

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

INFORME TÉCNICO FINAL

FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ JALISCO

VERSIÓN 1.0

Presentado a: H. Ayuntamiento de Tonalá, Jalisco

Elaborado por: Dirección del Sistema de Monitoreo Atmosférico

Guadalajara, Jal. 01 de Noviembre de 2011

**Secretaría de Medio Ambiente para el
Desarrollo Sustentable**

Av. Circunvalación Jorge Álvarez del
Castillo, No. 1078 Col. Mezquitán
Country, C.P. 44620, Guadalajara,
Jalisco. México.



GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.

D.R. 2011, Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable

Av. Circunvalación Jorge Álvarez del Castillo 1078,

Col. Mezquitán Country, Guadalajara, Jalisco.

www.semades.jalisco.gob.mx

Este reporte incluye los resultados de la instalación de la Unidad Móvil de monitoreo en el Fraccionamiento Hacienda Real en el Municipio de Tonalá Jalisco, como parte de una solicitud ciudadana dirigida a la Secretaria de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado (SEMADES).



LAS LADRILLERAS

En el Estado de Jalisco los procesos para la elaboración, cocción y quema de ladrillo representan una actividad tradicional artesanal, sobresaliente en varios de los municipios del Estado que a la vez es una fuente de contaminación importante por los procesos y combustibles que emplea.

REPORTE DE CALIDAD DEL AIRE

FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ JALISCO

CONTENIDO

1. Antecedentes

1.1 Descripción de la zona de estudio (Municipio de Tonalá)

1.1.1 Ubicación zona geográfica

1.1.2 Descripción física del municipio

Clima

Geomorfología

Hidrología

Vegetación

1.1.3 Demografía

1.1.4 Infraestructura vial

1.1.5 Problemática ambiental

1.1.5.1 Inventario de emisiones Tonalá

2. Monitoreo de la calidad del aire

2.1 Descripción de la RAMAG

2.2 Descripción de la Unidad Móvil (UM)

3. Descripción del estudio

3.1 Objetivo general

3.2 Objetivos específicos

3.3 Ladrilleras

3.4 Descripción de actividades

3.4.1 Instalación de la UM



3.4.2 Visita de campo

3.4.2.1 Inventario de fuentes de emisión en la zona de estudio

3.4.2.2 Ubicación geográfica de hornos ladrilleros

3.4.2.3 Ubicación geográfica de planteles escolares

4. Resultados

4.1 Tabla general de resultados

4.2 Análisis meteorológico

4.3 Análisis de calidad del aire

4.3.1 Análisis de picos de concentración

5. Efectos a la salud

5.1 Efectos a la salud por PM10 y PM2.5

5.2 Análisis de afectaciones

5.3 Posibles riesgos

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

6.2 Recomendaciones

Anexos

Anexo Fotográfico

Anexo Meteorológico



1. Antecedentes

1.1 Descripción de la zona de estudio

1.1.1 Ubicación geográfica

El Municipio de Tonalá, Jalisco, está localizado y forma parte de la región Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Su estructura territorial se compone de 33 centros de población, de los cuales 10 son delegaciones y 23 son agencias municipales. **El municipio cuenta con 3 principales poblaciones: la ciudad de Tonalá, (cabecera municipal), Puente Grande y Coyula**, donde se concentran la mayor parte de la población del municipio. Tonalá esta territorialmente dividido según el Plan de Desarrollo Urbano Publicado en 2011, en 1 Centro Urbano y 14 Sub Centros Urbanos.



Figura 1.1 División municipal de acuerdo al programa municipal de desarrollo urbano de Tonalá, Jalisco, 2010.



La ubicación del Fraccionamiento Hacienda Real pertenece al Distrito 12 “La Punta”, siendo esta zona predominantemente urbana, clasificada como “Ah” Asentamientos Humanos.

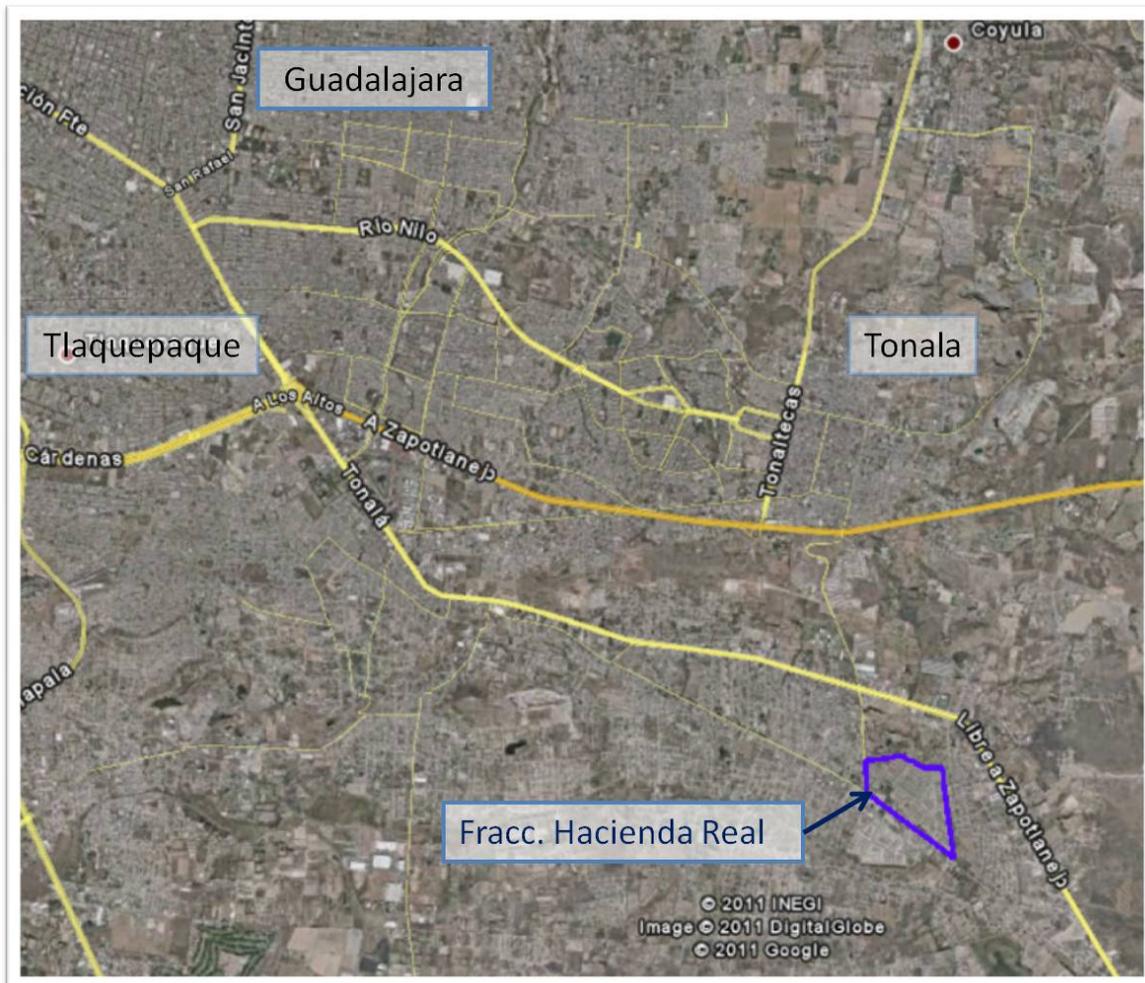


Figura 1.2 Ubicación del Fraccionamiento Hacienda Real en relación de la Zona Metropolitana de Guadalajara

Las coordenadas geográficas extremas del municipio se localizan al Norte en 20°43' latitud Norte; al Sur en 20°32' latitud Norte; al Este en 103°08' de longitud Oeste y al Oeste 103°17' longitud Oeste. Colinda al Norte con los municipios de Guadalajara; al Este con el municipio de Zapotlanejo; al Sur, con los municipios de Juanacatlán y El Salto; al Oeste con Tlaquepaque.

La cabecera municipal se asienta en la parte noroeste del territorio municipal en el centro de población denominado Tonalá, cuya **altitud alcanza 1,660 msnm.**



1.1.2 Descripción física del Municipio

Clima

El tipo de clima que predomina es seco, con invierno y primavera secos, y cálidos, sin cambio térmico invernal bien definido. La temperatura media anual es de 20°C, con máximas de 28.6°C y mínimas de 12.8°C. El régimen de lluvias se registra entre los meses de junio y octubre, contando con una precipitación media de 900 milímetros, los vientos en la ZMG provenientes del Oeste se presentan el 15.5% de la frecuencia total, y los vientos del Este el 7.5%, mostrando velocidades promedio entre los 5 a 20 km/h y en ocasiones de 21 a 35 km/h, durante el verano (época de lluvia, principalmente de junio a agosto), la ZMG se encuentran bajo la influencia de sistemas meteorológicos tropicales, los cuales con el paso constante de ondas y ciclones tropicales aportan la humedad más importante del año en forma de nublados y lluvias abundantes, permitiendo tener una calidad de aire limpio, al disolver y precipitar a la superficie los contaminantes suspendidos sobre la atmósfera..

Geomorfología

La superficie territorial en su mayor parte está conformada por zonas planas en aproximadamente un 82% del total del territorio municipal, con zonas semiplanas en un 14% aproximado y zonas accidentadas en un 4% aprox. Las únicas alturas representativas en el municipio son los cerros: Cúpula de la Reina y El Xólotl, ambos con una altura de los 1,720 metros sobre el nivel medio del mar. El primero, se localiza en la cabecera municipal y el segundo, al sureste de la misma.

Hidrología

Los recursos hidrológicos en el Municipio son proporcionados principalmente por el río Santiago, que envuelve el municipio por sus límites Norte y Este; en el curso de este río se localiza la presa Colimilla, donde se sitúan las plantas hidroeléctricas Colimilla, Puente Grande y La Intermedia.

Vegetación

De características semitropical se compone de selva baja caducifolia y matorrales que integran especies como el huizache, los guamúchiles, mezquites, tepehuajes y colorines, en la zona de la barranca y encino roble en las latitudes más altas de la orografía municipal.

1.1.3 Demografía

La evolución de la población del municipio ha tenido una dinámica muy interesante, para 1840, la villa de Tonalá tenía una población de 2,476 habitantes, que estaban dedicados a la agricultura y a la fabricación de loza.

Por su parte, la población económicamente activa de Tonalá, creció un 9.9% entre 1990 y el año 2000, al pasar de 46.6 a 56.5 %, ocupando el segundo lugar a nivel estatal y superada únicamente por Puerto Vallarta. Cabe recordar que la media estatal para el año 2000 fue de 52.6%.



De los numerosos ranchos que se desarrollaron en el siglo pasado, en el Municipio, sólo quedan los nombres con los que se identifican ahora varias de sus 32 delegaciones.

El crecimiento de la mancha urbana fue desplazando los campos de cultivo, y las tierras de pastar que servían de alimento al ganado, ahora están ocupadas por múltiples viviendas que albergan tanto a tonaltecas como a inmigrantes que han llegado de diferentes localidades a residir en este territorio.

A mediados del año 2009 el Consejo Estatal de Población proyectaba para el municipio de Tonalá una población de 457,268 habitantes. De acuerdo al censo de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), contabilizó una población de 478,689 habitantes en 2010.

Para Tonalá esta tendencia en su crecimiento poblacional, representará, según estos estimados, un total de 674 mil habitantes para 2030, que no es un crecimiento poco significativo pero que representa una estabilización en su patrón de crecimiento.

Tabla 1.1 *Crecimiento poblacional del municipio de Tonalá, Jal. 1990-2010.*

Año	Hombres	Mujeres	Población Total
1990	86,446.00	82,109.00	168,555.00
1995	137,597.00	134,260.00	271,857.00
2000	170,005.00	167,144.00	337,149.00
2005	207,070.00	201,659.00	408,729.00
2010	243,241.00	235,448.00	478,689.00

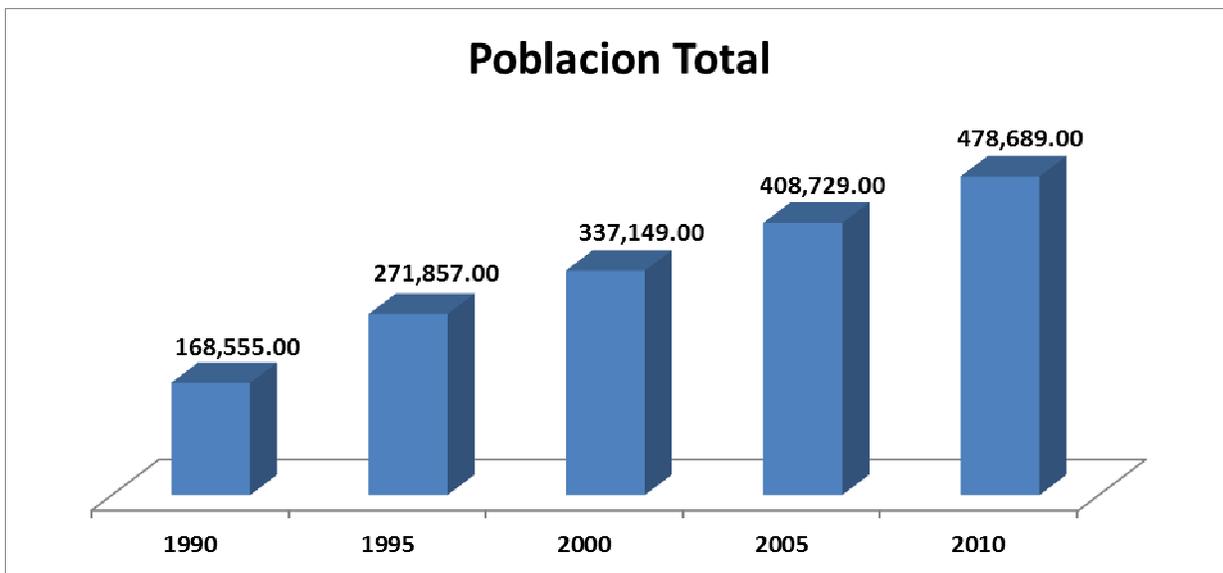


Figura 1.3 Incremento histórico de la población en Tonalá, Jal. 1990-2010.

1.1.4 Infraestructura vial

El municipio cuenta con 5 vialidades principales:

- 1.- Av. Río Nilo que comunica de oriente a poniente.
- 2.- Av. Tonalá que comunica de oriente a poniente.
- 3.- Prolongación Medrano que comunica de oriente a poniente.
- 4.- Prolongación Gigantes que comunica de oriente a poniente.
- 5.- Prolongación Pablo Valdés que comunica de oriente a poniente.

Durante las visitas que realizó el personal técnico de la SEMADES a la zona se registró el número de avenidas o calles que cuentan con cobertura de concreto hidráulico, asfalto o empedrado, con el fin de estimar la contribución de material particulado por resuspension.

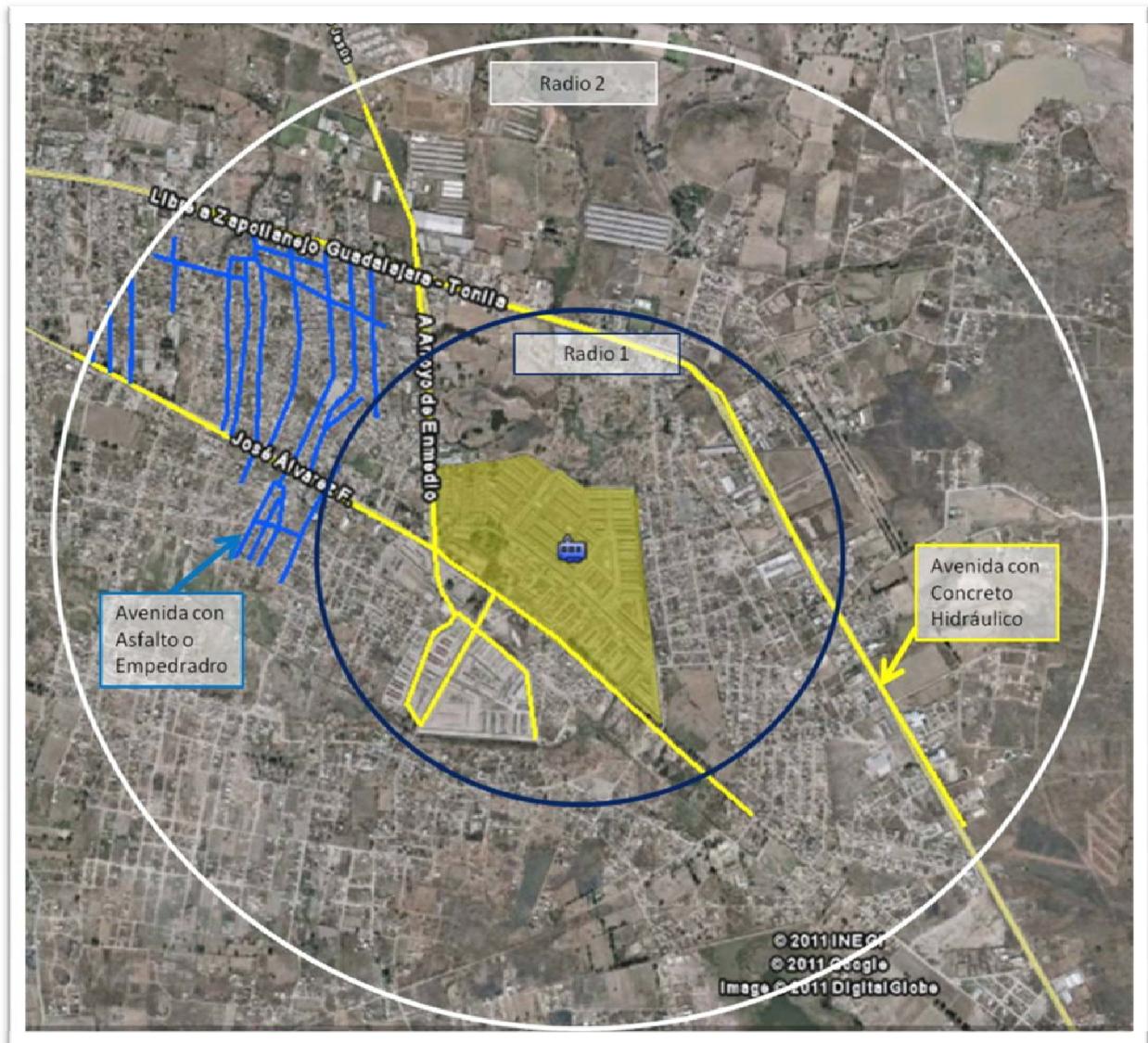


Figura 1.4 Principales avenidas en la zona de estudio.

1.1.5 Problemática ambiental

Existen varios problemas de tipo ambiental en el Municipio, este reporte se enfoca solamente a los temas relacionados con la contaminación atmosférica.



Tabla 1.1.5.1 Inventario de emisiones de Tonalá

Tipo de Fuente	PM10	PM2.5	SOX	CO	NOX	COV	NH3	Tot por fuente	% por fuente
Fuentes fijas	1.56	1.03	27.39	1.72	10.16	12.10	NE	53.970	0.02
Fuentes de área	6,651.60	6,161.58	599.63	47,649.02	827.31	14,783.45	1,324.13	77,996.73	23.07
Fuentes móviles	44.68	29.05	82.96	235,394.04	5,436.16	18,510.74	75.36	259,572.99	76.80
Biogenic as	NE	NE	NE	NE	133.86	367.66	NE	501.52	0.15
Total por contaminante	6,697.80	6,191.70	710.00	283,044.80	6,407.50	33,674.00	1,399.50	338,125.20	100
% por contaminante	1.981	1.831	0.210	83.710	1.895	9.959	0.414	100	

2. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

2.1 Descripción de la RAMAG

La ZMG ha presentado un acelerado ritmo de crecimiento de la población y se ha constituido en una región de intensa actividad industrial comercial, de turismo y cultura, que trae como consecuencia un aumento de las concentraciones de contaminantes. Se implementó a partir de 1993 la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, siendo hasta noviembre de 1995 que se cuenta con información ininterrumpida.

Como se puede observar en la Figura 2.1 la RAMAG cuenta con nueve estaciones fijas de monitoreo y una unidad móvil, ubicadas en los Municipios de: Guadalajara (4), Tlaquepaque (1), Tonalá (1), Zapopan (2). Además, cuenta con seis pantallas informativas, localizadas en lugares de alto flujo vehicular y de población: Guadalajara (3), Tonalá (1), y Zapopan (2).

