaminación por ruido (L_{NP}), nivel de exposición sonora (NES) y finalmente la diferencia Día-Noche. Las ecuaciones para el cálculo de los indicadores se presentan en el Anexo 2.

El **nivel de ruido de tráfico** es un método usado para estimar las molestias producidas por el

ruido de tráfico, considerando que estas se asocian a la amplitud de la fluctuación del ruido. Este índice contiene a su vez el **factor de clima sonoro** que indica la amplitud de las fluctuaciones para el periodo seleccionado, estimadas como la diferencia entre el promedio de los picos más altos de ruido (considerado como el nivel percentil L_{10}), y el nivel de ruido de fondo (considerado como el nivel percentil L_{90}).

El nivel de ruido de tráfico además de contar con la fluctuación del factor de clima sonoro, da importancia al ruido de fondo. A continuación se presenta los resultados de el nivel de ruido de tráfico para el mes Enero.

Enero del 2022 - Índice de ruido de tráfico diurno



Enero del 2022 - Índice de ruido de tráfico nocturno

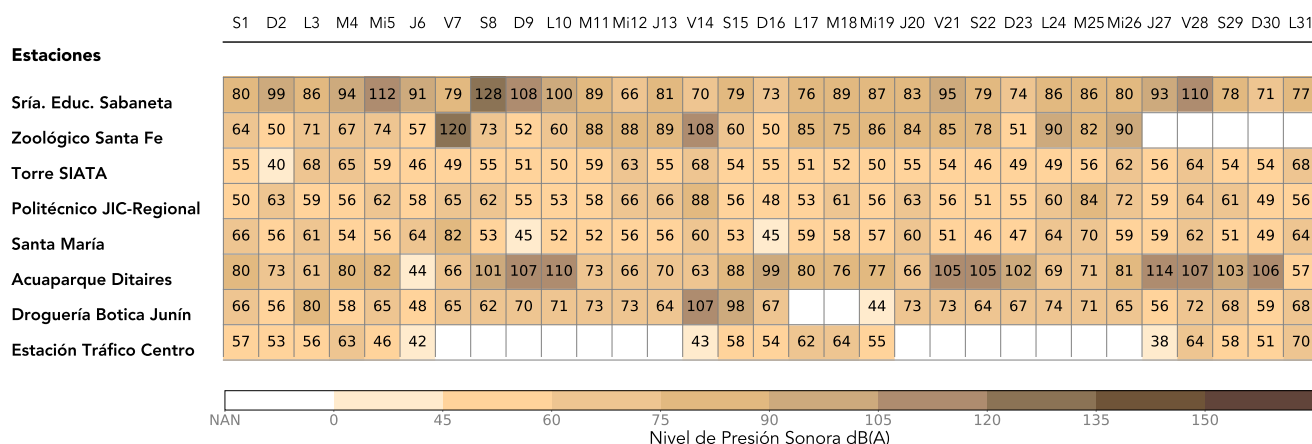


Figura 3.7: Nivel de ruido de tráfico diurno y nocturno

En la Figura 3.8 se observa el cálculo del factor de clima sonoro para cada una de las estaciones de la Red de Ruido en los periodos diurno y nocturno, en esta se puede observar que para las diferentes estaciones la fluctuación durante la noche es mayor que durante el día.

Informe Mensual de Ruido Ambiental Enero de 2022

Enero del 2022 - Factor de clima sonoro diurno

S1 D2 L3 M4 Mi5 J6 V7 S8 D9 L10 M11 Mi12 J13 V14 S15 D16 L17 M18 Mi19 J20 V21 S22 D23 L24 M25 Mi26 J27 V28 S29 D30 L31

Estaciones

Sría. Educ. Sabaneta	16	25	12	13	9	8	5	18	13	11	9	2	2	3	4	4	4	2	5	2	2	2	4	2	2	3	2	7	2	3	2
Zoológico Santa Fe	2	3	4	3	3	11	9	3	3	3	3	4	3	8	6	4	3	1	4	2	2	4	3	3	6	8					
Torre SIATA	6	2	3	3	4	3	2	3	3	2	4	2	2	4	3	7	3	2	3	1	3	2	6	2	3	3	3	4	3	6	2
Politécnico JIC-Regional	3	5	2	2	2	9	12	3	3	2	5	2	9	11	2	2	2	3	2	2	2	1	2	3	8	2	2	2	2	3	3
Santa María	5	8	2	2	2	7	7	2	3	1	4	1	2	2	2	2	7	3	2	2	3	2	2	3	7	3	2	3	2	1	2
Acuaparque Ditaires	14	18	6	7	6	7	8	10	5	6	4	3	6	5	7	8	3	5	4	4	5	7	10	6	5	4	21	11	5	11	5
Droguería Botica Junín	7	5	7	4	3	3	4	5	8	4	4	4	15	5	4	0			4	1	5	4	4	4	3	3	3	3	5	5	1
Estación Tráfico Centro	6	4	4	4	5	1								1	4	3	3	4	3								3	5	3	5	4



Enero del 2022 - Factor de clima sonoro nocturno

S1 D2 L3 M4 Mi5 J6 V7 S8 D9 L10 M11 Mi12 J13 V14 S15 D16 L17 M18 Mi19 J20 V21 S22 D23 L24 M25 Mi26 J27 V28 S29 D30 L31

Estaciones

Sría. Educ. Sabaneta	13	17	16	18	24	20	13	26	21	20	18	10	14	10	12	10	13	17	16	15	18	12	10	16	16	14	18	22	12	9	13
Zoológico Santa Fe	9	7	12	10	12	8	22	12	7	9	16	16	16	19	9	6	15	12	15	15	15	13	6	16	14	15					
Torre SIATA	7	3	11	10	8	5	5	7	5	5	9	9	7	11	6	7	6	6	6	6	6	4	5	5	7	8	7	9	6	6	11
Politécnico JIC-Regional	3	7	5	4	6	5	4	5	5	4	5	7	5	12	4	2	4	6	4	7	4	3	4	6	12	8	5	7	6	3	5
Santa María	7	3	5	4	4	7	10	4	2	3	3	5	5	5	3	2	5	5	5	6	3	2	2	7	8	5	5	6	3	2	7
Acuaparque Ditaires	13	8	8	14	15	5	7	19	21	21	13	11	12	7	15	18	15	13	14	10	20	20	19	12	12	15	23	21	19	20	9
Droguería Botica Junín	8	6	13	7	9	4	9	7	9	10	11	11	8	20	15	9			2	11	11	7	9	12	10	9	6	11	9	6	10
Estación Tráfico Centro	7	6	6	8	3	3								0	6	5	7	8	6							0	8	6	4	10	



Figura 3.8: Factor de clima sonoro diurno y nocturno

También en búsqueda de la amplitud de la fluctuación del ruido durante un tiempo específico, **el nivel de contaminación de ruido**, hace uso de la disviación estándar del ruido y el nivel de presión sonora continuo equivalente del periodo de interés. A continuación se presenta el cálculo de el nivel de contaminación de ruido para el mes de Enero.

