

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

**TRABAJO DE FIN DE CARRERA PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**DISEÑO DEL MAPA DE RUIDO AMBIENTAL DE LOS  
SECTORES: COFAVI, SOLCA, JIPIJAPA, ESTACIÓN NORTE  
Y BELISARIO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE  
QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA – ECUADOR.**

**AUTOR:  
CARLOS JOSÉ ROJAS CARBO**

**DIRECTORA:  
ING. KATTY CORAL**

**QUITO-ECUADOR  
SEPTIEMBRE 2010**

## **RESUMEN:**

Observando la problemática que se encuentra inmersa la capital del Ecuador, respecto al ruido ambiental y la pobre en información disponible, se realizó el monitoreo de ruido ambiental durante 5 meses en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), con el afán de seguir una línea de información constante a través de los años, que den una idea clara, precisa y actual del contaminante, determinando los puntos con mayor concentración de ruido, logrando obtener una representación gráfica de la problemática y así llegar a las posibles soluciones. El DMQ fue sectorizado en cuatro zonas, siendo la zona Centro Norte la correspondiente para esta investigación.

La información ha sido tabulada, comparada y agrupada junto con otras investigaciones del mismo lineamiento, realizadas por estudiantes de la Universidad Internacional SEK de la Facultad de Ciencias Ambientales en el año 2009. Así los resultados fueron: interpretados, procesados y presentados de forma gráfica, en tablas, y mapas de ruido ambiental, para un mejor entendimiento del lector.

Actualmente la utilización de modelos matemáticos es de mucha ayuda para observar los comportamientos de los aspectos estudiados. Este estudio no podría ser la excepción, por lo que se aplicó modelos matemáticos de dos autores, en función del ruido vehicular que transita por la zona monitoreada, los cuales ayudaron a corroborar la información de campo y precisar la veracidad de los valores teóricos para su aplicación en la ciudad.

## **PALABRAS CLAVES:**

Ondas Sonoras

Ambiente Acústico

Silencio

Ruido Ambiental

Mapa de Ruido

## **ABSTRACT**

*By observing the problem that the capital of Ecuador is immersed in, related to the environmental noise and the poor information available, a group of four university students' investigators, got involved in the matter to improve this situation; they decided to monitor the environmental noise for 5 months in Quito's Metropolitan District (DMQ), in order to follow a constant information line through the years, that would give a clear, precise and updated idea of the polluter, determining the areas with a more concentration of noise, and obtaining a graphic representation of the problem to obtain possible solutions. The DMQ was divided into four zones, being the Central North zone taken into account for this investigation.*

*The information has been tabulated, compared and grouped to other similar investigations done by SEK International University students from the Faculty of Environmental Sciences in 2009. The results were interpreted, processed and graphically presented in charts, and environmental noise maps for the readers' best understanding.*

*Nowadays, the use of Mathematical models is of great help to observe the behavior of the aspects studied. This research would not be the exception; for this reason, Mathematical models of two authors were applied to the noise of the vehicles in the monitored area. They helped to truly support the researched information of the values for its application in the city.*

### **KEY WORDS:**

*Sound waves*

*Acoustic environmental*

*Silence*

*Environmental noise*

*Noise map*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme salud y vida.

Agradezco a mi mamá por su apoyo incondicional y su constante dedicación.

Agradezco a mi padre por darme la oportunidad de estudiar

Agradezco a cada uno de mis hermanos por brindarme su apoyo y ayuda cuando la necesite.

Agradezco a la Universidad Internacional SEK, por permitirme formarme como profesional y conocer a gente valiosa.

Agradezco a cada uno mis profesores que supieron infundir sus conocimientos académicos como de vida.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo y mi título profesional, a cada uno de los actores de mi vida, los que supieron formarme e inculcarme valores y conocimientos, los que me dieron su ayuda, apoyo incondicional y sobre todo su amistad cuando más lo necesite.

Dedicación muy especial, para los que supieron apostar y confiar en mí a ojo cerrado.

## **1 ANTECEDENTES**

La Organización Mundial de la Salud indica que el límite máximo permisible de ruido para el ser humano es 65 dB(A). Los estudios realizados por el proyecto “Contaminación Acústica en Quito” en el año 2006, determinan que el ruido en el norte de Quito llega a 92.5 dB (El Comercio, 2006), originándose por el uso indiscriminado de pitos, cornetas neumáticas, resonadores en los tubos de escape y otros. La Zona de Quitumbe, al sur de la ciudad es la más contaminada del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). El promedio de ruido en Quito es de 87 decibeles (*Explored, 2006*).

El tránsito vehicular ha sido uno de los principales contaminantes que existen en esta ciudad. Para Corpaire, los límites están establecidos en: 88 dB para vehículos pequeños, 90 dB para pesados, sin considerar que el límite que se recomienda internacionalmente es de 65dB (*CORPAIRE, 2009*).

La creación de un mapa de ruido con información actualizada, realizado por cuatro estudiantes (Carlos Rojas, Jennifer Amores, Paola Mora, Daniel Salazar) de la de la Facultad de Ciencias Ambientales, junto a los proyectos ejecutados por: Nadia Vásquez, Andrés Izurieta, Francisco Díaz, Francisco Rubianes, promoción 2009 de la misma Facultad, de la Universidad Internacional SEK, es importante en la toma de decisiones, para lo cual se requiere mantener el monitoreo continuo, obteniendo datos que permitan correlacionar información entre proyectos, y utilizar modelos matemáticos (Sánchez y Cortn) que se asemejen a la realidad, mediante la contabilización de vehículos que transitan.

## **2 INTRODUCCIÓN**

Actualmente el ruido ambiental en Quito se encuentra muy poco estudiado, a diferencia de los problemas ocasionados por ruido industrial o laboral, donde la mayoría de gente ha dedicado su esfuerzo para solucionarlo (*Martin, 1977*), sin saber o desconocer que el simple hecho de salir a la calle, está poniendo en peligro la salud de las personas tanto, igual o mayor medida que en cualquier puesto de trabajo. La generación del ruido ambiental en Quito, desde el punto de vista del ciudadano, se puede decir que se ha visto incrementada a medida que el parque automotor crece sin control alguno.

En Quito existen un sin número de contaminantes ambientales, que provienen de la industria o actividades humanas, su creación utiliza cierta cantidad de energía, esfuerzo y dinero. La diferencia entre el ruido y cualquier otro tipo de contaminante es que este, no necesita casi ningún esfuerzo o gasto de energía, ya que es uno de los contaminantes más fáciles de producir.

Los problemas comienzan con el desconocimiento de la situación actual en la que se encuentra el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), respecto a la fluctuación de la contaminación por ruido. Se han logrado realizar estudios que precisan incrementos de ruido, calificando a Quito como una de las ciudad más ruidosa del país (*Diario HOY, 2007*). Los problemas están a la vista, dar las soluciones está a la orden del día, para llevar a cabo un plan de reducción de ruido es indispensable conocer la problemática actual.

Esta investigación presenta gráficamente y en valores reales la situación actual de la zona centro norte del DMQ respecto al ruido ambiental, adicionalmente se presentan una serie de soluciones y recomendaciones que llevarían a una posible reducción del contaminante.

Este trabajo de fin de carrera tiene como Objetivo General crear mapas de ruido ambiental para los sectores: Cofavi, Solca, Jipijapa, Estación Norte y Belisario en el Distrito Metropolitano de Quito, Provincia de Pichincha - Ecuador; evaluando las causas de la contaminación y sus posibles soluciones.

Los objetivos específicos del presente trabajo son:

- Obtener datos reales de ruido ambiental de los sectores Cofavi, Solca, Jipijapa, Estación Norte y Belisario en un lapso de tiempo de 5 a 6 meses.
- Aplicar la metodología para recopilar los datos de campo.
- Tabular los resultados en base a lo que dispone la ordenanza 213 del (DMQ).
- Transformar los datos de campo por medio de ArcGis a una forma gráfica, para la creación de los mapas de ruido de los sectores: Cofavi, Solca, Jipijapa, Estación Norte y Belisario.
- Interpretar los datos e identificar los principales causantes de ruido en los sectores de: Cofavi, Solca, Jipijapa, Estación Norte y Belisario.

- Estimar las posibles afecciones a la salud de la ciudadanía por acción del ruido ambiental determinado.
- Integrar los datos obtenidos por las investigaciones realizadas en el 2009, por los estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Internacional SEK.
- Proponer soluciones para mitigar el ruido ambiental existente en los sectores de Cofavi, Solca, Jipijapa, Estación Norte y Belisario.
- Utilizar los modelos matemáticos de Sánchez y Cortn para comprobar su aplicación al ruido ambiental de la ciudad.

### **3 MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 MEDIO AMBIENTE**

“Es el conjunto de elementos físicos, químicos, biológicos y de factores sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, a corto o a largo plazo, sobre los seres vivos y las actividades humanas” (Definición dada por el Comité Internacional de la Lengua Francesa en la Conferencia de Estocolmo) (*Tarrio, 1993*).

#### **3.2 DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)**

Se encuentra a 2827m.s.n.m, al pie del volcán Pichincha entre la latitud 0°10'0" (sur) y longitud 78°29'0" (oeste) (*Revelo y Vaca, 1994*).

Se encuentra la ciudad rodeada de estribaciones propias de las regiones andinas, entre ellas el Panecillo al sur y las lomas del Itchimbía por el este (*Revelo y Vaca, 1994*).

El clima es templado, se mantiene una temperatura media anual de 13.5 °C. La temperatura máxima, tiene una media es de 22.1 °C, la temperatura mínima media es de 6.8 °C, mientras que la presión atmosférica en Quito, tiene una media de 546.44 mmHg (*Petroecuador, 2003*).

Quito urbano tiene una extensión de 37090.33 ha (*Petroecuador, 2003*).

La topografía es irregular con lomas y quebradas, la precipitación media es de 500 a 1000 mm en el norte. Humedad relativa media de: 74% (*Revelo y Vaca, 1994*).

Vientos: La ciudad experimenta tres direcciones predominantes; la zona norte con vientos del noroeste, zona central con vientos del norte y la zona sur con vientos del noreste, (*Revelo, 1994*), siendo los predominantes los del norte, con una velocidad media de 12.398 m/s

(Petroecuador, 2003).

### **3.3 SONIDO**

El sonido es un tipo de onda que se propaga únicamente en presencia de un medio que haga de soporte de la perturbación.

La intensidad del sonido percibido, está relacionada con la intensidad de la onda sonora correspondiente, también llamada intensidad acústica (Harris, 1977).

### **3.4 INTENSIDAD ACÚSTICA**

Es una magnitud que proporciona una idea de la cantidad de energía que está fluyendo por el medio como consecuencia de la propagación de la onda.

La magnitud de la sensación sonora depende de la intensidad acústica, pero también depende de la sensibilidad del oído. El intervalo de intensidades acústicas va desde el umbral audible, hasta el umbral del dolor (Berland, 1973). La intensidad fisiológica o sensación sonora de un sonido se mide en **decibelios**.

### **3.5 DECIBELIO (dB)**

Es la unidad relativa empleada en acústica y telecomunicaciones para expresar la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia. Se lo expresa con el símbolo dB, y es una unidad logarítmica. Equivale a diez veces el logaritmo decimal del cociente de los cuadrados de la presión sonora medida y la de referencia igual a veinte micro pascales (Harris, 1977).

### **3.6 NIVELES DE PRESIÓN SONORA**

Es la relación entre la presión sonora de un sonido, cualquiera y una presión sonora de referencia (Harris, 1977).

### **3.7 NIVEL DE PRESIÓN SONORA CONTINUO EQUIVALENTE (NPSeq)**

“Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A [dB(A)], que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido medido” (Coral, 2009).

### 3.8 RUIDO

Se considera al ruido como un sonido no deseado que puede afectar en forma negativa la salud y el bienestar de individuos o poblaciones.

El sonido es, desde el punto de vista físico, una alteración mecánica que se propaga en forma de movimientos ondulatorios a través del aire y de otros medios elásticos o mecánicos como el agua o el acero.

Un ruido total asociado con un determinado entorno se denomina **RUIDO AMBIENTAL** (*Harris, 1977*).

El ruido es producido por la vibración de cuerpos o moléculas de aire y se desplaza a modo de onda longitudinal, por lo que se constituye en una forma de energía mecánica. El ruido, al ser un tipo de energía, es medido en watts y la intensidad del sonido en un punto del espacio, se define como la velocidad de flujo de energía por unidad de superficie medida en watts por m<sup>2</sup>. Esta intensidad es proporcional a la medida cuadrática de la presión acústica y como la variable tiene un margen muy amplio se usa el valor del decibelio dB.

Como los efectos del ruido dependen mucho de la frecuencia de oscilación de la presión acústica, en la medición del ruido es importante el análisis espectral.

La magnitud percibida del sonido, se define como sonoridad y su equivalente en dB recibe el nombre de nivel de sonoridad. La sonoridad está en función de la intensidad y de la frecuencia y existen diversos procedimientos para calcularla a partir de mediciones físicas. Los métodos más simples incluyen la medición del nivel de presión acústica (NPA) mediante un filtro o sistema de filtros que representan la respuesta de frecuencia del oído. Para ello se utiliza una ponderación (A), que significa que el nivel acústico resultante abarca una amplia gama de frecuencias, de tal manera que se asemeje a la respuesta del oído.

Las mediciones del nivel acústico se pueden realizar considerando dos períodos diferentes: Los niveles de sonidos contantes y los niveles instantáneos de sonidos, las variables se miden en una escala de tiempo muy breve, de un segundo o menos. Los sonidos variables pueden medirse para promedios de tiempo más prolongados, durante horas si es necesario, y se expresan en función del nivel de presión acústica continua equivalente (Neq). Esta medida del promedio de exposición al ruido en la que se emplea la ponderación A, está en correlación aceptable con muchas respuestas del hombre al ruido y se recomienda para uso general.

### **3.8.1 TIPOS DE RUIDO**

#### **3.8.1.1 Ruido de fondo:**

Se considera ruido de fondo a cualquier sonido indeseado que se produce de forma simultánea a la realización de una medida acústica, y que puede afectar al resultado de la *misma* (*Norma Técnica de la Ordenanza 213, 2008*).

#### **3.8.1.2 Ruido estable:**

El ruido continuo o constante es aquel ruido cuya intensidad permanece constante o presenta pequeñas fluctuaciones (menores a 5 dB) a lo largo del tiempo (*Norma Técnica de la Ordenanza 213, 2008*).

#### **3.8.1.3 Ruido fluctuante:**

Es aquel ruido cuya intensidad fluctúa (varia) a lo largo del tiempo. Las fluctuaciones pueden ser periódicas o aleatorias (*Norma Técnica de la Ordenanza 213, 2008*).

#### **3.8.1.4 Ruido imprevisto:**

El ruido impulsivo es aquel ruido cuya intensidad aumenta bruscamente durante un impulso. La duración de este impulso es breve, en comparación con el tiempo que transcurre entre un impulso y otro. Suele ser bastante más molesto que el ruido continuo (*Harris, 1977*).

#### **3.8.1.5 Ruido Urbano:**

Son las causas aleatorias y puntuales que se contabilizan individualmente en el casco urbano, como por ejemplo el paso de una ambulancia, alarmas, trabajos en las vías, etc (*Berland, 1973*).

#### **3.8.1.6 Ruido Industrial:**

Ruido que una planta industrial emite hacia el exterior de la misma (*Berland, 1973*).

#### **3.8.1.7 Ruido Ambiental:**

Es el ruido mínimo producido por el ambiente en una zona determinada (*Berland, 1973*).

### **3.9 SONÒMETRO**

Es un instrumento de medida que sirve para determinar niveles de presión sonora o el nivel de ruido que existe en un determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio

La mayoría de estos aparatos incorporan tres tipos de filtros, llamados A, B, C y en ciertos casos un D. El tipo A es en el cual se crea una correlación entre las mediciones físicas y las evaluaciones subjetivas de la sonoridad del ruido.

**Tabla # 1: Ponderaciones de Frecuencia**

<b><i>Ponderaciones de frecuencia</i></b>	<b><i>Caracterización</i></b>
<b><i>A</i></b>	Es la red de ponderación más comúnmente utilizada para la valoración de daño auditivo e inteligibilidad de la palabra. Empleada inicialmente para analizar sonidos de baja intensidad, es hoy, prácticamente, la referencia que utilizan las leyes y reglamentos contra el ruido producido a cualquier nivel.
<b><i>B</i></b>	Fue creada para modelar la respuesta del oído humano a intensidades medias. Sin embargo, en la actualidad es muy poco empleada. De hecho una gran cantidad de sonómetros ya no la contemplan.
<b><i>C</i></b>	En sus orígenes se creó para modelar la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad. En la actualidad, ha ganado prominencia en la evaluación de ruidos en la comunidad, así como en la evaluación de sonidos de baja frecuencia en la banda de frecuencias audibles.
<b><i>D</i></b>	Esta red de compensación tiene su utilidad en el análisis del ruido provocado por los aviones.
<b><i>U</i></b>	Es una red de ponderación de las más recientes. Se aplica para medir sonidos audibles en presencia de ultrasonidos.

***Fuente: ¿Cómo elegir un sonómetro? (Sexto, 2004).***

Existen dispositivos indicadores de la velocidad de lectura como:

Ponderaciones de tiempo lento (S): Se usan cuando el nivel sonoro tiene una gran fluctuación y es necesario hallar su valor medio. Por ello, la mayoría de los medidores de nivel sonoro tienen también una velocidad lenta mediante la que se consigue que la lectura sea un valor

promediado en el tiempo, siempre que los sonidos sean de carácter continuo, aunque de amplitud variable (Revelo y Vaca, 1994).

La tabla # 2, detalla el uso de las ponderaciones de tiempo que se pueden encontrar en un sonómetro.

**Tabla # 2: Ponderaciones de Tiempo**

<b><i>Ponderaciones de tiempo</i></b>	<b><i>Caracterización</i></b>
<b><i>S</i></b>	El instrumento responde lentamente ante los eventos sonoros. El promediado efectivo de tiempo es de aproximadamente un segundo.
<b><i>F</i></b>	Brinda una respuesta al estímulo sonoro más rápida. La constante de tiempo es menor (0.125 segundos) y por tanto, puede reflejar fluctuaciones poco sensibles a la ponderación anterior.
<b><i>I</i></b>	Tiene una constante de tiempo muy pequeña. Se emplea para juzgar cómo influye, en el oído humano, la intensidad de sonidos de corta duración.
<b><i>Peak</i></b>	Permite cuantificar niveles picos de presión sonora de extremadamente corta duración (50 microsegundos). Posibilitando la determinación de riesgo de daño auditivo ante los impulsos.

***Fuente: ¿Cómo elegir un sonómetro? (Sexto, 2004).***

### **3.9.1 TIPOS DE SONOMETRO:**

#### **3.9.1.1 Sonómetro no integrador o básico:**

Estos toman únicamente el nivel de presión instantáneo en dB (Sonómetros, 2009).

#### **3.9.1.2 Sonómetro integrador:**

Los sonómetros integradores son promediadores, empleados para la medición del Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, LAeq,T (Sonómetros, 2009).

### **3.9.2 SONOMETRO EXTECH, MODELO 407780.**

Este es un sonómetro con tiempo integrador programable proporciona linealidad precisa sobre una amplia escala (100dB) e indica medidas Leq, SEL, NPS, MÁX-L, y MÍN-L. Tiempo de

respuesta (RÁPIDO, LENTO, e IMPULSO) y ponderación de frecuencia (A y C) programables.

**Figura # 1:** Sonómetro integrador EXTECH, MODELO 407780



“Este medidor puede ser usado de dos maneras diferentes; como sonómetro integrador o como sonómetro de presión acústica (NPS)” (Extech Instruments, 2005).

### **3.9.2.1 Modo de uso del tipo integrador:**

“Modo LEQ, indica el nivel integrado (promedio) para el periodo de operación”.

“Modo SEL, indica el nivel constante de sonido en decibeles, que, si duran un segundo, proporcionarían la misma cantidad de energía acústica que la generada durante todo el periodo de medición” (Extech Instruments, 2005).

## **3.10 MAPA DE RUIDO**

Los mapas de ruido son registros georreferenciados de los niveles sonoros u otra información acústica pertinente, obtenidos en un área geográfica determinada (Izurieta, 2009).

Se los puede crear por medio de mediciones (caso de esta investigación), simulación, cálculos, modelos entre otros.

Un mapa de ruido es una herramienta que puede ser utilizada con fines predictivos, en función de la información que posee, para fundar programas o correr modelos matemáticas que ayuden a disminuir o controlar el ruido ambiental, y así evitar problemas en la salud humana y animal.

### **3.11 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**

SIG es un sistema de computación que utiliza información con referencias geográficas, sirve para analizar, interpretar, almacenar, recuperar, obtener datos georeferenciados, convirtiéndose en una herramienta que permitirá tomar decisiones en la optimización de recursos, y monitorear el avance físico del proyecto (*Izurieta, 2009*).

### **3.12 RUIDO EN LA SALUD**

La diferencia de muchos contaminantes ambientales con el ruido, es que este no es bioacumulable, pero de ser constante puede ocasionar daños a los órganos del cuerpo humano. Al ser fácilmente emitido por fuentes como tráfico vehicular, industrias, locales de ocio, aviones, etc. Se convierten en agentes negativos sobre la salud física, mental y auditiva de las personas.

Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 60 dB (A), como el límite superior deseable para conservar la salud humana (*Programa NU, 1983*).

Se produce dolor en el oído cuando el tejido de la membrana timpánica resulta distendido por presiones acústicas de gran amplitud, en condiciones extremas puede llegar a romperse la membrana. El umbral de dolor se encuentra entre los 110-130 dB. La de malestar está entre los 80 dB (*Programa NU, 1983*).

#### **3.12.1 EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LOS SERES HUMANOS**

##### **3.12.1.1 Interferencia en la comunicación:**

Las palabras de la conversación reposada son intangibles en un 100% con niveles de ruido de fondo de unos 45 dB(A) y pueden entenderse bastante bien con niveles de 55 dB(A) y las palabras articuladas con un esfuerzo ligeramente mayor pueden entenderse bien con un nivel de ruido de 65 dB(A) (*Programa NU, 1983*).

La conversación al aire libre, la transmisión del habla al aire libre se rige por la “ley de la inversa de los cuadrados”, es decir que, cuando se duplica la distancia entre hablante y oyente, la intensidad vocal recibida desciende aproximadamente 6 dB. Es menos probable que esta relación ocurra dentro de un edificio (*Programa NU, 1983*).

### **3.12.1.2 Pérdida de la audición:**

La pérdida puede ser temporal o permanente. La pérdida temporal se produce al ocurrir un desplazamiento temporal del umbral inducido por el ruido, representa una pérdida transitoria de agudeza auditiva, sufrida después de una exposición relativamente breve al ruido excesivo. Al cesar éste, se recupera con bastante rapidez la audición que se tenía antes de la exposición.

En caso de que sea permanente el desplazamiento del umbral inducido por el ruido, constituye una pérdida sensoria neural irreversible causada por exposiciones prolongadas. En algunos casos se puede sufrir simultáneamente ambos tipos de pérdida o presbiacusia, reducción permanente de la capacidad auditiva al proceso natural de envejecimiento (*Programa NU, 1983*).

### **3.12.1.3 Perturbación del sueño:**

Es un factor, no conciliador de sueño y de despertar a quienes ya están dormidos. “Algunos estudios han indicado que la perturbación del sueño se manifiesta cada vez más a medida que los niveles de ruido ambiental sobrepasan los 35 dB(A) de Neq”. Se ha observado que sujetos que duermen bien con Neq de 35 dB(A), se quejan de perturbaciones y tienen dificultades en conciliar el sueño con un Neq de 50 dB(A) e incluso de 40 dB(A).

Se recomienda que el límite de ruido en los dormitorios sea de 35 dB (A) con Neq, y para el externo ambiental el límite debería ser de 45 dB(A) de Neq (*Programa NU, 1983*).

### **3.12.1.4 Estrés:**

El ruido afecta el sector simpático del sistema nervioso autónomo. La dilatación pupilar, la bradicardia y el aumento de la conductancia cutánea son proporcionales a la intensidad del ruido para NPA superiores a 70 dB sin que exista adaptación al estímulo (*Programa NU, 1983*).

### **3.12.1.5 Efectos varios:**

Los ruidos impulsivos pueden provocar una reacción de sobresaltos. Esta consiste en contracciones de los músculos flexores de los miembros y de la columna vertebral, contracciones del músculo orbitario que se manifiesta en forma de parpadeo y desviación de la atención de la atención hacia el lugar de donde proviene el ruido. Los fetos reaccionan con sobresaltos ante estimulación acústicas a las 27 o 28 semanas, expresada como alteraciones de la frecuencia del pulso (*Programa NU, 1983*).

El ruido también afecta en la irritabilidad de las personas. Al impedir la relajación y el descanso en el individuo, comenzará una etapa de cansancio físico, dolor de cabeza y en ciertos casos puede el contaminante producir náuseas y mareos.

En lugares ruidosos se vuelve muy difícil la concentración y el aprendizaje, creando estados de cansancio y tensión que pueden degenerar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular.

Los ruidos considerados más peligrosos son aquellos que se propagan por más tiempo, los más altos o puros. Como ejemplo podemos citar a las explosiones, que dependiendo del grado de explosión y la distancia de una persona con la explosión puede perder el tímpano (Coral, 2009).

#### **3.12.1.6 Efectos no auditivos:**

“El ruido también actúa negativamente sobre otras partes del organismo, se ha comprobado que bastan 50 a 60 dB para que existan enfermedades asociadas al estímulo sonoro. En presencia de ruido, el organismo adopta una postura defensiva y hace uso de sus mecanismos de protección. Entre los 95 y 105 dB se producen las siguientes afecciones: Afecciones en el riego cerebral, alteraciones en la coordinación del sistema nervioso central, alteraciones en el proceso digestivo, cólicos y trastornos intestinales, aumento de la tensión muscular y presión arterial, cambios de pulso en el encefalograma” (Coral, 2009).

#### **3.12.1.7 Efectos sobre la memoria:**

En lugares donde se utiliza continuamente la memoria, el ruido produce una reducción de la capacidad de recordar sobre otras personas que no han sido sometidas a fuentes sonoras (Coral, 2009).

#### **3.12.1.8 Efectos sobre el embarazo:**

Se ha observado que las madres embarazadas que han estado desde el principio en una zona muy ruidosa, tienen niños que no sufren alteraciones, pero si se han instalado en estos lugares después de los 5 meses de gestación (el oído se hace funcional), después del parto los niños no soportan el ruido, lloran cada vez que lo sienten, y al nacer su tamaño es inferior al normal (Coral, 2009).

### 3.13 PRINCIPALES FUENTES GENERADORAS DE RUIDO AMBIENTAL

#### 3.13.1 EL TRÁNSITO DE AUTOMOVILES:

El ruido de los vehículos es producido fundamentalmente por el motor. Sin descartar la fricción causada por el contacto del vehículo con el suelo y el aire. En general, el ruido por contacto con el suelo supera al del motor cuando las velocidades sobrepasan los 60 km/h. El nivel de ruido de tránsito se relaciona con el volumen de éste, la velocidad de los vehículos y la proporción de los vehículos pesados que junto con las motos, tienden a producir un ruido aproximadamente dos veces más intenso que el causado por los automóviles (*Programa NU, 1983*).

Los lugares en que la situación implica cambios de velocidad y de potencia como los semáforos, cuestas e intersecciones de caminos, son otros de los factores que incrementa el ruido a consecuencia del esfuerzo de los vehículos en superar las fuerzas gravedad.

En el DMQ según estudio realizados por la Universidad Central del Ecuador en el 2002, se define que por cada 5 personas hay un vehículo. Los vehículos particulares representan el 93% del total de unidades que circulan en Quito.

*Tabla # 3: Vehículos que circulaban en la ciudad de Quito hasta el año 2002.*

CLASE DE VEHÍCULO	NÚMERO DE UNIDADES
Particulares	235.000
Buses	4.673
Taxis	8.807
Taxis no registrados	4.000
Vehículos de carga	586
Total	253.056

*Fuente: (Estudio de la calidad del aire de Quito, 2002)*

#### 3.13.2 TRÁNSITO AÉREO:

Se caracteriza por una amplia gama de frecuencias como los componentes periódicos del ruido de maquinas giratorias como ventiladores, hélices y rotores. En los aviones de reacción, los componentes periódicos tienden a dominar mas en el despegue, que es cuando predomina

el ruido de banda ancha del escape. Cuando se trata de motores silenciosos, el ruido del casco puede ser el que domine durante el aterrizaje.

El control del ruido aéreo depende de manera decisiva de la reducción del componente representado por el motor y las velocidades de los gases. Los motores con turboventiladores de las aeronaves más modernas con un elevado cociente de doble flujo y componentes que operan a velocidades considerablemente más bajas, han reducido el ruido de los aviones y dejan prever aeropuertos menos ruidosos (*Programa NU, 1983*).

### **3.13.3 CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS Y OBRAS PÚBLICAS:**

A menudo, el equipo de construcción no cuenta con dispositivos silenciadores, realiza las actividades sin considerar el ruido ambiental. Entre los más destacados están grúas, volquetas, mezcladoras, soldadura, martilleo, picadoras hidráulicas, perforaciones, etc. (*Programa NU, 1983*).

### **3.13.4 RUIDO DE VECINDARIO:**

Carros recolectores de basura, vendedores ambulantes, equipos de sonido de viviendas, alto parlantes de vendedores, perros, animales en general, cortadores de césped, sirenas de vehículos, son los sonidos típicos que encontramos en residencias urbanas, conformando en conjunto el ruido ambiental.

## **3.14 REDUCCIÓN DEL RUIDO**

Las medidas de control se agrupan en 3 categorías: Aislamiento, supresión y apantallamiento

*(Manual de referencia de la Ing. Ambiental, 2007).*

Para el ruido ambiental es necesario contar con la ayuda de las autoridades locales de salud y de organismos interesados, ya que la mayoría de ruidos como el de aviones o del tránsito se deben sobre todo a errores en la política de planificación territorial urbana. Hay que buscar que los programas de disminución del ruido incluyan todas las medidas a largo plazo que puedan ser necesarias para combatir el ruido.

Se puede reducir aún más el ruido aumentando la distancia entre las personas y la fuente sonora. Esto se puede lograr, por ejemplo, planificando la ubicación de los medios de

transporte en la comunidad, y en la industria seleccionando el emplazamiento de las fábricas. Dentro de la industria, absorber el ruido de impactos o maquinaria con material aislante. También se puede usar tabiques o barreras a lo largo de la calle para el ruido del tránsito.

### **3.14.1 REDUCCIÓN DEL RUIDO POR MUROS Y VALLAS**

Estos métodos no son los más eficientes contra el ruido, pero se los considera dependiendo de la altura del muro, y la cantidad de ruido, ya que la altura es directamente proporcional a la disminución del ruido.

Entre más cerca esté la barrera del receptor o de la fuente emisora, la reducción del ruido será mayor. Pero si el muro o valla es colocado a una distancia igual entre el receptor y la fuente, no servirá de nada. El ángulo de sombra será mínimo y el ruido se propagará casi con la misma intensidad hacia el receptor. El objetivo es que la barrera forme un ángulo de sombra de 90°, entre la fuente y el receptor, con esto se logra una reducción de hasta 30 dB (Harris, 1977).

### **3.14.2 REDUCCIÓN DEL SONIDO POR ÁRBOLES Y ARBUSTOS**

Para que los árboles y arbustos sean efectivos en la contención del ruido en un área abierta de trabajo o en las áreas residenciales, deben formar barreras de gran profundidad y alta densidad de follaje. Si consideramos los datos obtenidos de un estudio realizado en diferentes tipos de selvas de atenuaciones del sonido, es visible que en las selvas tropicales la reducción del sonido es de 10dB por cada 100m, con un campo de visión no mayor de 7m. Mientras que el follaje menos denso, donde el campo visual es de 70m, aproximadamente, la atenuación es de 2 dB (Eyring). Al usar árboles, el nivel de las hojas deberá extenderse casi hasta el suelo. Pero si lo consideramos para el tráfico urbano se constituye en el único método efectivo y estéticamente viable de aplicar (Harris, 1977).

## **3.15 MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL**

Se considera, a la acción de tomar muestras aleatorias de ruido con un sonómetro, durante un lapso de tiempo, en un espacio y lugar determinado, considerando condiciones óptimas, recomendaciones y procedimientos establecidos de monitoreo.

### **3.15.1 CONDICIONES ÓPTIMAS PARA REALIZAR MONITOREO AMBIENTAL:**

Para realizar las mediciones de ruido, no debe llover ni tampoco debe existir una velocidad del viento mayor de 5m/s (*Revelo y Vaca, 1994*).

Las mediciones ambientales deben ser realizadas de 1.2 a 1.5m sobre el suelo y 3.5m separadas de las paredes, edificios o cualquier objeto que establezca una barrera o interrumpa el recorrido normal del ruido hacia el sonómetro.

### **3.16 ESCALAS DE MEDICIÓN:**

Las mediciones de los niveles de presión acústica se realizan con instrumentos que responden a todas las frecuencias en el rango audible, pero por cuanto la sensibilidad del oído varía con la frecuencia y el nivel, el nivel de presión acústica no representa exactamente la respuesta del oído. Esta condición se corrige suministrando a los medidores, características de ponderación. Las escalas ponderadas modifican la respuesta frecuencial del instrumento, de manera que sus indicaciones se asemejan a la sensibilidad del oído.

La primera, para ponderación A, proporciona lecturas que representan la respuesta del oído a sonidos cercanos al nivel de 50 dB; la escala B se aproxima a la respuesta del oído a valores aproximadamente de 70 dB y la escala C se utiliza para niveles cercanos a los 100 dB o más altos. Estas lecturas son denominadas “Niveles acústicos”. Mientras que la diferencia con “Niveles de presión sonora” es que estas mediciones están modificadas por la frecuencia (*Revelo y Vaca, 1994*).

#### **4 MARCO LEGAL**

Considerando la pirámide de prioridades legales, tenemos la Constitución Política del Ecuador, la cual declara que:

“Todos los ecuatorianos tenemos el derecho de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.” Estipulado en el Art. 14 de la Constitución Política del Ecuador.

Dentro del capítulo de “Derechos de libertad” se establece lo siguiente:

“Se reconoce y garantizará a las personas, el derecho a una vida digna en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, con posibilidad al descanso y ocio, libre de contaminación, asegurando la salud, saneamiento ambiental, entre otros.” Estipulado en el Art. 66 de la Constitución Política del Ecuador.

“Son deberes y responsabilidades de los ciudadanos ecuatorianos, preservar un ambiente sano.” Estipulado en el Art. 83 de la Constitución Política del Ecuador.

La Constitución Política del Ecuador en su Art. 415.- manda a que “los gobiernos autónomos descentralizados incentiven y faciliten el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías.”

Siguiendo con el análisis, se encuentra la Ley de Gestión Ambiental, esta ley, se complementa con las normas técnicas estipuladas en el TULAS (Texto Unificado de Legislación Secundaria), el cual manda en su Libro VI, Anexo 5 “Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones”, literal 4.1.1 “Niveles máximos permisibles de ruido” que:

Los NPSeq en dB(A), emitidas por fuentes fijas de ruido, tendrán como límites máximos, lo que dispone la tabla adjunta:

***Tabla # 4: Niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo***

NIVELES MÁXIMOS DE RUIDO PERMISIBLES SEGÚN USO DEL SUELO

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial mixta	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Comercial mixta	65	55
Zona Industrial	70	65

*Fuente: TULAS, Libro VI, Anexo 5, literal 4.1.1.1*

El mismo normativo define como:

- ◆ **Zona hospitalaria y educativa:** Aquellas zonas en que “los seres humanos requieren de particulares condiciones de serenidad y tranquilidad, a cualquier hora del día”  
*(TULAS, Libro VI, Anexo 5).*
- ◆ **Zona Residencial:** “Aquella cuyos usos de suelo permitidos, de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial, corresponden a residencial, en que los seres humanos requieren descanso o dormir, en que la tranquilidad y serenidad son esenciales” *(TULAS, Libro VI, Anexo 5).*
- ◆ **Zona Comercial:** “Aquella cuyos usos de suelo permitidos son de tipo comercial, es decir, áreas en que los seres humanos requieren conversar, y tal conversación es esencial en el propósito del uso de suelo” *(TULAS, Libro VI, Anexo 5).*
- ◆ **Zona Industrial:** “Aquella cuyos usos de suelo es eminentemente industrial, en que se requiere la protección del ser humano contra daños o pérdida de la audición, pero en que la necesidad de conversación es limitada” *(TULAS, Libro VI, Anexo 5).*
- ◆ **Zonas Mixtas:** “Aquellas en que coexisten varios de los usos de suelo definidos anteriormente. Zona residencial mixta comprende mayoritariamente uso residencial, pero en que se presentan actividades comerciales. Zona mixta comercial comprende un uso de suelo predominantemente comercial, pero en qué se puede verificar la

presencia, limitada, de fábricas o talleres. Zona mixta industrial se refiere a una zona con uso de suelo industrial predominante, pero en que es posible encontrar sea residencias o actividades comerciales” (TULAS, Libro VI, Anexo 5).

Respecto a la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija, y sus correcciones (ver Anexo # 1, literales 4.1.2 y 4.1.2.8), cabe mencionar que los mismos pasos y condiciones fueron tomados por el investigador, según la aplicabilidad.

Dentro de la pirámide, un eslabón, más abajo se encuentra la Ordenanza 213, emitida para el DMQ, la cual posee mucha similitud con el TULAS, variando únicamente en la tabla de Niveles Máximos Permisibles de Ruido Para Fuentes Fijas, siendo esta más estricta que la del TULAS, por esta razón su aplicabilidad se anticipa a la del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

**Tabla # 5:** Niveles máximos permitidos de ruido para fuentes fijas.

TIPO DE ZONA SEGÚN EL USO DEL SUELO	NIVELES MÁXIMOS PERMITIDOS DE RUIDO PARA FUENTES FIJAS NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE: NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona Equipamientos y Protección <sup>(1)</sup>	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple <sup>(2)</sup>	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Industrial 1	60	50
Zona Industrial 2 <sup>(3)</sup>	65	55
Zona Industrial 3, 4, 5 <sup>(4)</sup>	70	60

**Fuente:** Norma Técnica para la aplicación de la codificación del Título V, “de la prevención y control del medio ambiente” de la Ordenanza 213.

**Donde:**

(1) Equipamientos se refiere al suelo destinado a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios que posibiliten la recreación, cultura, salud, educación, transporte, servicios públicos, e infraestructura. Uso de Protección Ecológica, es el suelo destinado al

mantenimiento o recuperación de ecosistemas por razones de calidad ambiental y de equilibrio ecológico

(2) Corresponde a áreas de centralidad en las que coexisten residencia, comercio, industria de bajo y mediano impacto, servicios y equipamientos compatibles o condicionados.

(3) Industria de tipología de mediano impacto ambiental.

(4) Industria de tipología de alto impacto ambiental, peligrosa y mixta.

Para el análisis de datos, se utilizó la tabla # 6 “Corrección por Nivel de Ruido de Fondo” de la Ordenanza 213. Con este método de corrección del nivel de la presión sonora equivalente, se pudo crear una serie de datos acordes a la realidad.

**Tabla # 6:** Valores de corrección, entre NPSeq de la fuente y NPSeq de ruido de fondo.

DIFERENCIA ARITMÉTICA ENTRE NPSEQ DE LA FUENTE FIJA Y NPSEQ DE RUIDO DE FONDO (dBA)	CORRECCIÓN
10 ó mayor	0
De 6 a 9	- 1
De 4 a 5	- 2
3	- 3
Menor a 3	Medición nula

**Fuente:** Norma Técnica para la aplicación de la codificación del Título V, “de la prevención y control del medio ambiente” de la Ordenanza 213.

## **5 CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO**

Las estaciones elegidas para este trabajo son una herencia de las investigaciones realizadas en el año 2009 por estudiantes de la UISEK. Siendo agrupadas a conveniencia de los actuales investigadores, se procederá a detallar algunos factores que pueden afectar en la cantidad de ruido ambiental como importantes referencias para la ubicación de la estación.

### **5.1 ESTACIÓN SOLCA**

**5.1.1 CALLES:** Av. Gral. Eloy Alfaro y De Los Pinos.

**5.1.2 Coordinadas:** -78,468102 -0,132839 Decimal Degrees

**5.1.3 Puntos de referencia:** Junto al Hospital de Solca, cabecera norte.

**5.1.4 Puntos de monitoreo:** 17 (4N, 4S, 4E, 4O y 1 punto cero)

**5.1.5 Tipo de uso del suelo:** EQUIPAMIENTO Y PROTECCIÓN

**5.1.6 Límite máximo permisible día:** 45 dB(A)

**5.1.7 Límite máximo permisible noche:** 35 dB(A)

**5.1.8 Nivel de tráfico:**

El sector de Solca se ve influenciado por los vehículos de carga pesada que se dirigen por la Av. Eloy Alfaro hacia las diferentes fábricas, bodegas, comercios, del norte de Quito. Igualmente, la frecuencia de buses es constante, y la cantidad de vehículos livianos es alta por ser esta vía una de las más importantes de Quito.

**5.1.9 Nivel de pendiente:**

La calle De los Pinos posee una pendiente aproximada de 2.8° (dato en función de la tabla del Anexo # 4), pasando la Av. Eloy Alfaro yendo de sentido oeste al este. Contrario a la Av. Eloy Alfaro donde existe una pendiente constante de sentido sur – norte. Estas condiciones tienen una influencia directa en el incremento del ruido, a causa del esfuerzo que realizan los vehículos al subir estos declives. La cantidad de ruido, adicional de las pendientes, se ve incrementada por la parada necesaria que realizan los automotores en el semáforo de la intersección. El ruido producido por el esfuerzo de arranque de los vehículos, sumado a la inclinación de la pendiente, hacen que estos valores se disparen, notorio en los vehículos de carga pesada.

**5.1.10 Condiciones del pavimento:**

Se encuentra en buen estado, y es de tipo rugoso.

**5.1.11 Focos de emisión de ruido de fondo:**

Cuarto de máquinas de Hospital Solca, Megakywi, y transformadores eléctricos

**5.1.12 Causantes de contaminación ambiental:**

Vehículos de carga pesada, esfuerzo de vehículos en cuestas pronunciadas, buses, gran flujo vehicular, vendedores ambulantes, afluencia de personas, gran cantidad de personas tocando el claxon de los vehículos, tráfico aéreo, construcciones con maquinaria pesada.

### **5.1.13 Posibles daños a la salud:**

Estrés, interferencia de comunicación, perturbación del sueño, pérdida temporal de la audición, reacción de sobresaltos, irritabilidad, efectos sobre la memoria, efectos al embarazo.

## **5.2 ESTACIÓN COFAVI**

**5.2.1 CALLES:** AV. Galo Plaza Lasso y Nicolás Orteta

**5.2.2 Coordenadas:** -78,479677 -0,128714 Decimal Degrees

**5.2.3 Puntos de referencia:** Esquina sur del Supermaxi de la Av. Galo Plaza Lasso

**5.2.4 Puntos de monitoreo:** 14 (4N, 4S, 1E, 4O y 1 punto cero)

**5.2.5 Tipo de uso del suelo:** ZONA RESIDENCIAL MULTIPLE

**5.2.6 Límite máximo permisible día:** 55 dB(A)

**5.2.7 Límite máximo permisible noche:** 45 dB(A)

**5.2.8 Nivel de tráfico:**

Pesado y liviano con gran fluidez y gran cantidad de unidades, por ser una de las arterias principales de la ciudad.

**5.2.9 Nivel de pendiente:**

La Av. Galo Plaza, en el sector de monitoreo, posee una pendiente aproximada de 1.4° (dato en función de la tabla del Anexo # 4), inclinación que no exige a los vehículos de mayor esfuerzo para superar la cuesta. Mientras que la calle Nicolás Orteta, es una calle transversal de gradiente casi nula.

**5.2.10 Condiciones del pavimento:**

Muy buenas condiciones, del tipo rugoso.

**5.2.11 Focos de emisión de ruido de fondo:**

Cuarto de máquinas de Supermaxi, Transformadores eléctricos

#### **5.2.12 Causantes de contaminación ambiental:**

Afluencia de gente al supermercado y colegios cercanos, parada de buses, vendedores ambulantes, flujo vehicular a grandes velocidades, buses y vehículos de carga mediana, tráfico aéreo.

#### **5.2.13 Posibles daños a la salud:**

Interferencia en la comunicación, perturbación del sueño, estrés, reacción de sobresaltos, irritabilidad, impedimento de relajación, falta de concentración, efectos sobre la memoria, efectos al embarazo.

### **5.3 ESTACIÓN JIPIJAPA**

**5.3.1 CALLES:** AV. RÍO COCA E ISLA GENOVESA

**5.3.2 Coordenadas:** -78,478858 -0,159102 Decimal Degrees

**5.3.3 Puntos de referencia:** Frente a la Secretaría Metropolitana de Medio Ambiente.

**5.3.4 Puntos de monitoreo:** 13 (4S, 4E, 4O y 1 punto cero)

**5.3.5 Tipo de uso del suelo:** ZONA RESIDENCIAL MULTIPLE

**5.3.6 Límite máximo permisible día:** 55 dB(A)

**5.3.7 Límite máximo permisible noche:** 45 dB(A)

**5.3.8 Nivel de tráfico:**

Alto tráfico liviano, especialmente en horas pico sobre la Av. Río Coca, circulación de buses con baja frecuencia entre unidades.

**5.3.9 Nivel de pendiente:**

Por el tipo de inclinación que no supera el 1° de pendiente, este sector es considerado plano (dato en función de la tabla del Anexo # 4).

### **5.3.10 Condiciones del pavimento:**

Muy buenas condiciones.

### **5.3.11 Focos de emisión de ruido de fondo:**

Trabajadores de panadería, abierta 24 horas al día, perros, transformadores eléctricos

### **5.3.12 Causantes de contaminación ambiental:**

Velocidad y cantidad de vehículos, fábrica que usa herramientas eléctricas como cortadoras, moledoras, cantidad de perros considerables, tráfico aéreo.

### **5.3.13 Posibles daños a la salud:**

Perturbación del sueño, estrés, reacción de sobresaltos, irritabilidad, impedimento de relajación, falta de concentración, efectos sobre la memoria, efectos al embarazo.

## **5.4 ESTACIÓN NORTE**

**5.4.1 CALLES:** AV. AMAZONAS Y ALFONSO PEREIRA

**5.4.2 Coordenadas:** -78,482578 -0,168326 Decimal Degrees

**5.4.3 Puntos de referencia:** Esquina de la Administración Norte – Municipio de Quito.

**5.4.4 Puntos de monitoreo:** 17 (4N, 4S, 4E, 4O y 1 punto cero)

**5.4.5 Tipo de uso del suelo:** ZONA COMERCIAL

**5.4.6 Límite máximo permisible día:** 60 dB(A)

**5.4.7 Límite máximo permisible noche:** 50 dB(A)

**5.4.8 Nivel de tráfico:**

Alta, con gran cantidad de vehículos sobre la principal (Av. Amazonas) y la transversal (Alfonso Pereira). Gran circulación de buses sobre la principal.

#### **5.4.9 Nivel de pendiente:**

No existe nivel de pendiente en el sector monitoreado.

#### **5.4.10 Condiciones del pavimento:**

Muy buena en la principal. Mucha irregularidad en la transversal.

#### **5.4.11 Focos de emisión de ruido de fondo:**

Transformadores eléctricos, focos luminosos externos de edificios, cuarto de máquinas de algunos edificios.

#### **5.4.12 Causantes de contaminación ambiental:**

Gran afluencia de gente ya que es una zona comercial y bancaria. Parada de buses, los semáforos proporcionan un aumento de ruido producto del arranque de los vehículos, vendedores ambulantes, construcciones de edificios, gran cantidad de personas tocando el claxon de los vehículos, tráfico aéreo.

#### **5.4.13 Posibles daños a la salud:**

Interferencia en la comunicación, estrés, reacción de sobresaltos, irritabilidad, impedimento de relajación, falta de concentración, efectos sobre la memoria, efectos al embarazo.

### **5.5 ESTACIÓN BELISARIO**

**5.5.1 CALLES:** Calle Rumipamba y Manuela Sáenz

**5.5.2 Coordenadas:** -78,493676 -0,180148 Decimal Degrees

**5.5.3 Puntos de referencia:** Entrada norte de vehículos, hacia el Colegio San Gabriel

**5.5.4 Puntos de monitoreo:** 13 (4N, 4E, 4O y 1 punto cero)

**5.5.5 Tipo de uso del suelo:** EQUIPAMIENTO Y PROTECCIÓN

**5.5.6 Límite máximo permisible día:** 45 dB(A)

**5.5.7 Límite máximo permisible noche:** 35 dB(A)

**5.5.8 Nivel de tráfico:**

Bajo, con casi nula presencia de vehículos pesados o buses.

**5.5.9 Nivel de pendiente:**

Posee un grado de inclinación aproximado de 2.3° en la calle Rumipamba (dato en función de la tabla del Anexo # 4).

**5.5.10 Condiciones del pavimento:**

Muy bueno.

**5.5.11 Focos de emisión de ruido de fondo:**

Animales, cercanía a la Av. América

**5.5.12 Causantes de contaminación ambiental:**

Sirena de colegio San Gabriel, carros vendedores de gas, y compradores de chatarra, tráfico aéreo, locales comerciales, afluencia de gente en la Av. América tanto para la Universidad Técnica Equinoccial como para los diferentes negocios, esfuerzo de los vehículos para coronar la pendiente, declives en la vía donde los carros rozan la parta baja de sus carrocerías.

**5.5.13 Posibles daños a la salud:**

Estrés, interferencia de comunicación (Av. América), perturbación del sueño, reacción de sobresaltos, irritabilidad, efectos sobre la memoria, efectos al embarazo.