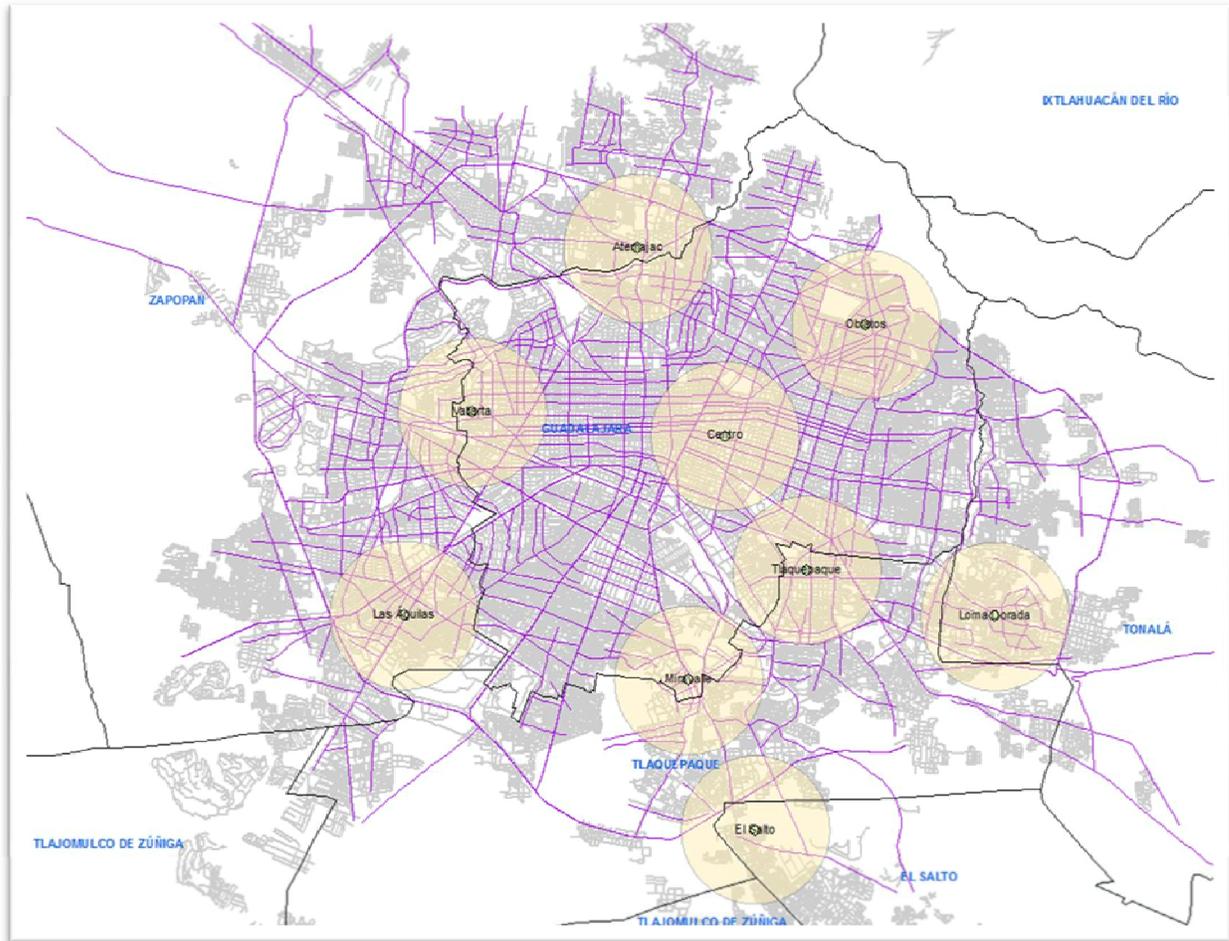


Figura 2.1 Ubicación de las Estaciones de Monitoreo de la ZMG

En el Municipio de Tonalá solamente se dispone de una estación de monitoreo, razón por la cual no es posible contar con datos que cubran la totalidad de la Entidad, debido a lo anterior la contaminación atmosférica que se presenta en la zona del Fraccionamiento Hacienda Real no es detectada por la RAMAG, lo que ha hecho necesario el uso de la unidad móvil.

Las estaciones de monitoreo de la calidad del aire son casetas cerradas que contienen analizadores para la medición de cinco diferentes contaminantes, sensores meteorológicos y sistemas para la adquisición y manejo de datos. Funcionan de manera continua y automática y su operación se supervisa desde un centro de cómputo. Cada una de las estaciones cuenta con equipos para el análisis de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), bióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃), partículas menores a 10 micras (PM₁₀) y partículas menores a 2.5 micras (PM_{2.5}). En todas las estaciones se miden las siguientes variables meteorológicas: velocidad, dirección de viento, humedad relativa y temperatura, salvo en la estación Las Pintas, en el Municipio de El Salto, que cuenta con tres sensores meteorológicos adicionales de presión barométrica,



precipitación pluvial y radiación solar. En la Tabla 2.1, se muestran los contaminantes y parámetros meteorológicos que miden las estaciones.

Tabla 2.1 *Contaminantes y parámetros meteorológicos en las estaciones de monitoreo*

Contaminante	Parámetros Meteorológicos
Ozono (O₃)	Velocidad del Viento (WSP)
Bióxido de Nitrógeno (NO₂)	Dirección del Viento (WDR)
Óxidos de Nitrógeno (NO_x)	Temperatura (TMP)
Monóxido de Carbono (CO)	Humedad Relativa (RH)
Bióxido de Azufre (SO₂)	Radiación Solar (<i>solamente en la Estación El Salto</i>)
Partículas menores a 10 micras (PM₁₀)	Precipitación (<i>solamente en la Estación El Salto</i>)

Para su funcionamiento, la red cuenta con un centro de control, donde se recibe y concentra la información de los analizadores y sensores ubicados en cada estación de monitoreo, desde donde se emiten los reportes de calidad del aire dirigidos a la población, medios de comunicación e instituciones gubernamentales.

2.2 Descripción de la Unidad Móvil.

A partir de Junio de 2009, como parte del proyecto de fortalecimiento de la RAMAG y con el fin de ampliar la cobertura del monitoreo atmosférico al interior del estado, se adquirió una Unidad Móvil (UM).



Figura 2.2 *Unidad móvil de monitoreo de SEMADES.*

La UM es una cabina cerrada y refrigerada, que funciona de manera automática. Está instalada sobre un chasis de 3.5 toneladas, lo que le permite desplazarse casi a cualquier punto que se requiera monitorear. Cuenta con analizadores de NOx, SO₂, CO, O₃, PM₁₀ y opcionalmente PM_{2.5}, así como sensores meteorológicos de velocidad del viento (WSP), dirección del viento (WDR), temperatura, humedad relativa, radiación solar, precipitación y presión barométrica.

Con la operación de la UM se realizan campañas de monitoreo atmosférico de puntos específicos, estableciendo posibles correlaciones entre las mediciones obtenidas y las fuentes contaminantes circundantes, ya sean fijas o móviles, como obra públicas, industrias, etc.



3. Descripción del estudio

3.1 Objetivo general

Medir la calidad del aire en el Fraccionamiento Hacienda Real, en el Municipio de Tonalá, Jalisco, con el fin de generar un instrumento de apoyo para la toma de decisiones a las autoridades ambientales Estatales y Municipales.

3.2 Objetivos específicos

- Conocer las concentraciones de contaminantes criterio y compararlos a los valores de las normas
- Establecer las correlaciones entre los niveles de contaminación y las diferentes fuentes de emisión establecidas en la zona
- Proponer acciones de reducción de emisiones contaminantes en la zona.

3.3 Ladrilleras

En el Estado de Jalisco el proceso para la elaboración, cocción y quema de piezas de ladrillo sigue siendo una actividad tradicional artesanal, sobresaliente en varios de los municipios del Estado, con más de 2,494 ladrilleras en Jalisco, mismas que generan miles de empleos directos e indirectos para las comunidades, así como una importante actividad económica para el mercado regional. De acuerdo a los datos proporcionados por la Dirección de Ecología del Municipio de Tonalá en el 2011 se tienen inventariadas 336 ladrilleras.

En materia de emisiones atmosféricas, las ladrilleras son consideradas como fuentes de área.

Los combustibles más utilizados en esta actividad son la leña y el diesel para el calentamiento de los hornos, aunque es posible que también se utilicen otros materiales como biomasa, basura, aceites gastados, solventes de desecho e incluso llantas. Los materiales empleados para la elaboración de ladrillo son barro, tepetate, estiércol y aserrín.

Los principales contaminantes atmosféricos generados en los hornos ladrilleros son el monóxido de carbono (*CO*), dióxido de carbono (*CO2*), compuestos orgánicos volátiles (*COV*), y el material particulado (*PM10 y PM2.5*), así como compuestos tóxicos como las dioxinas y furanos cuando se utilizan combustibles sintéticos.

La emisión de contaminantes en los hornos ladrilleros depende principalmente de los siguientes factores:

1. La composición de los residuos quemados del combustible
2. Diseño del horno y características del operador y condiciones de trabajo
3. Calidad y cantidad del aire utilizado
4. Tipo de inyección de aire



3.4 Descripción de actividades

A partir de Noviembre de 2010, cuando se recibió vía electrónica información de la problemática existente en la zona por parte de los colonos, se realizaron diversas acciones que se describen a continuación:

Fecha: 01 de Noviembre de 2010 - Primera reunión de trabajo.

Lugar: Oficinas del despacho SEMADES

Asistentes:

- David Alejandro Parra Romero, Director del Sistema de Monitoreo Atmosférico, SEMADES
- Ramiro Padilla, Director de Recursos Naturales, SEMADES
- Germán González Torrico, Subdirector de Ecología de Tonalá
- Beatriz Mercado Gutiérrez, Representante de la Empresa desarrolladora T&A y del Fraccionamiento Hacienda Real
- José Antonio Morales, Representante del Fraccionamiento Hacienda Real
- Luis Raymundo Hernández, Representante del Fraccionamiento Hacienda Real

Acuerdos:

- SEMADES instalará la estación de monitoreo móvil dentro del fraccionamiento
- Los vecinos se comprometen a proporcionar la vigilancia y cuidado de la estación móvil
- Se llevará a cabo una visita de campo para realizar el levantamiento de los hornos ladrilleros de la zona.

Fecha: 25 de Enero de 2011 – Segunda reunión de trabajo

Lugar: Dirección de Ecología del Ayuntamiento de Tonalá

Asistentes:

- Lic. Sugeil Fonseca Gómez y Ing. Germán González Tinoco, Ayuntamiento de Tonalá
- M. en C. David A. Parra Romero, Ing. Jorge Blanco y M. en C. Miguel Ángel Martínez Rico, SEMADES

Acuerdos:

- El Ayuntamiento de Tonalá, se comprometió a gestionar con los ladrilleros de la zona horarios escalados para las quemas y el uso exclusivo de madera como combustible.

3.4.1 Instalación de la UM

La UM se instaló del 22 de febrero de 2011 y hasta el 4 de mayo del 2011, con un total de 72 días. Se tomó la decisión de medir tanto PM10 como PM2.5, sin embargo, por limitantes en el equipamiento de la UM, estas mediciones se tuvieron que alternar: del 22 de febrero al 17 de marzo se midió PM10 y del 18 de marzo al 4 de mayo PM2.5.



Figura 3.1 *Instalación de la UM, 22 de Febrero de 2011*

En la Figura 3.2 se muestra la ubicación del Fraccionamiento Hacienda Real y la distancia aproximada entre el mismo y las estaciones fijas más cercanas.

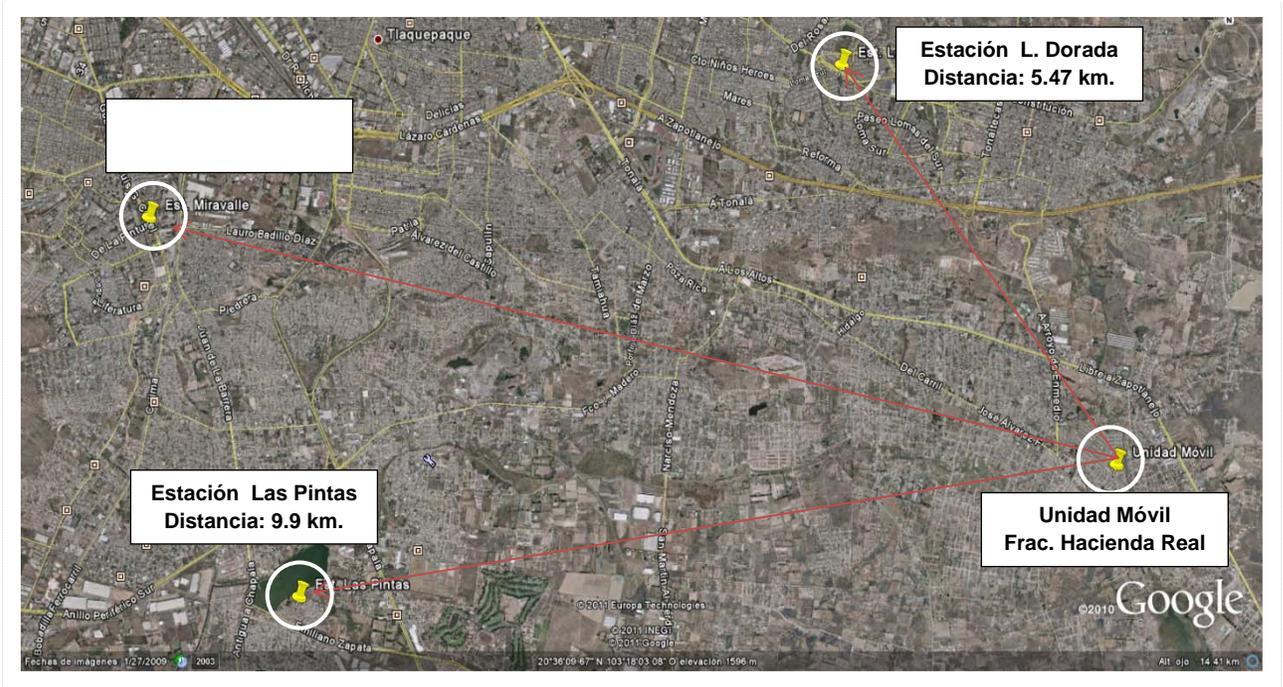


Figura 3.2 Distancias aproximadas a las Estaciones más cercanas.

3.4.2 Visitas de campo

Se estableció un área de estudio la cual fue dividida en dos áreas: Radio de Influencia 1 y 2. La zona denominada Radio 1 considera una superficie de 3.14 km² a partir de la ubicación de la estación móvil de la SEMADES ubicada en el Fraccionamiento Hacienda Real.

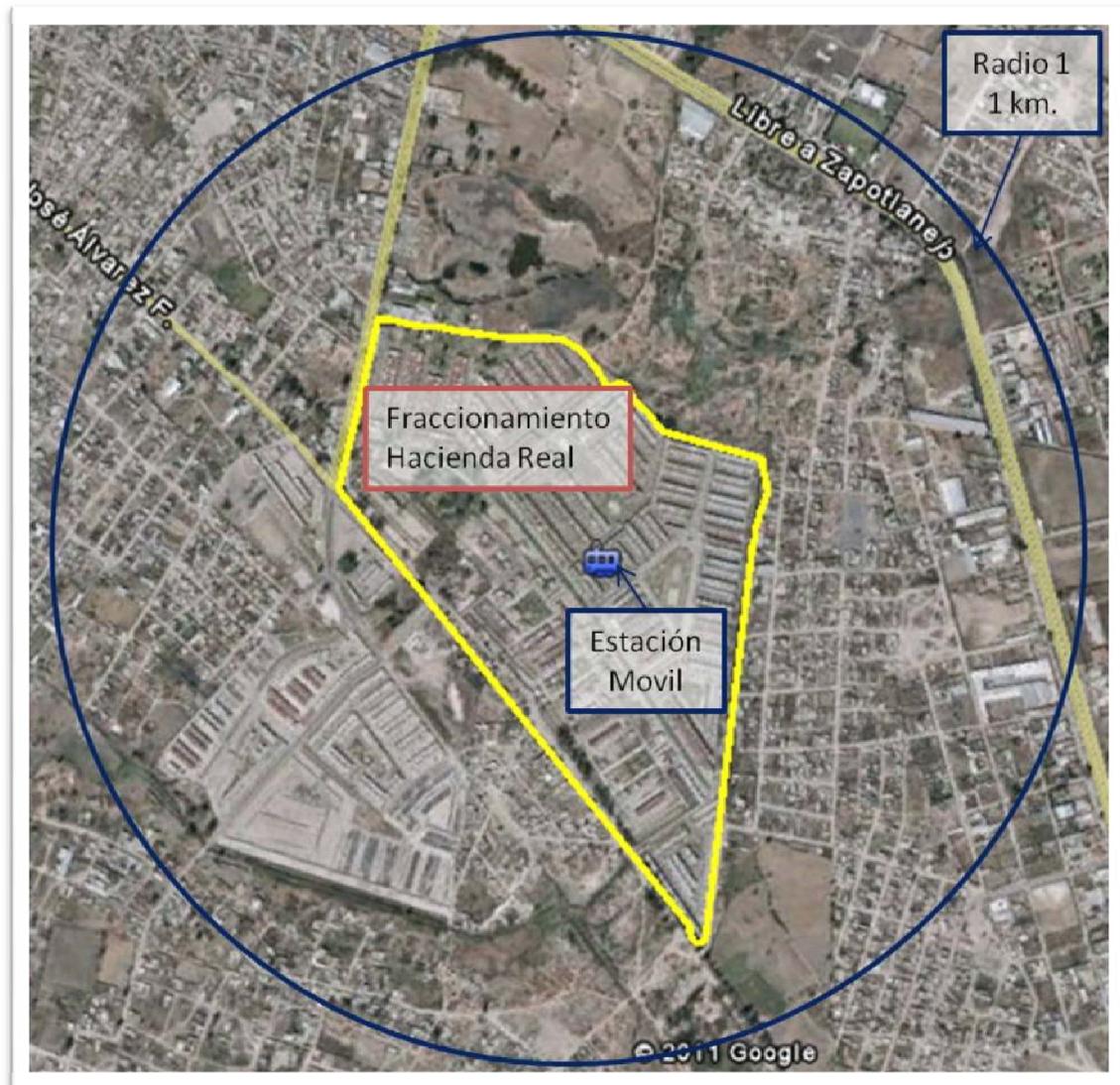


Figura 3.3 Delimitación del Radio 1 en la zona de estudio.

La zona denominada Radio 2 considera una superficie de 12.56 km² a partir de la ubicación de la estación móvil de la SEMADES ubicada en el Fraccionamiento Hacienda Real.

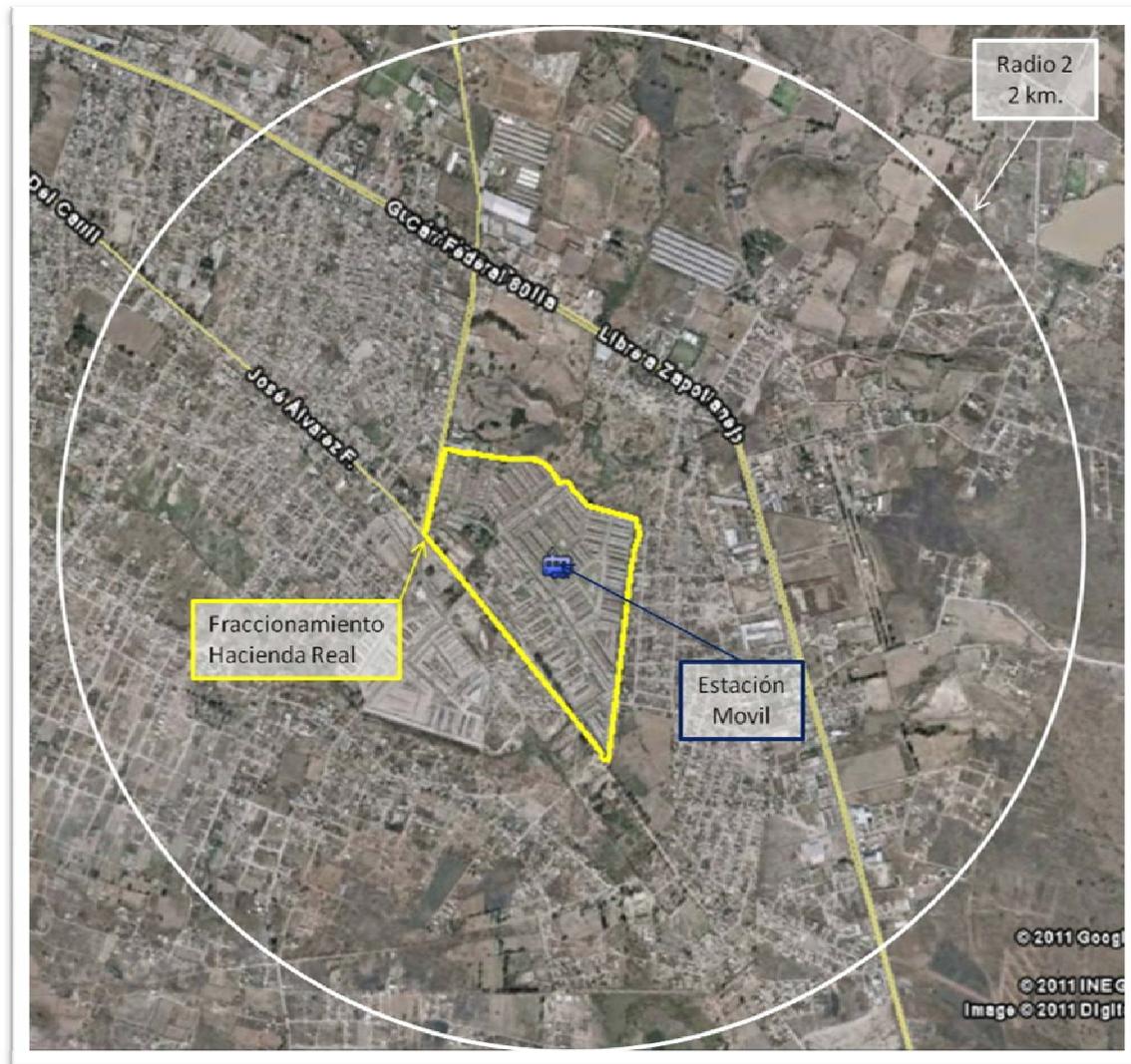


Figura 3.4 Delimitación del Radio 1

Como parte de los acuerdos derivados de la reunión del primero de Noviembre, se llevó a cabo la primer visita de campo el día 8 de marzo de 2011, participando personal de la Dirección de Ecología del Ayuntamiento, personal técnico de la Dirección de Monitoreo Atmosférico de la SEMADES y representantes de la Asociación de colonos del Fraccionamiento Hacienda Real, con la finalidad de hacer un levantamiento de las ladrilleras instaladas en los alrededores del fraccionamiento.

Posteriormente a esta visita, se realizó un segundo recorrido por parte de personal técnico de la SEMADES el día 03 de Agosto de 2011, con el fin de ubicar fuentes puntuales y de área, así como un levantamiento de las vialidades pavimentadas, que puedan contribuir a la emisión de contaminantes a la atmosfera.