Informe Mensual de Ruido Ambiental Enero de 2022

Enero del 2022 - Nivel de Contaminación por ruido diurno

S1 D2 L3 M4 Mi5 J6 V7 S8 D9 L10 M11 Mi12 J13 V14 S15 D16 L17 M18 Mi19 J20 V21 S22 D23 L24 M25 Mi26 J27 V28 S29 D30 L31

Estaciones

Sría. Educ. Sabaneta	81	93	77	79	74	71	70	90	79	76	78	72	72	74	75	74	75	72	76	73	74	74	73	72	75	74	76	80	74	80	72
Zoológico Santa Fe	63	65	71	67	74	86	79	68	67	66	68	70	68	77	73	68	70	68	69	68	67	69	66	67	76	80					
Torre SIATA	67	64	68	68	70	69	68	68	67	66	70	70	69	72	71	71	69	68	69	67	70	68	71	68	69	69	70	73	68	71	72
Politécnico JIC-Regional	73	78	75	81	75	90	95	77	75	74	80	74	88	92	75	76	76	78	75	76	75	75	81	75	86	85	76	75	77	76	80
Santa María	75	86	76	80	76	84	86	75	74	72	77	75	75	76	76	75	84	77	78	76	82	76	73	77	85	77	76	78	75	73	75
Acuaparque Ditaires	83	91	71	74	72	75	79	79	76	78	69	71	75	72	75	81	67	70	68	68	74	74	84	71	67	67	101	88	73	83	68
Droguería Botica Junín	77	76	82	75	74	73	88	76	95	74	84	74	95	76	77				77	72	77	81	74	75	76	73	74	74	77	75	70
Estación Tráfico Centro	70	71	73	71	74	67								74	75	71	72	75	73								74	76	73	75	77



Enero del 2022 - Nivel de Contaminación por ruido nocturno

S1 D2 L3 M4 Mi5 J6 V7 S8 D9 L10 M11 Mi12 J13 V14 S15 D16 L17 M18 Mi19 J20 V21 S22 D23 L24 M25 Mi26 J27 V28 S29 D30 L31

Estaciones

Sría. Educ. Sabaneta	81	96	85	87	92	83	83	101	95	91	82	79	81	82	81	82	79	85	84	83	86	81	81	82	82	81	84	92	82	80	80
Zoológico Santa Fe	74	69	82	77	76	74	108	78	75	88	82	89	85	99	77	81	85	82	87	83	85	81	74	86	84	95					
Torre SIATA	69	64	74	72	70	65	71	70	70	69	71	73	70	75	70	69	68	70	69	71	71	67	67	68	69	75	72	75	72	70	74
Politécnico JIC-Regional	75	78	77	76	78	77	86	80	75	74	78	80	86	90	77	73	75	76	77	78	75	74	78	77	88	84	76	79	78	73	76
Santa María	80	79	79	75	76	82	91	75	71	78	74	75	76	79	75	72	76	76	76	77	75	73	73	77	81	76	77	79	74	74	78
Acuaparque Ditaires	84	87	72	78	79	63	83	95	98	97	73	74	77	79	90	94	78	77	78	73	92	95	92	74	73	80	92	93	93	97	69
Droguería Botica Junín	78	74	83	73	78	70	77	77	80	81	81	84	75	111	96	79			70	78	80	80	78	77	84	76	74	79	79	76	76
Estación Tráfico Centro	71	70	73	74	69	65								73	75	74	77	76	72								68	76	74	71	78



Figura 3.9: Nivel de contaminación por ruido diurno y nocturno

El nivel de exposición sonora, a diferencia de los anteriores, es usado para estimar el acumulado del ruido durante el periodo diurno y nocturno. En La Figura 3.10 se presenta el cálculo del nivel de exposición sonora en los periodos definidos.

Los cálculos de nivel de exposición sonora en el periodo diurno y nocturno no son directamente comparables, debido a que el periodo nocturno posee menos horas que el periodo diurno.

Informe Mensual de Ruido Ambiental Enero de 2022

Enero del 2022 - Nivel de exposición sonora diurno

S1 D2 L3 M4 Mi5 J6 V7 S8 D9 L10 M11 Mi12 J13 V14 S15 D16 L17 M18 Mi19 J20 V21 S22 D23 L24 M25 Mi26 J27 V28 S29 D30 L31

Estaciones

Sría. Educ. Sabaneta	75	80	75	76	74	73	75	81	76	75	79	81	81	83	82	81	83	82	83	82	82	80	81	82	82	83	84	82	83	82	
Zoológico Santa Fe	71	73	77	76	78	81	79	76	74	75	76	77	76	80	78	75	77	77	77	76	76	74	76	78	76						
Torre SIATA	72	73	76	76	77	75	77	77	76	75	78	78	78	79	78	76	77	77	77	77	78	77	76	77	76	78	78	78	76	77	78
Politécnico JIC-Regional	82	84	84	86	84	87	92	84	83	84	86	84	89	90	85	84	85	85	84	85	84	84	85	84	87	88	85	85	85	84	86
Santa María	82	87	85	84	85	86	88	84	82	82	84	84	83	84	85	83	87	85	84	85	87	85	82	84	86	84	85	85	84	82	83
Acuaparque Ditaires	81	84	76	78	78	77	82	80	82	80	74	77	79	78	79	82	74	77	76	76	77	78	84	75	74	75	88	82	79	83	73
Droguería Botica Junín	80	81	81	79	79	76	85	80	88	81	85	80	88	80	83	67			79	80	82	82	79	80	81	78	79	79	79	78	71
Estación Tráfico Centro	76	77	80	79	80	70								74	82	79	81	81	75							80	82	82	80	83	



Enero del 2022 - Nivel de exposición sonora nocturno

S1 D2 L3 M4 Mi5 J6 V7 S8 D9 L10 M11 Mi12 J13 V14 S15 D16 L17 M18 Mi19 J20 V21 S22 D23 L24 M25 Mi26 J27 V28 S29 D30 L31

Estaciones

Sría. Educ. Sabaneta	77	82	74	75	75	66	74	84	81	78	70	74	73	78	79	79	74	74	76	75	78	79	79	74	75	75	75	80	80	79	74
Zoológico Santa Fe	72	69	75	74	73	69	87	74	73	79	75	78	74	86	74	76	77	76	78	76	78	76	73	77	77	83					
Torre SIATA	72	69	71	71	71	67	70	73	73	71	71	72	70	73	73	72	71	72	72	73	73	72	72	72	72	75	74	74	73	73	72
Politécnico JIC-Regional	79	79	80	81	81	79	89	85	79	80	80	80	88	89	81	81	80	80	81	81	81	81	81	80	86	86	81	81	82	80	80
Santa María	82	85	83	81	81	81	85	81	79	80	79	80	79	84	81	80	80	80	81	81	81	81	80	80	83	80	81	82	81	81	80
Acuaparque Ditaires	80	85	74	73	74	64	81	82	83	82	70	71	70	80	81	82	72	71	73	73	79	82	80	70	70	73	79	79	81	83	68
Droguería Botica Junín	78	75	78	76	75	73	76	79	80	79	77	79	74	90	88	77			71	76	77	80	78	76	79	75	77	76	79	78	73
Estación Tráfico Centro	74	74	76	76	74	69								75	78	76	77	76	73								70	76	77	76	77



Figura 3.10: Nivel de exposición sonora diurno y nocturno

Finalmente, **la diferencia día-noche**, indica que tan alejados están los niveles de presión sonora diurno y nocturno; de modo que entre mayor sea el valor absoluto, más diferente será el ruido entre los dos periodos; además, indica que para valores positivos, mayor es el ruido durante el día; mientras que para valores negativos, es mayor el niveles de presión sonora durante la noche. Como se observa en la Figura 3.11, las estaciones MED-ZOOL y GIR-BOTJ, presentan los valores más negativos en la diferencia día-noche.