## 6 METODOLOGÍA

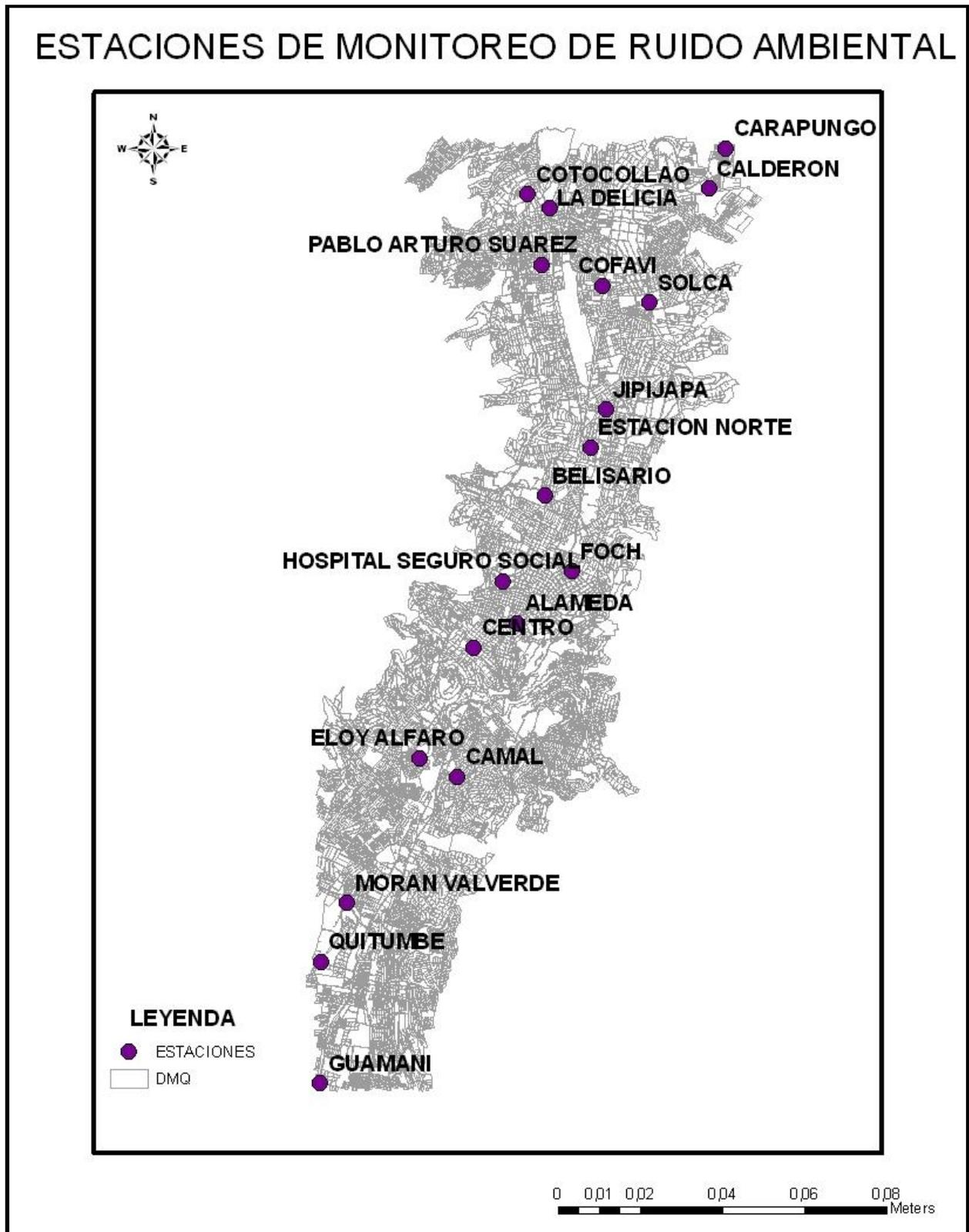
### 6.1 DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE MONITOREO

Siguiendo con las investigaciones realizadas en el año 2009 por Francisco Díaz, Francisco Rubianes, Nadia Vásquez y Andrés Izurieta, se procedió a elaborar un nuevo grupo de trabajo, con un diferente reordenamiento en las zonas de monitoreo. Continuando con la investigación los nuevos grupos quedaron conformados de la siguiente manera:

*Tabla # 7: Grupo de Investigadores período (Octubre 2009 – Julio 2010).*

<b>NOMBRE DEL INVESTIGADOR</b>	<b>ESTACIONES DESIGNADAS</b>	<b>ZONAS DE LA CIUDAD</b>
PAOLA MORA	Cotocollao	NORTE
	La Delicia	
	Calderón	
	Pablo Arturo Suárez	
	Carapungo	
CARLOS ROJAS	Cofavi	CENTRO NORTE
	Solca	
	Jipijapa	
	Estación Norte	
	Belisario	
DANIEL SALAZAR	Alameda	CENTRO SUR
	Centro	
	Mariscal	
	Eloy Alfaro	
	Hospital del Seguro Social	
JENNIFER AMORES	Guamaní	SUR
	Quitumbe	
	Moran Valverde	
	Camal	

**Mapa:** Ubicación de las estaciones en el Distrito Metropolitano de Quito.



Revisado el punto 3.1 “Distribución de las estaciones en la campaña de monitoreo” de la Tesis de grado elaborada por Izurieta, 2009; se decidió realizar un cambio en el esquema de trabajo; se sectorizo la ciudad en 4 partes: Norte, centro norte, centro sur y sur.

## 6.2 DETERMINACIÓN DE HORARIOS Y DÍAS DE MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL.

El monitoreo se lo estableció en tres horarios al día: Mañana, Tarde, Noche.

Mañana: De 06:00 a 11:59

Tarde: De 12:00 a 17:59

Noche: De 18:00 a 24:00

Para realizar la comparación respectiva, se obtuvo el ruido de fondo en cada uno de las estaciones, que fue tomado en los puntos cero los siete días de la semana, con un horario desde la 01:00 hasta 04:00.

Los días de monitoreo fueron los 7 días de la semana; debiendo cumplir con el horario establecido anteriormente.

El objetivo principal era abarcar los tres horarios al día los siete días de la semana, en un lapso de tiempo de 5 meses aproximadamente.

A continuación se presenta el esquema de Monitoreo.

**Gráfico # 1:** Esquema de monitoreo.

	LUNES			MARTES			MIÉRCOLES			JUEVES			VIERNES			SÁBADO			DOMINGO		
	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N	M	T	N
SOLCA																					
JUPIJAPA																					
BELISARIO																					
SOLCA																					
ESTACIÓN NORTE																					

Como se puede apreciar en el esquema, se necesitan 21 mediciones en total en el lapso de 5 meses para concluir con el monitoreo.

Las estaciones a medir diariamente son elegidas al azar y más que todo por disponibilidad y horario del investigador.

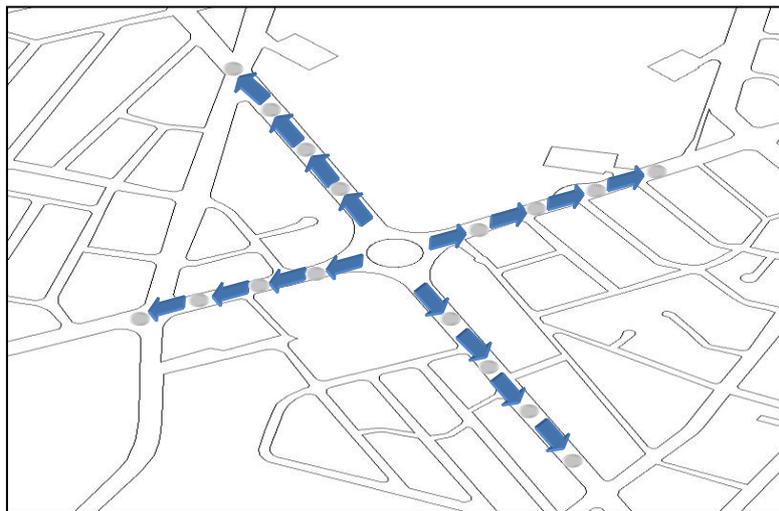
El lapso de tiempo dispuesto para esta investigación permitió monitorear días feriados e inclusive el efecto de la nueva reglamentación dispuesta por el Alcalde de Quito Augusto Barrera “pico y placa”. Como parte de esta investigación quedan cimentados posibles estudios que se pueden realizar a futuro, para obtener una comparación entre el ruido sin la medida y con la medida “pico y placa”.

### **6.3 DETERMINACIÓN ESPACIAL DE LOS LUGARES DE MONITOREO DEL RUIDO AMBIENTAL**

En las estaciones de monitoreo se determinó un punto de partida para la recopilación de datos, a este punto se lo denominó PUNTO CERO. Dicho punto quedó establecido en las intersecciones de las avenidas principales.

A partir del punto cero, se prosiguió a marcar secciones de 25m hasta llegar a los 100m en los cuatro puntos cardinales, quedando establecido de la siguiente manera:

*Gráfico # 2: Disposición de los puntos de monitoreo en el espacio, con distancias de 25m.*



Con la ayuda de pintura en aerosol, se colocaron señales en todas las estaciones, lo que permitió la fácil ubicación de los puntos seleccionados (0, 25, 50, 75 y 100 m) para los días futuros.

## **6.4 TÉCNICA DE MONITOREO**

### **6.4.1 Preparación del sonómetro integrador previo al monitoreo:**

Para comenzar a realizar la recopilación de datos, es necesario calibrar el sonómetro dentro de sus diferentes funciones, entre ellas:

Velocidad de muestro: El sonómetro utilizado da dos opciones, de lectura lenta y rápida; para esta investigación y de acuerdo con la ley se colocó en lenta (Coral, 2009).

Se midió en NPSeq (Nivel de presión sonora equivalente).

Filtro designado entre los dos tipos A o C, fue del tipo A dB(A) (ambientes abiertos).

Calibración en el tiempo de integración de datos de un minuto.

### **6.4.2 Consideraciones previas para realizar el monitoreo de ruido ambiental:**

Se debe aplicar las disposiciones estipuladas en el numeral 3.15.1 de este proyecto, y evitar realizar mediciones de ruido ambiental, cuando existe precipitación de agua, ya que la lluvia altera los valores reales.

### **6.4.3 Procedimiento para realizar el monitoreo de ruido ambiental, con sonómetro integrador:**

1. Colocar el sonómetro calibrado y preparado sobre un trípode, este debe apuntar hacia el norte. Los instrumentos deben colocarse sobre la marca establecida de punto cero en la vía (seguir todas las consideraciones previas para realizar el monitoreo de ruido ambiental).
2. Pulsar la tecla de play en el sonómetro.
3. Cada 15 segundos, girar el sonómetro 90° hacia la derecha.
4. Terminado el minuto, el sonómetro debe quedar apuntando hacia el oeste. Acto seguido se procede a anotar el dato del valor arrojado por el instrumento junto con la hora de la medición, en el Formato de registros, Anexo # 2.
5. Se desmonta el equipo de medición.
6. Se dirige con el equipo 25m al siguiente punto por medir, comenzando por el norte luego este, sur y terminando en el oeste.
7. Se monta el equipo y se repiten los puntos 1 al 4.
8. El siguiente paso es desmontar el equipo y repetir el punto 6.

9. Todos los pasos se repiten hasta llegar a los 100m (punto 4) que es el final de la medición del norte. Acto seguido se repite el mismo procedimiento para el este, sur y oeste.
10. Los pasos del 1 al 9 se los debe repetir 5 veces para culminar con la medición en el lugar.

#### **6.4.4 Procedimiento para medir la velocidad de los vehículos:**

1. Se determina una distancia de 100m en la vía seleccionada para el estudio (recuérdese que sobre esta vía se medirá la velocidad de los vehículos).
2. Con un cronómetro se toma el tiempo que demora cada vehículo en recorrer los 100m.
3. Se anota, el valor.
4. Se repite el procedimiento 5 veces.
5. Se calcula la velocidad y se promedia.

#### **6.4.5 Procedimiento para contar el número de vehículos:**

1. Sobre la misma vía que se midió la velocidad de los vehículos, se debe contar la cantidad de carros livianos y pesados que circulen (motos son considerados livianos).
2. En un lapso de 5min por cronometro se cuenta la cantidad de vehículos livianos y pesados que pasan por el punto cero.
3. Se anota los valores, en el formato de registros Anexo # 2.

## **7 TABULACIÓN DE DATOS**

### **7.1 RUIDO AMBIENTAL**

Los datos obtenidos en campo son trasladados a una hoja Excel utilizando el formato que consta en el anexo # 3, donde fueron tabulados de la siguiente manera:

En cada una de las estaciones de monitoreo se registraron un total de 85 datos por horario (mañana, tarde o noche), por lo que la agrupación de datos es por día respecto a la hora de monitoreo.

Introducidos los datos en la hoja Excel (Tabla #19, en anexos), se procede a sacar los promedios por cada cuartil. Con esto se tiene una serie de datos con valores promedios como muestra la tabla # 17

**Ecuación # 1:** Promedios por cuartil.

$$dB(A)25m \text{ NORTE} = \frac{N1 + N2 + N3 + N4 + N5}{5}$$

$$dB(A)25m \text{ SUR} = \frac{S1 + S2 + S3 + S4 + S5}{5}$$

$$dB(A)25m \text{ ESTE} = \frac{E1 + E2 + E3 + E4 + E5}{5}$$

$$dB(A)25m \text{ OESTE} = \frac{O1 + O2 + O3 + O4 + O5}{5}$$

$$dB(A)50m \text{ NORTE} = \frac{N1 + N2 + N3 + N4 + N5}{5}$$

$$dB(A)50m \text{ SUR} = \frac{S1 + S2 + S3 + S4 + S5}{5}$$

$$dB(A)50m \text{ ESTE} = \frac{E1 + E2 + E3 + E4 + E5}{5}$$

$$dB(A)50m \text{ OESTE} = \frac{O1 + O2 + O3 + O4 + O5}{5}$$

$$dB(A)75m \text{ NORTE} = \frac{N1 + N2 + N3 + N4 + N5}{5}$$

$$dB(A)75m \text{ SUR} = \frac{S1 + S2 + S3 + S4 + S5}{5}$$

$$dB(A)75m \text{ ESTE} = \frac{E1 + E2 + E3 + E4 + E5}{5}$$

$$dB(A)75m \text{ OESTE} = \frac{O1 + O2 + O3 + O4 + O5}{5}$$

$$dB(A)100m \text{ NORTE} = \frac{N1 + N2 + N3 + N4 + N5}{5}$$

$$dB(A)100m SUR = \frac{S1 + S2 + S3 + S4 + S5}{5}$$

$$dB(A)100m ESTE = \frac{E1 + E2 + E3 + E4 + E5}{5}$$

$$dB(A)100m OESTE = \frac{O1 + O2 + O3 + O4 + O5}{5}$$

## 7.2 RUIDO AMBIENTAL EN CASOS ESPECIALES.

Los lugares donde existió problemas geográficos para realizar mediciones, ya sean calles y avenidas en forma de T, se procedió a sacar promedios de los datos faltantes, respecto a los datos obtenidos en los otros puntos cardinales. Por ejemplo: Estación Jipijapa, no se puede realizar mediciones hacia al norte, ya que la intersección de la Río Coca con la calle Isla Genovesa es en forma de T.

Los datos obtenidos a los 25m del sur, del este y oeste, son promediados usando la Ecuación # 1 para sacar un valor promedio que será utilizado como valor de norte 25m. De igual manera se obtuvieron los valores para norte 50m, 75m y 100m.

**Ecuación #2:** Promedio de un cuartil físicamente inexistente.

$$dB(A)25m NORTE = \frac{dB(A)25m SUR + dB(A)25m ESTE + dB(A)50m OESTE}{3}$$

Los valores promedios serán rectificadas según la tabla # 6 “Corrección por niveles de ruido de fondo” que dicta el Texto Unificado de Legislación Secundaria, Libro VI, Anexo 5, literal 4.1.2.8

## 7.3 INGRESO DE DATOS EN ArcGIS

Los valores ya corregidos como dicta la norma, ingresarán al programa ArcGis, para finalmente realizar los Mapas, agrupando la información de la siguiente manera:

- ◆ **Diarios:** Se calculan sacando un promedio de los valores de la mañana, tarde y noche de cada día; obteniendo un total de 7 valores por estación.
- ◆ **Mañana:** Se promedian los valores correspondientes a los horarios de la mañana de todos los días, obteniendo así un valor por estación.
- ◆ **Tarde:** Se calculan sacando promedios de los valores correspondientes a los horarios de la tarde de todos los días, obteniendo un valor por estación.
- ◆ **Noche:** Se promedian los valores correspondientes a los horarios de la noche de todos los días, obteniendo así un valor por estación.
- ◆ **Quimestrales:** Se calcula promediando los valores de la mañana, tarde, noche de todos los días; obteniendo un valor por estación
- ◆ **Anuales:** Se promedia los valores quimestrales obtenidos en el año 2010, con los valores quimestrales conseguidos por los investigadores del 2009. Hay que tener en cuenta que los valores de los dos puntos agregados serán iguales a los quimestrales; al igual que los dos puntos que fueron tomados en diferentes lugares que los establecidos por los investigadores del año 2009.

#### 7.4 CREACIÓN DE LOS MAPAS

Para crear los mapas de ruido ambiental, se precisa seguir los siguientes pasos en ArcGIS:

1. Poseer las capas georeferenciadas de las manzanas y límites del DMQ.
2. Crear capas georeferenciadas, que nos servirán para dibujar los puntos de monitoreo respecto a la capa de las manzanas de DMQ.
3. Encontrado las estaciones de monitoreo en la capa de manzanas, crear puntos georeferenciados sobre los “puntos cero metros” de cada uno de las estaciones.
4. Realizar un buffer a 25m, 50m, 75m, 100m a partir de los puntos cero localizados.
5. Crear los puntos (25m ,50m ,75m, 100m) sobre el buffer hacia el norte, sur, este y oeste.
6. Introducir los valores tabulados en la tabla de atribuciones de la capa creada.
7. Con los datos del monitoreo dentro del programa, realizar interpolación, para que ArcGIS grafique las isófonas.
8. Repetir la secuencia para cada día de la semana en sus tres horarios, mañana, tarde y noche.

## **7.5 VELOCIDAD DE VEHÍCULOS.**

Los tiempos obtenidos en campo serán transformados en velocidad de la siguiente manera:

**Ecuación # 3:** Ecuación de la velocidad.

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

V = Velocidad.

D = Distancia

T = Tiempo

Los valores obtenidos se expresan en km/h.

## **7.6 NÚMERO DE VEHÍCULOS.**

Por el lapso de 5 minutos con la ayuda de un contador y cronómetro, se contó los vehículos pesados y livianos, separándolos en 2 grupos, para posteriormente anotar los datos en la hoja formato y extrapolando a una hora, es decir multiplicando los datos de los 5 min por 12, para obtener el número aproximado de vehículos livianos y pesados por hora en cada punto

## **8 MODELOS DE PREDICCIÓN DE RUIDO DE TRÁFICO RODADO:**

Los modelos, son ecuaciones matemáticas que expresan relaciones, variable, hechos, etc, y son usados con la finalidad de representar las variaciones de la temática en estudio, considerando características importantes que alteren la situación normal, como en este caso, el tráfico rodado sobre el ruido ambiental de Quito.

Los modelos son usados en este estudio, con el propósito de comprobar su aplicación a la situación real de la ciudad, determinando el porcentaje de error, entre lo experimentado en el campo y los resultados teóricos arrojados por las ecuaciones.

## 8.1 MODELOS PROPUESTOS:

### 8.1.1 Modelo de Sánchez: <sup>1</sup>

El nivel de emisión de referencia LRE se calcula a 25 metros del centro de la calzada.

La ecuación del modelo planteado por Sánchez es la siguiente:

$$\text{LRE} = 35,1 + 10 \cdot \log(Q_1 + 8 \cdot Q_p) + C_{\text{vel}} + C_{\text{pav}} \quad \text{dB (A)}$$

**Ecuación # 4**

Donde:

LRE = Nivel de emisión de referencia.

$Q_1$  = Promedio de flujo de vehículos ligeros

$Q_p$  = Promedio de flujo de vehículos pesados

$C_{\text{vel}}$  = Corrección por velocidad de circulación de los diferentes vehículos.

$C_{\text{pav}}$  = Corrección para los distintos tipos de pavimento.

En la Tabla 9 se presentan las correcciones por velocidad que se deben tomar en cuenta:

*Tabla # 9: Valores  $C_{\text{vel}}$  para distintas velocidades de circulación.*

<i>Velocidad (km/h)</i>	<i><math>C_{\text{vel}}</math> dB (A)</i>
<i>&gt; 50</i>	<i>0</i>
<i>60</i>	<i>1</i>
<i>70</i>	<i>2</i>
<i>80</i>	<i>3</i>
<i>90</i>	<i>4</i>

**Fuente:** *Estudio comparativo de modelos de predicción de ruido de tráfico (Álvarez. et al, 2008)*

---

<sup>1</sup> Álvarez, J.; Suarez, E. (2008). Estudio comparativo de modelos de predicción de ruido de tráfico rodado utilizando mediciones en la ciudad de Osorno.

Arana, M.; Martínez A.; Aleixandre, A.; M.L. San Martín; Vela A. (2000). MODELOS DE PREDICCIÓN DEL RUIDO DE TRÁFICO RODADO. COMPARACIÓN DE DIFERENTES STANDARES EUROPEOS.

En la siguiente tabla se muestra la corrección por pavimento, en donde se considera el tipo de calzada presente y su influencia en los niveles de emisión de la fuente:

*Tabla # 10: Valores Cpav para los distintos tipos de Pavimento.*

Tipo de Pavimento	Cpav dB (A)
Asfalto liso	-0,5
Asfalto rugoso	0
Hormigón	1,5
Adoquinado	4

**Fuente:** Estudio comparativo de modelos de predicción de ruido de tráfico (Álvarez. et al, 2008)

(Álvarez. et al, 2008)

### 8.1.2 Modelo de Cortn:<sup>2</sup>

En este modelo, el índice descriptor del nivel sonoro es el percentil L10 a 1 hora.

$$L_{\text{básico}} = 42,2 + 10 \cdot \log(Q_1) + C_{\text{vel}} + C_{\text{low}} \quad \text{dB (A)}$$

**Ecuación # 5**

Donde:

$Q_1$  = Número de vehículos ligeros por hora.

La corrección para otra velocidad y tráfico compuesto viene dada por:

$$C_{\text{vel}} = 33 \cdot \log\left(V + 40 + \frac{500}{V}\right) + 10 \cdot \log\left(1 + 5 \cdot \frac{P}{V}\right) - 68,8$$

**Ecuación # 6**

<sup>2</sup>Álvarez, J.; Suarez, E. (2008). Estudio comparativo de modelos de predicción de ruido de tráfico rodado utilizando mediciones en la ciudad de Osorno.

Arana, M.; Martínez A.; Aleixandre, A.; M.L. San Martín; Vela A. (2000). MODELOS DE PREDICCIÓN DEL RUIDO DE TRÁFICO RODADO. COMPARACIÓN DE DIFERENTES STANDARES EUROPEOS.

Donde:

V = velocidad del flujo de tráfico en km/h.

P = proporción de vehículos pesados en %.

Este modelo adiciona un ajuste al considerar un flujo de vehículos bajo y distancia pequeña entre la fuente y el receptor. Se califica como flujo bajo al inferior a 200 vehículos por hora.

$$C_{low} = -16,6 \cdot \log\left(\frac{30}{d'}\right) \cdot \log^2\left(\frac{Q_1}{200}\right)$$

**Ecuación # 7**

Donde:

d' es la distancia directa desde la fuente al receptor.

Q<sub>1</sub> = Número de vehículos ligeros por hora.

(Álvarez. et al, 2008; Arana. Et al, 2000)

## **8.2 CÁLCULOS PARA CORRER LOS MODELOS MATEMÁTICOS:**

Los cálculos presentados a continuación, son un ejemplo del procedimiento realizado para correr los modelos matemáticos de tráfico rodado.

Cabe resaltar que para todos los cálculos que se realizaron se tomó en cuenta una distancia de 25 m

### **8.2.1 Cálculos para el modelo de Sánchez:**

Según la ecuación # 4

$$LRE = 35,1 + 10 \cdot \log(Q_1 + 8 \cdot Q_p) + C_{vel} + C_{pav}$$

Donde:

$Q_1$  = Promedio de flujo de vehículos ligeros (284)

$Q_p$  = Promedio de flujo de vehículos pesados (8,0)

$C_{vel}$  = Corrección por velocidad de circulación de los diferentes vehículos (Corrección 0).

$C_{pav}$  = Corrección para los distintos tipos de pavimento (Corrección 0).

Dado que la velocidad es 33.8 km/h y comparándola con la Tabla # 9, el valor que se ocupará de  $C_{vel}$ , es igual a cero, ya que la velocidad medida es  $< 50$  km/h

El tipo de pavimento encontrado en las calles de Quito es asfalto rugoso y según la tabla 8 el valor a utilizar  $C_{pav}$  será 0; hay que tener en cuenta que se utilizará el mismo valor para todos los cálculos.

$$LRE = 35,1 + 10 \cdot \log(284 + 8 \cdot 8) + 0 + 0$$

$$LRE = 35,1 + 10 \cdot \log(348) + 0 + 0$$

$$LRE = 35,1 + 25,41 + 0 + 0$$

$$LRE = 60,5$$

### 8.2.2 Cálculos para el modelo de Cortn:

Dada la ecuación # 5

$$L_{\text{básico}} = 42,2 + 10 \cdot \log(Q_1) + C_{vel} + C_{low}$$

Necesitamos determinar  $C_{vel}$  y  $C_{low}$  :

$$C_{vel} = 33 \cdot \log\left(V + 40 + \frac{500}{V}\right) + 10 \cdot \log\left(1 + 5 \cdot \frac{P}{V}\right) - 68,8$$

Donde:

V = velocidad del flujo de tráfico en km/h. (33.8)

P = proporción de vehículos pesados en %. (2.7)

El porcentaje se lo determina en función de la cantidad de vehículos pesados, con relación al flujo total de vehículos monitoreados.

$$C_{vel} = 33 \cdot \log\left(33,8 + 40 + \frac{500}{33,8}\right) + 10 \cdot \log\left(1 + 5 \cdot \frac{2,7}{33,8}\right) - 68,8$$

$$C_{vel} = 33 \cdot \log(88,6) + 10 \cdot \log(1,39) - 68,8$$

$$C_{vel} = 64,26 + 1,45 - 68,8$$

$$C_{vel} = -3,06$$

Y dada la ecuación:

$$C_{low} = -16,6 \cdot \log\left(\frac{30}{d'}\right) \cdot \left(\log\left(\frac{Q_1}{200}\right)\right)^2$$

Donde:

$$d' = 25$$

$$Q_1 = 284$$

$$C_{\text{low}} = -16,6 \cdot \log\left(\frac{30}{25}\right) \cdot \left(\log\left(\frac{284}{200}\right)\right)^2$$

$$C_{\text{low}} = -16,6 \cdot \log(1.2) \cdot (\log(1.42))^2$$

$$C_{\text{low}} = -16,6 \cdot 0,079 \cdot 0,02$$

$$C_{\text{low}} = -0,03$$

$$L_{\text{básico}} = 42,2 + 10 \cdot \log(Q_1) + C_{\text{vel}} + C_{\text{low}}$$

$$L_{\text{básico}} = 42,2 + 10 \cdot \log(284) + (-3,06) + (-0,03)$$

$$L_{\text{básico}} = 63,6$$

### 8.2.3 Porcentaje de Error de los modelos matemáticos:

Se toma como ejemplo el valor experimental obtenido del promedio de las muestras realizadas los días lunes, mañana, tarde y noche a 25 m es igual a 64.9 dB (A) y se lo compara con el respectivo valor obtenido del modelo.

$$\% E = \left| \frac{\text{Valor Teórico} - \text{Valor Expeimental}}{\text{Valor Teórico}} \right| * 100$$

$$\% E_{\text{Sánchez}} = \left| \frac{60.7 - 60.5}{60.7} \right| * 100$$

$$\% E_{\text{Sánchez}} = 0.32 \%$$

$$\% E_{\text{Cortn}} = \left| \frac{63.6 - 60.7}{63.6} \right| * 100$$

$$\% E_{\text{Sánchez}} = 4.6 \%$$

## 9 MATERIALES

Se utilizaron para el trabajo en campo los siguientes materiales:

1. Sonómetro integrador EXTECH, MODELO 407780.
2. Un trípode marca Sony.
3. Hojas impresas con el formato establecido tabla # 16. Para anotar datos.
4. Un automóvil para transporte de estación a estación.
5. Cronómetro.
6. Contador.

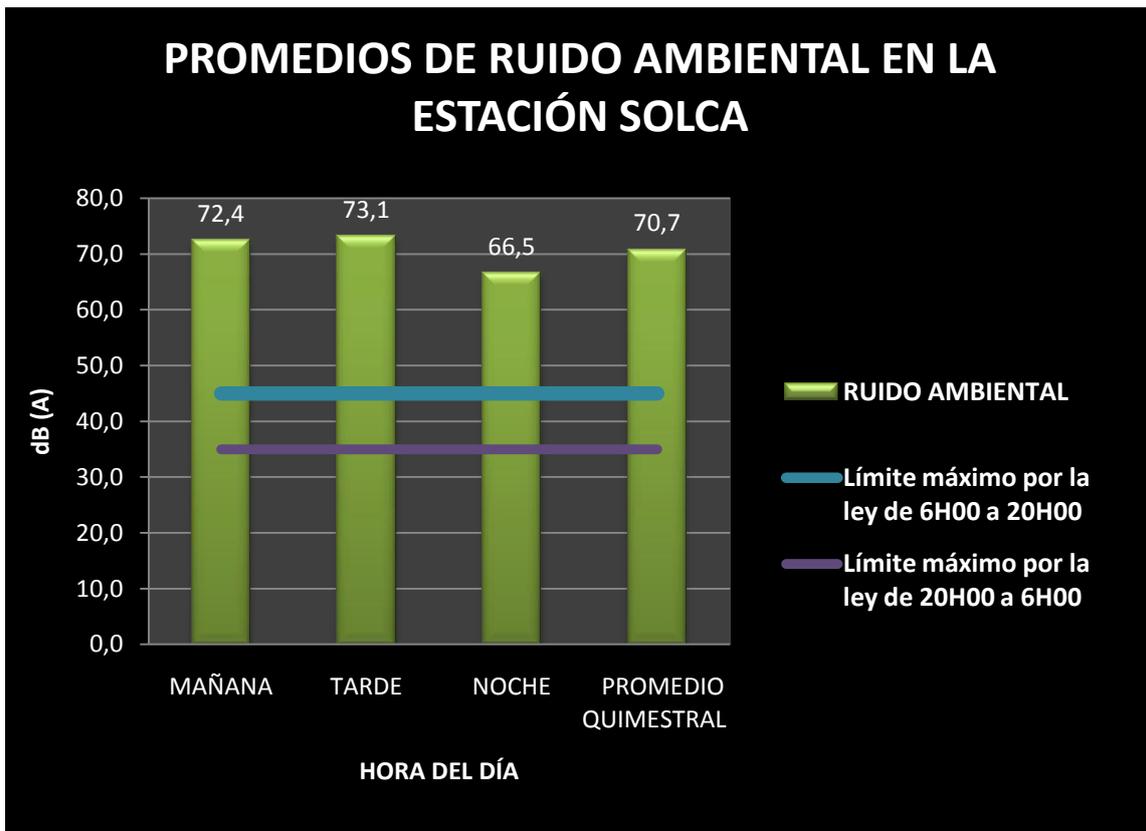
## 10 RESULTADOS:

Los niveles quimestrales de ruido ambiental en dB(A) para las estaciones son:

- ◆ **BELISARIO: 63**
- ◆ **COFAVI: 68.4**
- ◆ **SOLCA: 70.7**
- ◆ **ESTACIÓN NORTE: 68.2**
- ◆ **JIPIJAPA: 67.9**

A continuación se presenta los resultados de las mediciones en el lapso establecido, de forma gráfica como en tablas:

## 10.1 Resultados de la ESTACIÓN SOLCA

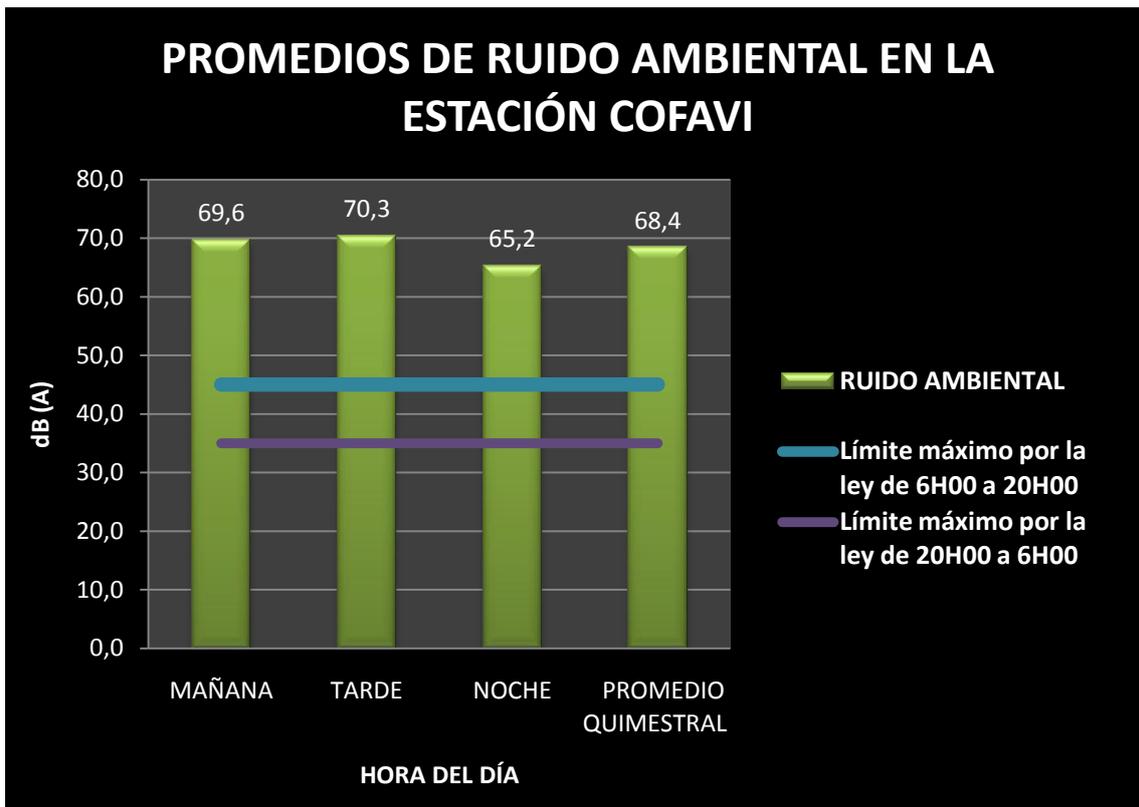


*Gráfico # 2: Promedios de ruido ambiental en la estación Solca, respecto al límite permitido por la ley.*

PROMEDIOS ESTACIÓN SOLCA dB (A)				
	MAÑANA	TARDE	NOCHE	PROMEDIOS
<b>LUNES</b>	72,9	74,4	68,4	71,9
<b>MARTES</b>	73,2	74,4	70,3	72,6
<b>MIÉRCOLES</b>	73,2	73,8	68,4	71,8
<b>JUEVES</b>	71,8	73,8	67,6	71,1
<b>VIERNES</b>	73,7	73,5	67,0	71,4
<b>SÁBADO</b>	72,4	71,1	66,1	69,9
<b>DOMINGO</b>	69,8	70,6	57,7	66,1
<b>PROMEDIOS</b>	72,4	73,1	66,5	
<b>PROMEDIO QUIMESTRAL</b>				70,7
Max ley de 06:00 a 20:00	45			
Max ley de 20:00 a 06:00	35			

*Tabla # 11: Promedios de ruido ambiental en la estación Solca.*

## 10.2 Resultados de la ESTACIÓN COFAVI

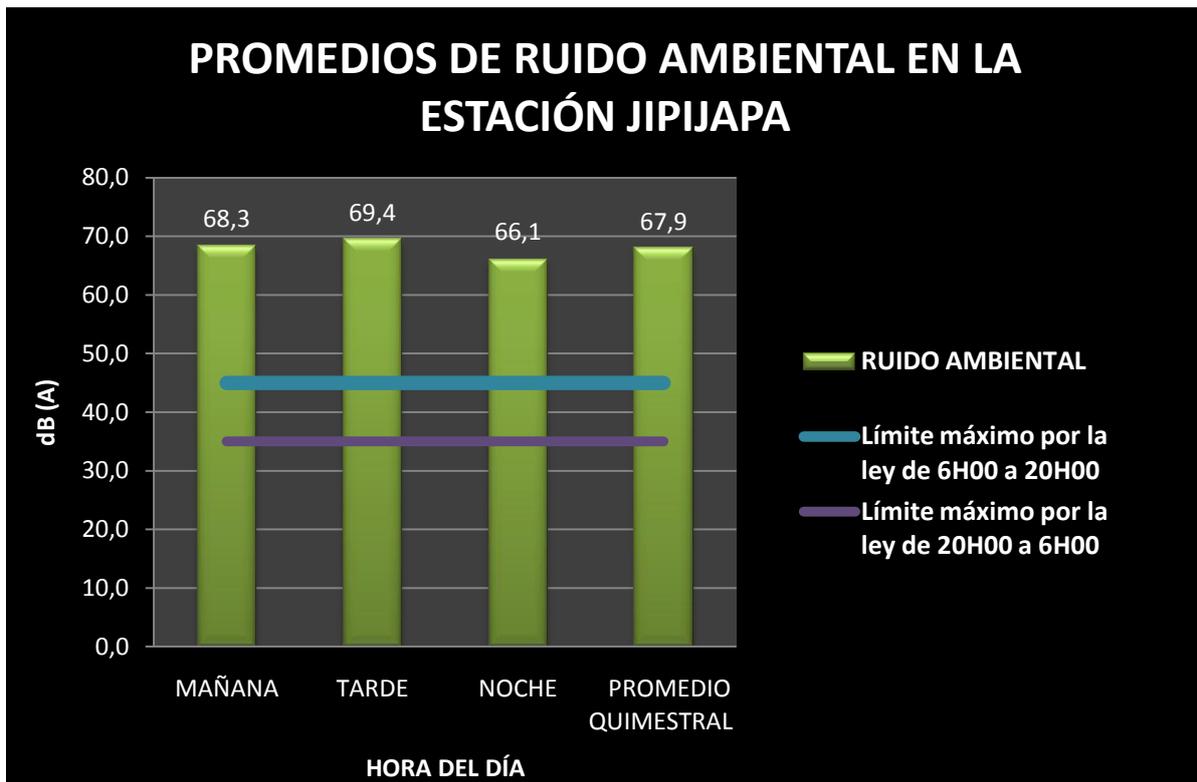


*Gráfico # 3: Promedios de ruido ambiental en la estación Cofavi, respecto al límite permitido por la ley.*

PROMEDIOS ESTACIÓN COFAVI dB (A)				
	MAÑANA	TARDE	NOCHE	PROMEDIOS
<b>LUNES</b>	70,2	71,6	67,8	69,9
<b>MARTES</b>	69,6	70,1	69,0	69,6
<b>MIÉRCOLES</b>	71,3	70,6	69,8	70,6
<b>JUEVES</b>	70,5	71,6	65,0	69,0
<b>VIERNES</b>	69,1	70,1	64,5	67,9
<b>SÁBADO</b>	69,6	68,6	68,3	68,8
<b>DOMINGO</b>	67,2	69,6	52,4	63,1
<b>PROMEDIOS</b>	69,6	70,3	65,2	
<b>PROMEDIO QUIMESTRAL</b>				68,4
Max ley de 06:00 a 20:00	55			
Max ley de 20:00 a 06:00	45			

*Tabla # 12: Promedios de ruido ambiental en la estación Cofavi.*

### 10.3 Resultados de la ESTACIÓN JIPIJAPA

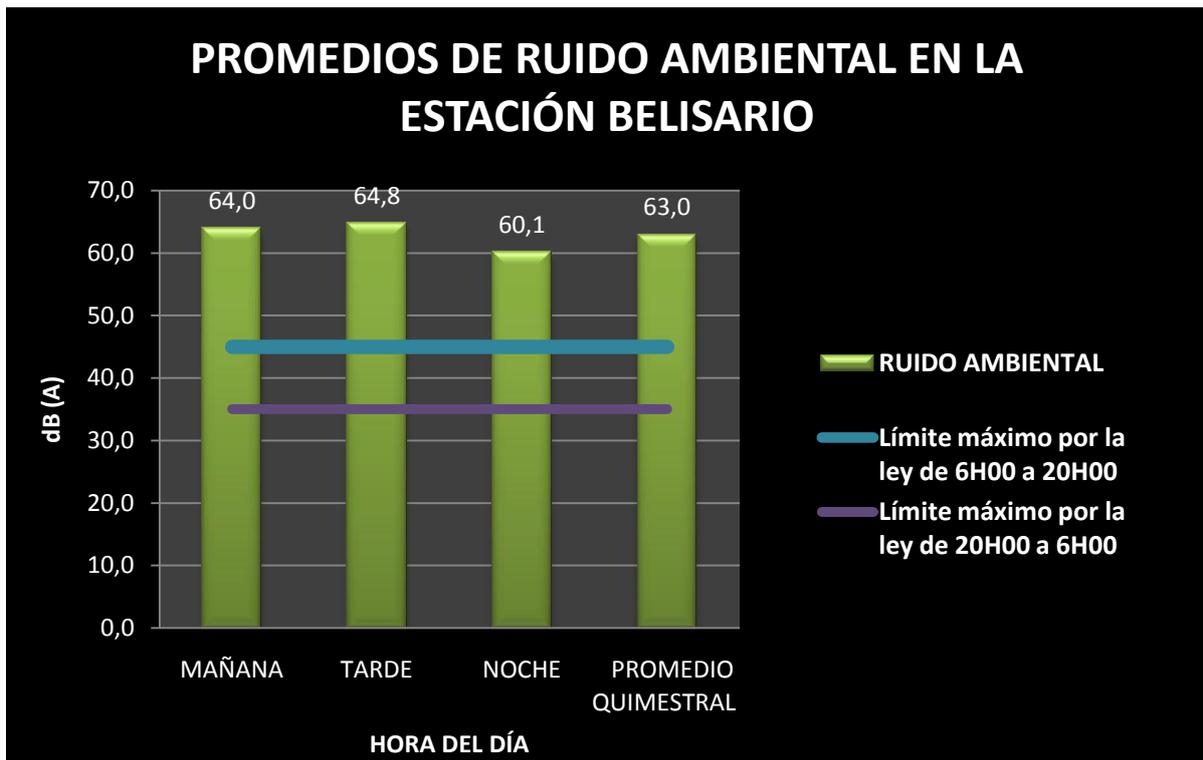


*Gráfico # 4 Promedios de ruido ambiental en la estación Jipijapa, respecto al límite permitido por la ley.*

PROMEDIOS ESTACIÓN JIPIJAPA dB (A)				
	MAÑANA	TARDE	NOCHE	PROMEDIOS
<b>LUNES</b>	67,9	71,2	66,9	68,6
<b>MARTES</b>	70,9	69,2	67,9	69,3
<b>MIÉRCOLES</b>	68,6	68,7	63,3	66,9
<b>JUEVES</b>	67,8	69,3	59,5	65,5
<b>VIERNES</b>	67,7	71,2	70,6	69,8
<b>SÁBADO</b>	70,1	68,2	68,1	68,8
<b>DOMINGO</b>	65,3	68,0	66,4	66,5
<b>PROMEDIOS</b>	68,3	69,4	66,1	
<b>PROMEDIO QUIMESTRAL</b>				67,9
Max ley de 06:00 a 20:00	55			
Max ley de 20:00 a 06:00	45			

*Tabla # 13: Promedios de ruido ambiental en la estación Jipijapa.*

## 10.4 Resultados de la ESTACIÓN BELISARIO

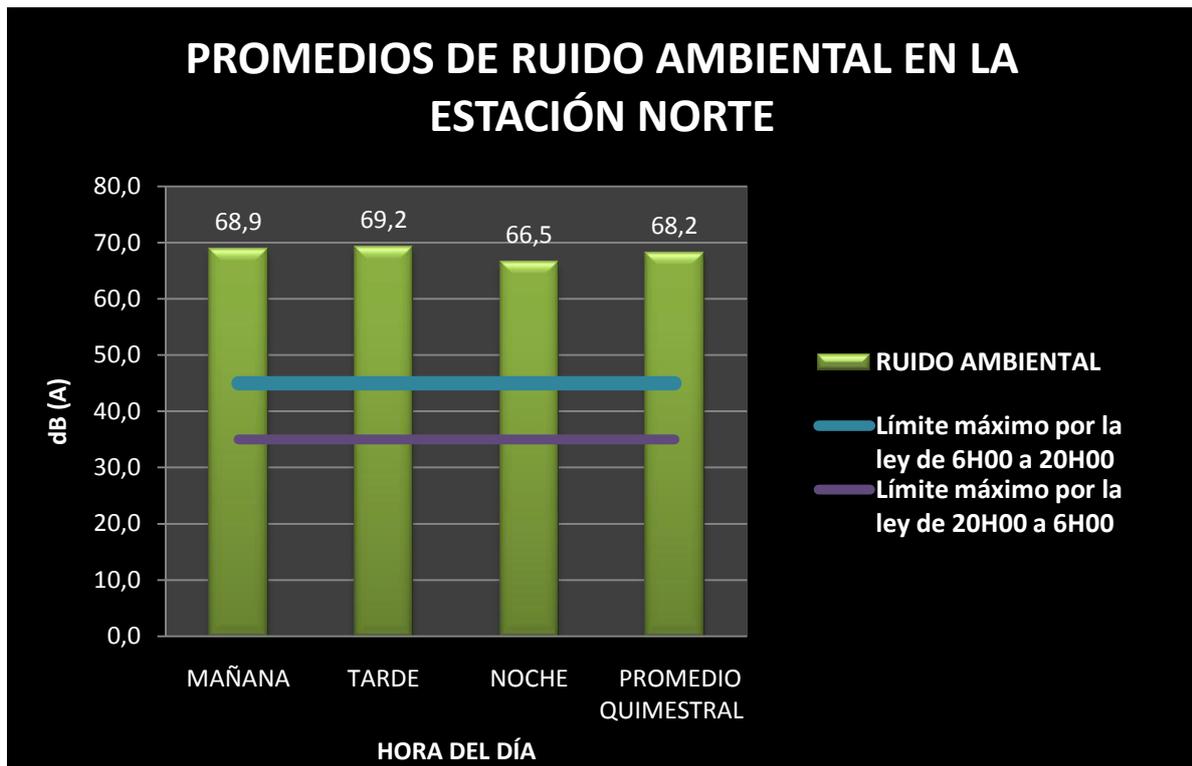


*Gráfico #5: Promedios de ruido ambiental en la estación Belisario, respecto al límite permitido por la ley.*

PROMEDIOS ESTACIÓN BELISARIO dB (A)				
	MAÑANA	TARDE	NOCHE	PROMEDIOS
<b>LUNES</b>	62,1	64,5	68,0	64,9
<b>MARTES</b>	63,5	63,9	54,0	60,5
<b>MIÉRCOLES</b>	65,1	66,0	50,1	60,4
<b>JUEVES</b>	64,7	64,8	58,7	62,7
<b>VIERNES</b>	65,5	66,0	64,5	65,3
<b>SÁBADO</b>	64,3	61,3	63,4	63,0
<b>DOMINGO</b>	62,8	67,1	62,2	64,0
<b>PROMEDIOS</b>	64,0	64,8	60,1	
<b>PROMEDIO QUIMESTRAL</b>				63,0
Max ley de 06:00 a 20:00	45			
Max ley de 20:00 a 06:00	35			

*Tabla # 14: Promedios de ruido ambiental en la estación Belisario.*

## 10.5 Resultados de la ESTACIÓN NORTE



*Gráfico #6: Promedios de ruido ambiental en la Estación Norte, respecto al límite permitido por la ley.*

PROMEDIOS ESTACIÓN NORTE dB (A)				
	MAÑANA	TARDE	NOCHE	PROMEDIOS
<b>LUNES</b>	69,8	69,1	65,3	68,1
<b>MARTES</b>	69,9	70,8	66,9	69,2
<b>MIÉRCOLES</b>	69,7	69,7	66,5	68,6
<b>JUEVES</b>	69,0	69,0	67,0	68,3
<b>VIERNES</b>	68,3	72,0	68,8	69,7
<b>SÁBADO</b>	68,6	66,5	66,5	67,2
<b>DOMINGO</b>	66,8	67,5	64,9	66,4
<b>PROMEDIOS</b>	68,9	69,2	66,5	
<b>PROMEDIO QUIMESTRAL</b>				68,2
Max ley de 06:00 a 20:00	60			
Max ley de 20:00 a 06:00	50			

*Tabla # 15: Promedios de ruido ambiental en la Estación Belisario.*

## 10.6 Resultados de las investigaciones realizadas en el año 2009

*Tabla # 16: Promedios de los valores de NPSeq, obtenidos en el año 2009.*

<b>ESTACIONES</b>	<b>dB (A)</b>
<b>COFAVI</b>	59,1
<b>SOLCA</b>	71,0
<b>ESTACION NORTE</b>	68,1
<b>JIPIJAPA</b>	66,9
<b>BELISARIO</b>	64,4
<b>ALAMEDA</b>	64,6
<b>HOSPITAL SEGURO SOCIAL</b>	70,3
<b>CAMAL</b>	62,5
<b>MORAN VALVERDE</b>	70,1
<b>QUITUMBE</b>	60,7
<b>GUAMANI</b>	62,7
<b>FOCH</b>	66,0
<b>CENTRO</b>	67,4
<b>ELOY ALFARO</b>	63,0
<b>LA DELICIA</b>	61,4
<b>COTOCOLLAO</b>	58,9
<b>PABLO ARTURO SUAREZ</b>	64,6
<b>CALDERON</b>	74,4
<b>CARAPUNGO</b>	65,3

*Fuente: Recopilación de datos de las Tesis de grado de: Díaz. F, Izurieta. A, Vásquez. N, Rubianes, realizadas en el 2009.*

## 10.7 Resultados de las investigaciones realizadas en el año 2010

*Tabla # 17: Promedios de los valores de NPSeq, obtenidos en el año 2010.*

<b>ESTACIONES</b>	<b>dB (A)</b>
<b>COFAVI</b>	68,4
<b>SOLCA</b>	70,7
<b>ESTACION NORTE</b>	68,2
<b>JIPIJAPA</b>	67,9
<b>BELISARIO</b>	63,0
<b>ALAMEDA</b>	66,1
<b>HOSPITAL SEGURO SOCIAL</b>	70,3
<b>CAMAL</b>	64,4
<b>MORAN VALVERDE</b>	70,2
<b>QUITUMBE</b>	66,8
<b>GUAMANI</b>	75,5
<b>FOCH</b>	66,6
<b>CENTRO</b>	67,1
<b>ELOY ALFARO</b>	70,8
<b>LA DELICIA</b>	72,1
<b>COTOCOLLAO</b>	63,5
<b>PABLO ARTURO SUAREZ</b>	62,6
<b>CALDERON</b>	72,2
<b>CARAPUNGO</b>	64,6

*Fuente: Recopilación de datos obtenidos de los trabajos de: Amores. J, Mora. P, Salazar. D, Rojas. C, en el 2010.*

## 10.8 Resultado del promedio anuales, período 2009 – 2010

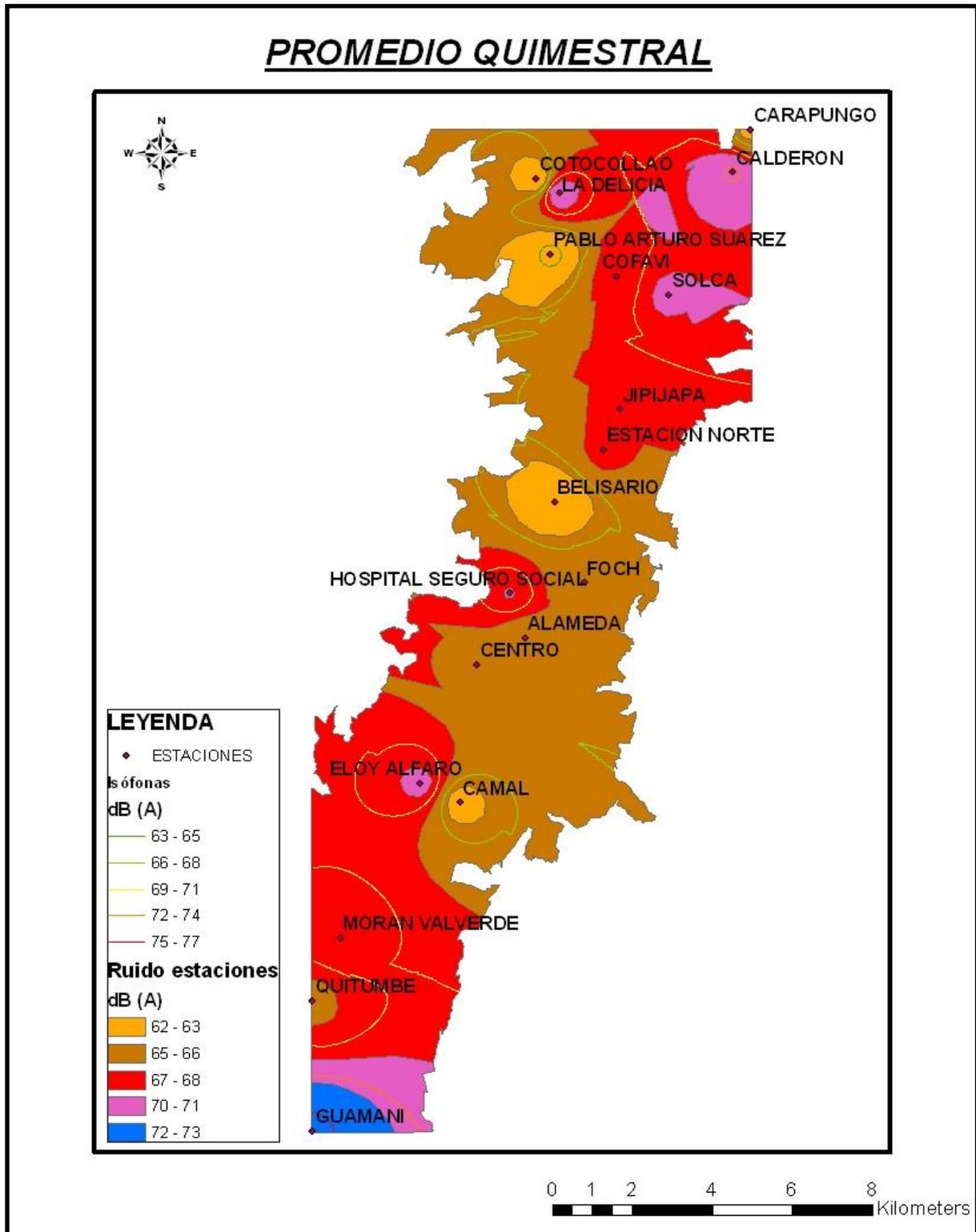
*Tabla # 18: Promedios conjuntos de NPSeq, obtenidos de las investigaciones realizadas en el año 2009 y 2010.*