3.4.2.1 Inventario de fuentes de emisión en la zona de estudio.

A fin de identificar el origen de las emisiones a nivel local, se desarrolló un inventario por tipo de fuente, considerando: fuentes móviles, fuentes puntuales, fuentes de área y fuentes erosivas.

Fuentes móviles.- Rutas de transporte público que circulan en la zona y un estimado del número de vehículos particulares de acuerdo al número de familias asentadas en el área.

Fuentes puntuales.- Empresas de jurisdicción Estatal y Federal, así como el resultado del levantamiento (segunda visita de campo).

Fuentes de área.- Información de padrón y licencias del H. Ayuntamiento de Tonalá, base de datos del *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas* (DENUE) del INEGI, y resultado del levantamiento (segunda visita de campo).

Fuentes erosivas.- Levantamiento de vialidades pavimentadas y caminos no pavimentados (segunda visita de campo).

Tabla 3.1 *Inventario de fuentes de emisión en la zona de estudio.*

Tipo de fuente	Número	Observaciones
Móviles	160 Unidades de transporte público 15,000 Vehículos particulares	Se consideró 4 rutas de transporte público registradas en OCOIT y un promedio de un vehículo por familia (15,000 familias)
Puntuales	Ninguna	No se tienen registradas industrias en la zona y tampoco se encontraron en el levantamiento de la segunda visita.
Área	33 Establecimientos (ver Tabla 3.2)	De los 237 establecimientos registrados en las bases consultadas, solamente se encontraron 33 en funcionamiento en el levantamiento de la segunda visita.
Erosivas	99.1 km de vialidades sin pavimentar (86.2% del total)	La longitud total de vialidades en la zona de estudio es de 114.3 km. De esto solo 15.82 km tienen cobertura de concreto hidráulico o empedrado.
Ladrilleras	115 hornos ladrilleros	De acuerdo al levantamiento de la primera



GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.

visita.



Con base en el análisis de las fuentes móviles, se observó que los vehículos particulares de la zona no circulan al interior de la misma en el transcurso del día (de las 8 a las 19 hrs.) y la noche (de las 21 a las 6 hrs.); encontrándose que más del 90% de los mismos se utilizan para trasladarse fuera de la zona durante las primeras horas de la mañana (6–8 hrs.), regresando entre las 19–21 hrs. Esta información fue reportada por la Asociación de Colonos del Fraccionamiento Hacienda Real.

La contribución de emisiones de los vehículos particulares en la zona genera contaminantes como el CO, NOX, HCT, COVS, CO₂, SO₂ y material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}). Derivado de lo anterior se deduce, que la contribución de este tipo de fuentes no es significativa para los contaminantes que superaron los niveles establecidos por las Normatividad en la materia.

Respecto al transporte público, a pesar de que generan material particulado por el uso de diesel, el número de rutas que circulan por la zona no genera una contribución significativa de este tipo de contaminantes.

En el caso de las fuentes puntuales, al no encontrarse industrias en materia de atmosfera dentro de la zona, se puede descartar como fuente de emisión de contaminantes.

Respecto a las fuentes erosivas, se encontró con base en el levantamiento de la segunda visita de campo, un total de 414 km de vialidades en la zona, de las cuales 15.82 km (86.2%), se encuentran sin pavimentar (concreto hidráulico, asfalto o empedrado). Las vialidades sin pavimentar pueden contribuir a la emisión de material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), dependiendo de las condiciones meteorológicas (velocidad y dirección de viento, humedad, precipitación y temperatura). Si bien la erosión eólica por vialidades no pavimentadas en la zona contribuye a la resuspension de material particulado, los horarios en los cuales se presentaron los picos más altos de PM₁₀ y PM_{2.5} en el periodo de estudio, no coincide con: 1) La actividad de las fuentes móviles en la zona y 2) Los factores meteorológicos registrados durante estos episodios.

Para las fuentes de área, se identificaron 11 giros comerciales o actividades en la zona que pueden ser emisores de partículas en la zona.



Tabla 3.2 *Número de establecimientos registrados por giro para las fuentes de área, en la zona de estudio.*

Giro	Número
Cantera	9
Carpintería	36
Fabricas	27
Herrerías	50
Materiales para construcción	26
Molinos de Barro	10
Molinos de Nixtamal	11
Restaurant	25
Tortillerías	36
Venta de Pollos Rostizados	2
Vidrio Soplado	5
Total	237

Con base en el inventario de establecimientos registrados en la zona, se procedió a confirmar que dichos establecimientos se encontraran en operación (segunda visita de campo). Solo se encuentran activos 33 de los 237 giros registrados (14%).



Tabla 3.3 *Número de establecimientos encontrados por giro para las fuentes de área, en la zona de estudio.*

Giro o Actividad	No.
Carpintería	1
Tortillerías	7
Herrería	5
Venta de Pollos al Carbón	6
Fábrica de Macetas de Barro	6
Restaurantes	5
Materiales para construcción	3
Total	33

De los 33 establecimientos descritos en la tabla anterior, el giro restaurantero, por sus dimensiones y la cantidad de combustible que quema (leña), representa la mayor fuente de emisión de contaminante a la atmosfera. Los demás giros además de pequeña escala, emplean diversos combustibles como el gas L.P. y carbón.

Por lo anterior, podemos deducir que la contribución de contaminantes por parte de las fuentes de área ubicadas en la zona, no es significativa.

3.4.2.2 Ubicación geográfica de hornos ladrilleros



El levantamiento de los hornos ladrilleros se realizó mediante un recorrido a pie en las calles aledañas del fraccionamiento ubicando las ladrilleras que se encuentran asentadas en las cercanías del centro urbano, de cada ladrillera se registraron las coordenadas geográficas mediante un GPS de marca Garmin modelo Etrex. Junto con la georeferenciación de las ladrilleras se levantó un registro fotográfico de las mismas para tener un panorama general de las condiciones en las que se desarrolla la actividad de la fabricación del ladrillo que se muestra en el Anexo 1 de este documento.

Se identificó un área de estudio la cual fue dividida en dos: Radio de Influencia 1 y 2 (Figura 3.5):

- Radio 1: Un kilómetro a partir de la ubicación de la estación de monitoreo móvil de la SEMADES.
- Radio 2: Dos kilómetros a partir de la ubicación de la estación de monitoreo móvil de la SEMADES.

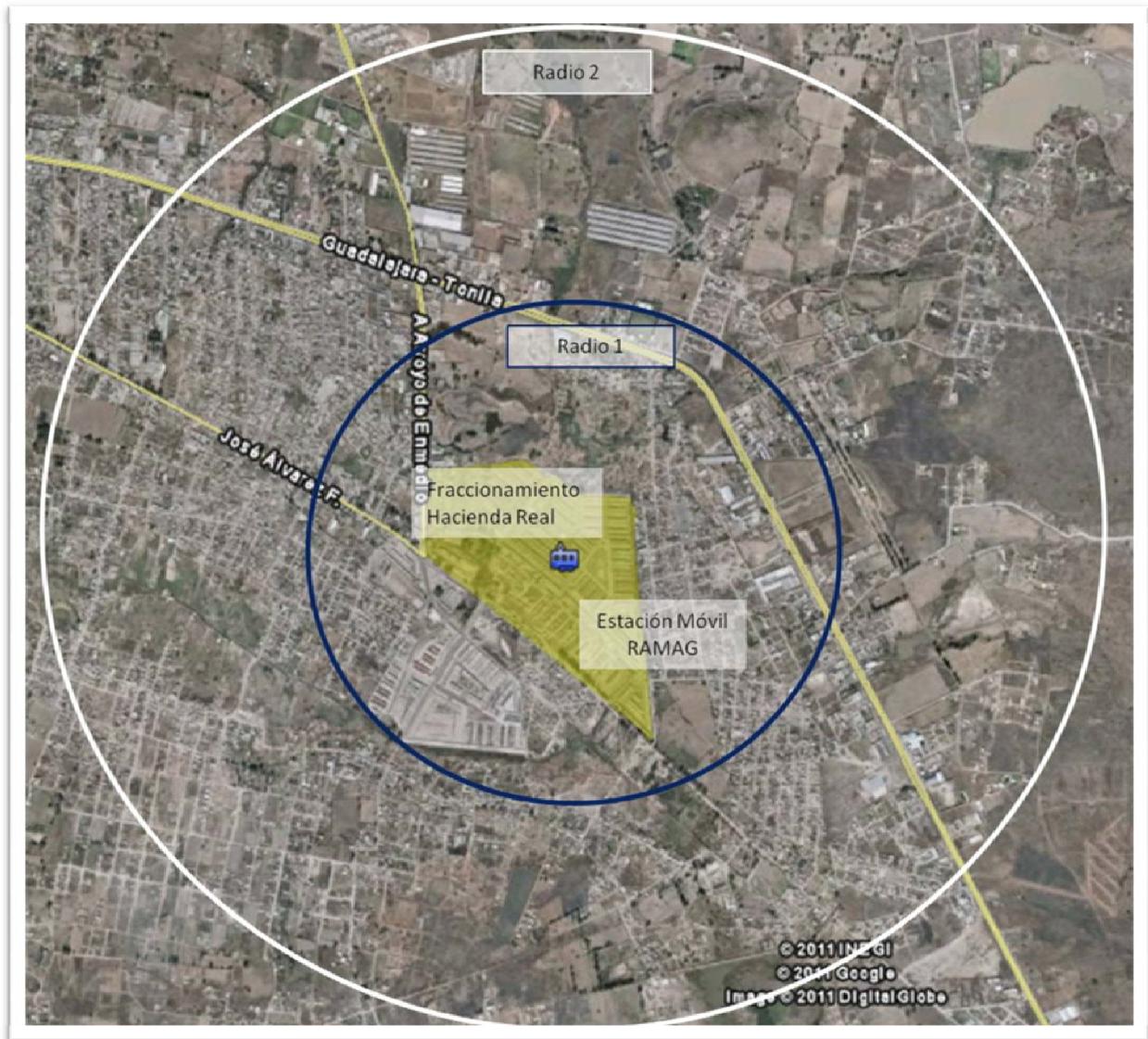


Figura 3.5 Radios de influencia directa e indirecta.

Dentro del Radio 1 (Figura 3.6) se registraron un total de 81 hornos ladrilleros, esta es la zona más cercana al fraccionamiento por lo que podría considerarse de ser las responsables de las afectaciones a la calidad de vida de los habitantes de la zona, los hornos ladrilleros más cercanos se encuentran a 150 y 180 a metros respectivamente del ingreso al fraccionamiento.

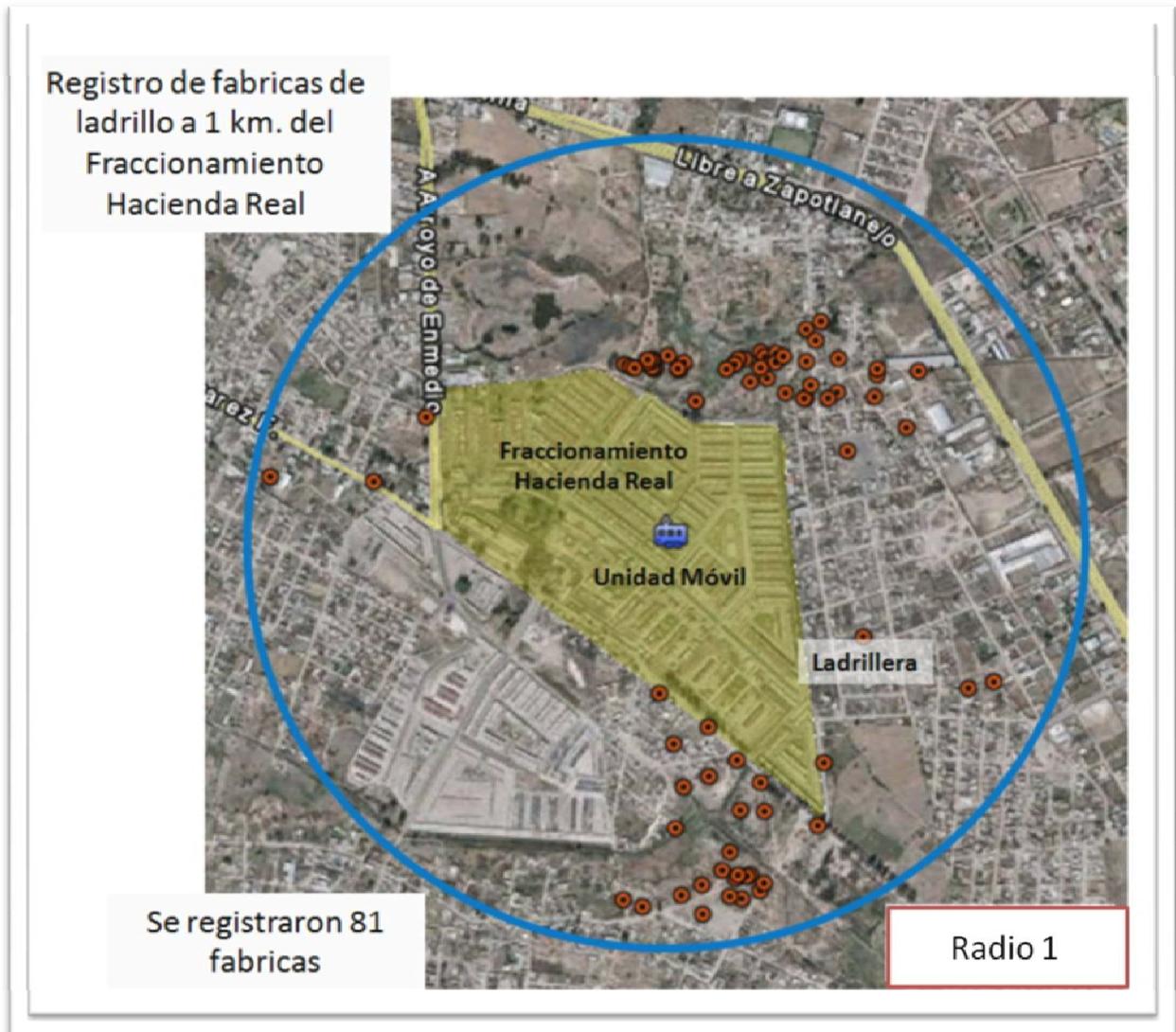


Figura 3.6 Ubicación de hornos ladrilleros en la zona de influencia directa

En el Radio 2 (Figura 3.7) se registraron 74 hornos ladrilleros, a pesar de encontrarse más alejada de la zona del fraccionamiento, se detectó que estas son las que más producción de ladrillo tienen por lo que podría considerarse que son las que tienen mayor contribución a la emisión de contaminantes en la zona.

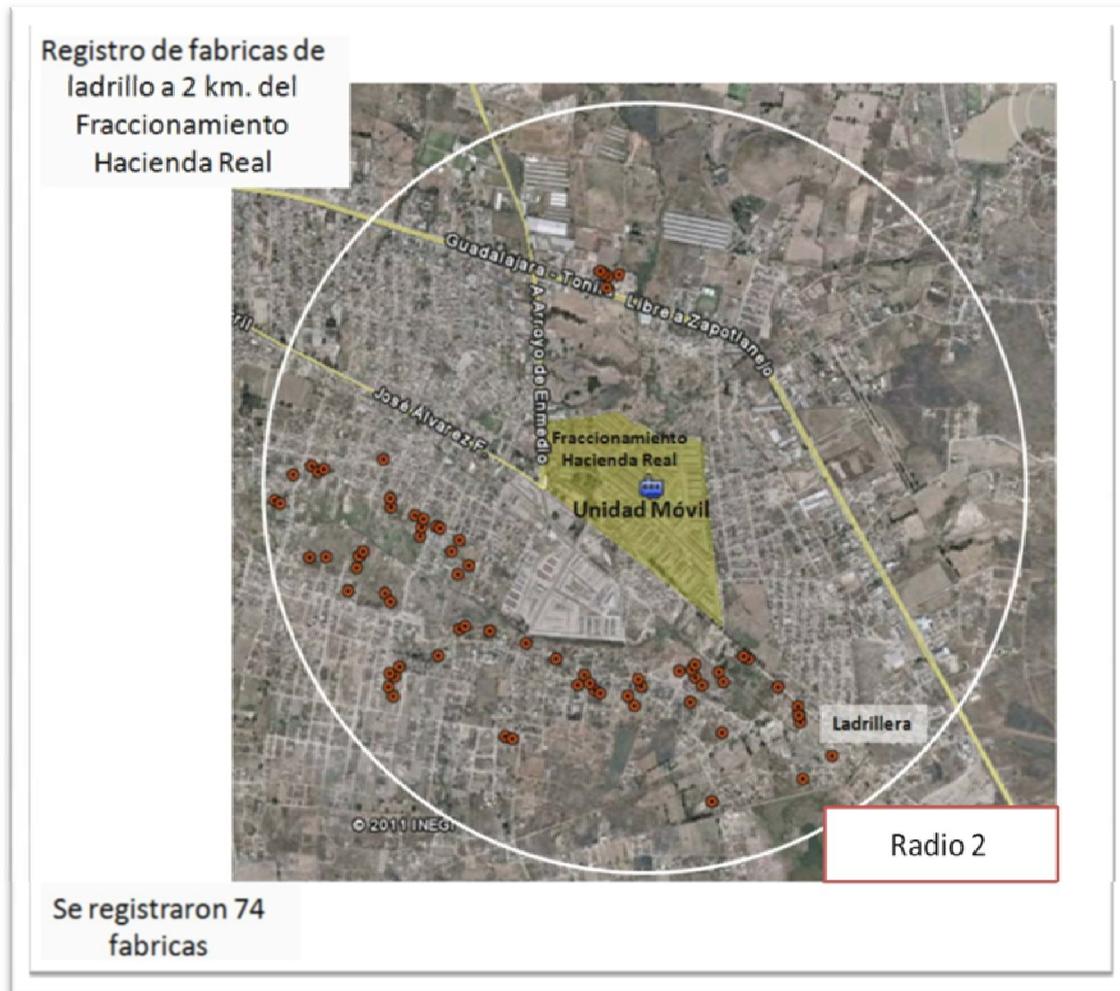


Figura 3.7 Ubicación de hornos ladrilleros en la zona de influencia indirecta

La zona con más concentración de hornos ladrilleros es al sur del fraccionamiento, teniendo un total de 100 hornos, lo que representa el 64 % del total de los 155 hornos ladrilleros (Figura 3.8).

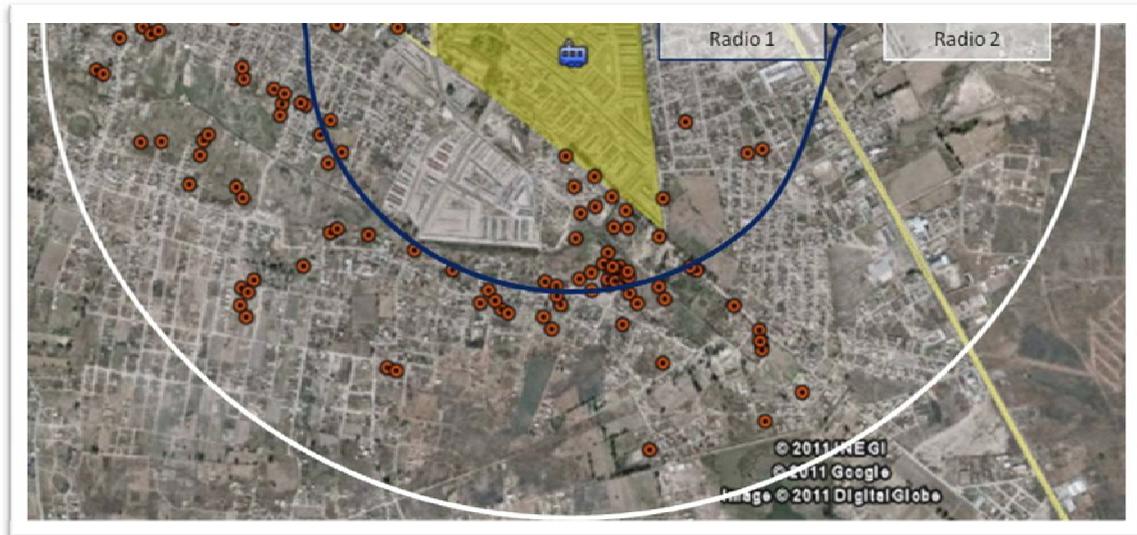


Figura 3.8 Concentración de hornos ladrilleros en la zona sur

3.4.2.3 Ubicación geográfica planteles escolares

Dentro del Radio 2 se localizan 26 centros escolares, de los cuales 12 son de nivel preescolar y 14 de nivel primaria. La población infantil que se encuentra expuesta a respirar los contaminantes que son producidos en la zona, con base a los datos que Secretaría de Educación Jalisco (SEJ) nos brinda es de **7,040 niños** durante el ciclo escolar 2010-2011. (Figura 3.9).