Enero del 2022 - Diferencia Diurno Nocturno

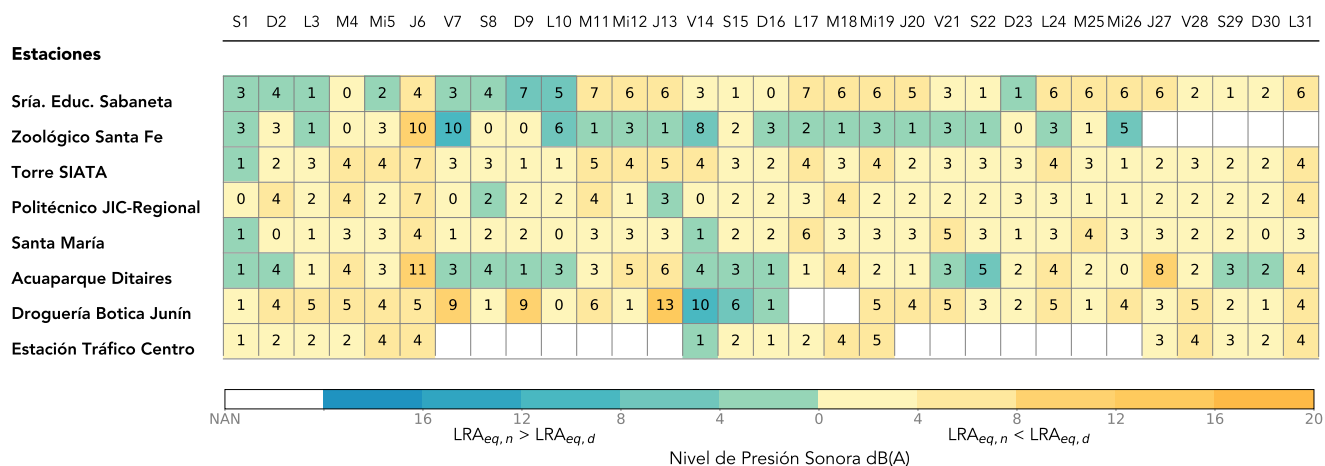


Figura 3.11: Diferencia de presión sonora diurno nocturno

Ciclo Diurno

El ciclo diurno del ruido ambiental tiene un comportamiento típico modulado principalmente por el tráfico vehicular, el cual afecta la mayor parte del territorio urbano en los municipios del Valle de Aburrá [AMVA (2012)]. El ruido ambiental presenta un mínimo en horas de la madrugada y máximo en la mañana alrededor de las 7; posteriormente permanece constante hasta las 19 en donde comienzan a decaer los niveles de presión sonora. De igual manera cada estación posee diferentes fuentes de ruido que pueden condicionar el ciclo diurno de los niveles de presión sonora.

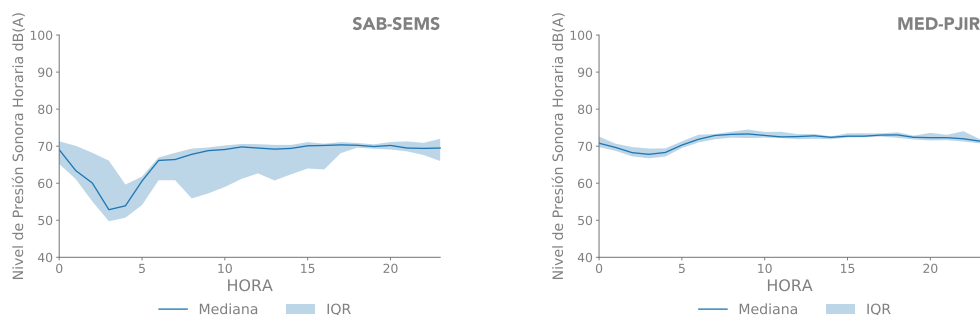


Figura 3.12: Ciclo diurno de los niveles de presión sonora

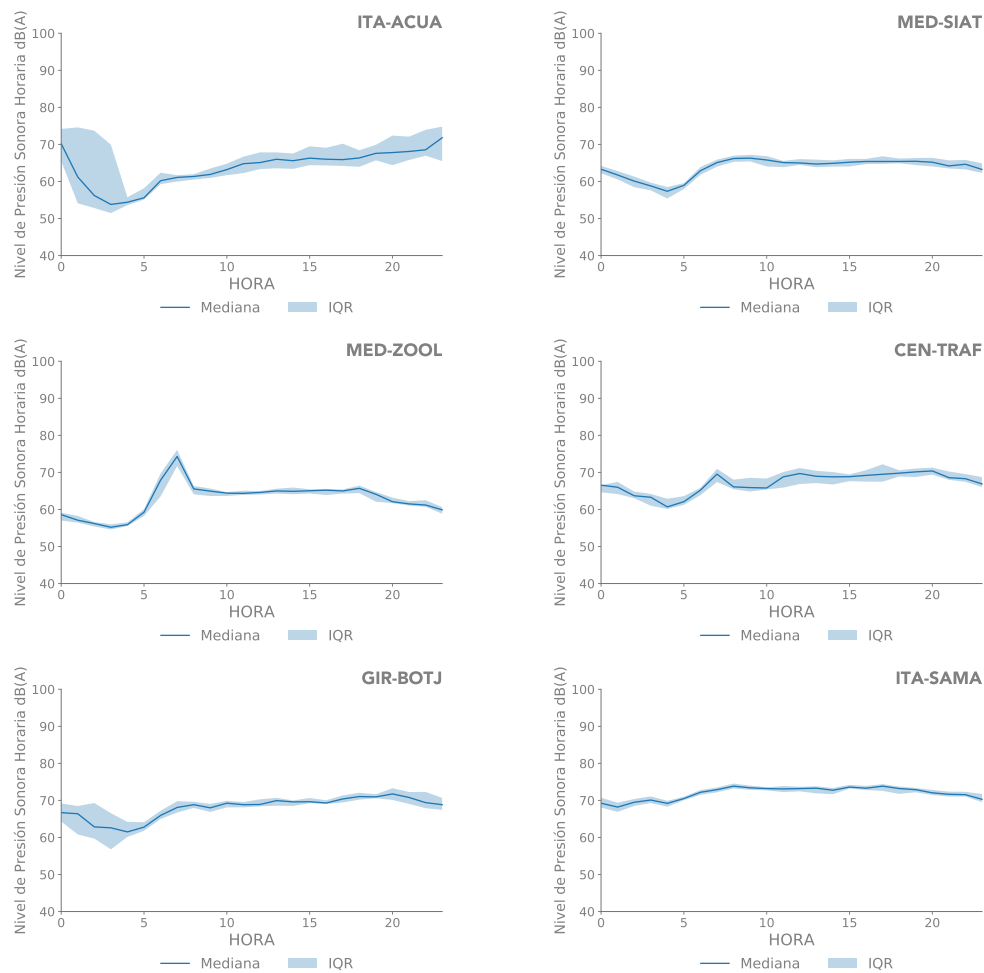


Figura 3.12: Continuación

4 Meteorología

El sonido requiere de un medio para propagarse, por lo que las características del ambiente tales como la meteorología son de especial importancia para su seguimiento. Las 8 estaciones pertenecientes a la red de ruido ambiental cuentan con equipos de monitoreo de variables meteorológicas, las cuales son usadas para la validación de los datos, en concordancia con la resolución 0627 del 2006 del ahora ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

De acuerdo con la Resolución 0627 del 2006, las mediciones tomadas bajo condiciones de velocidad del viento superiores a 3m/s o precipitación, deben ser invalidas. En la Tabla 4.1 se observa el porcentaje de datos invalidados por estación y por variable meteorológica.