<b>ESTACIONES</b>	<b>dB (A)</b>
<b>COFAVI 1</b>	59,1
<b>SOLCA</b>	70,8
<b>ESTACION NORTE</b>	68,2
<b>JIPIJAPA</b>	67,4
<b>BELISARIO</b>	63,7
<b>ALAMEDA</b>	65,3
<b>HOSPITAL SEGURO SOCIAL</b>	70,3
<b>CAMAL</b>	63,5
<b>MORAN VALVERDE</b>	70,2
<b>QUITUMBE</b>	63,8
<b>GUAMANI 1</b>	62,7
<b>FOCH</b>	66,3
<b>CENTRO</b>	67,3
<b>ELOY ALFARO</b>	66,9
<b>LA DELICIA</b>	66,8
<b>COTOCOLLAO</b>	61,2
<b>PABLO ARTURO SUAREZ</b>	63,6
<b>CALDERON</b>	73,3
<b>CARAPUNGO</b>	64,9
<b>COFAVI 2</b>	68,4
<b>GUAMANI 2</b>	75,5

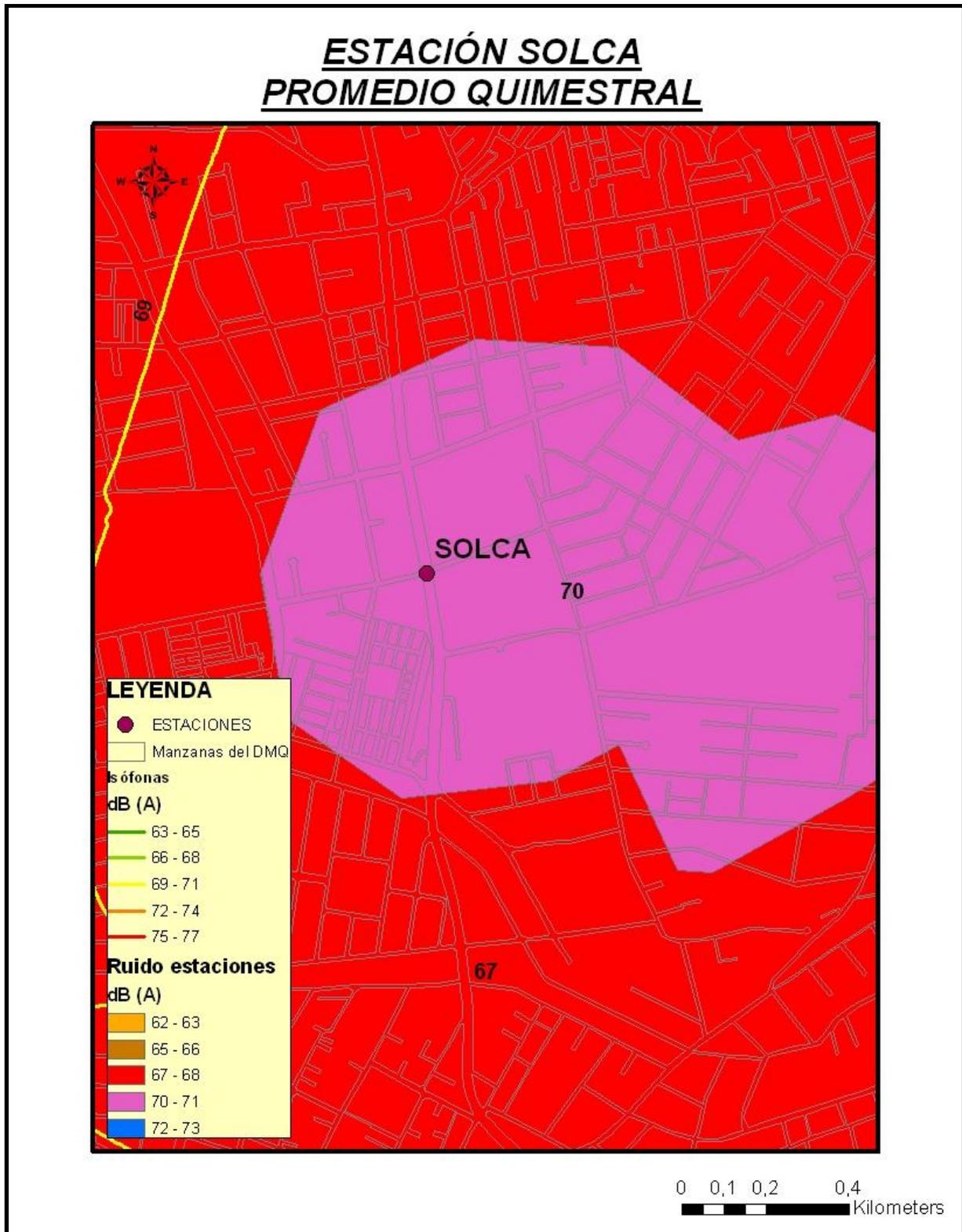
*Fuente: Tabulación de datos obtenidos en los trabajos del 2009 junto con los del 2010.*

## 10.9 MAPAS DE RUIDO AMBIENTAL

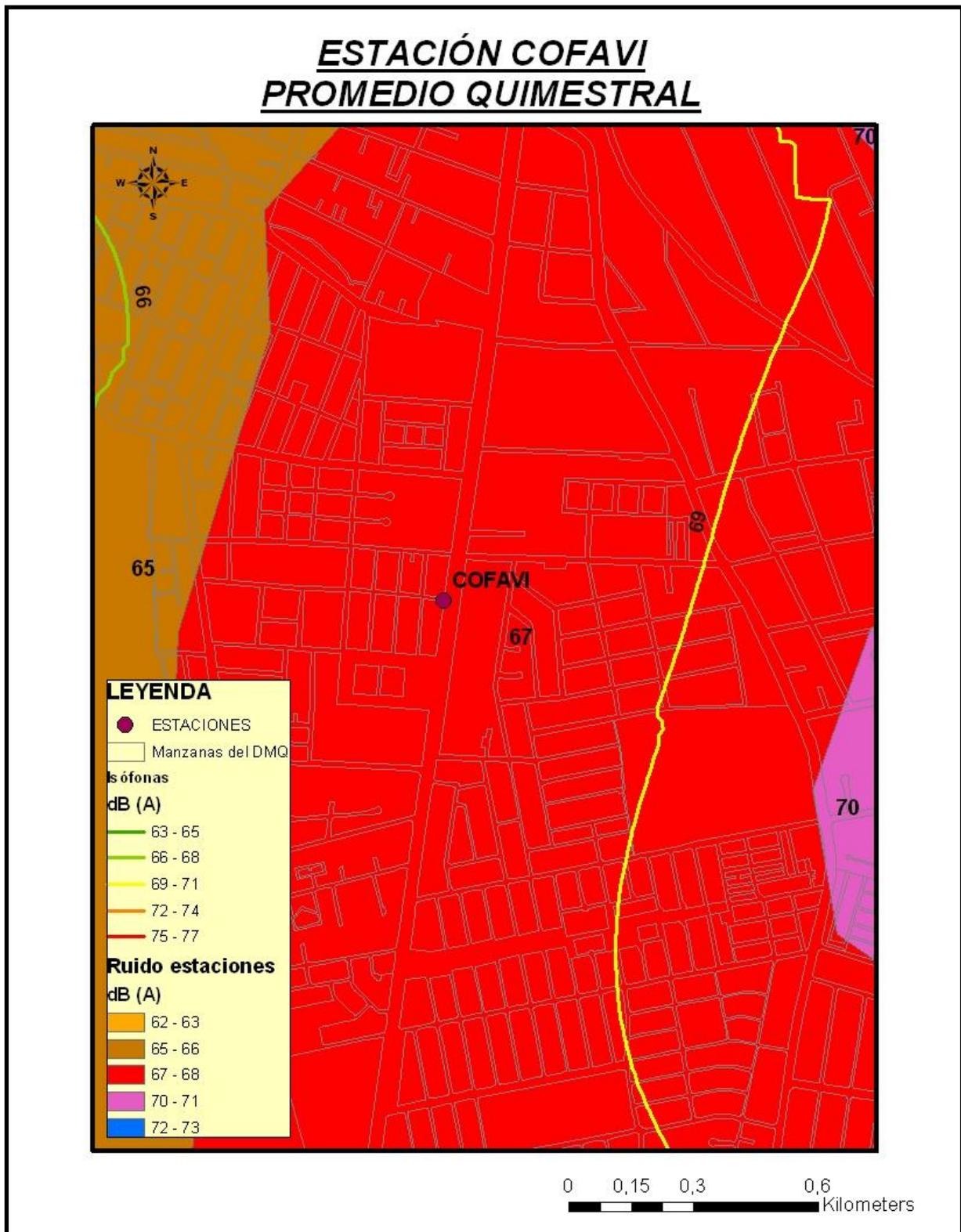
### 10.9.1 MAPA # 1: PROMEDIO QUIMESTRAL DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ



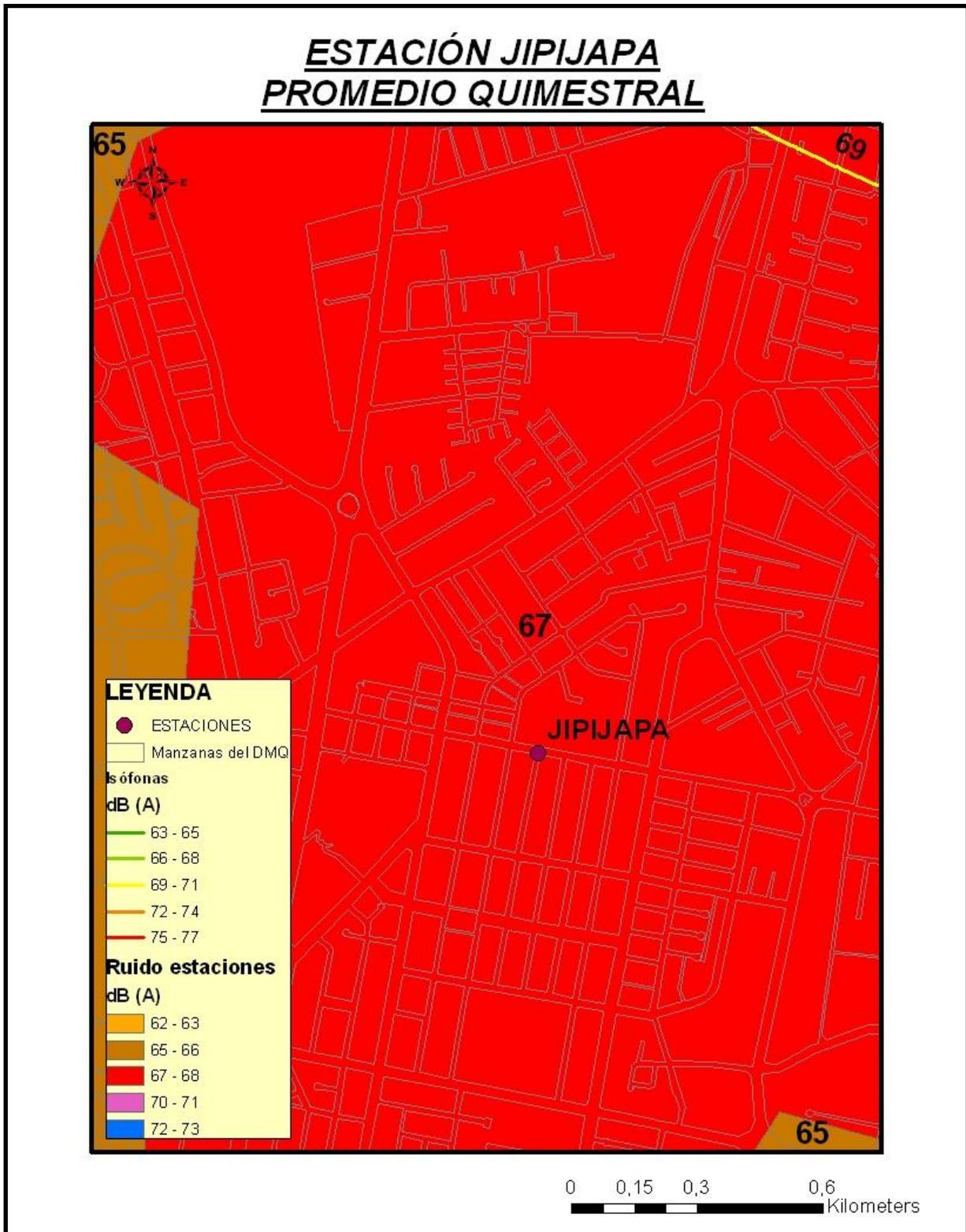
10.9.2 MAPA # 2: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA ESTACIÓN SOLCA



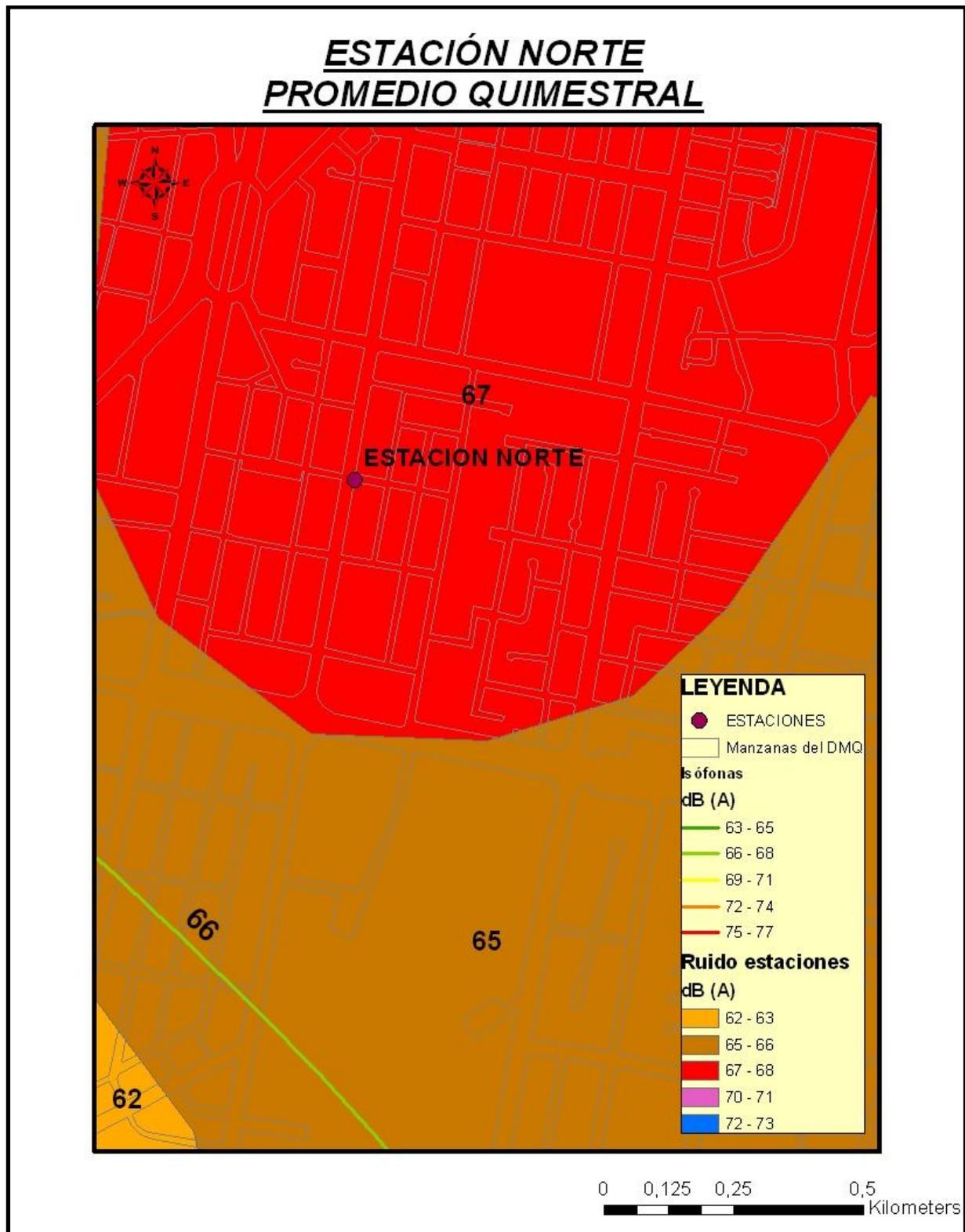
10.9.3 MAPA # 3: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA ESTACIÓN COFAVI



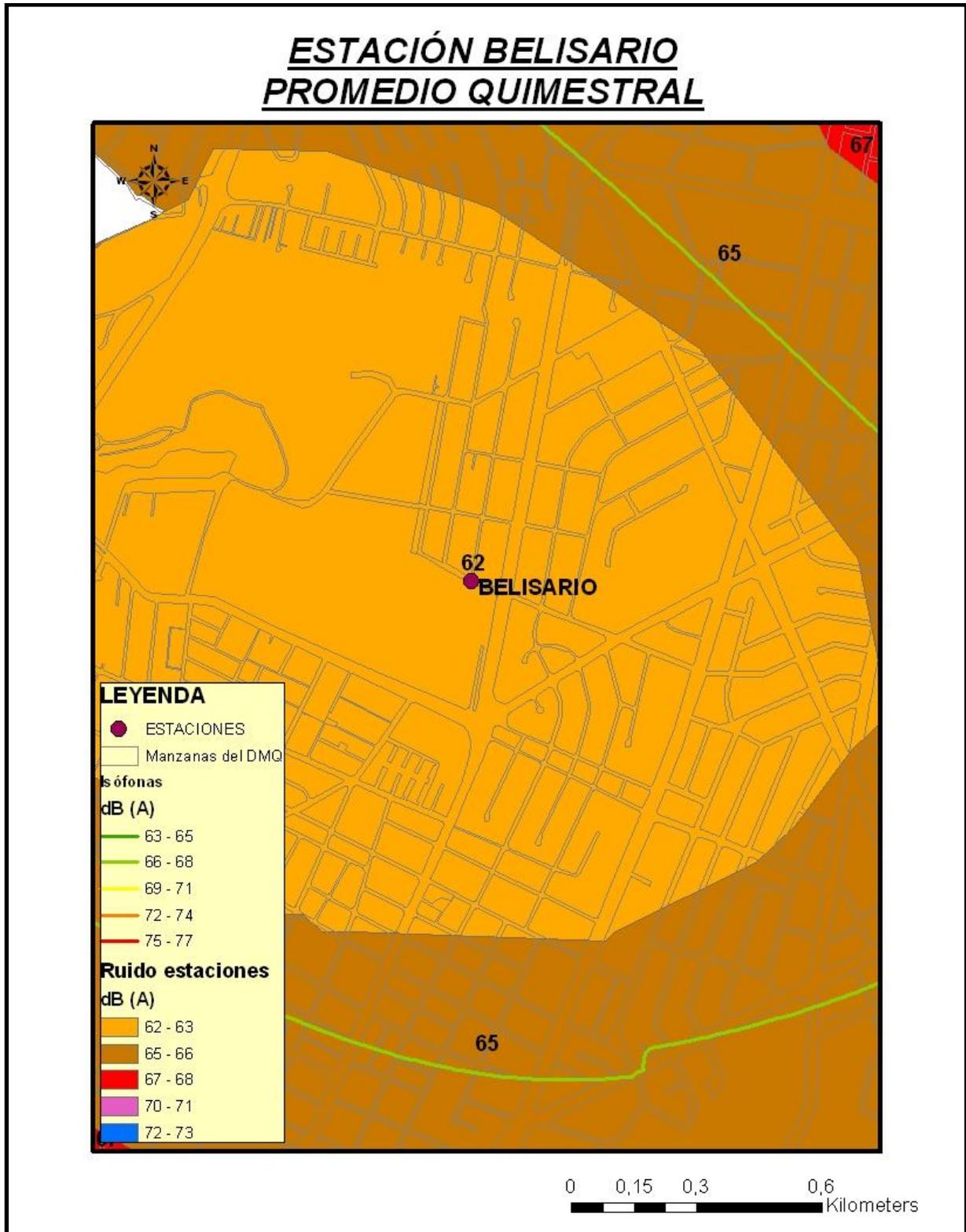
10.9.4 MAPA # 4: PROMEDIO QUIMESTRAL EN LA ESTACIÓN JIPIJAPA



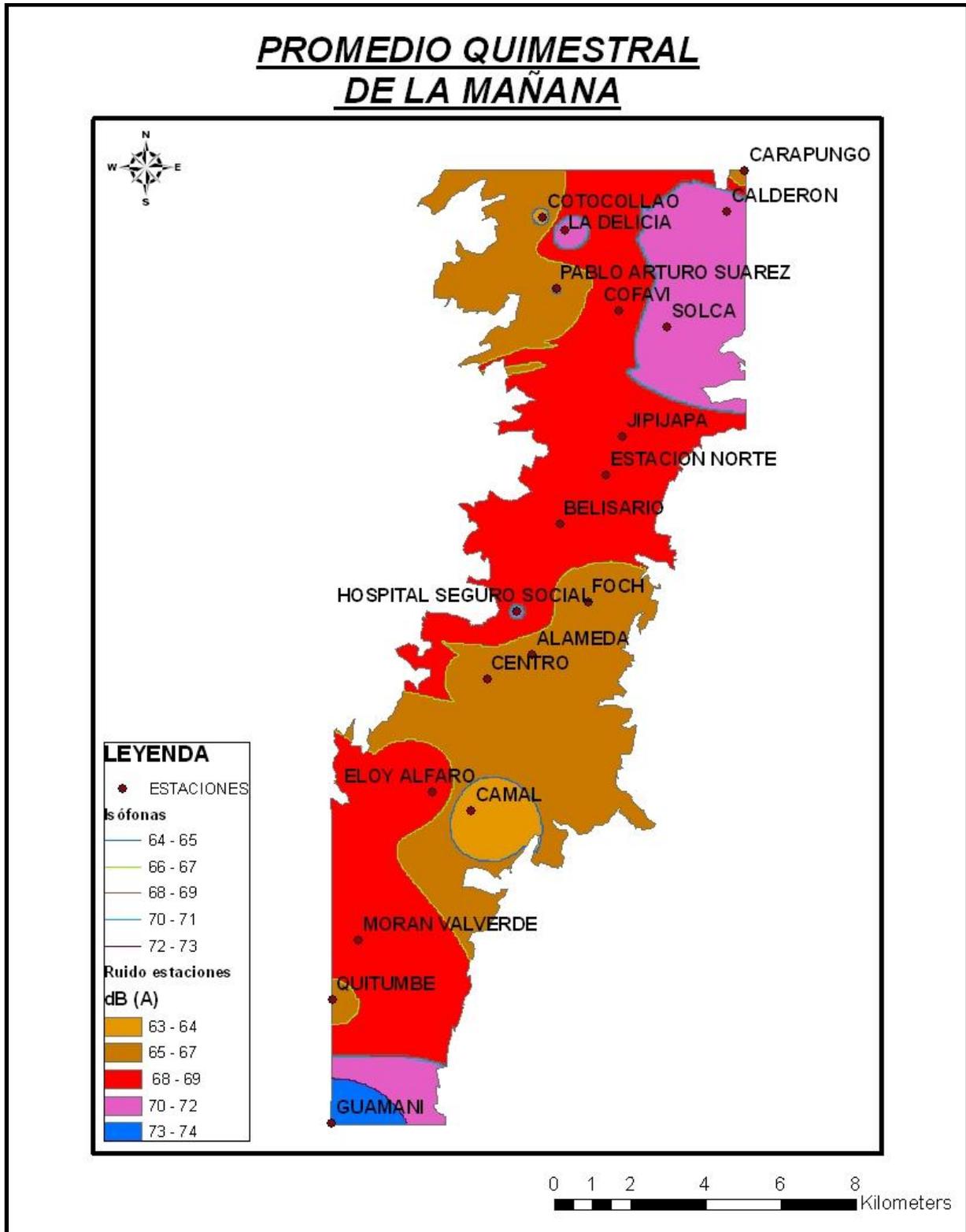
10.9.5 MAPA # 5: PROMEDIO QUIMESTRAL EN LA ESTACIÓN NORTE



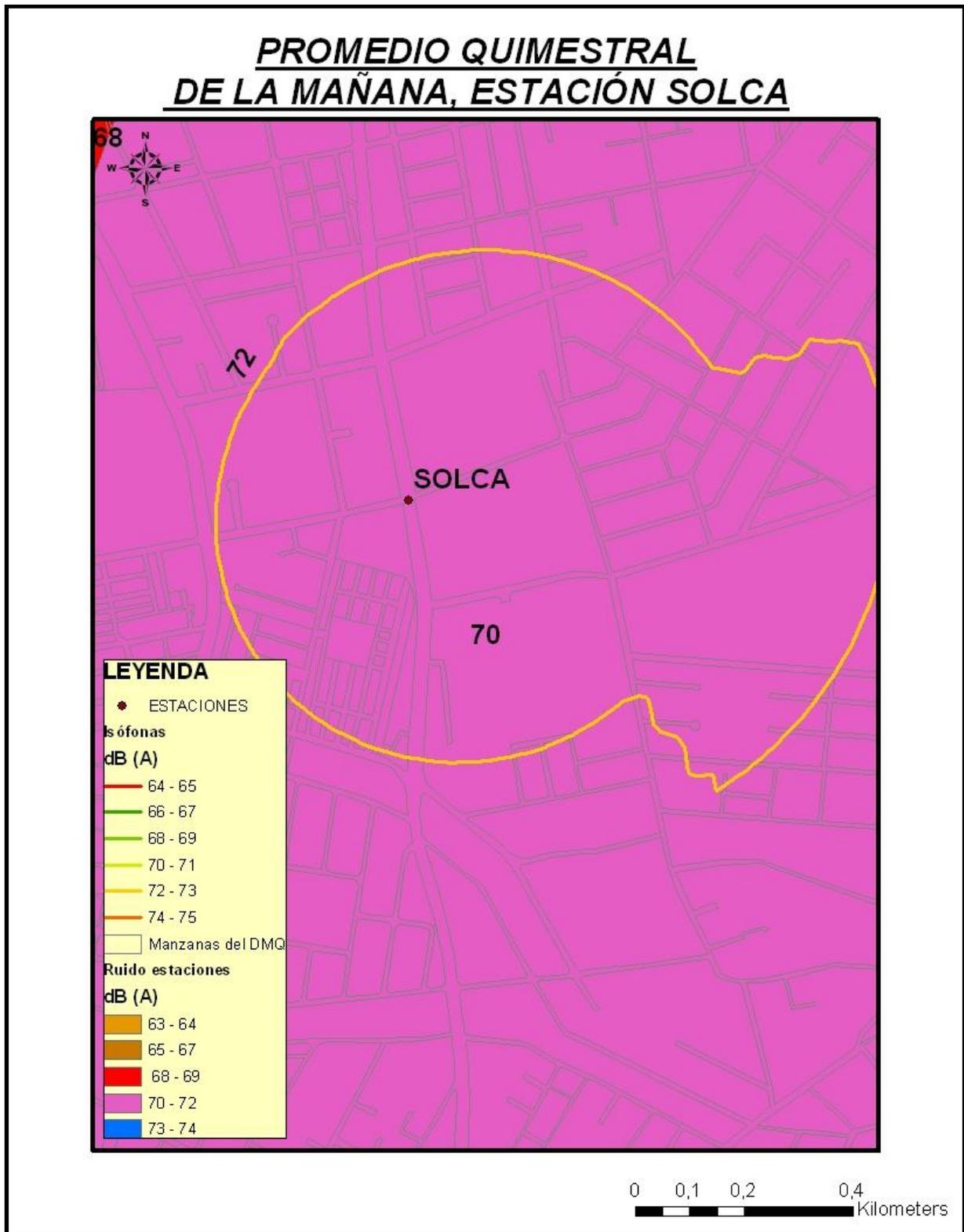
10.9.6 MAPA # 6: PROMEDIO QUIMESTRAL EN LA ESTACIÓN BELISARIO



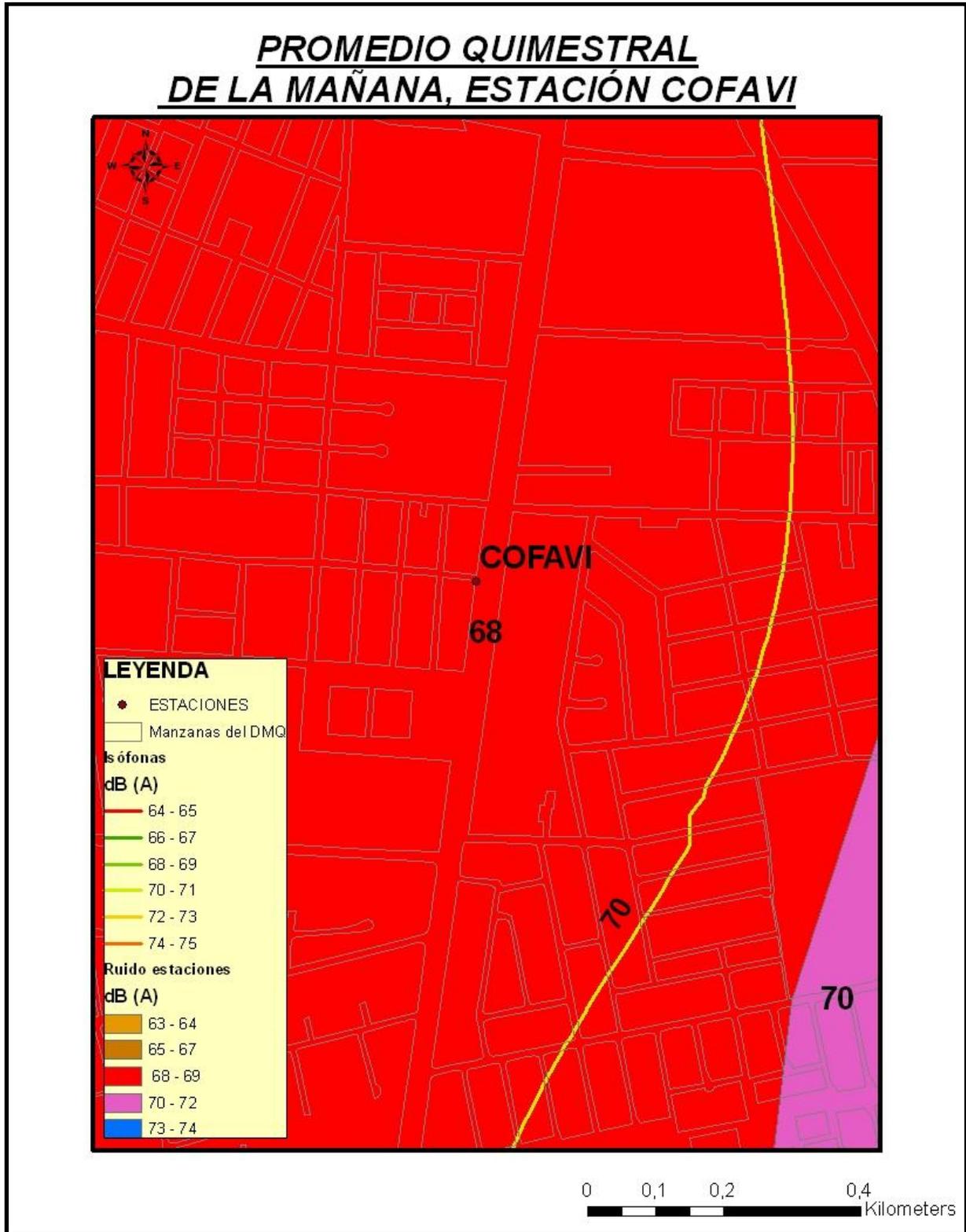
10.9.7 MAPA # 7: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.



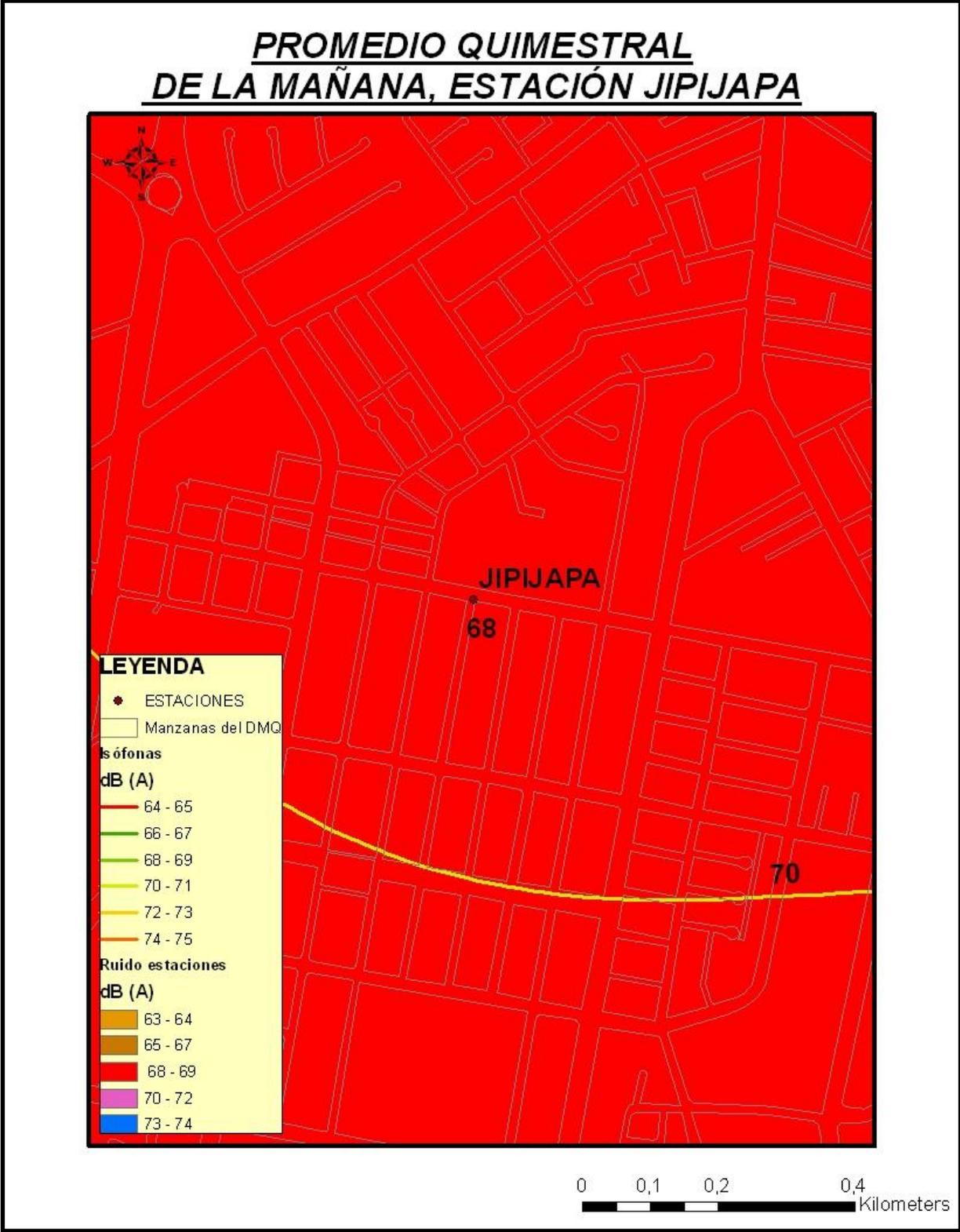
10.9.8 MAPA # 8: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA ESTACIÓN SOLCA



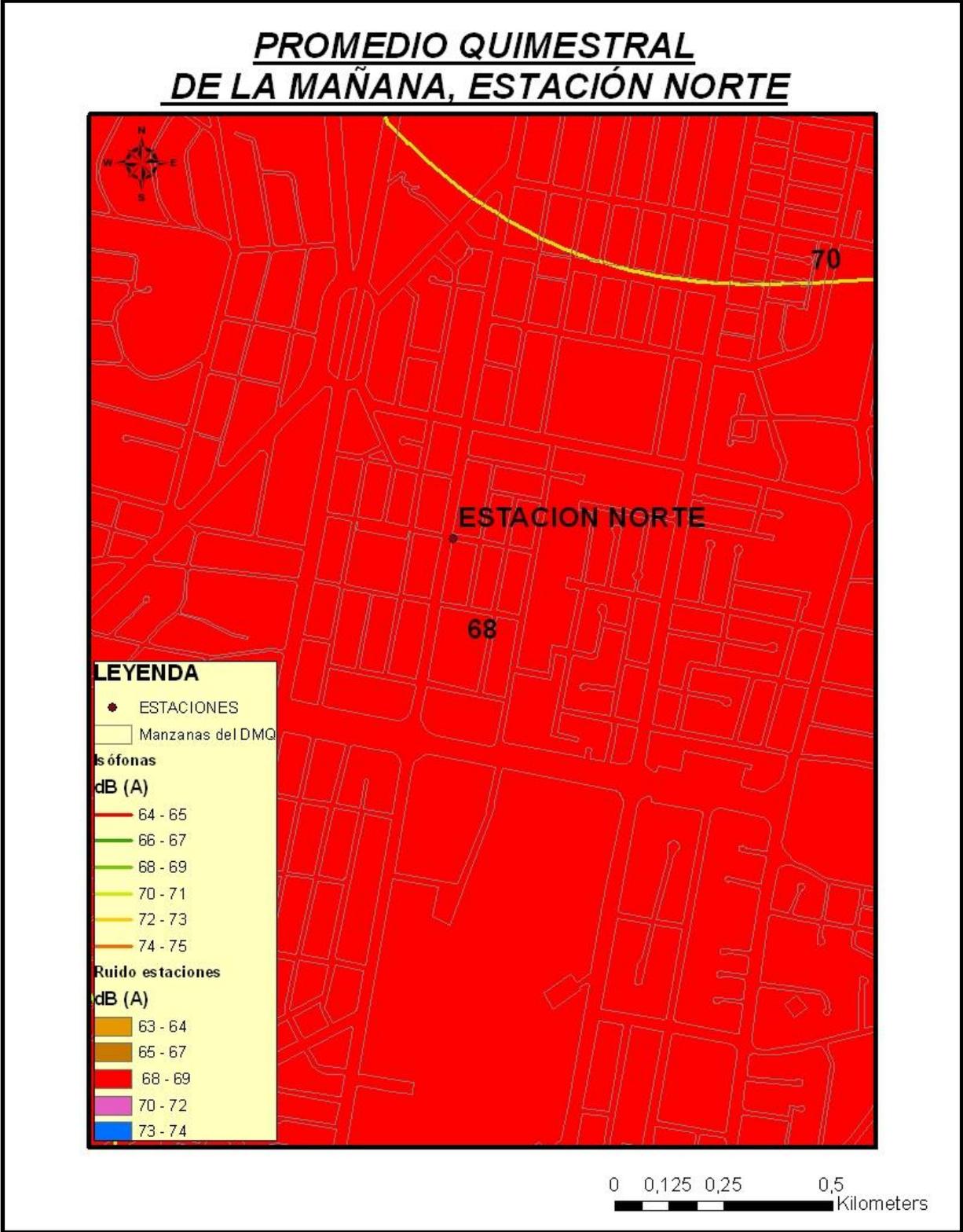
10.9.9 MAPA # 9: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA ESTACIÓN COFAVI



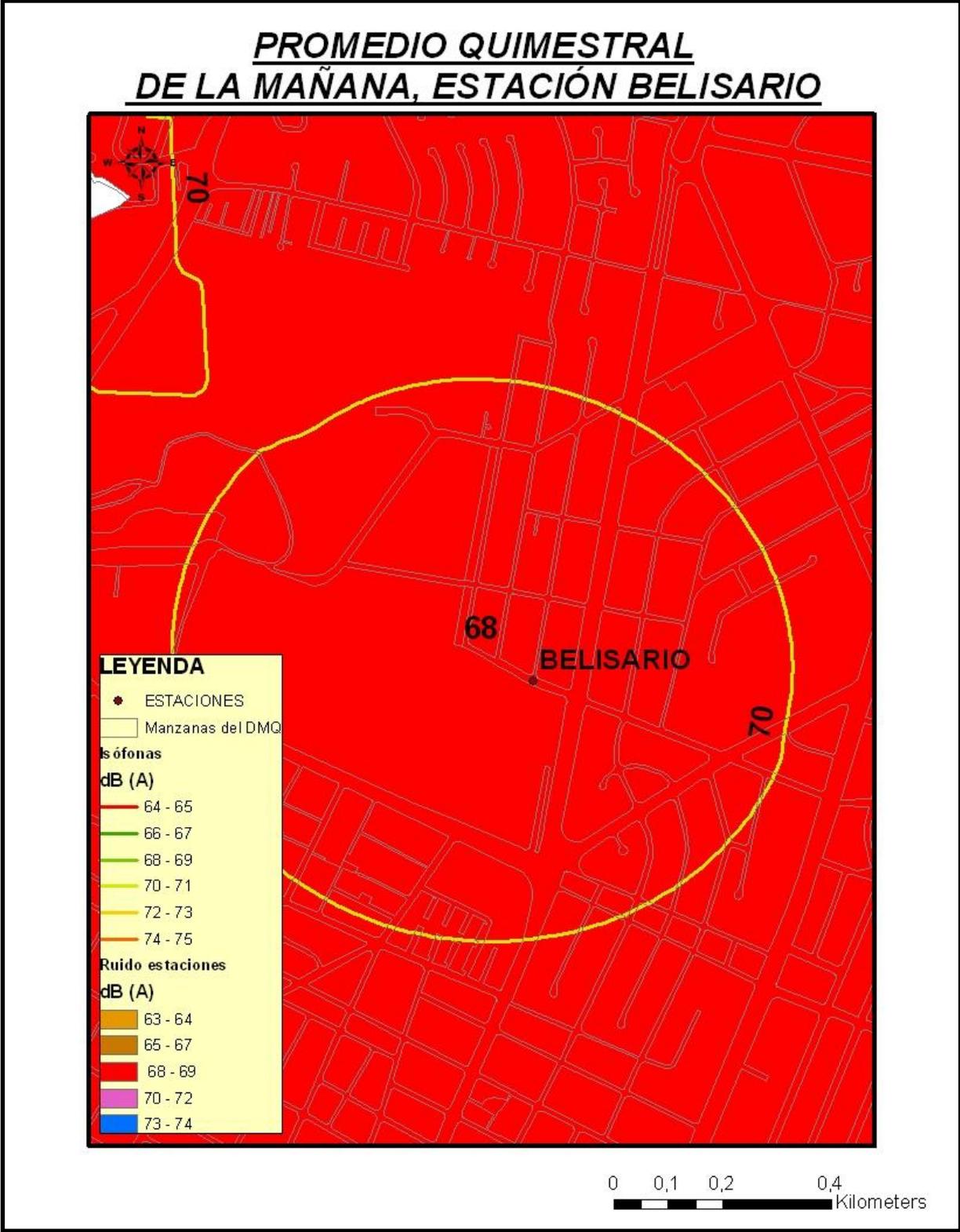
**10.9.10 MAPA # 10: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA ESTACIÓN JIPIJAPA**



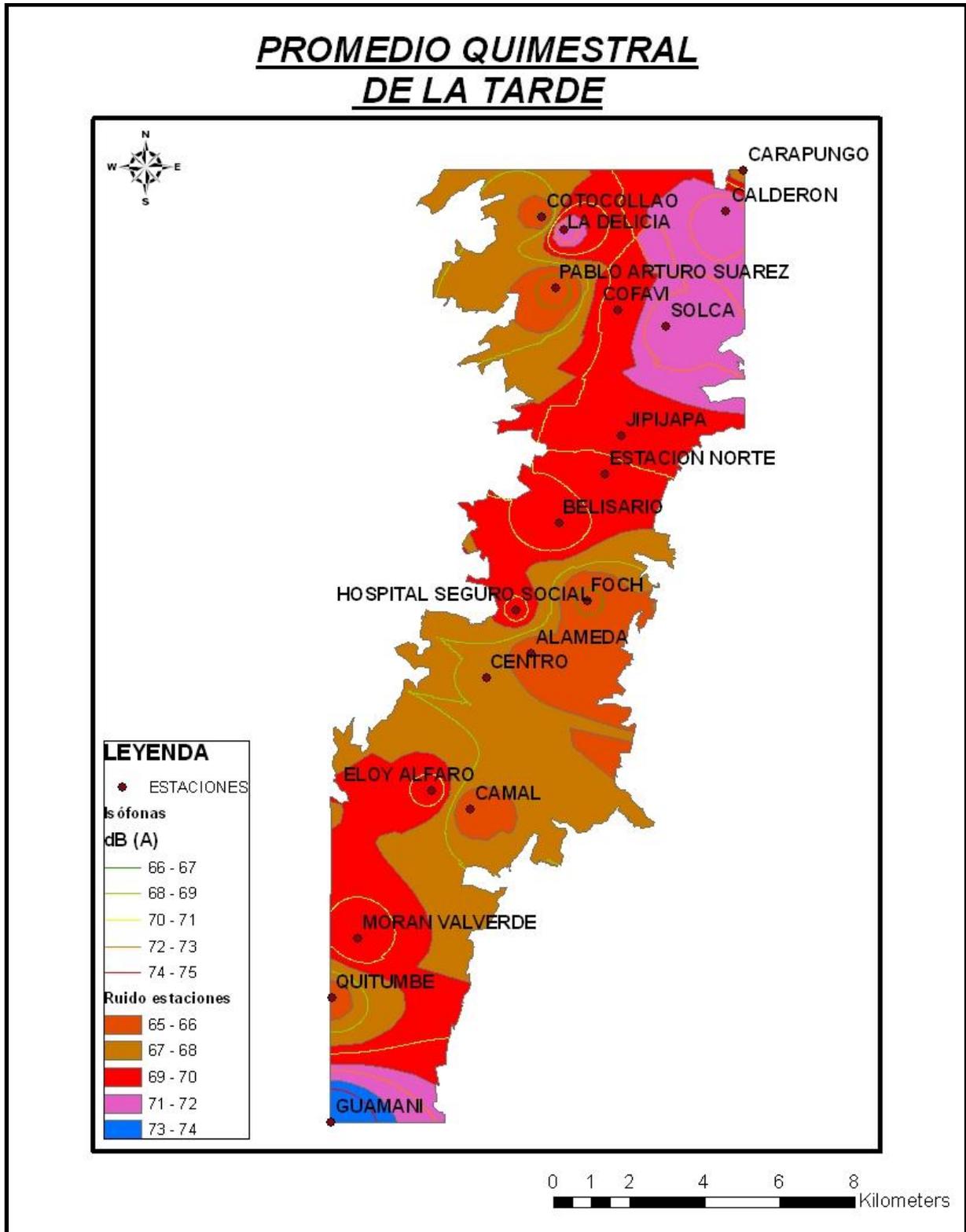
10.9.11 MAPA # 11: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA ESTACIÓN NORTE



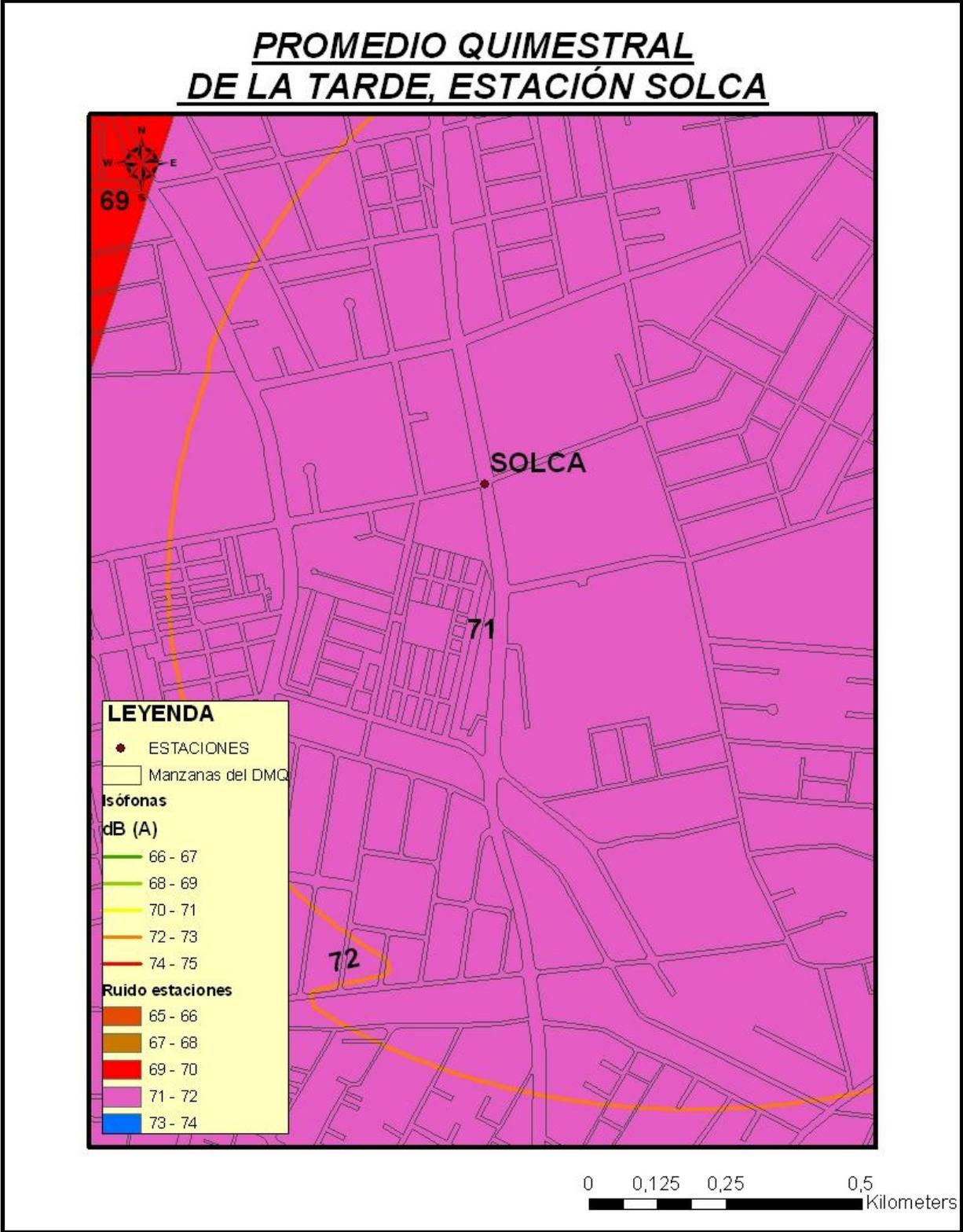
10.9.12 MAPA # 12: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA ESTACIÓN BELISARIO



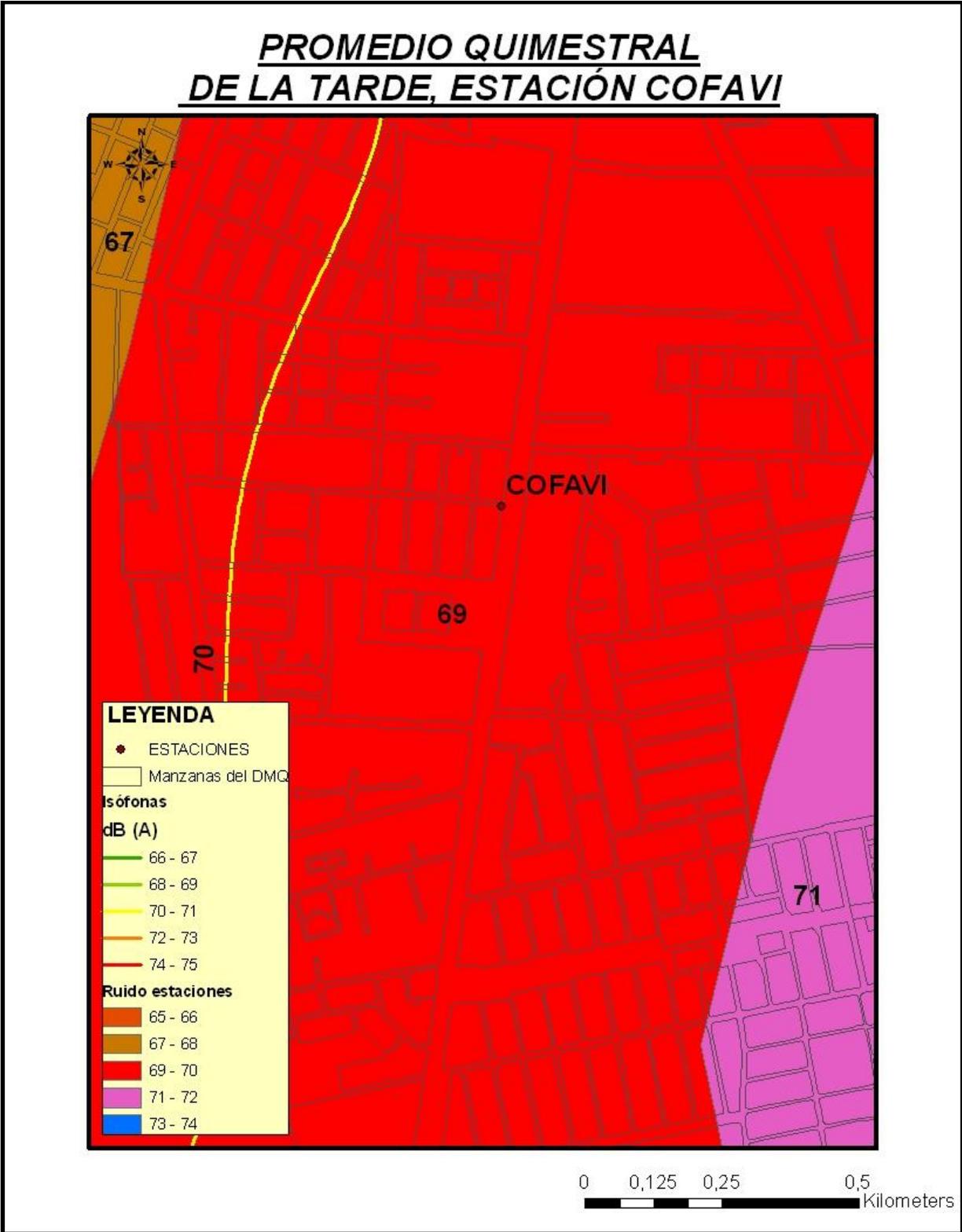
10.9.13 MAPA # 13: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.