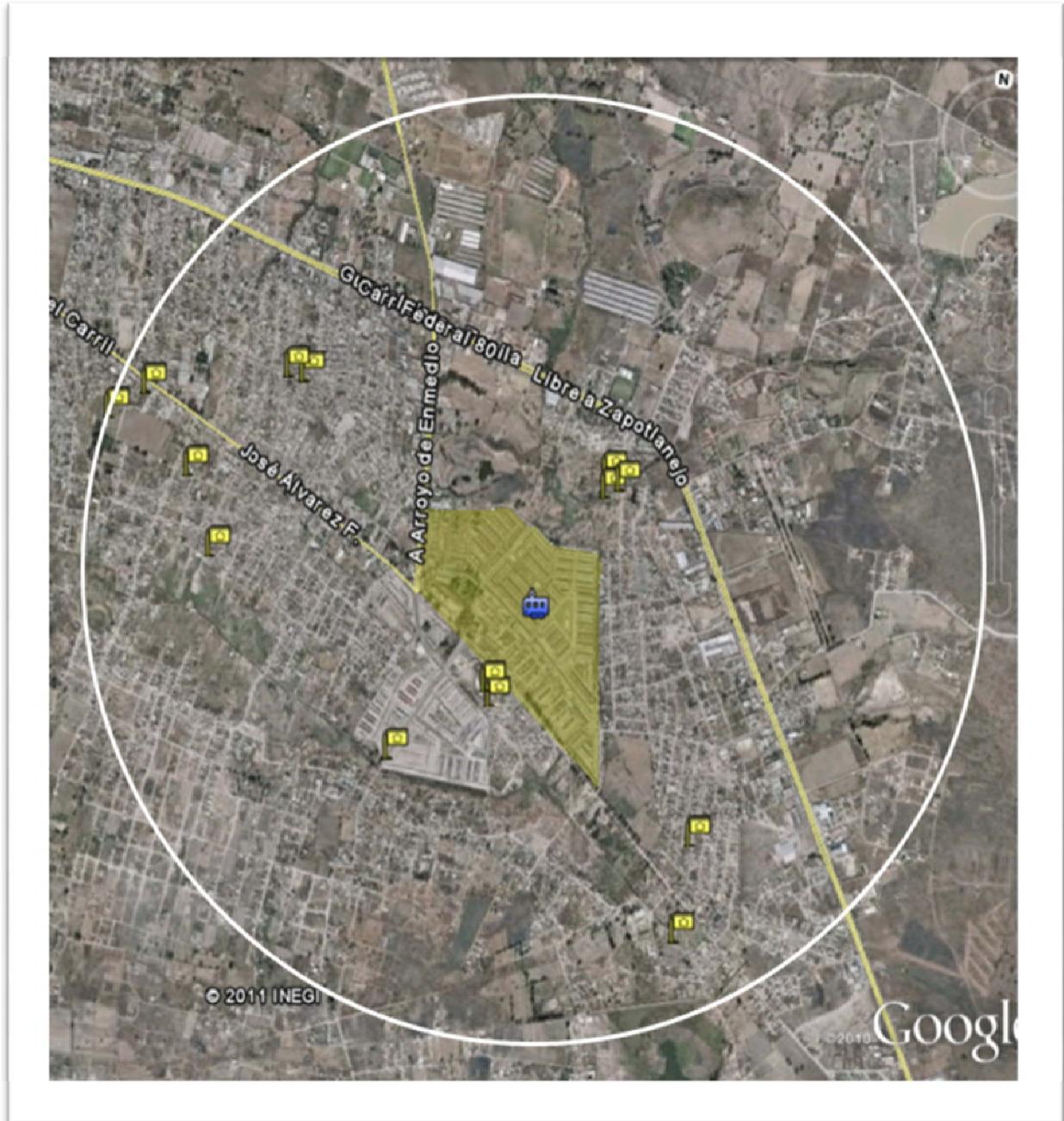


Figura 3.9 Centros escolares dentro del radio 2

La investigación que se realizó sobre la información de la población escolar en la zona se determinó en base a los datos que SEJ nos brinda y se presenta a continuación en el desglose siguiente:

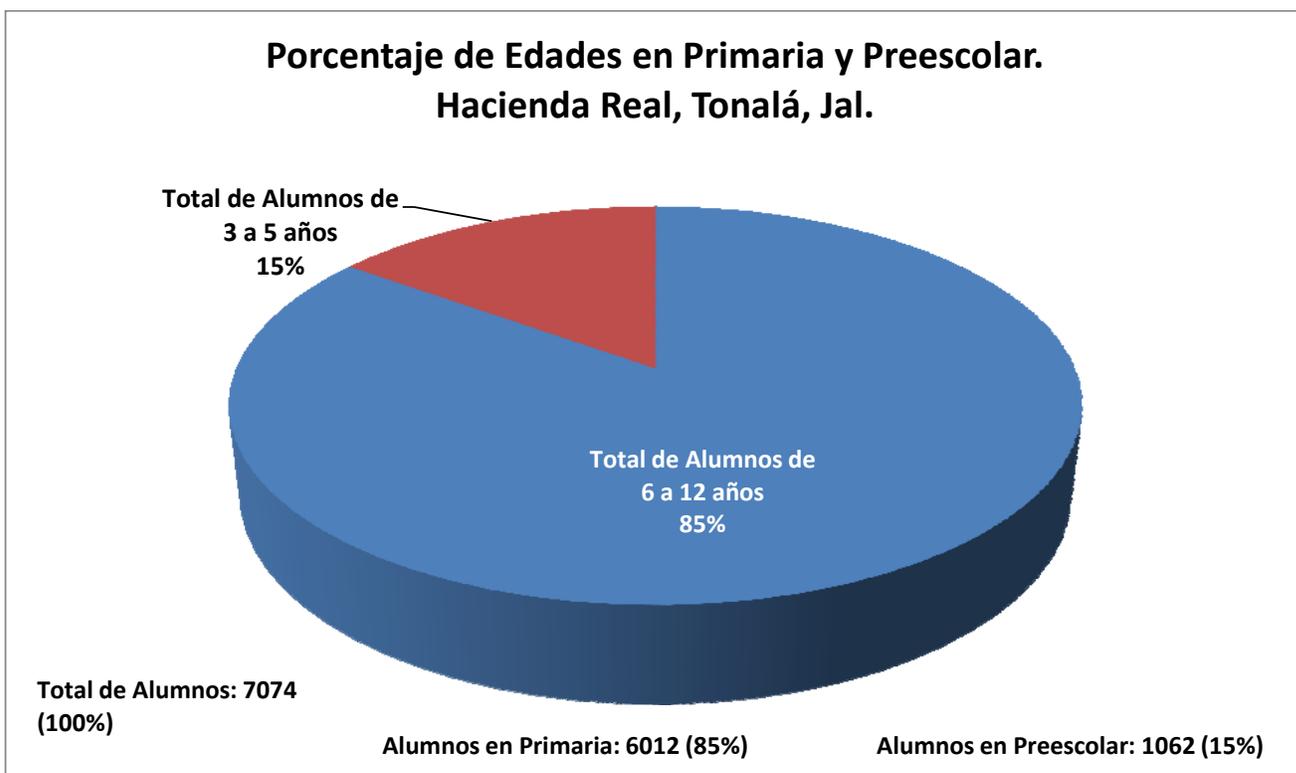


Figura 3.8 Gráfica de los centros escolares dentro de la zona de y su porcentaje total de alumnos en cada rubro.

Tabla 3.4 Listado de planteles escolares en la zona de estudio.

Nombre del Plantel.	Nivel de Escolaridad	Alumnos	GRUPOS	EDADES
JULIO VERNE	PREESCOLAR GENERAL	137	4	3 a 5
BENITO JUAREZ	PREESCOLAR GENERAL	76	3	3 a 5
JULIO VERNE	PREESCOLAR GENERAL	76	3	3 a 5
MEXICO	PREESCOLAR GENERAL	171	5	3 a 5
MEXICO	PREESCOLAR GENERAL	152	5	3 a 5



BENITO JUAREZ	PREESCOLAR GENERAL	69	3	3 a 5
AMADO NERVO	PREESCOLAR GENERAL	80	3	3 a 5
JAIME TORRES BODET	PREESCOLAR GENERAL RURAL (PROMOTOR TECNICO)	32	3	3 a 5
JOSE MA MORELOS Y PAVON	PRIMARIA GENERAL	239	9	6 a 12
RAFAEL RAMIREZ	PRIMARIA GENERAL	567	16	6 a 12
JUAN F SEVILLA	PRIMARIA GENERAL	242	6	6 a 12
LUIS GARCIA NAVARRO	PRIMARIA GENERAL	357	10	6 a 12
BENITO JUAREZ	PRIMARIA GENERAL	643	15	6 a 12
JOSE MARTI	PRIMARIA GENERAL	607	14	6 a 12
JOSE MA MORELOS Y PAVON	PRIMARIA GENERAL	407	12	6 a 12
TATA LAZARO	PRIMARIA GENERAL	484	12	6 a 12
IGNACIO M ALTAMIRANO	PRIMARIA GENERAL	542	13	6 a 12
EMILIANO ZAPATA	PRIMARIA GENERAL	523	13	6 a 12
MARIANO AZUELA	PRIMARIA GENERAL	211	6	6 a 12
VALENTIN GOMEZ FARIAS	PRIMARIA GENERAL	408	11	6 a 12



AGUSTIN YAÑEZ	PRIMARIA GENERAL	292	8	6 a 12
RAMON CORONA	PRIMARIA GENERAL	490	13	6 a 12
TLAMACHTILKAL LI	PREESCOLAR GENERAL	150	5	3 a 5
JUVENTINO ROSAS	PREESCOLAR GENERAL	82	4	3 a 5
CAIC LA LADRILLERA	PREESCOLAR GENERAL	10	3	3 a 5
SALVADOR DALI	PREESCOLAR GENERAL	27	2	3 a 5
TOTAL de Alumnos.		7074		

4. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la información de meteorología y calidad del aire, así como el análisis de los mismos.

4.1 *Tabla general de resultados*

En la Tabla 4.1 se muestra un concentrado de información donde podemos observar el número de días muestreados por contaminante, el promedio del periodo en IMECA, número de días fuera de norma y el nivel IMECA máximo registrado, entre otros.

Tabla 4.1 *Tabla general de resultados de calidad del aire (IMECAS)*

PARÁMETRO	O3	NO2	CO	SO2	PM10	PM2.5
Nº de Días Muestreados	74	74	74	74	24	48
Nº de Días con valores arriba de 100 IMECA	8	0	0	0	20	47
Porcentaje de días arriba de 100 IMECAS	11%	0%	0%	0%	83%	100%
Nº de Días con Valores arriba de	0	0	0	0	5	24



150 IMECA						
Nº de Días con Valores arriba de 250	0	0	0	0	0	0
Nivel IMECA Máximo registrado	125	36	25	6	178	162
Nivel IMECA Mínimo registrado	1	1	2	2	22	88

Normas

NOM - 020 - SSA1 - 1993 → Límite máximo permisible 0.110 ppm, promedio horario. O₃

NOM - 023 - SSA1 - 1993 → Límite máximo permisible 0.21 ppm, promedio horario. NO₂

NOM - 021 - SSA1 - 1993 → Límite máximo permisible 11.00 ppm, promedio móvil de 8 horas. CO

NOM - 022 - SSA1 - 1993 → Límite máximo permisible 0.13 ppm, promedio de 24 horas. SO₂

NOM - 025 - SSA1 - 1993 → Límite máximo permisible 120 µg/m³, promedio de 24 horas y 50 µg/m³ promedio anual. PM₁₀

NOM - 025 - SSA1 - 1993 → Límite máximo permisible 65 µg/m³, promedio de 24 horas y 15 µg/m³ promedio anual. PM_{2.5}

Unidades en las que se está reportando la información en concentración para posteriormente procesarlas y obtener los Imecas.

- O₃ → Partes por millón (ppm)
- NO₂ → Partes por millón (ppm)
- CO → Partes por millón (ppm)
- SO₂ → Partes por millón (ppm)
- PM₁₀ → Microgramos por Metro Cúbico (µg/m³)
- PM_{2.5} → Microgramos por Metro Cúbico (µg/m³)



4.2 Análisis Meteorológico

El análisis meteorológico considera las siguientes variables: temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento. A continuación se muestran las gráficas que describen los valores de temperatura máxima, mínima y promedio, humedad relativa máxima, mínima y promedio, así como la de velocidad del viento máxima y promedio. En el caso de la intensidad de viento, se incluye adicionalmente una tabla con la clasificación de Beaufort.

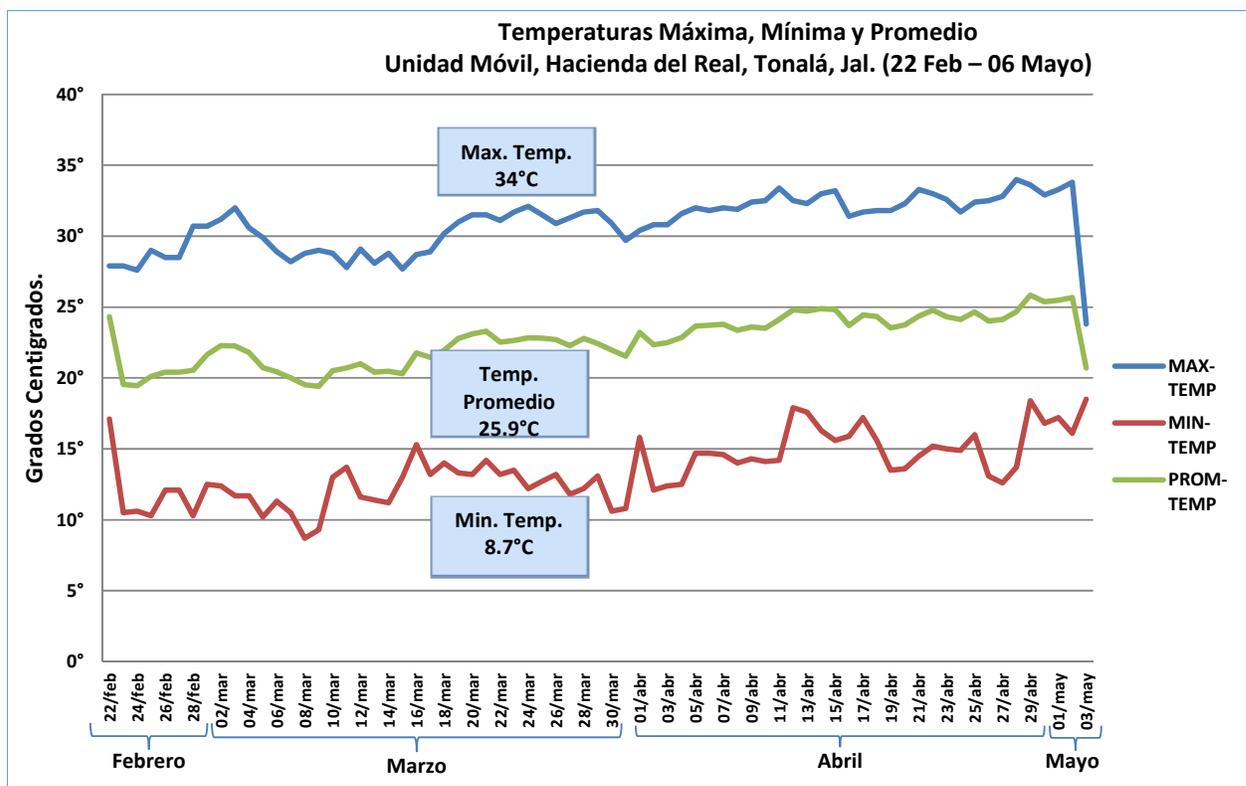


Figura 4.1 Niveles de temperatura máximos, mínimos y promedio.

Los valores de temperatura máxima y mínima que se presentaron durante el periodo de estudio muestran un margen de temperatura muy amplio, con valores mínimos que llegaron a los 8°C y máximos de 34°C, lo cual favorece la presencia de inversiones térmicas durante la noche y madrugada. Las inversiones térmicas, que se presume son severas en esta zona, se rompen después de las 11 horas, lo cual impide la dispersión de los contaminantes generado durante la tarde, noche y madrugada.

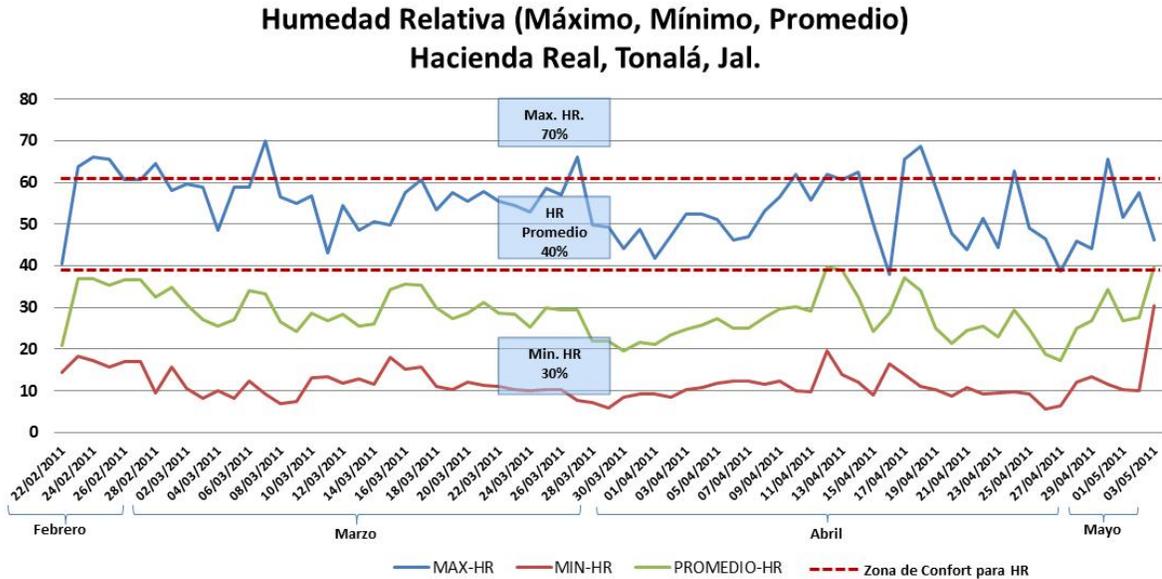


Figura 4.2 Niveles de humedad relativa máximos, mínimos y promedio.

La Figura 4.2 muestra como la humedad relativa promedio durante todo el periodo está por debajo de la zona de confort (40% a 60%), siendo los valores máximos los que se encuentran dentro de estos parámetros. Lo anterior muestra que predomina un ambiente seco.

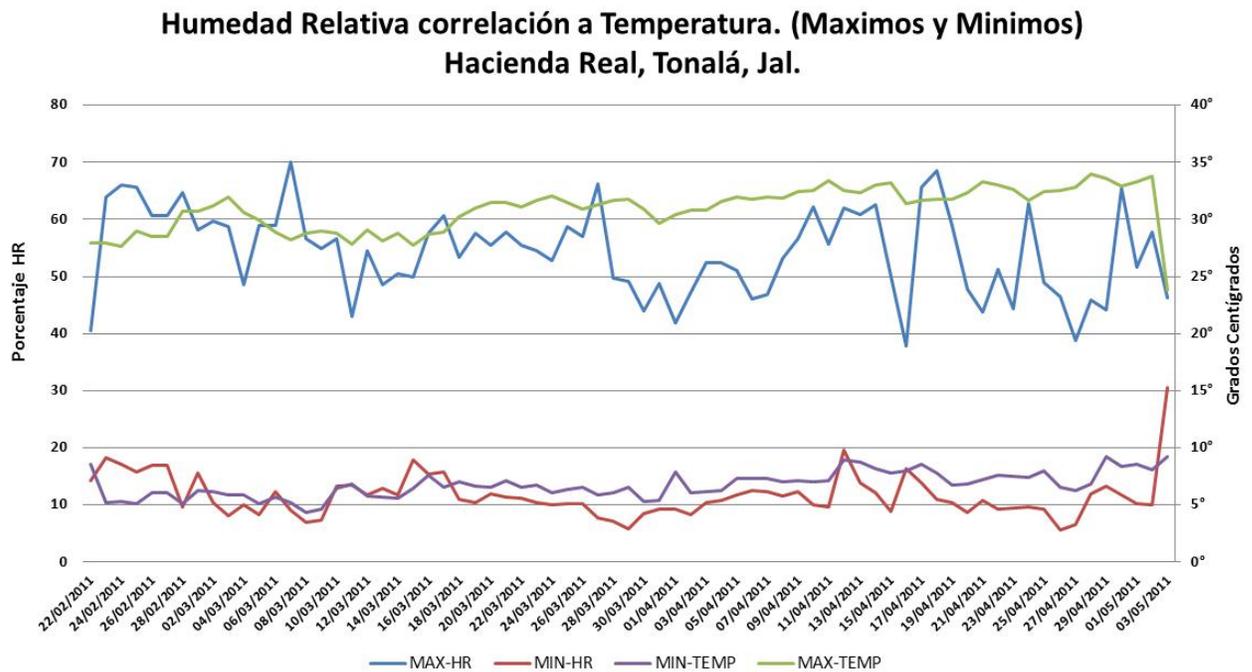


Figura 4.3 Relación entre los valores de humedad relativa y temperatura.



Se puede apreciar como existe una relación directa entre la temperatura y la humedad relativa, a mayor temperatura menor humedad y viceversa. De manera general, durante todo el periodo, los valores de humedad relativa son muy bajos, permaneciendo por debajo de la zona de confort (40-60% de humedad), esto puede tener repercusiones directas en la resequead en las vías respiratorias, lo cual genera condiciones favorables para la presencia o el agravamiento de enfermedades del sistema respiratorio.