Tabla 4.1: Porcentaje de datos invalidados por condiciones meteorológicas para el mes de Enero del 2022

Estaciones	Precipitación	Velocidad del Viento
GIR-BOTJ	3.4	14.7
MED-SIAT	4.3	0.3
CEN-TRAF	0.7	0.0
MED-ZOOL	4.2	0.0
MED-PJIR	4.0	0.0
ITA-SAMA	4.2	5.5
ITA-ACUA	4.7	0.0
SAB-SEMS	4.3	0.0

Ciclo diurno temperatura, humedad relativa y presión

La Figura 4.1 presenta el ciclo diurno de las variables meteorológicas temperatura (T), humedad relativa (HR) y presión (P). Como es de esperarse la temperatura posee una variabilidad forzada principalmente por la radiación solar, es por eso que presenta una forma de campana con máximo cercano al medio día. La variación de la humedad relativa se puede asociar a su vez a la temperatura, pues esta se define como la cantidad de agua que presenta la atmósfera a cierta temperatura frente al potencial que puede almacenar, y entre más caliente la atmósfera más agua puede albergar. La temperatura y la humedad condicionan la velocidad y atenuación del sonido. La velocidad del sonido presenta una relación directa con la temperatura, que al igual que el sonido dependen de la velocidad de las moléculas; mientras que la humedad presentará una relación inversa con la atenuación. Por otro lado, la presión atmosférica es utilizada para la medición del ruido ambiental, ya que al ser el sonido una variación de presión en un tiempo relativamente corto; la diferencia entre la presión total y la atmosférica dará como resultado la presión asociadas al sonido, variable reportada a o largo de este informe.

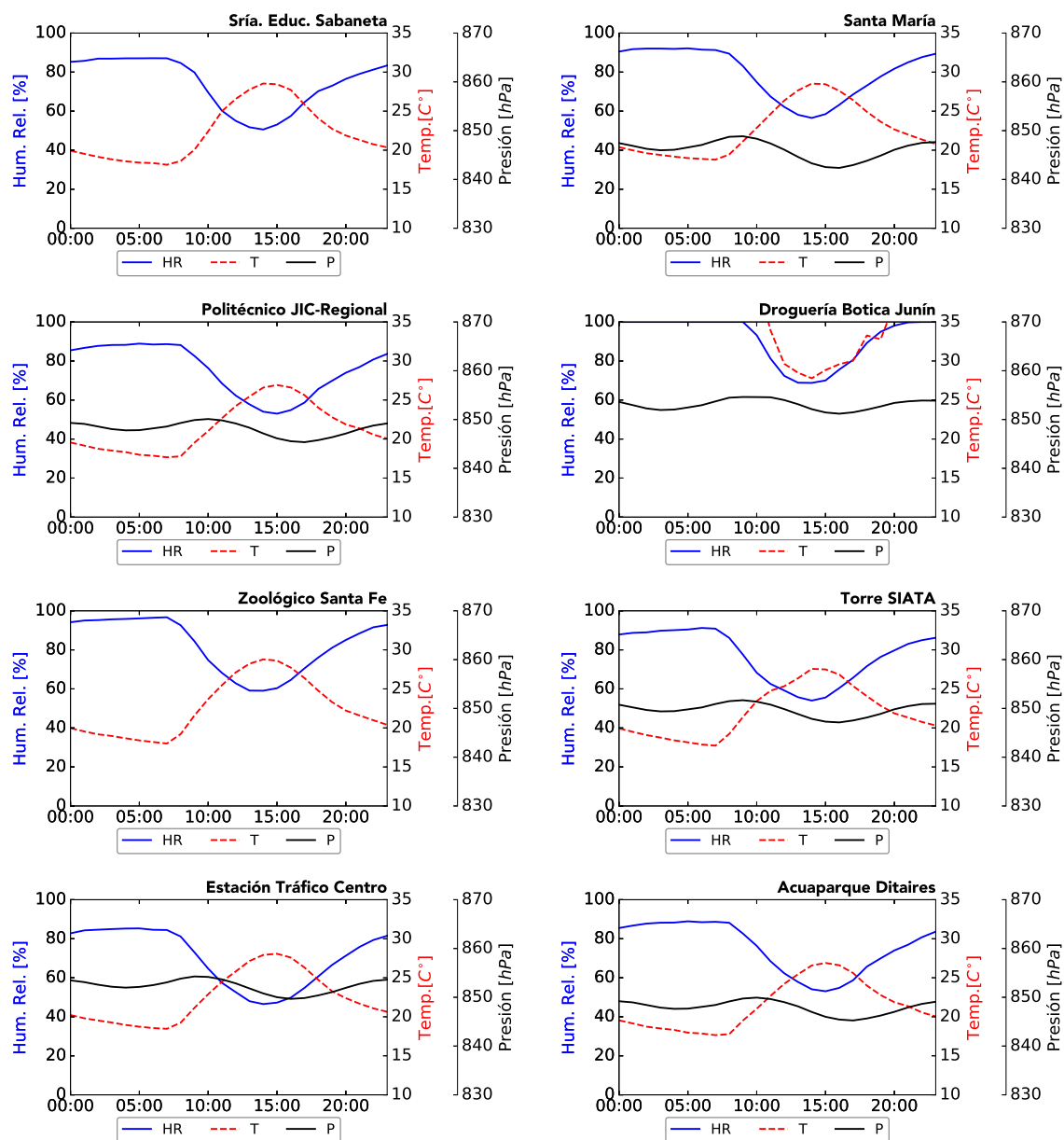


Figura 4.1: Presión, Temperatura y Humedad Relativa para las distintas estaciones

Precipitación

De acuerdo a la Resolución 0627 del 2006, las mediciones de los niveles equivalentes de presión sonora ponderados A_{eq} deben efectuarse en tiempo seco, sin precipitación de ningún tipo. La Figura 4.2 presenta la precipitación horaria y acumulada para el mes de Enero de 2022, adicionalmente la Tabla 4.2 muestra el máximo acumulado horario, máximo acumulado diario, el acumulado mensual y los días sin precipitación para las distintas estaciones de monitoreo meteorológico.

