



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Centro Universitario de Ciencias de la Salud
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

**ACTA DE REUNIÓN DE LA JUNTA ACADEMICA
DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL**

Reunida la Junta Académica de la Maestría en Ciencias de la Salud Ambiental para la revisión del proyecto de tesis que presenta el pasante:

C. JUAN GALLARDO VALDEZ

Con el título:

“Estudio Ambiental del ácido sulfhídrico como contaminante del aire en las comunidades de Juanacatlán y El Salto Jalisco “2004-2005”

Manifestamos que, habiendo revisado el documento del proyecto de tesis, se autoriza la impresión y programación de fecha de presentación y defensa del mismo.

Así mismo, se asignan como sinodales a los siguientes profesores:

SINODALES

1. **Dr. Miguel Raygoza Anaya (Presidente)**
2. **Dra. Martha Georgina Orozco Medina (Secretaria)**
3. **Dr. Arturo Curiel Ballesteros**
4. **Dra. Raquel Gutiérrez Nájera**
5. **Mtra. Genoveva Rizo Curiel**
6. **Dra. Guadalupe Garibay Chávez (Suplente)**

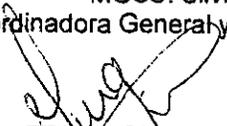
Sin otro particular que tratar, se dio por concluida la reunión firmando los que en ella participaron:

ATENTAMENTE

Guadalajara, Jalisco, a 22 de agosto del 2005



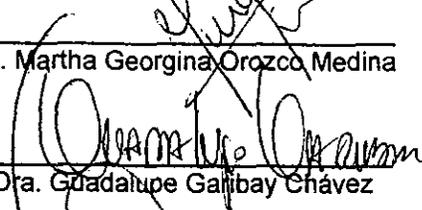
MGSS. Silvia Graciela León Cortes
Coordinadora General y Presidente de la Junta Académica



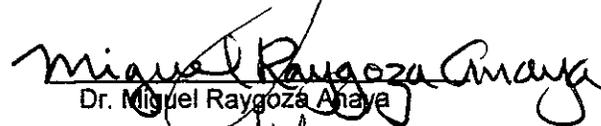
Dra. Martha Georgina Orozco Medina



MSP. Rosa Leticia Scherman Leaño



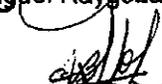
Dra. Guadalupe Garibay Chávez



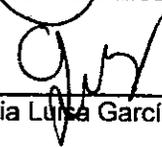
Dr. Miguel Raygoza Anaya



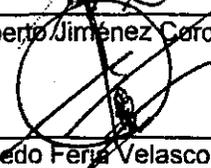
Dr. Arturo Curiel Ballesteros



M.C. Alberto Jiménez Cordero



Dra. Maria Luisa García Bátiz



Dr. Alfredo Feria Velasco



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Centro Universitario de Ciencias de la Salud
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD AMBIENTAL

COMITÉ DE TESIS

DRA. MARTHA GEORGINA OROZCO MEDINA
P R E S E N T E:

Por medio de la presente nos permitimos informar a Usted(es), que habiendo revisado el trabajo de Tesis que realizó el (la) pasante:

JUAN GALLARDO VALDEZ

Con el título:

“Estudio Ambiental del ácido sulfhídrico como Contaminante del Aire en las Comunidades de Juanacatlán y El Salto Jalisco, 2004-2005.”

Manifiestamos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorización de impresión y en su caso programación de fecha de presentación y defensa del mismo.

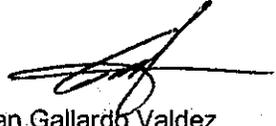
Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 22 de agosto del 2005


Mtra. Genoveva Rizo Curiel
(Nombre y Firma)
Director del trabajo de Tesis


Dr. Ulises Alfonso Gomez Pinedo
(Nombre y Firma)
Co - Director del trabajo de Tesis

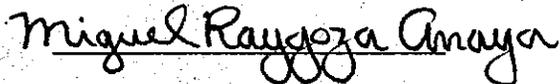

Juan Gallardo Valdez
Alumno

Asesores:

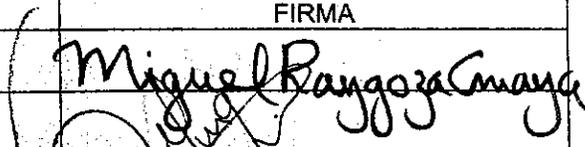
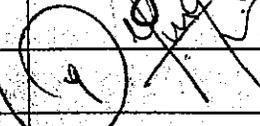
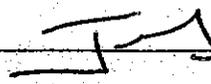
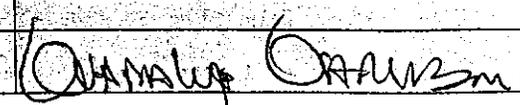
Nombre

Firma

Dr. Miguel Raygoza Anaya



Dra. Raquel Gutiérrez Najera

SINODALES	FIRMA
1. Dr. Miguel Raygoza Anaya (Presidente)	
2. Dra. Martha Georgina Orozco Medina (Secretaria)	
3. Dr. Arturo Curiel Ballesteros	
4. Mtra. Genoveva Rizo Curiel	
5. Dra. Raquel Gutiérrez Nájera	
6. Dra. Guadalupe Garibay Chávez Suplente	

Este trabajo esta dedicado a:

María de Lourdes, mi esposa y compañera por su paciencia, comprensión y apoyo.

Mis hijos ***Juan Antonio, Adriana Elizabeth, Álvaro, Jesús Alberto y Mariana*** quienes me impulsan e inspiran para lograr mis metas y objetivos.

Mi agradecimiento más profundo:

A la ***Universidad de Guadalajara*** por su función y compromiso social que me ha dado la oportunidad de instruirme y formarme como persona y ente social.

Al ***Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ)***, por su apoyo institucional para crecer y desarrollarme profesionalmente.

Al ***Instituto VIDA***, por su apoyo y compromiso con la comunidad de Juanacatlán para mejorar su entorno.

Al ***Instituto de Derecho Ambiental (IDEA)***, en especial a la Dra. ***Raquel Gutiérrez Najera*** por su entrega, tenacidad y convicción en defensa del medio ambiente.

A la Mtra. ***Genoveva Rizo Curiel*** por su dirección, apoyo y conocimientos vertidos.

Al Dr. ***Miguel Raygoza Anaya*** por sus valiosos comentarios y aportes.

Al Dr. ***Javier García Velasco*** por su tiempo y aportaciones a este trabajo.

A mis compañeros y amigos: ***Ulises Gómez, Hugo Salado, Edgardo Villegas, Abel Guzmán, Vanessa García y Alejandro Canales*** por su amistad, comentarios y apoyo para el desarrollo y conclusión de este proyecto.

A ***Armando Chávez***, por sus comentarios y sugerencias, a ***Marcela y Silvia*** por su apoyo desinteresado.

INDICE

I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
III. JUSTIFICACION	11
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
V. MARCO TEORICO	17
5.1 El ácido sulfhídrico	17
5.2 Fuentes generadoras de ácido sulfhídrico	17
5.3 Características y propiedades del ácido sulfhídrico	18
5.4 Valores limite de exposición al ácido sulfhídrico.	18
5.5 Tipos de exposición y efectos	21
5.6 Efectos para la salud por la exposición al ácido sulfhídrico	23
5.7 Intoxicación	27
5.8 Fisiopatología	27
5.9 Toxicocinética	28
5.10 Legislación ambiental y normatividad	28
VI. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	33
6.1 Ubicación	33
6.2 Vías de acceso	34
6.3 Características demográficas	34
6.4 Centros educativos y población asistente	35
6.5 Instalaciones de recreación y esparcimiento	37
VII. OBJETIVOS	39
7.1 Objetivo	39
7.2 Objetivos Particulares	39
7.3 Hipótesis	39
VIII. MATERIAL Y METODOS	40
8.1 Tipo de estudio	40
8.2 Muestra	40
8.3 Selección de días para monitoreo	40
8.4 Criterios	42
8.5 Variables	42
8.6 Operacionalización de Variables	42
8.7 Instrumentos	43
8.8 Procedimientos	44
8.9 Análisis	49
8.10 Presentación de resultados	51
8.11 Metodología para la encuesta	52

IX. RESULTADOS	53
9.1 Análisis General	53
Cuadro 1. Niveles de concentración de Ácido Sulfhídrico, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	53
Cuadro 2 . Niveles de concentración de ácido Sulfhídrico en porcentaje, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	54
Cuadro 3. Periodo de monitoreo y valores extremos por mes, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	54
Cuadro 4. Temperatura en las áreas de Juanacatlán y El Salto, 2005	55
Cuadro 5. Horario en que se realizo el monitoreo en las Áreas de Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	55
Cuadro 6. Dirección del Viento en las Áreas de Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	56
Cuadro 7. Puntos de Monitoreo de las Áreas de Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	56
9.2 Análisis Particular	56
Cuadro 8. Concentraciones extremas de Ácido Sulfhídrico por punto de monitoreo, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	57
Cuadro 9. Porcentaje de la concentración de Ácido Sulfhídrico por Punto de Monitoreo, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	58
Cuadro 10. Concentración de Ácido Sulfhídrico por Tipo de Clima, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	58
Cuadro 11. Concentración de Ácido Sulfhídrico por Temperatura registrada, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	59
Cuadro 12. Concentración de Ácido Sulfhídrico por grupos de Horario establecidos, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	61
Cuadro 13. Concentración de Ácido Sulfhídrico por su Proximidad con el puente, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	62
Cuadro 14. Dirección del viento y Concentración de Ácido Sulfhídrico, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	63
Cuadro 15. Altitud de los Puntos de Monitoreo y Concentración de Ácido Sulfhídrico, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	64

9.3 Análisis Específico	64
Cuadro 16. Concentración del Ácido Sulfhídrico por Clima Frío y Cálido, Juanacatlán y El Salto, 2004 -2005	64
Cuadro 17. Concentración del Ácido Sulfhídrico por Clima Frío y Templado, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	65
Cuadro 18. Concentración del Ácido Sulfhídrico por Mañana y Tarde, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	65
Cuadro 19. Concentración del Ácido Sulfhídrico por Mañana y Noche, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	65
Cuadro 20. Concentración del Ácido Sulfhídrico por Altitud, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	65
Cuadro 21. Concentración de Ácido Sulfhídrico por Presencia o Ausencia de viento, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	66
Cuadro 22. Concentración del Ácido Sulfhídrico por Dirección del Viento, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	66
Cuadro 23. Concentración del Ácido Sulfhídrico por la Proximidad de los Puntos, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	66
Cuadro 24. Concentración del Ácido Sulfhídrico por Puntos, Juanacatlán y El Salto, 2004-2005	67
9.4 Análisis Cartográfico	67
Cuadro 25. Concentración en ppm por Horario, Día y Mes durante el periodo de monitoreo.	67
Cuadro 26. Concentraciones medias en ppm por Horario y Mes	68
9.5 Interpretación de modelos de simulación	78
9.6 Comportamiento del H ₂ S por mes y horario de monitoreo	79
9.7 Resultados de la Encuesta	92
Cuadro 27. Número de entrevistados en la zona de influencia de los puntos de monitoreo	92
Cuadro 28. Distribución de la población encuestada por sexo, 2005	93

Cuadro 29. Numero de niños encuestados por municipio, 2005	93
Cuadro 30. Indicadores de las características físicas, 2005	93
Cuadro 31. Niños que presentaron enfermedad, 2005	94
Cuadro 32. Niños que presentaron enfermedad por localidad, 2005	94
Cuadro 33. Persona que diagnóstico la enfermedad de los niños, 2005	95
Cuadro 34. Padecimientos mas frecuentes de los niños, 2005	95
Cuadro 35. Síntomas que manifestaron los niños y numero de casos, 2005.	95
Cuadro 36. Causa a la que atribuyeron los síntomas manifestados, 2005	96
Cuadro 37. Escuelas a las que asistieron los niños, 2005	97
Cuadro 38. Horario y numero de Alumnos que asistían a los centros educativos por turno, 2005	97
Cuadro 39. Distancia de la escuela con respecto a la vivienda, 2005	98
Cuadro 40. Percepción de olores, 2005	99
Cuadro 41. Tipo de olor al que lo asocian, 2005.	99
Cuadro 42. Grado de intensidad con se percibió el olor, 2005	99
Cuadro 43. Época del año en que percibieron el olor, 2005	100
Cuadro 43. Época del año en que percibieron el olor, 2005	100
Cuadro 45. Principales problemas reportados por los encuestados, 2005	100
X. DISCUSIÓN	101
XI. CONCLUSIONES	108
XII. RECOMENDACIONES	110
XIII. BIBLIOGRAFÍA	112
XIV. ANEXOS	118
A. Puntos de monitoreo	119
B. Formato para registro de lecturas	121
C. Cuestionario para captación de información	122

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores normados para contaminantes atmosféricos en México	6
Tabla 2. Normas Oficiales Mexicanas para el control de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas	7
Tabla 3. Principales propiedades físico químicas del ácido sulfhídrico	18
Tabla 4. Límites de exposición al ácido Sulfhídrico establecidos en Estados Unidos por diferentes organismos	19
Tabla 5. Valores guía recomendados por la OMS para el H ₂ S	20
Tabla 6. Valores límite para la protección de la salud pública para contaminantes no tradicionales en algunos países de América Latina	20
Tabla 7. Límites de exposición del H ₂ S adoptados en algunos países europeos	21
Tabla 8. Niveles de concentración del ácido sulfhídrico y sus efectos fisiológicos mas significativos	25
Tabla 9. Población total por localidad en la zona de estudio	35
Tabla 10. Población infantil de 6 –14 años en la zona de estudio	35
Tabla 11. Relación de centros educativos existentes en las localidades de Juanacatlán y El Salto por nivel de instrucción (Primaria y Secundaria)	36
Tabla 12. Clubes deportivos existentes en las localidades de Juanacatlán y El Salto, 2005	37
Tabla 13. Periodo y días de monitoreo resultantes mediante el proceso aleatorio	41
Tabla 14. Ubicación Geográfica de los Puntos de Monitoreo	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de exposición y efectos de acuerdo a diferentes ambientes	23
Figura 2. Riesgos por exposición a Contaminantes ambientales	24
Figura 3. Vista aérea de las localidades de Juanacatlán y El Salto, 2002	33
Figura 4. Distribución espacial de los centros educativos e instalaciones de esparcimiento y recreación ubicadas dentro del área de estudio.	38
Figura 5. Detector multigases digital portátil marca Dragger modelo Pac III	43
Figura 6. Cartuchos electroquímicos intercambiables para detección de gases	44

II INTRODUCCION

La contaminación es un fenómeno que causa impactos negativos al ambiente no solo deteriorando las propiedades de los componentes del ecosistema y los factores ambientales, afectando además la calidad de vida de los organismos vivos. Su origen puede ser natural o antropogénico.

En términos científicos, podemos definir a la contaminación como la alteración física del aire, el agua o el suelo con elementos que alteran sus propiedades, afectando la salud de los organismos vivos o el funcionamiento natural de los ecosistemas (Echarri, 1998).

Los avances tecnológicos y el desarrollo industrial manifestado en los últimos años han promovido la generación y producción de un gran número de sustancias y agentes contaminantes en estado líquido, sólido o gaseoso que se incorporan al ambiente afectando la salud de la población, el bienestar de las plantas y animales y el patrimonio de las personas.

Las consecuencias de estos elementos en los seres vivos se traducen en enfermedades y padecimientos que deterioran su salud y en los humanos afectan además su calidad de vida. En este sentido, se calcula que actualmente entre el 20 y 30% de la manifestación de enfermedades a nivel mundial se atribuye a factores de riesgo asociados con la exposición a contaminantes ambientales (PND, PRONASA 2001).

Esta situación por demás preocupante, ha impulsado en la mayoría de países la adopción de políticas encaminadas al combate y disminución de los riesgos originados por este fenómeno, convirtiéndose de esta manera en uno de los retos mas importantes que requieren de atención inmediata.

Entre los principales riesgos se encuentran los contaminantes en atmósferas urbanas y en intramuros, los contaminantes en cuerpos de agua, los químicos agroindustriales y en menor proporción aquellos que se presentan en ambientes laborales. De estos, los riesgos asociados con la contaminación atmosférica son los más peligrosos, debido a

que se carece de elementos para el control de los contaminantes una vez que son liberados.

Para millones de personas en todo el mundo, el simple hecho de respirar se ha vuelto peligroso, la presencia en el aire de gases y vapores derivados de sustancias volátiles, así como partículas de diferentes elementos y contaminantes orgánicos provocan enfermedades de todo tipo. Se calcula que más de tres millones de personas mueren al año a causa de los contaminantes producidos por automotores (monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno), los compuestos orgánicos volátiles y las macro y micro partículas (PNUMA, 2005).

Presentes en el aire se encuentran además, compuestos como el plomo, dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno. Los niños de los grandes centros urbanos en los países en desarrollo son los más afectados, pues a menudo inhalan de ocho a diez veces la cantidad de contaminantes considerada segura por la Organización Mundial de la Salud (NGS, 2002).

De acuerdo a esta aseveración, los niños son más vulnerables que los adultos frente a los peligros ambientales. Su capacidad para amortiguar los peligros para la salud aún está en desarrollo y por consiguiente, son más sensibles a los efectos de los productos químicos tóxicos, a los gérmenes, así como a otros contaminantes. También están más expuestos a esos riesgos porque consumen mayor cantidad de alimentos, agua y aire que los adultos en proporción a su peso corporal (Annan, 2003).

En México, la incidencia e incremento de enfermedades derivadas de las condiciones ambientales en los habitantes de las principales ciudades y de comunidades próximas a los complejos industriales es preocupante para las autoridades del sector salud. Estudios recientes confirman que en México, el 35 % de las enfermedades puede atribuirse a exposiciones ambientales y el 15 % a exposiciones ocupacionales (SS, 2002).

Estas cifras, por demás alarmantes, tienen implicaciones sociales y altos costos económicos y reflejan además, el grado de deterioro ambiental y la degradación de la calidad del aire que se respira en los principales centros urbanos del país.

Un panorama similar se percibe a nivel local, el estado de Jalisco se ha consolidado como uno de los principales pilares de la economía y el desarrollo nacional, su ubicación geográfica y su perfil sociodemográfico constituyen elementos clave para la instalación de algunas de las empresas más importantes a nivel mundial.

Sin embargo, además de los beneficios económicos, dicho emplazamiento ha tenido costos ecológicos muy significativos. El desarrollo industrial ha ocasionado la generación de grandes cantidades de agentes contaminantes que son incorporados a la atmósfera, cuerpos de agua y al suelo, en detrimento de sus propiedades.

La legislación ambiental vigente en México, incluye además de leyes, reglamentos y acuerdos, cuenta con lineamientos normativos (Normas Oficiales Mexicanas) emitidos por las dependencias oficiales cuya finalidad entre otras cosas, es la de establecer las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral o para preservación de los recursos naturales (SEMARNAP, 2001).

En este sentido, la Secretaría de Salud ha emitido normas para los contaminantes atmosféricos: bióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), bióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3), partículas suspendidas totales (PST) y partículas menores a diez micrómetros de diámetro (PM10) y plomo (Pb).

Para cada uno de estos compuestos se cuenta con un estándar o norma de calidad del aire que establece los niveles máximos permisibles de concentración de contaminantes que garanticen la salud de la población en general, incorporando un margen de seguridad. El cuadro 1 presenta los valores normados para contaminantes atmosféricos en México.

Tabla 1
Valores normados para contaminantes atmosféricos en México

Contaminante	Limite de exposición aguda		Limite de exposición crónica (valor medio) para protección de la salud de la población susceptible	Norma
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable		
O ₃	0.11 ppm (1 h)	1 vez cada 3 años		NOM-020-SSA-1994
SO ₂	0.13 ppm (24 h)	1 vez al año	0.03 ppm anual	NOM-022-SSA-1994
NO ₂	0.21 ppm (1 h)	1 vez al año		NOM-023-SSA-1994
CO	1 ppm (8 h)	1 vez al año		NOM-021-SSA-1994
PST	260 µg/ m ³ (24 h)	1 vez al año	75 µg/ m ³ anual	NOM-024-SSA-1994
Pm10	150 µg/ m ³ (24 h)	1 vez al año	50 µg/ m ³ anual	NOM-025-SSA-1994
Pb			1.5 µg/ m ³ en 3 meses	NOM-026-SSA-1994

Fuente: Diario Oficial de la Federación, diciembre 1994.

Por su parte, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha emitido una serie de NOM's (ver cuadro 2) que regulan las emisiones de contaminantes provenientes de fuentes fijas y móviles cuyos propósitos son la protección a la salud de la población y la de los ecosistemas.

Tabla 2
Normas Oficiales Mexicanas para el control de contaminantes atmosféricos
por fuentes fijas

NORMA OFICIAL MEXICANA	Niveles máximos permisibles de emisión atmosférica
NOM-039-ECOL-1993	Bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico en plantas productoras de ácido sulfúrico.
NOM-040 ECOL 1993	Partículas sólidas y control de emisiones fugitivas provenientes de Industrias productoras de cemento.
NOM-043-ECOL-1993	Partículas sólidas en proceso.
NOM-046-ECOL-1993	Bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico en plantas productoras de ácido dodecibencensulfónico.
NOM-051-ECOL-1993	Nivel máximo permisible en peso de azufre, en el combustible líquido, gasóleo industrial que se consume por fuentes fijas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
NOM-075-ECOL-1995	Emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles provenientes del proceso de los separadores agua-aceite de las refinerías del petróleo.
NOM-085-ECOL-1994	Humos, partículas suspendidas totales, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles.
NOM-092-ECOL-1993	Requisitos de los sistemas de vapores de gasolina en estaciones de servicio y autoconsumo ubicadas en el valle de México.
NOM-093-ECOL-1993	Eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y autoconsumo.
NOM-097-ECOL-1995	Material particulado y óxidos de nitrógenos en los procesos de fabricación de vidrio en el país.
NOM-105-ECOL-1996	Partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total en plantas de fabricación de celulosa.
NOM-EM-118-ECOL-1997	Especificaciones de protección ambiental que deben reunir el gas licuado de petróleo que se utiliza en las fuentes fijas ubicadas en la zona Metropolitana de la Ciudad de México.
NOM-121-ECOL-1997	Compuestos orgánicos volátiles provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías de la industria automotriz así como el método para calcular sus emisiones.
NOM-123-ECOL-1998	Establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV), en la fabricación de pinturas de secado al aire base solvente y para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.

Fuente: Instituto Nacional de Ecología. La contaminación atmosférica en México.

http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/396/introd.html?id_pub=396

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPSS), también contribuye a consolidar el marco legal en materia ambiental al emitir normas específicas para regular actividades laborales donde existe exposición a contaminantes.

Las normas son observadas por las autoridades federales y locales que tengan a su cargo el desarrollo y aplicación de los programas de política ambiental (SEMARNAP 2000). Dicha normatividad es aplicable para la mayoría de los contaminantes presentes en agua, aire y suelo, así como en ambientes laborales, sin embargo, existen otros que se generan debido a la combinación y mezcla de algunos elementos químicos o a la manifestación de circunstancias particulares los cuales resultan peligrosos para la salud de la población, cuando la cantidad de emisión excede los parámetros "normales" o límites de tolerancia, para los cuales no existe normativa alguna.

Tal es el caso de los olores, que pueden derivarse de gases o elementos químicos cuya presencia en la atmósfera se detecta a través del olfato y cuyos efectos en la salud dependen de las propiedades y características fisicoquímicas de las sustancias que los generan, del nivel de concentración y del tiempo de exposición a ellos. Aunque en muchos de los casos no son nocivos para la salud, el olor de algunos contaminantes puede resultar insoportable por ser molestos y desagradables, en cuyo caso es evidente la necesidad de combatirlos sin que sea preciso demostrar su nocividad.