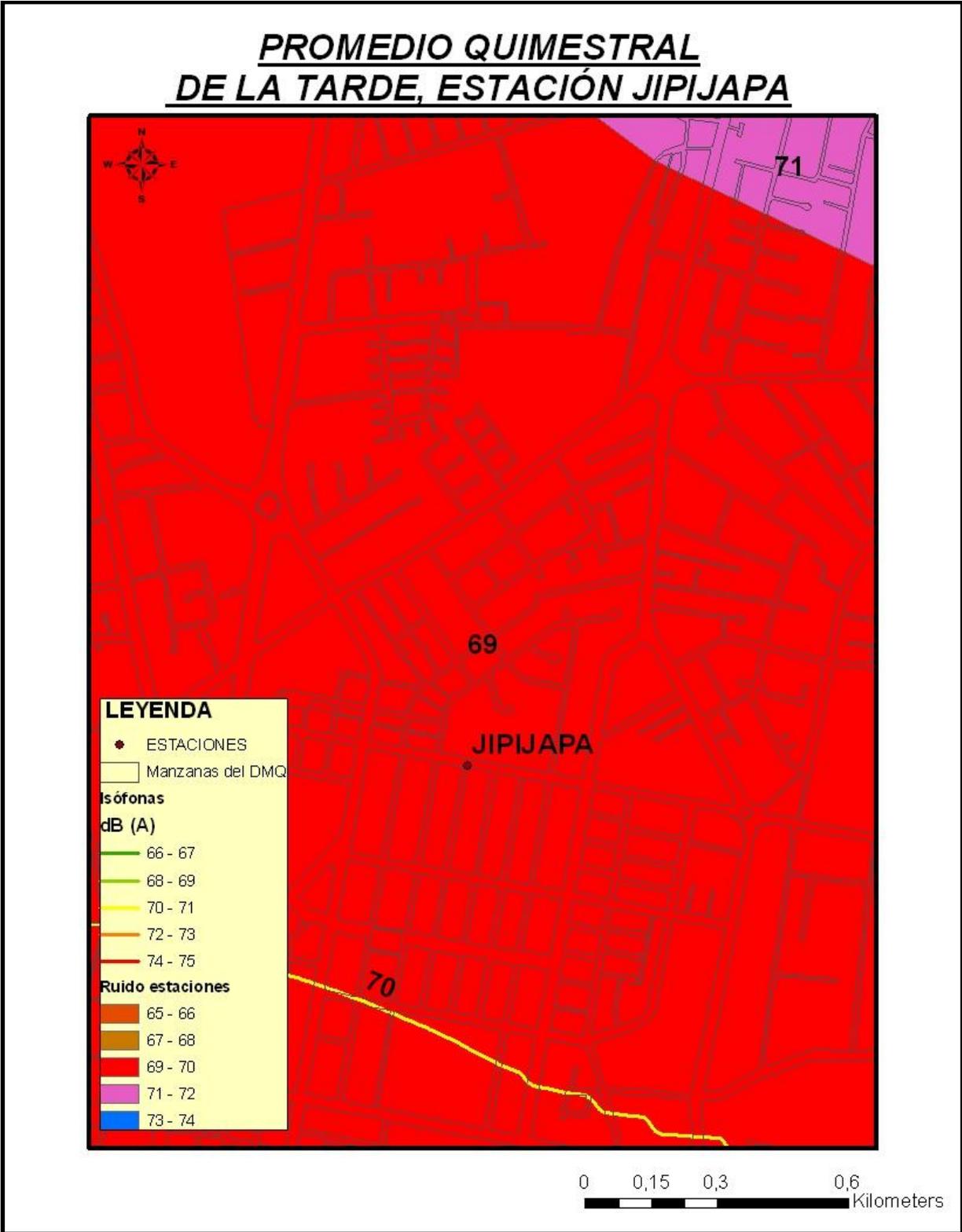
10.9.14 MAPA # 14: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE ESTACIÓN SOLCA



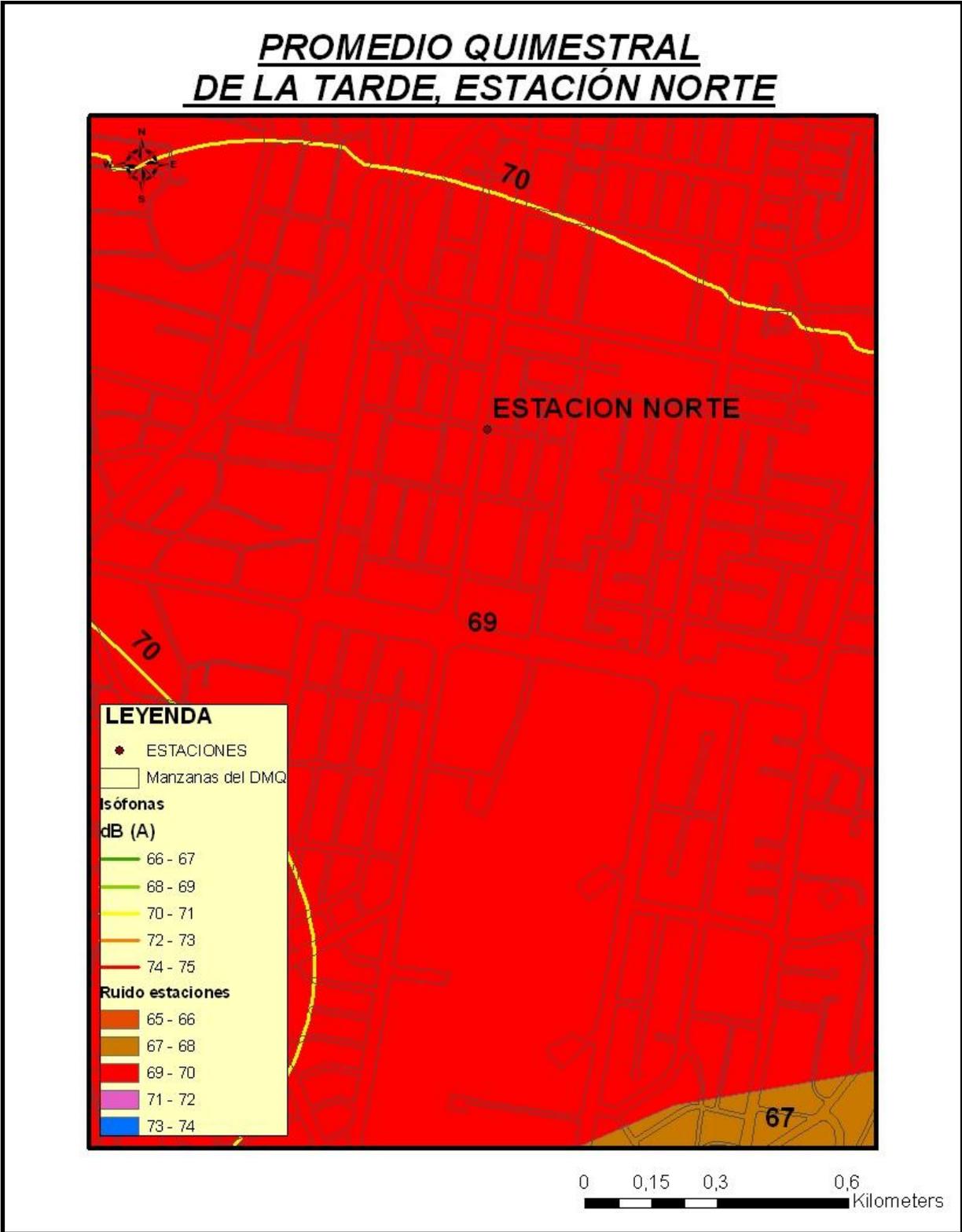
10.9.15 MAPA # 15: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE ESTACIÓN COFAVI



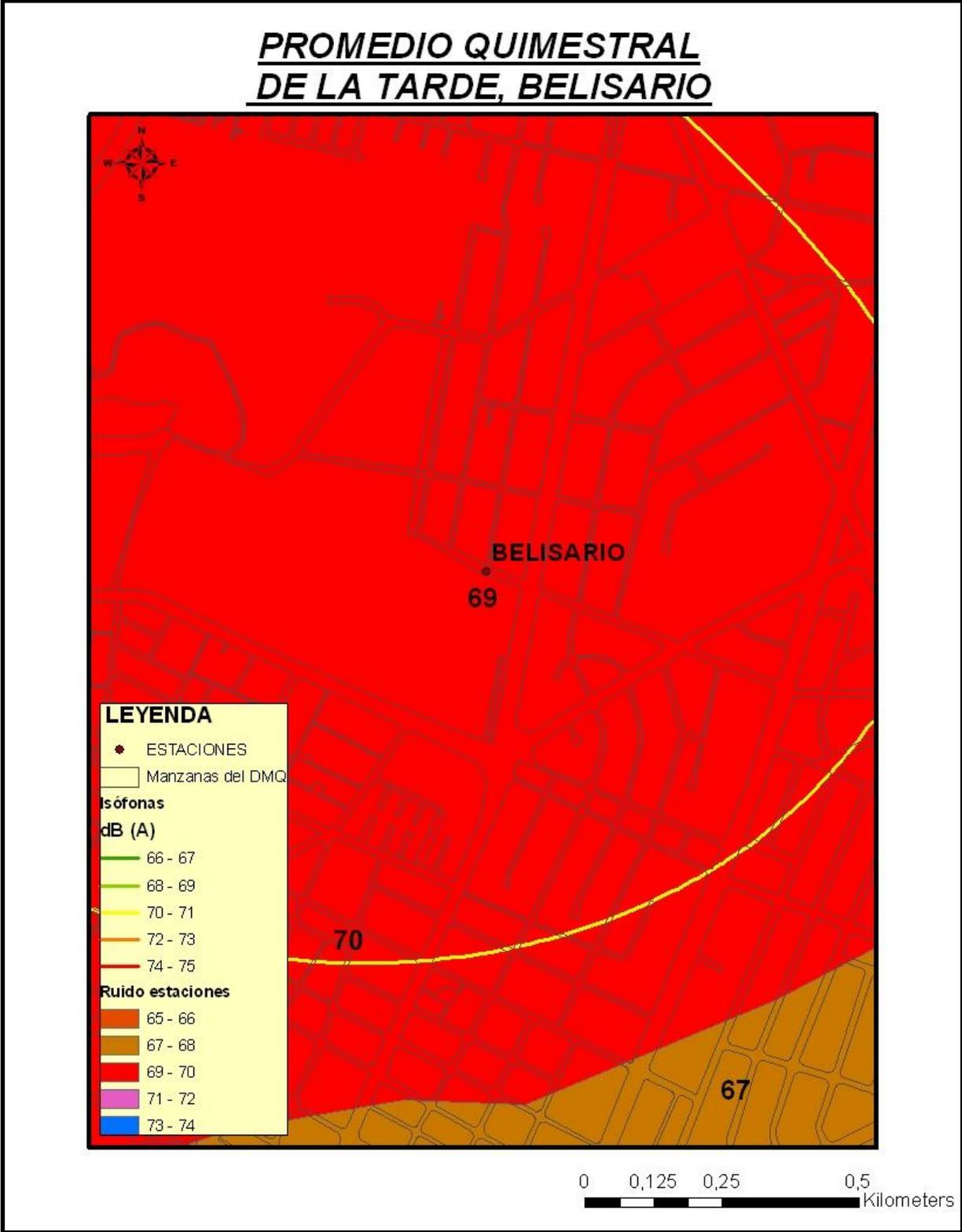
**10.9.16 MAPA # 16: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE ESTACIÓN JIPIJAPA**



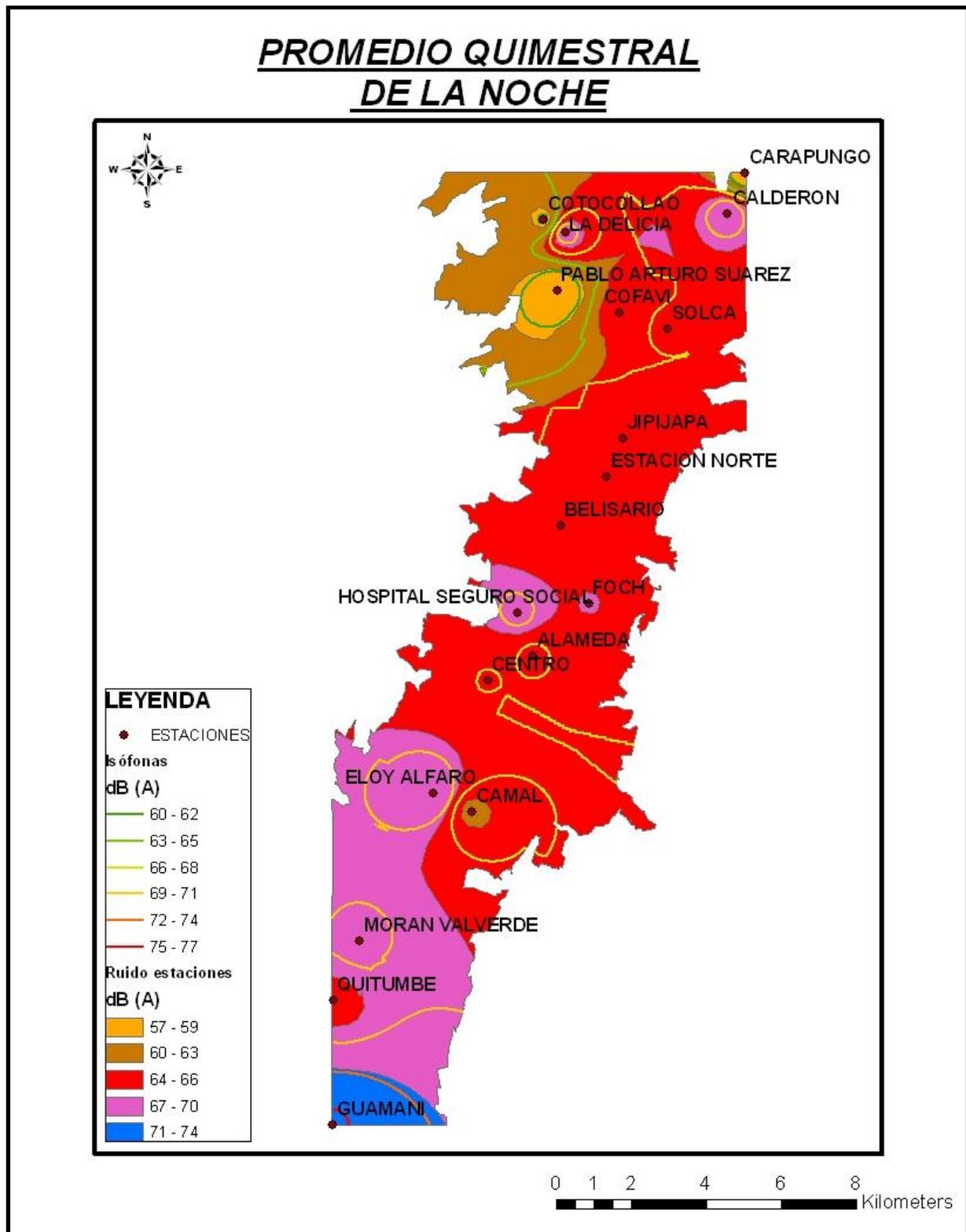
10.9.17 MAPA # 17: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE ESTACIÓN NORTE



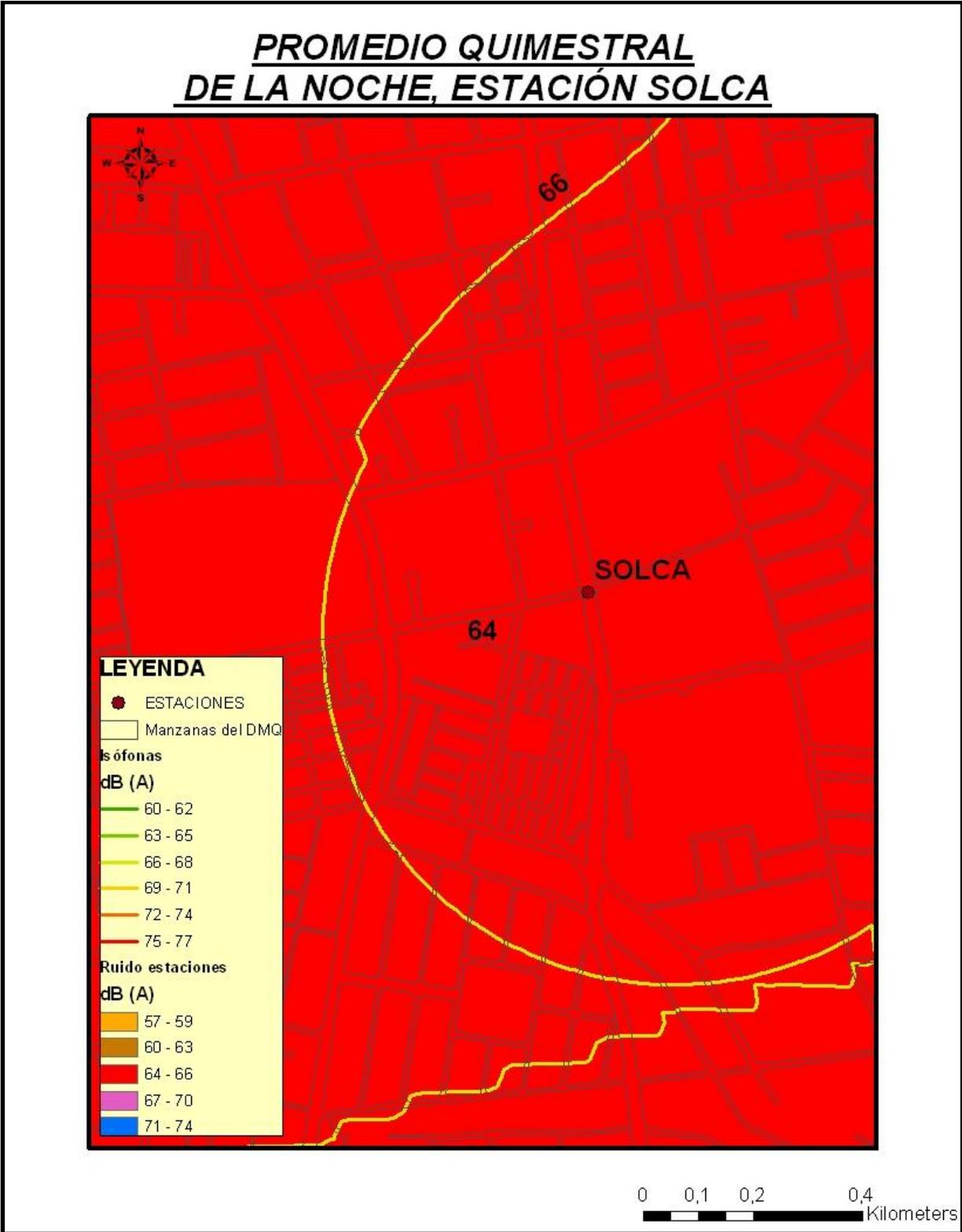
**10.9.18 MAPA # 18: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE ESTACIÓN BELISARIO**



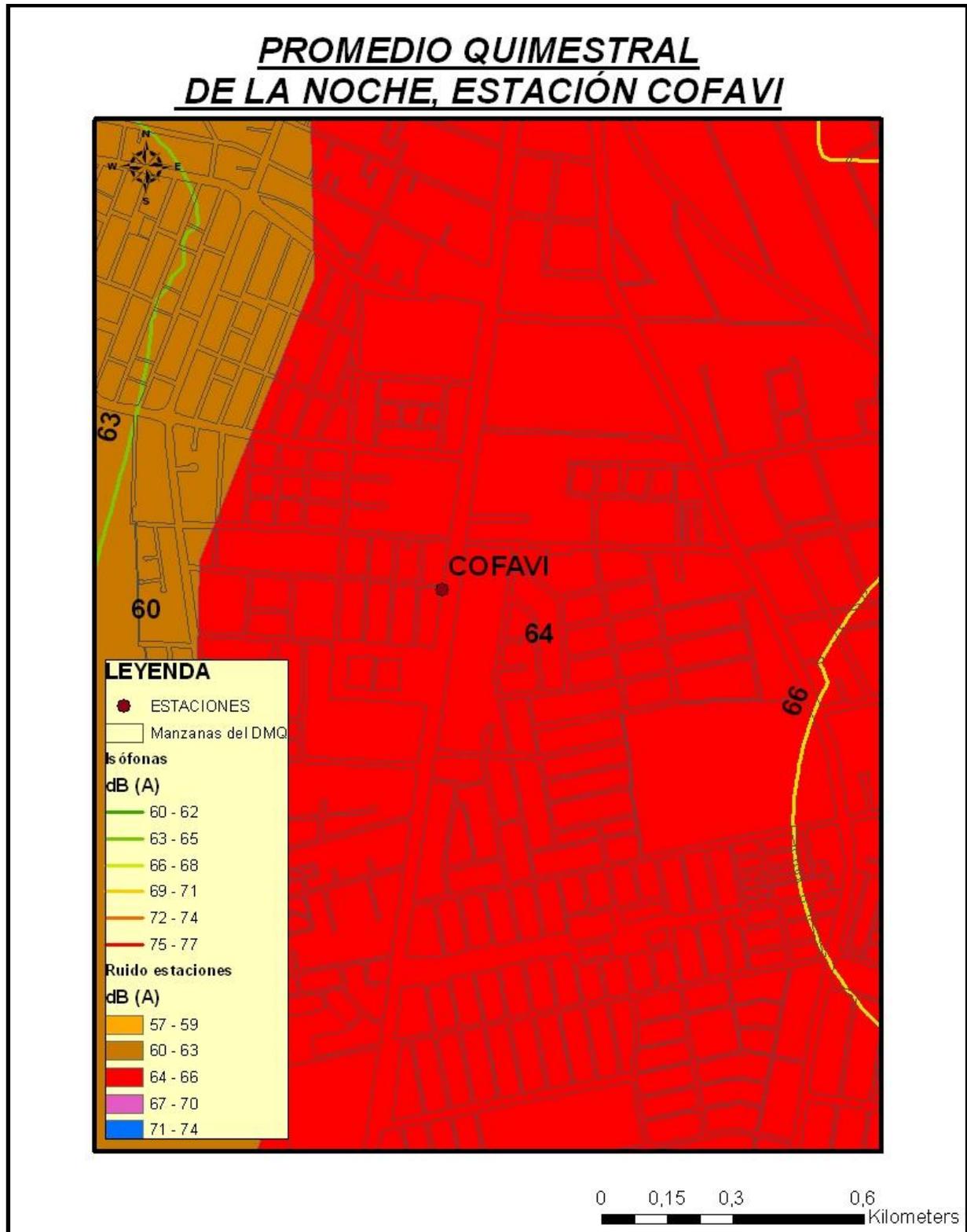
10.9.19 MAPA # 19: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.



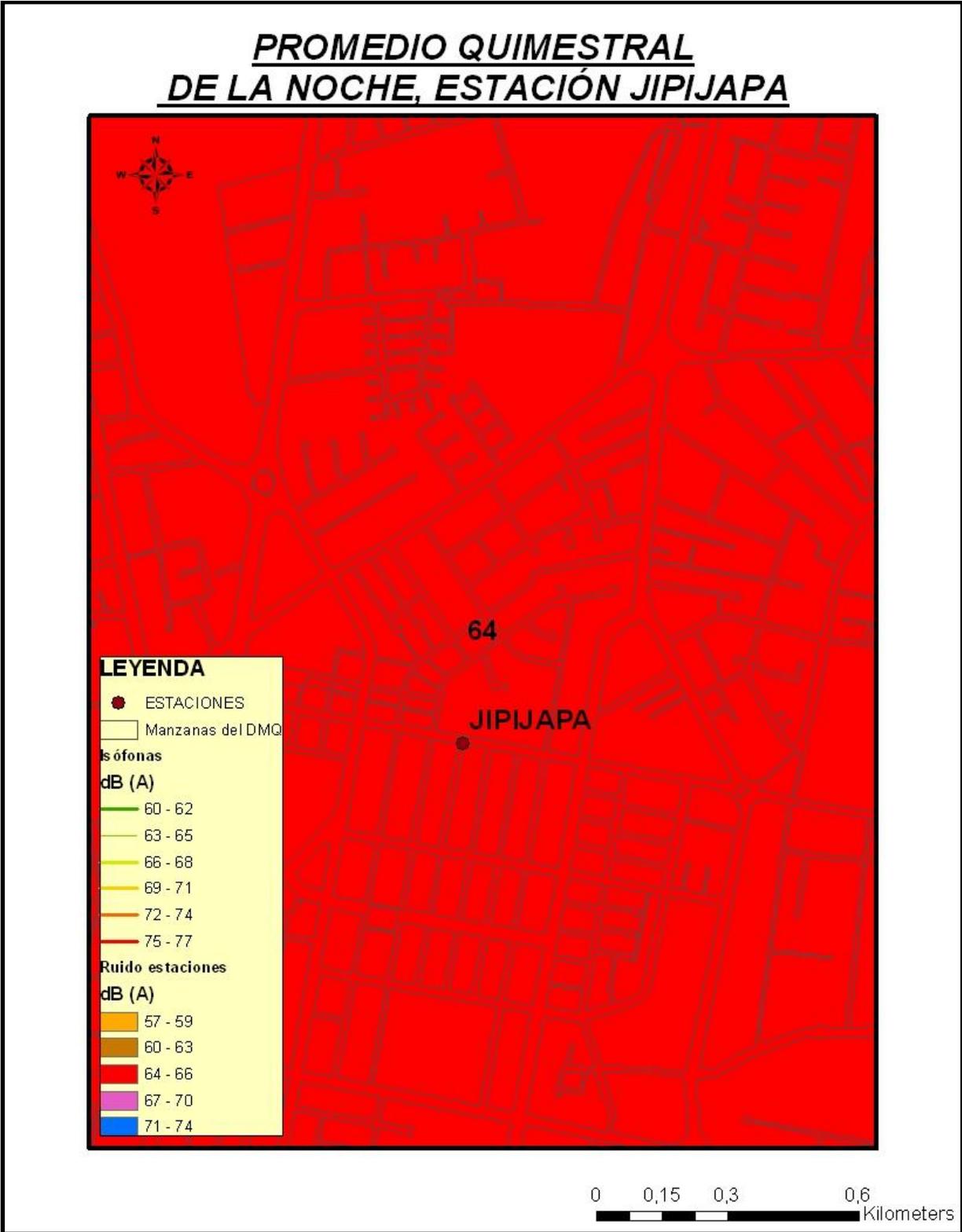
10.9.20 MAPA # 20: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE ESTACIÓN SOLCA



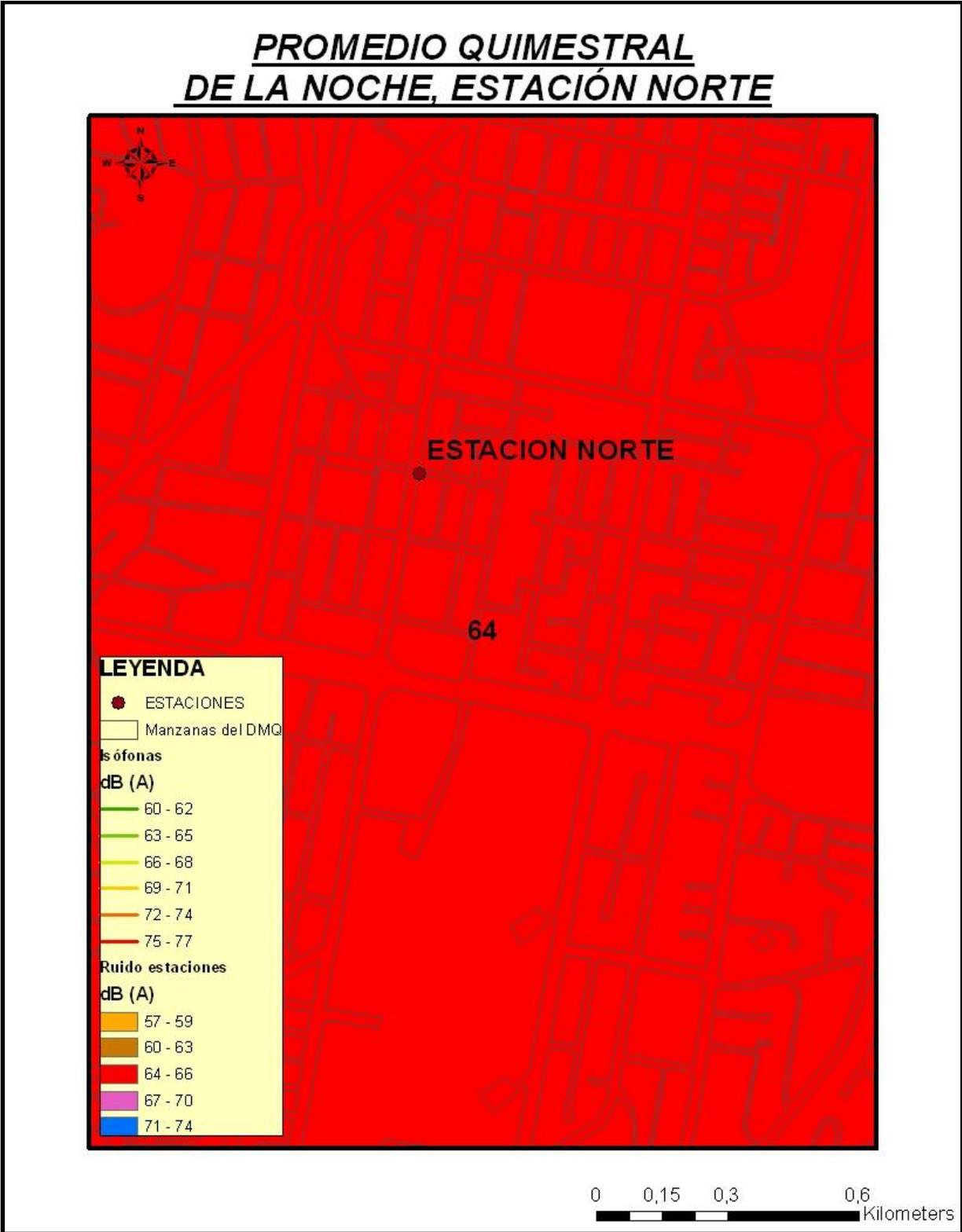
10.9.21 MAPA # 21: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE ESTACIÓN COFAVI



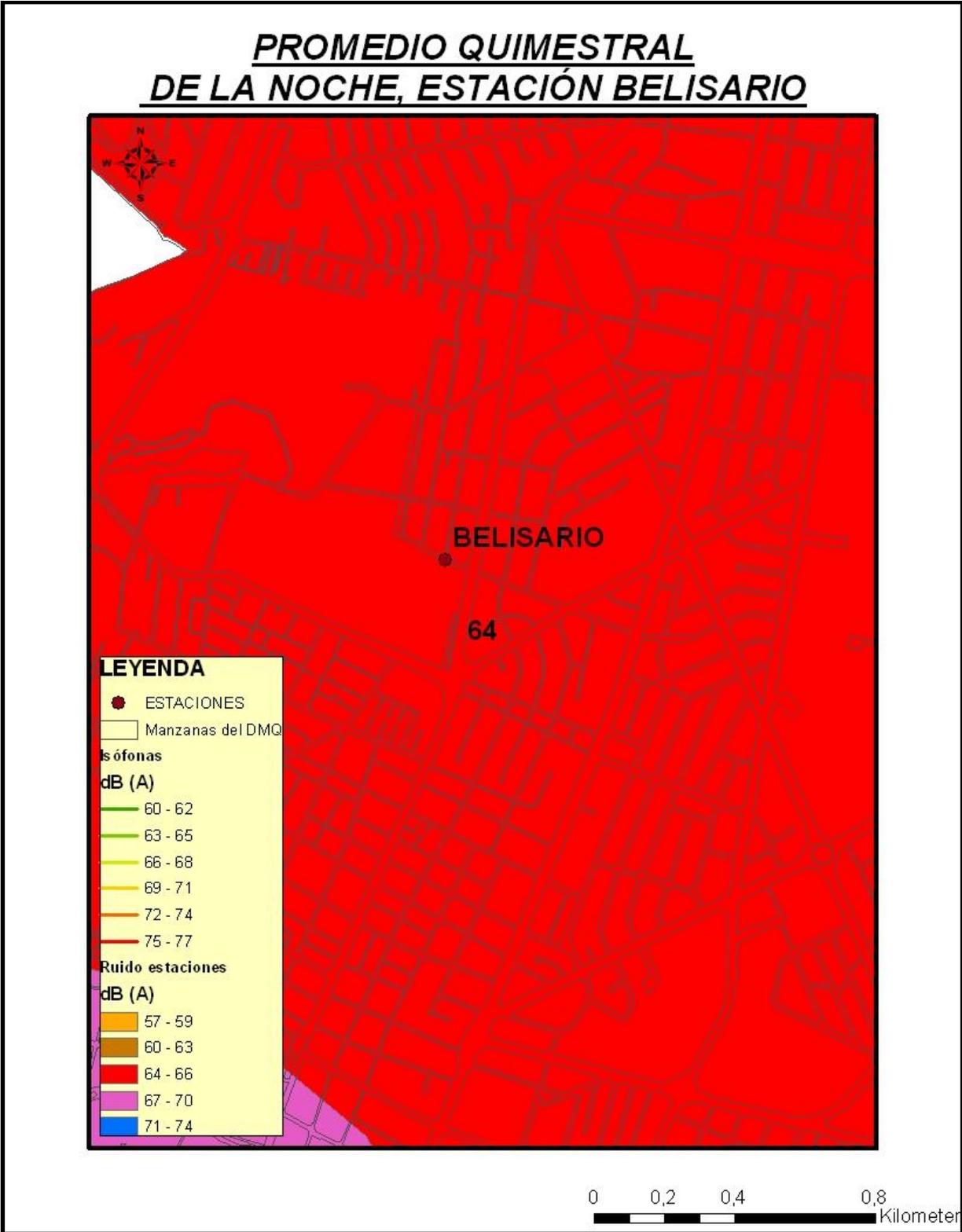
10.9.22 MAPA # 22: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE ESTACIÓN JIPIJAPA



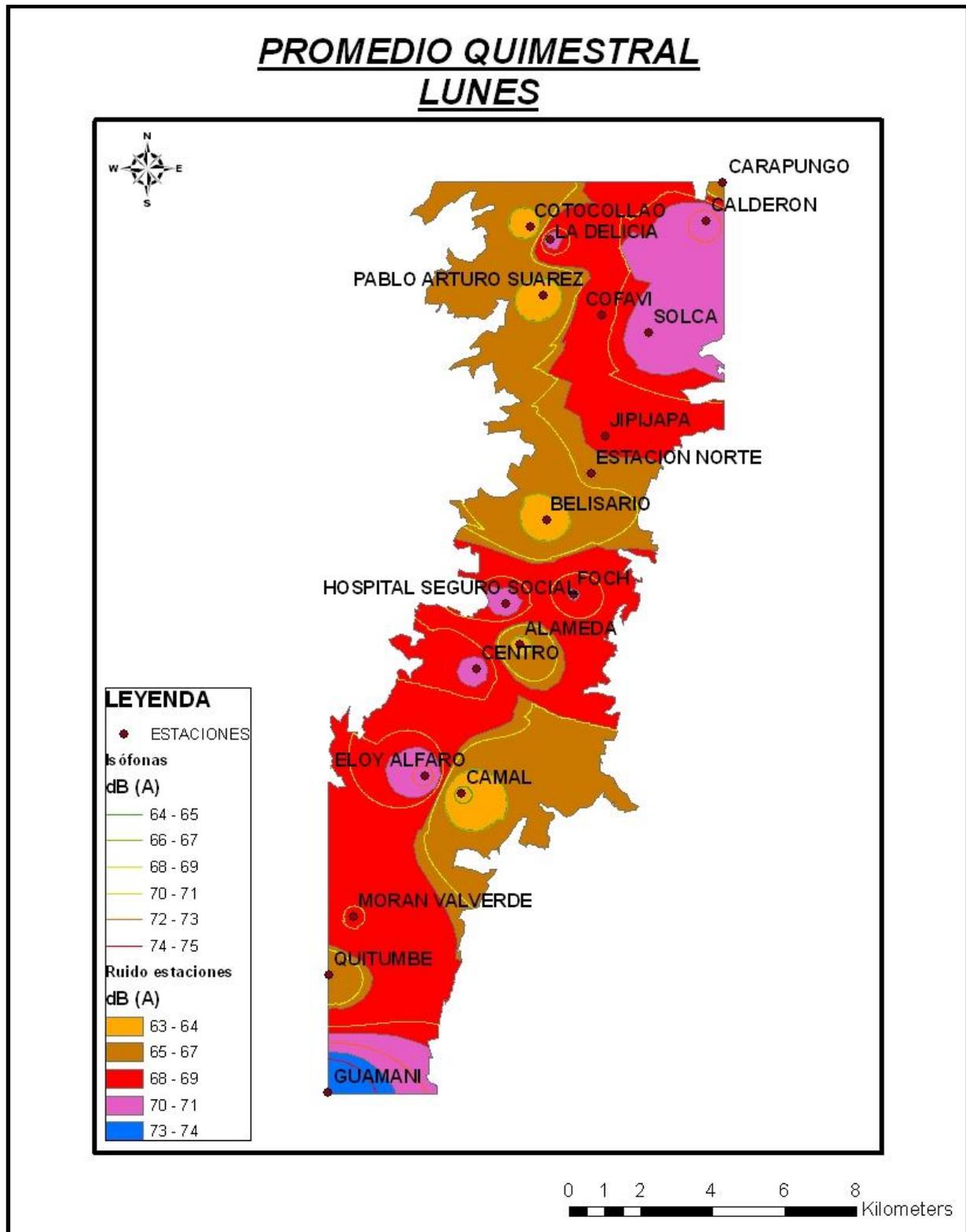
10.9.23 MAPA # 23: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE ESTACIÓN NORTE



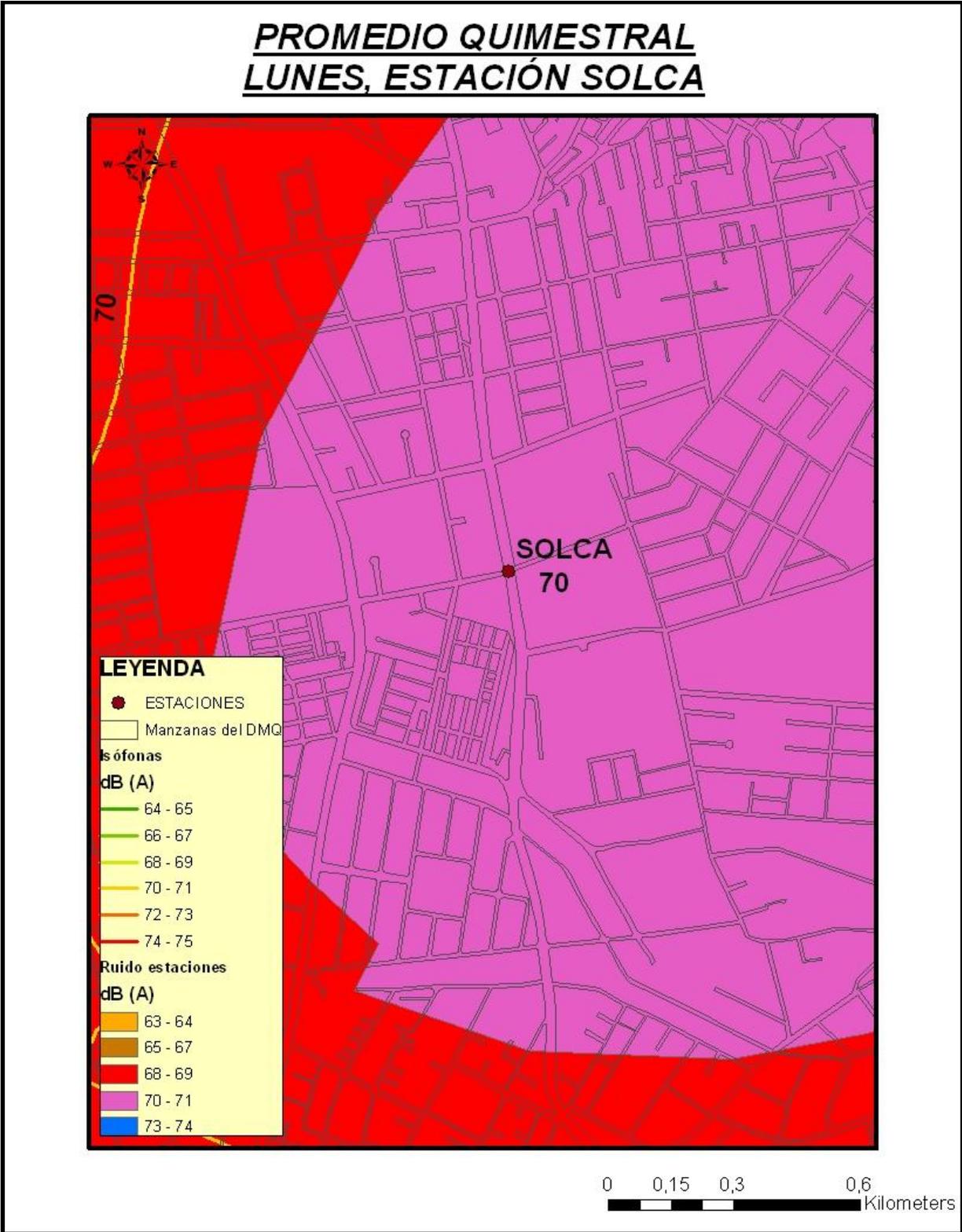
10.9.24 MAPA # 24: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE ESTACIÓN BELISARIO



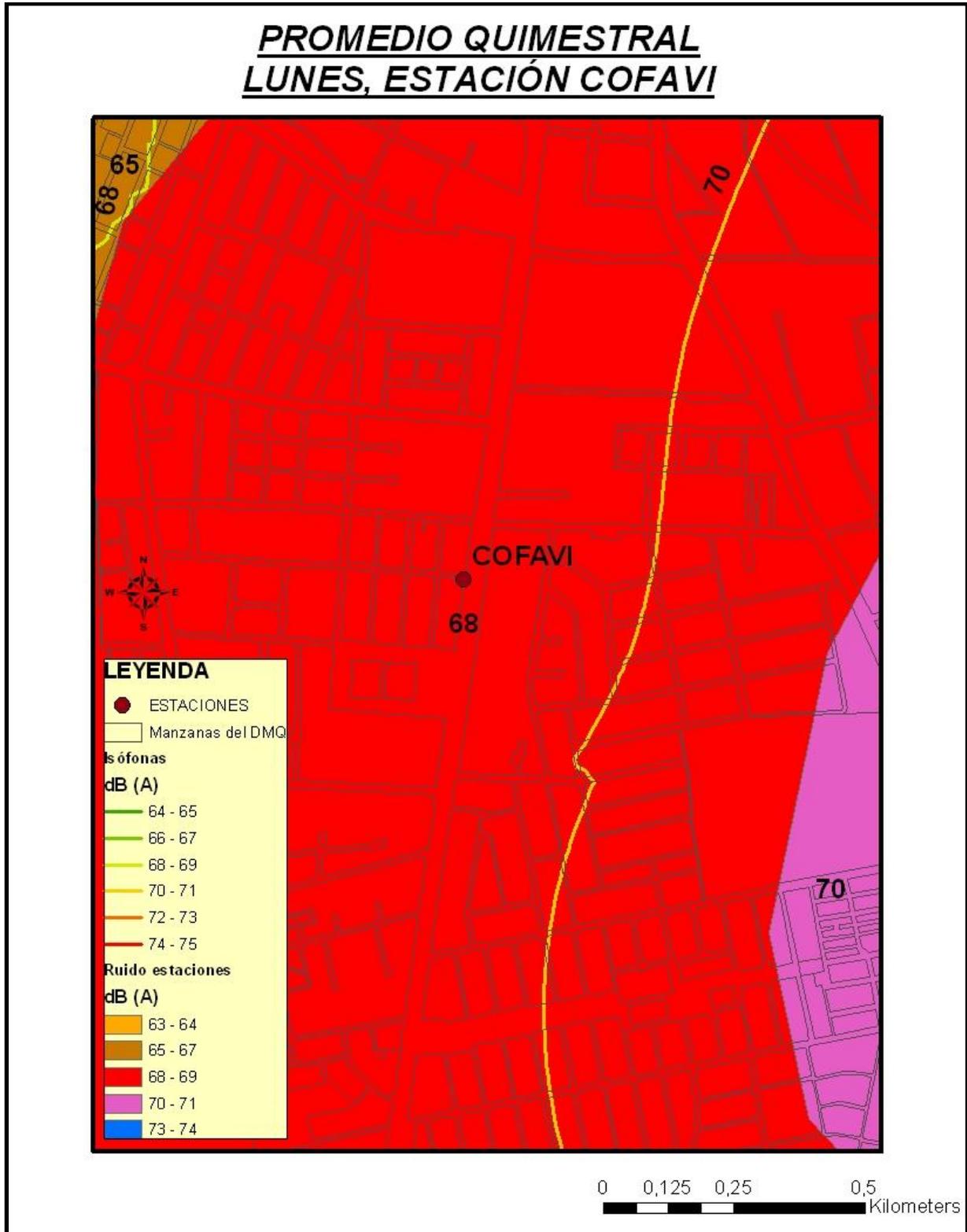
10.9.25 MAPA # 25: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS LUNES DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.