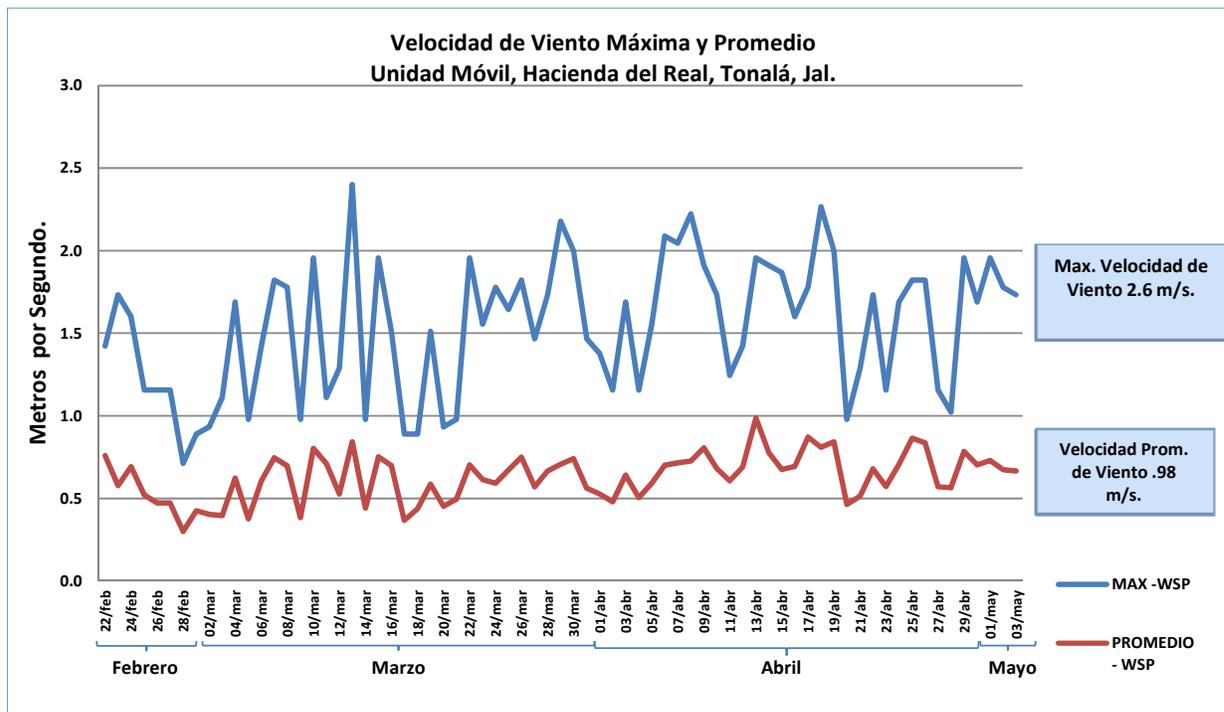


Figura 4.4 Velocidad de viento máxima y promedio.

La velocidad de viento promedio durante el periodo estuvo por debajo de 1 m/s, lo cual nos indica que no existieron condiciones favorables para la dispersión de los contaminantes. Si comparamos estos valores con los reportados en las demás estaciones de la RAMAG en las mismas fechas, encontramos que la velocidad del viento en la ZMG es 90% mayor.

En la escala de Beufort, valores menores a 1 m/s, representan un viento en calma. Este tipo de condiciones reduce la posibilidad de inducir la erosión eólica; es decir que, a pesar de que existe una gran área en la zona desprovista de vegetación y/o pavimentación, la resuspensión de material particulado es mínima.



Tabla 4.2 *Análisis de velocidad del viento*

Valor Escala Beaufort	Nombre Escala Beaufort	Velocidad en m/s
0	Calma	0 – 0.2
1	Ventolina	0.3 – 1.5
2	Brisa muy débil	1.6 – 3.3
3	Brisa débil	3.4 – 5.4

4.3 Análisis de calidad del aire

El análisis considera 6 contaminantes criterio, de los cuales sólo el ozono, las PM10 y las PM2.5 fueron las que superaron los límites máximos permisibles establecidos en las NOM de calidad del aire.

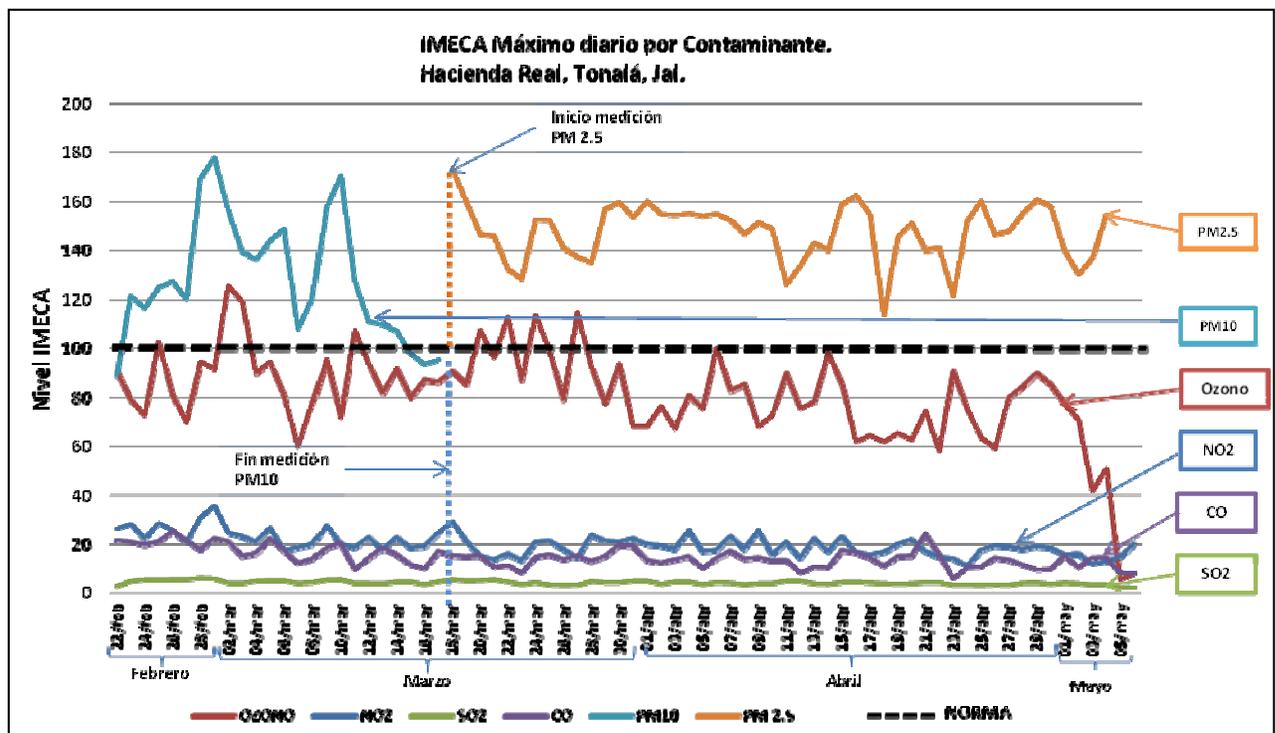


Figura 4.5 *IMECA máximo diario para todos los contaminantes*

La Figura 4.5 muestra los niveles IMECA máximos registrados por contaminante en todo el periodo. Para el caso del O3 se aprecia como rebaso la norma por 8 días (11%), de un total de 74 días muestreados. Sin embargo, en el caso del material particulado se puede observar que los niveles registrados fueron muy elevados. De 24 días muestreados, el



PM10 rebaso la norma por 20 días (83%), mismo caso del PM2.5, que rebaso la norma en el 100% de los días muestreados.

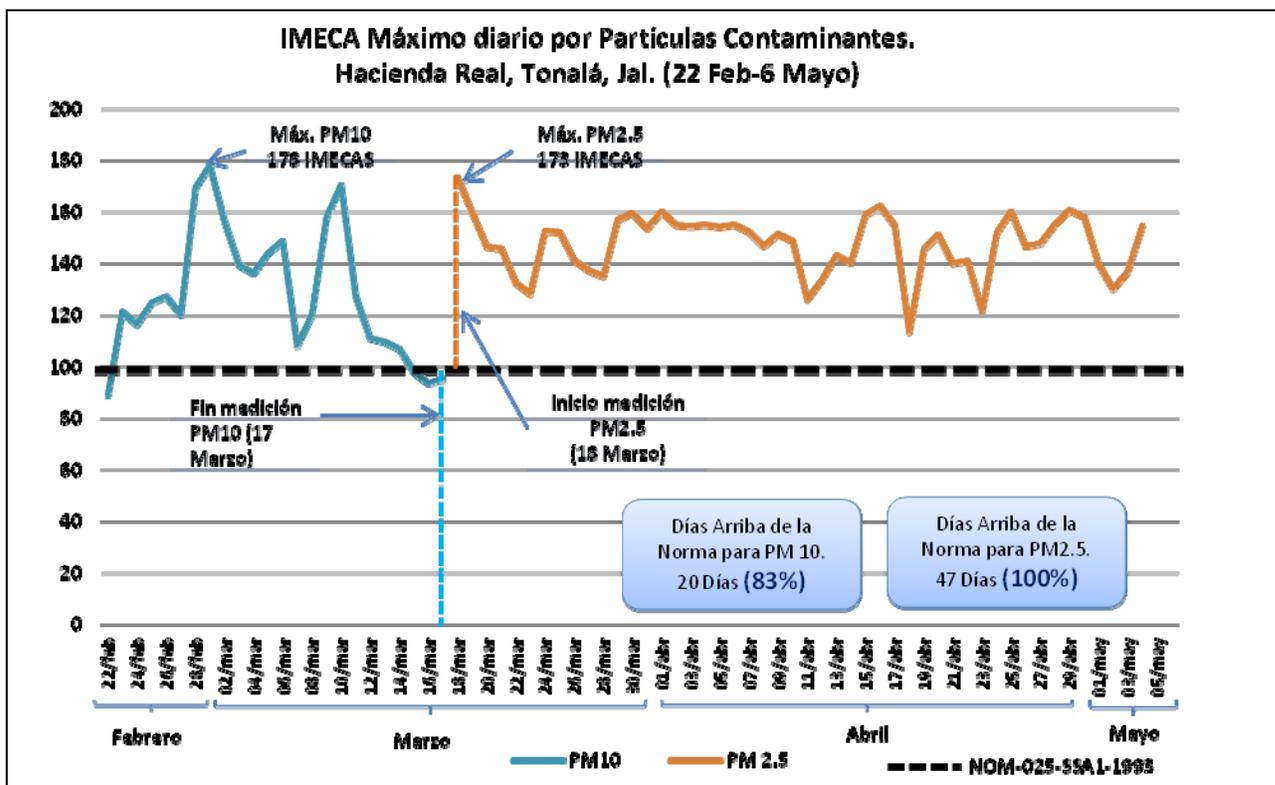


Figura 4.6 IMECA máxima diario para PM10 y PM2.5

La Figura 4.7 muestra un análisis específico para los dos contaminantes que más rebasan las NOM. En la primera parte del estudio (22 febrero-17 marzo), se monitorearon partículas PM10, y en la segunda parte (18 marzo-5 mayo), se monitorearon partículas PM2.5.

Cabe destacar que la Norma de calidad del aire para PM10 (NOM-025-SSA1-1993) establece que el valor IMECA que se da a conocer corresponde al promedio de las últimas 24 horas, por esta razón los valores mostrados en la gráfica anterior presentan un máximo de 178 IMECAS para PM10 y 173 para PM2.5.

Esta situación se debe a que los efectos por la exposición a material particulado se presentan a partir de las 24 horas después de haberse expuesto a altas concentraciones.

En el caso de las mediciones hechas en el Fraccionamiento Hacienda Real, más del 90% de los días de todo el periodo, se rebasaron los límites normados.



Tabla 4.3 *Concentraciones máximas diarias en promedio horario.*

Contaminante	Concentración horaria máxima registrada
O ₃	0.138 ppm
NO ₂	0.075 ppm
CO	4.160 ppm
SO ₂	0.017 ppm
PM ₁₀	1,234 µg/m³
PM _{2.5}	600 µg/m³
O ₃	0.138 ppm

La tabla anterior nos muestra las concentraciones máximas horarias de cada contaminante en sus respectivas unidades, es de destacar cómo en el caso de las PM10 se llegó a registrar un pico de 1,234 µg/m³, lo que equivale aproximadamente a 900 IMECAS y de 600 µg/m³ de PM2.5, lo que equivale aproximadamente a 400 IMECAS.

Las dos gráficas siguientes muestran los 3 picos más importantes PM10 y los 8 picos de PM2.5. Destaca el pico de PM10 1,234 µg/m³ que se presentó el 9 de marzo y el de 600 µg/m³ de PM2.5 del 24 de abril de 2011.

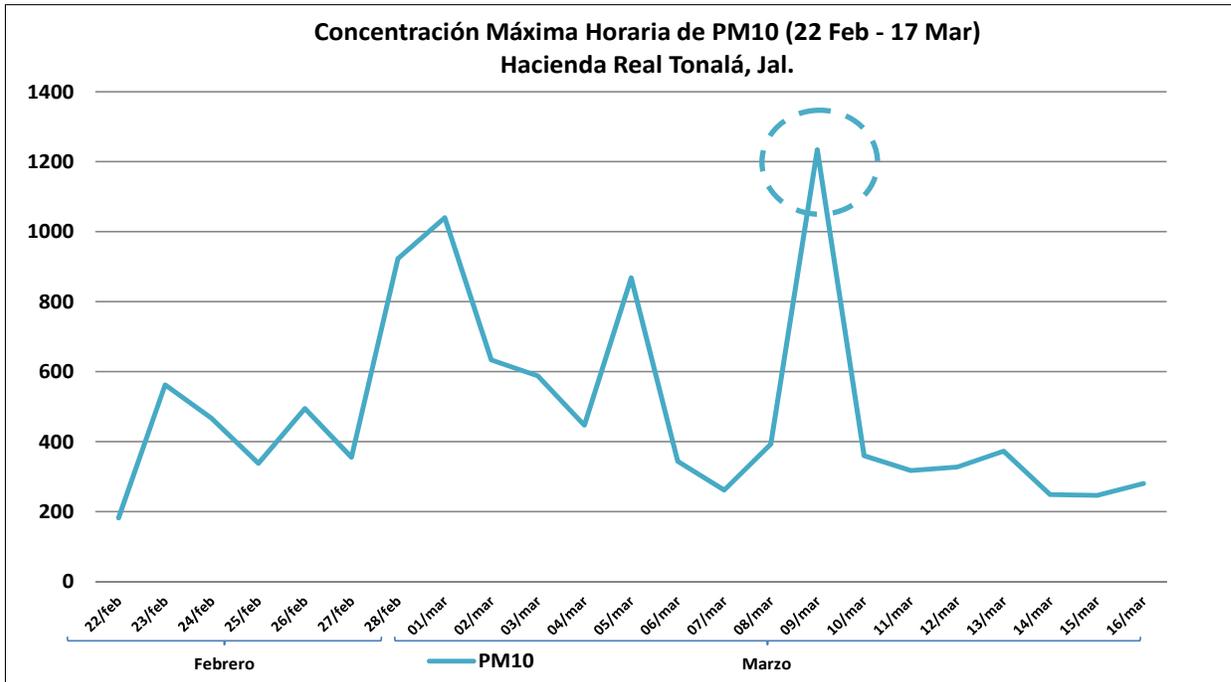


Figura 4.8 Concentraciones máximas diarias de PM10 en promedio horario.

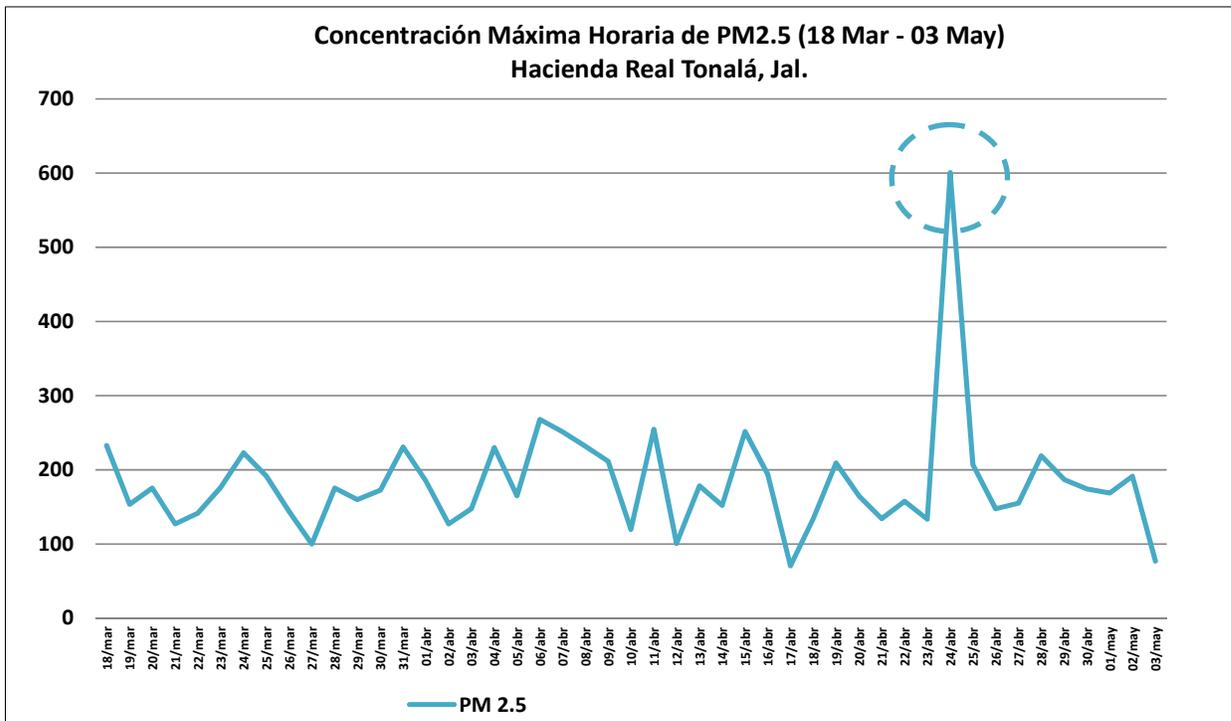


Figura 4.9 Cconcentraciones máximas diarias de PM2.5 en promedio horario.



4.3.1 Análisis de picos de concentración

En las siguientes gráficas se hace un análisis de los picos de concentraciones y su correlación con meteorología:

- 01 de marzo de 2011 – PM10
- 09 de marzo de 2011 – PM10
- 24 de abril de 2011 – PM2.5

01 de marzo de 2011 – PM10

En el primer caso, 01 de marzo de 2011, se puede apreciar como el pico de concentración de PM10 se presenta a las 21 horas superando los 1,000 µg/m³; este pico coincide con una velocidad del viento casi nula (0.2 m/s) de las 19-21 horas.

Durante las horas previas 10-17 horas la velocidad del viento es de mayor intensidad, llegando a ser superior a 1 m/s; esta condición nos indica que las emisiones que se generaron en el transcurso del día fueron transportadas ligeramente por el viento hasta que la intensidad de éste bajo casi a cero.

Analizando la dirección del viento en las horas previas (11-20 horas), el valor promedio es de 255°, es decir que los vientos provienen del Noreste; en esta dirección se ubica la mayor concentración de ladrilleras en el radio 1 Km.

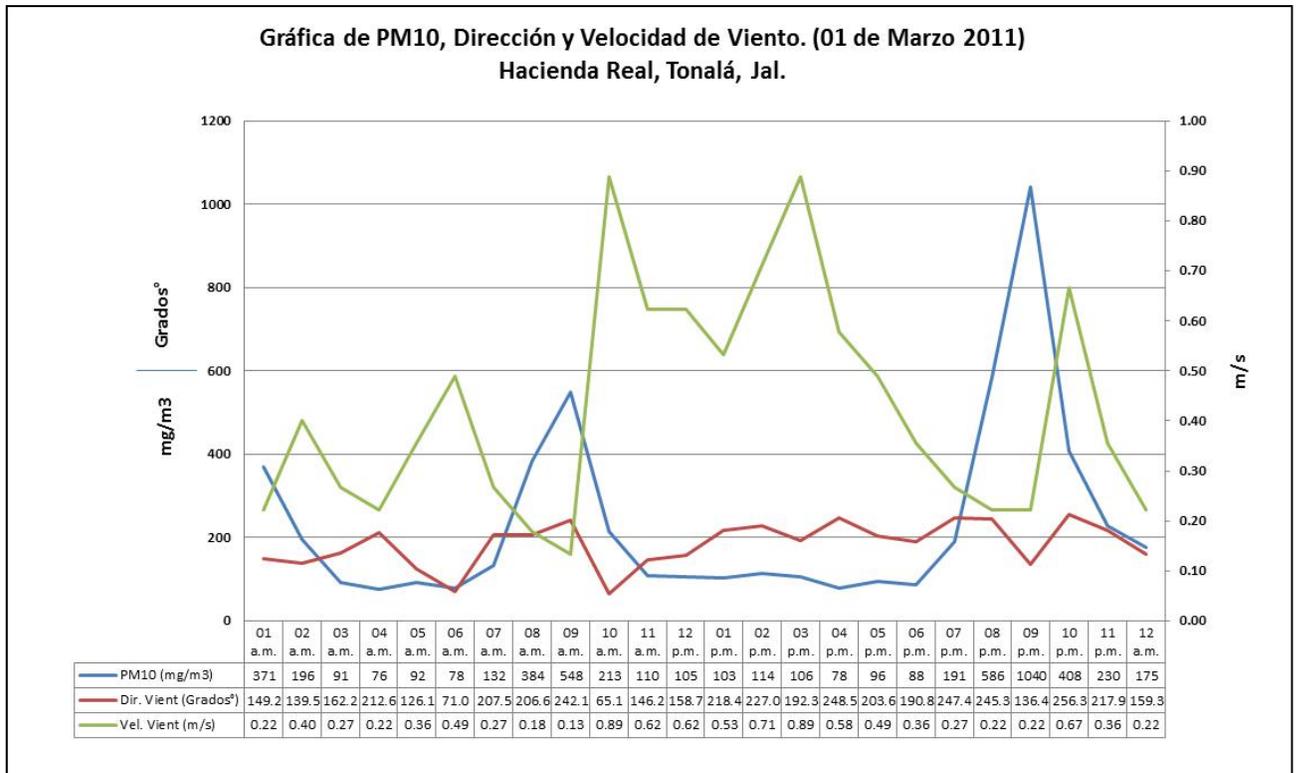


Figura 4.10 Correlación entre PM10 y viento, 01 de marzo de 2011

Analizando el comportamiento de la humedad relativa durante este día (Figura 4.11), encontramos que el valor máximo, cercano al 60%, se presentó a las 7 horas; a partir de esta hora comienza a descender hasta llegar a 15% a las 18 horas, momento en el cual se presenta el pico de temperatura de ese día (30°C).