Los olores se determinan preferentemente en la primera o segunda inhalación, pues las sucesivas tienden a fatigar el sentido del olfato. La irritación nasal, de garganta y ocular frecuentemente aumenta con el tiempo, por lo menos durante los primeros segundos y aun algunos minutos (OMS, 1989).

En México, la legislación y normatividad en cuanto a la generación de olores como agente contaminante no es muy precisa y en algunos casos ambigua ya que al parecer existe una indefinición en cuanto a los criterios que deben aplicarse para considerar a un olor como perjudicial cuando se derive de una fuente natural.

Entre los contaminantes atmosféricos que generan olores molestos y en ocasiones tóxicos, destacan por sus características y concentración los compuestos: dióxido de

azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos y el sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico (Ambientum, 2003), que es un gas constituyente natural del aire que respiramos, que puede ser tóxico en concentraciones elevadas y dañino para la salud por largos periodos de exposición.

Este compuesto es un gas incoloro, soluble en varios líquidos y se caracteriza por un olor desagradable (huevos podridos, hedor de alcantarilla) de manera que se puede reconocer mediante el olfato aún en bajas concentraciones. La mayor parte de este gas que se encuentra en la atmósfera tiene un origen natural, se produce por descomposición de la materia orgánica, cerca de los lagos, en áreas con actividad geotérmica y pozos de gas natural.

Algunas actividades industriales que emiten este gas son: la fabricación de pasta de papel, el refinado del petróleo, curtidurías, la industria textil y procesamiento de alimentos, entre otras, sin embargo, se estima que solamente el 10% de las emisiones totales de este compuesto tienen un origen antropogénico.

Por ser más pesado que el aire, el ácido sulfhídrico tiende a permanecer cerca del suelo, por lo que los niños, siendo de menor estatura que los adultos, pueden exponerse a mayores cantidades. La exposición a concentraciones más bajas puede resultar en irritación a los ojos, dolor de garganta y tos, falta de aliento y líquido en los pulmones. Estos síntomas generalmente desaparecen después de unas semanas. La exposición a bajos niveles por largo tiempo puede producir fatiga, pérdida del apetito, dolores de cabeza, irritabilidad, pérdida de la memoria y mareo (ATSDR. 1999).

En este sentido, el presente trabajo pretende abordar de manera integral un problema de salud ambiental que afecta directamente a la población de las localidades de Juanacatlán y El Salto en el Estado de Jalisco, específicamente a los niños, cuyo origen, evolución y desarrollo se dio históricamente por su proximidad con el río Santiago, el cual represento por muchos años el recurso natural más importante y el principal proveedor de satisfactores para sus habitantes.

Actualmente el grado de contaminación que manifiesta el río es alarmante y la calidad de sus aguas esta deteriorada, lo que restringe su uso y aprovechamiento, en este

sentido, el río se ha convertido en el principal factor de riesgo para la salud no solo de los habitantes de estas comunidades, sino para la fauna y el equilibrio de los ecosistemas presentes en una importante región del Estado de Jalisco.

En este punto, el río se ha convertido en una fuente emisora de olores, mismos que se asocian tanto a las descargas industriales como al estancamiento inducido por obras hidráulicas en el sitio, lo que favorece la retención y degradación de altos contenidos de materia orgánica. Así mismo, la caída de agua natural que existe entre ambas localidades, provoca que los olores se intensifiquen y que se dispersen en una amplia zona, deteriorando la calidad de vida, afectando principalmente a la población infantil que asiste a las escuelas próximas al cauce.

La descripción del olor y la sintomatología manifestada por los habitantes, indican la presencia de ácido sulfhídrico en el aire ambiente, sin embargo, a la fecha, no se tiene conocimiento de estudios epidemiológicos o toxicológicos que se hayan realizado y que comprueben dicha relación.

En este sentido, el presente trabajo es una aproximación hacia dicha relación en base al análisis del comportamiento de este contaminante, sus niveles de concentración, las rutas de exposición y los efectos en la salud de la población.

De acuerdo a este análisis, se espera que los resultados que arroje esta investigación contribuyan en gran medida a definir lineamientos técnicos que promuevan el establecimiento de políticas ambientales para la zona y que aporten elementos de juicio para que las instituciones del sector salud definan estrategias que contribuyan a la resolución de este problema en particular y a otros similares que pudieran manifestarse.

III JUSTIFICACION

En las localidades de Juanacatlán y El Salto el río Santiago constituyo por muchos años, el recurso natural mas importante, sin embargo, la contaminación paulatina de sus aguas y sus efectos en el ecosistema lo ha transformado en un factor de riesgo y una fuente generadora de condiciones insalubres que deterioran la calidad de vida.

Estudios recientes sobre la calidad del agua en el río Santiago (Gallardo, 2003), indican que la sección más afectada es la que comprende el tramo entre Ocotlán a la presa Manuel M. Díeguez (Santa Rosa) en el municipio de Amatitán, en la cual, se ubican además del importante corredor industrial El Salto-Ocotlán, la Zona Metropolitana de Guadalajara y aproximadamente el 90% de los giros industriales existentes en el estado.

La degradación ambiental dentro de la cuenca es cada día mas evidente y los habitantes de algunas de las localidades próximas al cauce, manifiestan que a partir del desarrollo industrial impulsado en la región, la contaminación del río Santiago se ha convertido en una preocupación ya que la incidencia de enfermedades de todo tipo se ha incrementado considerablemente, afectando a los sectores más vulnerables, principalmente a niños y adultos mayores.

Las constantes denuncias de los habitantes de las localidades de El Salto y Juanacatlán ante diversas autoridades con respecto a la contaminación del agua y los fuertes olores que se generan en el cauce del río Santiago se remontan a los años 70, cuando por primera vez percibieron estas alteraciones, manifiestan además, que el agua del río cambia de color constantemente¹, lo cual asocian a los diferentes vertidos industriales de la zona, en ocasiones, el color del agua es oscuro y sobre la superficie se aprecian manchas de grasas y aceites derivados de las descargas industriales, en algunas temporadas, se generan gran cantidad de espumas que se dispersan por el viento hacia las áreas habitacionales .

¹ Entrevista con el Profesor Héctor Lomeli vecindado en Juanacatlán desde hace 35 años/ Juanacatlán, Jalisco, Noviembre de 2003.

Habitantes de ambas localidades en comunicación personal², reportan varios casos de enfermedades que asocian con las condiciones que presenta el río, algunas derivadas de vectores como los mosquitos que proliferan en el cauce (dengue), otras como la hepatitis y tifoidea que se asocian a problemas de higiene ligados con la calidad del agua y su uso, Infecciones Respiratorias y Asma.

Algunas personas,³ aseguran también que en los últimos años se han incrementado los casos de cáncer, leucemia, abortos y problemas cardiovasculares, los cuales pueden estar asociados con las condiciones ambientales de la zona.

Los efectos en la salud de la población por exposición a este tipo de contaminante son de carácter agudo ya que se manifiestan de forma inmediata y se traducen en náuseas, vómitos y cefaleas, las cuales se atribuyen a la presencia de ácido sulfhídrico en el aire ambiente.

Sin embargo, las consecuencias en la salud de los habitantes de la zona por la continua exposición a este tipo de contaminante son difíciles de determinar debido a que algunos síntomas que pudieran tener relación con la exposición se atribuyen a otros padecimientos, además de que en la mayoría de los casos, la población se automedica, lo que contribuye a minimizar el problema.

Los efectos adversos citados en la bibliografía (INST. 1993) y que se asocian a la presencia de este contaminante en el aire ambiente son náuseas, vómitos, dolor de cabeza, algunas reacciones neurotóxicas como comportamiento evasivo, pérdida de memoria o problemas de concentración, interacciones con otros sistemas sensoriales o biológicos que provocan reacciones de hipersensibilidad y cambios en las pautas de respiración, y estrés.

A pesar de las constantes denuncias por parte de los habitantes, no existen estudios que vinculen el grado actual de contaminación en la zona y sus posibles consecuencias sobre la salud de la población, en este sentido, la realización de este

² Reunión Instituto Vida celebrada el 16 de Diciembre de 2004 en Juanacatlán.

³ Entrevista realizada al Dr. Francisco Parra Cervantes, medico general adscrito a la clínica del IMSS, El Salto, Jalisco, El Salto, Diciembre de 2004.

estudio obedece a una necesidad manifestada por habitantes de la localidad de Juanacatlán y El Salto, quienes se han preocupado por el deterioro ambiental de su comunidad y los probables consecuencias que en su salud pudieran generarse.

El estudio esta enfocado a cuantificar la concentración del ácido sulfhídrico y describir su comportamiento a partir de un monitoreo realizado durante el invierno 2004-2005 por considerar que es en esta época cuando las consecuencias de la exposición puede tener mayor efecto debido a las características y propiedades físico químicas de este gas asociadas a las condiciones atmosféricas que contribuyen a la concentración, a pesar de que se infiere que durante el verano es cuando ocurre la mayor producción, las condiciones atmosféricas son mas favorables para la dispersión.

El aire constituye la principal ruta de exposición y el medio en el cual el ácido sulfhídrico se potencializa y se incorpora a la atmósfera, y el viento constituye el vehículo para su dispersión de aquí que para abordar el problema se parte del monitoreo para definir su comportamiento en el área de estudio.

IV PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El río Santiago, frontera natural entre las localidades de Juanacatlán y El Salto constituyo por muchos años, el recurso natural mas importante, En este sentido, el río Santiago recibe múltiples descargas de tipo industrial, municipal (aguas residuales de las cabeceras municipales y Zona Metropolitana de Guadalajara) y rural (granjas, pesticidas y herbicidas utilizados en la explotación agrícola), consideradas como fuentes de una gran variedad de contaminantes (minerales, orgánicos, biológicos).

Debido a las condiciones actuales que presenta el río, la mayoría de las especies faunísticas que dependían de él, se han desplazado hacia otros sitios y algunas incluso han desaparecido de la zona, con excepción de algunas especies de aves migratorias (*Anas Rubripes*, *Dendrocygna bicolor*, *Bubulcus ibis*, *Casmerodius albuspato*, entre otras), las cuales anidan temporalmente en sus márgenes, aprovechando la presencia de maleza acuática como tule y lirio que las protege de algunos depredadores.

Con el aprovechamiento de la caída natural existente entre ambas localidades para la generación de energía eléctrica, se realizaron algunas obras de infraestructura que regulan y canalizan el flujo provocando el estancamiento del agua, favoreciendo el desarrollo de maleza acuática principalmente lirio (*Eichornia crassipes*) y tule (*Typha dominguensis*).

La presencia de esta maleza acuática en el agua estancada propicia la existencia de una alta población de mosquitos, que constituyen un alimento para las aves pero que al mismo tiempo representan un riesgo a la salud de la población por constituirse en vectores de algunas enfermedades epidemiológicas.

Los peces y otros organismos han desaparecido del río, según testimonios de los habitantes de la zona¹, no hace mucho tiempo, aún se podían encontrar especies como carpa, tilapia o bagre, sin embargo todas han ido desapareciendo progresivamente conforme se han ido instalando industrias dentro del área de la cuenca, las cuales

¹ Entrevista con la Maestra Estela Cervantes, ex presidente municipal y habitante de Juanacatlán / Juanacatlán, Jalisco, Noviembre de 2003.

descargan sus aguas residuales muchas de ellas sin tratamiento alguno a los arroyos que integran la red de drenaje de la misma.

El estancamiento de agua genera además, un olor desagradable que se percibe sobre todo al cruzar el puente que comunica ambas localidades, la intensidad del olor varía de acuerdo a las condiciones climáticas, registrándose la mayor concentración cuando se conjugan las bajas temperaturas con la no manifestación del viento, disminuyendo su intensidad al incrementarse la temperatura y presentarse los vientos que contribuyen a su dispersión.

Debido a estas condiciones, la Comisión Nacional del Agua (CNA) realiza año con año acciones de trituración por lo que una parte del lirio triturado se precipita al lecho del cauce incorporándose a los materiales en suspensión que se sedimentan de forma natural acelerando el proceso de eutroficación.

Se relata que objetos metálicos, así como herramientas y utensilios se oxidan constantemente en las casas habitación próximas al cauce y que los animales que tienen contacto físico con el agua del río se ven afectados por enfermedades de la piel (ulceras y excoりaciones).²

Enfermedades como bronquitis, bronconeumonía, asma, fibrosis quística, virus sincicial, gripe, infecciones respiratorias, etc., son los motivos mas frecuentes de consulta y los sectores de población mas afectados son los niños y los adultos mayores, muchos de estos padecimientos pueden ser el origen de enfermedades crónico degenerativas como la neumonía que constituye una de las principales causas de mortalidad en la región.

Los medios que contribuyen a la incidencia y transmisión de muchas de estas enfermedades son el aire, el agua y las partículas suspendidas (suelo, cenizas, polvos, etc.), el contacto con estos elementos se puede dar por ingesta, contacto directo o por inhalación, en este sentido, las condiciones particulares de la zona y la presencia del

² Entrevista con el Regidor Federico Morales Graciano/Cabildo de Juanacatlán 2001-2003/ Juanacatlán, Jalisco, Noviembre de 2003.

rio constituyen dos factores que pueden influir de manera importante en la morbilidad de la zona.

Ante este escenario, se plantea la siguiente interrogante:

¿Existe una relación entre la presencia del ácido sulfhídrico en el aire con las características atmosféricas?

V MARCO TEORICO

5.1 El ácido sulfhídrico

El sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico (H_2S), es un gas constituyente natural del aire que respiramos y es considerado como uno de los mas venenosos, puede detectarse mediante el olfato en bajas concentraciones, es tóxico en concentraciones elevadas y dañino a la salud por exposición durante largos periodos (Legator, 2001).

5.2 Fuentes generadoras de ácido sulfhídrico

El ácido sulfhídrico se genera tanto de manera natural como producto de actividades antropogénicas, principalmente las relacionadas con procesos industriales, se incorpora a la atmósfera después de ser liberado como consecuencia de procesos diferentes.

Fuentes Naturales: La mayor parte del ácido sulfhídrico presente en el ambiente proviene de este tipo de fuentes. Se produce de forma natural cuando las bacterias realizan la descomposición de materia orgánica (plantas y animales) en condiciones anaerobias, por lo que es común que se produzca en aguas estancadas con bajo contenido de oxígeno como los pantanos (NYSDH, 1999).

Los yacimientos de petróleo y depósitos de gas natural son las fuentes naturales más representativas, la actividad volcánica y la geotermia constituyen otras fuentes naturales de generación de este compuesto, al igual que los géiseres y aguas termales.

Actividades antropogénicas: Actualmente se tienen identificadas mas de 75 actividades industriales que potencialmente emiten este gas (NIOSH, 1977), las mas representativas son: fabricación de pasta de papel, refinado del petróleo, curtiduría, industria textil, procesamiento de alimentos y el tratamiento de aguas residuales (depuradoras) entre otras, se produce también derivado de la mezcla de diversos efluentes y en ambientes de drenaje (colectores) y resumideros, de aquí su olor característico ("huevos podridos") y su nombre popular (hedor de mina, gas de alcantarilla, etc.), sin embargo, se estima que solamente el 10% de las emisiones totales de este compuesto tienen un origen antropogénico (Mc Gravan, 2001).

5.3 Características y propiedades del ácido sulfhídrico

Las propiedades físico químicas de este gas son determinantes para entender su comportamiento y estabilidad, ya que al ser liberado hacia la atmósfera desde una fuente puntual, la concentración dependerá directamente de las condiciones atmosféricas (temperatura del aire, humedad relativa y dirección del viento) imperantes en ese momento.

Su densidad es mayor que la del aire, es soluble en agua, su punto de ebullición lo alcanza a los -60°C y su punto de fusión a los -85.49°C , en la Tabla 3 se presentan las propiedades mencionadas y los parámetros de medición de acuerdo a la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de la Enfermedad (ATSDR).

Tabla 3
Principales propiedades físico químicas del ácido sulfhídrico

Propiedades	Parámetro
Peso molecular	34.08
Temperatura de fusión	-85.49°C
Temperatura de ebullición	-60.33°C
Temperatura crítica	100°C
Densidad relativa del gas	1.19 (aire=1)
Densidad relativa del líquido	0.92 (agua=1)
Presión de vapor a 20°C	18.8 bar
Solubilidad en agua (mg/l)	3980 mg/l
Apariencia y color	Gas incoloro
Temperatura de auto ignición	270°C
Rango de inflamabilidad (% de volumen en aire)	4,3-45,5
Otros datos	El vapor es más pesado que el aire.

Fuente: ATSDR. Toxicological Profile for Hydrogen Sulfide. CAS # 7783-06-4. Septiembre de 2004.

5.4 Valores límite de exposición al ácido sulfhídrico.

Los límites de exposición a un contaminante representan los parámetros a partir de los cuales se define la toxicidad del mismo, su estimación se basa en la exposición a ciertos niveles de concentración durante un tiempo determinado.

Los parámetros de referencia o criterios de exposición para el ácido sulfhídrico, han sido estimados por diferentes organismos a nivel mundial, sin embargo la mayoría de los países adoptan los establecidos por las instituciones gubernamentales de los Estados Unidos como la Administración para la Seguridad y Salud en el Trabajo

(OSHA), el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (NIOSH) y Conferencia Americana de Higiene Industrial (ACGIH).

La Tabla 4 muestra los valores límite de la exposición establecidos para este compuesto de acuerdo a los organismos referidos por cada 8 horas de exposición sin protección alguna, coincidiendo en el valor límite del Umbral (TLV) que es de 10 ppm.

De la misma manera, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha adoptado el valor de 10 ppm como el límite de concentración promedio en 8 horas sin efecto adverso (TWA), y de 15 ppm como el Límite de Exposición a Corto Plazo (STEL).

Tabla 4
Límites de exposición al ácido Sulhídrico
establecidos en Estados Unidos por diferentes organismos

Institución	Límites de exposición	Valor Límite del Umbral (TLV)
Occupational Safety & Health Administration (OSHA)	20 ppm Concentración promedio en 8 horas sin efecto adverso (C) 50 ppm Límite de Exposición a Corto Plazo (MAX)	10 ppm
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)	2 ppm Concentración promedio en 8 horas sin efecto adverso (TWA) 15 ppm Límite de Exposición a Corto Plazo (STEL)	10 ppm
American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH)	2 ppm Concentración promedio en 8 horas sin efecto adverso (TWA) 15 ppm Límite de Exposición a Corto Plazo (STEL)	10 ppm
Environmental Protection Agency (EPA)	2 ppm Concentración promedio en 8 horas sin efecto adverso (TWA) 15 ppm Límite de Exposición a Corto Plazo (STEL) 300 ppm Peligro Inmediato para la Vida y Seguridad (IDLH)	10 ppm

Fuente: Phillips 66 Company. Material Safety Data Sheet. Hydrogen Sulfide

El ácido sulfhídrico, es considerado como uno de los contaminantes atmosféricos no tradicionales por la Organización Mundial de la Salud, la cual, recién ha comenzado a estudiar los efectos de este tipo de contaminantes, por lo que no existe información tan amplia en cuanto a fuentes de emisión, niveles en el ambiente e impacto en la salud (OMS, 1998).

Los valores guía recomendados por la OMS para contaminantes no tradicionales han sido clasificados en contaminantes no cancerígenos para los cuales existen niveles umbrales de efectos observables y contaminantes cancerígenos para los cuales no existen niveles de umbral.

En el caso particular del H₂S, la OMS ha establecido como valor guía o concentración tolerable 7 µg/m³ para un tiempo de exposición de 30 minutos y de 150 µg/m³ para una exposición de 24 horas, los efectos sobre la salud son observables a 15 mg/m³, que equivalen a 21 ppm, tal como se indica en el Tabla 5.

Tabla 5
Valores guía recomendados por la OMS para el H₂S

Contaminante	Efectos sobre la salud	Nivel de efecto observable (mg/m ³)	Factor de incertidumbre	Valor guía o concentración tolerable (µg/m ³)	Tiempo promedio de exposición
Sulfuro de hidrogeno (ácido Sulfhídrico)	Molestias por olores	(0.2-2.0)x 10	n.a. *	7 (0.005ppm)	30 minutos
	Irritación de ojos en humanos	15 (21 ppm)	100	150 (0.10 ppm)	24 horas

* n.a no aplicable

Fuente: OPS/CEPIS/PUB/00.50

De la misma forma, algunos países de América Latina como Venezuela y Costa Rica, han establecido como valores límite para contaminantes no tradicionales como el H₂S una concentración de 20 µg/m³ (que equivale a 0.014 ppm) para un tiempo promedio de 24 horas de monitoreo, mientras que Bolivia asume 150 µg/m³ para el mismo periodo (ver Tabla 6).

Tabla 6
Valores límite para la protección de la salud pública para contaminantes no tradicionales en algunos países de América Latina

País	Valor límite (µg/m ³) ¹	Tiempo promedio de muestreo	Frecuencia de excedencia permitida
Bolivia	150 (0.10 ppm)	24 horas	Ninguna
Venezuela	20 (0.014 ppm)	24 horas	El valor límite no podrá superarse en mas de 0.5 % de las mediciones
Costa Rica	20 (0.014 ppm)	24 horas	Ninguna

Las concentraciones de los contaminantes se calculan para condiciones de 1 atmósfera y 298 k.

Fuente: OPS/CEPIS/PUB/00.50

En la mayoría de países europeos, los límites de exposición establecidos para este contaminante se basan en los criterios considerados en las hojas de seguridad para el manejo del gas como sustancia, coincidiendo igualmente con la concentración de 10 ppm para el TLV (ver Tabla 7).

Tabla 7
Límites de exposición del H₂S adoptados en algunos países europeos

País	Límites de exposición	TLV
Alemania	MAK: 15 mg/m ³ (21 ppm)	10 ppm
Francia	VME: 7 mg/m ³ (9.8 ppm)	5 ppm
	VLE: 14 mg/m ³ (19.6 ppm)	10 ppm
Reino Unido	Periodos largos: 14 mg/m ³ (19.6 ppm)	10 ppm
	Periodos cortos: 15 mg/m ³ (21 ppm)	21 ppm

Fuente: NOAA: 3625, UN: 1035, CAS: 7783-06-4,

5.5 Tipos de exposición y efectos

Las sustancias químicas tóxicas generalmente producen el mayor efecto y la respuesta más rápida cuando entran directamente al torrente sanguíneo (Klaassen, 1996). La exposición en lugares de trabajo ocurre generalmente a raíz de la respiración de aire contaminado (inhalación) o por el contacto directo de la piel con la sustancia (exposición cutánea).

Los tipos de exposición se tipifican de la siguiente manera:

- **Aguda**, es la exposición a una sustancia química durante 24 horas ó menos.
- **Crónica**, es la exposición a una sustancia química durante más de 3 meses.
- **Subaguda**, es la exposición a una sustancia química durante un 1 mes ó menos.
- **Subcrónica**, es la exposición a una sustancia química entre 1 y 3 meses.

La exposición al ácido sulfhídrico se realiza de manera conciente o voluntaria cuando se llevan a cabo actividades laborales y de forma involuntaria cuando se esta próximo a una fuente natural.