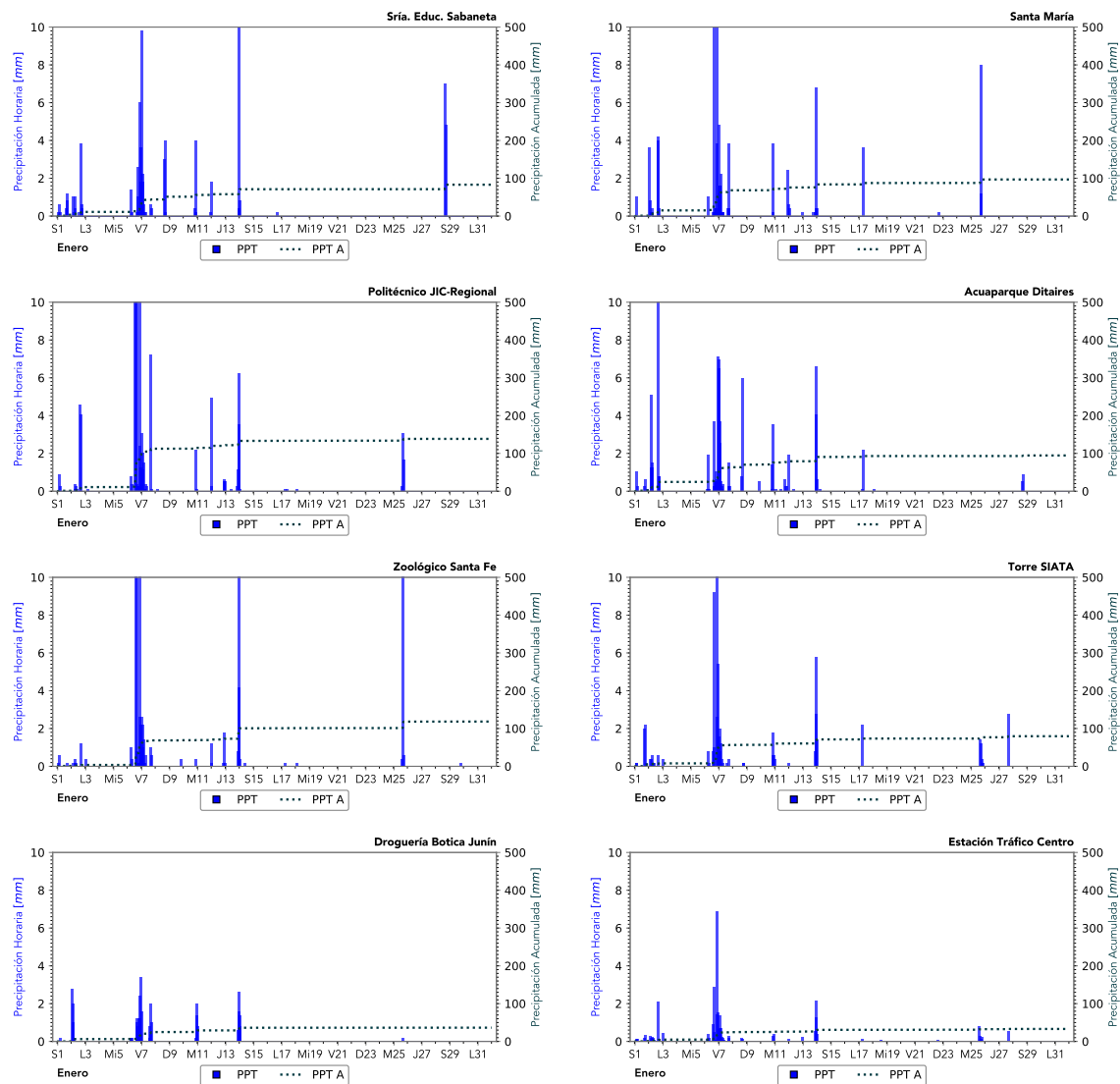


Figura 4.2: Precipitación horaria y acumulada para las distintas estaciones

Tabla 4.2: Estadísticos Precipitación

Estación	Acumulado Mensual (mm)	Días Sin Precipitación	Máximo Acumulado Diario (mm)	Máximo Acumulado Horario (mm)
GIR-BOTJ	36.4	23.0	12.2	3.4
MED-SIAT	79.6	18.0	41.6	21.6
CEN-TRAF	33.0	11.0	15.0	6.9
MED-ZOOL	118.4	18.0	54.6	22.2
MED-PJIR	138.4	18.0	84.2	37.8
ITA-SAMA	96.8	20.0	36.6	18.8
ITA-ACUA	94.5	18.0	23.0	11.4
SAB-SEMS	83.0	20.0	17.6	12.0

Vientos

De acuerdo a la Resolución 0627 del 2006, las mediciones de los niveles equivalentes de presión sonora ponderados A , L_{Aeq} deben tomarse en condiciones de velocidad del viento no superior a tres metros por segundo (3 m/s). Las Figuras 4.3, 4.4 y 4.5 presentan las rosas de vientos diurnas, nocturnas y totales, respectivamente, para las diferentes estaciones meteorológicas. Estas brindan información acerca de la distribución de las velocidades de los vientos y de la frecuencia con la que estos se presentan con determinada orientación a lo largo del día.