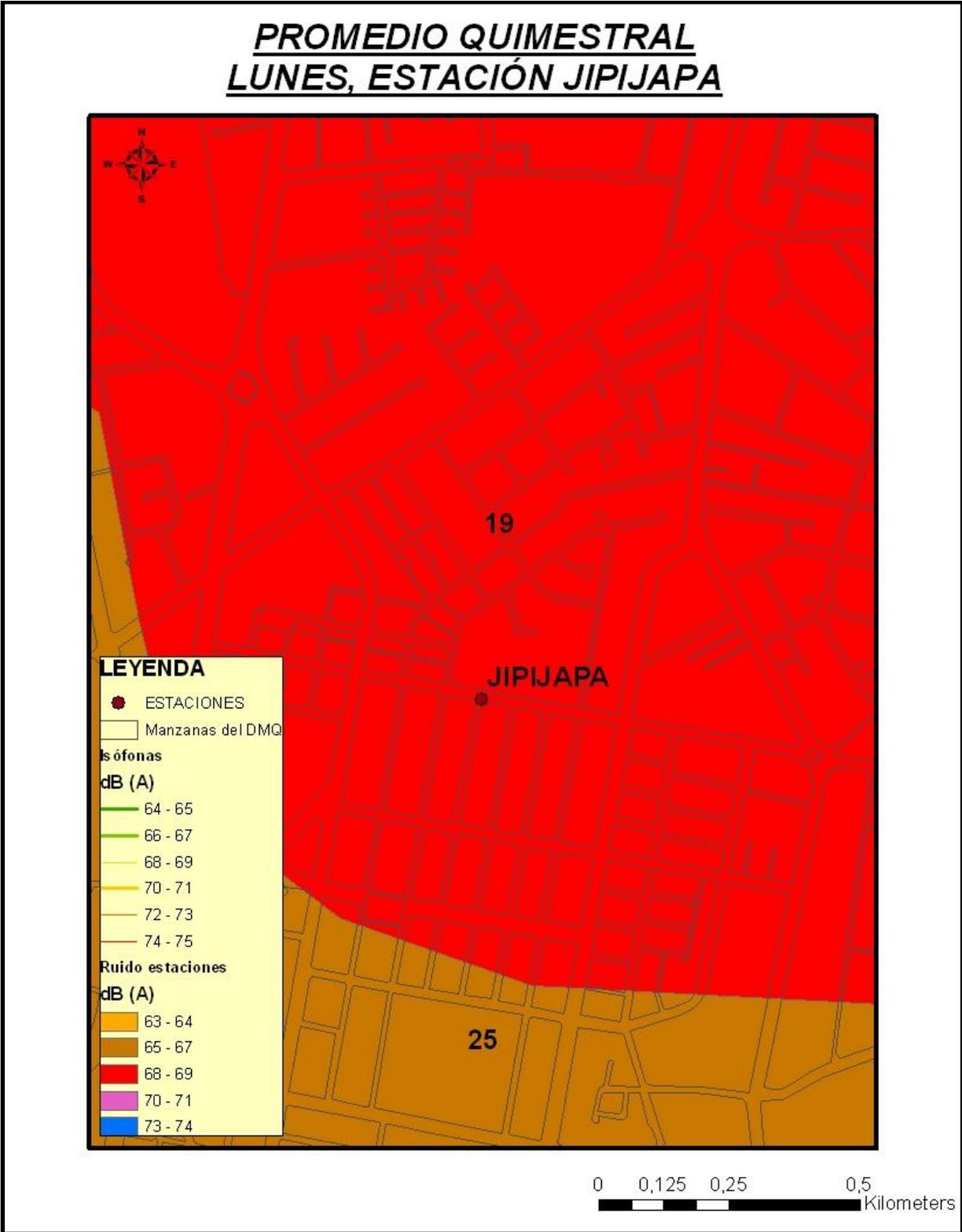
10.9.26 MAPA # 26: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL LUNES ESTACIÓN SOLCA



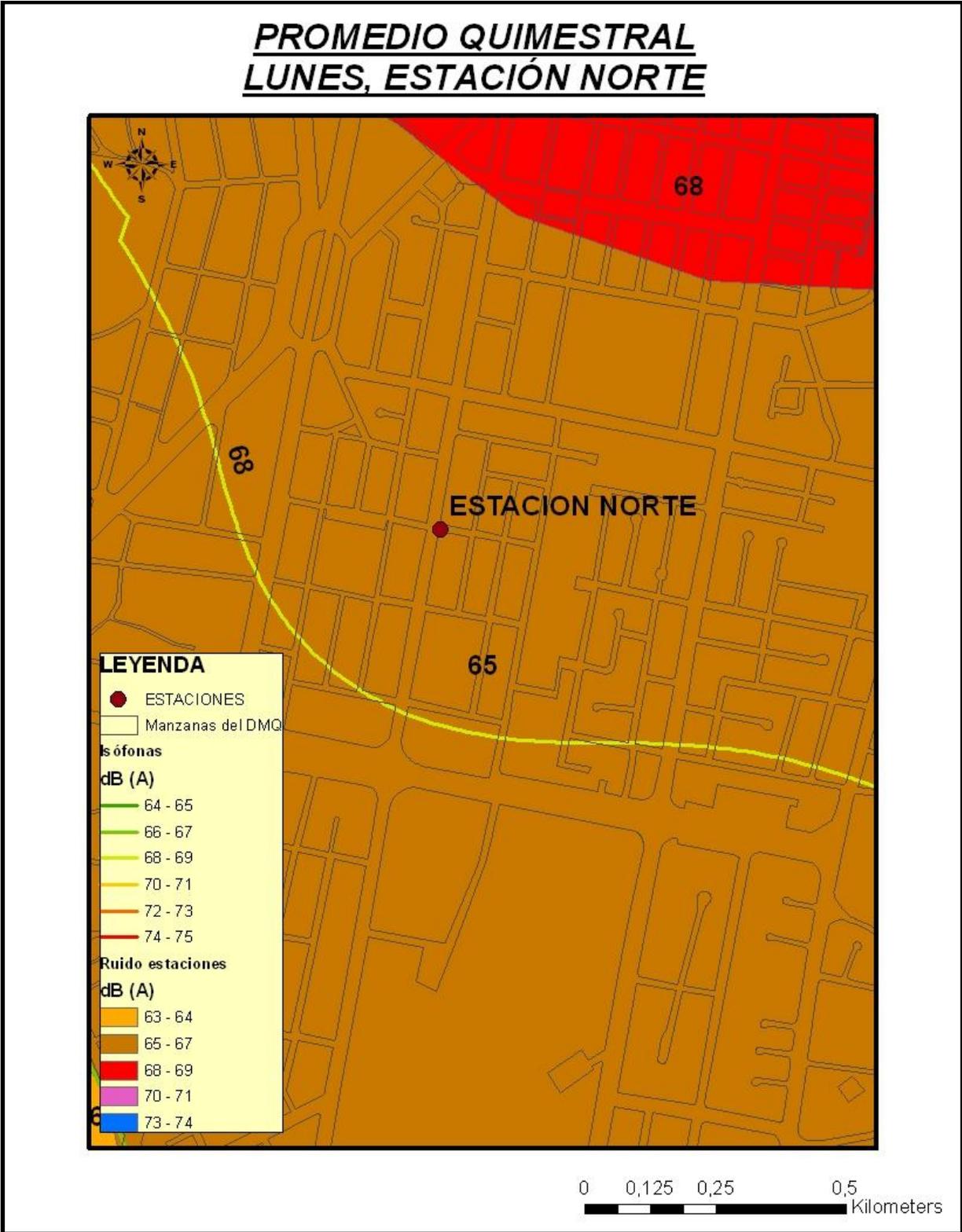
10.9.27 MAPA # 27: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL LUNES ESTACIÓN COFAVI



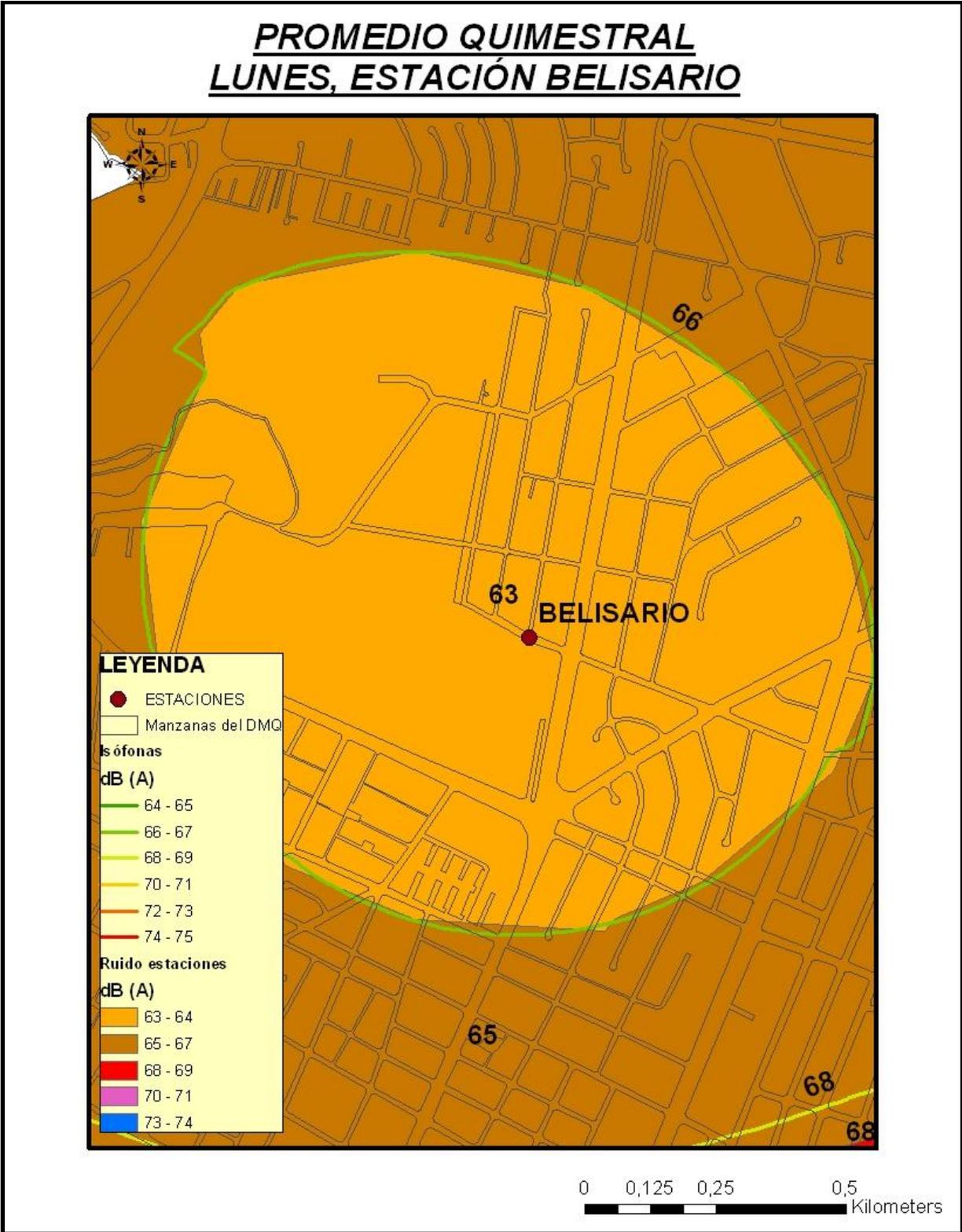
10.9.28 MAPA # 28: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL LUNES ESTACIÓN JIPIJAPA



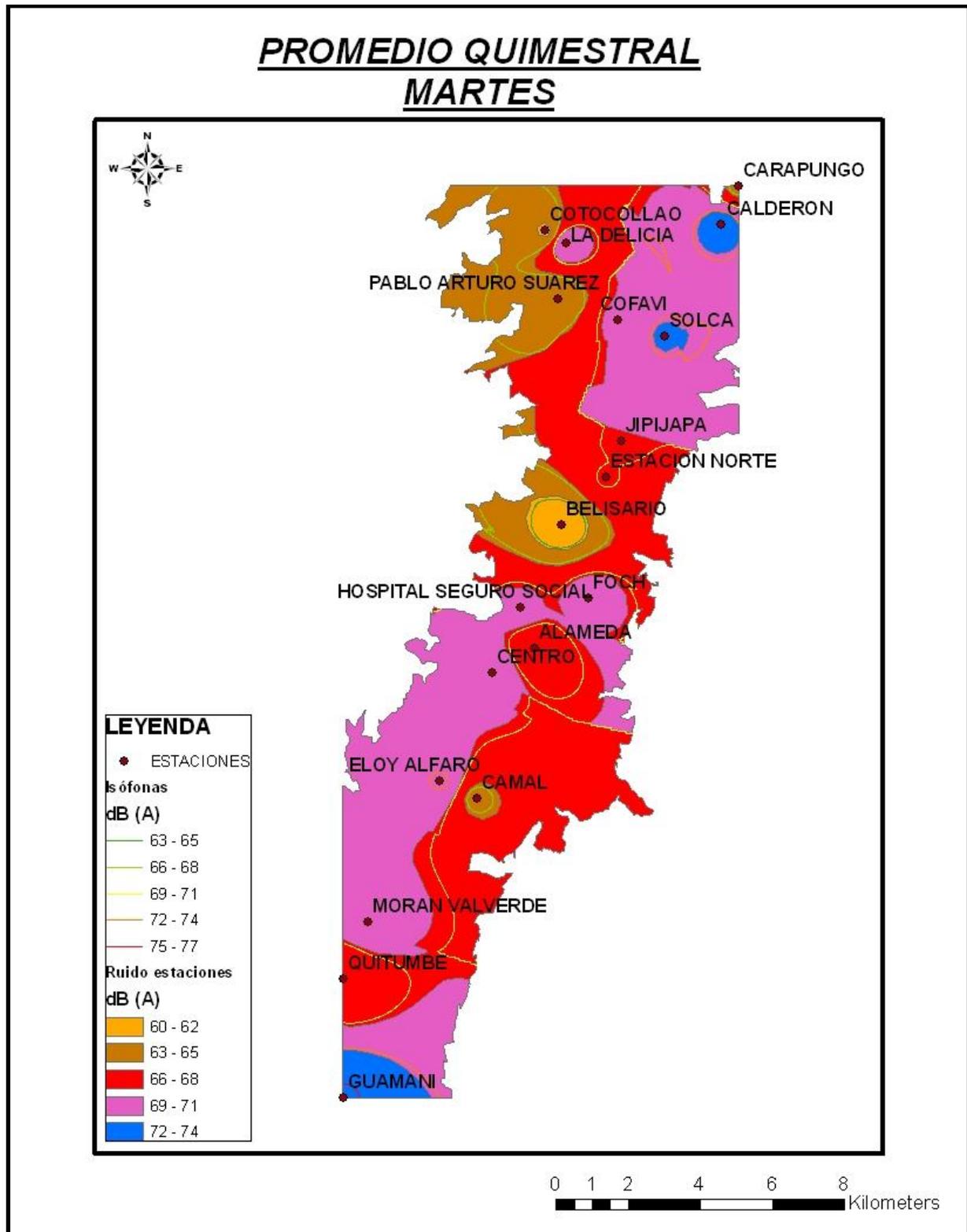
10.9.29 MAPA # 29: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL LUNES ESTACIÓN NORTE



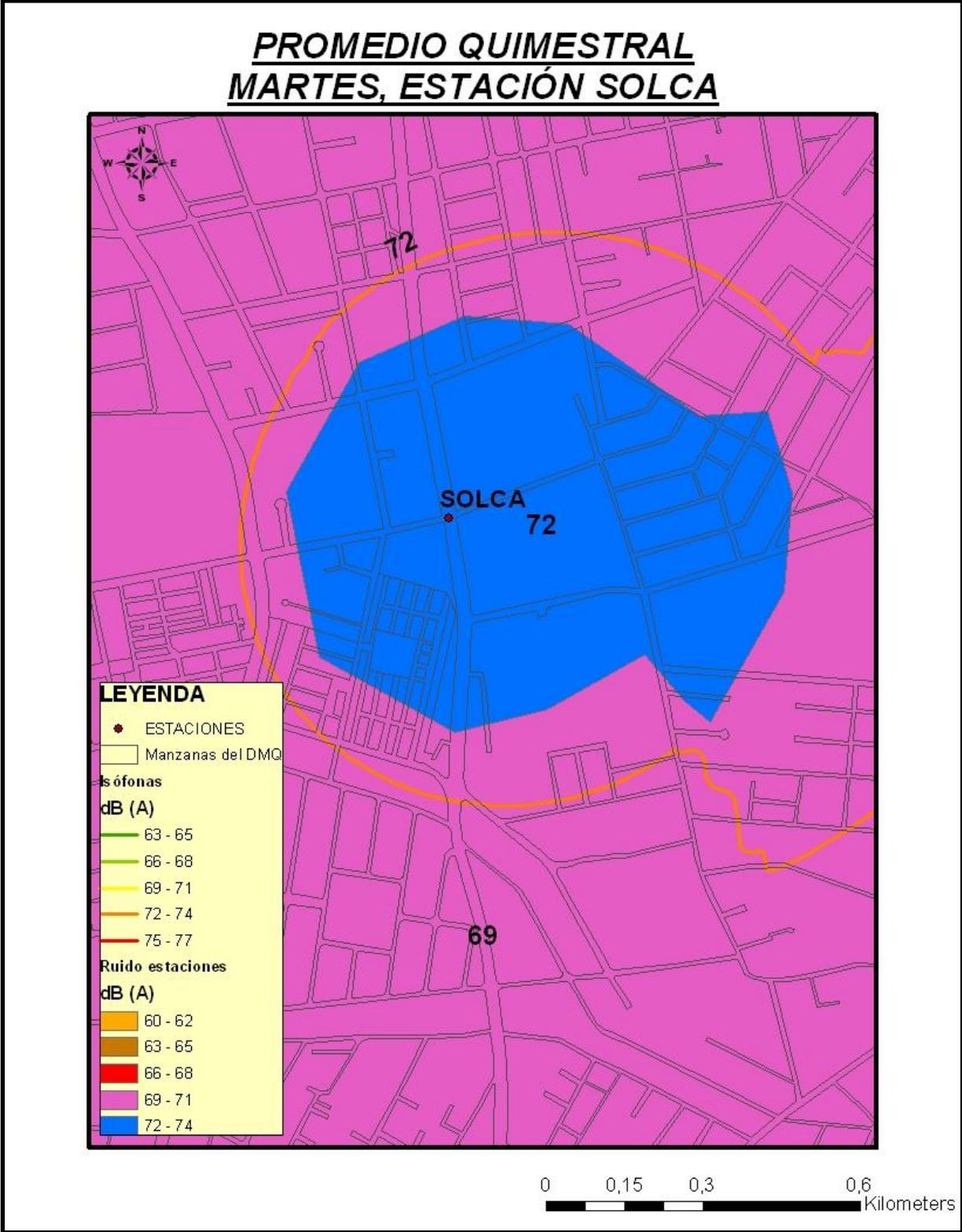
10.9.30 MAPA # 30: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL LUNES ESTACIÓN BELISARIO



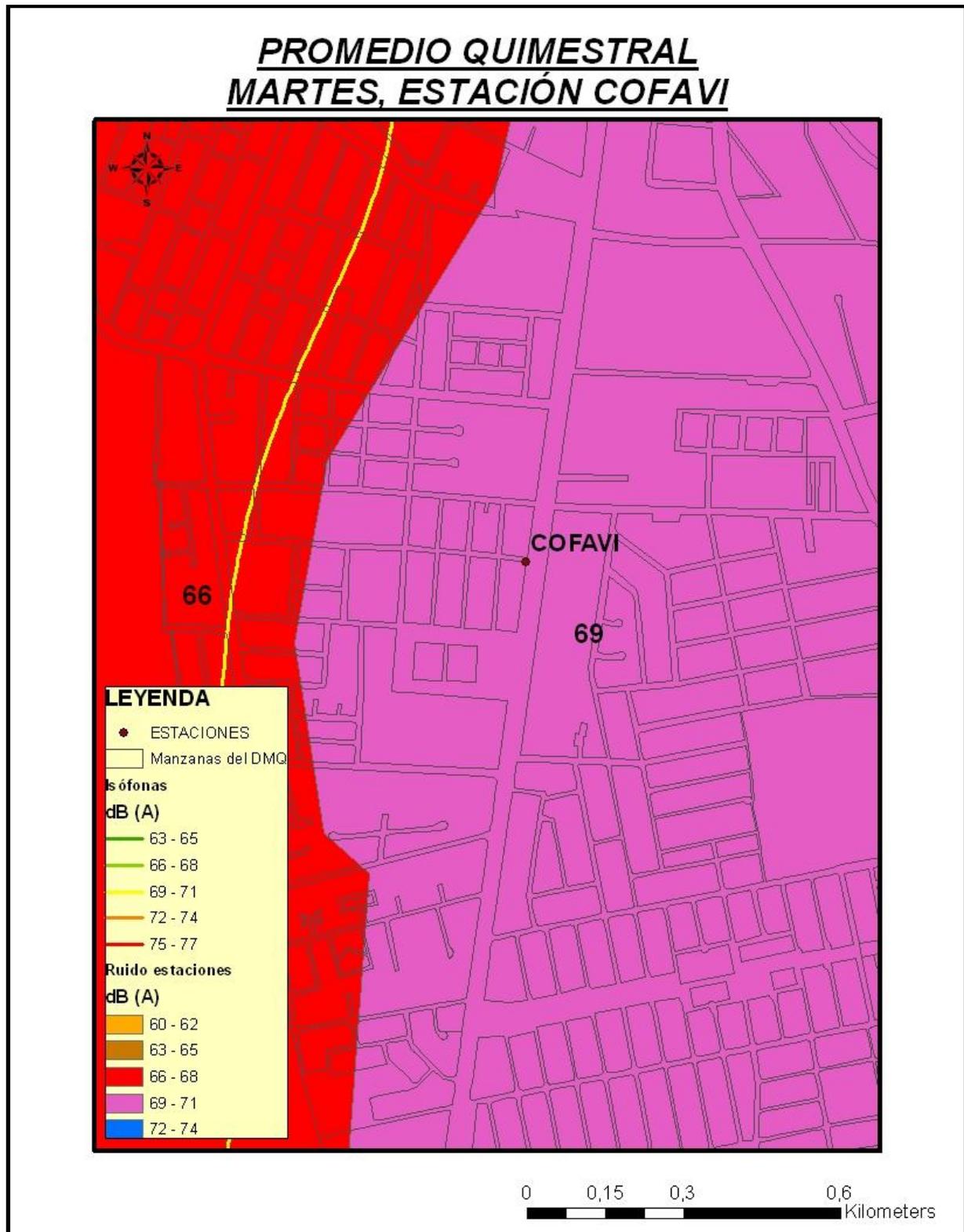
10.9.31 MAPA # 31: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS MARTE DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.



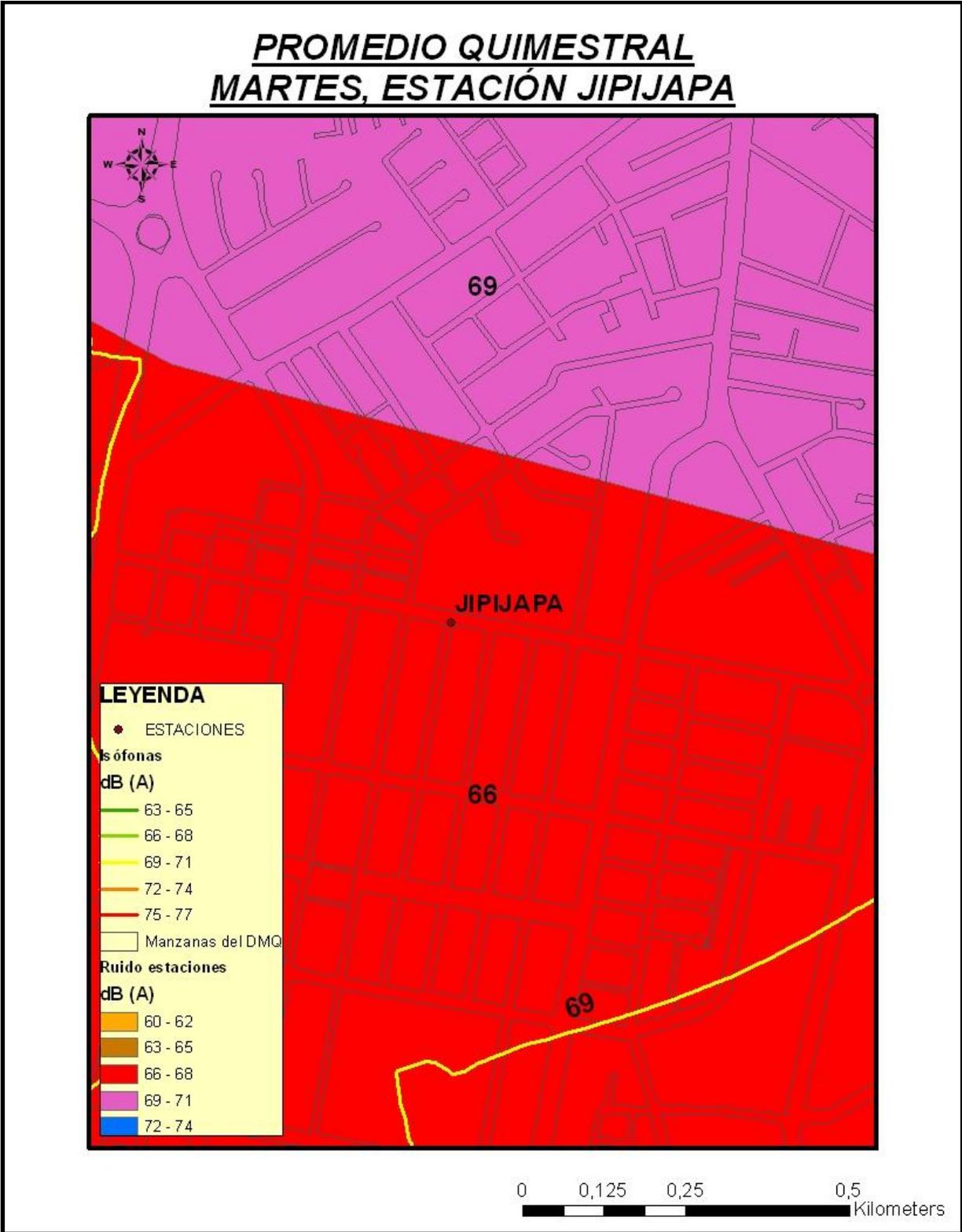
10.9.32 MAPA # 32: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MARTES ESTACIÓN SOLCA



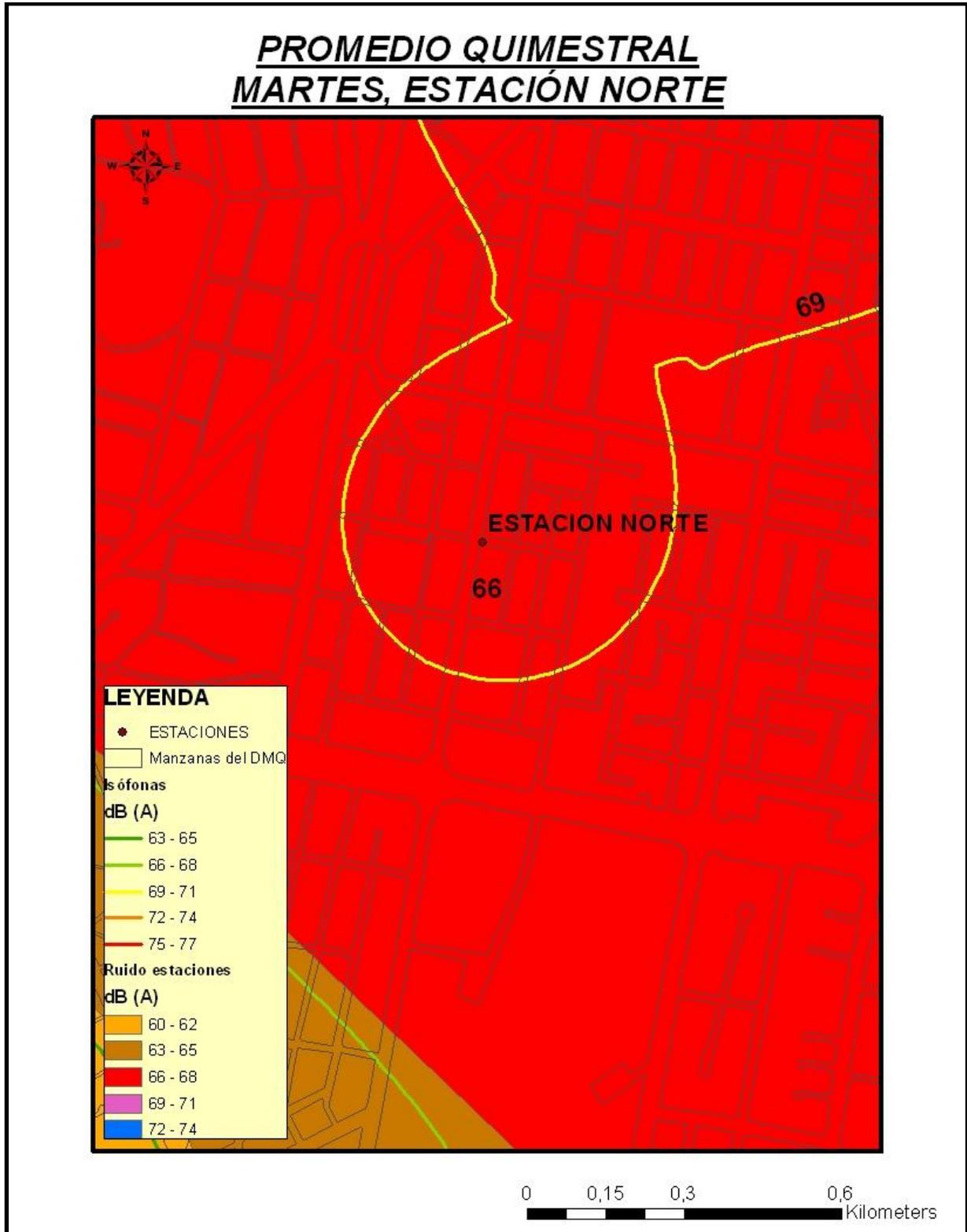
10.9.33 MAPA # 33: PROMEDIO QUIMESTRAL MARTES ESTACIÓN COFAVI



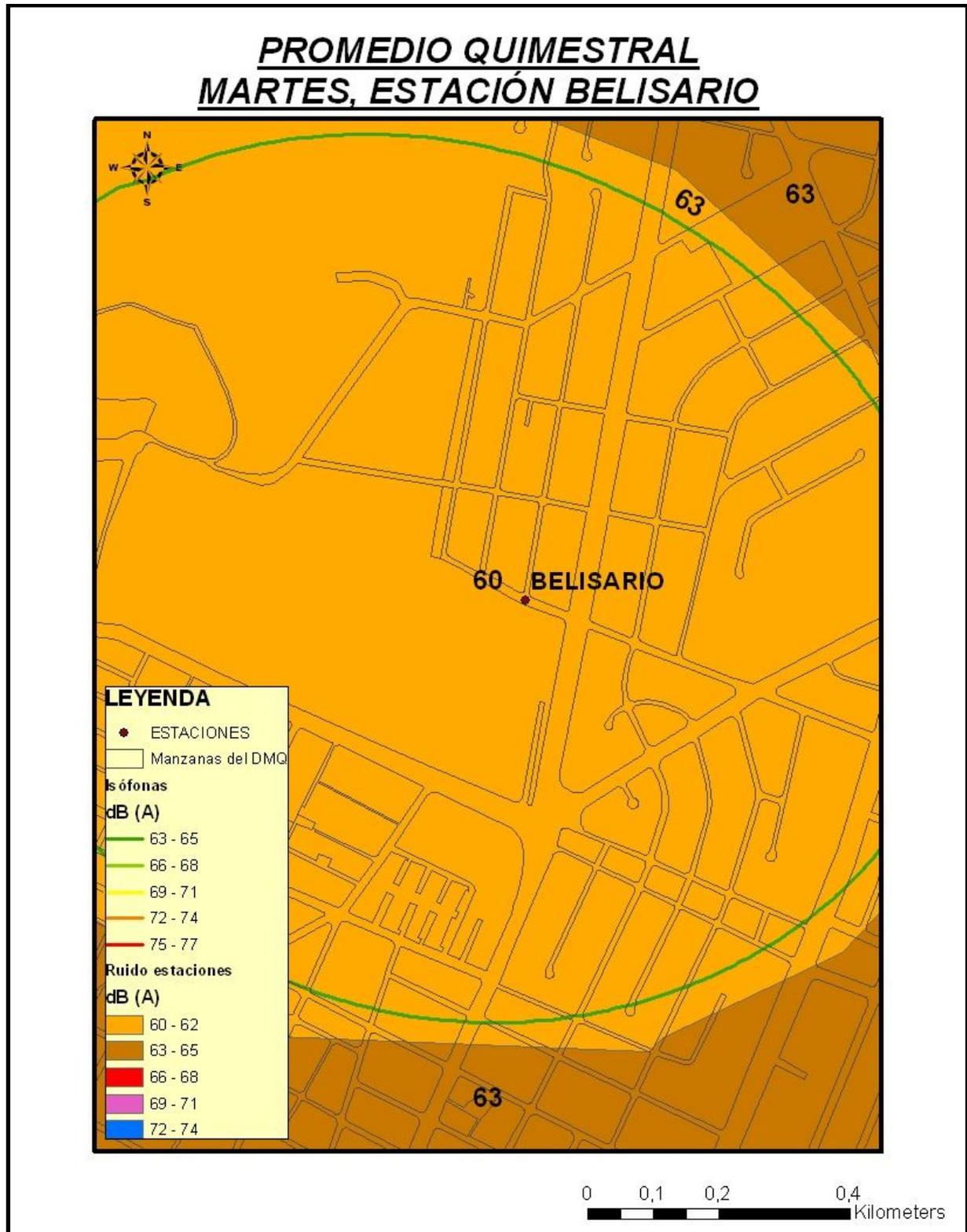
10.9.34 MAPA # 34: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MARTES ESTACIÓN JIPIJAPA



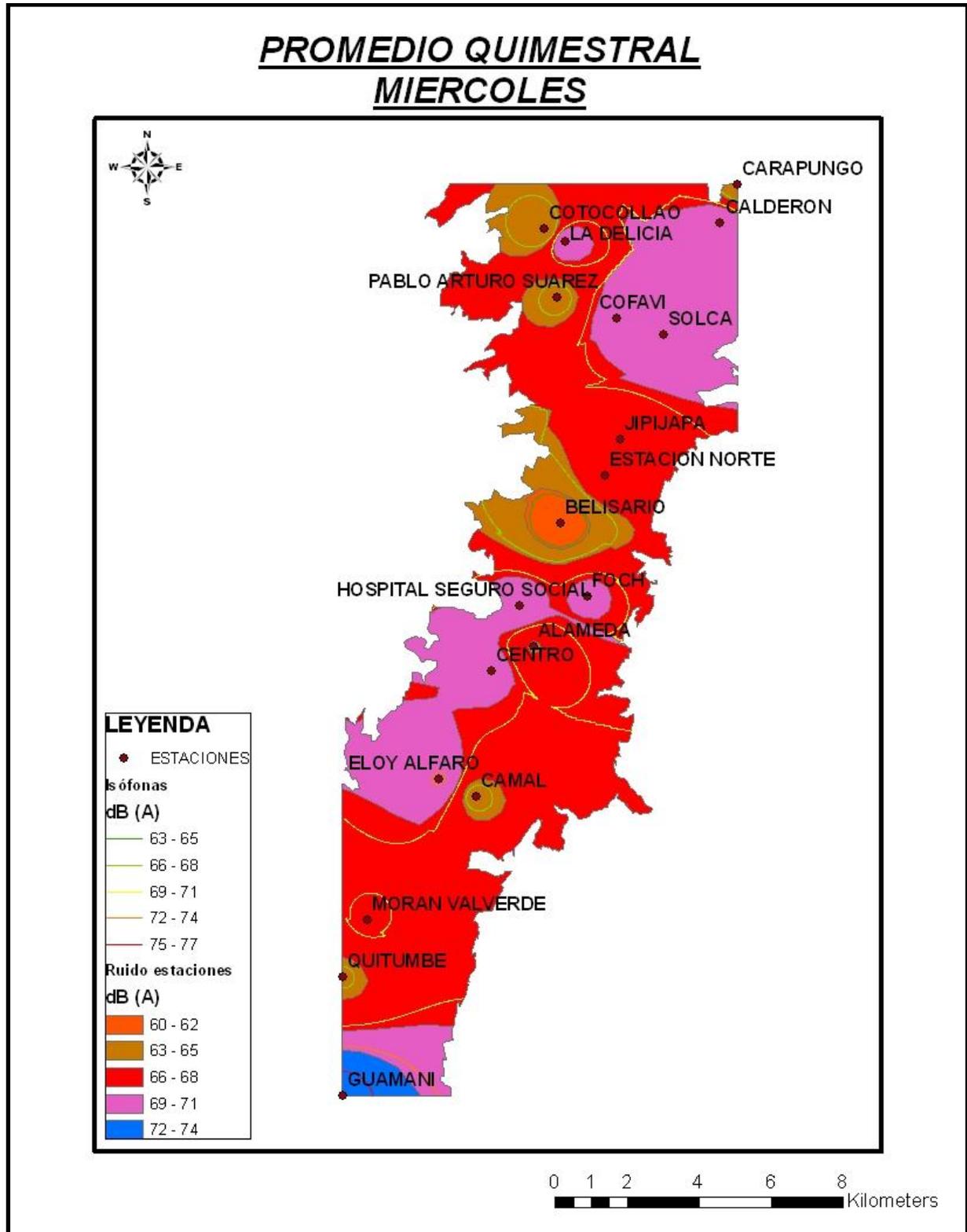
10.9.35 MAPA # 35: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MARTES ESTACIÓN NORTE



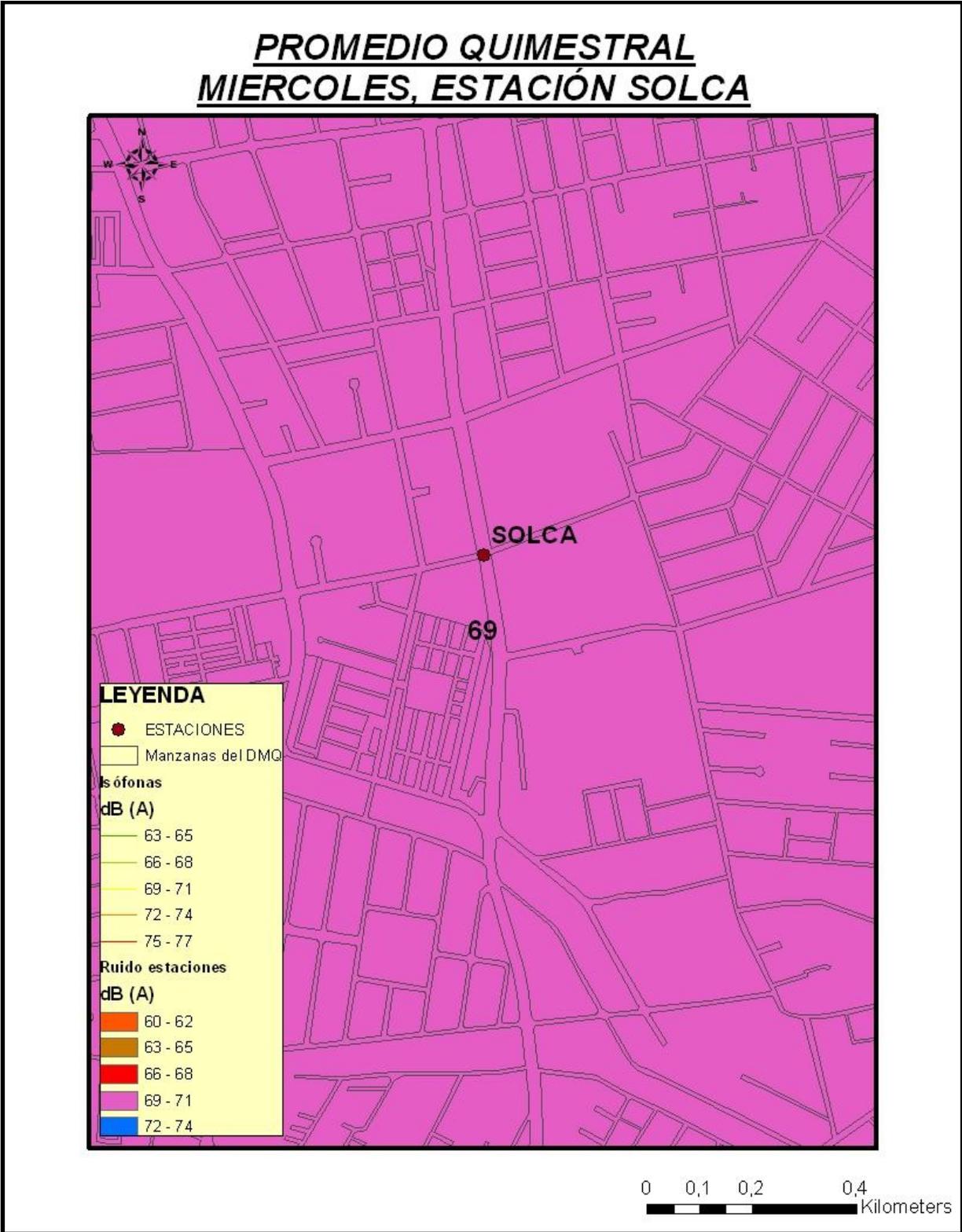
10.9.36 MAPA # 36: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MARTES ESTACIÓN BELISARIO



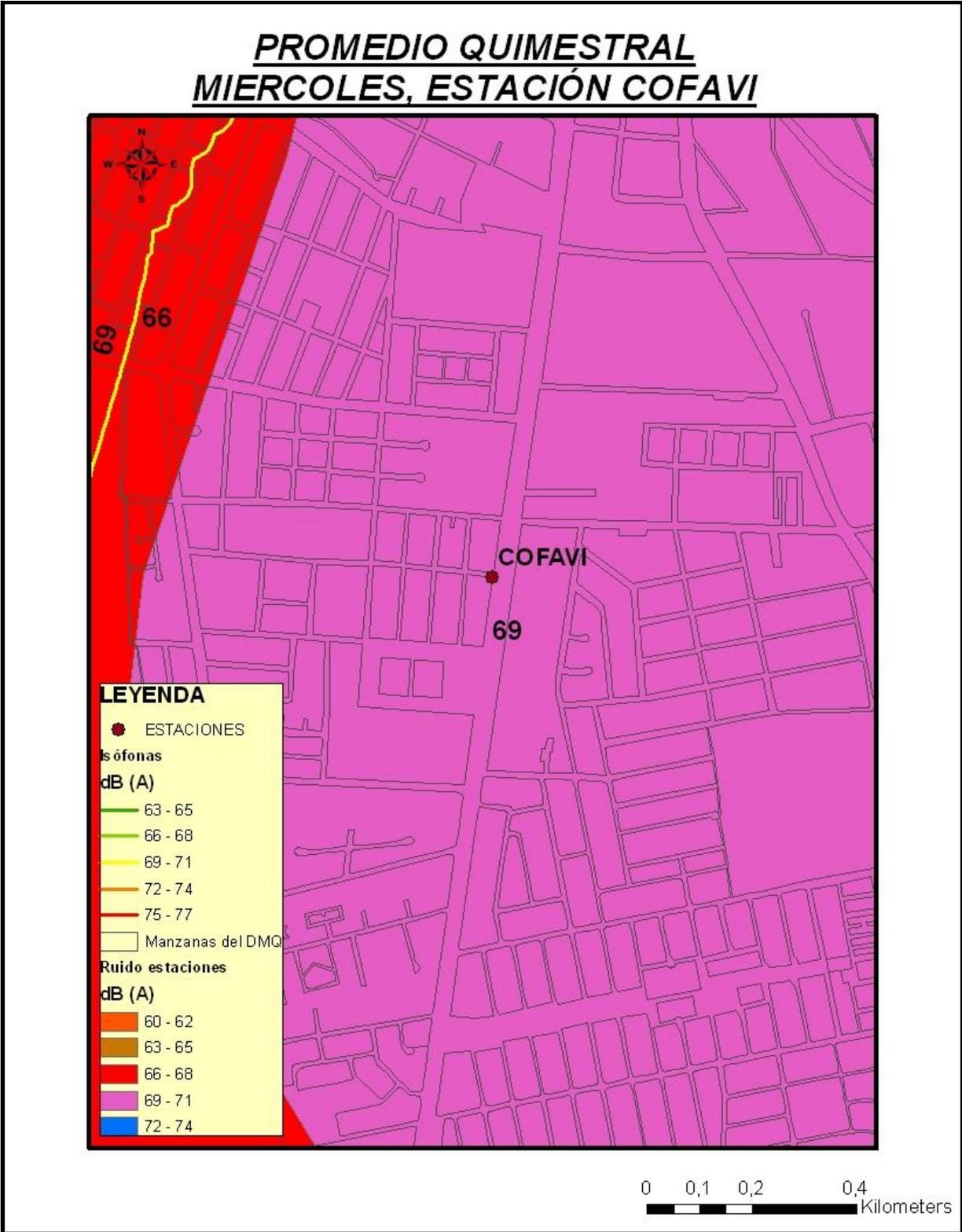
10.9.37 MAPA # 37: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS MIERCOLES DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.