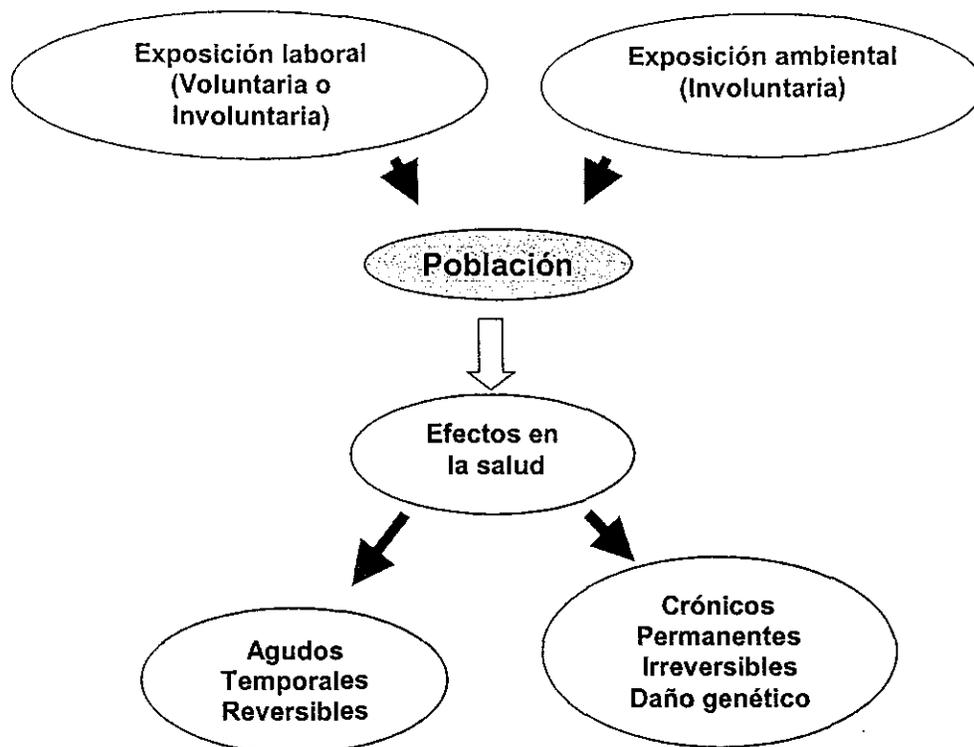
En ambientes laborales (principalmente en actividades industriales) donde se realizan procesos en los que intervienen compuestos de azufre se liberan fuertes cantidades de este contaminante a la atmósfera.

La exposición a fuentes naturales por lo general se realiza de manera involuntaria y los efectos pueden ser agudos o crónicos dependiendo de los niveles de concentración en el aire ambiente y del tiempo de exposición, afectando las funciones normales de algunos órganos y sistemas del organismo de manera reversible o irreversible. En este sentido, los efectos derivados de la exposición, pueden ser de dos tipos:

Efectos agudos: Son las manifestaciones inmediatas o reacciones del organismo a la exposición de altos niveles de concentración que se presentan generalmente de manera súbita producto de un accidente.

Efectos crónicos: Son efectos a largo plazo que pueden provocar daños al organismo de manera sistemática, algunas veces son irreversibles o degeneran en enfermedades crónicas y dependiendo del tipo de contaminante pueden causar daño genético. En la Figura 1 se ilustra el mecanismo de este proceso.

Figura 1
Tipos de exposición y efectos de acuerdo a diferentes ambientes



Fuente: Elaboración propia en base a la revisión bibliográfica

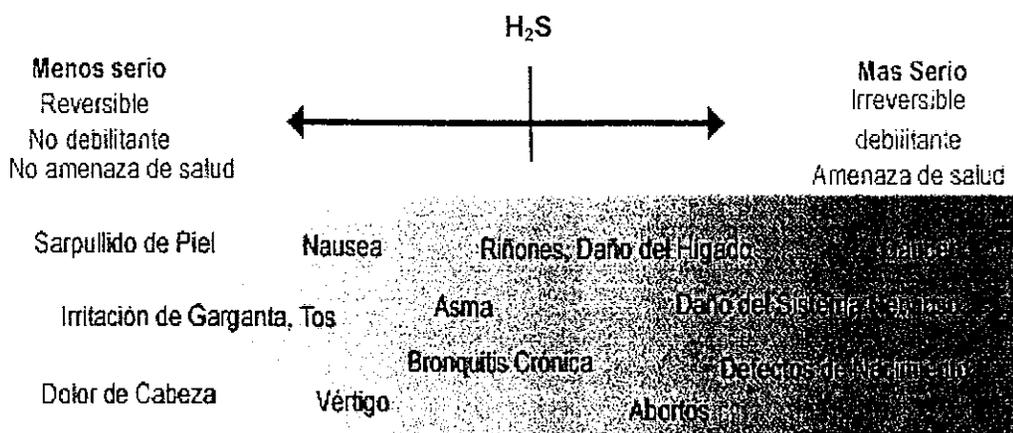
5.6 Efectos para la salud por la exposición al ácido sulfhídrico

La EPA ha establecido que el ácido sulfhídrico es una sustancia tóxica reglamentada y es considerada como una sustancia peligrosa bajo la definición de la Ley Federal de Control de Contaminación del Agua (EPA, 2002).

Muchos de los efectos de la exposición al ácido sulfhídrico son similares a los de otras sustancias químicas presentes en el aire, la manifestación de manera aguda de algunos síntomas se consideran como reversibles y la exposición a bajas concentraciones por periodos cortos de tiempo no constituye un riesgo para la salud. Efectos más severos son difíciles de detectar a menos que se realicen estudios epidemiológicos o toxicológicos en seres humanos, o experimentales en animales que demuestren los cambios bioquímicos o la presencia de metabolitos producto de la exposición a este contaminante.

En la Figura 2, se indican los efectos observables considerados como no riesgosos a la salud por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y los posibles efectos no detectables para el ácido sulfhídrico considerado como un contaminante ambiental no convencional.

Figura 2
Riesgos por exposición a contaminantes ambientales



Fuente: EPA. Contaminación aérea y riesgo en salud. 450/3-90-022 marzo 1991.

Los efectos manifestados por los individuos expuestos a diferentes niveles de concentración a partir del umbral olorífico (1-2 ppm) hasta su Valor Límite (TLV) de 10 ppm son de tipo perceptual, mientras que los manifestados a niveles superiores al mismo son de tipo fisiológico. En la Tabla 8 se presentan de forma sintetizada los efectos fisiológicos mas significativos de la exposición.

Tabla 8
Niveles de concentración del ácido sulfhídrico
y sus efectos fisiológicos mas significativos

Concentración en el aire	Efectos
0.14- 0.28 mg/m ³ (0.1 - 0.2 ppm)	Umbral olorifico
4.2 - 7 mg/m ³ (4.2-7 ppm)	Olor Molesto
14 mg/m ³ (10 ppm)	Valor Limite del Umbral (TLV)
70 -140 mg/m ³ (50 - 100 ppm)	Lesión grave ocular
210 - 350 mg/m ³ (150-250 ppm)	Parálisis olfativa
420 mg/m ³ (300 ppm)	Peligro Inmediato para la vida y salud (IPVS)
420- 700 mg/m ³ (300- 500 ppm)	Edema pulmonar
700 - 1400 mg/m ³ (500 - 1000 ppm)	Apnea y estimulación intensa
400 - 2800 mg/m ³ (1000- 2000 ppm)	del sistema nervioso central
	Colapso Inmediato con parálisis respiratoria

Fuente: NTP 65: Toxicología de compuestos de pirolisis y combustión. España.

Los síntomas y efectos que manifiesta el organismo varían en función del tiempo de exposición y de la concentración del contaminante en el ambiente.

La inhalación continua de bajas concentraciones puede causar fatiga (perdida de sensibilidad al olor) provocando que el olfato no detecte su presencia (INFRA. 2004).

La exposición continua a concentraciones bajas produce irritación en los ojos, dolor de garganta y tos, falta de aliento y líquido en los pulmones, así mismo, la exposición a bajos niveles por largos periodos de tiempo puede producir fatiga, perdida del apetito, dolores de cabeza, irritabilidad, perdida de la memoria y mareo (ATSDR, 1997).

La exposición continua a concentraciones de 15 a 20 ppm, generalmente causa irritación a las membranas mucosa y conjuntiva de los ojos. También puede causar dolor de cabeza, mareos y náuseas.

Concentraciones mayores (200-300 ppm) pueden provocar paro respiratorio que produzca estado de coma o inconciencia. Las exposiciones por más de 30 minutos a concentraciones de más de 700 ppm han sido fatales.

Las manifestaciones neurológicas más frecuentes son síncope, coma, focalidad neurológica, cefalea, agitación, somnolencia, convulsiones, opistótonos (rigidez del cuerpo), mareo. El síntoma más frecuente es la disminución transitoria del nivel de conciencia que aparece en el 75 % de los casos, se manifiesta de forma brusca y que se suele acompañar de recuperación espontánea sobretodo si se retira rápidamente al intoxicado de la fuente de exposición. Por efecto irritable sobre la mucosa respiratoria el paciente presenta tos, disnea, hemoptisis, dolor torácico, edema pulmonar tanto radiológico como clínico (20% de los casos de intoxicación, por ácido sulfhídrico, que llegan a los servicios de urgencias).

Por efecto directo sobre el centro respiratorio se puede producir apnea, la cual no se recupera espontáneamente aunque sea apartado el enfermo del foco de intoxicación, por lo que si no es rápidamente atendido el intoxicado puede sufrir un paro cardiaco y muerte. La cianosis que aparece en estos enfermos se produce por la insuficiencia respiratoria secundaria al edema pulmonar, la hipoperfusión secundaria a la hipoxia y por la unión del H₂S a la hemoglobina lo que forma sulfohemoglobina (OSHA, 1999).

Secundariamente a la hipoxia producida pueden aparecer alteraciones cardiovasculares tales como arritmias, isquemia miocárdica, hipotensión.

Otros síntomas son náuseas y vómitos por el efecto irritante sobre la mucosa gastrointestinal, queratoconjuntivitis, fotofobia, alteraciones de la visión. A nivel cutáneo además de cianosis pueden aparecer áreas eritematosas o enrojecimiento de la piel (BREDL, 2003).

5.7 Intoxicación

La intoxicación más frecuente se da por exposición accidental a altos niveles y principalmente en actividades laborales. Las actividades relacionadas con la industria petroquímica (durante el refinado y perforación de yacimientos de gas natural y petróleo), la explotación minera, la fabricación de papel, en cloacas y fosas sépticas, es donde mayores casos se reportan.

El hecho de que sea un gas con un fuerte olor no significa que el trabajador expuesto lo detecte de manera inmediata ya que en concentraciones elevadas en aire inspirado provoca parálisis del nervio olfativo, en concentraciones superiores a 150 ppm que se alcancen de forma brusca no es detectable convirtiéndolo en un agente peligroso (Barranco. 2000).

No se tiene información con respecto a la intoxicación por exposición a este contaminante generado de forma natural en espacios abiertos próximos a las fuentes donde se produce a partir de la descomposición de materia orgánica (sobre todo en cuerpos de agua).

5.8 Fisiopatología

El H₂S tiene un doble efecto tóxico, a dosis bajas posee un efecto local, irritante sobre mucosas, tiene igualmente un efecto sistémico similar al del cianuro y el Monóxido de Carbono (CO), pues es capaz de unirse con la citocromo-oxidasa, bloqueando la cadena de transporte de electrones para la respiración celular y además se une a la hemoglobina formando el complejo sulfohemoglobina no apto para el transporte de oxígeno (Della Rosa, 1991).

Byungkuk (2004) ha descrito su acción directa sobre el cuerpo carotideo lo cual conduce a una intensa taquipnea (respiración acelerada), pero también es capaz de actuar sobre el tronco de encéfalo, inhibiendo el centro respiratorio lo cual se traduciría en apnea (falta de respiración).

5.9 Toxicocinética

El ácido sulfhídrico sigue varias vías en el organismo, se absorbe de forma muy rápida por vía inhalatoria, efectuando a este nivel su efecto irritante.

La absorción por vía cutánea es mínima aunque se han publicado casos de intoxicación por aplicación de preparados dermatológicos que contienen compuestos azufrados como el sulfuro de amonio utilizado para el rizado del cabello.

Los procesos mediante los cuales se realiza la desintoxicación son:

- La oxidación: Constituye la vía de metabolización más importante. Se produce tanto de forma espontánea como mediada por mecanismos enzimáticos, consumiendo oxígeno por ambas vías. El tiosulfato y otros sulfatos son los productos finales y no son tóxicos. Esta reacción tiene lugar fundamentalmente en el hígado pero también se produce en los pulmones, riñones y en el plasma.
- La metilación: Es la vía utilizada por el H_2S producido de forma endógena por bacterias anaerobias a nivel intestinal. Esta reacción tiene lugar de forma secuencial en los propios enterocitos.
- La unión con proteínas con grupos sulfidrilo: Constituye realmente su mecanismo de acción más importante, pero en el caso de ciertas proteínas con contenido en glutatión también es una forma de detoxificación a tener en cuenta a la hora del tratamiento.
- La excreción: Se realiza en forma de metabolitos no tóxicos oxidados por los riñones y solo una mínima parte del H_2S es eliminado por los pulmones sin metabolizar.

5.10 Legislación ambiental y normatividad

En México, el ácido sulfhídrico es considerado como una sustancia peligrosa, de acuerdo al primero y segundo listado de Actividades Altamente Riesgosas emitidos mediante acuerdo por las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano (SEDUE) en 1990 y 1992 respectivamente.

Las cantidades de reporte en estado gaseoso para esta sustancia, consideradas como *la cantidad mínima de una sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de estas, existentes en una instalación o medio de transporte dados que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes* (DOF.1990), era de 10 Kg. en el primer listado y de 500 Kg. en el segundo.

De acuerdo a estos criterios, se toman las respectivas medidas de seguridad para su manejo, sin embargo, la generación de ácido sulfhídrico en condiciones naturales produce grandes cantidades y fuertes olores, los cuales son considerados como un agente contaminante de la atmósfera, no existiendo criterios para su regulación.

En México, la legislación ambiental y la normatividad existente no es muy específica para regular la emisión de ácido sulfhídrico como contaminante a pesar de que en algunas Normas Oficiales Mexicanas (NOM) se reconoce como tal (NOM-001-SECRE-2003).

Los distintos ordenamientos legales que hacen referencia a los olores como un agente contaminante que debe ser normado son: la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y la Ley General de Salud.

La LGEEPA, en su artículo 5° establece entre otras que: *Son facultades de la Federación:*

*XV.- La regulación de la prevención de la contaminación ambiental originada por ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y **olores perjudiciales** para el equilibrio ecológico y el ambiente;*

Mas adelante en el artículo 7°, indica que: *Corresponden a los Estados, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:*

*VII.- La prevención y el control de la contaminación generada por la emisión de ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y **olores perjudiciales** al equilibrio ecológico o al*

ambiente, proveniente de fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como, en su caso, de fuentes móviles que conforme a lo establecido en esta Ley no sean de competencia Federal;

Así mismo, en su artículo 8º establece que: *Corresponden a los Municipios, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:*

*VI.- La aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de la contaminación por ruido, vibraciones, energía térmica, radiaciones electromagnéticas y lumínica y **olores perjudiciales** para el equilibrio ecológico y el ambiente, proveniente de fuentes fijas que funcionen como establecimientos mercantiles o de servicios, así como la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones que, en su caso, resulten aplicables a las fuentes móviles excepto las que conforme a esta Ley sean consideradas de jurisdicción federal;*

El Artículo 11, establece que: *La Federación, por conducto de la Secretaría, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación, con el objeto de que los gobiernos del Distrito Federal o de los Estados, con la participación, en su caso, de sus Municipios, asuman las siguientes facultades, en el ámbito de su jurisdicción territorial:*

*VII. La prevención y control de la contaminación ambiental originada por ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y **olores perjudiciales** para el equilibrio ecológico y el ambiente, proveniente de fuentes fijas y móviles de competencia federal y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes;*

Mas adelante en el titulo cuarto (protección al ambiente), capitulo II referente a la Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, concretamente el artículo 111: *Para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, la Secretaría tendrá las siguientes facultades:*

*III.- Expedir las normas oficiales mexicanas que establezcan por contaminante y por fuente de contaminación, los niveles máximos permisibles de emisión de **olores, gases** así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera provenientes de fuentes fijas y móviles;*

El Artículo 111 BIS establece que: *Para la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir **olores, gases** o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se requerirá autorización de la Secretaría.*

El capitulo VIII conformado escuetamente por dos artículos (155 y 156) engloban la normatividad para *Ruido, Vibraciones, Energía Térmica y Lumínica, Olores y Contaminación Visual.*

El artículo 156 señala que: *Las normas oficiales mexicanas en materias objeto del presente Capítulo, establecerán los procedimientos a fin de prevenir y controlar la contaminación por ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y olores, y fijarán los límites de emisión respectivos.*

Por su parte, el **Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera**, en su capítulo II que hace referencia a la Emisión de Contaminantes a la Atmósfera Generada por Fuentes Fijas indica en los artículos 16, 17 y 18 las siguientes disposiciones:

ARTICULO 16.- *Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes fijas, no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión e inmisión, por contaminantes y por fuentes de contaminación que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que para tal efecto expida la Secretaría en coordinación con la Secretaría de Salud, con base en la determinación de los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente que esta última determina.*

ARTÍCULO 17.- *Los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera estarán obligados a:*

I.- Emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera, para que éstas no rebasen los niveles máximos permisibles establecidos en las normas técnicas ecológicas correspondientes;

II.- Integrar un inventario de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, en el formato que determine la Secretaría;

III.- Instalar plataformas y puertos de muestreo;

IV.- Medir sus emisiones contaminantes a la atmósfera, registrar los resultados en el formato que determine la Secretaría y remitir a ésta los registros, cuando así lo solicite;

V.- Llevar a cabo el monitoreo perimetral de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, cuando la fuente de que se trate se localice en zonas urbanas o suburbanas, cuando colinde con áreas naturales protegidas, y cuando por sus características de operación o por sus materias primas, productos y subproductos, puedan causar grave deterioro a los ecosistemas, a juicio de la Secretaría;

ARTICULO 18.- *Sin perjuicio de las autorizaciones que expidan otras autoridades competentes, las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a*

la atmósfera, requerirán licencia de funcionamiento expedida por la Secretaría, la que tendrá una vigencia indefinida.

Ley General de Salud, aunque no especifica las acciones particulares para contrarrestar los efectos de los olores como contaminante, si establece criterios generales para los contaminantes ambientales, en su título Séptimo (Promoción de la Salud), capítulo IV (efectos del ambiente en la salud) establece que:

ARTICULO 116. *Las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades a que se refiere esta Ley tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente.*

En cuanto a las atribuciones de dicha la Secretaría, el artículo 118 indica que: *Corresponde a la Secretaría de Salud:*

I. Determinar los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente;

VII. En general, ejercer actividades similares a las anteriores ante situaciones que causen o puedan causar riesgos o daños a la salud de las personas.

El artículo 119 indica: *Corresponde a la Secretaría de Salud y a los gobiernos de las entidades federativas; en sus respectivos ámbitos de competencia:*

I. Desarrollar investigación permanente y sistemática de los riesgos y daños que para la salud de la población origine la contaminación del ambiente;

Desde esta perspectiva, se puede decir que la normatividad no es aplicable cuando los olores no provengan de una fuente fija o móvil identificada o se deriven de una sustancia específica, de aquí que la misma autoridad reconoce la carencia de normatividad para compuestos tóxicos como el benceno, formaldehído, acetaldehído y 1,3 butadieno entre otros, advirtiendo que de acuerdo a la tendencia mundial en relación con estos compuestos tóxicos es necesario que en un futuro se cuente tanto con el monitoreo, como con normas de calidad del aire para estos compuestos (INE, 2004).

VI LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

6.1 Ubicación

La zona de estudio esta integrada por las áreas urbanas de las localidades de El Salto y Juanacatlán, y se encuentran al sureste de la Zona Conurbada de Guadalajara, que corresponden a las cabeceras de los municipios del mismo nombre. Ambas localidades están divididas por el cauce del río Santiago, el y es el principal escurrimiento del estado de Jalisco (SPP, 1981). La cabecera municipal de Juanacatlán se localiza sobre la margen derecha del cauce (ver Figura 3), mientras que El Salto se asienta a la izquierda del mismo.

Figura 3.
Vista aérea de las localidades de Juanacatlán y El Salto 2002.



Fuente: Imagen Ikonos., 2002

Geográficamente, la zona de estudio se ubica en la región central del estado de Jalisco, entre las coordenadas extremas: 20° 29' 20" y 20° 31' 30" de latitud Norte y los 103° 09' 40" y 103° 11' 15" de longitud Oeste.

La comunicación entre ambas localidades se realiza a través del puente que atraviesa el río Santiago, construido exactamente sobre la cascada identificada como "El Salto de Juanacatlán" ya que ambos territorios conformaban un solo municipio hasta 1943, año en que la delegación de El Salto se separó de Juanacatlán para constituirse en municipio.

La localidad de El Salto manifiesta un mayor dinamismo en el proceso de urbanización debido al desarrollo industrial que ha caracterizado al territorio municipal, mientras que en Juanacatlán el crecimiento urbano se da de manera más lenta debido a su ubicación.

6.2 Vías de acceso

El acceso al área se realiza a través de dos vías terrestres, una constituida por la carretera federal No. 44 que comunica las localidades de Guadalajara y Chapala, a la cual se conectan dos vías alternas, la primera desde el entronque con el cruce de Las Pintas a la altura del parque Montenegro, que atraviesa el corredor industrial tocando las localidades de El Verde y San José del Castillo y la segunda desde el kilómetro 20.0, pasando el Aeropuerto Internacional de Guadalajara (Miguel Hidalgo) cruzando la localidad de La Alameda en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga a la cual se conecta la anterior para continuar como una sola hacia El Muelle, accediendo a la localidad de El Salto por el poniente.

La segunda vía constituida por la carretera libre a Zapotlanejo, pasando el complejo penitenciario tomando hacia el sur, pasando por la localidad de Agua Blanca hacia el confinamiento de residuos sólidos denominado "Los Laureles" ubicado en el municipio de Tonalá.

Por esta vía se accede a la localidad de El Salto en su zona norte

6.3 Características demográficas

El área comprendida por ambas localidades tiene una superficie aproximada de 7.5 Km² (750-00-00 hectáreas), y en el año 2000 la población asentada era de 26, 579

habitantes (INEGI, 2000), de los cuales 8, 117 vivían en Juanacatlán y 18, 462 en la localidad de El Salto (Ver Tabla 9).

Tabla 9
Población total por localidad en la zona de estudio

Localidad	Población total	Población por sexo	
		Hombres	Mujeres
Juanacatlán	8, 117	4, 039	4, 078
El Salto	53, 207	26, 698	26, 509
Total	61, 324	30, 737	30, 587

Fuente: XI Censo General de Población y Vivienda. (INEGI) 2000.

De acuerdo a estas cifras, la concentración poblacional en las cabeceras municipales es del 68% para la localidad de Juanacatlán y de 22% para El Salto con respecto al total de la población asentada en cada municipio.

La mayoría de la población económicamente activa se emplea en el sector industrial, seguida por el comercio y en menor proporción la prestación de servicios.

6.4 Centros educativos y población asistente

La población infantil de 6 a 14 años motivo de estudio por considerarse como población en riesgo, que asistía a los centros educativos de la zona de estudio en el año 2000 fue de 5, 629 individuos, lo que represento el 21.17 % del total de la población asentada en ambas localidades en ese entonces, de los cuales 2, 857 eran hombres y 2,772 mujeres (ver Tabla 10).

Tabla 10
Población infantil de 6 – 14 años en la zona de estudio

Localidad	Rango de Edad (Años)	No. de Individuos	Población por sexo	
			Hombres	Mujeres
Juanacatlán	6 –14	1, 724	884	840
El Salto	6 - 14	3, 905	1, 973	1, 932
Total		5, 629	2, 857	2, 772

Fuente: XI Censo General de Población y Vivienda. (INEGI) 2000.

De acuerdo a los datos obtenidos durante el trabajo de campo (entrevistas con los directores de los planteles), se elaboro la Tabla 11, en la cual se muestra la relación de

los centros educativos de nivel primaria y secundaria existentes en el área de estudio y la población infantil de 6 a 14 años que actualmente asiste a dichos planteles, la cual asciende a un total de 6, 052 alumnos

El total de alumnos en el nivel primaria es de 3, 937, de los cuales 2, 318 asiste al turno matutino y 1, 619 al turno vespertino, distribuidos en 11 planteles.