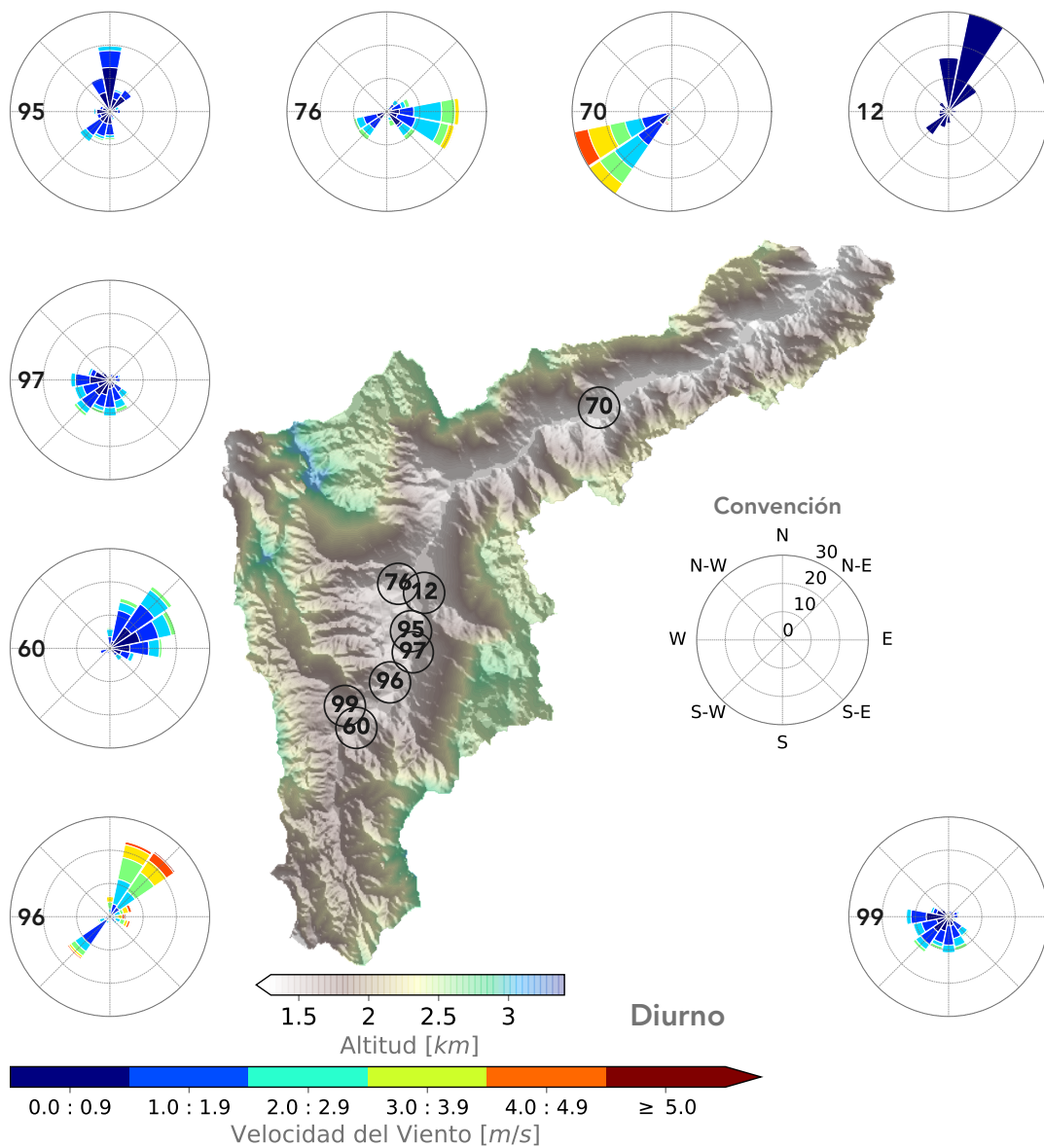


Figura 4.3: Rosas de Viento diurnas para las distintas estaciones

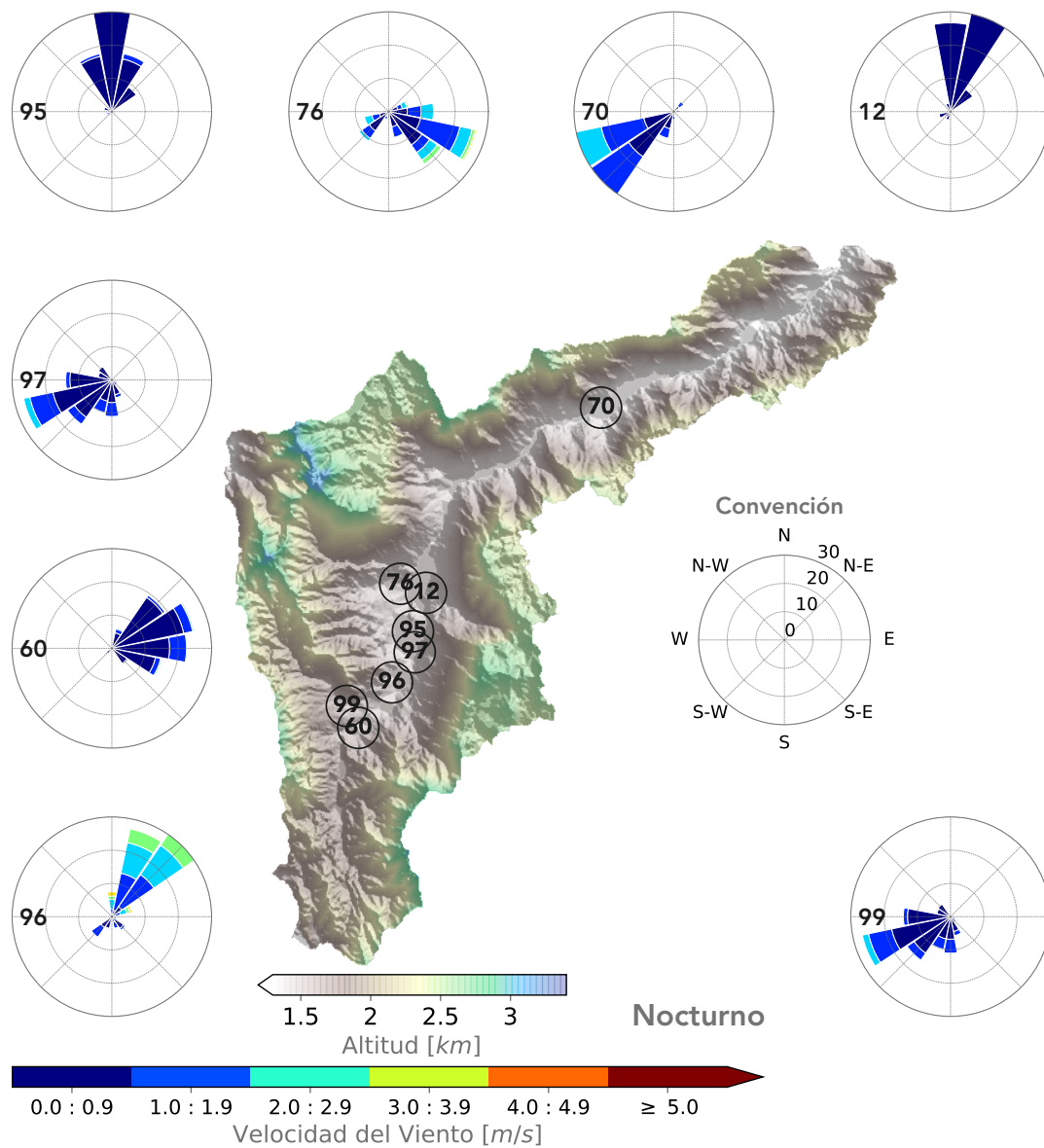


Figura 4.4: Rosas de Viento nocturnas para las distintas estaciones

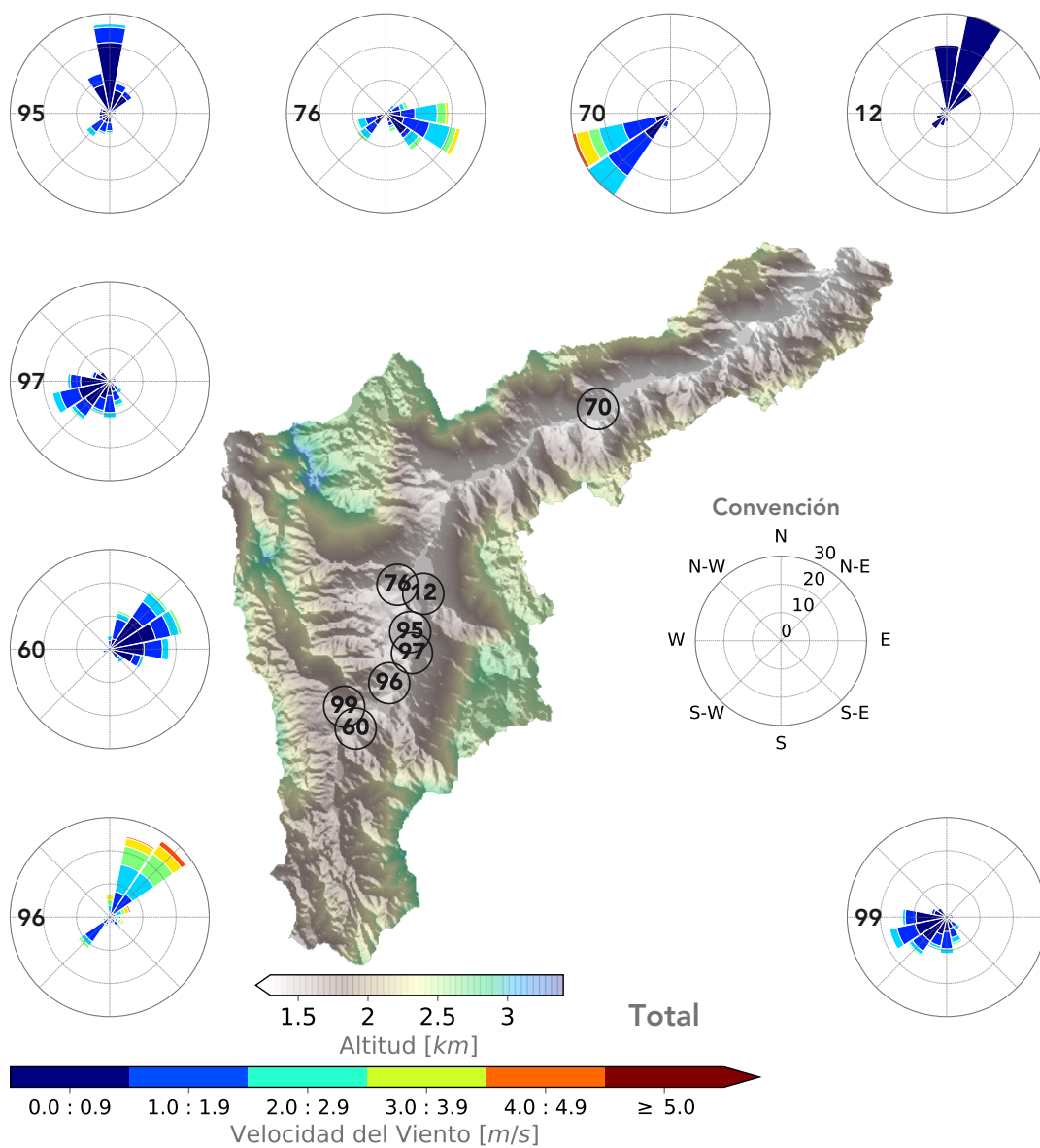


Figura 4.5: Rosas de Viento totales para las distintas estaciones

5 Anexos

Anexo 1. Métodos de medición

Tabla 5.1: Método utilizado dentro de la red de ruido

Variable	Método
Ruido Ambiental	Procedimiento de Medición para Ruido Ambiental. Capítulo II, Anexo 3 de la Resolución 0627 del 7 de abril de 2006 del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible. Procedimiento P-GAA-RA-14.

Anexo 2. Cálculo Indicadores

La Ecuación 5.5 requiere los niveles equivalente de presión sonora diurna ($L_{Aeq,D}$) y nocturna ($L_{Aeq,N}$).

Nivel de Ruido por Tráfico

$$NRT = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad (5.1)$$

Factor de Clima Sonoro

$$CS = L_{10} - L_{90} \quad (5.2)$$

Nivel de Contaminación por Ruido

$$NCR = L_{Aeq,T} + 2,56\sigma \quad (5.3)$$

Nivel de exposición sonora

$$NES = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{Aeq,1hi}}{10}} \right) \quad (5.4)$$

Diferencia Día-Noche

$$DiffDN = L_{Aeq,D} - L_{Aeq,N} \quad (5.5)$$

Cálculo de promedio de nivel de presión sonora

$$L_{eq}(\text{Promedio}) = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (10^{\frac{L_i}{10}}) \right] \quad (5.6)$$

Anexo 3. Cálculo de incertidumbre

Analizando los factores que influyen en posibles variaciones en los resultados de una medición (fuentes de incertidumbre), además de algunas metodologías empleadas para el cálculo de la incertidumbre en una medición, se determinó considerar los siguientes factores de influencia sobre la incertidumbre del resultado final:

- Correcciones de calibración.
- Factores de linealidad del instrumento.
- Correcciones de las funciones de ponderación temporal.
- Correcciones por el ajuste inicial y por uso del calibrador acústico en el equipo de medición.
- Resolución de pantalla del equipo de medición.