Destaca también que durante ese día se presentó otro pico de concentración a las 9 horas, aproximadamente de 550 µg/m³, se puede apreciar cómo hay una relación directa entre el aumento de la concentración de PM10 y el descenso drástico de la humedad, la cual disminuye hasta 35%.

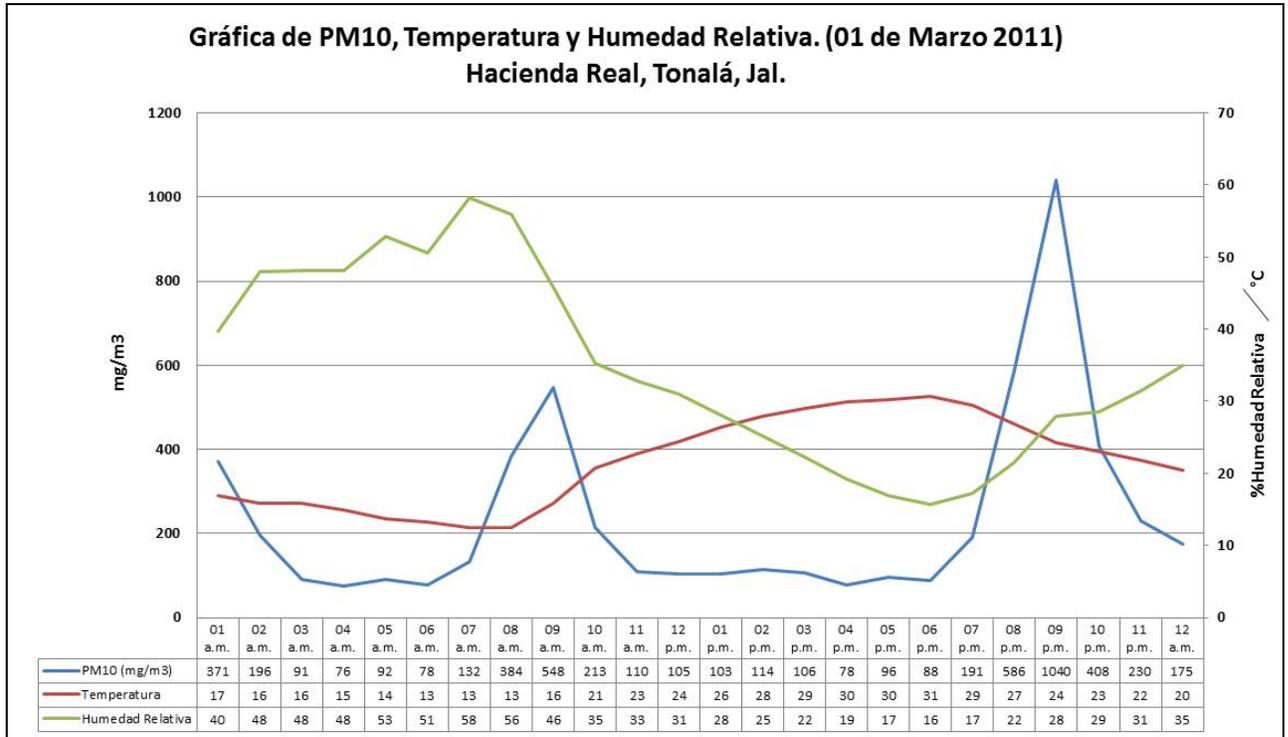


Figura 4.11 *Correlación entre PM10, temperatura y humedad relativa, 01 de marzo de 2011*

09 de marzo de 2011 – PM10

En el segundo caso, 09 de marzo de 2011 (Figura 4.12), se puede apreciar como el pico de concentración de PM10 se presenta al igual que en el primer caso a las 21 horas superando los 1,200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; este pico coincide también con una velocidad del viento casi nula (0.1 m/s) en ese momento.

Durante las horas previas 12-19 horas la velocidad del viento es de mayor intensidad, llegando casi a 1 m/s; esta condición nos indica nuevamente que las emisiones que se generaron en el transcurso del día fueron transportadas ligeramente por el viento hasta que la intensidad de éste bajo casi a cero.

Analizando la dirección del viento durante el mismo periodo (12-19 horas), el valor promedio es de 200°, es decir que los vientos provienen igualmente del Noreste; De las 81 ladrilleras que se identificaron en el radio de influencia de 1 Km, más del 50% se localizan en la zona Noreste del fraccionamiento.

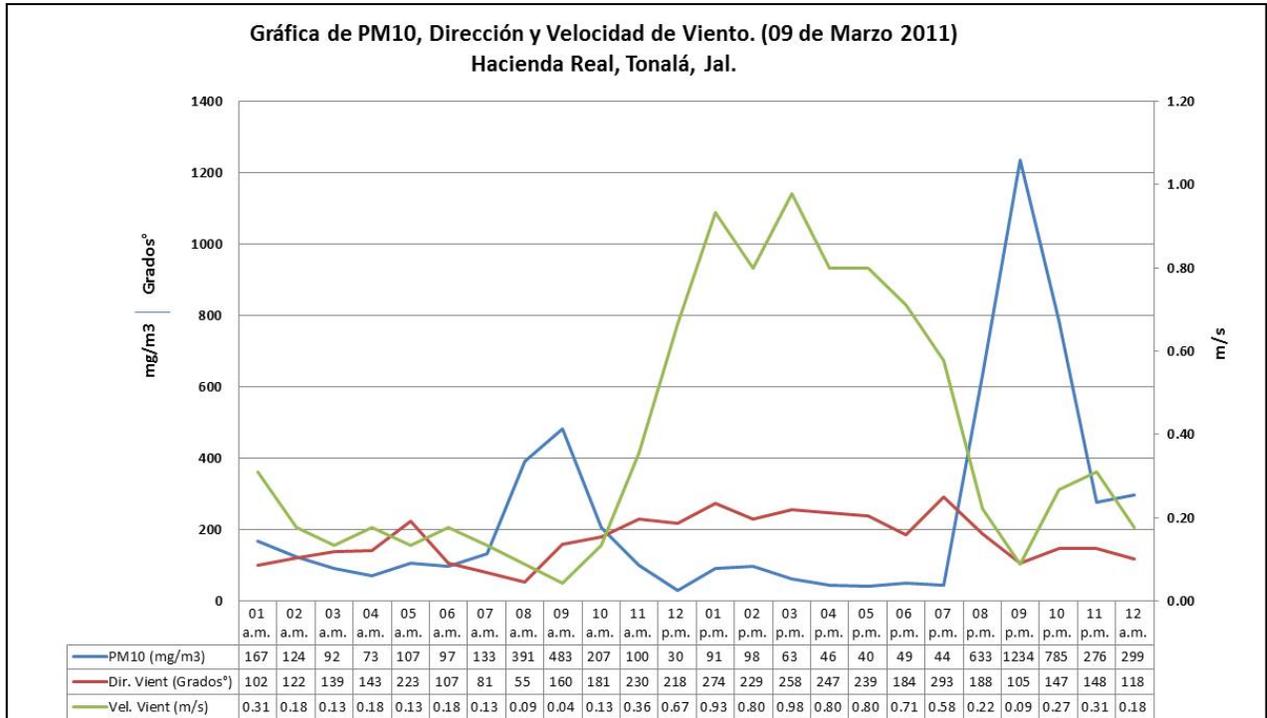


Figura 4.12 *Correlación entre PM10 y viento, 09 de marzo de 2011*

El análisis del comportamiento de la humedad relativa el 09 de marzo (Figura 4.13) se observan correlaciones similares, el valor máximo de humedad (55%) se presentó a las 6 horas, un poco antes que el día 01 de marzo; a partir de esta hora comienza a descender hasta llegar a 8% a las 19 horas, coincidiendo casi el pico de temperatura de ese día (29°C) a las 18 horas.

Como es normal, la humedad aumenta conforme disminuye la temperatura; sin embargo el aumento de la humedad no tiene un impacto en la reducción de la concentración de PM10, debido a que el viento es casi nulo y la cantidad de material particulado que se acumuló durante las horas previas es demasiado.

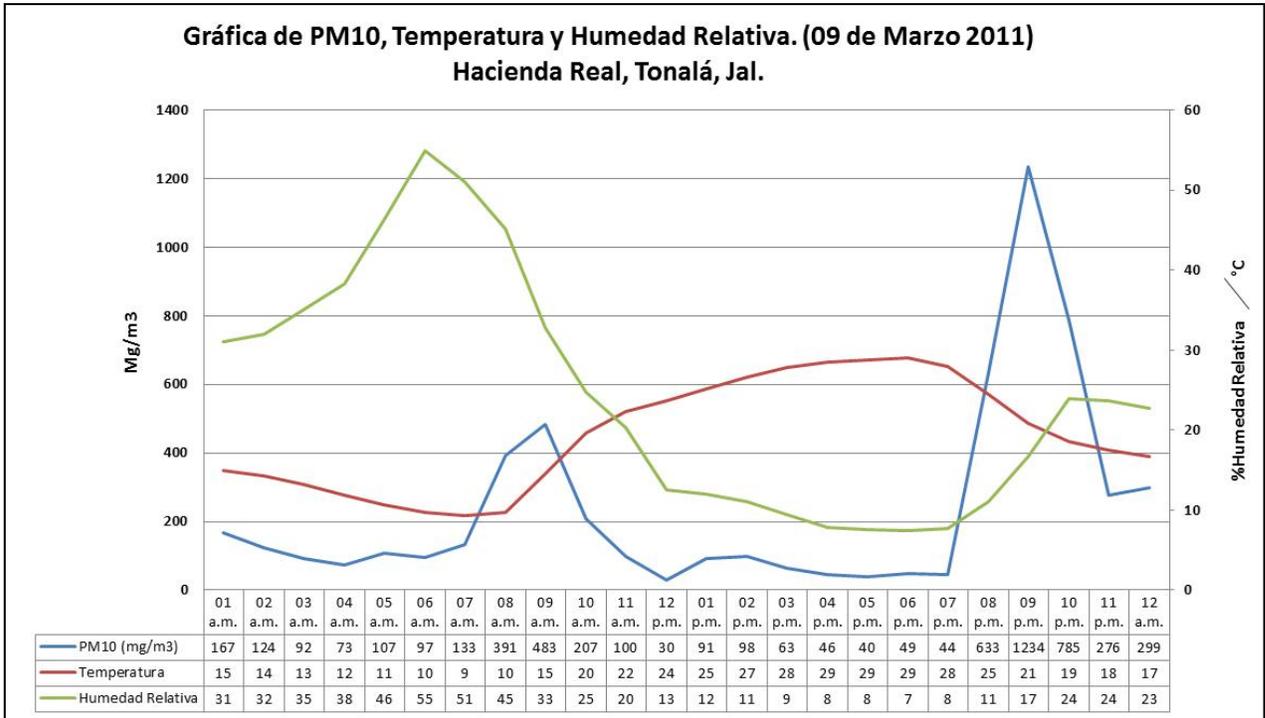


Figura 4.13 *Correlación entre PM10, temperatura y humedad relativa, 09 de marzo de 2011*

24 de abril de 2011–PM2.5

El pico del 24 de abril de 2011 de PM2.5 (Figura 4.14) se presentó, a diferencia de los anteriores a las 18 horas, superando los 600 µg/m3. De las 12-22 horas la velocidad del viento presenta un comportamiento ascendente, desde los .8 m/s hasta los 1.7 m/s; este incremento no logra evitar que se presente el pico de concentración a las 18 horas, pero sí evita que se mantenga, lo cual se refleja en la concentración de PM2.5 en las siguientes horas (19-23 horas).

Respecto a los vientos, éstos provienen principalmente del Sur-sureste; en esta dirección se ubican también un gran número de las ladrilleras, tanto del radio de 1 Km como el de 2 Km.

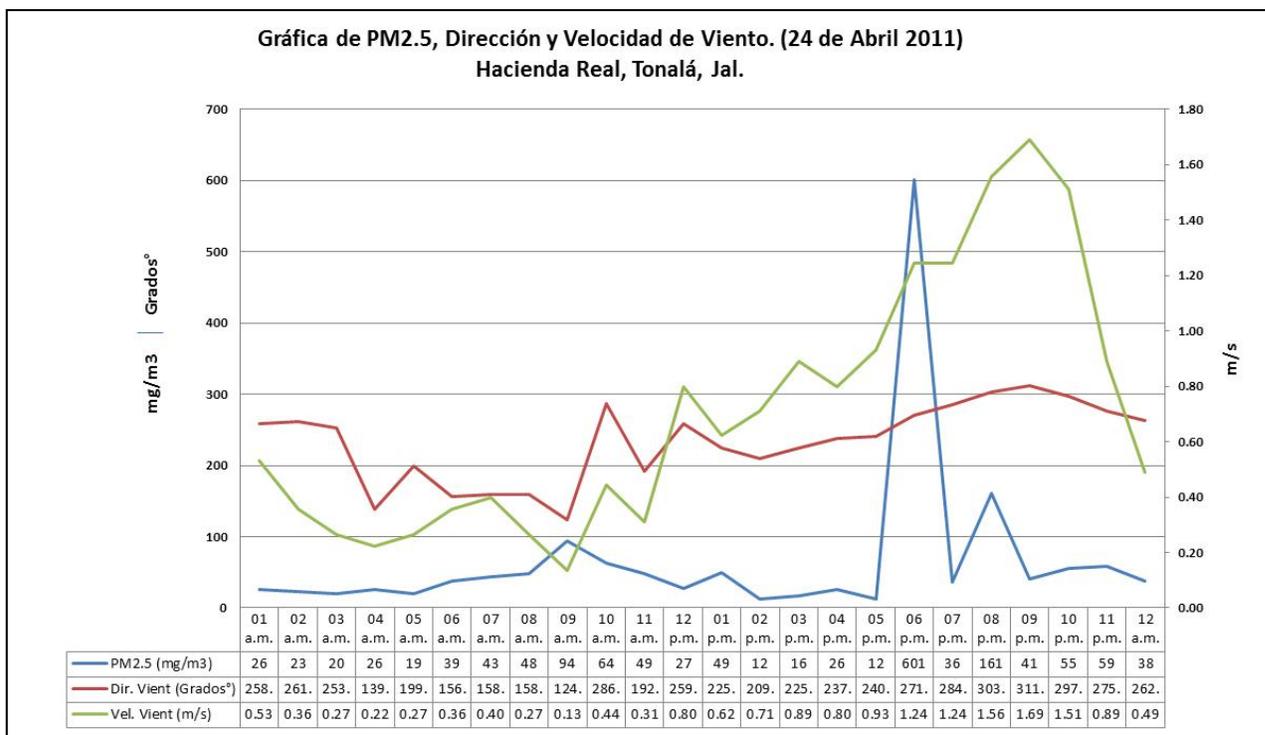


Figura 4.14 Correlación entre PM2.5 y viento, 24 de abril de 2011

La humedad relativa el 24 de abril tuvo su máximo a las 8 horas con 63% y el mínimo a las 18 horas con 11%, coincidiendo con el pico de PM2.5, es decir que en el momento que se presentó la menor humedad también se presentó el pico más alto de concentración (601 µg/m³) y temperatura (32°C).

Como parte del análisis, también se revisaron los días valle, aquellos en los que se presentaron las concentraciones mínimas; se encontró que durante estos periodos la intensidad del viento fue superior a 1.5 m/s lo cual nos indica que la dispersión de los contaminantes evitó el incremento en los niveles de concentración de partículas.

Como se pudo observar en las gráficas anteriores, los 3 principales picos se presentaron durante la tarde-noche, lo cual nos hace pensar que las emisiones de contaminantes se generaron durante el transcurso del día.

De acuerdo a las prácticas que llevan a cabo comúnmente los ladrilleros, se elige el periodo del día con menor intensidad de viento para prender los hornos y se alimenta el combustible por 5 horas aproximadamente; la razón por la cual se prefiere el viento en calma es para poder dosificar de mejor manera el combustible. Posteriormente, el horno ya no es alimentado con combustible y los ladrillos permanecen en el interior hasta por 48 horas. La emisión de contaminantes más importante se genera durante las primeras 5 horas.

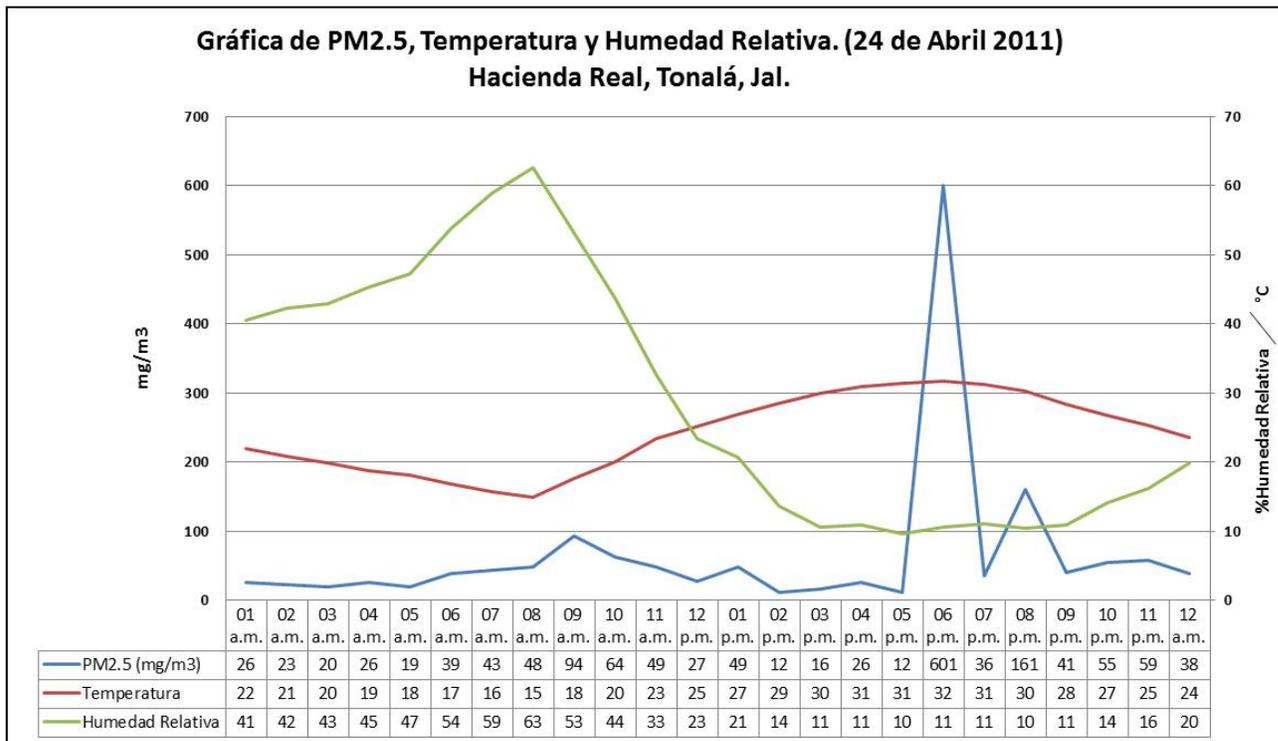


Figura 4.15 Correlación entre PM2.5, temperatura y humedad relativa, 24 de abril de 2011

Análisis de resultados y su correlación con fuentes de emisión

Una vez habiendo realizado el inventario de las fuentes de emisión de contaminantes en la zona de estudio y contrastado con los datos observados de calidad del aire y meteorología, se puede deducir lo siguiente:

- **Las fuentes móviles**, tanto vehículos particulares como unidades del transporte público, a pesar de que contribuyen con la generación de contaminantes criterio (CO, HCT, SO2, NOx, PM10 y PM2.5), no se consideran significativas debido a que la zona de estudio es habitacional principalmente y carece de un flujo vehicular alto. Además, los contaminantes generados por las fuentes móviles son mayoritariamente CO, HCT y NOx, los cuales no excedieron los valores normados.
- No existen **fuentes puntuales** significativas en la zona de estudio de acuerdo al levantamiento físico, por lo cual se descarta la posibilidad de que los niveles de contaminación provengan de alguna industria.
- La contribución de las **fuentes de área** (comercios y servicios) ubicadas en la zona de estudio no es significativa, ya que de acuerdo al número de establecimientos, el tamaño de los mismos y los combustibles empleados, es posible descartar que sus emisiones sean causantes de la problemática.



- Respecto a las **fuentes erosivas**, es decir a la contribución de material particulado por resuspensión debida a la acción del viento; podemos decir que, de acuerdo al inventario de avenidas pavimentadas y sin pavimentar en la zona, esta fuente si tiene una incidencia en la concentración de partículas, a diferencia de las fuentes anteriores. Sin embargo, el promedio de la velocidad del viento durante el periodo fue menor a 1 m/s, con lo cual podemos inferir que si bien hay una gran superficie desprovista de vegetación y/o pavimento, el viento no es suficiente para levantar este material y transportarlo hacia el Fraccionamiento.
- Para poder cuantificar detalladamente la contribución de las fuentes erosivas es necesario hacer un análisis detallado de toda la superficie desprovista de vegetación y aplicar la ecuación de erosionabilidad del suelo, la cual considera elementos que de momento no se pudieron calcular en este reporte.
- **Las ladrilleras de la zona**, por su número, ubicación y procesos de combustión, se determina que representan la principal fuente de emisiones contaminantes en la zona.
- **Las altas concentraciones de PM10 y PM2.5**, de acuerdo a la información meteorológica analizada, son causadas por las emisiones de material particulado provenientes de los hornos ladrilleros que se ubican a los 2 Km a la redonda del fraccionamiento, principalmente de los hornos ubicados en la zona noreste.