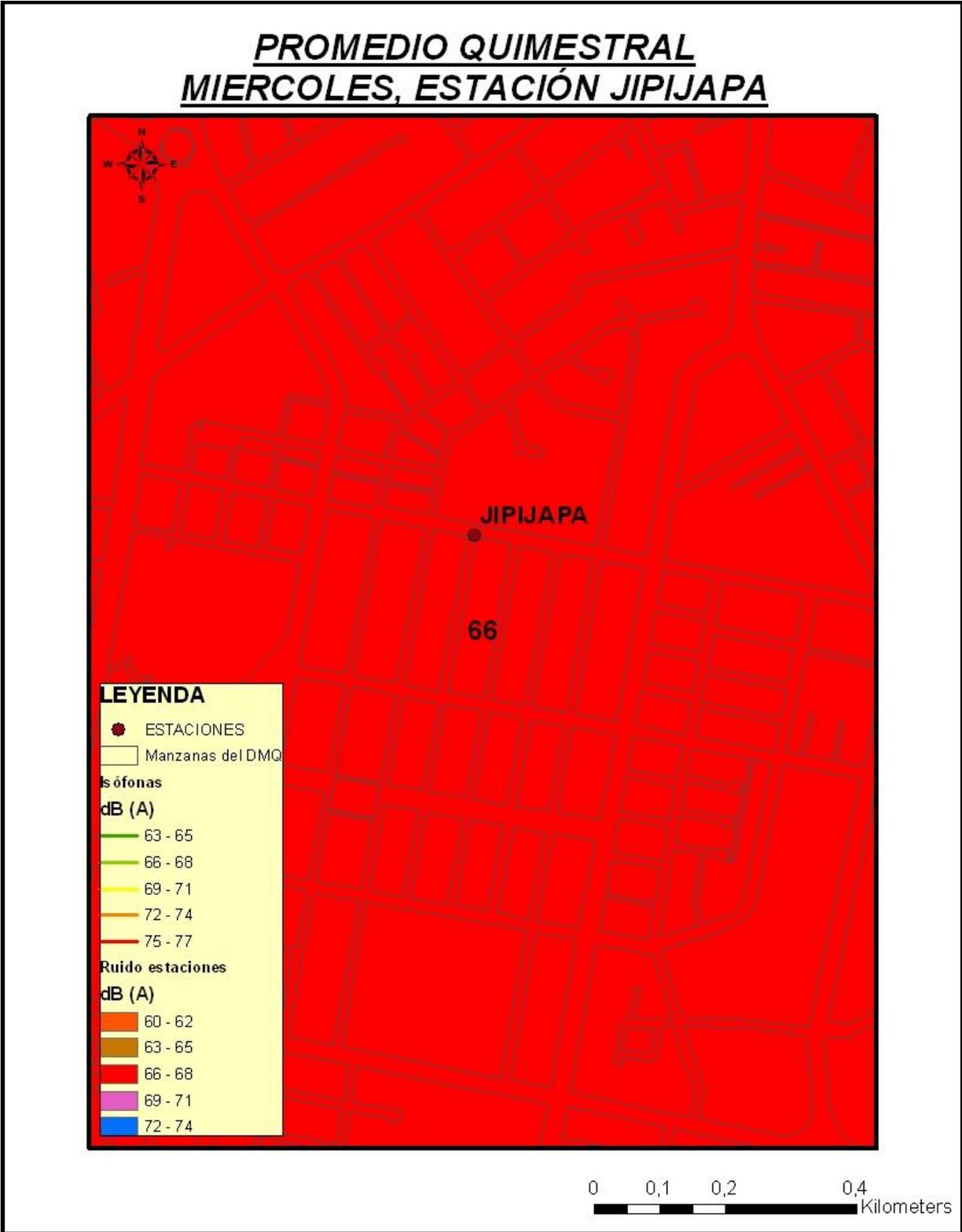
10.9.38 MAPA # 38: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MIERCOLES ESTACIÓN SOLCA



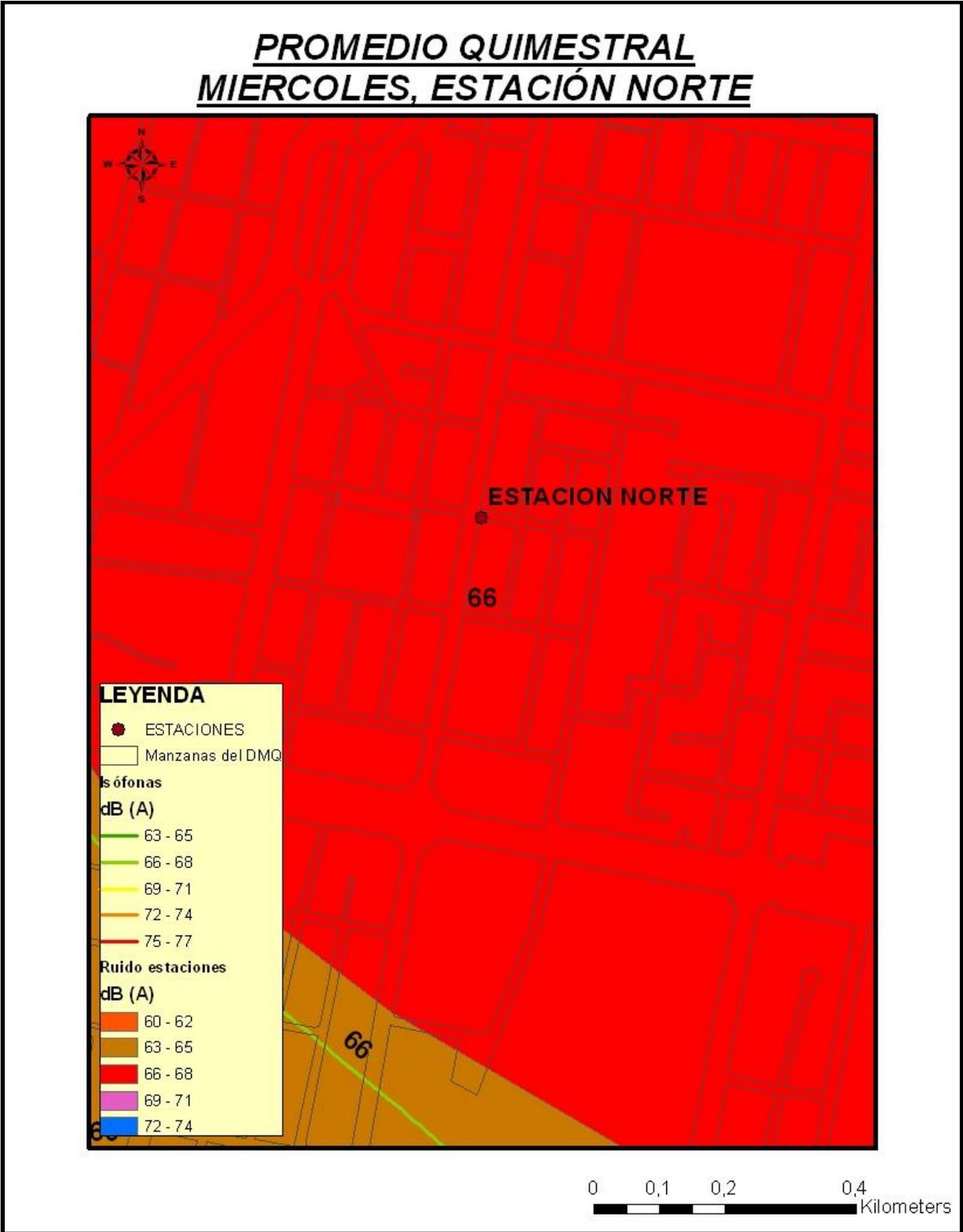
10.9.39 MAPA # 39: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MIERCOLES ESTACIÓN COFAVI



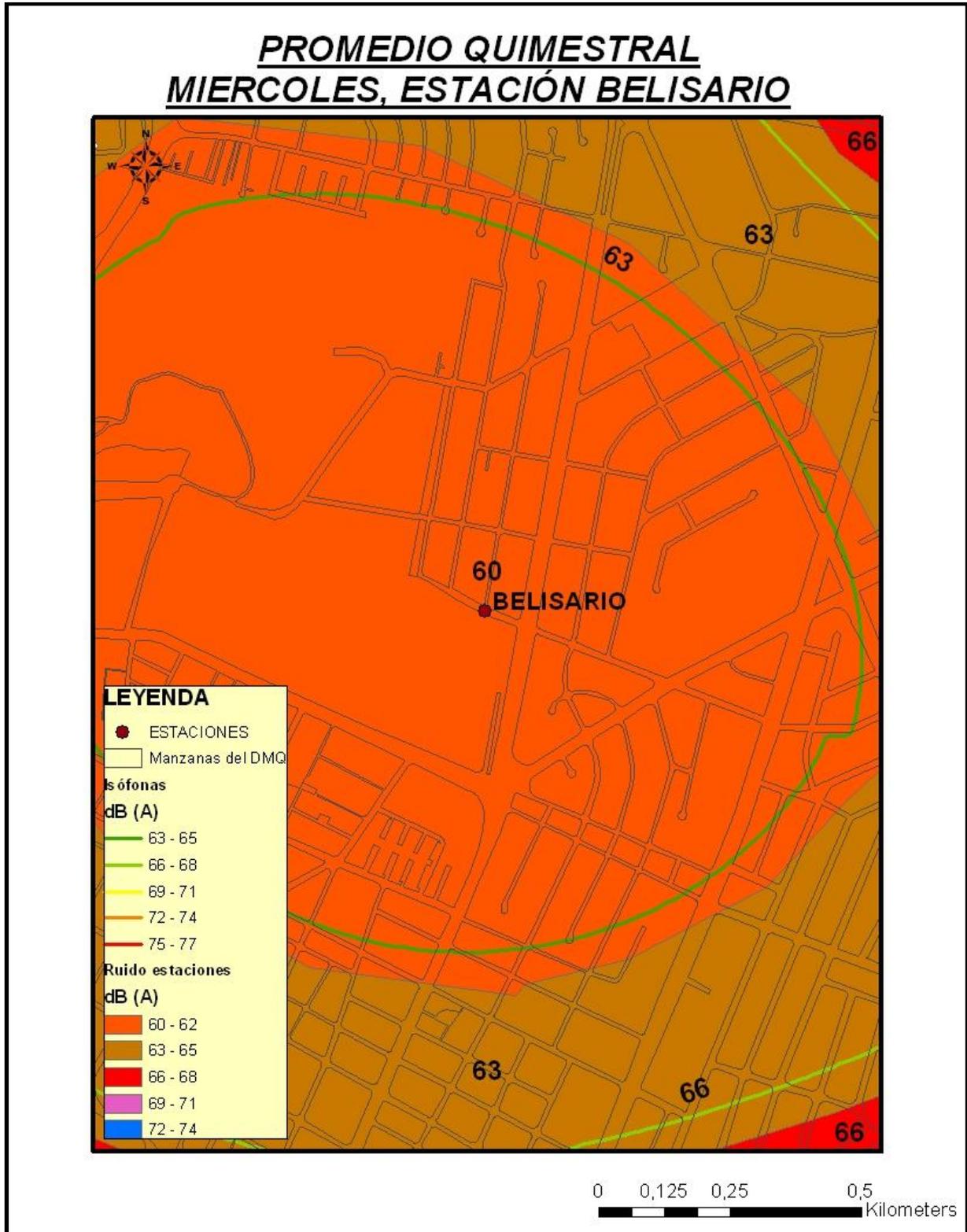
10.9.40 MAPA # 40: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MIERCOLES ESTACIÓN JIPIJAPA



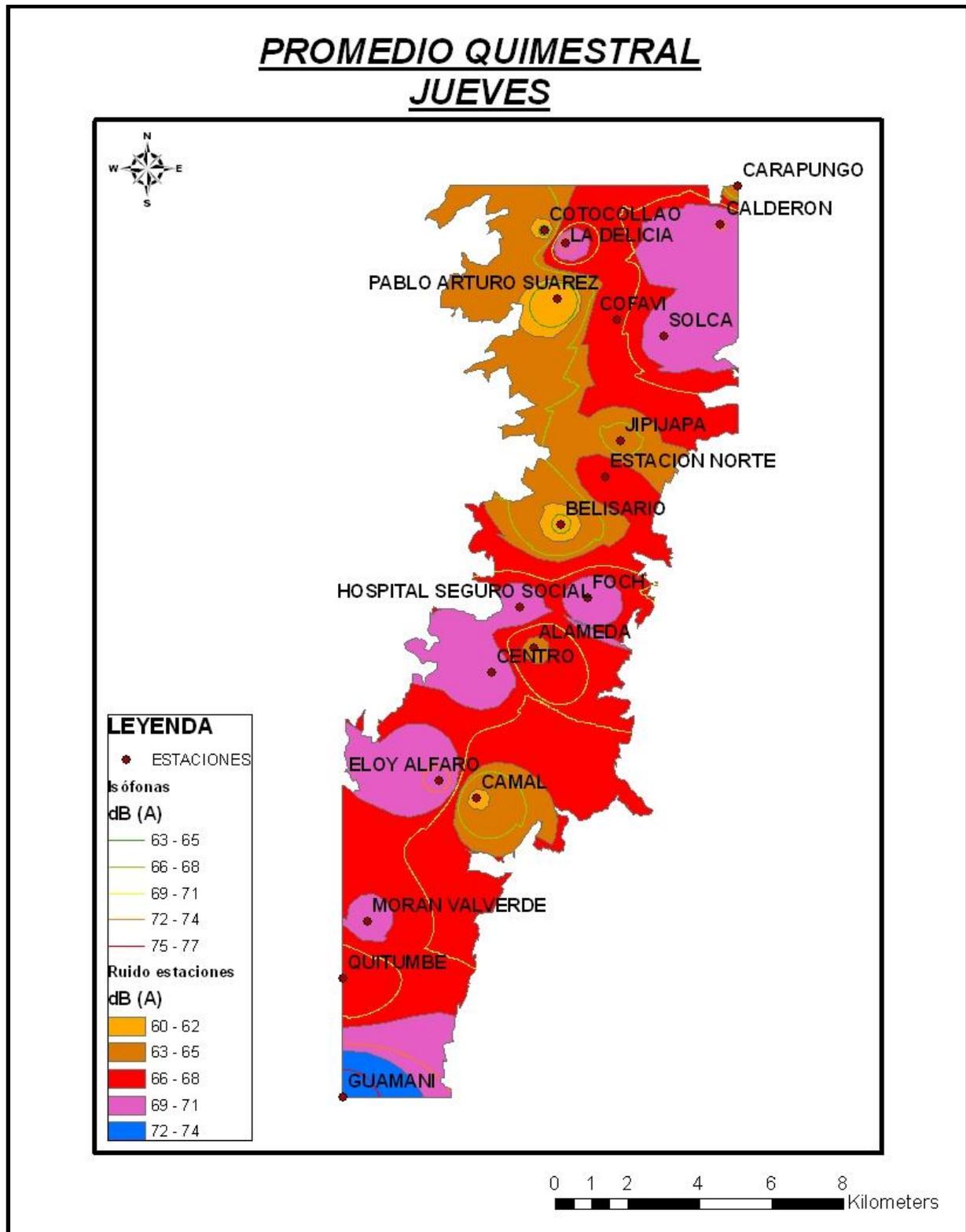
10.9.41 MAPA # 41: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MIERCOLES ESTACIÓN NORTE



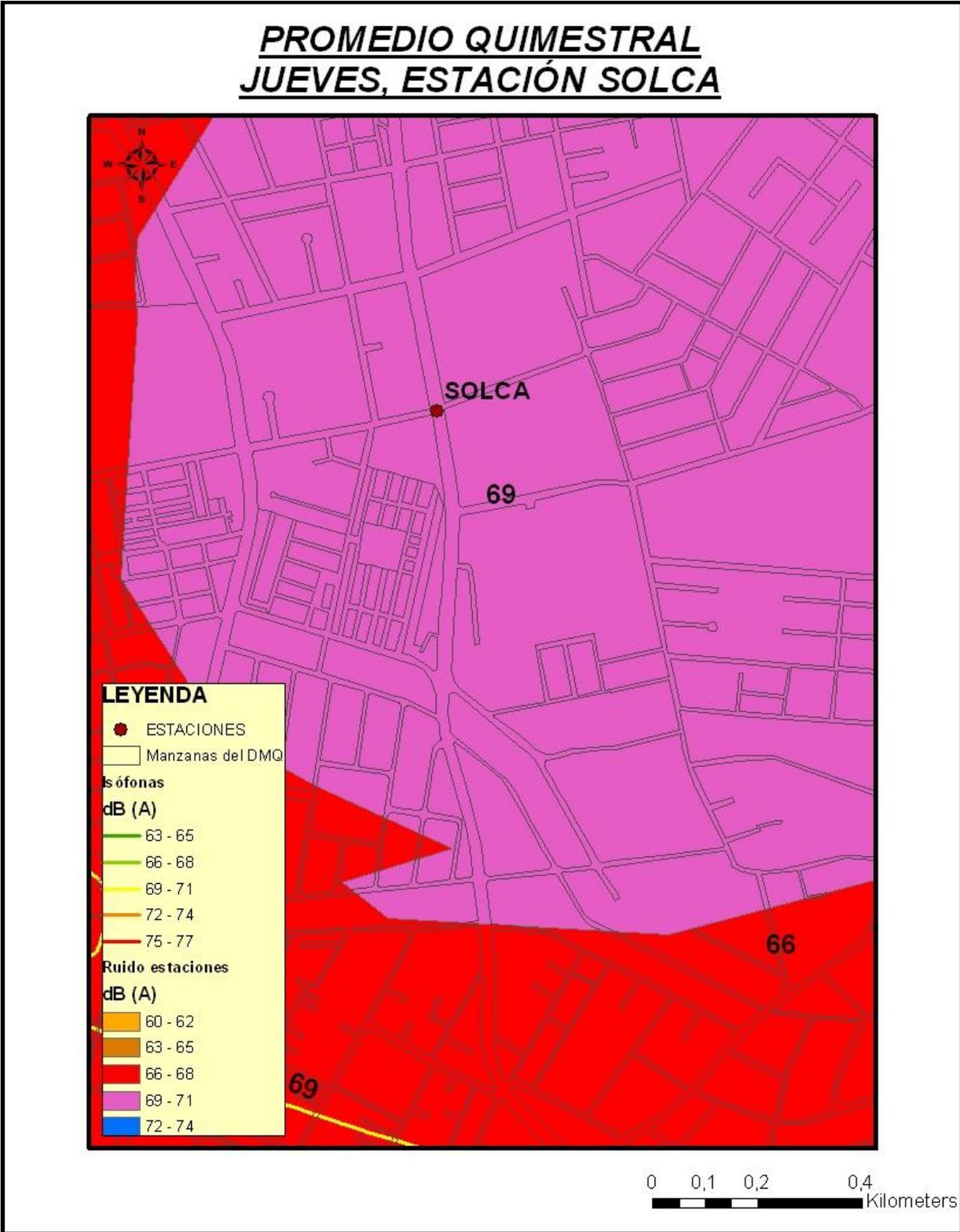
10.9.42 MAPA # 42: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MIERCOLES ESTACIÓN BELISARIO



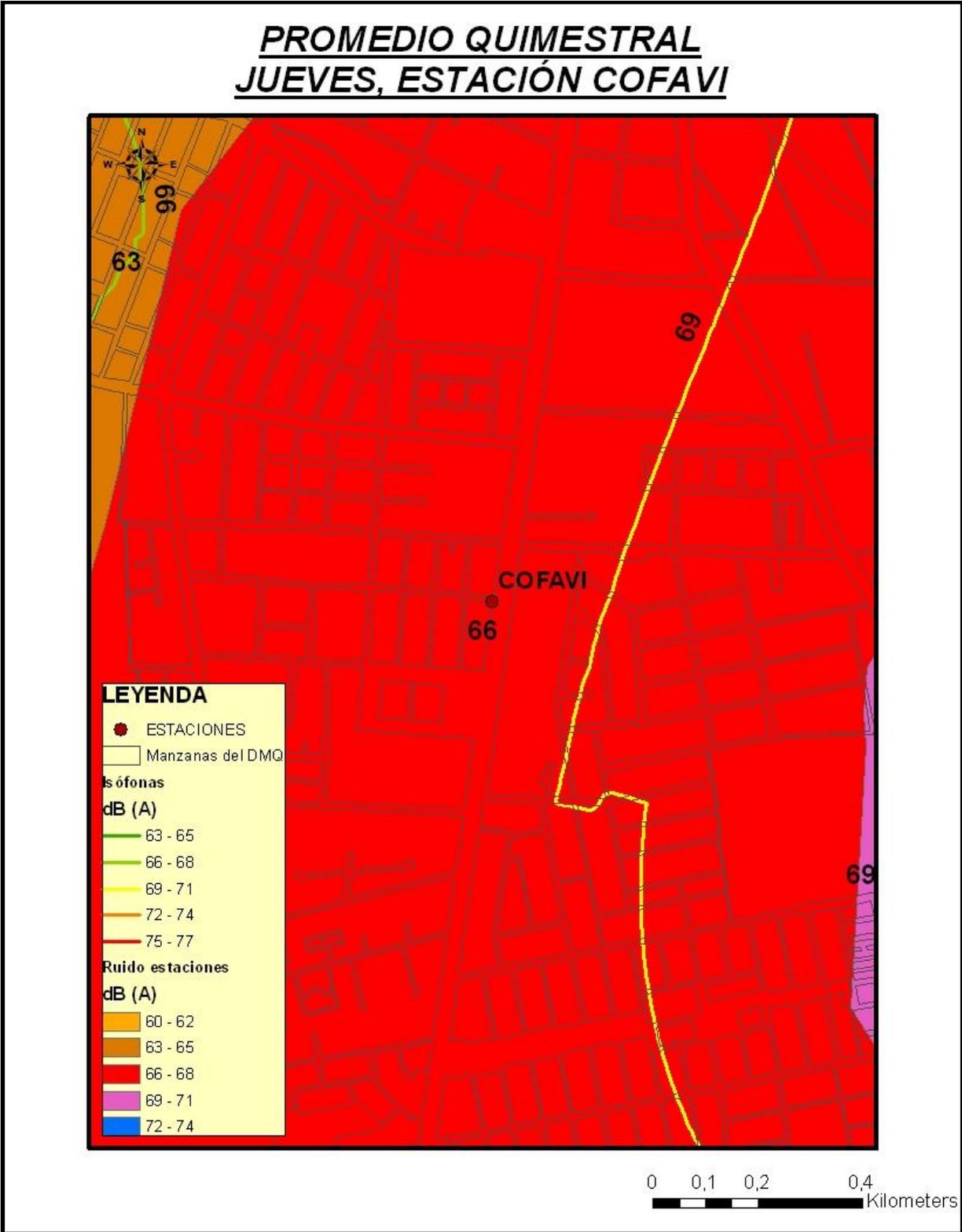
10.9.43 MAPA # 43: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS JUEVES DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.



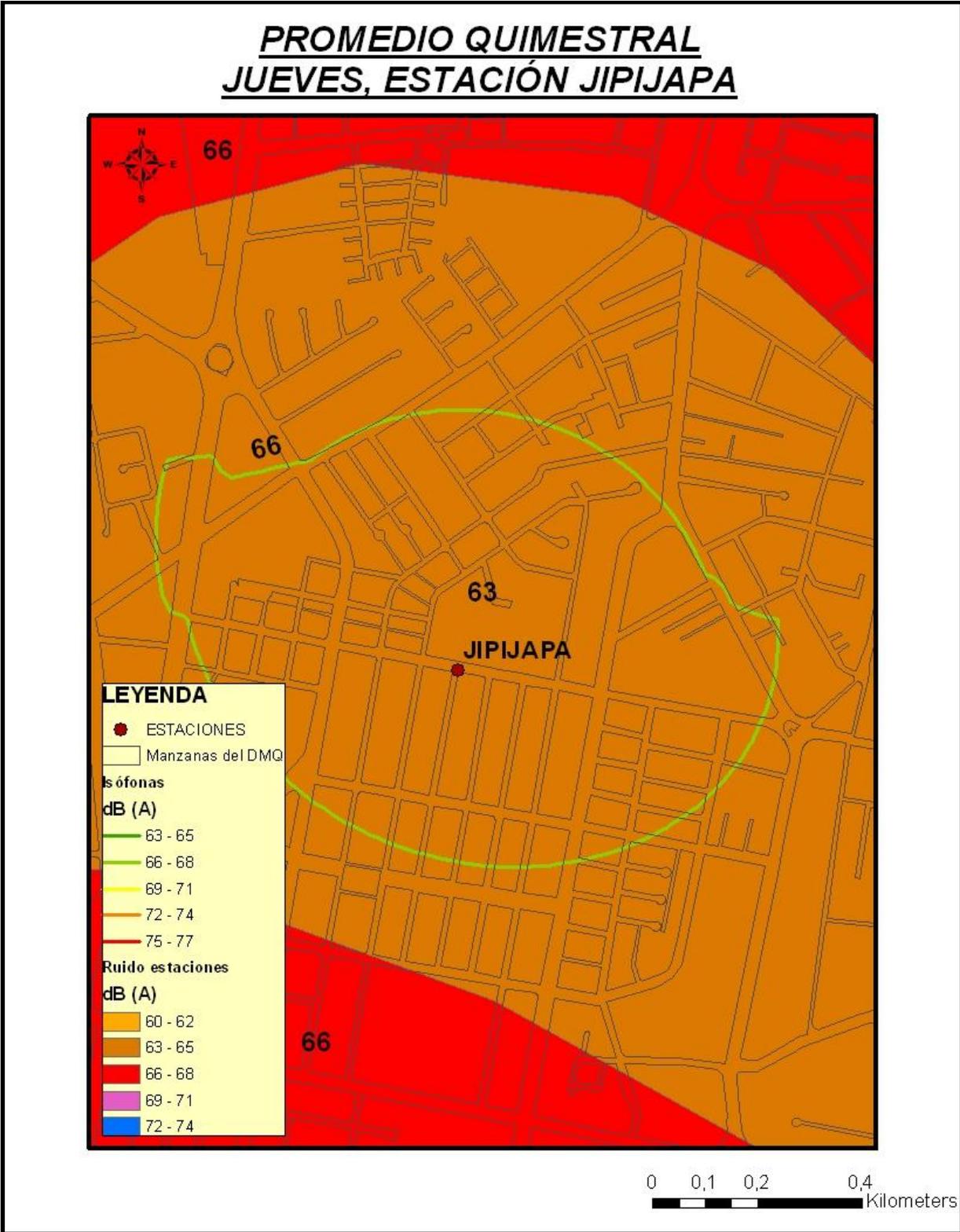
10.9.44 MAPA # 44: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL JUEVES ESTACIÓN SOLCA



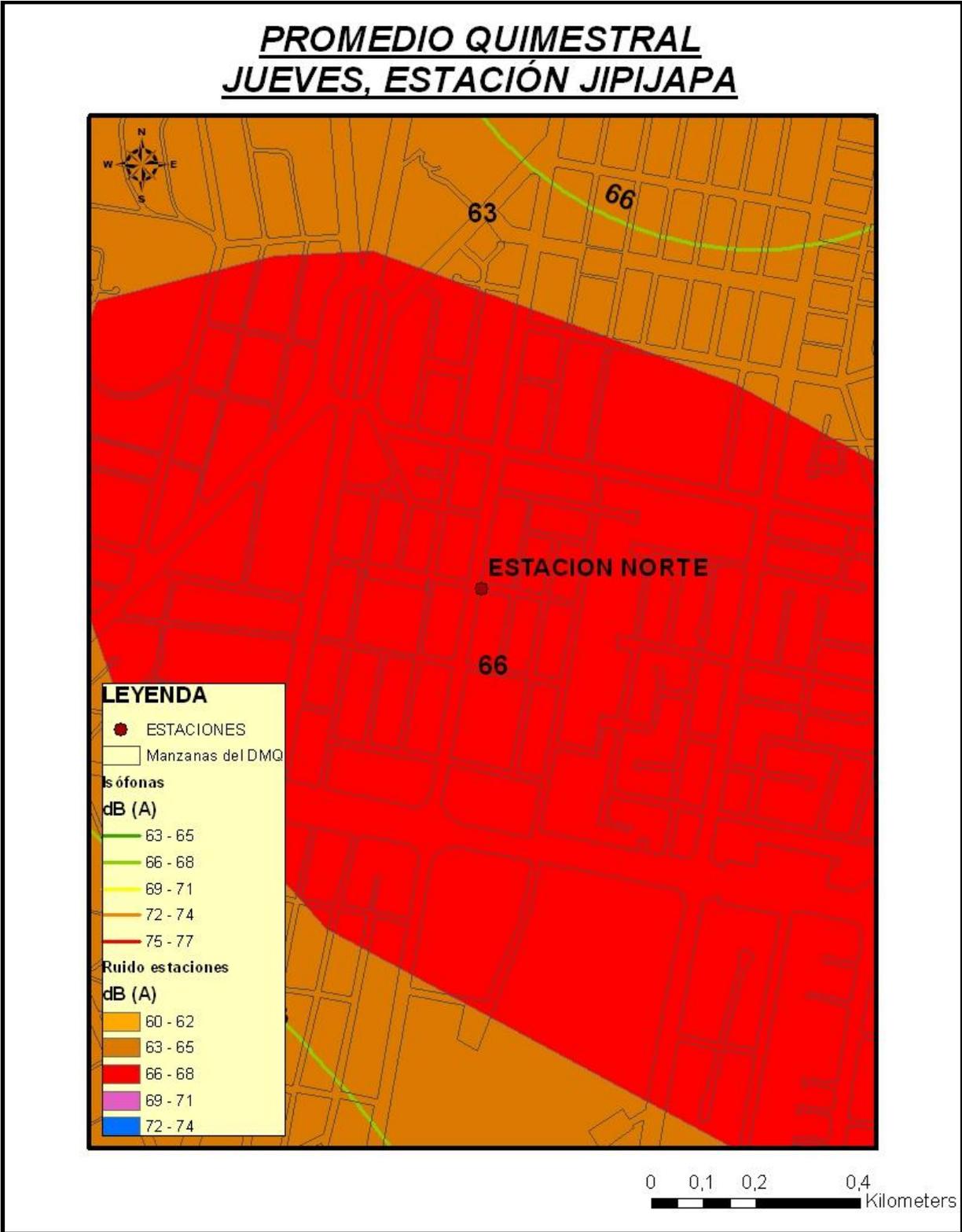
10.9.45 MAPA # 45: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL JUEVES ESTACIÓN COFAVI



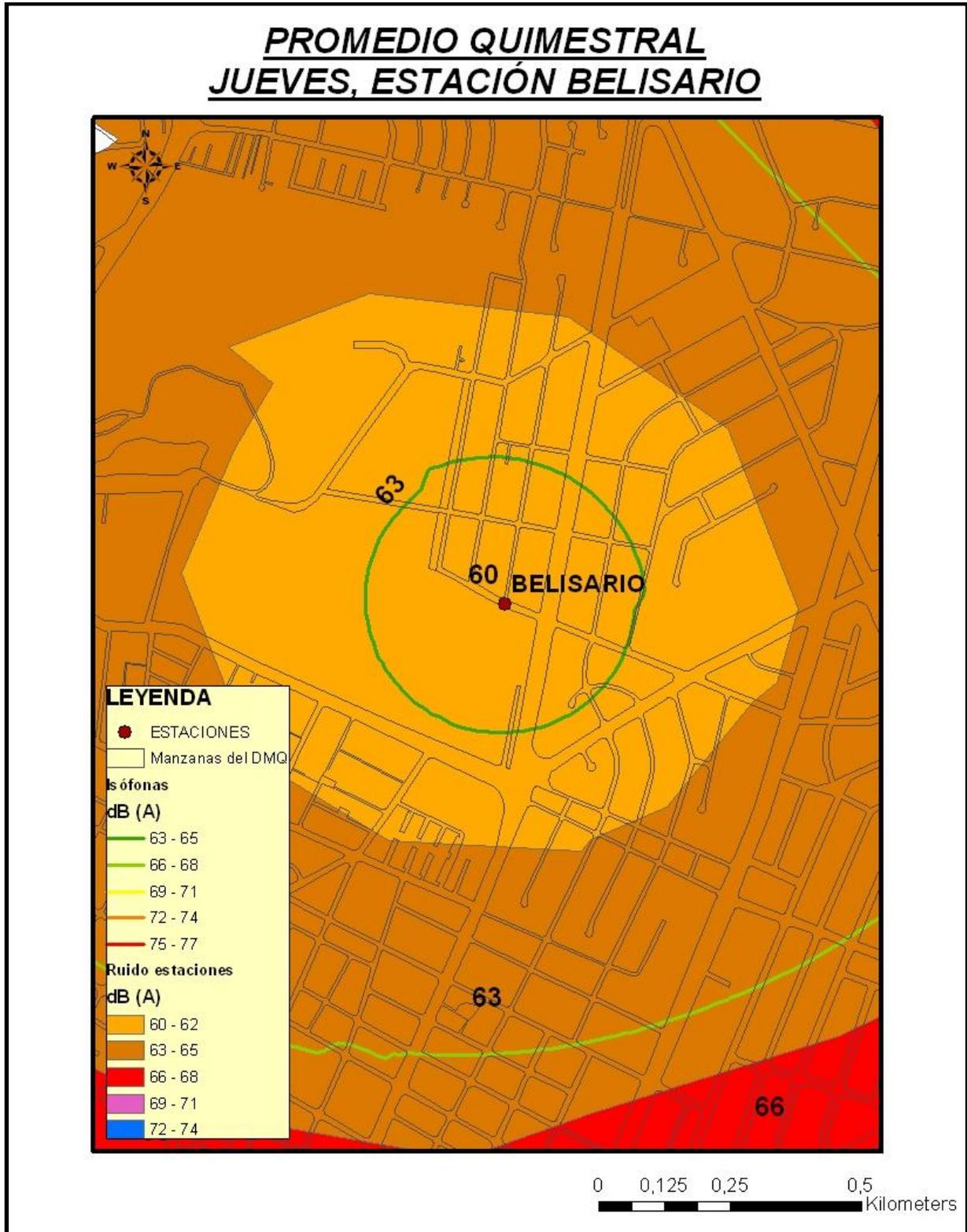
10.9.46 MAPA # 46: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL JUEVES ESTACIÓN JIPIJAPA



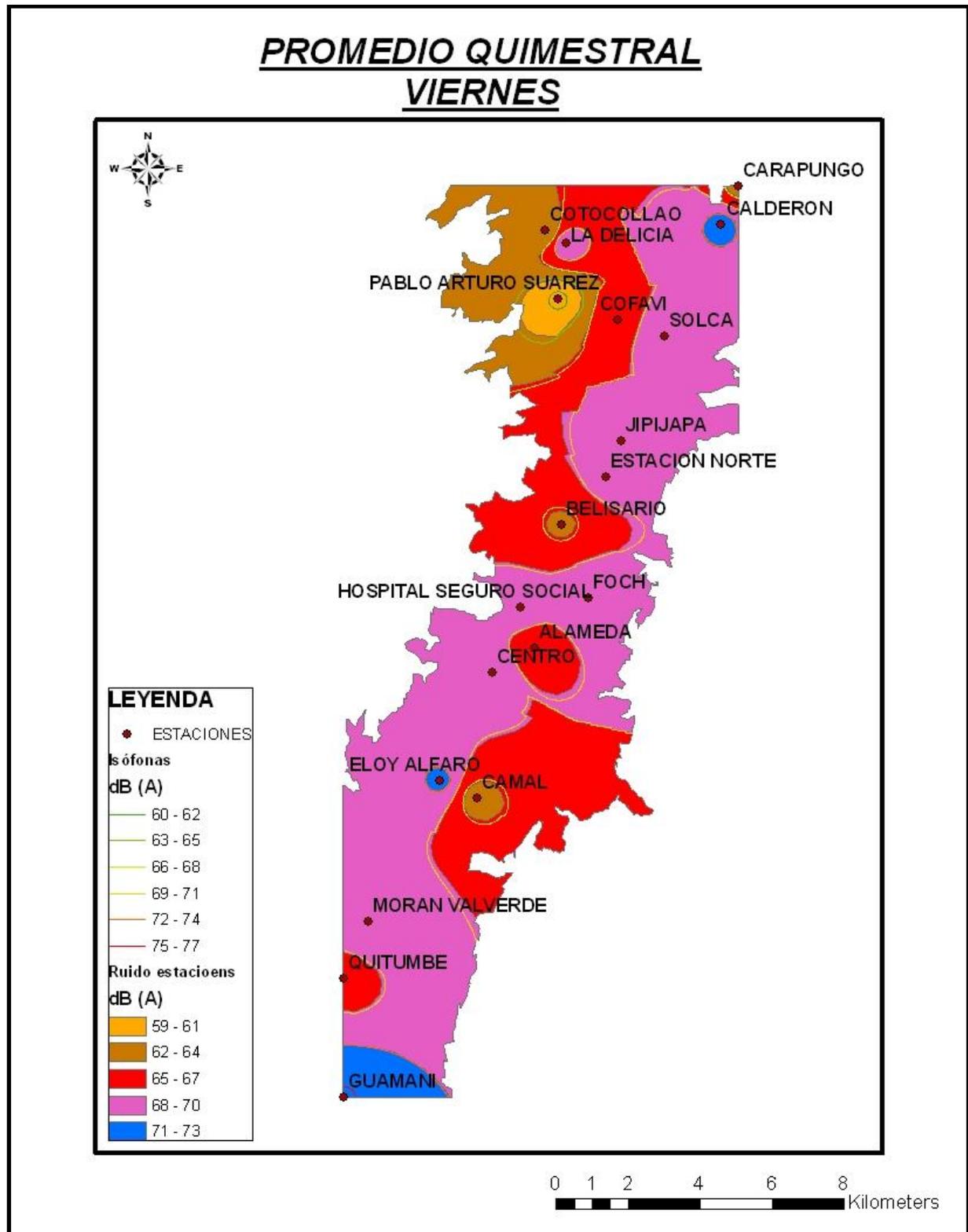
10.9.47 MAPA # 47: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL JUEVES ESTACIÓN NORTE



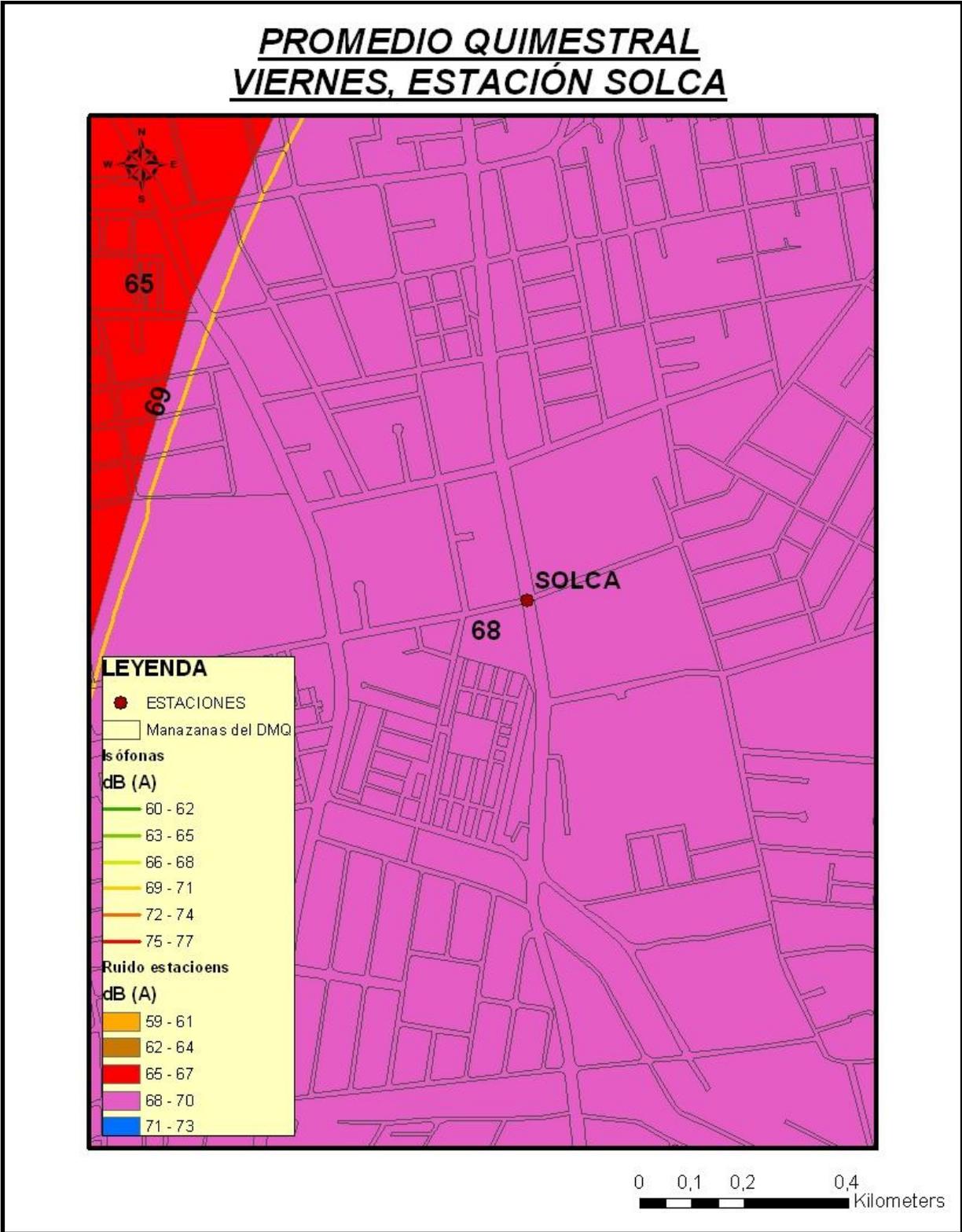
10.9.48 MAPA # 48: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL JUEVES ESTACIÓN BELISARIO



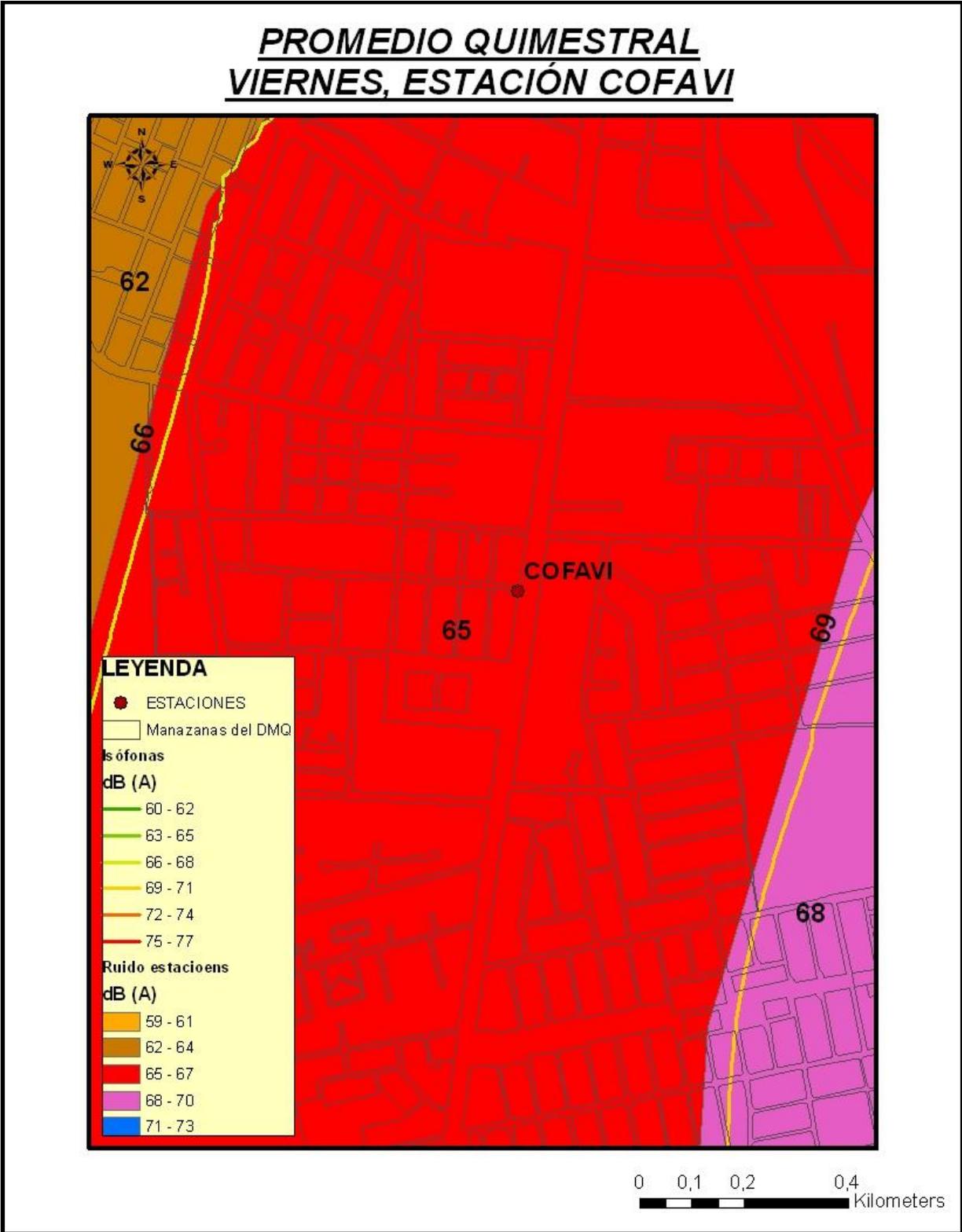
**10.9.49 MAPA # 49: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS VIERNES DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.**



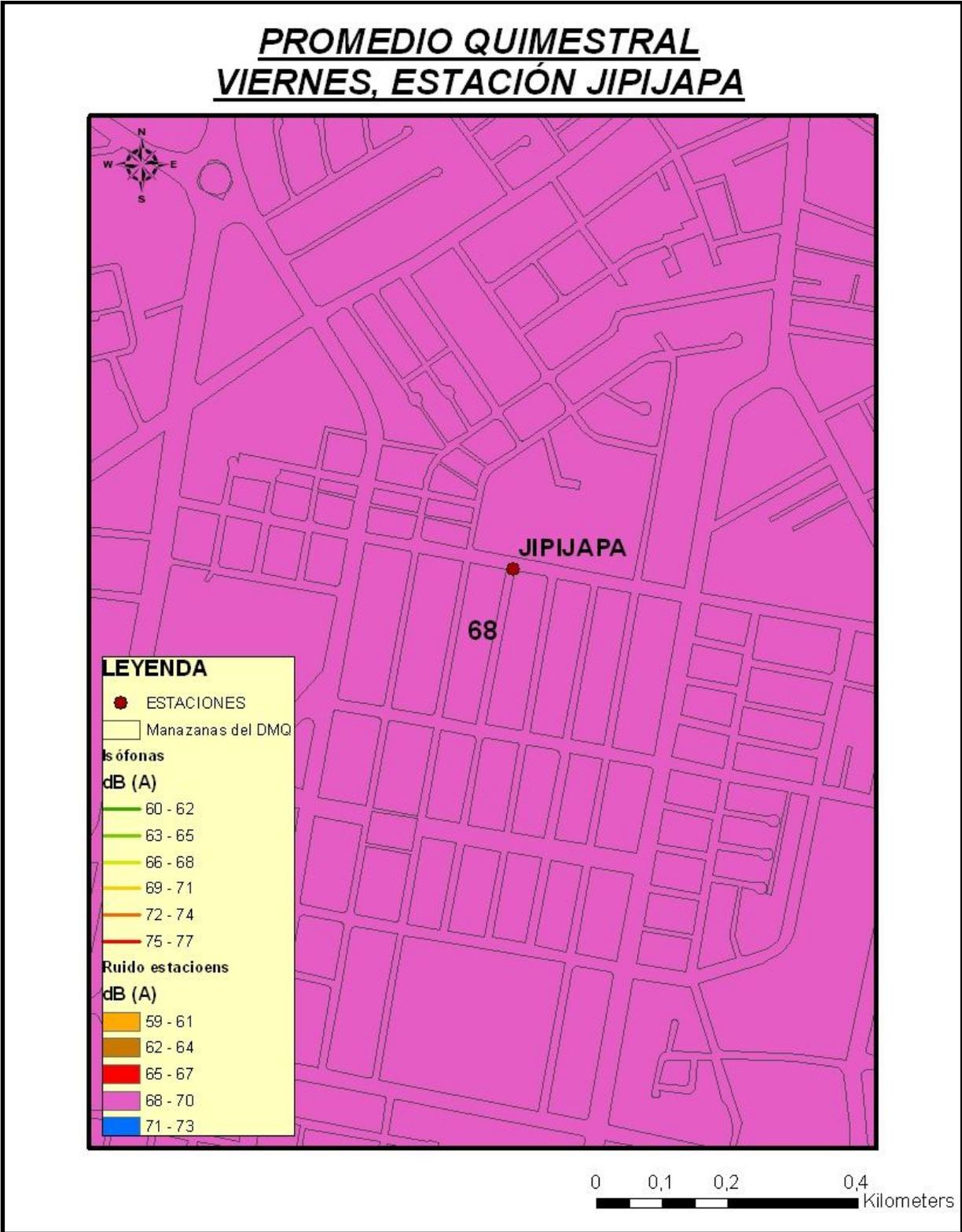
10.9.50 MAPA # 50: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL VIERNES ESTACIÓN SOLCA



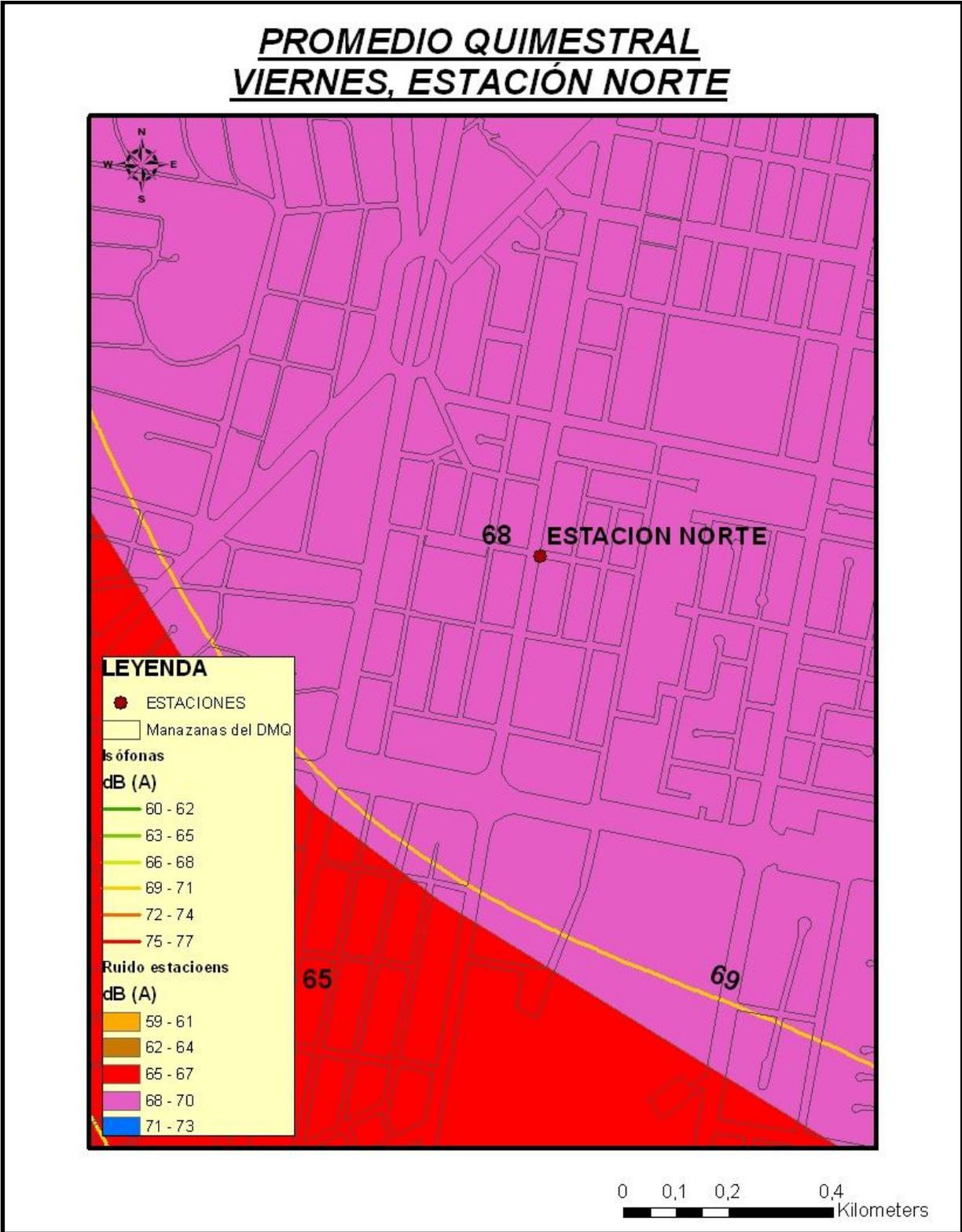
10.9.51 MAPA # 51: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL VIERNES ESTACIÓN COFAVI



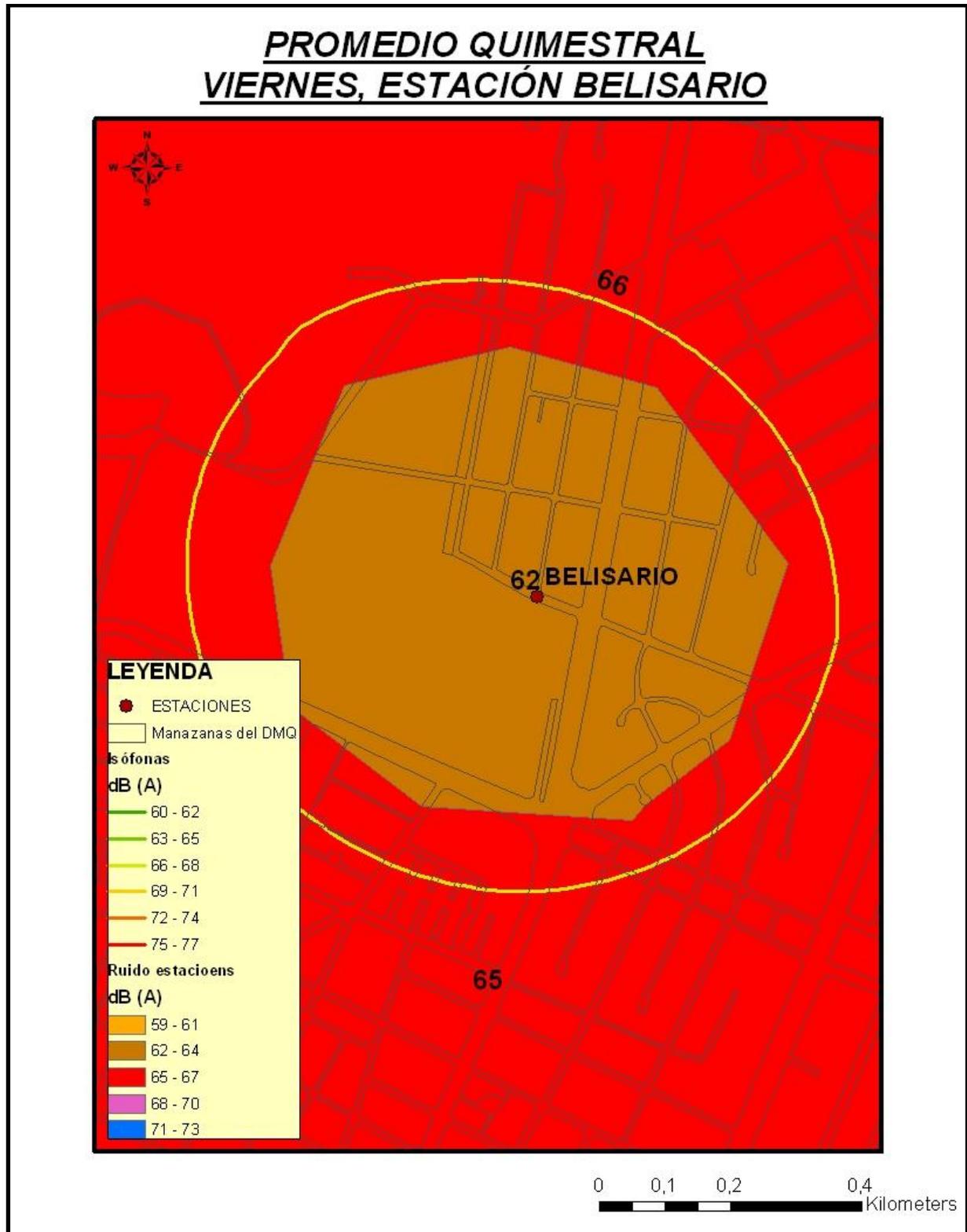
10.9.52 MAPA # 52: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL VIERNES ESTACIÓN JIPIJAPA



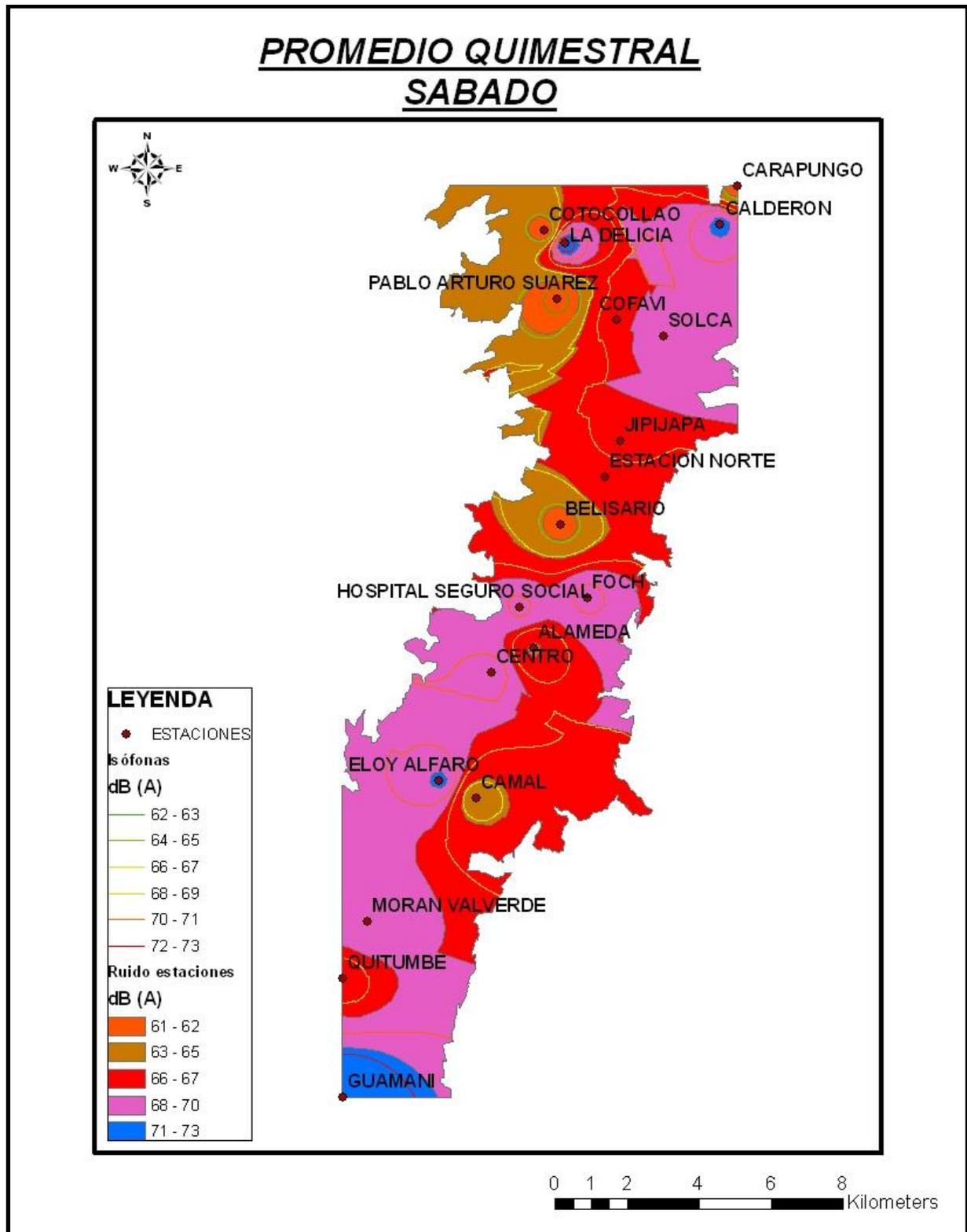
10.9.53 MAPA # 53: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL VIERNES ESTACIÓN NORTE