En cuanto a la educación media básica (secundaria), la población total es de 2, 115 alumnos de los cuales 1, 435 asisten al turno matutino y 680 al turno vespertino existiendo 2 planteles de este nivel, uno en cada localidad.

Tabla 11
Relación de centros educativos existentes en las localidades de Juanacatlán y El Salto por nivel de instrucción (Primaria y Secundaria)

Nombre de la escuela	Turno	Localidad y/o colonia	Nivel de instrucción	No. de Alumnos *
Francisco Rojas González	Matutino Vespertino	Juanacatlán	Primaria	218 227
Leyes de Reforma	Vespertino	Juanacatlán	Primaria	292
Josefina Mejía Jáuregui	Matutino	Juanacatlán	Primaria	370
Tomas L. Ruvalcaba	Matutino	La Cofradía Juanacatlán	Primaria	29
Secundaria Federal: López Portillo y Weber	Matutino	Juanacatlán	Secundaria	713
Mártires de Río Blanco	Matutino	El Salto	Primaria	250
Escuela urbana 457 y 786	Matutino	El Salto	Primaria	510
Maria Guadalupe Ortiz Uribe	Vespertino			452
Insurgentes	Vespertino	El Salto	Primaria	303
Rene Nucamendi Sánchez	Matutino	El Salto	Primaria	320
Independencia	Matutino	El Salto	Primaria	442
Mártires de Río Blanco	Vespertino	El Salto	Primaria	345
Colegio Sor Juana Inés de la Cruz	Matutino	El Salto	Primaria	179
Escuela Secundaria Mixta Foránea	Matutino Vespertino	El Salto	Secundaria	722 680
Total				6 052

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de campo obtenidos para la descripción de la zona de estudio.

* Datos proporcionados por los directores de las escuelas. Ciclo escolar 2004-2005.

6.5 Instalaciones de recreación y esparcimiento

La zona de estudio se caracteriza por la existencia de varios clubes deportivos que cuentan con instalaciones como canchas de fútbol y áreas de recreación y esparcimiento donde asiste regularmente un número considerable de población a ejercitarse y practicar deportes al aire libre.

En este sentido, su ubicación con respecto al cauce representa un riesgo, ya que al realizar actividades deportivas que requieren de esfuerzo físico en horas en las que las concentraciones son altas, pueden tener consecuencias en la salud.

Clubes Deportivos: los clubes deportivos constituyen una tradición y contribuyen al fortalecimiento de la identidad de los habitantes de la zona, algunos (Deportivo Azteca y Río Grande), se fundaron desde principios del siglo XX y la rivalidad deportiva entre ellos hace que los agremiados acudan de manera masiva durante la celebración de eventos.

En la Tabla 12 se enlista la relación de los clubes deportivos que actualmente existen en las localidades que conforman la zona de estudio, dos de ellos se ubican en Juanacatlán y los 5 restantes en El Salto.

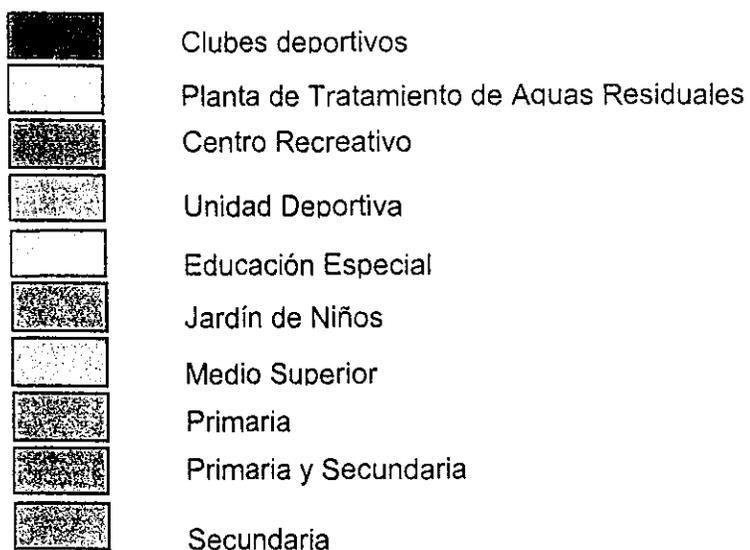
Tabla 12
Clubes deportivos existentes en las localidades de Juanacatlán y El Salto, 2005

Nombre del Club	Ubicación	No. de Socios
Club Deportivo Juanacatlán	Juanacatlán	75
Club Deportivo Reforma	Juanacatlán	80
Club Deportivo Estrella Roja	El Salto	74
Club Deportivo Azteca	El Salto	57
Club Deportivo Río Grande	El Salto	130
Club Deportivo Atlante	El Salto	85
Club Deportivo Corona	El Salto	90

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos durante el levantamiento de encuestas.

Las instalaciones referidas anteriormente se distribuyen dentro del área urbana de ambas localidades y la mayoría de ellas se ubican próximas al cauce del río Santiago tal como se puede apreciar en la Figura 4.

Figura 4
Distribución espacial de los centros educativos e instalaciones de esparcimiento y recreación ubicadas dentro del área de estudio.



VII OBJETIVOS

7.1 Objetivo general:

Describir el origen, distribución del ácido sulfhídrico presente en el aire ambiental en las localidades de Juanacatlán y El Salto, Jalisco.

7.2 Objetivos particulares:

- Analizar la concentración espacial y la distribución del ácido sulfhídrico con las condiciones atmosféricas de clima, altitud, horario, puntos de monitoreo y dirección del viento.
- Describir las manifestaciones de los síntomas clínicos en niños de las dos localidades.

7.3 Hipótesis

Se reconoce que el ácido sulfhídrico es uno de los gases más tóxicos que existen en la naturaleza y sus efectos pueden alterar el bienestar del entorno y salud humanas. Por lo mismo, su presencia ambiental contamina el cauce del río Santiago, además de afectar la biodiversidad del mismo.

VIII MATERIALY METODOS

Metodología para el Monitoreo

8.1 Tipo de estudio

El estudio realizado fue de tipo descriptivo–transversal.

Los estudios descriptivos son aquellos que estudian situaciones que ocurren en condiciones naturales, a diferencia de aquellos que se basan en situaciones experimentales, y se aplican fundamentalmente para conocer la prevalencia de una enfermedad o de un factor de riesgo.

Los estudios transversales, recogen información sobre el estado de salud-enfermedad y sobre la exposición a determinados factores de riesgo de una muestra de individuos en un mismo momento en el tiempo o un periodo establecido.

8.2 Muestra

Se realizó un monitoreo en 23 días en las localidades de Juanacatlán y El Salto a través de un muestreo no probabilístico de tipo cuota, tomando en cuenta el siguiente procedimiento; Primero se dividió los 23 días entre los 4 meses que comprendió el periodo, arrojando la cifra de 6, la cual se traduce en el número de días por mes en el que se realizaría el monitoreo (6 días por mes), excepto el mes de febrero en el que se realizaron 5. El tamaño de la muestra resultante fue de 690 registros, producto de tres eventos realizados por día seleccionado, distribuidos en tres horarios definidos, obtenidos de manera directa y equitativa en los 10 puntos de monitoreo establecidos, resultando 30 registro por día.

8.3 Selección de días para monitoreo

Los días en los que se realizó el monitoreo, se definió igualmente de forma aleatoria mediante una calculadora científica, aplicando la función:

$$N \text{ ran } \# . =$$

Esta operación se repitió hasta completar en tamaño N (23 días), resultante del proceso anterior.

De forma previa, como se observa en la Tabla 13, se numero de forma consecutiva cada uno de los días del periodo (121 días), independientemente del mes que se tratara (segunda columna del mes), para posteriormente marcar los días obtenidos del procedimiento (color mas oscuro), los cuales representan los días en los que se realizo el monitoreo.

Tabla 13
Periodo y días de monitoreo resultantes
mediante el procedimiento aleatorio

Diciembre		Enero		Febrero		Marzo	
1	1	1	32	1	63	1	91
2	2	2	33	2	64	2	92
3	3	3	34	3	65	3	93
4	4	4	35	4	66	4	94
5	5	5	36	5	67	5	95
6	6	6	37	6	68	6	96
7	7	7	38	7	69	7	97
8	8	8	39	8	70	8	98
9	9	9	40	9	71	9	99
10	10	10	41	10	72	10	100
11	11	11	41	11	73	11	101
12	12	12	43	12	74	12	102
13	13	13	44	13	75	13	103
14	14	14	45	14	76	14	104
15	15	15	46	15	77	15	105
16	16	16	47	16	78	16	106
17	17	17	48	17	79	17	107
18	18	18	49	18	80	18	108
19	19	19	50	19	81	19	109
20	20	20	51	20	82	20	110
21	21	21	52	21	83	21	111
22	22	22	53	22	84	22	112
23	23	23	54	23	85	23	113
24	24	24	55	24	86	24	114
25	25	25	56	25	87	25	115
26	26	26	57	26	88	26	116
27	27	27	58	27	89	27	117
28	28	28	59	28	90	28	118
29	29	29	60			29	119
30	30	30	61			30	120
31	31	31	62			31	121

-  Día ordinario del mes
-  Numero progresivo
-  Día seleccionado para monitoreo mediante el proceso aleatorio

8.4 Criterios

Los criterios que se tomaron en cuenta para la realización del monitoreo fueron:

- Características del contaminante
- Propiedades físico químicas
- Tipo de fuente
- Escala espacial

8.5 Variables

Las variables consideradas para realizar el monitoreo fueron:

Concentración del Ácido Sulfhídrico

Temperatura

Horario

Dirección del viento

Altitud

Puntos de monitoreos

Distancia al punto Central

8.6 Operacionalización de Variables

Variable	Definición Operacional	Indicadores	Escala	Instrumento
Clima	Condiciones de la atmósfera	Clasificación Climática de Koppen	Frío Templado Cálido	Termómetro
Horario	Horas transcurridas durante el día	Mañana Tarde Noche	Horas Minutos Segundos	Reloj
Dirección del Viento	Desplazamiento horizontal del aire	Rosa de los vientos	Norte Sur Este Oeste	Brújula
Distancia de Punto Central	Distancia del punto de monitoreo con respecto al punto central	Coordenadas UTM, Imagen Georeferenciada	Cercano Lejano	Arc View

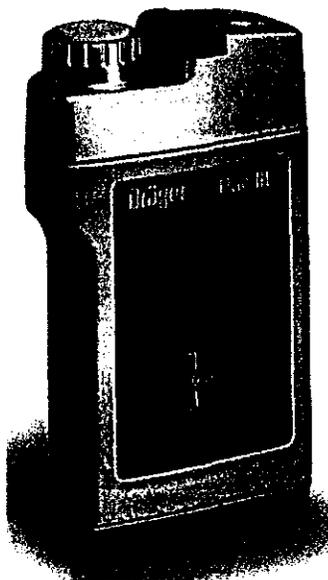
Ácido Sulfhídrico en Aire	Nivel de Concentración del contaminante en el aire	0 - 500	ppm	Detector Multigas Dragger PAC III
Temperatura	Grado de calor de un cuerpo	°C	Termométrica Celsius	Termómetro
Altitud	Diferencia de altura de un punto con respecto al nivel medio del mar	Metros sobre el nivel medio del mar (msnm)	Metros	Altímetro GPS
Puntos de Monitoreo	Lugar físico (Sitio) donde se coloca la estación de monitoreo	Coordenadas UTM, Imagen Georeferenciada	Metros	GPS

8.7 Instrumentos

Debido a sus características fisicoquímicas, el ácido sulfhídrico en estado gaseoso se detecta mediante equipos automáticos de lectura digital y tubos colorimétricos.

En el caso particular, se utilizó un detector multigases digital portátil marca **Draguer®** modelo PAC III reproducido en la Figura 5, que funciona mediante cartuchos electroquímicos intercambiables para diferentes tipos de gases.

Figura 5
Detector multigases digital portátil marca Dragger® modelo PAC III



Para la detección del ácido sulfhídrico se utilizó un cartucho electroquímico para Sulfuro de Hidrogeno (H_2S) de la misma marca disponible en el mercado con una sensibilidad de detección de 1- 500 ppm y una vida útil de 18 meses de acuerdo a las especificaciones del fabricante (ver Figura 6).

Figura 6
Cartuchos electroquímicos intercambiables para detección de gases



Para medir la Temperatura se utilizó un termómetro de mercurio graduado. Se empleo una brújula tipo Brunton para La dirección del viento. La altitud se obtuvo mediante un Posicionador Global Satelital (GPS). El Horario fue su lectura a través de un reloj digital. Se utilizó el mapa y modelo digital de elevación (MDT) para la ubicación de los diez puntos de monitoreo.

8.8 Procedimientos

Elaboración del Plan de Monitoreo.

El plan de monitoreo implementado para el registro de los niveles de concentración se basó en los lineamientos de la estrategia para el monitoreo atmosférico establecida por Martínez en 1997.

La escala espacial (dimensión física del área) asumida para el monitoreo fue de carácter local, la cual es útil para determinar efectos de un contaminante disperso en el ambiente sobre la población en un área con uso de suelo relativamente uniforme, cuyas dimensiones abarcan de 0.5 a 4.0 kilómetros.

Tipo de monitoreo

El tipo de monitoreo fue directo y discontinuo, el cual consiste en realizar mediciones instantáneas cada determinado periodo de tiempo.

Numero de sitios de monitoreo utilizando la Metodología de Martínez se eligieron 10 sitios de monitoreo en función de los siguientes criterios:

- Ubicación dentro del área seleccionada.
- Su Accesibilidad.
- Distancia no mayor de 1.5 kilómetros a partir de la fuente, en este caso es el puente.
- Tiempo de traslado entre puntos no mayor a 20 minutos.
- Libre de obstáculos.
- Frecuencia

A continuación se explican cada uno de los criterios anteriores.

Ubicación del Área seleccionada: Se selecciono un área comprendida por un radio de 1.5 kilómetros a partir del punto central considerado como numero uno ubicado en la parte central de la cascada o puente sobre el río Santiago.

Accesibilidad: El sitio tuvo la accesibilidad para la realización de visitas periódicas y levantamiento de los datos del monitoreo en cualquier día y hora.

Distancia: La distancia de los puntos de monitoreo se determino a partir de la distancia en línea recta de la fuente emisora que en este caso en particular esta representada por la cascada o puente que es el primer punto.

En este sentido, a continuación se enumeran las distancias de los nueve puntos de monitoreo seleccionados en relación al punto fuente que fue la cascada:

El punto 2 se localiza en la escuela Mártires de Río Blanco a 100 metros al noroeste del punto central, en la intersección de las coordenadas UTM 2 269 330.89 y 690 206.88.

Punto 3 se ubica a 270 metros al noroeste en la escuela Urbana 257 (Maria Ortiz), en las coordenadas UTM 2 269 480.48 y 690 146.27

Punto 4 ubicado a 300 metros al suroeste en una zona despejada en las coordenadas UTM 2 269 480.48 y 690 146.27

Punto 5 localizado a una distancia de 450 metros hacia el noroeste en la unidad deportiva Luis Barragán, coordenadas UTM 2 269 518.50 y 689 477.06

Punto 6 ubicado en la plaza principal de El Salto a una distancia de 600 metros en las coordenadas UTM 2 269 994.48 y 690 038.61

Punto 7 localizado al sureste sobre el margen derecho del cauce a 400 metros en las coordenadas UTM 2 268 648.13 y 690 399.65

Punto 8 ubicado a 1300 metros al sureste, en el jardín de niños Juan Rulfo, en las coordenadas UTM 2 269 480.48 y 690 146.27

Punto 9 localizado a 1000 metros hacia el sureste, escuela Francisco Rojas González, en las coordenadas UTM 2 268 663.61 y 690 862.58

Punto 10 a 1100 metros al noreste, en el interior de la escuela Tomas L. Ruvalcaba, en las coordenadas UTM 2 269 968.52 y 691 034.05.

Tiempo de traslado entre puntos: Otro elemento para el monitoreo fue el tiempo y considerar la distancia no mayor de 20 minutos de traslado entre puntos: el tiempo de traslado entre cada punto se realizo entre 15 y 20 minutos.

Libre de obstáculos: El punto seleccionado debería estar libre de obstáculos y alejado de árboles o edificios a una distancia de 10.0 metros.

En base estos criterios de libre de obstáculos, se agruparon los puntos en dos categorías: la primera que corresponde a los sitios dentro de las escuelas; Mártires de

Río Blanco, Urbana 457, ubicadas en la localidad de El Salto y las escuelas Tomas Ruvalcaba, Juan Rulfo y Francisco Rojas González ubicadas en Juanacatlán, donde los registros se realizaron en medio del patio, estando retirados de paredes y árboles.

La segunda categoría agrupo los puntos localizados en las áreas al aire libre siendo cuatro las cuales son; la plaza principal de El Salto, la Unidad Deportiva Luis Barragán, Zona despoblada al Sur de la Localidad de El Salto y el margen del cauce al oeste de Juanacatlán, aquí los registros de monitoreo se realizaron

Marcaje de los puntos

Una vez definidos e identificados los puntos seleccionados, se procedió a su marcaje mediante elementos visibles (colocación de estacas y pintura de color rojo) para facilitar su localización. En los sitios donde existía una superficie uniforme (piso de cemento u otro material) solo se marco el punto de referencia en el piso, y en aquellos donde no existían tales condiciones se coloco una estaca de madera.

Frecuencia: Los monitoreos se realizaron durante cinco meses, seis días por mes, tres veces al día en cada uno de los puntos a diferentes horarios.

Horarios: los horarios establecidos fueron Mañana (de 7:00 - 12:00 hrs.), Tarde (de 12:00 – 19:00 hrs.) y Noche (de 19:00 – 24:00 hrs.)

Georeferenciación de los puntos de monitoreo

Una vez marcados los puntos de monitoreo, se procedió a su georeferenciación mediante la utilización de un navegador o GPS marca **Magellan®** modelo 315, registrándose la ubicación del punto en dos diferentes sistemas de coordenadas para en caso de perder los elementos de marcaje conocer su ubicación y poder realizar cualquier verificación. La Tabla 14 muestra la ubicación de los puntos de acuerdo a los dos diferentes tanto en coordenadas geográficas como en el sistema Universal Transversal Mercator (UTM) resultantes de este procedimiento. También se tomo en cuenta; Datum: World Geodetic System 1984 (WGS 84), Hemisferio: Norte y Uso Horario: 13.

Tabla 14
Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo

Punto	Coordenadas			
	Geográficas		UTM	
	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Norte</i>	<i>Este</i>
1 Puente	20° 30' 46"	103° 10' 38"	2 269 330.89	690 206.88
2 Mártires de río Blanco	20° 30' 52"	103° 10' 39"	2 269 460.48	690 146.27
3 Primaria No. 457	20° 30' 59"	103° 10' 58"	2 269 719.66	690 079.22
4 Extremo calle Hacienda	20° 30' 44"	103° 10' 43"	2 269 080.10	689 950.99
5 Unidad Deportiva	20° 30' 54"	103° 10' 47"	2 269 518.50	689 477.06
6 Plaza Principal El Salto	20° 30' 34"	103° 10' 41"	2 269 994.95	690 038.61
7 Margen del Cauce	20° 30' 37"	103° 10' 31"	2 268 648.13	690 399.65
8 Tateposco	20° 30' 15"	103° 10' 26"	2 268 079.49	690 689.77
9 El Cerrito	20° 30' 29"	103° 10' 19"	2 268 663.61	690 862.58
10 Cofradía	20° 30' 07"	103° 10' 13"	2 269 968.52	691 034.05

Fuente: Elaboración propia a partir de las lecturas tomadas con el GPS y verificación en cartas topográficas F13D66 y F13 D 76 escala 1:50 000. INEGI.

Una vez diseñado el monitoreo se procedió a lo siguiente:

1. Se colocó un trípode con extensión telescópica sobre el punto marcado.
2. Se eleva la extensión hasta una altura del piso de 1.50 metros, a la cual se coloca el equipo de monitoreo.
3. Se coloca el detector multigas previamente encendido sobre el trípode.
4. Se toma la lectura del aparato después de 2 minutos de haberse colocado con el objetivo de que se establezcan las lecturas en función de las condiciones ambientales del entorno.

Se registra la lectura de la concentración del Ácido Sulfhídrico en el formato de reporte diario, anotando además las condiciones atmosféricas predominantes en el sitio al momento del monitoreo (temperatura, altitud, horario, puntos de monitoreo, distancia al punto central, dirección del viento).

Esta operación se repite en cada uno de los puntos seleccionados hasta completar el recorrido de los diez todos.

Procedimientos investigar los factores meteorológicos:

Para medir la Temperatura se utilizó un termómetro de mercurio graduado, el cual se colocó suspendido del trípode empleado para colocar el detector a una altura de 1.50 metros, cuidando de que el sol no incidiera directamente sobre él.

La lectura se tomó después de 2 minutos de colocado el termómetro una vez que se homogenizaron las condiciones ambientales.

La dirección del viento se determinó mediante un sencillo procedimiento de campo consistente en mantener fija una tira de papel delgado a la altura del pecho del investigador y observar su inclinación o desplazamiento a través de una brújula tipo Brunton.

La altitud se obtuvo mediante un Posicionador Global Satelital (GPS), el cual se utiliza para ubicar y georeferenciar puntos sobre la superficie terrestre basándose en los factores geográficos de latitud, longitud y altitud.

Horario se obtuvo de la lectura de un reloj digital.

8.9 Análisis

Análisis de la Información:

Para analizar el Horario se formaron los siguientes grupos; Mañana (de 7:00 a 12:00 hrs.), Tarde (de 12:00 a 19:00 hrs.) y Noche (de 19:00 – 24:00 hrs.).

En relación a identificar la Distancia al punto Central se hicieron dos grupos; a) Cercano que comprendió los puntos (Mártires del Río Blanco, Escuela Urbana 457, Extremo sur Calle Hacienda, y Margen río Santiago) y lejano que son los puntos (Unidad Deportiva, Plaza Principal del Salto, Tateposco, Cerrito, Cofradía).

Para el Análisis del Clima se tomó en cuenta la Clasificación climática Vladimir Koeppen, donde se agrupan en; Frío (Menores de 10° C) templado (1° C a 18° C) Calido de (18° C a 34° C).

En la construcción de los mapas de concentración se utilizó una imagen satelital *Ikonos*[®] 2002, sobre la cual se digitalizaron y georeferenciaron los 10 puntos de monitoreo correspondientes a las estaciones y 4 más localizados en los vértices extremos asumiendo un valor de 0 ppm de concentración para establecer el área de concentración por nivel, para lo cual se utilizó el programa *Arc View 3.2*[®] de ESRI.

Se realizó la interpolación de los datos del monitoreo mediante el programa *Arc Map 8.1*[®] de ESRI, utilizando el módulo *Spatial Analyst*, con el cual se generan áreas de concentración homogéneas e irregulares en función de los valores registrados en la base de datos.

El método empleado para realizar dicho proceso es el denominado *Interpolate to Raster* o de Distancia Inversa Ponderada (*Inverse Distance Weighted*), el cual se utiliza para la estimación de concentraciones en cada estación de monitoreo durante los periodos en que no se realiza el monitoreo.

Dicho proceso se basa en la ecuación:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}}$$

Donde:

Z = al valor interpolado.

n = número total de los valores de los datos de la muestra.

Z_i
= i el valor de los datos del th.

h_{ij}
= la distancia de la separación entre el valor interpolado y el valor de los datos,

β
= a la energía que carga.

Para definir los rangos de comparación se tomaron en cuenta los datos del mes de diciembre en el cual se presentaron los niveles de concentración máximos y mínimos.

Los rangos establecidos indican la concentración del contaminante en ppm.

La modelación del comportamiento espacial del contaminante se realizó con el programa *Surfer 8*[®].

Los modelos se editaron con un ángulo de inclinación de 45° de rotación y 30° de inclinación, lo que da una proyección en perspectiva.