5. Efectos a la salud

5.1 Efectos a la salud por PM10 y PM2.5

Las PM10 y PM2.5 al ser inhaladas y al penetrar con facilidad al sistema respiratorio humano, causan efectos adversos a la salud de las personas específicamente a la salud respiratoria. Por viajar más profundamente en los pulmones y por estar compuesta de elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos que causan cáncer).

Las PM10 y PM2.5 son casusa de numerosas enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares, y cáncer de pulmón. A largo plazo se ha estimado que la exposición a partículas en suspensión puede reducir la esperanza de vida. El exponerse a estas partículas conduce al incremento de uso de medicamentos, visitas al médico y gastos relacionados con lo anterior. Los efectos a la salud pueden ser:

- Tos y dificultad para respirar
- Agrava el asma
- Daño al pulmón (incluyendo la disminución de la función del pulmón y enfermedades respiratorias de por vida)

Muerte prematura en individuos con enfermedades existente del corazón y del pulmón. Se ha demostrado que las PM10 alteran la respuesta inflamatoria alveolar regulada por los macrófagos hacia virus respiratorios, una causa frecuente de pulmonía viral en la infancia. Estudios recientes han asociado los cambios de las concentraciones en las partículas exteriores a cambios pequeños pero medibles en la morbilidad y mortalidad. Existe la preocupación de que las partículas más pequeñas (inhalables) en general puedan causar efectos adversos específicamente, partículas menores de 2.5 μm (PM2.5) en diámetro aerodinámico parecen ser las fracciones más dañinas para la salud. De hecho, estos



datos fueron críticos para la decisión tomada en 1997 por la USEPA para promulgar un nuevo estándar para PM_{2.5} de diámetro aerodinámico

Es importante mencionar que en países latinoamericanos, debido a procesos industriales inadecuadamente controlados y a las emisiones de vehículos, el material de partículas finas es el principal contaminante del aire, que se encuentra por encima de las cifras actuales para la protección de la salud, excediendo por un factor de dos o más los niveles recomendados. Cifras del promedio anual de USEPA de PM₁₀ y PM_{2.5} son respectivamente 50 µg/m³ y 15 µg/m³

Efectos en la salud atribuibles a partículas

Efectos agudos

Una variedad de indicadores de atención de la morbilidad han sido asociados a la exposición a PM₁₀ incluyendo las admisiones hospitalarias y visitas a la sala de emergencia, síntomas y enfermedades respiratorias y cambios en la función pulmonar. Varios estudios han mostrado que la admisión al hospital y las visitas a la sala de emergencia se encuentran asociadas a la contaminación por partículas. El aumento del porcentaje estimado asociado a un incremento de 10 µg/m³ en el promedio diario de PM₁₀ alcanza entre 0.5 y 3.4%.

Estudios de los síntomas de las vías respiratorias superiores e inferiores entre niños han mostrado una asociación a la exposición a PM₁₀ en partículas asociadas a síntomas de vías respiratorias inferiores. Basado en estos estudios, el aumento estimado de porcentaje en lesiones respiratorias asociadas al aumento de 10 µg/m³ de PM₁₀ fue tan alto como 15%, pero el promedio considerado fue aproximadamente de 3%.³⁶ Un incremento en los ataques de asma también ha sido asociado a la exposición a PM₁₀, con una estimación general de un aumento de 3% en los ataques asmáticos asociado a un aumento de 10 µg/m³ por PM₁₀.

Los estudios de función pulmonar sugieren que los efectos de corto plazo resultan de la exposición por partículas. La tasa del máximo flujo respiratorio muestra reducciones en el registro de 0.04 a 0.19%, resultando un incremento de 10 µg/m³ en PM₁₀, y volumen espiratorio forzado en un segundo variando entre 0.05 y 0.35% con mayores efectos en grupos sintomáticos como los asmáticos.

Dos estudios de series de tiempo conducidos en Santiago de Chile sugieren que PM₁₀ y PM_{2.5} están asociados a síntomas de las vías respiratorias inferiores y enfermedades en los niños. En un análisis de serie de tiempo para dos años de visitas diarias a ocho clínicas de atención médica primaria en Santiago (atendiendo a 12% de la población), reportó una asociación entre la exposición a PM₁₀ y las visitas por síntomas relacionados con las vías respiratorias inferiores.

El análisis del impacto de la contaminación del aire exterior sobre las visitas a la sala de emergencia por causas respiratorias,²⁷ en particular para la pulmonía, entre niños menores de 14 años de edad. Un aumento de 20 µg/m³ para PM_{2.5} en la concentración



promedio de 24 horas se estima aumenta el número de visitas a la sala de emergencia por pulmonía en 2.9% durante los meses fríos y en 11.8% durante los meses calurosos, después de ajustar para los factores potenciales de confusión. Otros contaminantes como el O₃ y el NO₂ también fueron relacionados con un aumento en los casos de pulmonía; no obstante, las correlaciones entre los contaminantes eran altas y no se pudieron separar los efectos de los contaminantes individuales. Los resultados de este estudio sugieren que la mezcla de la contaminación del aire urbano es un factor de riesgo para la pulmonía en niños y que las emisiones de diesel podrían tener un papel principal, dado que diversos estudios han demostrado que el uso de diesel representa cerca de 61% de PM₁₀ en el área metropolitana de Santiago.

En un estudio conducido en Sao Paulo²⁸ se reporta una asociación entre niveles de PM₁₀ y neumonía en niños menores de 12 años. Un aumento de 98.1 µg/m³ en el promedio de 24-horas de PM₁₀ estuvo asociado a un aumento de 24-h 9.4% en hospitalización por neumonía.

Recientemente estudiaron el impacto de la contaminación ambiental del aire proveniente en gran parte de fuentes móviles, sobre la incidencia de bronquitis sibilante en una cohorte de 504 infantes de cuatro a 12 meses de edad, en Santiago de Chile. Después de ajustar por los factores potenciales de confusión, se estimó que un incremento de 50 µg/m³ en el promedio de 24-h de PM_{2.5} incrementa el riesgo de bronquitis sibilante en 22% con un intervalo de cuatro días.

Los niños con síntomas crónicos respiratorios o asma parecen presentar un mayor riesgo a los efectos adversos de la exposición por partículas. Los resultados de un estudio en Chile sugieren un incremento del 5% para tos en niños con síntomas crónicos respiratorios asociados a un incremento de 30 µg/m³ en el promedio de 24-h para PM₁₀ diario.

De la misma manera, un estudio en México en niños asmáticos (cinco a 13 años de edad) mostró un incremento en los síntomas respiratorios y una reducción en la función pulmonar relacionados con la exposición a PM₁₀. Los resultados sugerían que un aumento de 10 µg/m³ en PM₁₀ estaba asociado a un incremento de 4% de síntomas en las vías respiratorias inferiores y una reducción del 0.35% en la tasa del flujo máximo respiratorio. El mismo estudio mostró un aumento de 10 µg/m³ en PM_{2.5} que fue asociado a un aumento del 8% para la incidencia de los síntomas de las vías respiratorias inferiores.⁴⁰ En los estudios chilenos y mexicanos, un incremento en el promedio diario de PM₁₀ durante varios días tuvo un efecto más fuerte en síntomas respiratorios y el cambio de la tasa de flujo respiratorio máximo.

Efectos crónicos

Existen varios estudios que han evaluado asociaciones entre la contaminación del aire por partículas y los síntomas y enfermedades crónicas por causas respiratorias y decrementos en la función pulmonar.



Dos estudios de cohorte, el primero de ellos en seis ciudades y el segundo en 24 ciudades proporcionaron estimaciones acerca del impacto de la contaminación por partículas en la salud respiratoria de los niños, ajustando por las diferencias individuales de edad, sexo, altura, peso y la exposición al humo de tabaco en el ambiente.

Los resultados sugieren que un aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 estaba asociado a un incremento del 10 a 25% en bronquitis y tos crónica. Estos dos estudios de cohorte también identificaron el impacto de la exposición crónica a partículas sobre la función pulmonar.

Los resultados sugieren que un aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 estuvo asociado a una pequeña reducción (1 a 3%) en la función pulmonar. No obstante, se ha comprobado que las medidas de la función pulmonar son importantes para la salud con una capacidad predictiva para la supervivencia.

Los resultados del Estudio de la Salud de los Niños aplicado a 12 localidades del sur de California, sugieren un déficit significativo en el crecimiento de la función pulmonar: volumen espiratorio forzado en un segundo (VEF1) y capacidad vital forzada (CVF) asociados a diferentes medidas de partículas. La tasa de crecimiento estimado para niños entre las edades de nueve a 10 años en las comunidades más contaminadas (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), comparado con las menos contaminadas (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), predecía un resultado de una reducción acumulativa de 3.4% en VEF1 en un periodo de estudio de más de cuatro años. El déficit estimado fue generalmente más grande para niños que pasan más tiempo fuera.

El NO₂ también tuvo un efecto negativo sobre la función pulmonar pero estuvo altamente correlacionado con las medidas de PM. El déficit estimado de la tasa del crecimiento anual de VEF1 de 0.9% por año por el registro de la exposición a PM10 supera el decremento anual del 0.2% que se ha reportado. La exposición a la contaminación del aire puede llevar a una reducción en la función máxima adquirida del pulmón, lo cual ocurre tempranamente en la vida adulta, y eventualmente a un riesgo incrementado de enfermedad crónica por causas respiratorias en el adulto.

Algunos estudios se han enfocado en el impacto de la contaminación del aire en el crecimiento del feto, el peso al nacer y otros resultados del embarazo a partir de la preocupación creciente de que la contaminación del aire puede afectar el desarrollo del feto. La exposición a PM10 ambiental ha sido relacionada con el déficit en el crecimiento intrauterino (IUGR) en un estudio en el norte de Bohemia. Estos resultados sugieren un efecto dañino de carácter permanente, dado que el bajo peso al nacer y IUGR han sido asociados a la salud respiratoria en etapas posteriores de la vida.

El IUGR puede llevar a una susceptibilidad exagerada a la exposición a la contaminación del aire y a otros factores ambientales. Existe claramente la necesidad de más investigación para identificar las consecuencias de la exposición a la contaminación del aire sobre el desarrollo fetal durante el embarazo.

Aunque existe una relación biológica entre la exposición a PM y los efectos en la salud,



estudios epidemiológicos actuales sugieren que la contaminación del aire por partículas respirables, a niveles comunes para muchas áreas urbanas e industriales en Estados Unidos, contribuye a la morbilidad y mortalidad en los seres humanos. La exposición extendida y repetida aumenta el riesgo de enfermedad crónica por causas respiratorias.

Un análisis de datos de mortalidad de 20 ciudades de Estados Unidos sugieren un incremento de mortalidad total de 0.51% por cada incremento de PM10 de 10 µg/m³.

Cuando se consideró la mortalidad por causas cardiovasculares respiratorias, estos estimados se incrementaron a 0.68%. Los efectos de la exposición a partículas finas no parecen tener un umbral y afecta a sujetos que pudieron haber sobrevivido un tiempo sustancial.

Sin embargo, muy pocos estudios se enfocan específicamente en la mortalidad entre infantes y niños jóvenes. Estudios realizados en Estados Unidos, República Checa, Brasil, México y Tailandia han reportado un incremento de mortalidad infantil en niños menores de cinco años.^{50- 52}

Con base en los estudios de series de tiempo^(50, 24, 25, 52) se calculó que para cada incremento de 10 µg/m³ en PM10, la mortalidad por causa respiratoria en niños menores de cinco años aumentaría en 1.5%.

Las concentraciones de PM10 y PM2.5 encontradas en la zona de estudio son mucho mayores a las que se presentan en la ZMG, lo que representa un grave riesgo para la salud de la población que vive en ese lugar, principalmente para los sectores más vulnerables como lo son los adultos mayores, los niños y las personas con enfermedades respiratorias crónicas, por ejemplo los asmáticos.

Está comprobado científicamente que la exposición prolongada a altas concentraciones de este tipo de partículas tiene una relación directa con los índices de mortalidad, es decir, existen riesgos latentes a la salud que deben atenderse urgentemente.

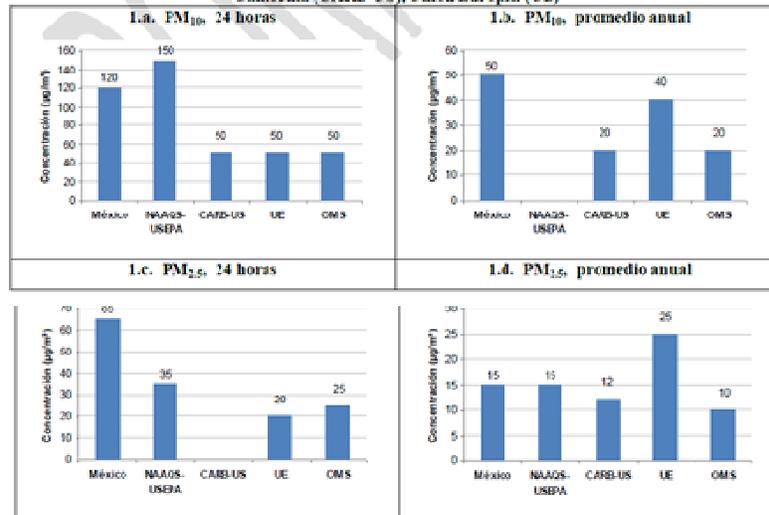
Como se muestra en los resultados, más del 80% de los días se rebasaron los límites máximos permisibles de PM10 y el 100% para las PM2.5. Esto quiere decir que de manera permanente la calidad del aire en la zona es mala, llegando a rangos de muy mala.

5.2 Análisis de afectaciones

En la Figura 5.1 se muestra un comparativo de los límites máximos permisibles para PM10 y PM2.5 a nivel internacional, donde se destaca cómo en México estos límites están muy por encima de los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud y las agencias internacionales.



Figura X.1 Límites de concentración recomendados por la OMS para PM_{10} y $PM_{2.5}$ y comparación con la normatividad de México, Estados Unidos (NAAQS-USEPA), California (CARB-US), Unión Europea (UE)



Fuente: ROM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005)

NAAQS-USEPA. National Ambient Air Quality Standards. <http://www.epa.gov/criteria.html>

CARB-US. California Environmental Protection Agency. <http://www.arb.ca.gov/research/naaq/naqs2.pdf>

UE. Unión Europea. <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

OMS - Organización Mundial de la Salud - http://whishdsc.who.int/es/2000/WHO_SDE_PHE_OEH_00.02_spa.pdf

Figura 5.1 Comparativo de límites máximos permisibles para PM_{10} a nivel internacional

Lo que la anterior Figura nos muestra es que, estamos excediendo por mucho los límites máximos permisibles para PM_{10} y $PM_{2.5}$ que se recomiendan a nivel internacional, principalmente el de la OMS, que es de dos a tres veces más estricto.

5.3 Posibles riesgos a la salud

Los niveles de concentración encontrados en la zona nos dejan ver que sin duda existen afectaciones a la salud en los habitantes, los cuales están permanentemente expuestos a una mala calidad del aire.

La asociación de colonos del Fraccionamiento Hacienda Real se dieron a la tarea de realizar encuestas a los vecinos de dicho fraccionamiento con el fin de conocer tanto la percepción de los habitantes del lugar sobre la contaminación presente en la zona y las posibles afectaciones que han tenido a consecuencia de la misma.

Se realizaron 1250 encuestas a los vecinos residentes del fraccionamiento, se realizaron con personal de la asociación de colonos claramente identificados y se realizaron a personas mayores de edad en su domicilio.

Las encuestas fueron de tipo cerrada, con opción a contestar varias opciones las cuales se enuncian enseguida:

1.- ¿Crees que existe un problema de contaminación en el fraccionamiento hacienda real?

- 1.- Si
- 2.- No



2.- ¿Si la respuesta es Sí, cómo clasificas esta contaminación?

- A) Ligera
- B) Regular
- C) Marcada
- D) Grave

3.- ¿Llegó a presentar usted o alguien de los integrantes de su familia problemas en su salud de la segunda quincena de febrero hasta la primera quincena de mayo del presente año?

- 1.-Si
- 2.- No

4.- ¿Qué molestia o enfermedades presentó o presentaron los miembros de su familia durante este periodo?

- A) Tos
- B) Infecciones en garganta u ojos"
- D) Asma
- E) Dolor de cabeza
- C) Bronquitis
- D) Otros

5.- ¿Relaciona esas afectaciones a su salud a algún contaminante en específico de los mencionados a continuación?:

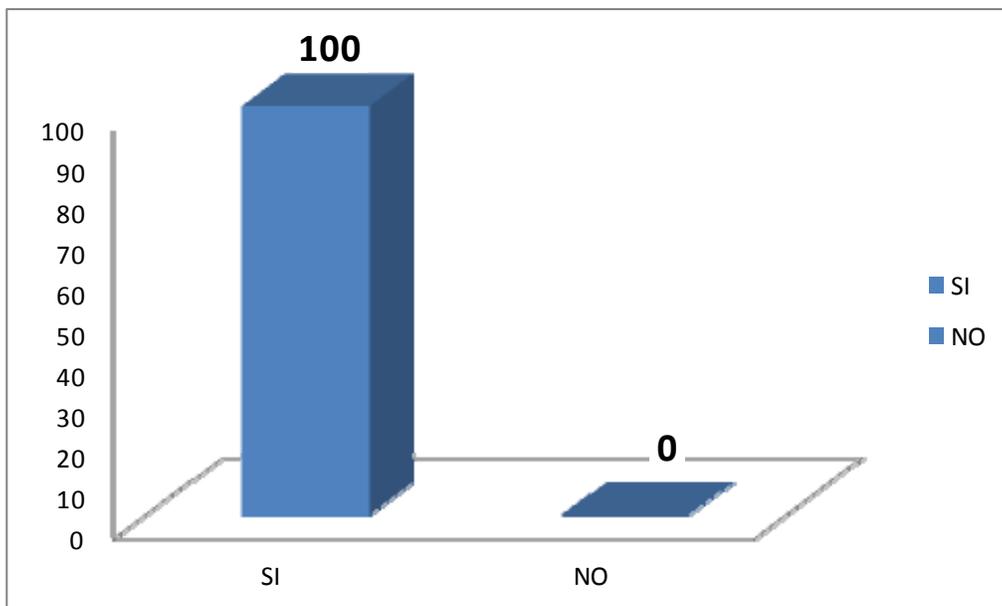
- A) Vehículos
- B) Comercios
- C) Industrias
- D) Erosión (por calles sin pavimento o terracería)
- E) Ladrilleras

6.- ¿Qué consecuencias tuvieron durante este tiempo en su vida cotidiana usted y sus familiares?

- A) Pérdida de clases
- C) Problemas económicos
- B) Ausencia en el trabajo

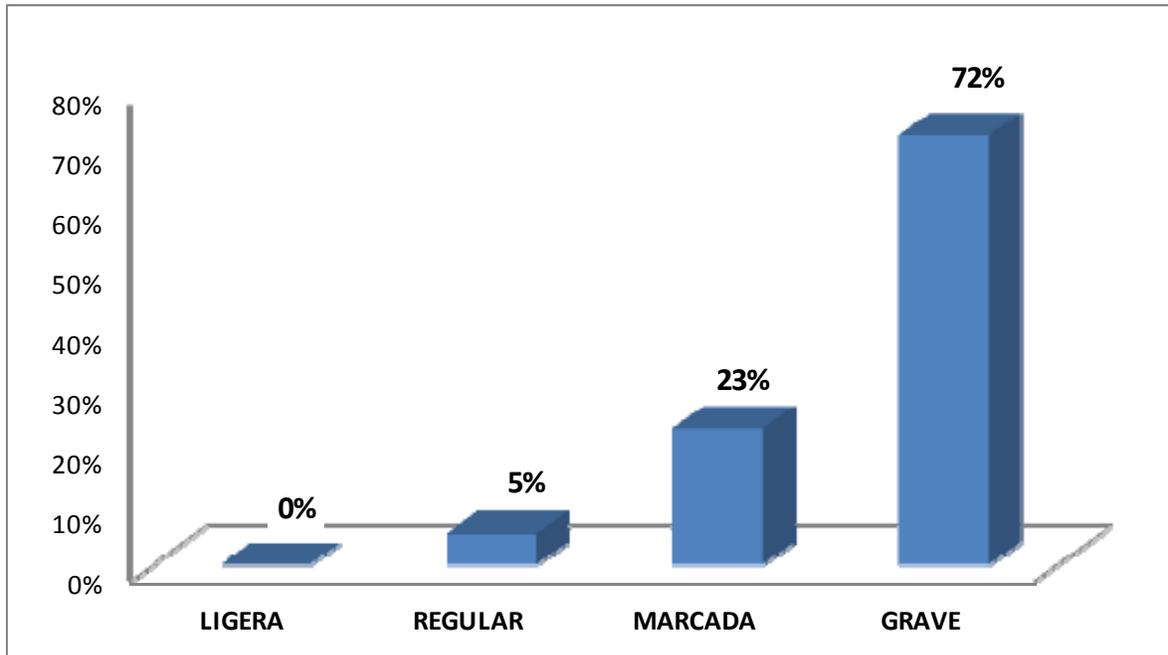
Se realizó un análisis de las respuestas presentándose los resultados enseguida.

Resultados de la pregunta 1.- ¿Crees que existe un problema de contaminación en el fraccionamiento hacienda real?