Tal como se observa, estas fuentes de incertidumbre corresponden intrínsecamente a los equipos de medición y verificación, ignorando las posibles fuentes de incertidumbre que relacionan otras evaluaciones de la incertidumbre en la medición. La metodología de cálculo adoptada se basa en la consideración de que las posibles fuentes de incertidumbre relacionadas con las fuentes de ruido (específicas para cada periodo de tiempo o ubicación a evaluar), el día y la hora de medición, presión atmosférica y temperatura ambiental del punto de evaluación; varían ampliamente para cada periodo de tiempo y ubicación geográfica. En este sentido se requeriría de una amplia cantidad de datos, obtenidos durante mediciones realizadas en idénticas condiciones para cada fuente y condición ambiental particular a evaluar, lo cual escapa del alcance de las mediciones de ruido ambiental de la Red.

No se considera como fuente de incertidumbre al operador del equipo de medición dado que los equipos operan generalmente sin intervención por parte de los operadores, a excepción de los procesos de mantenimiento de estaciones fijas, configuración y puesta en marcha y descarga de datos del procedimiento para la operación, mantenimiento y descarga de datos de los equipos de monitoreo de Ruido Ambiental de acuerdo con metodología establecida por la resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Así pues, el adecuado seguimiento de los protocolos de operación y metodologías de medición descritos en el procedimiento P-GAA-RA-14_RUIDO_AMBIENTAL, garantizarán un resultado acorde con la metodología establecida por la resolución 627 del 7 de abril de 2006 en cada medición, aclarando que dicho resultado corresponde a las condiciones presentadas durante la medición.

Según la guía JCGM 100:2008, para la determinación de la incertidumbre en una medición se requiere del análisis de las posibles fuentes de incertidumbre involucradas durante el proceso de evaluación y cálculos del resultado final. La incertidumbre de dichas fuentes se puede calcular de dos maneras, como una incertidumbre estándar Tipo A o una incertidumbre estándar Tipo B.

La incertidumbre estándar Tipo A: es obtenida de una función de densidad probabilística a través de una distribución de frecuencia de datos observados.

La incertidumbre estándar Tipo B: es obtenida de una función de densidad probabilística asumida basado en el grado de confianza con el que ocurre un evento. Ambos enfoques emplean interpretaciones reconocidas de libertad.