Para la interpretación de valores se elaboró una escala con los valores medios detectados en cada uno de los meses.

El análisis de los datos del monitoreo se enfocó a dos actividades:

- La cuantificación de los niveles de ácido sulfhídrico en el aire ambiente.
- Determinar el comportamiento y la cinética del ácido sulfhídrico en el ambiente.

Análisis Estadístico

Con los datos obtenidos se construyó una base de datos en el programa EXCEL y fueron analizados con el programa Estadístico para ciencias Sociales (SPSS).

Para describir los Resultados se utilizaron las pruebas estadísticas, media, desviación estándar y porcentajes. En relación a las diferencias entre las medias se utilizó la t de student con un alfa de .05.

8.10 Presentación de Resultados

Para la presentación de los resultados fueron a través cuadros, mapas y figuras para facilitar su interpretación.

Metodología para la Encuesta

Tipo de estudio: Se realizó una investigación observacional, porque solo se describieron y analizaron las situaciones, ya que no se pretendió manipular las variables, ni establecer relación causa-efecto; Fue un estudio descriptivo y transversal por que nos permitió obtener una visión al momento captando.

Muestra: Se estudiaron 100 viviendas que resultaron 166 niños de las localidades de Juanacatlán y el Salto a través de un muestreo no probabilístico de tipo cuota.

Criterios: Inclusión: Madres que vivían en el Juanacatlán y el Salto, y que quisieran contestar.

Exclusión: Personas que no vivieran en las localidades encuestas y no voluntad para participar.

Variables: Se estudiaron la edad, peso, estatura, escolaridad, localidad, tipo de enfermedad, quien lo diagnóstico, opinión sobre la causa de la enfermedad, percepción de olores y los síntomas,

Instrumentos: Se diseño un cuestionario ex profeso que contenía preguntas abiertas y cerradas.

Estrategias: Se entrevistaron a 100 madres de familia en diez puntos donde se realizo el monitoreo del H₂S. Toda las encuestas se realizaron en un solo día y por la mañana, así como los registros de monitoreo de los diez puntos.

Computo de datos: Una vez que se contó con los datos que se obtuvieron de las fuentes secundarias por día, se continuó con el proceso de captura y validación a través del sistema informático mediante la elaboración de base de datos en el programa de Estadístico para las Ciencias Sociales.

Tipo de Análisis:

Estadístico: Para describir la información se utilizaron el promedio y desviación estándar para las variables cuantitativas y los porcentajes para las variables cualitativas.

Presentación de Resultados

Los resultados se presentan mediante cuadros.

IX RESULTADOS

La presentación de los resultados obtenidos del trabajo se muestran en dos fases:

- 1.- Se analizaron los resultados Generales, Particulares, Específicos y Análisis Cartográfico. En el Particular que comprendió el análisis de las variables intervinientes; Clima, Horario, Altitud, Dirección del viento, Distancias al punto central y la relación con la variable concentración de ácido sulfhídrico con las medidas estadísticas de media, desviación estándar y porcentaje. En el Específico se analizaron estas mismas variables intervinientes y las diferencias entre las medias de la concentración de ácido sulfhídrico con la t de student, en relación al Análisis Cartográfico, se describen las variables climáticas a través de mapas.
- 2.- Posteriormente fueron analizados los resultados de la Encuesta donde se describen los síntomas y características sociodemográficas de los niños de las dos poblaciones.

9.1 Análisis General

De acuerdo a los 690 registros obtenidos del monitoreo, los valores extremos determinados en el periodo de 4 meses correspondientes la estación del año de invierno, fueron 7 ppm para la concentración máxima y de 0 ppm como mínima, teniendo promedio de 1.73 ppm (Ver Cuadro 1).

Cuadro 1
Niveles de concentración de Ácido Sulfhídrico,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Numero total de registros	Niveles de concentración (ppm)			Desviación Estándar
	Mínimo	Máximo	Media	
690	0	7	1.73	1.39

Fuente: Monitoreo, 2005.

Los niveles de concentración detectados durante el periodo de monitoreo se presentan en el Cuadro 2, en el cual se muestra que el nivel de concentración de 0 ppm se registro en 222 ocasiones, representando el 32.17%, lo cual no tiene significancia

tomando en cuenta dicho parámetro no representa un riesgo para la salud de la población de estudio pero para el análisis del comportamiento y distribución del contaminante en el ambiente el dato si es relevante.

La lectura de 2 ppm, se registro en 293 ocasiones, lo que represento el 42.46% del total de registros, seguido en importancia por la de 3 ppm, misma que se registro en 119 ocasiones representando el 17.24%. Los valores de mayor concentración que oscilan entre 4 y 6 ppm, se presentaron esporádicamente con un total de 55 registros, lo que representa el 8.1 % en conjunto y solo en una ocasión se detecto el nivel de 7 ppm, representando el 0.14 % del total.

Cuadro 2
Niveles de concentración de Ácido Sulfhídrico en porcentaje,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Concentración ppm	Frecuencia	Porcentaje
0	222	32.17
2	293	42.46
3	119	17.24
4	38	5.50
5	11	1.59
6	6	0.86
7	1	0.14
Total	690	100.0

Fuente: Monitoreo.

En cuanto a los niveles medios de concentración durante los meses de estudio, estos tuvieron una variación promedio de 1.50 ppm, en el Cuadro 3 se presentan los valores extremos de la concentración por mes, siendo diciembre el mes que registro la mayor concentración teniendo una mínima de 2 ppm y una máxima de 7 ppm. Para los meses siguientes, la concentración máxima fue decreciendo gradualmente y la media se mantuvo por arriba de las 2.5 ppm.

Cuadro 3
Periodo de monitoreo y valores extremos registrados por mes, 2004-2005

Mes	Mínimo	Máximo	Media	Desviación
Diciembre	2.00	7.00	4.0000	1.4142
Enero	0.00	6.00	3.0000	1.5718
Febrero	0.00	5.00	3.2667	1.2228
Marzo	2.00	4.00	2.6667	0.6860

Fuente: Monitoreo.

Durante el periodo de monitoreo la temperatura promedio fue de 17.08 °C, y los valores extremos de 5 °C para la mínima y 29 °C como máxima tal como se muestra en el Cuadro 4, lo cual indica que existió una oscilación térmica de 24 °C.

Cuadro 4
Temperatura en las áreas de Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Numero total de registros	Temperatura °C			Desviación
	Mínima	Máxima	Media	
690	5	29	17.08	4.93

Fuente: Monitoreo.

El rango de horario en el cual se llevo a cabo el monitoreo fue de las 6:55 de la mañana a las 21:30 horas tal como se muestra en el Cuadro 5, siendo la hora promedio de toma las 13:40, existiendo una diferencia entre serie de tomas de 4.53 horas.

Cuadro 5
Horario en que se realizo el monitoreo en las
Áreas de Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Numero total de registros	Hora			Desviación
	Mínima	Máxima	Media	
690	6:55	21:30	13:40	4:53

Fuente: Monitoreo.

La manifestación del viento durante el periodo de monitoreo se dio en diferentes sentidos, el Cuadro 6, siendo la dirección S-N la que se manifestó en mayor proporción con el 7.68 % seguida de la E -W con 4.05%.

Así mismo, en 531 ocasiones no se detecto la presencia de este factor, lo que represento el 76.95 %.

Cuadro 6
Dirección del Viento en las Áreas de Juanacatlán y El Salto,
2004-2005

Dirección del Viento	No.	%
E-W	28	4.05
N-S	14	2.02
NW-SW	20	2.89
S-N	53	7.68
S-NW	3	0.43
SE-NE	1	0.14
SE-NW	3	0.43
SW-NE	10	1.44
SW-NW	10	1.44
W-E	17	2.46
No viento	531	76.95
Total	690	100

Fuente: Monitoreo.

Los registros de monitoreo se tomaron sistemáticamente de forma equitativa en cada uno de los puntos, lo que equivale a un 10% por punto como muestra el Cuadro 7.

Cuadro 7
Puntos de Monitoreo de las Áreas de Juanacatlán y El Salto,
2004- 2005

Punto de Monitoreo	No.	%
Puente	69	10
Mártires de Río Blanco	69	10
Escuela Urbana 457	69	10
Extremo sur calle Hacienda	69	10
Unidad Deportiva	69	10
Plaza Principal El Salto	69	10
Margen río Santiago	69	10
Tateposco	69	10
El Cerrito	69	10
La Cofradía	69	10

Fuente: Monitoreo.

9. 2 Análisis Particular

La variación de los niveles de concentración detectados en el área de estudio se dan en función de diversos factores, entre ellos las condiciones atmosféricas (temperatura, dirección del viento, la hora del día, las condiciones particulares del punto de monitoreo como ubicación y altitud), cuya descripción entre estos factores y la concentración del Ácido Sulfhídrico se presenta a continuación:

Los niveles de concentración según el punto de monitoreo se indican en el Cuadro 8, el cual indica que el punto 1 es el que registro el rango de mayor amplitud (1-7 ppm) teniendo una media de 3.23, seguido por los puntos 4 y 7 donde la concentración oscilo entre 0 y 6 ppm teniendo concentraciones medias de 2.17 y 2.57 ppm respectivamente.

Los puntos donde se registro la menor concentración fueron el 6 y 9 con un rango de 0 a 3 ppm y una concentración media de 0.68 y 1.19 ppm respectivamente.

Cuadro 8
Concentraciones extremas de Ácido Sulfhídrico por punto de monitoreo,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Número del punto	Identificación del Punto de monitoreo	Niveles de concentración (ppm)		
		Mínimo	Máximo	Promedio
1	Puente	0	7	3.231884
2	Mártires de Río Blanco	0	4	1.695652
3	Escuela Urbana 457	0	5	1.927536
4	Extremo sur calle Hacienda	0	6	2.173913
5	Unidad Deportiva	0	4	0.884058
6	Plaza Principal El Salto	0	3	0.681159
7	Margen río Santiago	0	6	2.57971
8	Tateposco	0	4	1.507246
9	El Cerrito	0	3	1.1907
10	La Cofradía	0	4	1.73913

Fuente: Monitoreo.

Con respecto a la concentración por punto de monitoreo de acuerdo al rango de nivel registrado, en el Cuadro 9 se muestran los porcentajes de cada nivel, sobresaliendo los puntos 1, 4 y 7 en los cuales se registraron rangos mas amplios predominando los valores por arriba de 3 ppm, al igual que en el punto 10.

Cuadro 9
Porcentaje de la concentración por punto de monitoreo,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Niveles de concentración del H ₂ S (ppm)	Puntos de monitoreo										Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	1.4	8.1	5.9	5.4	18.0	20.7	2.7	10.8	18.0	9.0	100.0
2	4.8	13.3	13.7	10.9	9.2	7.5	10.2	10.9	9.2	10.2	100.0
3	24.4	7.6	10.1	14.3	0.8	0.8	16.8	10.1	1.7	13.4	100.0
4	34.2	7.9	7.9	15.8	2.6		21.1	2.6		7.9	100.0
5	45.5		9.1	9.1			36.4				100.0
6	66.7			16.7			16.7				100.0
7	100.0										100.0
Total de registros	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	690

Fuente: Monitoreo.

Respecto a los porcentajes de concentración de acuerdo a los tipos de clima, se presentan en el Cuadro 10, el cual muestra que cuando predominó el clima frío se registraron los valores de concentración más altos (4-7 ppm), mientras que cuando el clima era templado las concentraciones con mayor porcentaje oscilaron entre 2 y 3 ppm y finalmente, cuando el clima fue de tipo cálido, predominaron las concentraciones bajas de 0 ppm, aunque las concentraciones altas de 5 ppm también llegaron a alcanzar porcentajes importantes.

Cuadro 10
Porcentaje de la Concentración de ácido sulfhídrico por tipo de clima,
Juanacatlán y El Salto, 2004-005

Tipos de Clima	Niveles de concentración (ppm)							Total
	0	2	3	4	5	6	7	
Frío	2.3	12.3	26.1	31.6	45.5	50.0	100.0	13.5
Templado	39.6	47.4	44.5	39.5		16.7		42.9
Cálido	58.1	40.3	29.4	28.9	54.5	33.3		43.6

Fuente: Monitoreo.

El rango de temperatura registrado durante el periodo fue de 5 a 29 °C tal como se muestra en el Cuadro 11, los valores de concentración más bajos de 0 ppm, se detectaron después de que la temperatura ambiente alcanzó los 10 °C, registrándose con mayor frecuencia cuando la temperatura fue de 18 °C.

Después del valor 0 ppm, el que se registro con mayor frecuencia fue el de 2 ppm abarcando de igual forma el mayor rango de amplitud térmica, desde 5 hasta 27 °C.

El rango de mayor amplitud, de 2 a 7 ppm se registro a una temperatura de 8 °C. Los mayores niveles cuyo rango comprende de 4 a 7 ppm, se detectaron cuando la temperatura ambiente oscilaba entre los 8 y los 22° C,

Estos resultados indican que cuando la temperatura se encontró entre los 17 y 22° C, los niveles de concentración de 2 a 4 ppm se manifestaron con mayor frecuencia durante el periodo, contrario a cuando la temperatura es mas fría (de 5 a 10 °C).

Cuadro 11
Porcentaje de Concentración por temperatura registrada,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Temperaturas registradas en el periodo °C	Niveles de Concentración de Ácido Sulfhídrico (ppm)							Total
	0	2	3	4	5	6	7	
5		0.3						0.1
6		0.7	0.8					0.4
7		0.3	3.4			16.7		0.9
8		2.4	5.1	13.2	9.1	16.7	100.0	3.0
9		2.4	6.7	10.5	18.2			3.0
10	2.3	5.1	10.1	7.9	18.2	16.7		5.9
11	1.4	2.7	10.1	7.9		16.7		3.9
12	4.6	7.9	6.7	10.5				6.5
13	2.3	2.7	2.5	5.3				2.6
14	4.5	4.	4.2					3.9
15	1.4	3.4	0.8	2.6				2.2
16	5.4	4.4	6.7	2.6				4.9
17	7.7	11.3	5.9	2.6				8.4
18	12.6	10.9	7.6	7.9				10.4
19	10.4	6.1	6.7	2.6	27.3	33.3		8.0
20	9.0	14.3	9.2	15.8	18.2			11.7
21	6.8	7.8	3.4	5.3				6.4
22	10.4	4.1	5.9	5.3	9.1			6.5
23	4.5	3.4	1.7					3.2
24	6.8	1.7	1.7					3.2
25	1.4	0.7						0.7
26	5.0	0.3						1.7
27	1.4	1.7						1.2
28	1.8		0.8					0.7
29	0.9							0.3
Total de registros	222	293	119	38	11	6	1	690
%	32.2	42.5	17.2	5.5	1.6	0.9	0.1	100.0

Fuente: Monitoreo.

Debido a la amplitud en el rango de tiempo en el que se realizó el monitoreo, se establecieron tres horarios generales en los que se agruparon los 690 registros obtenidos (230 para cada uno): de 7:00 a 12:00 horas considerado para el monitoreo de la mañana, de las 12:00 a las 19:00 para el horario de la tarde y el de 19:00 a 21:00 horas para el de la noche.

De acuerdo a este criterio, se elaboro el Cuadro 12, en el que se muestra la relación entre los niveles de concentración y la frecuencia con que estos se registraron, si como el porcentaje que representa cada serie con respecto al total de registros.

Los niveles detectados durante la mañana comprendieron el rango de mayor amplitud (de 0 a 7 ppm), durante este horario se registro de manera mas recurrente el valor de 2 ppm con un total de 100 registros, lo que represento el 43.47%, los valores de 3 y 4 ppm se detectaron en 84 ocasiones, representando el 36.52%; los valores mas altos de 5, 6 y 7 se detectaron en 10 ocasiones (4.34%) y tan solo en 36 ocasiones se registraron valores de 0 ppm, significando el 15.65% del total de los registros para este lapso.

En el horario de la tarde, este comportamiento cambio, el rango de variación es menor (de 0 a 6 ppm) y los valores de 0 se registraron de manera mas recurrente, en la misma proporción de los valores de 2 ppm, los cuales se registraron en 95 ocasiones cada uno representando el 41.30% respectivamente y los valores de 3, 4, 5 y 6 ppm se detectaron esporádicamente tan solo en 15 ocasiones, significando el 6.52 % de los registros para el lapso.

En el horario nocturno, el comportamiento es un poco diferente, el rango de concentración osciló entre 0 y 5 ppm y la frecuencia de registros bajos (0 ppm) alcanzo los 91, lo que representa el 39.56% del total de registros para este lapso, los valores de 2 ppm se detectaron en 98 ocasiones, lo que equivale al 42.60%, mientras que los valores entre 3 y 5 ppm solo se registraron en 41.5 ocasiones, significando el 18.9 %.

Cuadro 12
Concentración de Ácido Sulfhídrico por grupos de horario establecidos,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Niveles de Concentración detectados (ppm)	Grupos de Horario					
	Mañana		Tarde		Noche	
	No.	%	No.	%	No.	%
0	36	15.65	95	41.30	91	39.56
2	100	43.47	95	41.30	98	42.60
3	62	26.95	25	10.86	32	13.91
4	22	9.56	10	4.34	6	2.60
5	5	2.17	3	1.30	3	1.30
6	4	1.73	2	0.86		
7	1	0.43				
Total	230	100	230	100	230	100

Fuente: Monitoreo.

El comportamiento del ácido sulfhídrico en cada uno de los puntos fue diferente, tanto la concentración como la distribución variaron en función de su ubicación con respecto a la fuente de inmisión.

La distribución espacial de los puntos de monitoreo permitió cubrir el área de estudio que incluyó a la mayoría de los centros educativos a los que asistía la población infantil.

Para el análisis se establecieron dos grupos de acuerdo a su proximidad al río a partir del punto central del Puente: los que se localizan cercanos al puente que incluyó los puntos 2, 3, 4 y 7, y los más alejados que agrupó al resto de los puntos (5, 6, 8, 9 y 10), correspondiendo a cada grupo 345 registros, tal como se muestra en el Cuadro 13.

De acuerdo a esta distribución con respecto a la fuente de inmisión, las concentraciones más altas de 6 y 7 ppm se registran en las áreas próximas al cauce de río Santiago, mientras que las de 0 ppm se detectaron de manera más recurrente en los puntos más alejados en 137 ocasiones representando el 39.71 % con respecto al total para el grupo.

El nivel de 2 ppm fue el que se detectó de manera más frecuente en ambos grupos, con 137 registros en los puntos cercanos representando el 39.71 % y en 156 ocasiones equivalentes al 45.21 % del total de ambos grupos.

Cuadro 13
Concentración del Ácido Sulhídrico por
su proximidad con el puente, Juanacatlán y El Salto, 2004- 2005

Niveles de Concentración detectados (ppm)	Proximidad al Puente del Río			
	Cercanos		Lejanos	
	No.	%	No.	%
0	85	24.63	137	39.71
2	137	39.71	156	45.21
3	76	22.02	43	12.46
4	30	8.69	8	2.31
5	10	2.89	1	0.28
6	6	1.73		
7	1	0.28		
Total de registros	345	100	345	100

Fuente: Monitoreo.

En el Cuadro 14 se presentan los niveles de concentración con respecto a la dirección del viento detectada durante el monitoreo, sobresaliendo el registro de 2 ppm, mismo que se detecto en 239 ocasiones, representando el 34.63 % del total y del 45.0 % cuando no se percibió la presencia de este factor.

De igual forma, los valores máximos detectados de 4 a 7 ppm, se registraron cuando se percibió esporádicamente la presencia del viento, lo mismo que cuando no se detecto la presencia de este factor.

El numero total de registros en que este factor se determino fue de 159, que represento el 23.04 %, mientras que en 531 ocasiones no fue detectado, lo que equivale al 76.95 %, desde esta perspectiva, la dirección del viento que se presento de manera mas frecuente fue de S-N en 53 ocasiones, significando el 7.68 % seguida de E-W en 28 ocasiones (4.05 %), lo que indica que existió una mayor incidencia hacia la localidad de El Salto durante el periodo.

Cuadro 14
Dirección del viento y Concentración de Ácido Sulhídrico, Juanacatlán y El Salto,
2004- 2005

Niveles de Concentración (ppm)	Dirección del Viento										No viento
	E-W	N-S	NW-SW	S-N	S-NW	SE-NE	SE-NW	SW-NE	SW-NW	W-E	
0	53.6	71.4	55.0	49.1	100.0			10.0	10.0	46.7	27.9
2	39.3	14.3	35.0	34.0		100.0	33.3	70.0	30.0	26.7	44.8
3	3.6	14.3	10.0	13.2			33.3	20.0	30.0	26.7	18.1
4	3.6			3.8					20.0		6.2
5							33.3		10.0		1.7
6											1.1
7											0.2
No.	28	14	20	53	3	1	3	10	10	15	531
%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Datos del monitoreo.

La distribución horizontal de la concentración del ácido sulhídrico se analizo de acuerdo a la altitud de cada punto con respecto al nivel del mar (msnm), en el Cuadro 15 se indica la frecuencia con que se detectaron los niveles de concentración con respecto este parámetro.

En este sentido, existe una diferencia de 33.0 metros entre el punto mas bajo (1508 msnm) y el de mayor altura (1541 msnm), el punto de menor altitud corresponde al punto 4 ubicado en la zona periférica ubicada al sur de la localidad de El Salto, y el de mayor altitud a la escuela Luis Manuel Rojas (El Cerrito) ubicada en el punto mas alto de la localidad de Juanacatlán identificado como el punto numero 9.

Las concentraciones mas altas (de 5 a 7 ppm) se registraron en los puntos cuya diferencia de altitud es de 7.0 metros (1508 a 1515 msnm), mientras que el rango de 2 a 3 ppm se detecto de manera alternada en todos los puntos principalmente en el horario matutino, mientras que las concentraciones menores (0 ppm) se presentaron de manera mas frecuente en los puntos cuya altitud es de 1511,1513 y 1541 msnm, que corresponde a las altitudes medias y máxima respectivamente, coincidiendo con los horarios vespertino y nocturno.

Cuadro 15

**Altitud de los Puntos de Monitoreo y Concentración de Ácido Sulfhídrico,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005**

Niveles de Concentración (ppm)	Altitud en Metros sobre el Nivel del Mar													
	1508		1509		1511		1513		1515		1517		1541	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
0	12	17.3	3	4.3	70	33.8	60	43.4	13	18.8	24	34.7	40	57.9
2	32	46.3	14	20.2	91	43.9	57	41.3	40	57.9	32	46.3	27	39.1
3	17	24.6	29	42.0	30	14.4	17	12.3	12	17.3	12	17.3	2	2.8
4	6	8.69	13	18.8	11	5.3	4	2.8	3	4.3	1	1.4		
5	1	1.4	5	7.2	4	1.9			1	1.4				
6	1	1.4	4	5.7	1	0.48								
7			1	1.4										
Total de registros	69	100	69	100	207	100	138	100	69	100	69	100	69	100

Fuente: Datos del monitoreo.

9.3 Análisis Específico

En este apartado se analizó la concentración del ácido sulfhídrico con respecto a las variables; Clima, Horario, Altitud, Presencia de viento, Dirección del viento, Proximidad al punto central del monitoreo y Puntos de monitoreo, para ello se utilizó la t de student con un $\alpha = .05$.

En cuanto a la variable Clima, se detectó que existió una mayor concentración de ácido sulfhídrico cuando predominaba un clima frío, existiendo diferencias entre los promedios de los climas cálido y frío. Lo mismo sucede con el clima templado (ver Cuadros 16 y 17).