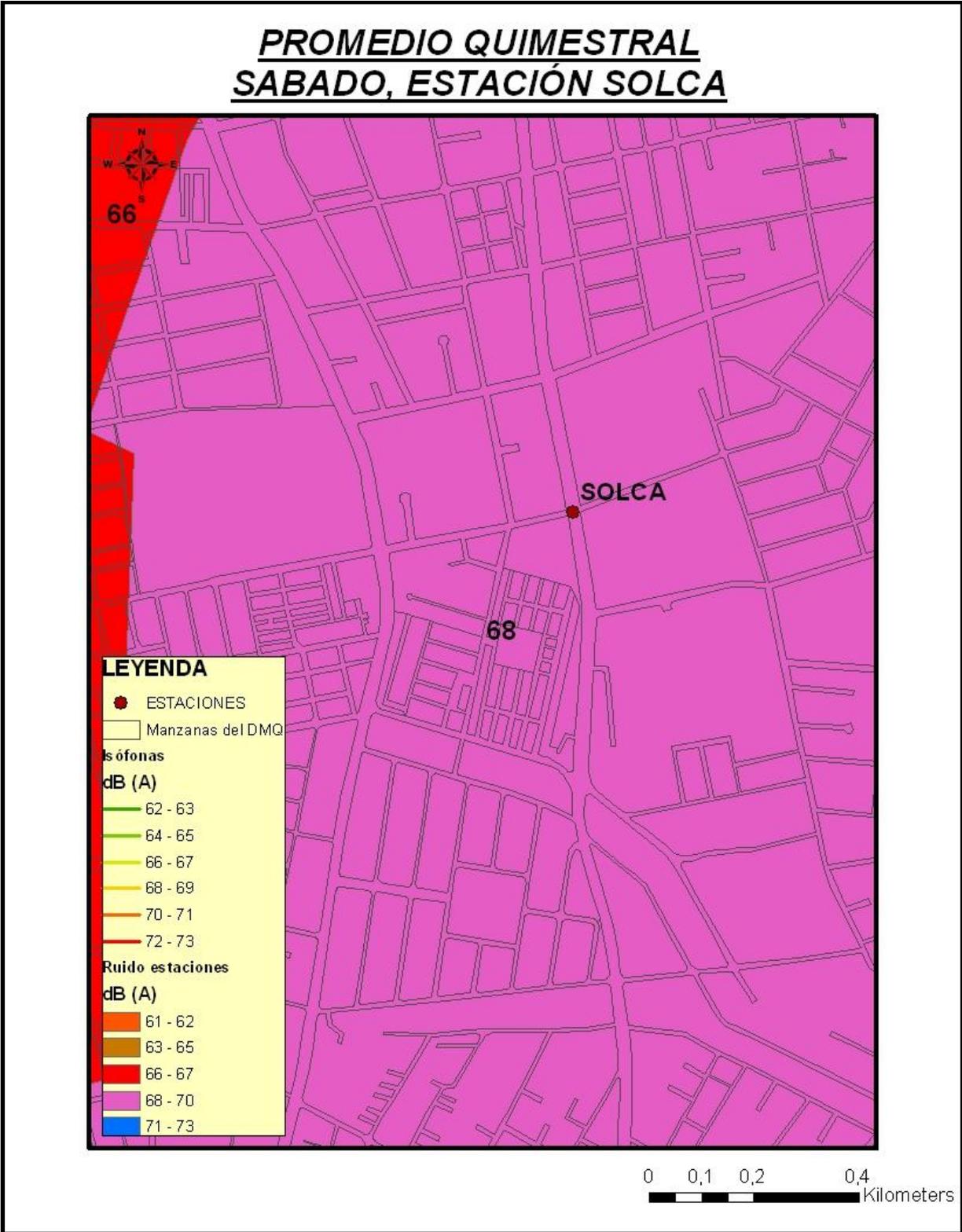
10.9.54 MAPA # 54: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL VIERNES ESTACIÓN BELISARIO



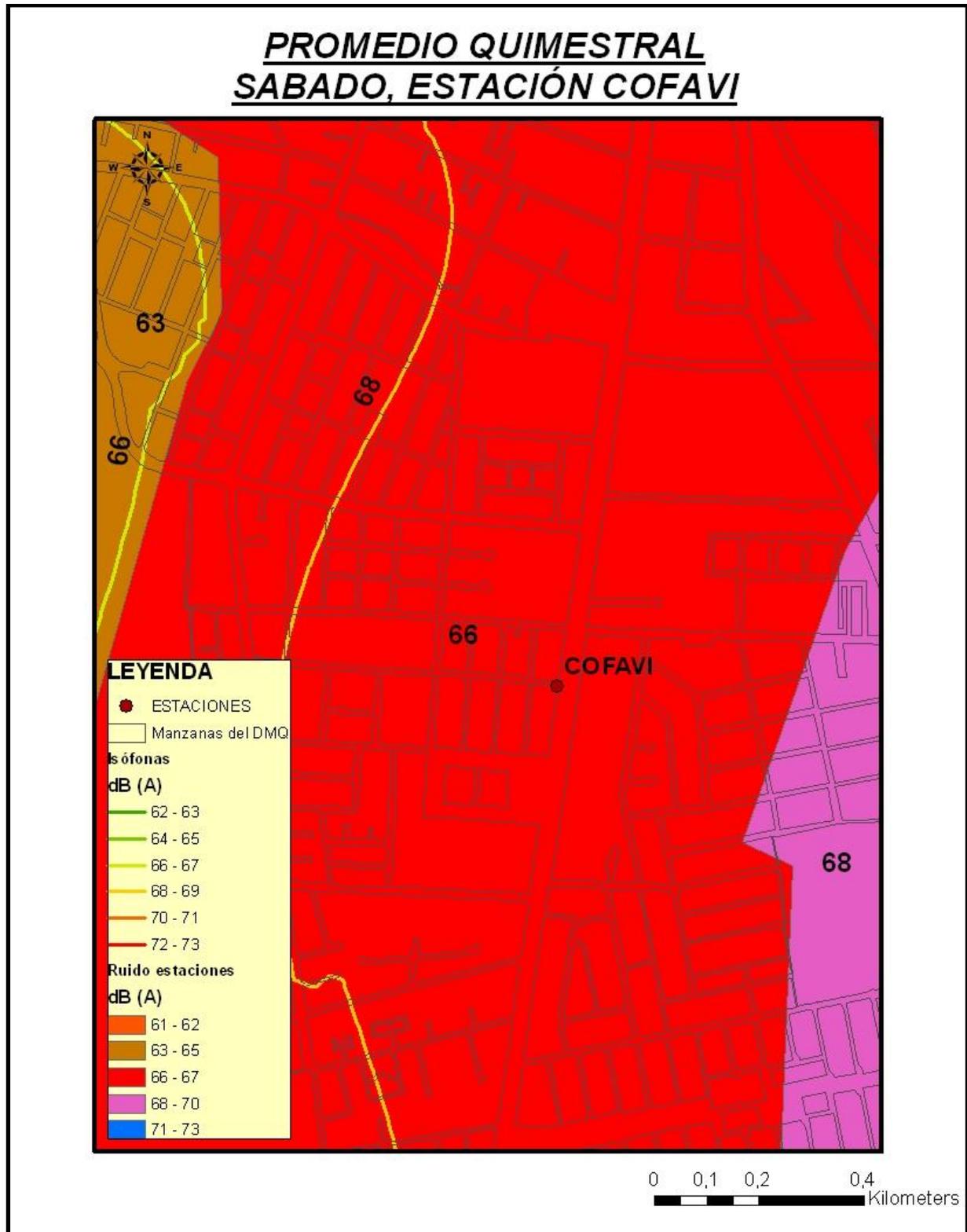
10.9.55 MAPA # 55: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS SABADO DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.



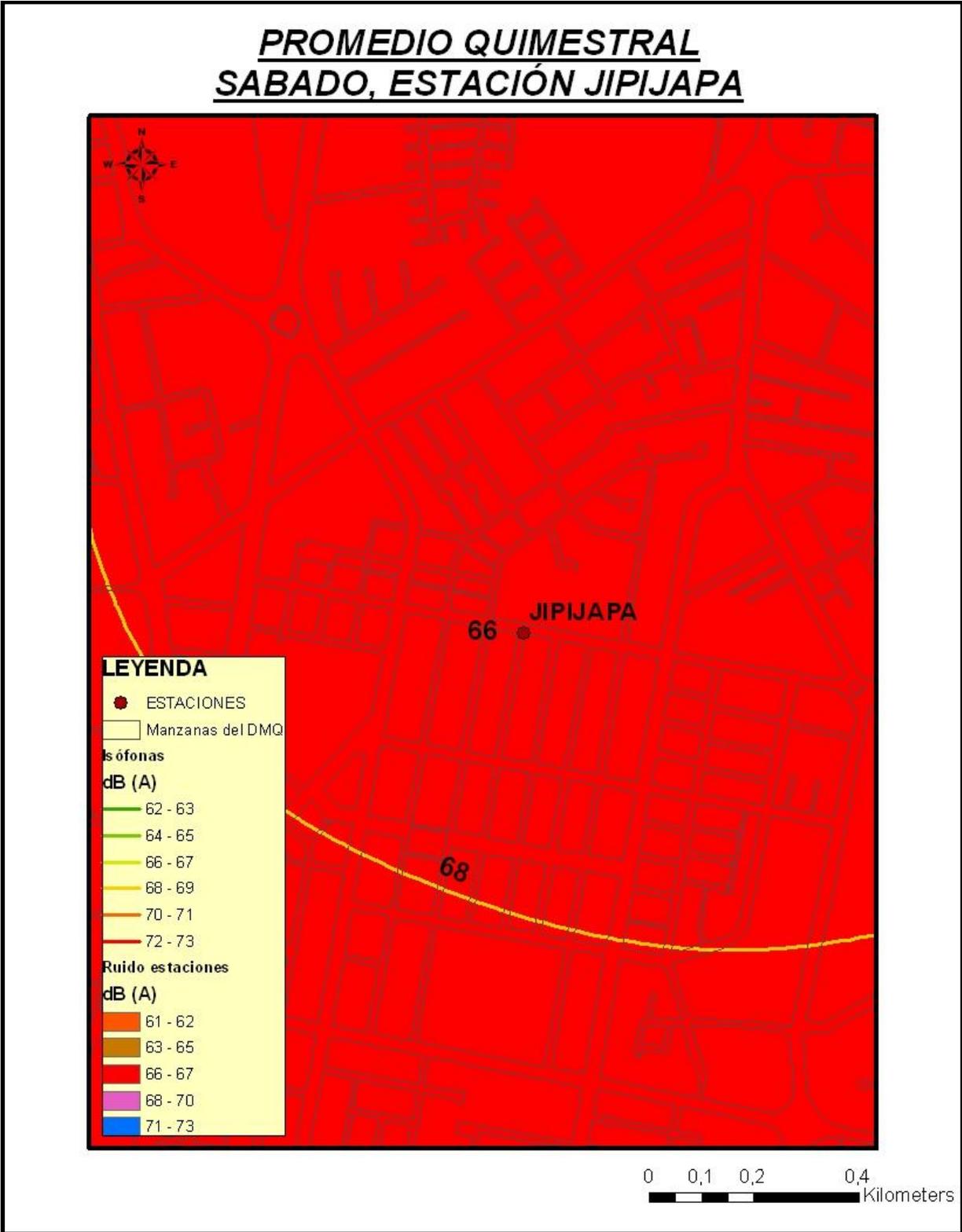
10.9.56 MAPA # 56: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL SABADO ESTACIÓN SOLCA



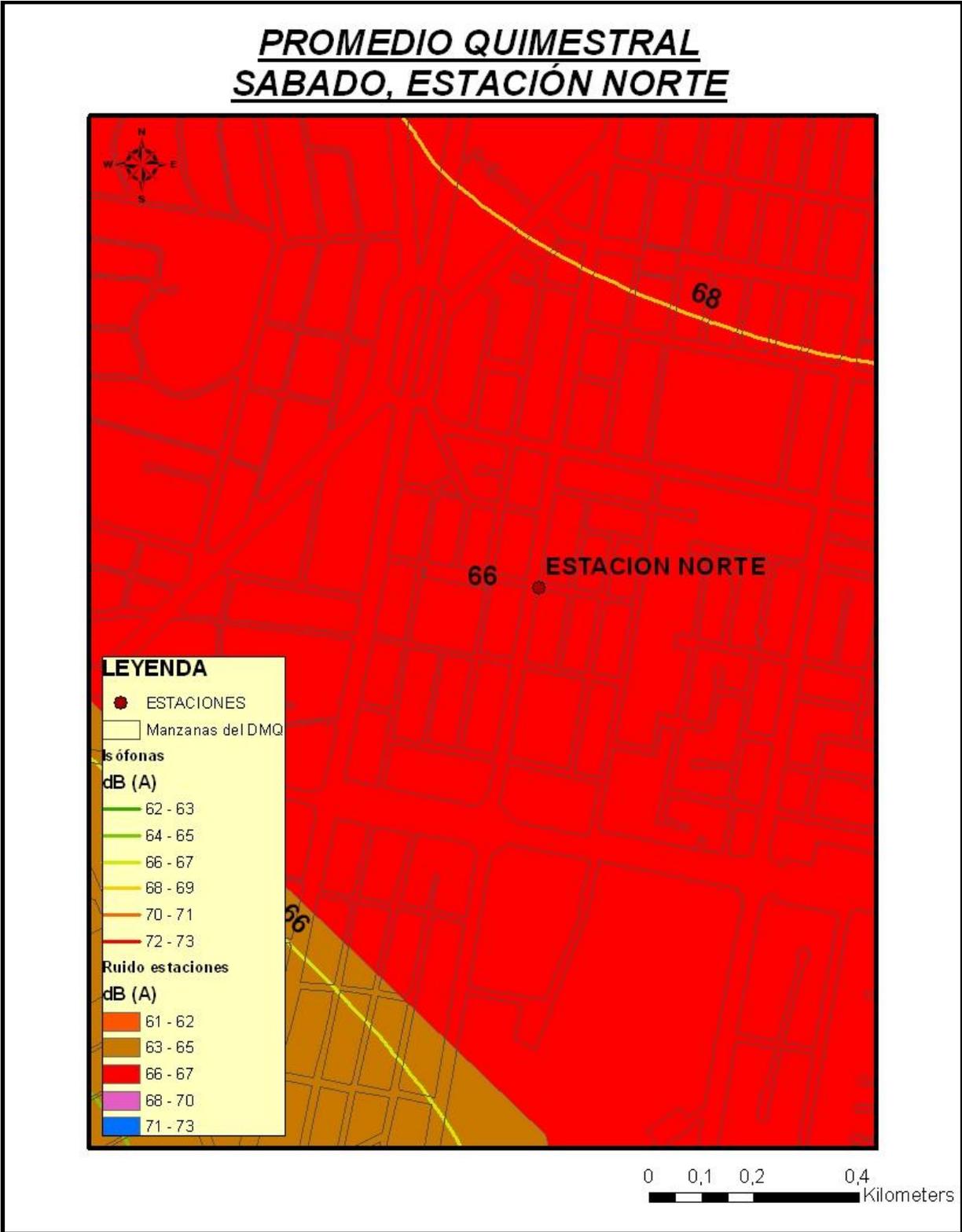
10.9.57 MAPA # 57: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL SABADO ESTACIÓN COFAVI



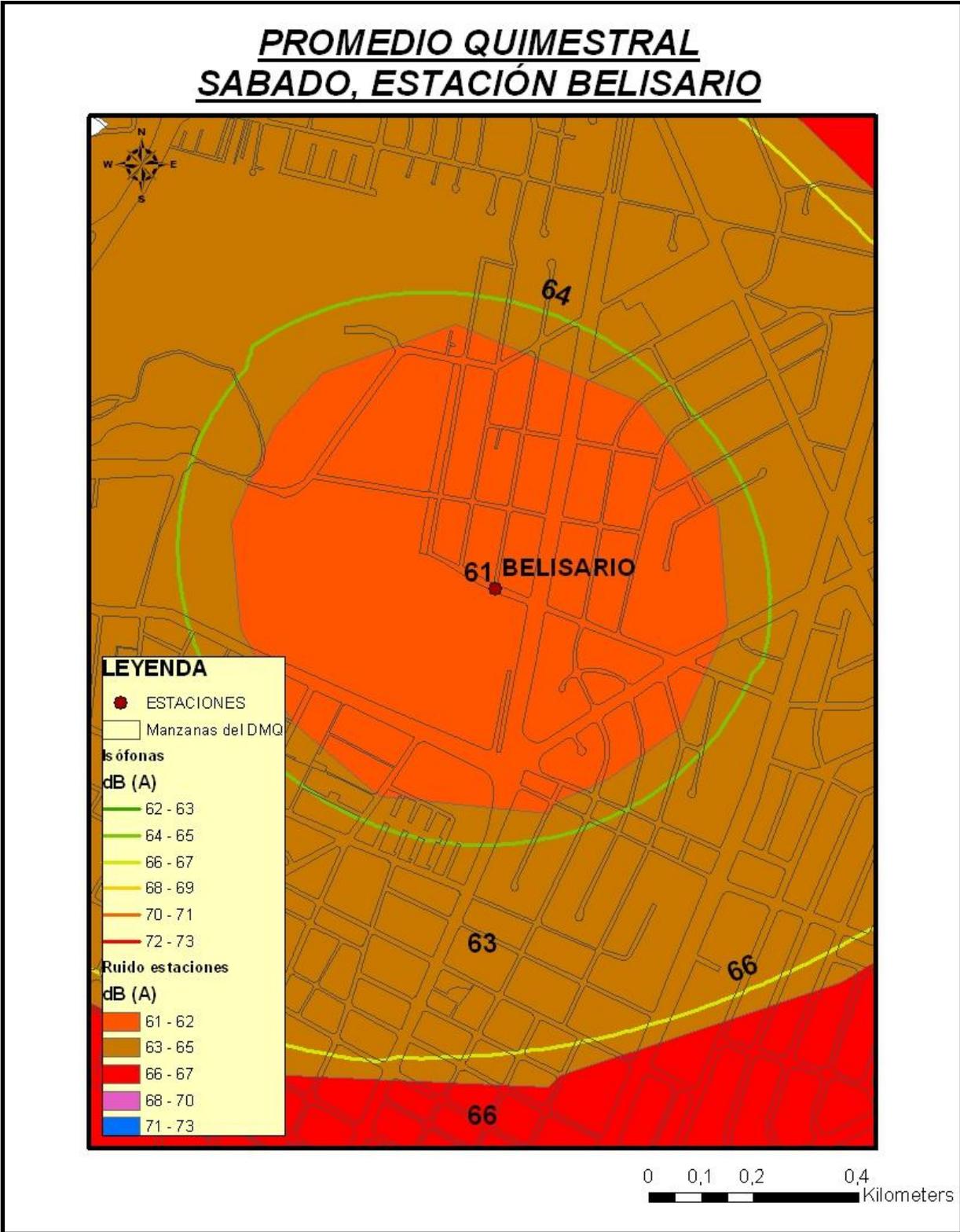
10.9.58 MAPA # 58: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL SABADO ESTACIÓN JIPIJAPA



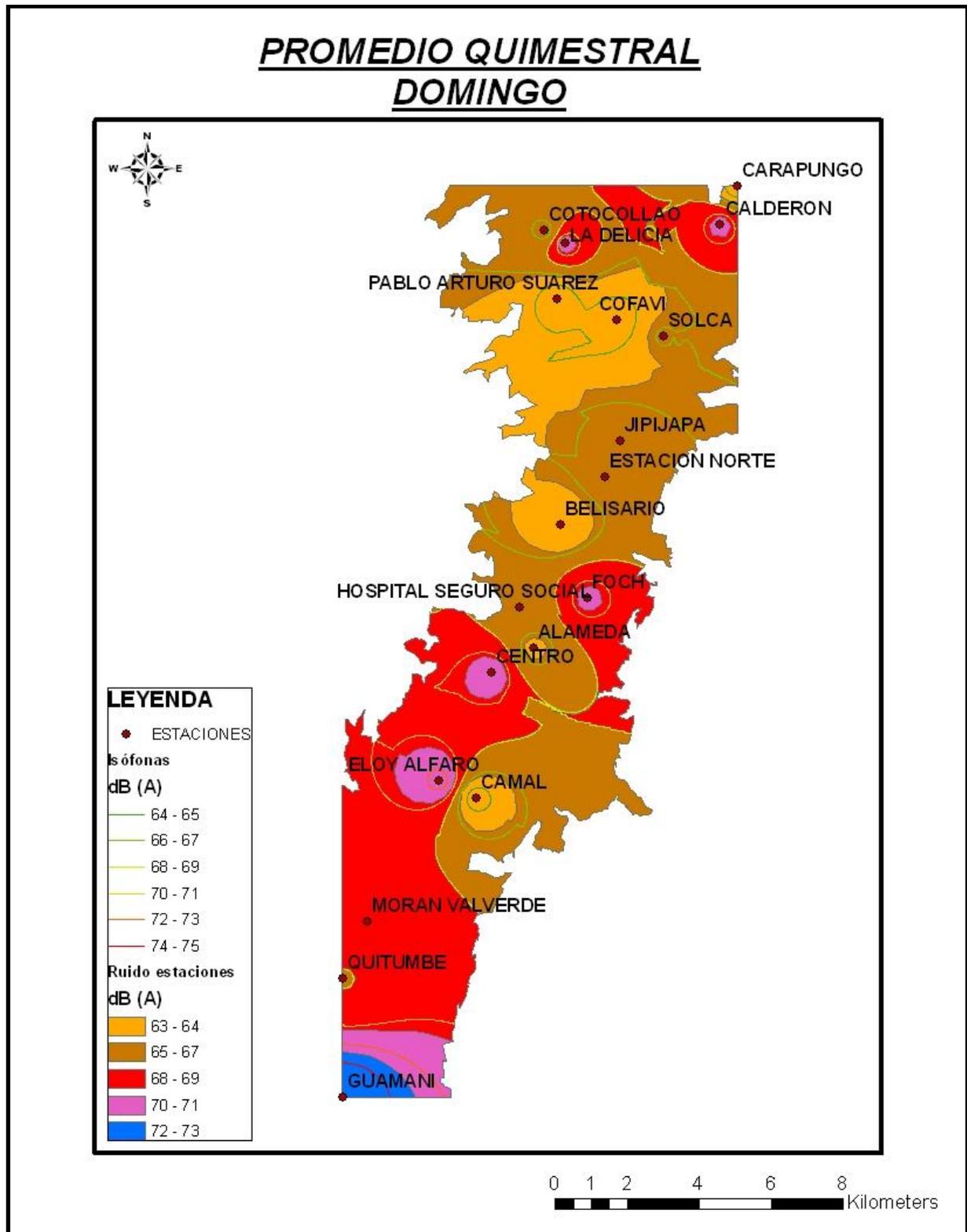
10.9.59 MAPA # 59: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL SABADO ESTACIÓN NORTE



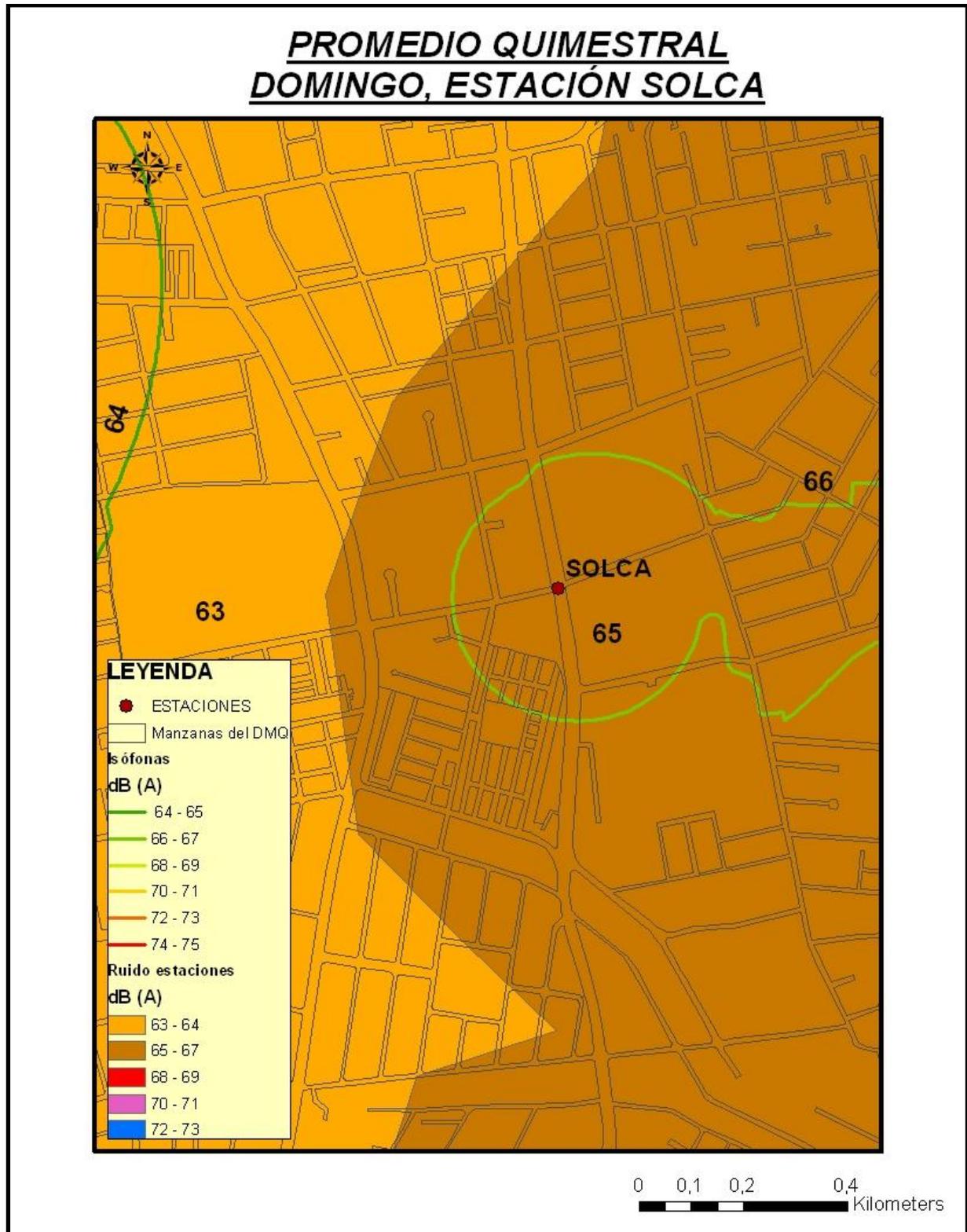
**10.9.60 MAPA # 60: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL SABADO ESTACIÓN BELISARIO**



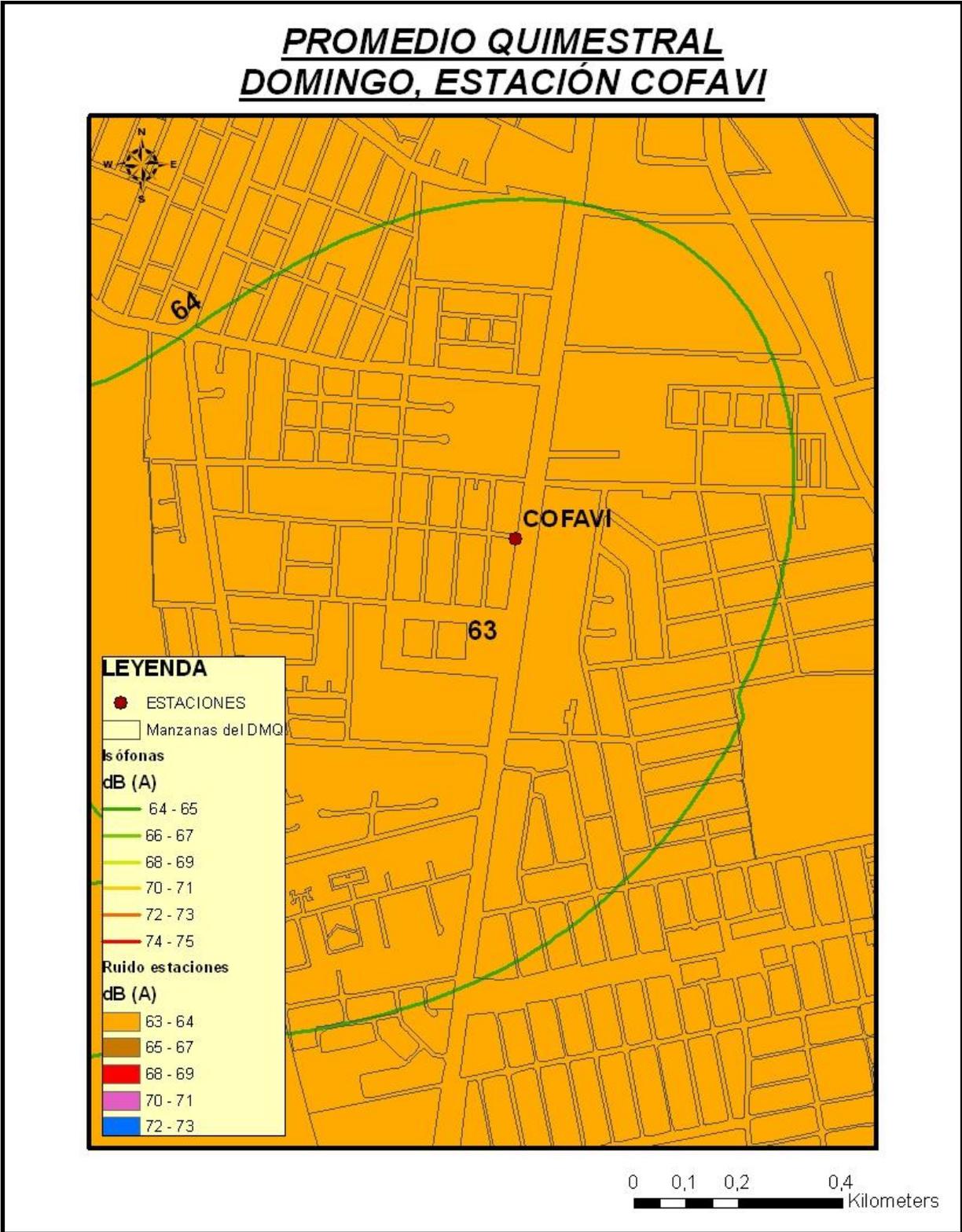
10.9.61 MAPA # 61: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS DOMINGO DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.



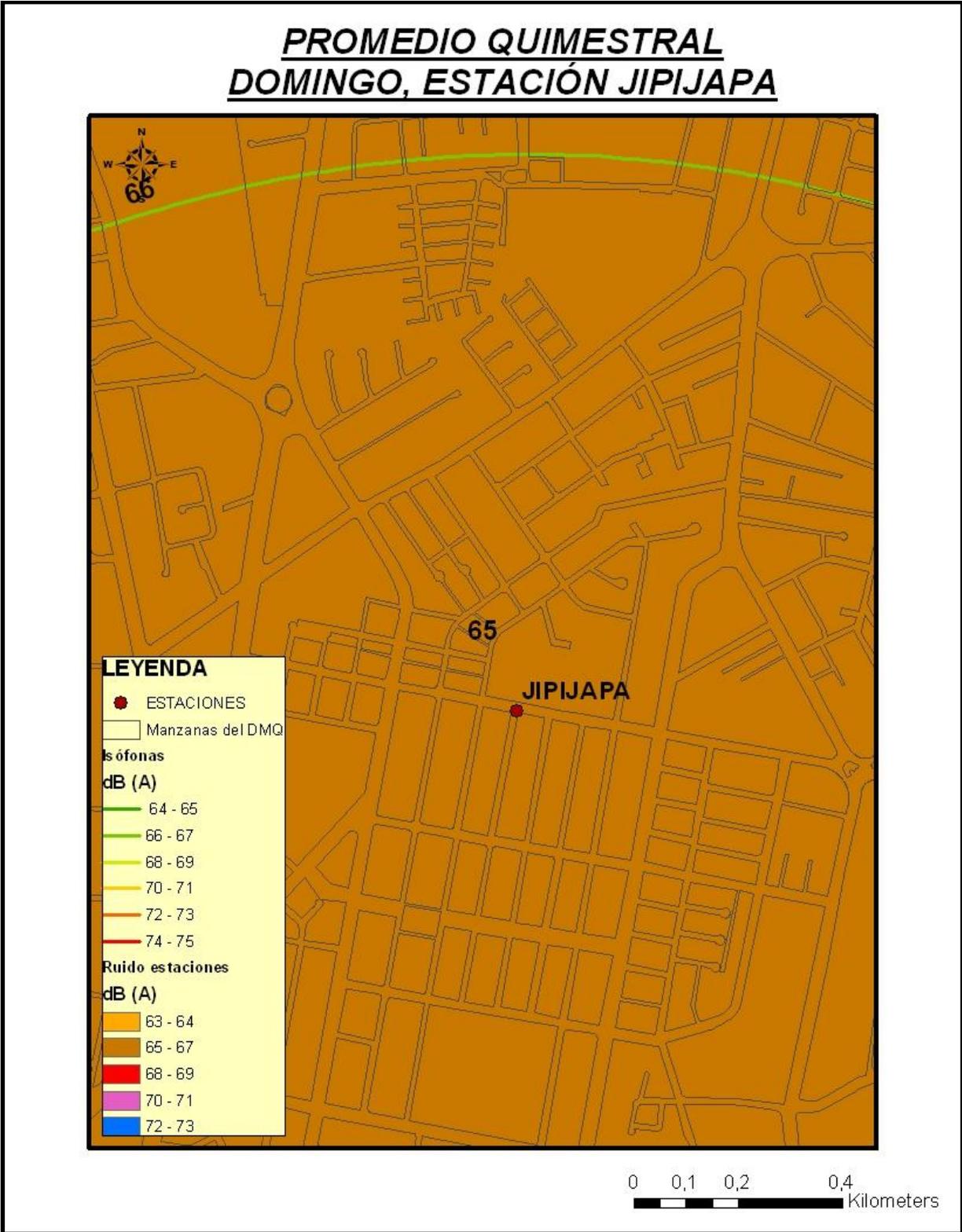
10.9.62 MAPA # 62: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL DOMINGO ESTACIÓN SOLCA



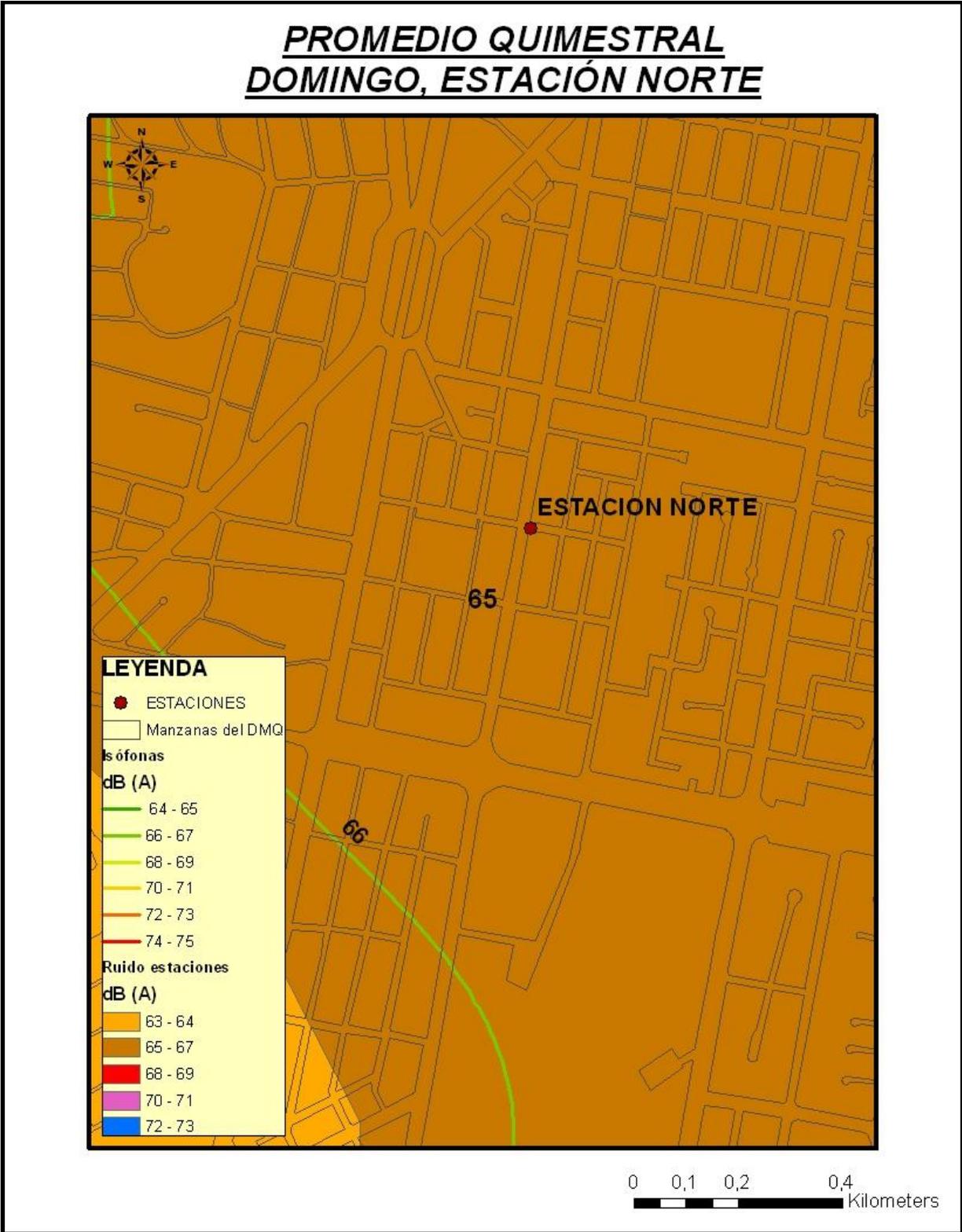
10.9.63 MAPA # 63: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL DOMINGO ESTACIÓN COFAVI



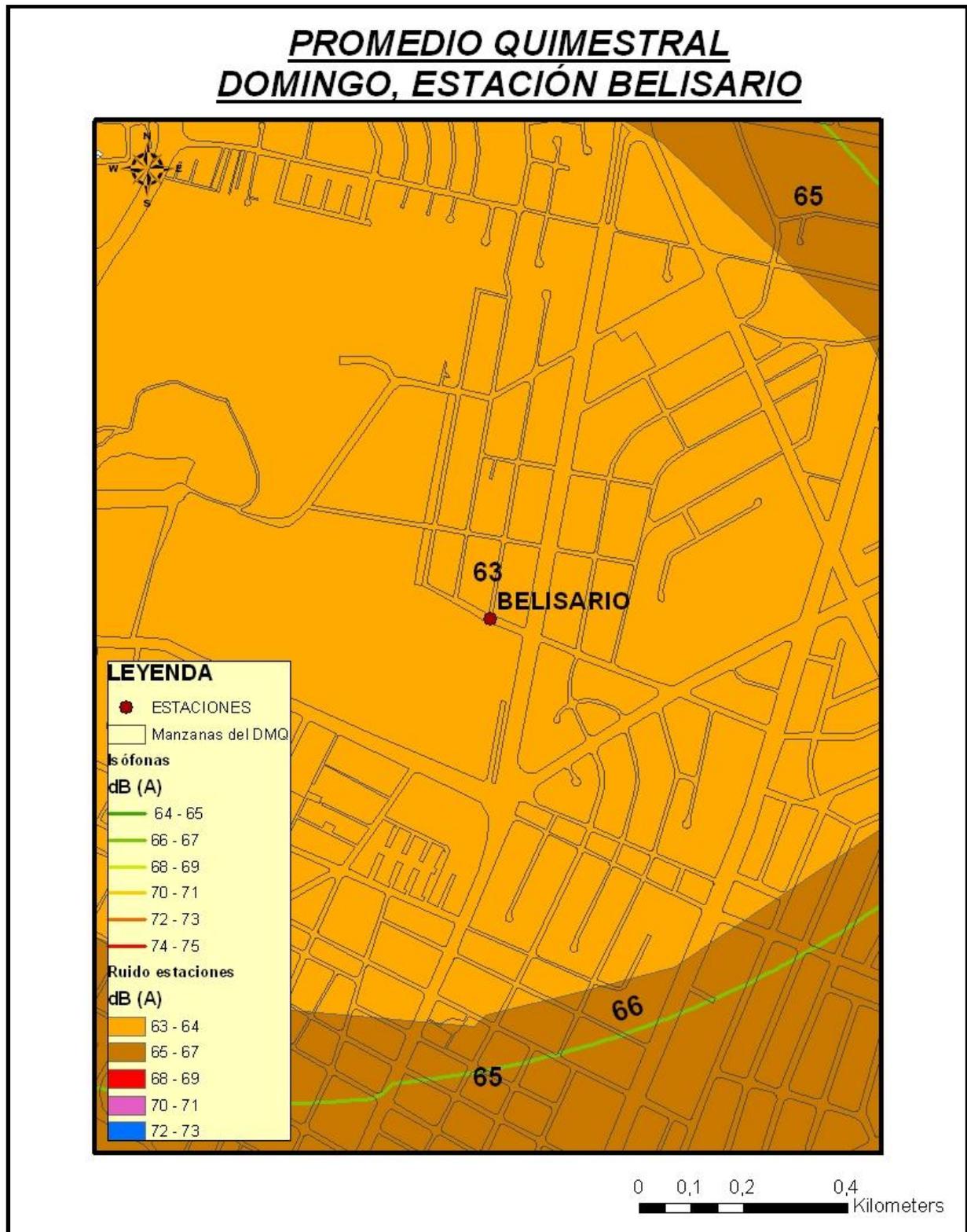
10.9.64 MAPA # 64: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL DOMINGO ESTACIÓN JIPIJAPA



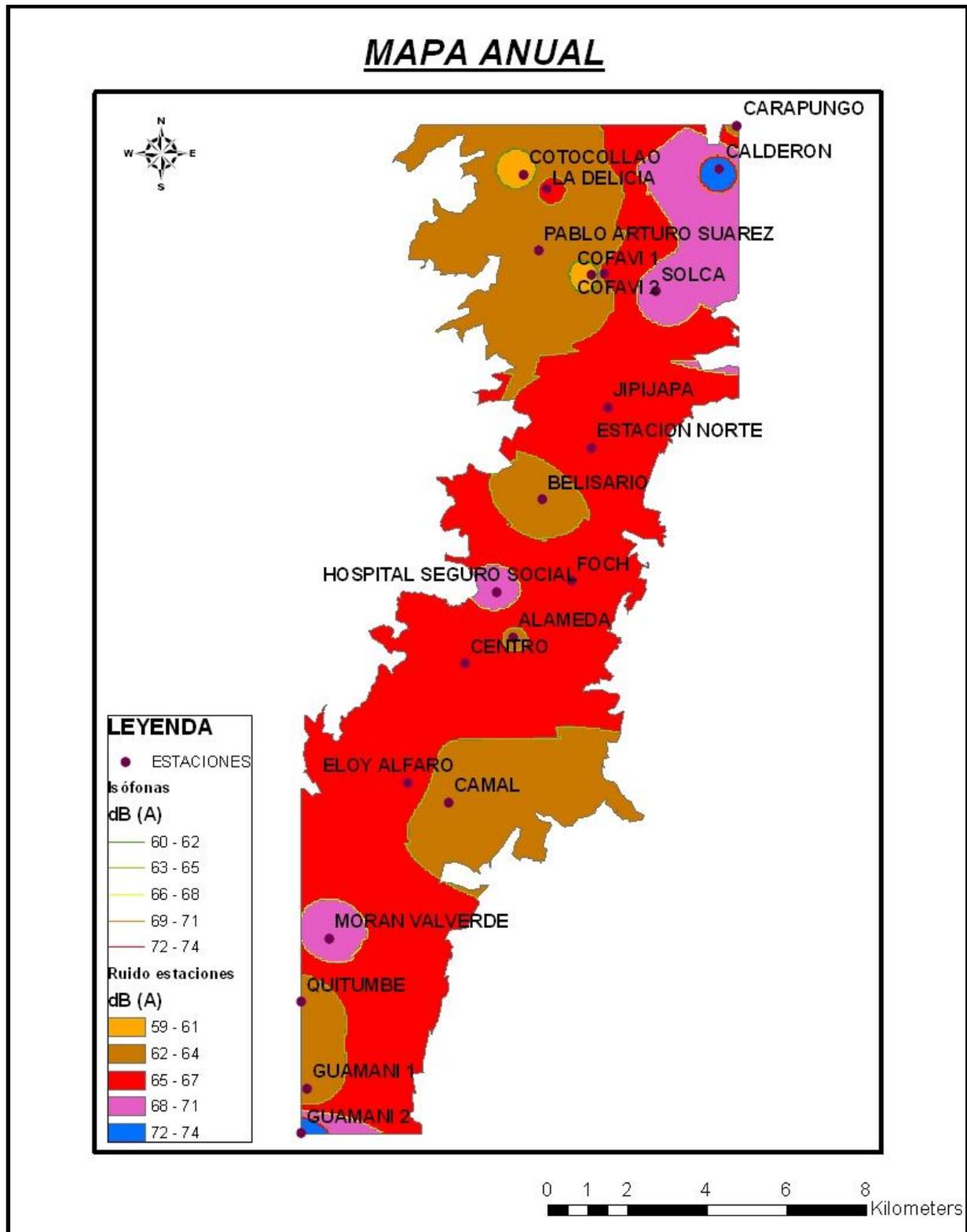
10.9.65 MAPA # 65: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL DOMINGO ESTACIÓN NORTE



10.9.66 MAPA # 66: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL DOMINGO ESTACIÓN BELISARIO



10.9.67 MAPA # 67: PROMEDIO ANUAL, INFORMACION DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL 2009 Y 2010.



## 10.10 RESULTADO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS

### 10.10.1 Estación BELISARIO

#### 10.10.1.1 Modelo de Sánchez

	Q1	QP	VELOCIDADES (km/h)	SÁNCHEZ LRE dB (A)	Leq experimental a 25m	% E
LUNES	284	8,0	33,8	60,5	60,7	0,2
MARTES	232	4,0	40,6	59,3	60,5	2,0
MIÉRCOLES	144	1,7	34,0	57,1	57,8	1,2
JUEVES	268	4,0	37,2	59,9	60,9	1,7
VIERNES	312	4,0	32,8	60,5	64,4	6,6
SÁBADO	188	0,0	35,7	57,8	59,2	2,3
DOMINGO	124	0,0	40,4	56,0	62,8	12,0

**Tabla # 19:** Resultados obtenidos en la Estación Belisario, usando el Modelo de Sánchez.

#### 10.10.1.2 Modelo de Cortn

	Q1	QP	VELOCIDADES (km/h)	P (%)	CORTN Lbásico dB (A)	Leq experimental a 25m	% E
LUNES	284	8,0	33,8	2,7	63,6	60,7	4,7
MARTES	232	4,0	40,6	1,7	65,8	60,5	8,1
MIÉRCOLES	144	1,7	34,0	1,2	63,8	57,8	9,4
JUEVES	268	4,0	37,2	1,5	66,5	60,9	8,4
VIERNES	312	4,0	32,8	1,3	67,1	64,4	4,0
SÁBADO	188	0,0	35,7	0,0	64,9	59,2	8,9
DOMINGO	124	0,0	40,4	0,0	63,1	62,8	0,6

**Tabla # 20:** Resultados obtenidos en la Estación Belisario, usando el Modelo de Cortn.

### 10.10.1.3 Porcentaje de error

	% E Sánchez	% E Cortn
LUNES	0,2	4,7
MARTES	2,0	8,1
MIERCOLES	1,2	9,4
JUEVES	1,7	8,4
VIERNES	6,6	4,0
SÁBADO	2,3	8,9
DOMINGO	12,0	0,6
PROMEDIO	3,7	6,3

**Tabla # 21:** Comparación de los porcentajes de error, entre el modelo de Sánchez y Cortn, en la Estación Belisario.

### 10.10.2 Estación COFAVI

#### 10.10.2.1 Modelo de Sánchez

**Tabla # 22:** Resultados obtenidos en la Estación Cofavi, usando el Modelo de Sánchez.

	Q1	QP	VELOCIDADES (km/h)	SÁNCHEZ LRE dB (A)	Leq experimental a 25m	% E
LUNES	956	164,0	54,9	68,7	72,1	5,0
MARTES	732	88,0	51,6	66,7	72,0	8,0
MIERCOLES	764	72,0	60,4	66,4	72,5	9,2
JUEVES	696	60,0	46,4	65,8	70,8	7,6
VIERNES	768	100,0	59,3	67,1	70,7	5,4
SÁBADO	796	72,0	43,3	66,5	69,4	4,4
DOMINGO	504	36,0	61,6	64,1	64,3	0,3

### 10.10.2.2 Modelo de Cortn

	Q1	QP	VELOCIDADES (km/h)	P (%)	CORTN Lbásico dB (A)	Leq experimental a 25m	% E
LUNES	956	164,0	54,9	14,6	73,2	72,1	1,6
MARTES	732	88,0	51,6	10,7	70,6	72,0	2,0
MIERCOLES	764	72,0	60,4	8,6	71,0	72,5	2,0
JUEVES	696	60,0	46,4	7,9	70,6	70,8	0,2
VIERNES	768	100,0	59,3	11,5	71,1	70,7	0,5
SÁBADO	796	72,0	43,3	8,3	71,2	69,4	2,6
DOMINGO	504	36,0	61,6	6,7	69,2	64,3	7,2

**Tabla # 23:** Resultados obtenidos en la Estación Cofavi, usando el Modelo de Cortn

### 10.10.2.3 Porcentaje de error

	% E Sánchez	% E Cortn
LUNES	5,0	1,6
MARTES	8,0	2,0
MIERCOLES	9,2	2,0
JUEVES	7,6	0,2
VIERNES	5,4	0,5
SÁBADO	4,4	2,6
DOMINGO	0,3	7,2
PROMEDIO	5,7	2,3

**Tabla # 24:** Comparación de los porcentajes de error, entre el modelo de Sánchez y Cortn, en la Estación Cofavi.

### 10.10.3 Estación SOLCA

#### 10.10.3.1 Modelo de Sánchez

	Q1	QP	VELOCIDADES (km/h)	SÁNCHEZ LRE dB (A)	Leq experimental a 25m	% E
LUNES	944	104,0	41,6	67,6	76,7	13,4
MARTES	1076	140,0	43,6	68,5	76,3	11,4
MIERCOLES	1040	108,0	45,1	67,9	74,4	9,6
JUEVES	836	100,0	41,6	67,2	73,0	8,6
VIERNES	992	100,0	42,3	67,6	73,3	8,4
SÁBADO	796	56,0	38,8	66,0	73,8	11,8
DOMINGO	648	32,0	49,7	64,7	67,6	4,6

**Tabla # 25:** Resultados obtenidos en la Estación Solca, usando el Modelo de Sánchez.

#### 10.10.3.2 Modelo de Cortn

	Q1	QP	VELOCIDADES (km/h)	P (%)	CORTN Lbásico dB (A)	Leq experimental a 25m	% E
LUNES	944	104,0	41,6	9,9	71,4	76,7	6,9
MARTES	1076	140,0	43,6	11,5	72,3	76,3	5,6
MIERCOLES	1040	108,0	45,1	9,4	72,4	74,4	2,9
JUEVES	836	100,0	41,6	10,7	71,4	73,0	2,3
VIERNES	992	100,0	42,3	9,2	72,2	73,3	1,6
SÁBADO	796	56,0	38,8	6,6	71,2	73,8	3,7
DOMINGO	648	32,0	49,7	4,7	70,3	67,6	3,8

**Tabla # 26:** Resultados obtenidos en la Estación Solca, usando el Modelo de Cortn.

### 10.10.3.3 Porcentaje de error

	% E Sánchez	% E Cortn
LUNES	13,4	6,9
MARTES	11,4	5,6
MIERCOLES	9,6	2,9
JUEVES	8,6	2,3
VIERNES	8,4	1,6
SÁBADO	11,8	3,7
DOMINGO	4,6	3,8
PROMEDIO	9,7	3,8

**Tabla # 27:** Comparación de los porcentajes de error, entre el modelo de Sánchez y Cortn, en la Estación Solca.

### 10.10.4 ESTACIÓN NORTE

#### 10.10.4.1 Modelo de Sánchez

**Tabla # 28:** Resultados obtenidos en la Estación Norte, usando el Modelo de Sánchez.

	Q1	QP	VELOCIDADES (km/h)	SÁNCHEZ LRE dB (A)	Leq experimental a 25m	% E
LUNES	1424	36,0	43,6	67,4	72,2	7,1
MARTES	1432	16,0	42,2	67,0	71,9	7,3
MIERCOLES	1140	40,0	39,3	66,7	71,7	7,4
JUEVES	1576	64,0	36,6	68,3	72,0	5,4
VIERNES	1888	60,0	28,5	68,8	70,4	2,2
SÁBADO	1320	32,0	43,2	67,1	73,4	9,4
DOMINGO	1152	44,0	35,4	66,9	69,5	4,0

#### 10.10.4.2 Modelo de Cortn

	Q1	QP	VELOCIDADES (km/h)	P (%)	CORTN Lbásico dB (A)	Leq experimental a 25m	% E
LUNES	1424	36,0	43,6	2,5	71,2	72,2	1,4
MARTES	1432	16,0	42,2	1,1	73,7	71,9	2,4
MIERCOLES	1140	40,0	39,3	3,4	72,8	71,7	1,5
JUEVES	1576	64,0	36,6	3,9	74,2	72,0	3,0
VIERNES	1888	60,0	28,5	3,1	75,0	70,4	6,1
SÁBADO	1320	32,0	43,2	2,4	73,4	73,4	0,0
DOMINGO	1152	44,0	35,4	3,7	72,8	69,5	4,5

**Tabla # 29:** Resultados obtenidos en la Estación Norte, usando el Modelo de Cortn.

#### 10.10.4.3 Porcentaje de error

	% E Sánchez	% E Cortn
LUNES	7,1	1,4
MARTES	7,3	2,4
MIERCOLES	7,4	1,5
JUEVES	5,4	3,0
VIERNES	2,2	6,1
SÁBADO	9,4	0,0
DOMINGO	4,0	4,5
PROMEDIO	6,1	2,7

**Tabla # 30:** Comparación de los porcentajes de error, entre el modelo de Sánchez y Cortn, en la Estación Norte.

### 10.10.5 Estación JIPIJAPA

#### 10.10.5.1 Modelo de Sánchez

	Q1	QP	VELOCIDADES (km/h)	SÁNCHEZ LRE dB (A)	Leq experimental a 25m	% E
LUNES	780	12,0	49,4	64,5	71,1	10,2
MARTES	800	48,0	48,5	65,8	69,4	5,5
MIERCOLES	580	28,0	45,2	64,2	68,9	7,4
JUEVES	620	24,0	48,3	64,2	65,5	2,1
VIERNES	788	20,0	45,1	64,9	70,3	8,4
SÁBADO	692	12,0	45,6	64,1	67,4	5,2
DOMINGO	600	12,0	51,6	63,5	65,0	2,3

**Tabla # 31:** Resultados obtenidos en la Estación Jipijapa, usando el Modelo de Sánchez.

#### 10.10.5.2 Modelo de Cortn

	Q1	QP	VELOCIDADES (km/h)	P (%)	CORTN Lbásico dB (A)	Leq experimental a 25m	% E
LUNES	780	12,0	49,4	1,5	68,6	71,1	3,6
MARTES	800	48,0	48,5	5,7	70,9	69,4	2,1
MIERCOLES	580	28,0	45,2	4,6	69,8	68,9	1,3
JUEVES	620	24,0	48,3	3,7	70,1	65,5	6,5
VIERNES	788	20,0	45,1	2,5	71,2	70,3	1,2
SÁBADO	692	12,0	45,6	1,7	70,6	67,4	4,5
DOMINGO	600	12,0	51,6	2,0	70,0	65,0	7,1

**Tabla # 32:** Resultados obtenidos en la Estación Jipijapa, usando el Modelo de Cortn.

### 10.10.5.3 Porcentaje de error

	% E Sánchez	% E Cortn
LUNES	10,2	3,6
MARTES	5,5	2,1
MIERCOLES	7,4	1,3
JUEVES	2,1	6,5
VIERNES	8,4	1,2
SÁBADO	5,2	4,5
DOMINGO	2,3	7,1
PROMEDIO	5,9	3,8

**Tabla # 33:** Comparación de los porcentajes de error, entre el modelo de Sánchez y Cortn, en la Estación Jipijapa.

## **11 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **11.1 RUIDO AMBIENTAL EN LAS ESTACIONES:**

#### **11.1.1 SOLCA**

Los límites máximos permisibles se encuentran entre los 45 y 35 dB (A) por ser una zona de equipamiento y protección, ya que este lugar se encuentra junto al hospital de SOLCA, donde se atienden a pacientes con cáncer. A pesar de esta situación particular, es la zona más ruidosa de las cinco estudiadas en esta investigación y la que posee los límites permisibles más bajos en comparación al resto.