Debido a que las mediciones de Ruido Ambiental se realizan puntualmente para un área específica, y en vista de que las condiciones ambientales de medición y las fuentes acústicas pueden variar notoriamente en el historial de datos, se ha adoptado un análisis Tipo B para las fuentes de incertidumbre correspondientes a los siguientes factores:

- *Corrección de calibración acústica de los Niveles de Presión Sonora en filtro de ponderación C*, (μ_{ccC}): para evaluar esta fuente de incertidumbre se considera el valor de incertidumbre establecido en el certificado de calibración del Sonómetro.
- *Corrección de calibración eléctrica de los Niveles de Presión Sonora en filtro de ponderación A*, (μ_{cceA}): para evaluar esta fuente de incertidumbre se considera el mayor de los valores de incertidumbre establecidos en el certificado de calibración del Sonómetro.
- *Corrección de las funciones de ponderación temporal Lenta (Slow) y Rápida (Fast)*, (μ_{cpt}): para evaluar esta fuente de incertidumbre se considera el mayor de los valores de incertidumbre de las Respuestas en Ráfaga de Tonos (Tone Burst Response), para los rangos altos y bajos en ponderación temporal Lenta (Slow) y Rápida (Fast), establecidos en el certificado de calibración del Sonómetro.
- *Linealidad del equipo*, (μ_{clie}): para evaluar esta fuente de incertidumbre se considera el mayor de los valores de incertidumbre de la Prueba de Linealidad (Linearity Test) establecidos en el certificado de calibración del Sonómetro.
- *Corrección por incertidumbre del calibrador acústico*, (μ_{cpc}): para evaluar esta fuente de incertidumbre se considera el valor de incertidumbre establecido en el certificado de calibración del equipo calibrador.
- *Corrección por proceso de calibración con calibrador acústico*, (μ_{cpcc}): para evaluar esta fuente de incertidumbre se considera la resolución de pantalla para el ajuste del equipo.
- *Resolución de entrega de datos del Sonómetro*, (μ_{cdat}): para evaluar esta fuente de incertidumbre se considera la resolución de pantalla para la observación o entrega del resultado final de medición.

Estimación de la incertidumbre asociada

Para el cálculo de los primeros cinco factores del numeral anterior se realiza según el numeral 4.3.3 de la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en Medición, JCGM 100:2008. (Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement), asumiendo que fue utilizada una distribución normal para calcular la incertidumbre establecida en el certificado de calibración de los equipos (μ_{cal}). Vale la pena indicar que se utiliza un factor K de 2, correspondiente a un nivel de confianza del 95 % según lo reportado en los certificados de calibración. Usando el factor K indicado en los certificados es posible recuperar la incertidumbre estándar de x_i dividiendo la incertidumbre dada sobre el factor establecido:

$$\mu(x_i) = \frac{\mu_{cal}}{2} \quad (5.7)$$

El cálculo de los factores seis y siete se realiza según el numeral 2.2.1 del anexo F de la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en Medición, JCGM 100:2008. (Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement).

Si la resolución de un equipo digital es δ_x , el valor del estímulo que produce una indicación X puede estar con la misma probabilidad en cualquier parte del intervalo $[X - \delta_x/2, X + \delta_x/2]$. Por lo tanto el estímulo es entonces descrito por una distribución de probabilidad rectangular de ancho δ_x . Esto implica un valor de incertidumbre estandar μ_i de $0,29\delta_x$ siguiendo la ecuación:

$$\mu(x_i) = \frac{\delta_x}{\sqrt{2}} \quad (5.8)$$

Cálculo de la incertidumbre estándar combinada

La Incertidumbre Estándar Combinada ($\mu_c(y)$) es la suma lineal de los términos que representan la variación del estimado de salida Y , generado por la incertidumbre estándar de cada estimado de entrada, así:

$$\mu_c(y) = \sqrt{\sum (\mu_i^2)} \quad (5.9)$$

En ese sentido, la incertidumbre estándar combinada para las mediciones de ruido ambiental presentadas en este informe estará conformada por los siete factores de incertidumbre especificados en la primera sección del presente anexo, así:

$$\mu_c(y) = \sqrt{\mu_{ccC}^2 + \mu_{cceA}^2 + \mu_{cpt}^2 + \mu_{clie}^2 + \mu_{c\mu c}^2 + \mu_{cpc}^2 + \mu_{cdat}^2} \quad (5.10)$$

Este valor de Incertidumbre Estándar Combinada ($\mu_c(x)$), corresponde al valor que arroja el equipo de medición, el cual es el resultado final en una medición de Ruido.

Cálculo de la incertidumbre expandida

La Incertidumbre Expandida (U) corresponde a la multiplicación de la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura K . La selección del factor de cobertura depende del nivel de confianza con el que se desea estimar el resultado, el cual, para el caso de las mediciones de ruido ambiental presentadas en el presente informe será de $K = 2$, para producir un intervalo de confianza de aproximadamente el 95 %.

$$U = K * \mu_c(y) \quad (5.11)$$

Tabla 5.2: Estimación de la incertidumbre para los sonómetros de la red

Ubicación	Serial	Incertidumbre Estándar Combinada $\mu_c(y)$	Incertidumbre Estándar Expandida U
GIR-BOTJ	430439	0.38	0.76
MED-SIAT	T231708	0.38	0.76
CEN-TRAF	440714	0.37	0.75
MED-ZOOL	430440	0.45	0.89

Tabla 5.2: Estimación de la incertidumbre para los sonómetros de la red

Ubicación	Serial	Incertidumbre Estándar Combinada $\mu c(y)$	Incertidumbre Estándar Expandida U
MED-PJIR	65818	0.38	0.75
ITA-SAMA	430444	0.38	0.76
ITA-ACUA	430717	0.37	0.74
SAB-SEMS	430441	0.38	0.76

Anexo 4. Regla de decisión para la medición de ruido ambiental

Una vez determinados los niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A (L_{RAeq}) según lo establecido en la resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se compara el valor obtenido con el valor de referencia establecido en dicha resolución, teniendo en cuenta el sector para la ubicación de la estación y la incertidumbre respectiva. De esta forma y considerando cada valor medido con su incertidumbre, se define:

- *El valor cumple:* Valor medido más la incertidumbre está por debajo de los valores definidos según la resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para el respectivo sector en el que se encuentra ubicada la estación de medición. Se define que el dato cumple con un riesgo específico de aceptación falsa de hasta el 2.5 %.
- *El valor no cumple:* Valor medido más la incertidumbre es superior a los niveles máximos permisibles definidos según la resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para el respectivo sector en el que se encuentra ubicada la estación de medición. Se define que el dato no cumple con un riesgo específico de rechazo falso es de hasta 2.5 %.
- *Valor no declarable:* Todo aquel valor que sea menor o igual al valor de la incertidumbre calculada, será definido como valor no declarable, al igual que los datos inválidos no son declarables.

Sea el caso de que el valor cumpla o no cumpla serán reportados en los informes mensuales y anuales. El cliente acepta que las decisiones se basan en los límites de aceptación de zonas de seguridad, AL, para dar como resultado menos del 2.5 % de riesgo específico de aceptación falsa.

Para este caso, el límite de aceptación (AL) viene dado por $AL = \sqrt{TL^2 - U^2}$ donde U es la incertidumbre de medida expandida calculada según el Anexo 3 del presente documento y TL es el Límite de Especificación para los valores de L_{RAeq} , según lo establecido en la resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Las declaraciones de conformidad son binarias. Se supone que la estimación del mensurando tiene una distribución de probabilidad normal y se utiliza un riesgo específico para el cálculo del riesgo. El riesgo de que los items aceptados estén fuera del límite de tolerancia es de hasta 2.5 %

Referencias

PS-AAC ; AMVA. Informe actualización de los mapas de ruido de la zona urbana de los municipios de bello, itagüí y medellín. *DOCUMENTO - CO140019*, 2012.

FIN DEL INFORME