Cuadro 16

**Concentración del Ácido Sulfhídrico por Clima Frío y Cálido,
Juanacatlán y El Salto, 2004 -2005**

Clima	Media	dif.	t	gl.	p
Frío	2.83	1.41	8.6	392	.000
Cálido	1.42				

Fuente: Monitoreo

Cuadro 17
Concentración del Ácido Sulfhídrico por Clima Frío y Templado,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Temperatura	Media	dif.	t	gl.	p
Frío	2.83				
Templado	1.79	1.3	7.57	387	.000

Fuente: Monitoreo

Existen diferencias significativas entre las medias de los horarios de la mañana en relación a los horarios de la tarde y noche, la mayor concentración de ácido sulfhídrico se manifestó en el horario de la mañana, cuando la media alcanzo las 2.30 ppm (ver Cuadros 18 y 19).

Cuadro 18
Concentración del Ácido Sulfhídrico por Mañana y Tarde,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Horario	Media	dif.	t	gl.	P
Mañana	2.30	.86	6.81	458	.000
Tarde	1.4				

Fuente: Monitoreo

Cuadro 19
Concentración del Ácido Sulfhídrico por Mañana y Noche,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Horario	Media	Dif.	t	gl.	P
Mañana	2.30				
Noche	1.44	.87	7.10	458	.000

Fuente: Monitoreo

La diferencia de altitud entre los niveles extremos de los puntos de monitoreo tuvo una diferencia significativa, presentando una mayor concentración los puntos con una altitud mas baja, cuya media fue de 2.17 ppm, con respecto al de mayor altitud, que presento una media de .87 ppm, teniendo una diferencia de -1.30 ppm tal como se indica en el Cuadro 20.

Cuadro 20
Concentración del Ácido Sulfhídrico por Altitud,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Altitud	Media	Dif.	t	gl.	p
1541	.87	-1.30	-6.55	136	.000
1508	2.17				

Fuente: Monitoreo

La comparación de medias entre la presencia o ausencia (no presencia) de viento durante el periodo de monitoreo tuvo una diferencia significativa, alcanzando una media fue de 1.04 ppm (ver Cuadro 21)

Cuadro 21
Concentración de Ácido Sulfhídrico por Presencia o Ausencia de viento,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Presencia	Media	Dif.	t	gl.	p
Viento	1.04	-.54	-4.3	688	.000
No viento	1.85				

Fuente: Monitoreo

La dirección del viento no tuvo mayor relevancia, la comparación de las medias de la dirección del viento registradas con mayor frecuencia indica que no existe ninguna diferencia significativa, ya que los valores resultantes de la comparación resultaron mayores a $\alpha = .05$, tal como se indica en el Cuadro 22.

Cuadro 22
Concentración del Ácido Sulfhídrico por Dirección del Viento,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Dirección	Media	dif.	t	gl.	p
EW	1.04	.32	.87	40	.419
NS	.71				
WE	1.47	.24	.67	68	.504
SN	1.23				
NS	.71	-.57	-1.33	65	.187
SN	1.23				

Fuente: Monitoreo

La proximidad a la fuente de inmisión representada por el cauce del río Santiago resulto un factor determinante ya que al comparar las medias de los grupos establecidos (cercano o lejano), tuvo una diferencia significativa, siendo el grupo de los puntos cercanos con una media de 2.32 ppm el que manifestó una mayor significancia (Ver Cuadro 23).

Cuadro 23
Concentración del Ácido Sulfhídrico por su Proximidad de los puntos,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Proximidad	Media	dif.	t	gl.	p
Cercano	2.32	1.19	12.39	688	.000
Lejano	1.14				

Fuente: Monitoreo

Al contrastar las medias de cada uno de los puntos con respecto al puente que representa el punto de inmisión del ácido sulfhídrico, todos tuvieron significancia tal como se muestra en el cuadro 24.

Cuadro 24
Concentración del Ácido Sulfhídrico por Puntos,
Juanacatlán y El Salto, 2004-2005

Punto	Media	dif.	t	gl.	p
Puente	3.23	1.54	7.2	136	.000
Mártires	1.70				
Escuela 457	1.93	1.30	6.21	136	.000
Extremo sur	2.17	1.06	4.73	136	.000
Unidad Deportiva	.88	2.35	11.3	136	.000
Plaza El Salto	.68	2.55	12.7	136	.000
Margen Río Santiago	2.58	.65	2.9	136	.000
Tateposco	1.51	1.72	8.0	136	.000
El Cerrito	1.42	2.36	11.5	136	.000
Cofradía	1.74	1.48	6.80	136	.000

Fuente: Monitoreo

9. 4 Análisis Cartográfico

Para el apoyo en la descripción de los mapas de concentración y dispersión del ácido sulfhídrico en el área de estudio, se elaboraron los Cuadros 25 y 26. En el Cuadro 25 se presentan los valores medios de concentración obtenidos de los registros diarios por horario y mes.

Cuadro 25
Concentración en ppm por horario, día y mes durante el periodo de monitoreo.

Día de monitoreo	Horarios											
	7:00 a 9:00 hrs.				12:00 a 14:00 hrs.				19:00 a 21:00 hrs.			
	Mes				Mes				Mes			
	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.
1	2.4	2.7	0.9	2.4	1.3	1.3	1.5	1.3	2.2	1.9	1.6	1.1
2	3.4	1.9	2.8	0.9	1.5	2.3	0.8	1.3	1.7	1.5	2.7	1.1
3	2.3	2.0	2.2	2.4	1.7	1.5	2.9	2.4	1.7	1.6	1.1	1.8
4	2.9	3.3	1.6	1.9	2.3	1.2	2.5	0.2	2.1	0.9	1.6	1.0
5	2.7	3.0	2.0	2.5	2.6	0.8	1.3	0.9	1.1	0.4	0.5	1.0
6	3.0	2.6	-	1.2	1.7	0.6	-	0.5	1.5	1.6	-	1.4

Fuente: Datos del monitoreo.

El Cuadro 26 presenta los valores medios de concentración por mes y horario, obtenidos del cuadro anterior.

Cuadro 26
Concentraciones medias en ppm por Horario y Mes

Horario	Mes			
	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
7:00 a 9:00	2.7	2.5	1.9	1.8
12:00 a 14:00	1.8	1.2	1.8	1.1
19:00 a 21:00	1.7	1.3	1.5	1.2
Promedio	2.0	1.6	1.7	1.3

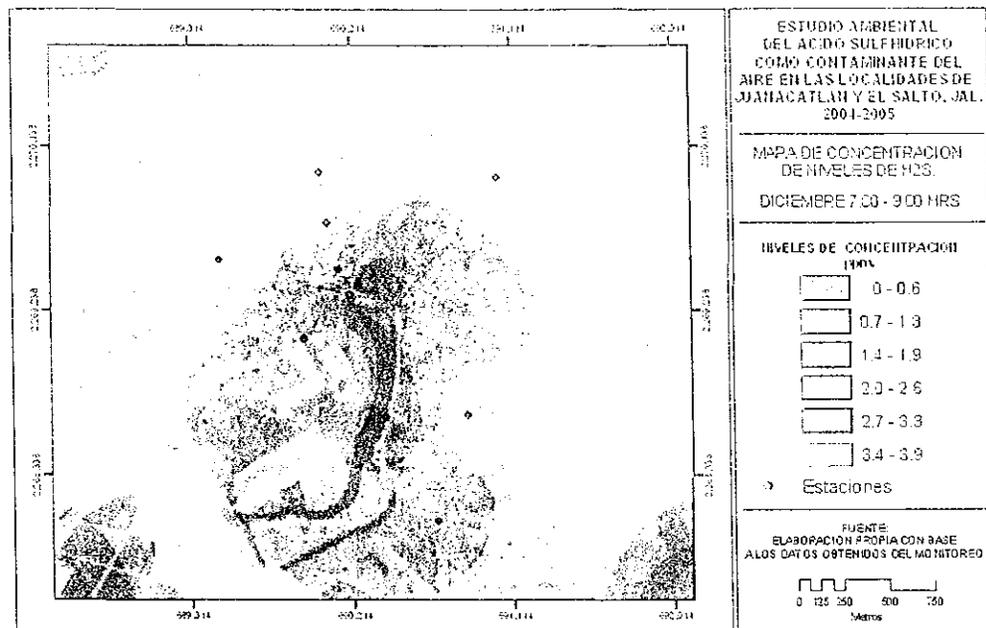
Fuente: Datos del monitoreo.

A continuación se describen los mapas elaborados por mes y horario:

Diciembre: Durante el mes de diciembre, al igual que en el resto del periodo, los niveles de concentración tuvieron variaciones conforme el horario avanzó y a las condiciones climáticas imperantes al momento del monitoreo.

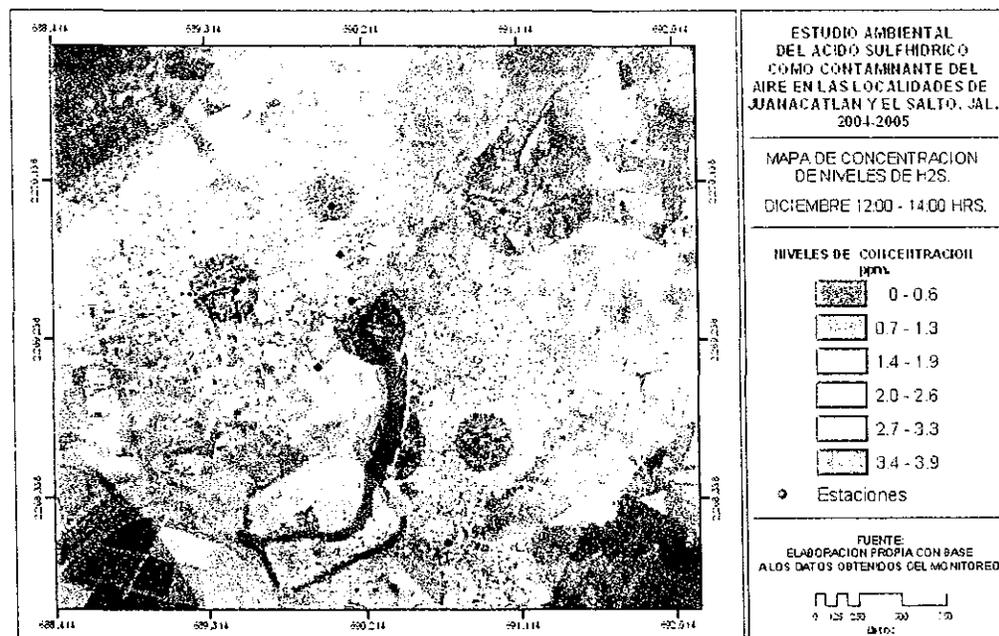
En el horario de la mañana (7:00 a 9:00 hrs.) la concentración en el área de estudio se mantuvo por encima de las 2 ppm, alcanzando un promedio de 2.7 ppm. La distribución espacial del contaminante se dio de manera homogénea aunque irregular en la zona próxima al cauce donde se registraron los niveles más altos (ver Mapa 1).

Mapa 1



En el horario de la tarde (12:00 a 14:00 hrs.) la concentración promedio disminuyó en un 66% alcanzando las 1.8 ppm, y la distribución espacial del contaminante se manifestó de irregular y dispersa con concentraciones puntuales (ver Mapa 2).

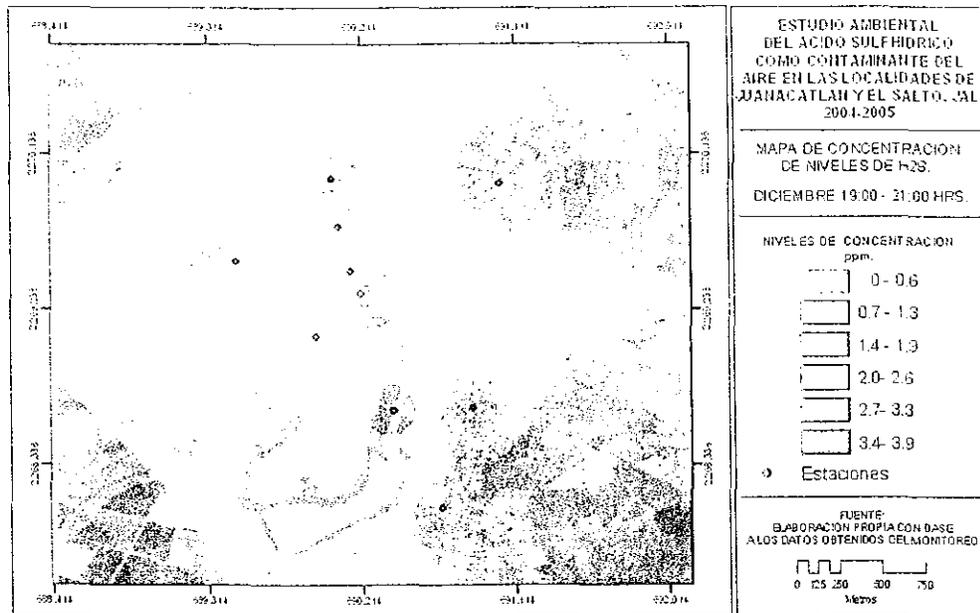
Mapa 2



Una tendencia similar se observó también en el horario nocturno (19:00 a 21:00 hrs.), la concentración se mantuvo baja con un promedio de 1.7 ppm., disminuyendo el área

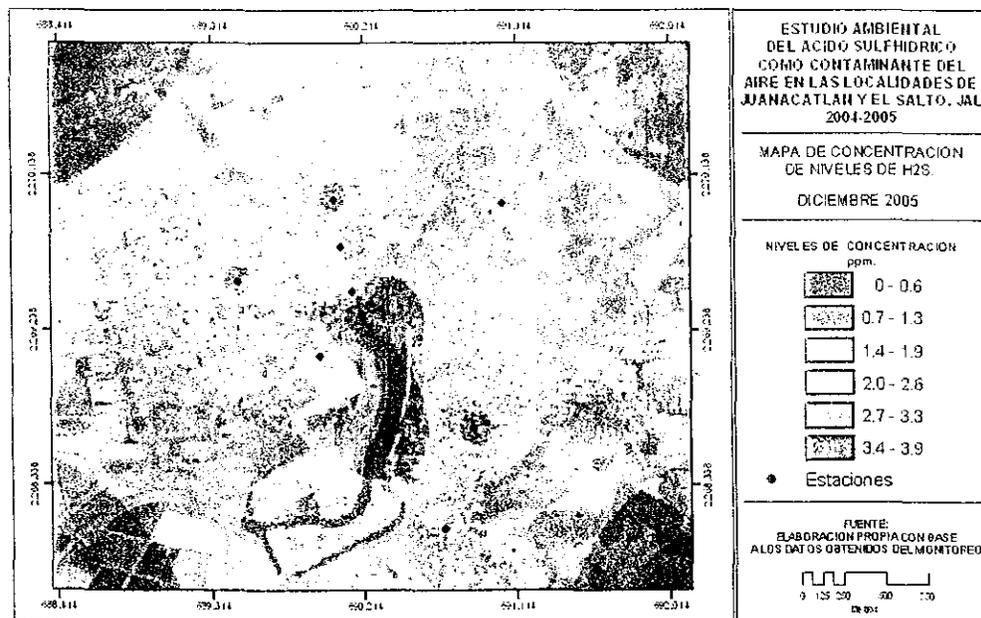
de dispersión (ver Mapa 3), volviendo a registrar altas concentraciones en los puntos cercanos al cauce.

Mapa 3



Con respecto a las concentraciones medias mensuales (Mapa 4) estas fueron de 2.0 ppm, los niveles altos se concentraron en los puntos mas próximos al cauce, y la configuración de las áreas de dispersión fue simétrica, paralela al cauce con una orientación norte-sur.

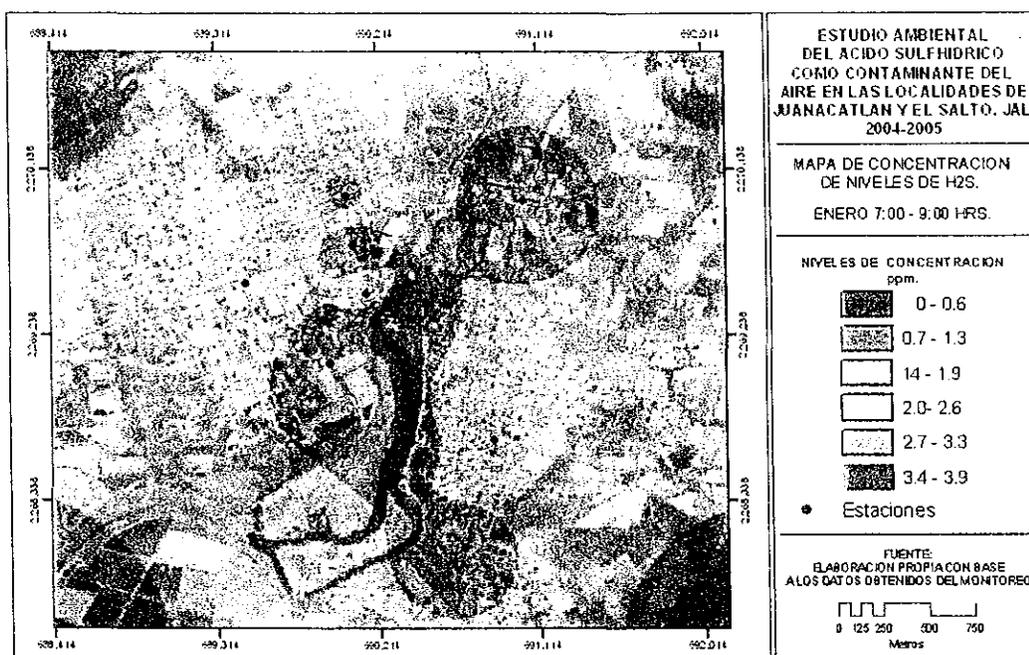
Mapa 4



Enero: En enero, los niveles de concentración se mantuvieron por arriba de las 2 ppm con excepción de un día, en el cual la concentración media fue de 1.9 ppm.

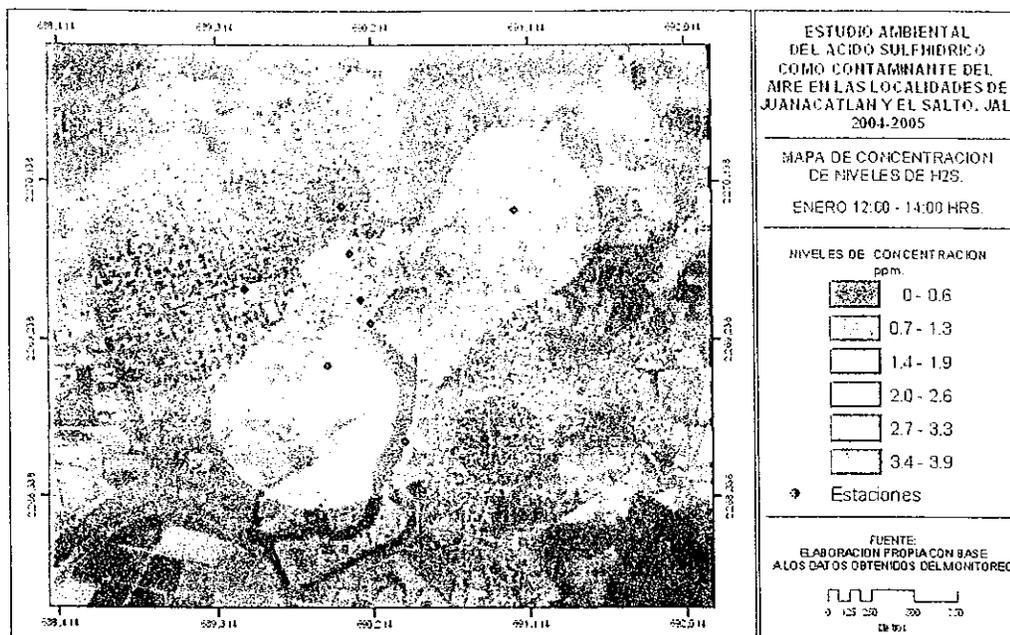
La concentración en el horario de la mañana (7:00 a 9:00 hrs.) fue de 2.7 ppm en promedio y la distribución espacial del contaminante (dispersión) se dio de manera irregular, concentrándose los niveles altos en la zona de la cascada y hacia las zonas norte y sur de Juanacatlán (ver Mapa 5), así como en la zona central donde presentó una distribución más extensa.

Mapa 5



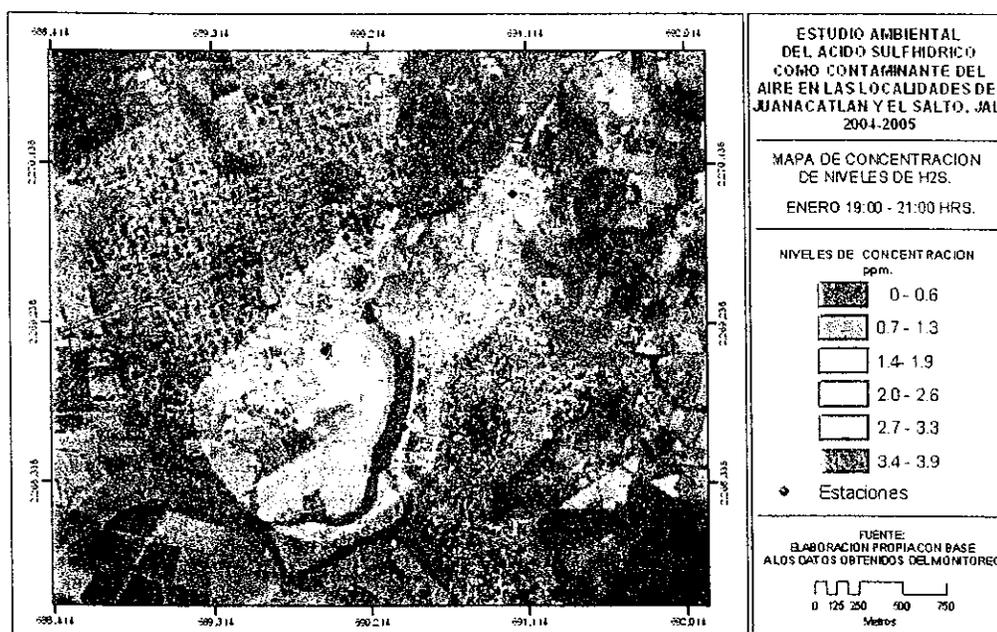
Para el horario de la tarde (12:00 a 14:00 hrs.) la concentración tuvo un descenso significativo, disminuyendo en un 48% alcanzando un promedio de 1.2 ppm, la distribución espacial del contaminante se manifestó de manera más homogénea manteniendo la orientación suroeste-noroeste afectando las zonas norte de Juanacatlán y sur de El Salto (ver Mapa 6).

Mapa 6



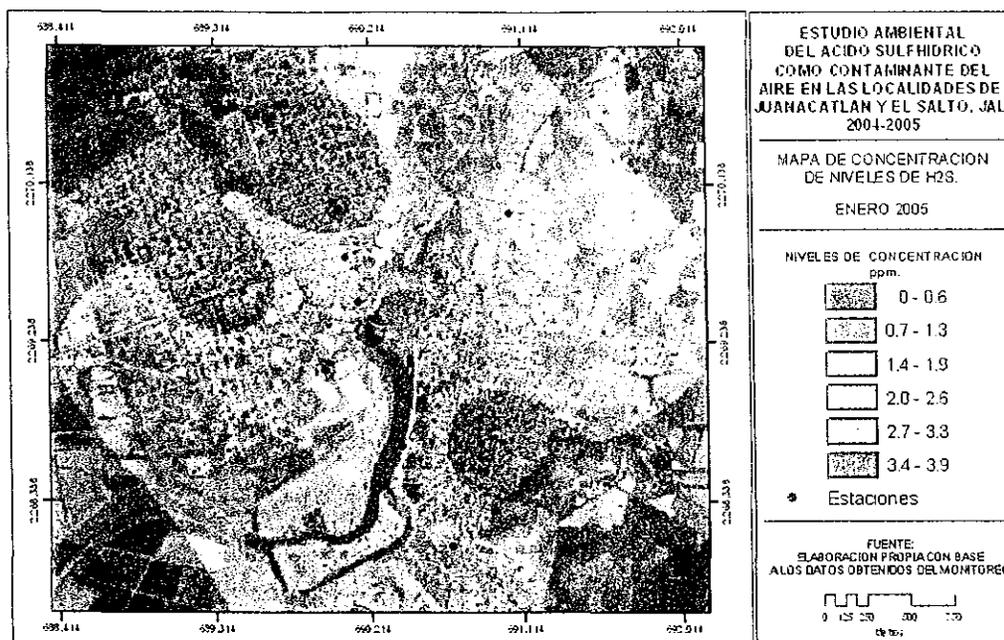
En el horario nocturno (19:00 a 21:00 hrs.), la concentración se mantuvo baja con un promedio de 1.3 ppm., el área de dispersión se manifestó con una orientación suroeste-noreste en forma alargada y homogénea (Mapa 7).