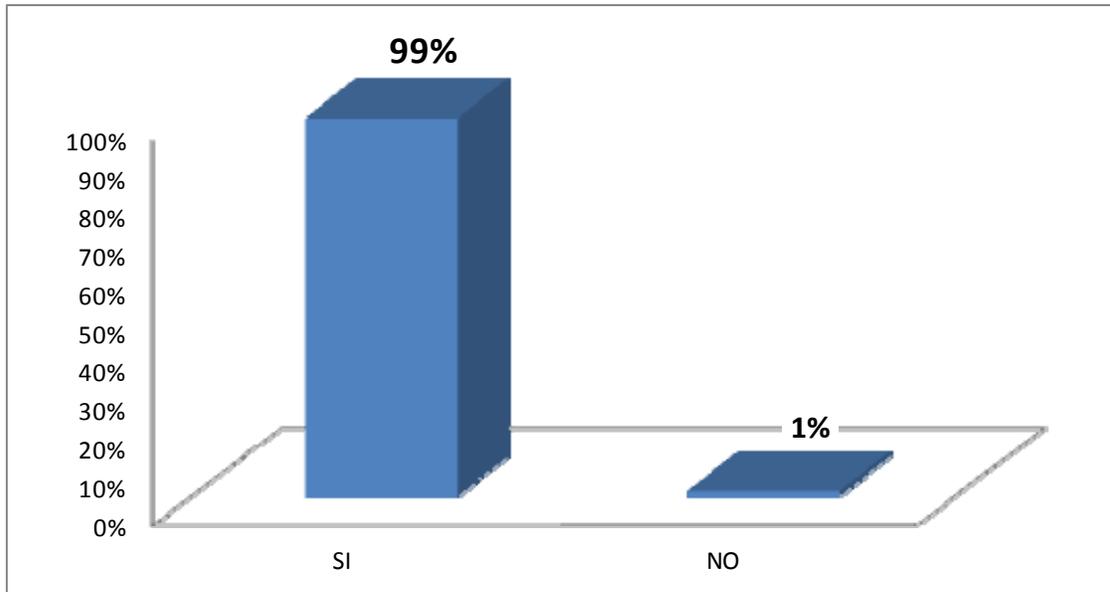
El 100 % de las personas encuestadas (1250), consideran que en el Fraccionamiento Hacienda Real existe un problema permanente de contaminación por diversas fuentes, considerando inclusive zonas aledañas al fraccionamiento como una fuente importante de emisiones de contaminación.

Resultados de la pregunta 2.- ¿Si la respuesta es Sí, cómo clasificas esta contaminación?



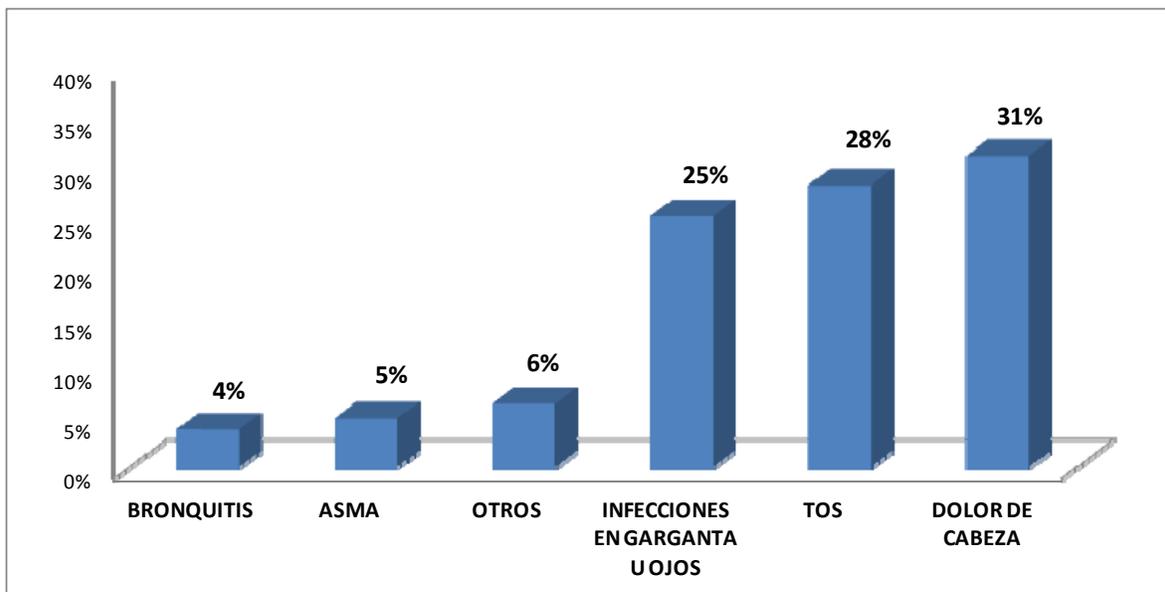
De la totalidad de las personas encuestadas 410 (72 %) clasifican la contaminación como grave, 130 (23%) pesonas la consideran como marcada, 30 (5%) consideran que existe una contaminación regular en la zona y ninguna persona considero como ligera la contaminación presente.

Resultados de la pregunta 3.- ¿Llegó a presentar usted o alguien de los integrantes de su familia problemas en su salud de la segunda quincena de febrero hasta la primer quincena de mayo del presente año?



Solo 16 personas de las 1250 encuestados no presentaron en su persona o en su familia problemas a la salud mientras estuvo instalada la unidad móvil de monitoreo en el Fraccionamiento Hacienda Real.

Resultados de la pregunta 4.- ¿Qué molestia o enfermedades presentó o presentaron los miembros de su familia durante este periodo?



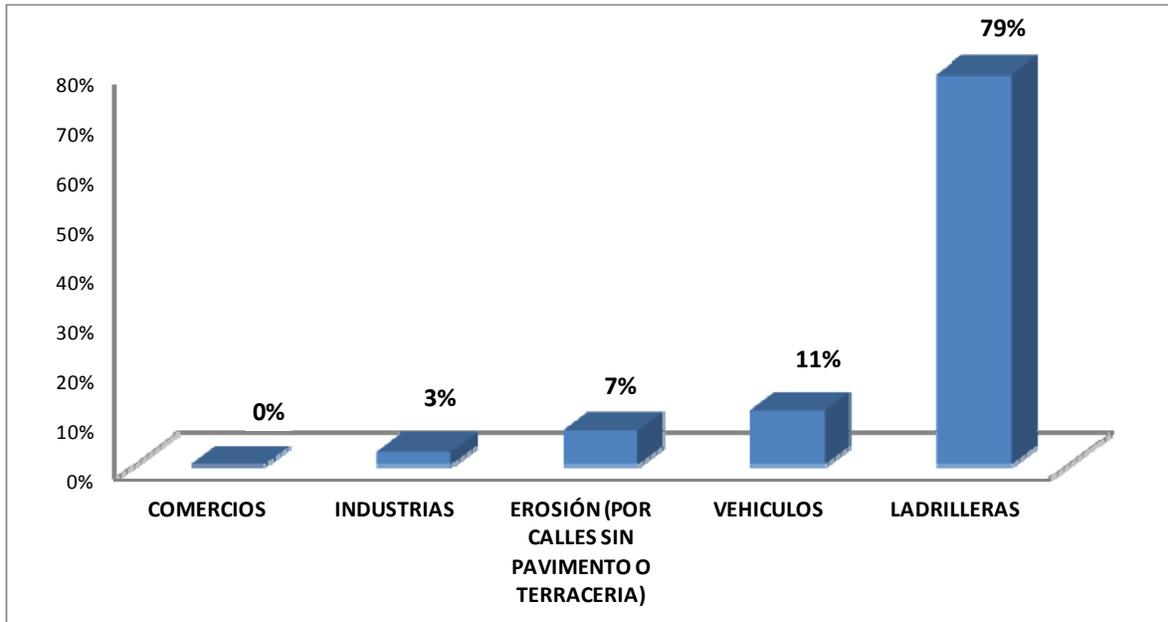
De las 1250 personas encuestadas 1234 presentaron en ellos o en su familia problemas de salud siendo el padecimiento que más se presentó el dolor de cabeza con 391 casos,



después sigue la tos con 354 casos, continua las infecciones en garganta u oídos presentándose 315 casos, dentro de la clasificación de otros se encontraron muchos otros padecimientos pero sin relación con los otros padecimientos con 80 casos, posteriormente se presento el problema de asma con 62 personas afectadas y con 48 personas afectadas de bronquitis, cabe mencionar que estas afectaciones fueron consideradas únicamente por enfermedades relacionadas directamente con la contaminación durante el tiempo de muestreo de la unidad móvil.

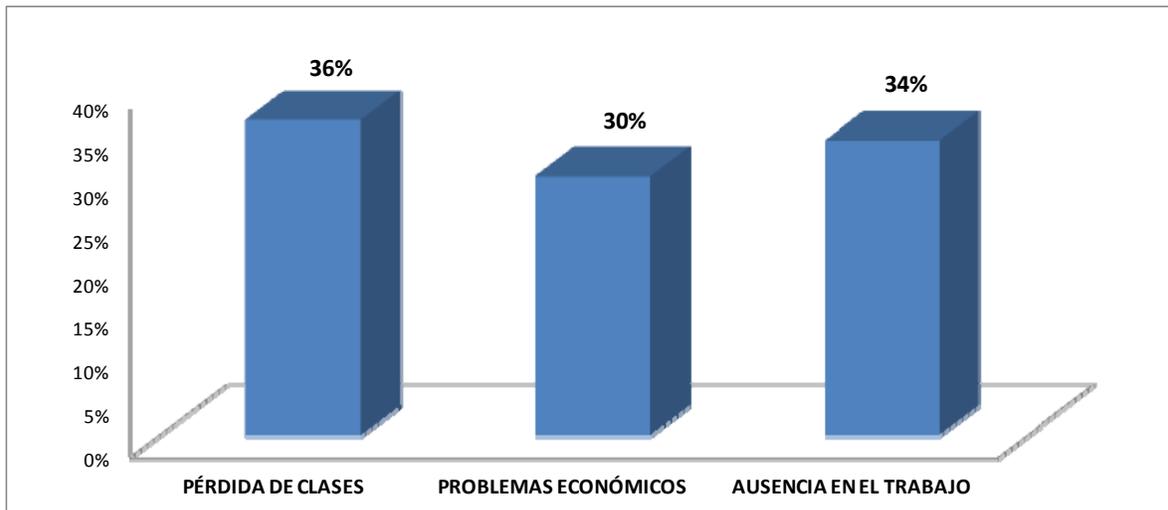


Resultados de la pregunta 5.- ¿Relaciona esas afectaciones a su salud a algún contaminante en específico de los mencionados a continuación?:



El 79 % (987) de las personas encuestadas consideran como principal fuente de emisión de contaminación a las ladrilleras y solo 11 % (137) consideran que la emisión de los vehículos sea la principal causa de contaminación.

Resultados de la pregunta 6.- ¿Qué consecuencias tuvieron durante este tiempo en su vida cotidiana usted y sus familiares?:





Como podrá observarse en la totalidad de los casos en donde se presentaron afectaciones a la salud se tuvieron consecuencias que alteraron la vida cotidiana de las familias en el Fraccionamiento Hacienda Real.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

- *Los resultados muestran que los contaminantes que exceden las NOM son el O₃, las PM₁₀ y las PM_{2.5}, estos contaminantes son los mismos que están fuera de norma en la ZMG.*
- *En el caso de las PM₁₀, los datos muestran que se excede la norma de 24 horas el 83% de los 24 días muestreados. Se presentó un pico de 1,234 µg/m³ el 9 de marzo.*
- *En el caso de las PM_{2.5}, los datos muestran que se excede la norma de 24 horas el 100% de los 45 días muestreados. Se presentó un pico de 600 µg/m³ el 24 de abril.*
- *Las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} son muy superiores a los niveles que se reportan en las estaciones fijas de la RAMAG, por lo cual se puede atribuir dicho incremento a las fuentes de emisión locales y a las condiciones meteorológicas prevalecientes en la zona.*
- *El análisis de las distintas fuentes de emisión muestra que se descartan, como posibles responsables de las altas concentraciones de material particulado, las fuentes móviles, tanto vehículos particulares como unidades del transporte público, así como las fuentes de área (comercios y servicios) y las fuentes puntuales (industrias)*
- *Las fuentes erosivas si contribuyen a la emisión de material particulado, sin embargo, las condiciones meteorológicas que se presentaron durante el periodo hacen descartar éstas como la causa de los altos niveles de contaminación.*
- *Se concluye que la principal causa de los altos niveles de contaminación de PM₁₀ y PM_{2.5} son las ladrilleras ubicadas en la zona de estudio.*
- *Existen severos riesgos a la salud de los habitantes de la zona que se manifiestan actualmente en las quejas de los pobladores; se requiere a la brevedad poder*



obtener más información sobre los impactos en salud registrados en las clínicas aledañas a la zona de estudio.

6.2 Recomendaciones

- *Se recomienda que a la brevedad posible el Ayuntamiento de Tonalá implemente un programa de reubicación y tecnificación de las ladrilleras ubicadas en el área de estudio, a fin de reducir en el corto plazo la exposición a los altos niveles de contaminación.*
- *Llevar a cabo un análisis de los impactos en salud en la zona de estudio y correlacionarlo con los resultados de este reporte.*
- *Estimar a detalle la contribución de las fuentes erosivas a fin de tomar medidas para reducir la resuspensión en la zona, de material particulado.*



Anexo 1

Compendio Fotográfico







GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.





Anexo2.

Meteorológico.

Temperatura

En las siguientes tablas se muestran los niveles de temperatura máxima, mínima y promedio registrados en el periodo del 22 de Febrero al 3 de Mayo.

Tabla Niveles de temperatura en el periodo

Fecha	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Temperatura Promedio
22/feb	28	17	24
23/feb	28	11	20
24/feb	28	11	19
25/feb	29	10	20
26/feb	29	12	20
27/feb	29	12	20
28/feb	31	10	21
01/mar	31	13	22
02/mar	31	12	22
03/mar	32	12	22
04/mar	31	12	22
05/mar	30	10	21
06/mar	29	11	20
07/mar	28	11	20
08/mar	29	09	20
09/mar	29	09	19



GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.

10/mar	29	13	21
11/mar	28	14	21
12/mar	29	12	21
13/mar	28	11	20
14/mar	29	11	20
15/mar	28	13	20
16/mar	29	15	22
17/mar	29	13	21
18/mar	30	14	22
19/mar	31	13	23
20/mar	32	13	23
21/mar	32	14	23
22/mar	31	13	23
23/mar	32	14	23
24/mar	32	12	23
25/mar	32	13	23
26/mar	31	13	23
27/mar	31	12	22
28/mar	32	12	23
29/mar	32	13	22
30/mar	31	11	22
31/mar	30	11	22
01/abr	30	16	23



GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.

02/abr	31	12	22
03/abr	31	12	22
04/abr	32	13	23
05/abr	32	15	24
06/abr	32	15	24
07/abr	32	15	24
08/abr	32	14	23
09/abr	32	14	24
10/abr	33	14	24
11/abr	33	14	24
12/abr	33	18	25
13/abr	32	18	25
14/abr	33	16	25
15/abr	33	16	25
16/abr	31	16	24
17/abr	32	17	24
18/abr	32	16	24
19/abr	32	14	24
20/abr	32	14	24
21/abr	33	15	24
22/abr	33	15	25
23/abr	33	15	24
24/abr	32	15	24



GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.

25/abr	32	16	25
26/abr	33	13	24
27/abr	33	13	24
28/abr	34	14	25
29/abr	34	18	26
30/abr	33	17	25
01/may	33	17	25
02/may	34	16	26
03/may	24	19	21



Velocidad Viento. En las siguientes tablas, se muestran los niveles de velocidad máxima, mínima y promedio registrados en el periodo del 22 de Febrero al 3 de Mayo.

Tabla Niveles velocidad del viento en el periodo.

Fecha	Velocidad Máxima de Viento	Velocidad Mínima de Viento	Velocidad Promedio
22/feb	3.2	0.6	1.7
23/feb	3.9	0.1	1.3
24/feb	3.6	0.2	1.6
25/feb	2.6	0.1	1.2
26/feb	2.6	0.1	1.1
27/feb	2.6	0.1	1.1
28/feb	1.6	0.1	0.7
01/mar	2.0	0.3	1.0
02/mar	2.1	0.1	0.9
03/mar	2.5	0.1	0.9
04/mar	3.8	0.2	1.4
05/mar	2.2	0.1	0.8
06/mar	3.2	0.2	1.4
07/mar	4.1	0.1	1.7
08/mar	4.0	0.1	1.6
09/mar	2.2	0.1	0.9
10/mar	4.4	0.3	1.8
11/mar	2.5	0.7	1.6
12/mar	2.9	0.1	1.2



GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.

13/mar	5.4	0.0	1.9
14/mar	2.2	0.1	1.0
15/mar	4.4	0.3	1.7
16/mar	3.4	0.4	1.6
17/mar	2.0	0.2	0.8
18/mar	2.0	0.4	1.0
19/mar	3.4	0.4	1.3
20/mar	2.1	0.1	1.0
21/mar	2.2	0.1	1.1
22/mar	4.4	0.1	1.6
23/mar	3.5	0.1	1.4
24/mar	4.0	0.1	1.3
25/mar	3.7	0.1	1.5
26/mar	4.1	0.2	1.7
27/mar	3.3	0.1	1.3
28/mar	3.9	0.2	1.5
29/mar	4.9	0.1	1.6
30/mar	4.5	0.2	1.7
31/mar	3.3	0.1	1.3
01/abr	3.1	0.0	1.2
02/abr	2.6	0.2	1.1
03/abr	3.8	0.1	1.4
04/abr	2.6	0.1	1.1



GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.

05/abr	3.5	0.2	1.3
06/abr	4.7	0.2	1.6
07/abr	4.6	0.1	1.6
08/abr	5.0	0.2	1.6
09/abr	4.3	0.1	1.8
10/abr	3.9	0.2	1.5
11/abr	2.8	0.1	1.4
12/abr	3.2	0.1	1.6
13/abr	4.4	0.2	2.2
14/abr	4.3	0.2	1.8
15/abr	4.2	0.1	1.5
16/abr	3.6	0.3	1.6
17/abr	4.0	0.2	2.0
18/abr	5.1	0.1	1.8
19/abr	4.5	0.0	1.9
20/abr	2.2	0.2	1.0
21/abr	2.9	0.2	1.2
22/abr	3.9	0.2	1.5
23/abr	2.6	0.3	1.3
24/abr	3.8	0.3	1.6
25/abr	4.1	0.1	1.9
26/abr	4.1	0.2	1.9
27/abr	2.6	0.3	1.3



28/abr	2.3	0.3	1.3
29/abr	4.4	0.4	1.8
30/abr	3.8	0.2	1.6
01/may	4.4	0.3	1.6
02/may	4.0	0.2	1.5
03/may	3.9	0.7	1.5

Tabla Humedad relativa en el periodo.

Fecha	Humedad Relativa Máxima	Humedad Relativa Mínima	Humedad Relativa Promedio
22/feb	40.5	14.3	20.9
23/feb	63.9	18.3	37.0
24/feb	66.1	17.2	36.9
25/feb	65.6	15.8	35.5
26/feb	60.7	16.9	36.6
27/feb	60.7	16.9	36.6
28/feb	64.6	09.6	32.5
01/mar	58.2	15.7	34.8
02/mar	59.7	10.5	30.7
03/mar	58.8	08.2	27.2
04/mar	48.7	10.0	25.5
05/mar	58.9	08.3	27.1
06/mar	58.9	12.4	34.0
07/mar	70.1	09.2	33.2



GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.

08/mar	56.6	07.1	26.7
09/mar	54.9	07.4	24.4
10/mar	56.7	13.2	28.7
11/mar	43.0	13.5	26.8
12/mar	54.6	11.7	28.5
13/mar	48.7	13.0	25.6
14/mar	50.6	11.7	26.1
15/mar	49.9	18.0	34.3
16/mar	57.5	15.3	35.7
17/mar	60.7	15.7	35.3
18/mar	53.5	11.0	29.9
19/mar	57.6	10.4	27.4
20/mar	55.4	12.0	28.6
21/mar	57.7	11.5	31.1
22/mar	55.4	11.1	28.6
23/mar	54.6	10.4	28.4
24/mar	52.9	10.1	25.3
25/mar	58.7	10.3	30.0
26/mar	57.1	10.3	29.4
27/mar	66.2	07.8	29.5
28/mar	49.8	07.2	21.8
29/mar	49.2	05.9	21.9
30/mar	44.1	08.5	19.7



GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.

31/mar	48.8	09.3	21.7
01/abr	41.9	09.3	21.0
02/abr	47.2	08.4	23.5
03/abr	52.3	10.4	24.8
04/abr	52.4	10.7	25.9
05/abr	51.2	11.8	27.3
06/abr	46.2	12.5	25.0
07/abr	46.9	12.3	25.1
08/abr	53.2	11.5	27.7
09/abr	56.6	12.3	29.7
10/abr	62.1	10.0	30.2
11/abr	55.7	09.7	29.3
12/abr	62.1	19.6	39.7
13/abr	60.8	14.0	39.1
14/abr	62.5	12.2	32.6
15/abr	50.2	08.9	24.1
16/abr	37.9	16.4	28.7
17/abr	65.6	13.8	37.3
18/abr	68.6	11.0	34.2
19/abr	58.9	10.4	25.0
20/abr	47.8	08.8	21.5
21/abr	43.8	10.8	24.6
22/abr	51.3	09.3	25.5



GOBIERNO DE JALISCO
PODER EJECUTIVO

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. FRACCIONAMIENTO HACIENDA REAL, TONALÁ, JAL.

23/abr	44.4	09.5	22.8
24/abr	62.7	09.7	29.4
25/abr	49.0	09.3	24.8
26/abr	46.5	05.7	18.8
27/abr	38.8	06.5	17.2
28/abr	46.0	12.0	24.9
29/abr	44.2	13.4	26.7
30/abr	65.5	11.7	34.3
01/may	51.6	10.2	26.8
02/may	57.7	10.1	27.5
03/may	46.3	30.5	39.7