Estación Solca posee una alta circulación de vehículos livianos y pesados durante todo el día, los 7 días de la semana, por lo que se constituye en el sector más ruidoso, con un promedio quimestral de 70.7 dB (A). Al cruzar por este sector una de las vías más importantes de la ciudad en especial para los vehículos pesados, el tráfico se mantiene con un flujo de carros casi constante.

El paso de los vehículos pesado, junto con el esfuerzo realizado para superar las pendientes hacen que el ruido se dispare, en especial cuando el semáforo cambia a verde.

El período de 12:00 a 18:00 es el más ruidoso de esta estación, con un promedio de 73.1 dB(A), seguido de la mañana (06:00 a 12:00) con un promedio de 72.4 dB(A).

La noche posee los valores más bajos con una media de 66.5 dB(A).

A pesar de que existe un hospital en el sector, Estación Solca se caracteriza por tener ruido hasta altas horas de la noche, con presencia de altas velocidades en los vehículos livianos.

El día más ruidoso es el martes con una promedio de 72,6 dB (A), mientras que el menos ruidoso es el domingo con 66.1 dB(A).

La diferencia del promedio quimestral en esta estación respecto a la investigación realizada en el 2009 es de 0.3 dB (A) menor, lo cual demuestra una tendencia casi constante en el ruido ambiental de la zona a lo largo del período de investigación.

### **11.1.2 COFAVI**

Los límites máximos permisibles de esta estación se encuentran entre los 45 y 55 dB (A) por ser una zona residencial múltiple, ya que este lugar se encuentra junto a un mini centro comercial, y un supermercado de gran afluencia.

En esta estación los tres horarios poseen estabilidad a cualquier hora del día siendo el período de 12:00 a 18:00 el más ruidoso, con un promedio de 70.3 dB(A), seguido de la mañana (6h00 a 12h00) con un promedio de 69.6 dB(A), la noche posee los valores más bajos con una media de 65.2 dB(A).

El promedio quimestral de la estación es de 68,4 dB(A).

La diferencia del promedio quimestral en esta estación respecto a la investigación realizada en el 2009 es de 9.3 dB (A) mayor.

El día menos ruidoso es el domingo con 63.1 dB(A), mientras que en el resto de la semana se mantiene una igualdad relativa, con un promedio que varía desde 68.8 a 70.6 dB(A), siendo el día miércoles el que posee el mayor valor de la igualdad.

Estación Cofavi posee una alta circulación de vehículos livianos y pesados durante todo el día, los mismos que van disminuyendo pasadas las 20:00.

A pesar de que la cantidad de carros disminuye, el ruido casi no lo hace, ya que el punto de monitoreo se encontraba paralelo a la Av. Galo Plaza Lasso, permitiendo a los vehículos transitar a grandes velocidades.

### **11.1.3 JIPIJAPA**

Esta estación es considerada como zona residencial múltiple ya que en la Av. Río Coca existen un sin número de locales comerciales, por lo que la Ordenanza 213, denota como límite máximo de ruido ambiental 55 dB(A) y mínimo 45 dB(A).

Jipijapa es una estación que, en promedio, posee un ruido constante a lo largo del día sin muchas fluctuaciones, siendo 69.4 dB(A) la más alta perteneciente al horario de la tarde,

seguida por el horario de la mañana con 68.3 dB(A). Y por último la de la noche con un valor de 66.1 dB(A).

El promedio quimestral de esta estación es 67,9 dB(A), siendo el día más ruidoso el viernes, con 69,8 dB(A), y el menos ruidoso el jueves, con 65.5 dB(A).

La diferencia del promedio quimestral de esta estación respecto a la investigación realizada en el 2009 es de 1 dB (A) mayor.

La circulación de vehículos es mayoritaria en horas pico, sobre todo de vehículos livianos sobre la AV. Río Coca, mientras que en la transversal, la presencia de carros es esporádica, manteniendo el ruido en la calle Isla Genovesa, casi constante, alimentado únicamente por el ruido de la avenida principal. A medida que el punto de monitoreo se aleja de la principal los dB disminuyen, notándose con mayor claridad este fenómeno en la madrugada.

#### **11.1.4 BELISARIO**

Esta estación posee un uso de suelo que permite tener límites máximos entre 45 y 35 dB (A), por poseer una unidad educativa y hospitalaria, constituyéndose en una zona de equipamiento y protección.

Los valores son contantes en el transcurso del día notándose un ligero descenso en la noche a 57.1 dB(A). Mientras que la tarde se constituye en la hora más ruidosa con 62,4 dB(A). La mañana posee 61.8 dB(A).

El promedio quimestral es de 63 dB(A), siendo la estación menos ruidosa. Los días con menos ruido los comparten el día martes y miércoles con 60.4 y 60.5 dB(A) respectivamente.

La diferencia del promedio quimestral en esta estación respecto a la investigación realizada en el 2009 es de 1.4 dB (A) menor.

El día más ruidoso es el viernes con 64 dB(A).

El tránsito por el sector es casi nulo, especialmente en las noches. El ruido es alimentado, principalmente, por la avenida América, de alto flujo vehicular y sobre todo por el ruido doméstico o de vecindario.

### **11.1.5 ESTACIÓN NORTE**

Está constituida como una zona netamente comercial, donde se encuentra desde restaurantes hasta bancos. Los límites máximos permisibles están entre los 50 y 60 dB (A).

Los límites máximos son los de la tarde, con un promedio de 69.2 dB(A), seguido por los de la mañana con 68.9 dB(A) y por último la noche con 66.5 dB(A).

La Estación Norte posee un promedio quimestral de ruido de 68.2 dB(A), siendo el día menos ruidoso el domingo con 66.4 dB(A) y el más ruidoso el viernes con 69.7 dB(A).

La diferencia del promedio quimestral en esta estación respecto a la investigación realizada en el 2009 es de 0.1 dB (A) mayor, es decir permanece casi constante.

La afluencia de vehículos es considerable en el transcurso del día. Mientras que en la noche se ve reducida significativamente la cantidad, pero con una influencia considerable del tráfico aéreo sobre el ruido ambiental.

### **11.2 MODELOS MATEMÁTICOS**

Usado los dos modelos respecto al flujo de autos, se determinó que el modelo de Cortn, posee mayor correlación respecto a la realidad obtenida.

El modelo de Cortn respecto al modelo de Sánchez, más eficiente respecto a la realidad de la ciudad de Quito, con una variación promedio que redondea el 3 a 4%.

En todos los casos que se usaron los modelos, el porcentaje de error de Cortn es menor que el de Sánchez, a excepción de Estación Belisario. A pesar de obtener una diferencia entre uno y otro modelo, como investigador creo que los dos reproducen la realidad, ya que el porcentaje de error de Cortn es menor al 7% en la mayoría de casos, obteniendo un caso aislado de 9% de error, por lo que el modelo descrito serviría como una pauta de lo que está ocurriendo en la realidad.

## 12 SOLUCIONES

En la práctica actual las posibles soluciones para mitigar el ruido están generalmente dadas en función de impedir el paso del contaminante, más no en reducir el ruido en la ciudad.

Actualmente existen ciertas técnicas descritas en el marco teórico capítulo # 3, siendo su función principal el de impedir el paso del ruido hacia algún punto específico, pero el ruido ambiental se mantiene.

La solución debe estar centrada en reducir el ruido desde la fuente, esto conlleva a un sin número de alternativas, desde normativas y sanciones más drásticas, hasta posibles políticas nacionales.

La problemática del ruido ambiental debe ser enfrentada de una forma global donde se incluyan factores y medidas que cambien la realidad como:

- Restructuración de los espacios según el tipo de suelo, ya que en su gran mayoría, están fuera de los parámetros utilitarios y de la norma de ruido ambiental vigente.
- Crear políticas en las que se incentive a cambiar los automotores con tecnología nueva, como son los híbridos, los cuales reducen el ruido considerablemente en el ambiente, sumándole el ahorro de combustible y la quema del mismo, reduciendo emisiones a la atmósfera.
- Impedir el ingreso al DMQ de vehículos de transporte pesado
- Los carros que poseen resonadores o silenciadores modificados en los tubos de escape, deben ser impedidos de circular, con retención del vehículo por un lapso de tiempo considerable.
- Reducir el uso excesivo del automóvil con proyectos que controlen su uso, son algunas soluciones que se podrían poner en práctica en el DMQ.
- Como hemos visto a lo largo de esta investigación, ningún sector cumple la normativa establecida, que a veces es ilógica, ya que el ladrido de un perro, dependiendo de la distancia puede llegar entre unos 75 a 80 dB (A), siendo valores imposibles de estar bajo norma. La reforma de los límites de ruido es urgente, ya que los existentes están ligados únicamente a fuentes fijas sabiendo que el ruido ambiental posee fijas y móviles.

## 13 CONCLUSIONES GENERALES

- La principal fuente de contaminación de ruido ambiental son los vehículos al acelerar y forzar los motores.
- Ninguna de las estaciones se encuentra dentro de los parámetros máximos establecidos por la Ordenanza 213 ni el TULAS.
- El modelo matemático de Cortn es el que más se adapta a la realidad de la ciudad de Quito.
- La estación más ruidosa, de las del sector centro norte, es Solca.
- La estación menos ruidosa, de las del sector centro norte, es Belisario.
- Comparando los datos de esta investigación respecto a los realizados en el 2009, tenemos una similitud en cada uno de las mediciones variando únicamente en la estación Cofavi donde la diferencia es de 9.3 dB (A), por lo que se puede decir que el ruido en las estaciones estudiados se ha mantenido constante en el lapso de un año.

### 13.1 ESTACIÓN SOLCA

- El parentesco de los datos, es por el horario en el que se realizó el monitoreo de la mañana, muy próximo al medio día, horario donde se comenzaba el monitoreo de la tarde.
- La Estación Solca tiene una gran circulación de vehículos pesados, por lo que el ruido se ve aumentado de una forma drástica al pasar frente al sonómetro.
- Se encuentra fuera de los parámetros máximos permisibles por la ley para ruido ambiental en los dos horarios.
- El ruido se ve aumentado por la acción que produce el semáforo y las pendientes de las avenidas en los automotores.
- La velocidad a la que circulan los automotores, hace que el ruido aumente notablemente.
- La existencia de construcciones con maquinaria pesada en la parte norte de la Av. Eloy Alfaro, produce un incremento notable al ruido.
- El tráfico aéreo se vuelve casi imperceptible por la cantidad de ruido ambiental producido especialmente por camiones.
- La calidad del pavimento hace que se produzca una mayor cantidad ruido de lo normal, al pasar de los vehículos.

- El ruido de fondo en cada una de las estaciones, no excede la norma, exceptuando Estación Solca, con un tiene un excedente de 9 dB (A) sobre el límite dictado por la ley.

### **13.2 ESTACIÓN COFAVI.**

- La igualdad de los datos en los tres horarios del día se debe a que la única fuente generadora de ruido importante es la Av. Galo Plaza y el ruido en esta vía es constante en intensidad en casi todo el día variando por pocos decibeles de una hora a otra.
- La calle transversal Nicolás Orteta, en el transcurso del día, casi no posee flujo vehicular, siendo casi una constante.
- La gran afluencia de gente a pie y en vehículos a los distintos establecimientos de la estación, son los principales causantes de ruido, especialmente en la parada de buses.
- El tráfico aéreo es casi nulo ya que el ruido de los aviones al aterrizar se disipa en las pantallas del aeropuerto y las edificaciones del alrededor, siendo casi imperceptible el sonido del avión.
- La calidad de pavimento está en buenas condiciones, pero al ser del tipo rugoso con la fricción que producen los carros, especialmente a altas velocidades, aumenta el ruido.
- El ruido de fondo, no excede la norma.

### **13.3 ESTACIÓN JIPIJAPA.**

- La concentración de automotores livianos en horas pico hacen que los niveles de ruido aumenten.
- La cantidad de semáforos en el sector provocan que los vehículos realicen más esfuerzo incrementando el ruido.
- La existencia de tráfico aéreo es notoria, ya que los aviones pasan sobre el sector para llegar al aeropuerto, esto provoca un incremento en los dB.
- Los niveles de pendiente son menores a 1°, ayudando a que el ruido no incremente.
- Las condiciones del pavimento son muy buenas, pero al ser de tipo rugoso, el ruido se ve incrementado con la velocidad de los vehículos.
- El sector a parte de los vehículos pose más focos de emisión de ruido, estos afectan principalmente al ruido de de fondo.

- Al ser una zona residencial, la presencia de mascotas es notable, las mismas que causan mayor cantidad de ruido que un carro pasando sobre la vía.
- El ruido de fondo, no excede la norma.

#### **13.4 ESTACIÓN NORTE**

- El tráfico es el principal foco de contaminación de ruido.
- El sobre vuelo de los aviones incrementa en ruido en la estación.
- Los negocios y oficinas presentes provocan que exista una gran cantidad de gente caminando, la misma que provoca incrementos en el ruido.
- Los fines de semana, especialmente en la noche, se ve incrementado el flujo vehicular por los centros de diversión que se encuentran en el sector, a los cuales se dirigen grupos considerables de automóviles.
- Las condiciones del pavimento son muy buenas, pero al ser de tipo rugoso, el ruido se ve incrementado con la velocidad de los vehículos.
- El ruido de fondo, no excede la norma.

#### **13.5 ESTACIÓN BELISARIO**

- Es una zona residencial donde su mayor fuente de ruido es la avenida América.
- Los comercios ambulantes como el gas, la compran-venta de chatarra e incluso el recolector de basura así como los pocos vehículos que pasan, son los principales focos directos de ruido.
- La presencia de mascotas en el sector es casi nula por lo que no es una fuente de ruido.
- El tráfico aéreo es casi imperceptible.
- La pendiente de la vía principal causa el aumento de ruido ambiental de la zona.
- El ruido de fondo, no excede la norma.

#### **14 RECOMENDACIONES:**

- Utilizar esta investigación como línea base de otras investigaciones para obtener la comparación entre el ruido sin la medida y con la medida de acuerdo con la restricción vehicular “pico y placa”.
- Realizar estudios paralelos para determinar las afecciones de las personas que viven en zonas ruidosas.
- Realizar estudios específicos que permitan determinar, cuales son las principales fuentes de ruido y dar soluciones para tener una ciudad menos ruidosa.
- Reevaluar las zonas según el tipo de suelo presentado en la ordenanza 213.
- Cambiar la normativa vigente sobre el ruido ambiental.

#### **15 BIBLIOGRAFÍA:**

- Álvarez, J.; Suarez, E. (2008). Estudio comparativo de modelos de predicción de ruido de tráfico rodado utilizando mediciones en la ciudad de Osorno. Disponible en:  
[http://www.sea-acustica.es/Buenos\\_Aires\\_2008/a-132.pdf](http://www.sea-acustica.es/Buenos_Aires_2008/a-132.pdf)
- Arana, M.; Martínez A.; Aleixandre, A.; M.L. San Martín; Vela A. (2000). MODELOS DE PREDICCIÓN DEL RUIDO DE TRÁFICO RODADO. COMPARACIÓN DE DIFERENTES STANDARES EUROPEOS. Acústica. Disponible en:  
<http://www.sea-acustica.es/publicaciones/4350ba015.pdf>
- Berland, T. (1973). Ecología y Ruido. Marymar. Buenos Aires, Argentina
- Coral, K (2009). Control de la contaminación por ruido. Universidad Internacional SEK. Quito- Ecuador.
- Corpaire, Boletín de prensa. 2006: <http://www.corpaire.org/siteCorpaire/>
- Diario El Comercio (2007). Quito: Una campaña para reducir el ruido.  
[http://ww1.elcomercio.com/noticiaEC.asp?id\\_noticia=106802&id\\_seccion=11](http://ww1.elcomercio.com/noticiaEC.asp?id_noticia=106802&id_seccion=11)
- Diario HOY (2007) Quito y Guayaquil rebasan los niveles tolerables de ruido.  
<http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/quito-y-guayaquil-rebasan-los-niveles-tolerables-de-ruido-265886-265886.html>

- Explored (2006). El ruido de Quito supera el límite de tolerancia humana. <http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/el-ruido-de-quito-supera-el-limite-de-tolerancia-humana-237718-237718.html>
- Extech Instruments. (2005). Manual del operador, Sonómetro Integrador Registrador Modelo 407780. Extech Instruments Corporation
- Harris, Cyril (1977) Manual para el control del ruido. Instituto de estudios de administración. Madrid.
- Harris, C M. (1995). Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido. (3ra. Ed.). McGraw Hill. Madrid, España
- Izurieta, A. C (2009) Elaboración de un mapa de ruido ambiental y estudio de factibilidad de la ubicación de los puntos de monitoreo para la red de monitoreo de ruido ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito, Zona 4. (Norte de Quito).Universidad Internacional SEK. Tesis de grado de la Facultad de Ciencias Ambientales. Quito - Ecuador
- Mena, P. (1991). Principales Problemas Ambientales, de Salud Pública y Saneamiento del Ecuador (2da. Ed.) Fundación Natura. Quito, Ecuador.
- Martin, R. (1977). Derecho Ambiental. Instituto de estudios de Administración. Madrid, España.
- Organización Mundial de la Salud (2009).Guías de la Organización Mundial de la Salud sobre niveles de ruido [http://www.ruidos.org/Referencias/Guia\\_OMS.html](http://www.ruidos.org/Referencias/Guia_OMS.html)
- Petroecuador. (2003). Calidad del aire de la ciudad de Quito. Escuela de Ingeniería Química. Universidad Central del Ecuador. Pag: 35
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Mundial de la Salud. 1983. Criterios de salud ambiental 12, “El ruido”. Editorial: OPS/OMS. México.
- Revelo, J. y Vaca, S. (1994) El ruido como parte de la contaminación ambiental de Quito. Universidad Central del Ecuador. Tesis de grado de la Facultad de Comunicación. Quito - Ecuador.
- Robinson, D. W (1969) The concept of noise pollution level. Teddington, Inglaterra, National Physical Laboratory.

- Rubianes, F. (2009). Elaboración de un Mapa de Ruido Ambiental para Determinar la Ubicación de los más Apropiaada de los Puntos de Monitoreo para la Red Mínima de Monitoreo del Ruido Ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito Zona 2 Calderón, Carapungo, Centro, Los Chillos y Tumbaco. Tesis de Grado previo a la obtención de título de tercer nivel, Universidad Internacional Sek, Quito, Ecuador.
- Sexto, L. (2004). ¿Cómo elegir un sonómetro?. Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento (CEIM / ISPJAE). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana – Cuba.
- Sonómetros. 2009. Tipos de sonómetros. <http://www.sonometros.com/tipos-de-sonometros.htm>
- Tarrío, R (1993). Tratado del Medio Ambiente. Editorial Anglo S.A. Madrid. Vol 1.
- Turk, A y Wittes, J. (1973). Ecología Contaminación Medio-Ambiente. Editorial Interamericana. Mexico.

## **ANEXOS:**

### **ANEXO # 1**

#### **TULAS LIBRO VI, ANEXO 5.**

#### **LIMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES.**

4.1.1.2 Los métodos de medición del nivel de presión sonora equivalente, ocasionado por una fuente fija, y de los métodos de reporte de resultados, serán aquellos fijados en esta norma.

4.1.1.3 Para fines de verificación de los niveles de presión sonora equivalente estipulados en la Tabla 1, emitidos desde la fuente de emisión de ruidos objeto de evaluación, las mediciones se realizarán, sea en la posición física en que se localicen los receptores externos a la fuente evaluada, o, en el límite de propiedad donde se encuentra ubicada la fuente de emisión de ruidos.

4.1.1.4 En las áreas rurales, los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de una fuente fija, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no deberán superar al nivel ruido de fondo en diez decibeles A [10 dB(A)].

4.1.1.5 Las fuentes fijas emisoras de ruido deberán cumplir con los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos correspondientes a la zona en que se encuentra el receptor.

4.1.1.6 En aquellas situaciones en que se verifiquen conflictos en la definición del uso de suelo, para la evaluación de cumplimiento de una fuente fija con el presente reglamento, será la Entidad Ambiental de control correspondiente la que determine el tipo de uso de suelo descrito en la Tabla 1.

4.1.1.7 Se prohíbe la emisión de ruidos o sonidos provenientes de equipos de amplificación u otros desde el interior de locales destinados, entre otros fines, para viviendas, comercios, servicios, discotecas y salas de baile, con niveles que sobrepasen los límites determinados para cada zona y en los horarios establecidos en la presente norma.

4.1.1.8 Medidas de prevención y mitigación de ruidos:

a) Los procesos industriales y máquinas, que produzcan niveles de ruido de 85 decibeles A o mayores, determinados en el ambiente de trabajo, deberán ser aislados adecuadamente, a

fin de prevenir la transmisión de vibraciones hacia el exterior del local. El operador o propietario evaluará aquellos procesos y máquinas que, sin contar con el debido aislamiento de vibraciones, requieran de dicha medida.

- b) En caso de que una fuente de emisión de ruidos desee establecerse en una zona en que el nivel de ruido excede, o se encuentra cercano de exceder, los valores máximos permisibles descritos en esta norma, la fuente deberá proceder a las medidas de atenuación de ruido aceptadas generalmente en la práctica de ingeniería, a fin de alcanzar cumplimiento con los valores estipulados en esta norma. Las medidas podrán consistir, primero, en reducir el nivel de ruido en la fuente, y segundo, mediante el control en el medio de propagación de los ruidos desde la fuente hacia el límite exterior o lindero del local en que funcionará la fuente. La aplicación de una o ambas medidas de reducción constará en la respectiva evaluación que efectuará el operador u propietario de la nueva fuente.

#### 4.1.1.9 Consideraciones generales:

- a) La Entidad Ambiental de Control otorgará la respectiva autorización o criterio favorable de funcionamiento para aquellos locales comerciales que utilicen amplificadores de sonido y otros dispositivos que produzcan ruido en la vía pública.
- b) En proyectos que involucren la ubicación, construcción y operación de aeródromos públicos o privados, el promotor del proyecto proveerá a la Entidad Ambiental de Control del debido estudio de impacto ambiental, el cual requerirá demostrar las medidas técnicas u operativas a implementarse a fin de alcanzar cumplimiento con la presente norma para niveles de ruido. Además, el estudio evaluará cualquier posible o potencial afectación, no solamente para seres humanos, sino también para flora y fauna.
- c) La Entidad Ambiental de Control no permitirá la instalación y funcionamiento de circos, ferias y juegos mecánicos en sitios colindantes a establecimientos de salud, guarderías, centros educacionales, bibliotecas y locales de culto.
- d) Los fabricantes, importadores, ensambladores y distribuidores de vehículos y similares, serán responsables de que las unidades estén provistas de silenciadores o cualquier otro dispositivo técnico, con eficiencia de operación demostrada y aprobada por la autoridad de tránsito. Se prohibirá cualquier alteración en el tubo de escape del vehículo, o del silenciador del mismo, y que conlleve un incremento en la emisión de ruido del vehículo.

La matriculación y/o permiso de circulación que se otorgue a vehículos considerará el cumplimiento de la medida descrita.

- e) En lo referente a ruidos emitidos por aeronaves, se aplicarán los conceptos y normas, así como las enmiendas que se produzcan, que establezca el Convenio sobre Aviación Civil Internacional (OACI).

### **De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija**

4.1.2.1 La medición de los ruidos en ambiente exterior se efectuará mediante un decibelímetro (sonómetro) normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (slow). Los sonómetros a utilizarse deberán cumplir con los requerimientos señalados para los tipos 0, 1 ó 2, establecidas en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC). Lo anterior podrá acreditarse mediante certificado de fábrica del instrumento.

4.1.2.2 El micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

4.1.2.3 Medición de Ruido Estable.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de 1 (un) minuto de medición en el punto seleccionado.

4.1.2.4 Medición de Ruido Fluctuante.- se dirige el instrumento de medición hacia la fuente y se determinará el nivel de presión sonora equivalente durante un período de, por lo menos, 10 (diez) minutos de medición en el punto seleccionado.

4.1.2.5 Determinación del nivel de presión sonora equivalente.- la determinación podrá efectuarse de forma automática o manual, esto según el tipo de instrumento de medición a utilizarse. Para el primer caso, un sonómetro tipo 1, este instrumento proveerá de los resultados de nivel de presión sonora equivalente, para las situaciones descritas de medición de ruido estable o de ruido fluctuante. En cambio, para el caso de registrarse el nivel de

presión sonora equivalente en forma manual, entonces se recomienda utilizar el procedimiento descrito en el siguiente artículo.

4.1.2.6 Se utilizará una tabla, dividida en cuadrículas, y en que cada cuadro representa un decibel. Durante un primer período de medición de cinco (5) segundos se observará la tendencia central que indique el instrumento, y se asignará dicho valor como una marca en la cuadrícula. Luego de esta primera medición, se permitirá una pausa de diez (10) segundos, posterior a la cual se realizará una segunda observación, de cinco segundos, para registrar en la cuadrícula el segundo valor. Se repite sucesivamente el período de pausa de diez segundos y de medición en cinco segundos, hasta conseguir que el número total de marcas, cada una de cinco segundos, totalice el período designado para la medición. Si se está midiendo ruido estable, un minuto de medición, entonces se conseguirán doce (12) marcas en la cuadrícula. Si se está midiendo ruido fluctuante, se conseguirán, por lo menos, ciento veinte (120) marcas en la cuadrícula.

Al finalizar la medición, se contabilizarán las marcas obtenidas en cada decibel, y se obtendrá el porcentaje de tiempo en que se registró el decibel en cuestión. El porcentaje de tiempo  $P_i$ , para un decibel específico  $NPS_i$ , será la fracción de tiempo en que se verificó el respectivo valor  $NPS_i$ , calculado como la razón entre el tiempo en que actuó este valor y el tiempo total de medición. El nivel de presión sonora equivalente se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$NPS_{eq} = 10 * \log^* \sum (P_i) 10^{\frac{NPS_i}{10}}$$

4.1.2.7 De los Sitios de Medición.- Para la medición del nivel de ruido de una fuente fija, se realizarán mediciones en el límite físico o lindero o línea de fábrica del predio o terreno dentro del cual se encuentra alojada la fuente a ser evaluada. Se escogerán puntos de medición en el sector externo al lindero pero lo más cerca posible a dicho límite. Para el caso de que en el lindero exista una pared perimetral, se efectuarán las mediciones tanto al interior como al exterior del predio, conservando la debida distancia de por lo menos 3 metros a fin de prevenir la influencia de las ondas sonoras reflejadas por la estructura física. El número de puntos será definido en el sitio pero se corresponderán con las condiciones más críticas de nivel de ruido de la fuente evaluada. Se recomienda efectuar una inspección previa en el sitio, en la que se determinen las condiciones de mayor nivel de ruido producido por la fuente.

4.1.2.8 De Correcciones Aplicables a los Valores Medidos.- A los valores de nivel de presión sonora equivalente, que se determinen para la fuente objeto de evaluación, se aplicará la corrección debido a nivel de ruido de fondo. Para determinar el nivel de ruido de fondo, se seguirá igual procedimiento de medición que el descrito para la fuente fija, con la excepción de que el instrumento apuntará en dirección contraria a la fuente siendo evaluada, o en su lugar, bajo condiciones de ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación. Las mediciones de nivel de ruido de fondo se efectuarán bajo las mismas condiciones por las que se obtuvieron los valores de la fuente fija. En cada sitio se determinará el nivel de presión sonora equivalente, correspondiente al nivel de ruido de fondo. El número de sitios de medición deberá corresponderse con los sitios seleccionados para evaluar la fuente fija, y se recomienda utilizar un período de medición de 10 (diez) minutos y máximo de 30 (treinta) minutos en cada sitio de medición.

Al valor de nivel de presión sonora equivalente de la fuente fija se aplicará el valor mostrado en la Tabla 2:

*Tabla 2*

*Corrección por Nivel de Ruido de Fondo*

<b>DIFERENCIA ARITMÉTICA ENTRE NPSEQ DE LA FUENTE FIJA Y NPSEQ DE RUIDO DE FONDO (DBA)</b>	<b>CORRECCIÓN</b>
10 ó mayor	0
De 6 a 9	- 1
De 4 a 5	- 2
3	- 3
Menor a 3	Medición nula

Para el caso de que la diferencia aritmética entre los niveles de presión sonora equivalente de la fuente y de ruido de fondo sea menor a 3 (tres), será necesario efectuar medición bajo las condiciones de menor ruido de fondo.

4.1.2.9 Requerimientos de Reporte.- Se elaborará un reporte con el contenido mínimo siguiente:

- a) Identificación de la fuente fija (Nombre o razón social, responsable, dirección);
- b) Ubicación de la fuente fija, incluyendo croquis de localización y descripción de predios vecinos;
- c) Ubicación aproximada de los puntos de medición;
- d) Características de operación de la fuente fija;
- e) Tipo de medición realizada (continua o semicontinua);
- f) Equipo de medición empleado, incluyendo marca y número de serie;
- g) Nombres del personal técnico que efectuó la medición;
- h) Fecha y hora en la que se realizó la medición;
- i) Descripción de eventualidades encontradas (ejemplo: condiciones meteorológicas, obstáculos, etc.);
- j) Correcciones Aplicables;
- k) Valor de nivel de emisión de ruido de la fuente fija;
- l) Cualquier desviación en el procedimiento, incluyendo las debidas justificaciones técnicas.

**ANEXO # 2: Formato de registros, para recopilar información en campo.**

UBICACIÓN: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

1	
2	
3	
4	
5	

LIVIANOS	
PESADOS	

	HORA	NPS
1		
2		
3		
4		
5		

		25		50		75		100	
		HORA	NPS	HORA	NPS	HORA	NPS	HORA	NPS
NORTE	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
SUR	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
ESTE	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
OESTE	1								
	2								
	3								
	4								
	5								

**ANEXO # 3: Esquema utilizado para almacenar y tabular datos de monitoreo.**

CODIGO	25 METROS		50 METROS		75 METROS		100 METROS		# DE VEHICULOS	VELOCIDAD		
	HORA	dB (A)	HORA	dB (A)	HORA	dB (A)	HORA	dB (A)	t = 5 MIN	X = 100 m		
N1	16:29	69,8	16:30	68,9	16:31	77,2	16:32	70,8	LIVIANOS	t (S)	Km / h	
N2	16:44	73	16:45	77,3	16:46	71,1	16:47	73,8				8,73
N3	16:59	74,9	17:00	76	17:01	71,1	17:02	65,9		7,92	45,45	
N4	17:09	68,6	17:10	71,4	17:11	71,8	17:12	68,8		7,28	49,45	
N5	17:22	72,1	17:23	72,8	17:24	71,5	17:25	65,2		11,73	30,69	
E1	16:20	63,7	16:22	62,3	16:24	58,4	16:26	70,9		8,46	42,55	
E2	16:36	68,7	16:38	62,6	16:40	59,9	16:42	63,1				
E3	16:52	66	16:53	64,8	16:54	65,8	16:55	61,5				
E4	17:16	66	17:17	67,2	17:18	66	17:19	60,8				
E5	17:26	65,6	17:27	66,6	17:28	62,8	17:29	65,9				
O1	16:31	77,7	16:32	65	16:33	64,2	16:34	67	PESADOS	16:35	68,3	
O2	16:47	70,4	16:48	65,1	16:49	65	16:50	69,2		16:42	75,4	
O3	17:01	67,2	17:02	66,4	17:03	65,9	17:04	66,4		16:50	68,5	
O4	17:17	75,9	17:18	67,3	17:19	66,2	17:20	69,6				
O5	17:34	74,5	17:35	66,7	17:36	65,5	17:37	68,1				
S1	16:23	75,2	16:24	68,9	16:25	72,3	16:26	71,5		2		
S2	16:39	68	16:40	70,3	16:41	72,5	16:42	75,3				
S3	16:54	71,2	16:55	72,1	16:56	72	16:57	71,7				
S4	17:11	72,7	17:12	68,1	17:13	73,1	17:14	71				
S5	17:30	73,1	17:31	70,1	17:32	72,4	17:33	72,4				

*ANEXO # 4: Grado de las pendientes en las vías, calculadas por el principio de Pitágoras, para cada una de las estaciones.*

<b>ESTACIÓN</b>	<b>Nombre de la calle</b>	<b>Longitud de la pendiente (m)</b>	<b>Variación de altura aproximada (m)</b>	<b>GRADO DE PENDIENTE</b>
SOLCA	De Los Pinos	300	15	2.8°
COFAVI	Av. Galo Plaza Lasso	200	5	1.4°
BELISARIO	Rumipamba	250	10	2.3°
JIPIJAPA	Isla Genovesa	250	1	0.3°
ESTACIÓN NORTE	Alfonso Pereira	250	0	0°

*\*Considerar los grados de una forma aproximada, ya que los valores de la variación de altura no son exactos.*

## Tabla de contenido

1	ANTECEDENTES.....	1
2	INTRODUCCIÓN.....	6
3	MARCO TEÓRICO.....	8
3.1	MEDIO AMBIENTE.....	8
3.2	DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ).....	8
3.3	SONIDO.....	9
3.4	INTENSIDAD ACÚSTICA.....	9
3.5	DECIBELIO (dB).....	9
3.6	NIVELES DE PRESIÓN SONORA.....	9
3.7	NIVEL DE PRESIÓN SONORA CONTINUO EQUIVALENTE (NPSeq).....	9
3.8	RUIDO.....	10
3.8.1	TIPOS DE RUIDO.....	11
3.9	SONÒMETRO.....	11
3.9.1	TIPOS DE SONOMETRO:.....	13
3.9.2	SONOMETRO EXTECH, MODELO 407780.....	13
3.10	MAPA DE RUIDO.....	14
3.11	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	15
3.12	RUIDO EN LA SALUD.....	15
3.12.1	EFFECTOS DEL RUIDO SOBRE LOS SERES HUMANOS.....	15
3.13	PRINCIPALES FUENTES GENERADORAS DE RUIDO AMBIENTAL.....	18
3.13.1	EL TRÁNSITO DE AUTOMOVILES:.....	18
3.13.2	TRÁNSITO AÉREO:.....	18
3.13.3	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS Y OBRAS PÚBLICAS:.....	19
3.13.4	RUIDO DE VECINDARIO:.....	19
3.14	REDUCCIÓN DEL RUIDO.....	19
3.14.1	REDUCCIÓN DEL RUIDO POR MUROS Y VALLAS.....	20
3.14.2	REDUCCIÓN DEL SONIDO POR ÁRBOLES Y ARBUSTOS.....	20
3.15	MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL.....	20
3.15.1	CONDICIONES ÓPTIMAS PARA REALIZAR MONITOREO AMBIENTAL:.....	21
3.16	ESCALAS DE MEDICIÓN:.....	21
4	MARCO LEGAL.....	22
5	CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO.....	25
5.1	ESTACIÓN SOLCA.....	25

5.2	ESTACIÓN COFAVI .....	27
5.3	ESTACIÓN JIPIJAPA .....	28
5.4	ESTACIÓN NORTE.....	29
5.5	ESTACIÓN BELISARIO .....	30
6	METODOLOGÍA .....	32
6.1	DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE MONITOREO .....	32
6.2	DETERMINACIÓN DE HORARIOS Y DÍAS DE MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL.....	34
6.3	DETERMINACIÓN ESPACIAL DE LOS LUGARES DE MONITOREO DEL RUIDO AMBIENTAL .....	35
6.4	TÉCNICA DE MONITOREO .....	36
6.4.1	Preparación del sonómetro integrador previo al monitoreo: .....	36
6.4.2	Consideraciones previas para realizar el monitoreo de ruido ambiental: .....	36
6.4.3	Procedimiento para realizar el monitoreo de ruido ambiental, con sonómetro integrador: .....	36
6.4.4	Procedimiento para medir la velocidad de los vehículos: .....	37
6.4.5	Procedimiento para contar el número de vehículos:.....	37
7	TABULACIÓN DE DATOS .....	37
7.1	RUIDO AMBIENTAL.....	37
7.2	RUIDO AMBIENTAL EN CASOS ESPECIALES. ....	39
7.3	INGRESO DE DATOS EN ArcGIS .....	39
7.4	CREACIÓN DE LOS MAPAS.....	40
7.5	VELOCIDAD DE VEHÍCULOS.....	41
7.6	NÚMERO DE VEHÍCULOS.....	41
8	MODELOS DE PREDICCIÓN DE RUIDO DE TRÁFICO RODADO: .....	41
8.1	MODELOS PROPUESTOS: .....	42
8.1.1	Modelo de Sánchez: <sup>1</sup> .....	42
8.1.2	Modelo de Cortn: <sup>2</sup> .....	43
8.2	CÁLCULOS PARA CORRER LOS MODELOS MATEMÁTICOS: .....	44
8.2.1	Cálculos para el modelo de Sánchez: .....	44
8.2.2	Cálculos para el modelo de Cortn: .....	45
8.2.3	Porcentaje de Error de los modelos matemáticos:.....	47
9	MATERIALES.....	48
10	RESULTADOS:.....	48
10.1	Resultados de la ESTACIÓN SOLCA .....	49

10.2	Resultados de la ESTACIÓN COFAVI .....	50
10.3	Resultados de la ESTACIÓN JIPIJAPA .....	51
10.4	Resultados de la ESTACIÓN BELISARIO .....	52
10.5	Resultados de la ESTACIÓN NORTE.....	53
10.6	Resultados de las investigaciones realizadas en el año 2009 .....	54
10.7	Resultados de las investigaciones realizadas en el año 2010 .....	55
10.8	Resultado del promedio anuales, período 2009 – 2010.....	56
10.9	MAPAS DE RUIDO AMBIENTAL.....	57
10.9.1	MAPA # 1: PROMEDIO QUIMESTRAL DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ.....	57
10.9.2	MAPA # 2: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA ESTACIÓN SOLCA .....	58
10.9.3	MAPA # 3: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA ESTACIÓN COFAVI .....	59
10.9.4	MAPA # 4: PROMEDIO QUIMESTRAL EN LA ESTACIÓN JIPIJAPA .....	60
10.9.5	MAPA # 5: PROMEDIO QUIMESTRAL EN LA ESTACIÓN NORTE .....	61
10.9.6	MAPA # 6: PROMEDIO QUIMESTRAL EN LA ESTACIÓN BELISARIO.....	62
10.9.7	MAPA # 7: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ .....	63
10.9.8	MAPA # 8: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA ESTACIÓN SOLCA .....	64
10.9.9	MAPA # 9: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA ESTACIÓN COFAVI.....	65
10.9.10	MAPA # 10: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA ESTACIÓN JIPIJAPA .....	66
10.9.11	MAPA # 11: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA ESTACIÓN NORTE.....	67
10.9.12	MAPA # 12: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA MAÑANA ESTACIÓN BELISARIO .	68
10.9.13	MAPA # 13: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ. ....	69
10.9.14	MAPA # 14: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE ESTACIÓN SOLCA.....	70
10.9.15	MAPA # 15: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE ESTACIÓN COFAVI.....	71
10.9.16	MAPA # 16: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE ESTACIÓN JIPIJAPA.....	72
10.9.17	MAPA # 17: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE ESTACIÓN NORTE .....	73
10.9.18	MAPA # 18: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA TARDE ESTACIÓN BELISARIO .....	74
10.9.19	MAPA # 19: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ. ....	75
10.9.20	MAPA # 20: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE ESTACIÓN SOLCA .....	76
10.9.21	MAPA # 21: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE ESTACIÓN COFAVI .....	77
10.9.22	MAPA # 22: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE ESTACIÓN JIPIJAPA .....	78
10.9.23	MAPA # 23: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE ESTACIÓN NORTE.....	79
10.9.24	MAPA # 24: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LA NOCHE ESTACIÓN BELISARIO .....	80
10.9.25	MAPA # 25: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS LUNES DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ. ....	81

10.9.26	MAPA # 26: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL LUNES ESTACIÓN SOLCA .....	82
10.9.27	MAPA # 27: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL LUNES ESTACIÓN COFAVI .....	83
10.9.28	MAPA # 28: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL LUNES ESTACIÓN JIPIJAPA .....	84
10.9.29	MAPA # 29: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL LUNES ESTACIÓN NORTE.....	85
10.9.30	MAPA # 30: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL LUNES ESTACIÓN BELISARIO .....	86
10.9.31	MAPA # 31: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS MARTE DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ. ....	87
10.9.32	MAPA # 32: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MARTES ESTACIÓN SOLCA.....	88
10.9.33	MAPA # 33: PROMEDIO QUIMESTRAL MARTES ESTACIÓN COFAVI.....	89
10.9.34	MAPA # 34: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MARTES ESTACIÓN JIPIJAPA.....	90
10.9.35	MAPA # 35: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MARTES ESTACIÓN NORTE .....	91
10.9.36	MAPA # 36: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MARTES ESTACIÓN BELISARIO .....	92
10.9.37	MAPA # 37: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS MIERCOLES DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ .....	93
10.9.38	MAPA # 38: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MIERCOLES ESTACIÓN SOLCA .....	94
10.9.39	MAPA # 39: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MIERCOLES ESTACIÓN COFAVI .....	95
10.9.40	MAPA # 40: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MIERCOLES ESTACIÓN JIPIJAPA .....	96
10.9.41	MAPA # 41: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MIERCOLES ESTACIÓN NORTE .....	97
10.9.42	MAPA # 42: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL MIERCOLES ESTACIÓN BELISARIO .....	98
10.9.43	MAPA # 43: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS JUEVES DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ. ....	99
10.9.44	MAPA # 44: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL JUEVES ESTACIÓN SOLCA .....	100
10.9.45	MAPA # 45: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL JUEVES ESTACIÓN COFAVI.....	101
10.9.46	MAPA # 46: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL JUEVES ESTACIÓN JIPIJAPA.....	102
10.9.47	MAPA # 47: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL JUEVES ESTACIÓN NORTE .....	103
10.9.48	MAPA # 48: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL JUEVES ESTACIÓN BELISARIO .....	104
10.9.49	MAPA # 49: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS VIERNES DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ. ....	105
10.9.50	MAPA # 50: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL VIERNES ESTACIÓN SOLCA .....	106
10.9.51	MAPA # 51: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL VIERNES ESTACIÓN COFAVI .....	107
10.9.52	MAPA # 52: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL VIERNES ESTACIÓN JIPIJAPA .....	108
10.9.53	MAPA # 53: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL VIERNES ESTACIÓN NORTE.....	109
10.9.54	MAPA # 54: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL VIERNES ESTACIÓN BELISARIO .....	110
10.9.55	MAPA # 55: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS SABADO DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ. ....	111
10.9.56	MAPA # 56: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL SABADO ESTACIÓN SOLCA .....	112
10.9.57	MAPA # 57: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL SABADO ESTACIÓN COFAVI.....	113
10.9.58	MAPA # 58: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL SABADO ESTACIÓN JIPIJAPA.....	114

10.9.59	MAPA # 59: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL SABADO ESTACIÓN NORTE .....	115
10.9.60	MAPA # 60: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL SABADO ESTACIÓN BELISARIO .....	116
10.9.61	MAPA # 61: PROMEDIO QUIMESTRAL DE LOS DOMINGO DE RUIDO AMBIENTAL EN EL DMQ. ....	117
10.9.62	MAPA # 62: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL DOMINGO ESTACIÓN SOLCA.....	118
10.9.63	MAPA # 63: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL DOMINGO ESTACIÓN COFAVI.....	119
10.9.64	MAPA # 64: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL DOMINGO ESTACIÓN JIPIJAPA.....	120
10.9.65	MAPA # 65: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL DOMINGO ESTACIÓN NORTE .....	121
10.9.66	MAPA # 66: PROMEDIO QUIMESTRAL DEL DOMINGO ESTACIÓN BELISARIO ..	122
10.9.67	MAPA # 67: PROMEDIO ANUAL, INFORMACION DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL 2009 Y 2010.....	123
10.10	RESULTADO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS .....	124
10.10.1	Estación BELISARIO .....	124
10.10.2	Estación COFAVI .....	125
10.10.3	Estación SOLCA.....	127
10.10.4	ESTACIÓN NORTE.....	128
10.10.5	Estación JIPIJAPA .....	130
11	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	132
11.1	RUIDO AMBIENTAL EN LAS ESTACIONES: .....	132
11.1.1	SOLCA.....	132
11.1.2	COFAVI.....	133
11.1.3	JIPIJAPA .....	133
11.1.4	BELISARIO .....	134
11.1.5	ESTACIÓN NORTE.....	135
11.2	MODELOS MATEMÁTICOS .....	135
12	SOLUCIONES .....	136
13	CONCLUSIONES GENERALES .....	137
13.1	ESTACIÓN SOLCA .....	137
13.2	ESTACIÓN COFAVI .....	138
13.3	ESTACIÓN JIPIJAPA .....	138
13.4	ESTACIÓN NORTE.....	139
13.5	ESTACIÓN BELISARIO .....	139
14	RECOMENDACIONES: .....	140
15	BIBLIOGRAFÍA:.....	140
	ANEXOS: .....	138