Mapa 7



La concentración media mensual fue de 1.6 ppm, los niveles altos se concentraron en los puntos mas próximos al cauce teniendo una mayor concentración hacia la localidad de El Salto, la configuración del área de dispersión promedio fue irregular y extendida (ver Mapa 8).

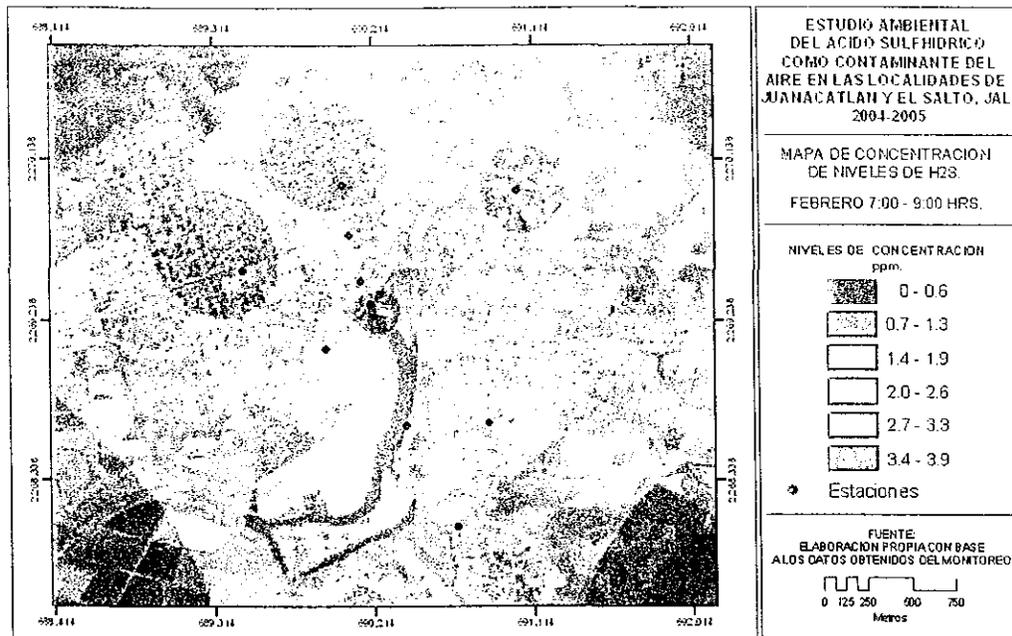
Mapa 8



Febrero: El mes de febrero, se caracterizo por la presencia de fuertes vientos que favorecieron la dispersión, por lo que los niveles de concentración tuvieron variaciones de acuerdo a este factor.

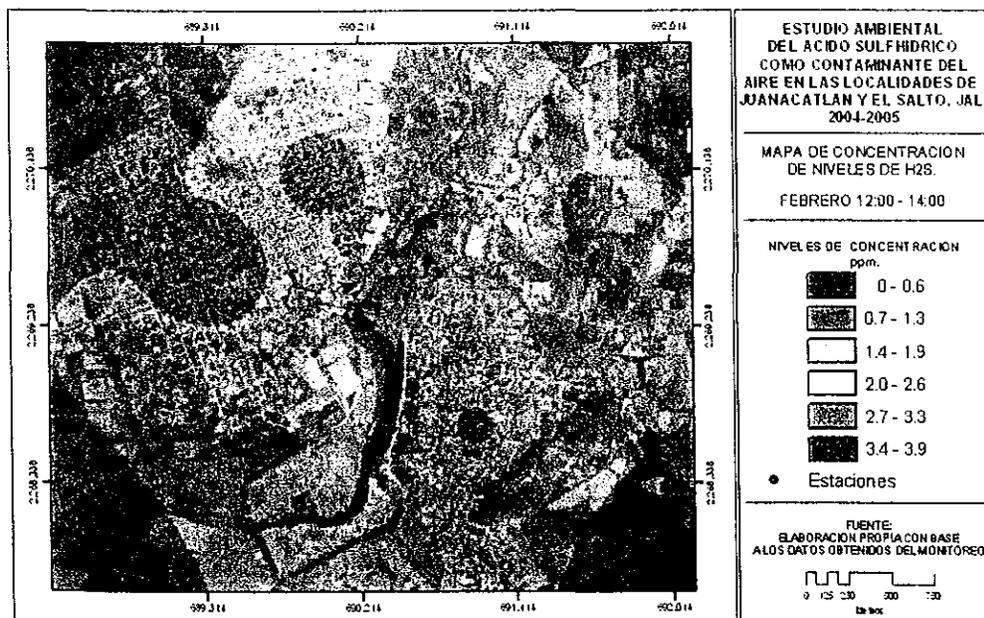
El horario de la mañana (7:00 a 9:00 hrs.) fue el que presento la mayor concentración media del mes con 1.9 ppm, la distribución espacial del contaminante se dio de manera homogénea hacia la parte norte de Juanacatlán y la zona cercana a la cascada donde se registraron los niveles mas altos (ver Mapa 9).

Mapa 9



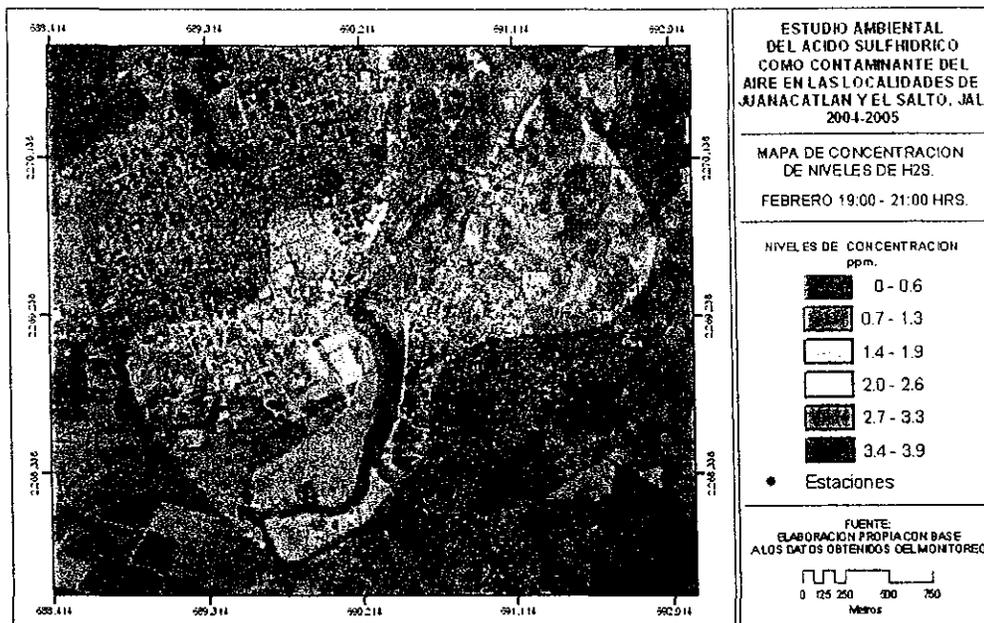
En el horario de la tarde (12:00 a 14:00 hrs.) la concentración promedio se mantuvo, aunque con una mínima variación en 1.8 ppm, y la distribución espacial del contaminante se manifestó de manera dispersa con concentraciones puntuales aisladas, excepto en la zona de la cascada (ver Mapa 10).

Mapa 10



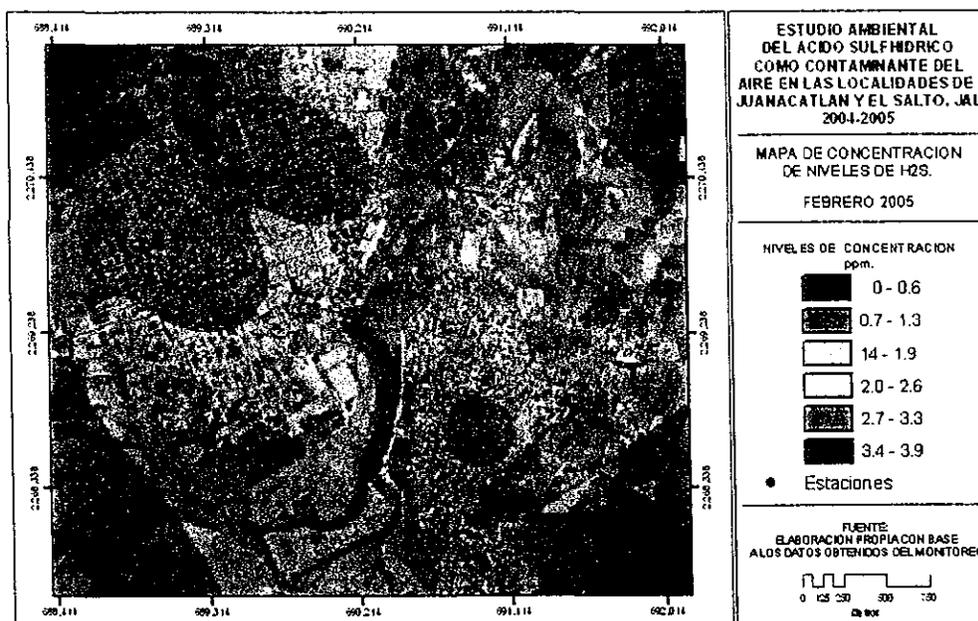
En el horario nocturno (19:00 a 21:00 hrs.), la concentración se mantuvo en el mismo rango con un promedio de 1.5 ppm., el área de dispersión fue mas homogénea y de forma alargada hacia las zonas sur de El Salto y norte de Juanacatlán (ver Mapa 11).

Mapa 11



La concentración media mensual fue de 1.7 ppm (ver Mapa 12), manteniendo de manera predominante la orientación suroeste-noreste y la configuración de las áreas de dispersión fue irregular y extensa.

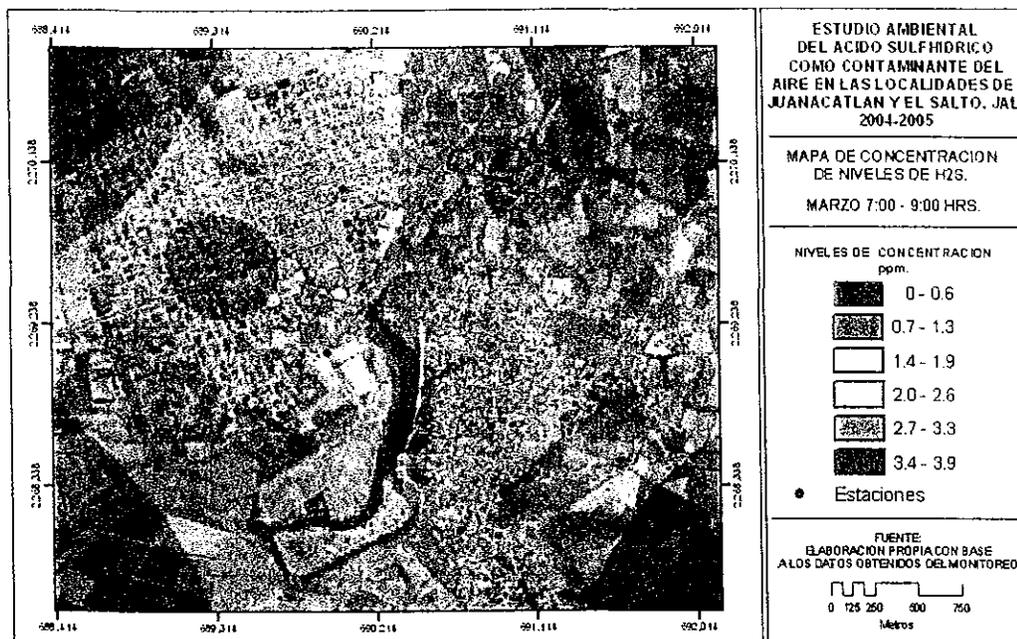
Mapa 12



Marzo: Con la entrada de la primavera, el cambio en las condiciones climáticas es muy marcado registrándose altas temperaturas, lo que favorece la dispersión del contaminante.

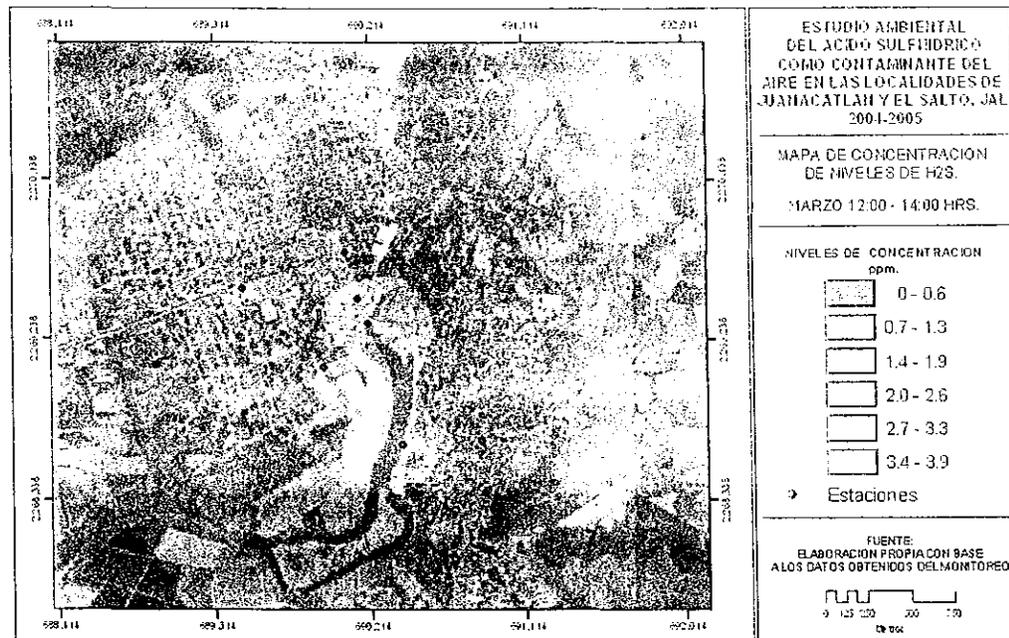
Durante el horario matutino (7:00 a 9:00 hrs.) se registro un incremento en los valores de concentración en la mayoría de los puntos con respecto al mes anterior, la concentración promedio fue de 2.9 ppm, y la distribución espacial de la misma se dio de manera extendida y homogénea hacia la mayor parte de la localidad de El Salto (ver Mapa 13).

Mapa 13



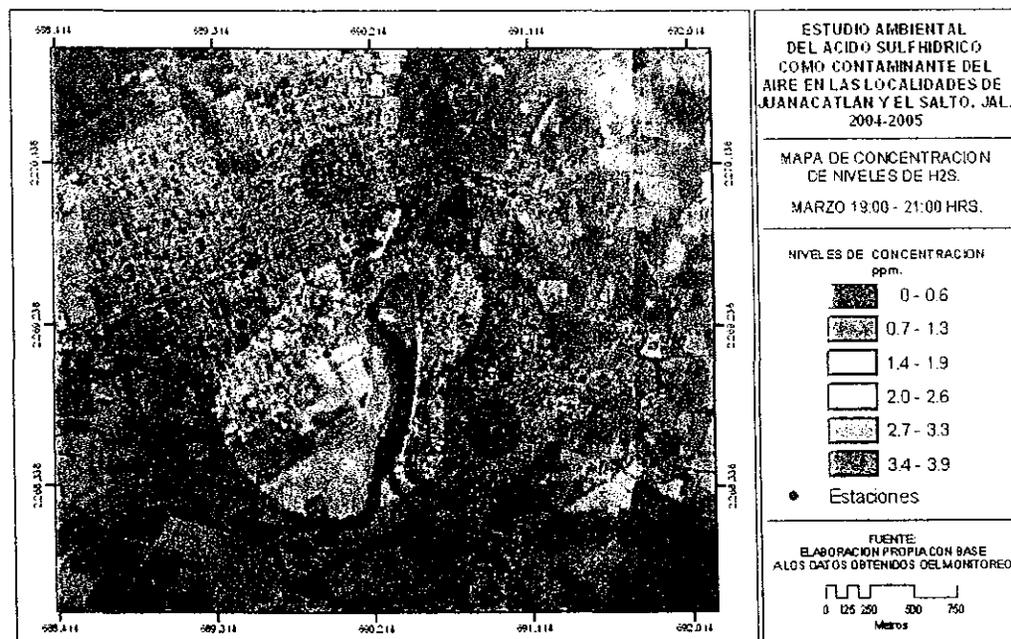
Por la tarde (12:00 a 14:00 hrs.) las condiciones fueron totalmente distintas, la concentración promedio disminuyo significativamente en un 41%, alcanzando las 1.2 ppm, la dispersión se manifestó de forma paralela al cauce en sentido sur-norte, las concentraciones mínimas se presentaron de manera dispersa en los puntos periféricos (ver Mapa 14).

Mapa 14



Durante el horario nocturno (19:00 a 21:00 hrs.), el comportamiento fue similar con una reducción en el área de dispersión, la concentración media registrada fue de 1.6 ppm., (ver Mapa 15).

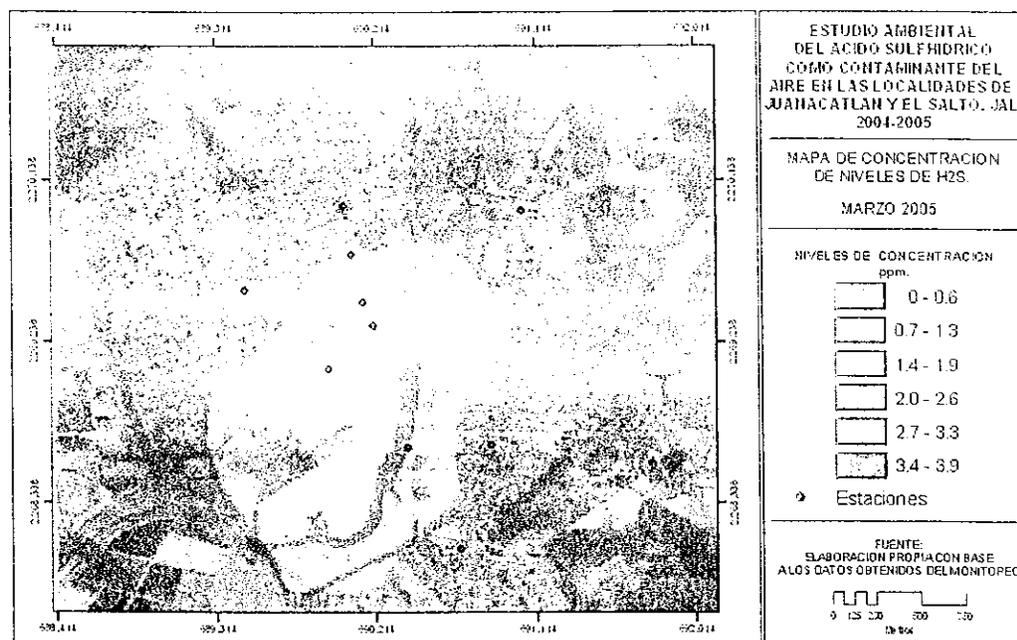
Mapa 15



La concentración media mensual de 1.9 ppm y la dispersión se manifestó en forma homogénea hacia las zonas centro y sur de área de estudio, prolongándose hacia el

noreste que comprende la zona norte de Juanacatlán (ver Mapa 16), el punto de mayor concentración fue el ubicado en la cascada.

Mapa 16



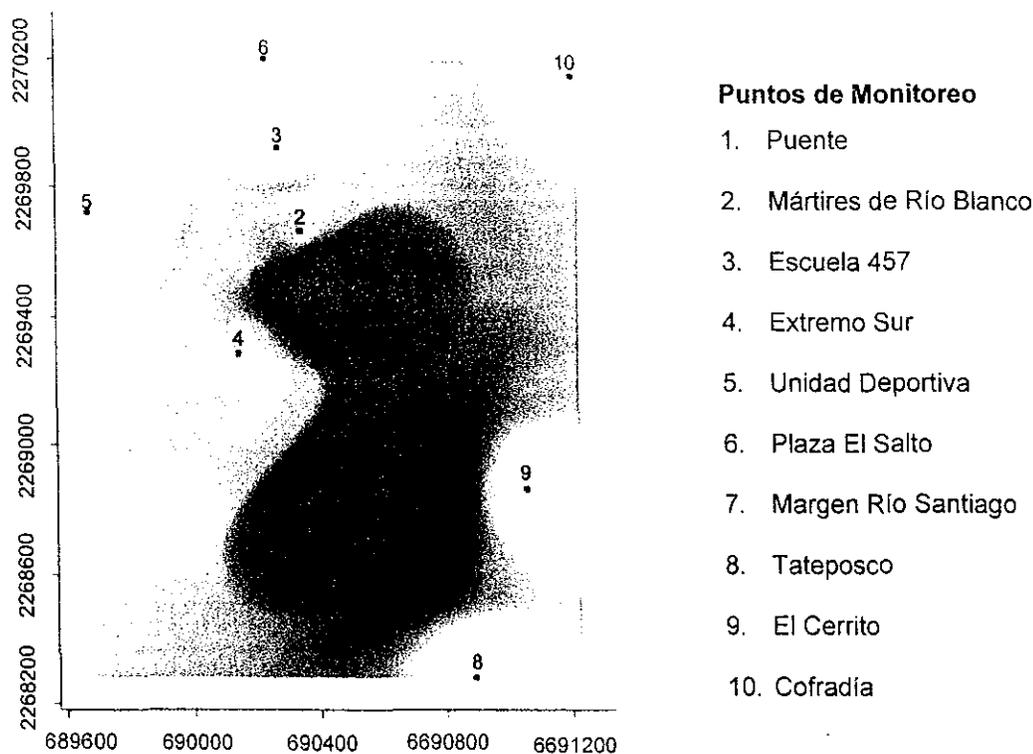
9.5 Interpretación de modelos de simulación

La descripción de los modelos se fundamentó en los datos del monitoreo y los mapas de concentración y dispersión anteriormente descritos.

Ubicación de las estaciones de monitoreo:

Para modelar el comportamiento del contaminante en el área de estudio y con la finalidad de facilitar la interpretación del mismo, se necesitó precisar la ubicación de cada uno de los puntos de monitoreo en el contexto espacial, lo cual se realizó mediante el recorte de un Modelo Digital del Terreno (MDT) obtenido para la zona de acuerdo a las coordenadas UTM extremas (ver Figura 6).

Figura 6
Ubicación de los puntos de monitoreo

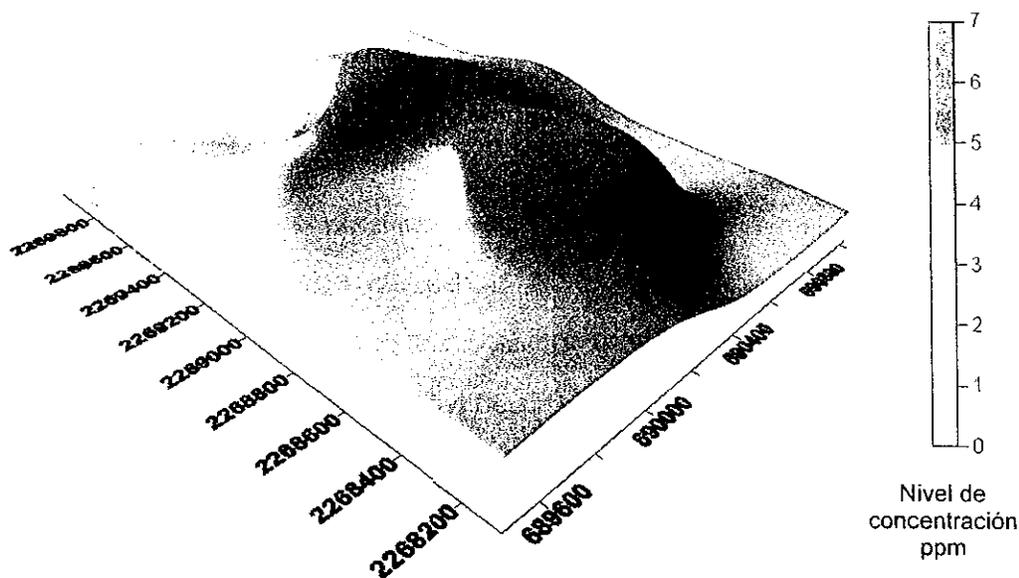


9.6 Comportamiento del H₂S por mes y horario de monitoreo

Las variabilidad de las características ambientales que se manifiestan estacionalmente durante el año al igual que el comportamiento de los elementos atmosféricos junto con las características fisicoquímicas del H₂S, definen un patrón de comportamiento irregular en cada periodo.

Con los datos obtenidos durante el monitoreo se generaron modelos de elevación que muestran una proyección geométrica del contaminante, facilitando de esta forma su análisis, en este sentido, con base a los datos de concentración mensuales y por horarios se elaboraron modelos de dispersión, los cuales se describen a continuación.

Diciembre de 2004
Horario 7:00 a 9:00 horas



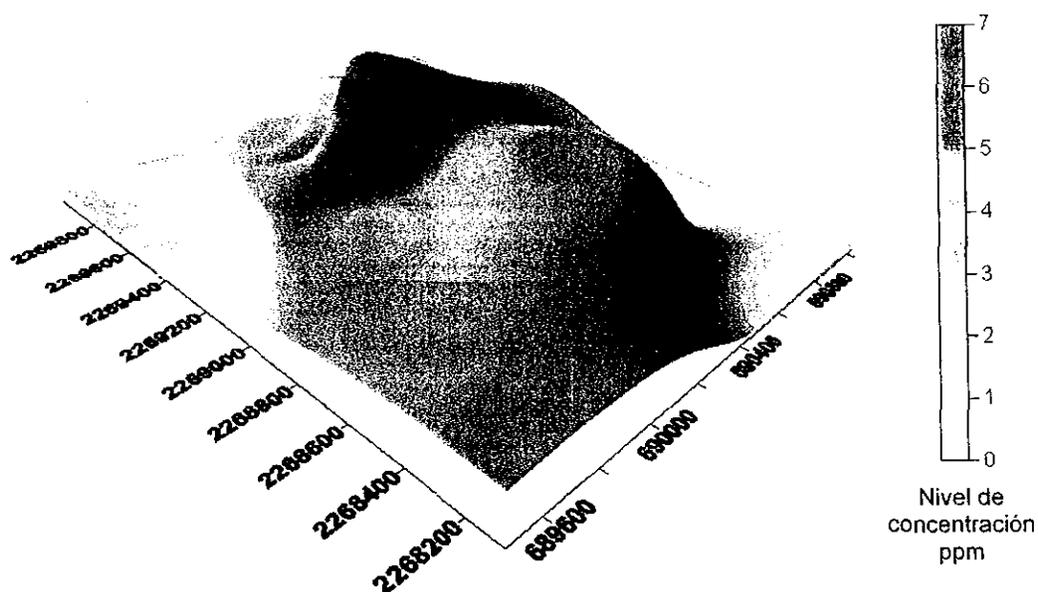
La distribución espacial del contaminante de acuerdo al modelo, muestra una concentración alta en el área de influencia de los puntos 1, 4 y 7), presentando una mayor concentración en la porción sur de la localidad de El Salto.

Las condiciones particulares de baja temperatura, la ausencia de vientos y condiciones del cielo despejado durante este horario contribuyeron a que los niveles de concentración tuvieran una distribución uniforme dentro del área de estudio predominando altas concentraciones.

Las lecturas obtenidas en las estaciones próximas al cauce (1, 4 y 7) indicaron concentraciones de 4 ppm y mas, permaneciendo incluso hasta después del horario.

Las temperaturas registradas durante este horario fueron de 5° C la mínima a las 7:15 hrs. del 22 de diciembre y la máxima de 14° C a las 8:37 hrs. del 8 de diciembre, alcanzando una oscilación térmica de 9° C, la temperatura media fue de 9.4° C. Debido a estas condiciones, la concentración máxima de 7 ppm se registro el día 14 de diciembre de 2004 a las 7:50 hrs.

Horario de 12:00 a 14:00 horas

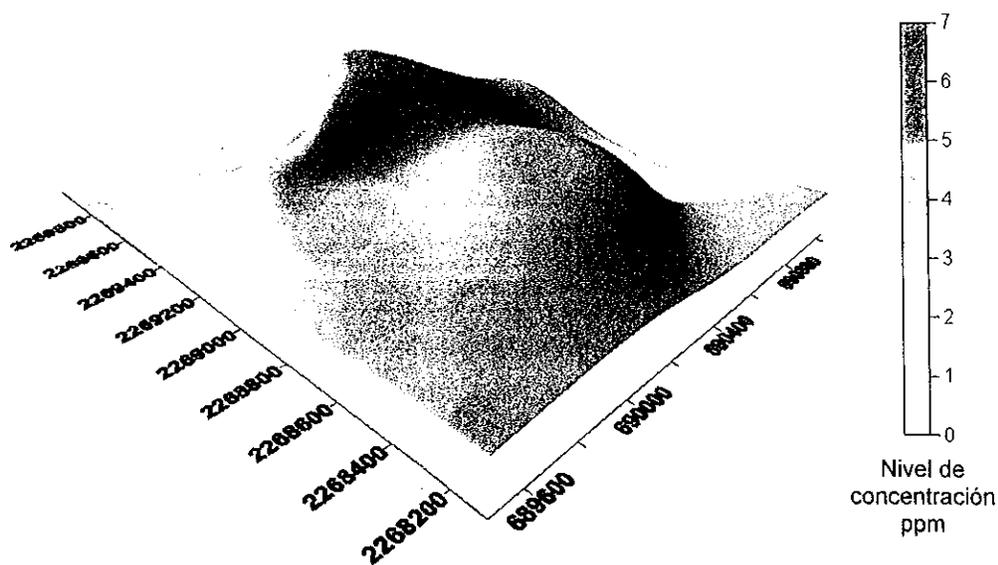


Las condiciones ambientales con respecto al horario matutino cambiaron notablemente, la temperatura se incremento de manera gradual, registrándose una mínima de 17 °C a las 12:00 hrs., del día 14 de diciembre, mientras que la máxima de 24 °C se registro el 15 de diciembre a las 13:50 hrs., la oscilación térmica para este horario fue de 7 °C y la temperatura media fue de 24.12 °C.

Con respecto a las condiciones atmosféricas, el cielo se mantuvo despejado durante los días de monitoreo presentándose un viento predominantemente con dirección Este-Oeste, lo que contribuyo a la dispersión del contaminante reduciendo su concentración. En este sentido, los niveles se mantuvieron entre 2 y 3 ppm en la mayoría de las estaciones, excepto en el punto 1 donde se registraron niveles de 6 ppm el día 22 de diciembre a las 12:00 hrs., de 5 ppm el 27 de diciembre a las 12:16 hrs., y en el punto 7, donde se registro un nivel de 5 ppm el día 22 de diciembre a las 12:07 hrs.

La diferencia de altura entre las estaciones donde se registro la mayor concentración es de 2.0 metros, lo que de acuerdo al modelo, la concentración se mantuvo por mas tiempo en este nivel. La dispersión durante este horario se dio hacia la localidad de El Salto

Horario de 19:00 a 21:00 horas



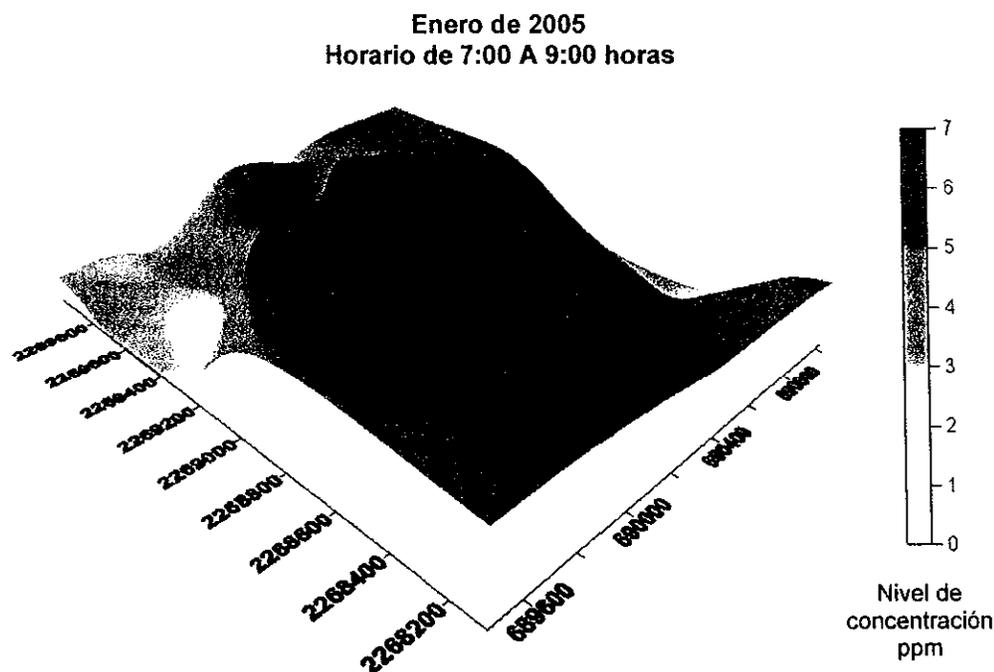
El modelo refleja que la mayor concentración se manifestó en la localidad de El Salto aunque la presencia y dirección del viento favoreció la dispersión hacia la zona norte.

Durante el horario nocturno, la concentración tendió a incrementarse nuevamente, sobre todo en los días con menor temperatura.

La temperatura mínima de 15 °C se registro a las 21:17 hrs., del 27 de diciembre y la máxima de 20 °C a las 19:15 hrs., del día 15 de diciembre, la media para el horario fue de 17.4 °C, presentando una oscilación térmica de 5 °C.

La concentración máxima fue de 5 ppm y se registró en el punto número 1, el día 22 de diciembre a las 19:10 hrs.

La presencia del viento fue notoria por lo que las condiciones de nubosidad fueron nulas, la dirección predominante fue de Sur a Norte, lo que contribuyo a que se detectaran niveles de 0 ppm de en algunos puntos y niveles de 2 ppm de manera recurrente en la mayoría de las estaciones, razón por la que el modelo resultante indica que solo en el punto 1 se manifestaron niveles de 4 ppm, lo que ocurrió en dos ocasiones con una temperatura de 16 y 18 °C.



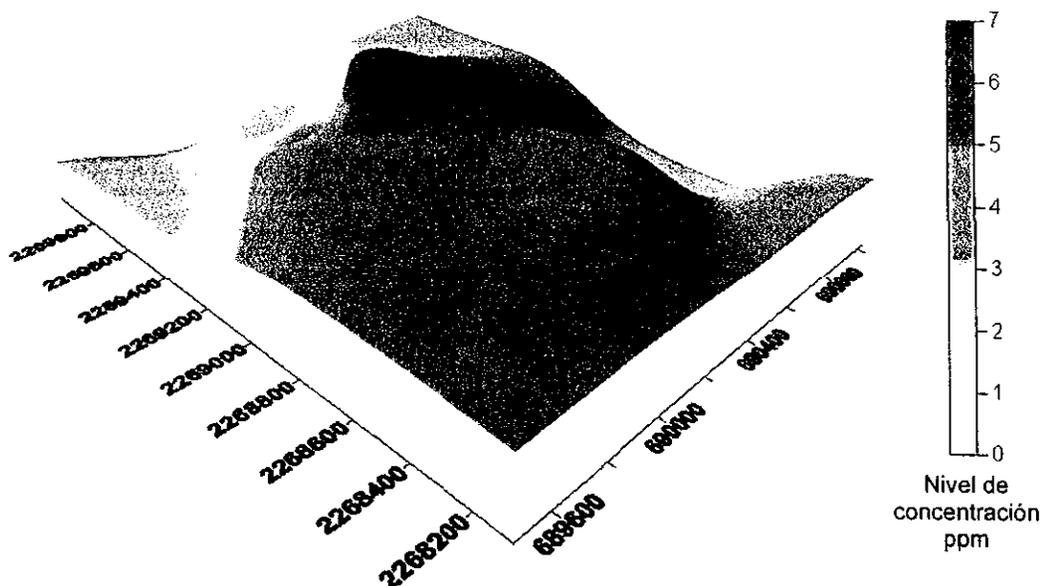
La distribución espacial del contaminante de acuerdo al modelo espacial, indica que existió una concentración alta en la mayoría de los puntos durante este horario, por lo que la distribución fue homogénea presentando una dispersión mínima.

Durante este horario, se presentaron los mayores niveles de concentración de H_2S de todo el periodo ya que la concentración de 3 ppm se manifestó en 19 ocasiones y en todos los puntos de manera alternada.

La concentración máxima de 6 ppm se presentó en dos ocasiones, el 19 y el 25 de enero a las 9:30 y 7:00 hrs., respectivamente en los puntos 4 y 1 cuando la temperatura fue de 10 y 7.5 °C.

Las condiciones atmosféricas fueron cielo despejado y no se percibió la presencia de viento durante la mayor parte de este horario, la temperatura mínima fue de 7 °C registrada el 25 de enero a las 8:45 hrs., y la máxima de 16 °C se presentó el 12 de enero a las 9:20 hrs., teniendo una variación de 9 °C y una temperatura media de 10.6 °C. La tendencia de concentración se manifestó de nuevo hacia la localidad de El Salto.

Horario de 12:00 a 14:00 horas



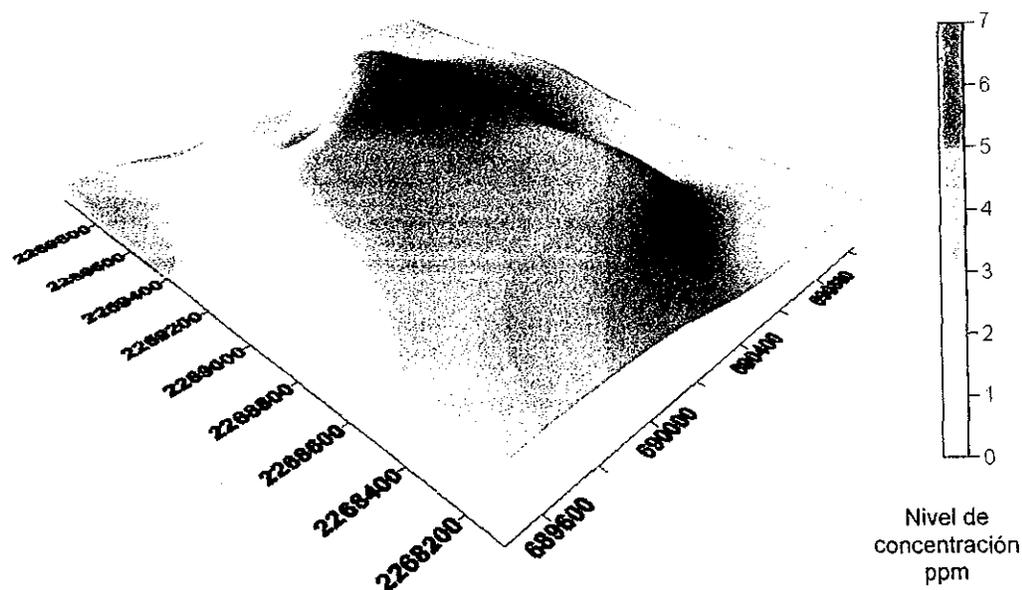
La modelación de los datos indico que el desplazamiento del contaminante fue hacia la localidad de El Salto en función de la dirección del viento con una distribución hacia la porción Oeste.

El incremento gradual de la temperatura conforme transcurrió el horario, las condiciones despejadas del cielo y la presencia de viento con dirección Este-Oeste contribuyeron a la dispersión rápida y disminución de la concentración con respecto al horario matutino.

La temperatura mínima registrada fue de 18 °C el día 3 de enero a las 12:00 hrs., y la máxima de 24 °C el 25 de enero a las 12:30 hrs., la temperatura media fue de 20.8 °C, y la oscilación térmica fue de 6 °C durante el horario.

En cuanto a las concentraciones de H₂S en el aire ambiente, la máxima de 6 ppm se registro el día 12 de enero a las 12:25 hrs., en el punto 1, la mínima de 0 ppm se detecto en varios puntos debido a la presencia del viento, sin embargo, se detectaron concentraciones de 3 y 4 ppm en los puntos cercanos al río (1, 4 y 8), donde se tuvo una menor dispersión.

Horario de 19:00 a 21:00 horas



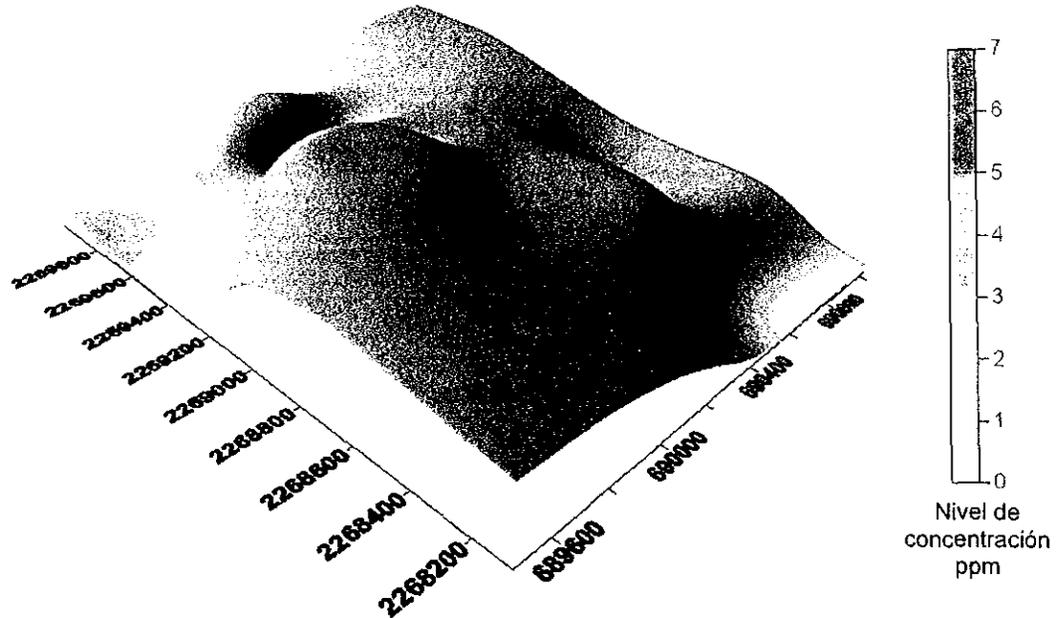
El comportamiento del contaminante de acuerdo al modelo indica una distribución homogénea en la mayor parte del área de estudio, excepto en el punto donde se registro la máxima concentración.

Durante este horario, las condiciones atmosféricas manifestaron estabilidad, se tuvo un cielo despejado y no se detecto la presencia de viento, la temperatura máxima fue de 20 °C y se registro el 26 de enero a las 19:20 hrs., y la mínima fue de 16 °C detectándose en varios días y al termino del horario, es decir después de las 20:30 hrs., la oscilación térmica fue de 4 °C, y la media de 17 °C.

Estas condiciones influyeron en el comportamiento de las concentraciones, la máxima de 4 ppm solo se registro en una ocasión el día 3 de enero a las 18:50 hrs., mientras que el registro de 0 ppm fue constante en la mayoría de los puntos (en 24 ocasiones), la lectura de 2 ppm se registro en 18 ocasiones y la de 3 ppm en 8.

La distribución vertical también fue homogénea ya que los registros en el punto de mayor altitud fue de 2 ppm, lo que indica que debido a la ausencia de viento y al descenso gradual de la temperatura, la concentración fue semejante en la mayoría de los puntos.

Febrero de 2005
Horario de 7:00 a 9:00 horas

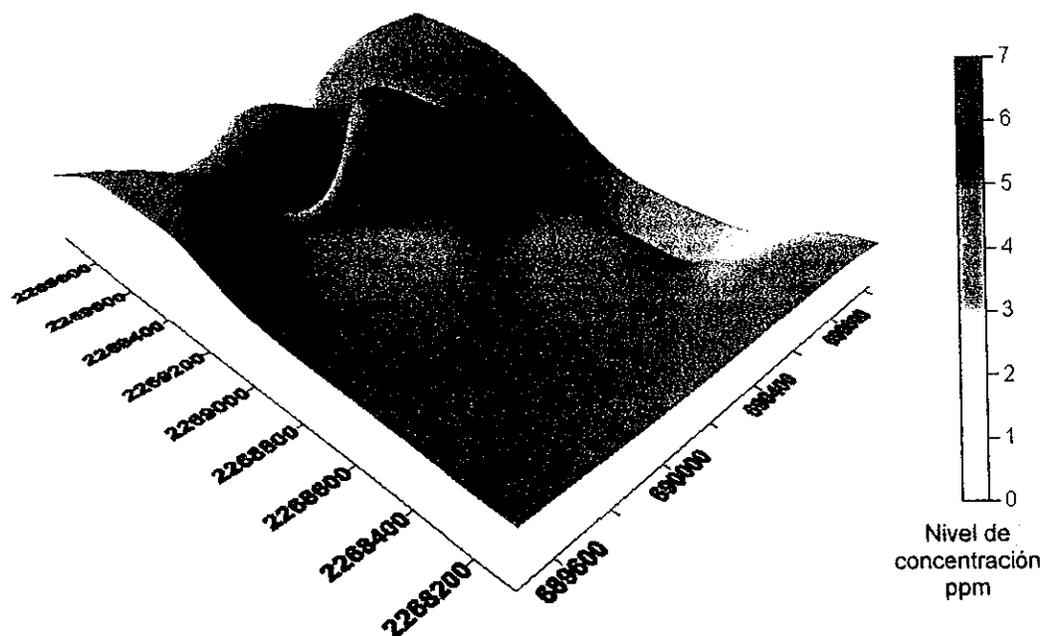


El comportamiento del contaminante en el área de acuerdo a la modelación de los datos indica una distribución homogénea en ambas localidades, presentando un ligero incremento en la localidad de El Salto.

Las condiciones atmosféricas generales que se observaron en este horario fueron: cielo despejado, no se detectó la presencia de viento, la temperatura máxima de 17 °C se registró el día 14 de febrero a las 9:06 hrs., y la mínima de 9 °C el 9 de febrero a las 7:00 hrs., la amplitud térmica fue de 8 °C y la media de 11.8 °C durante el periodo en el mes.

La concentración máxima fue de 5 ppm registrándose el día 9 de febrero a las 7:22 hrs., en el punto 1, la mínima de 0 ppm se registró en 12 ocasiones en varios puntos y la lectura de 3 ppm se registró 11 veces, siendo esta la más representativa, mientras que la de 4 ppm se registró en 5 ocasiones.

Horario de 12:00 a 14:00 horas



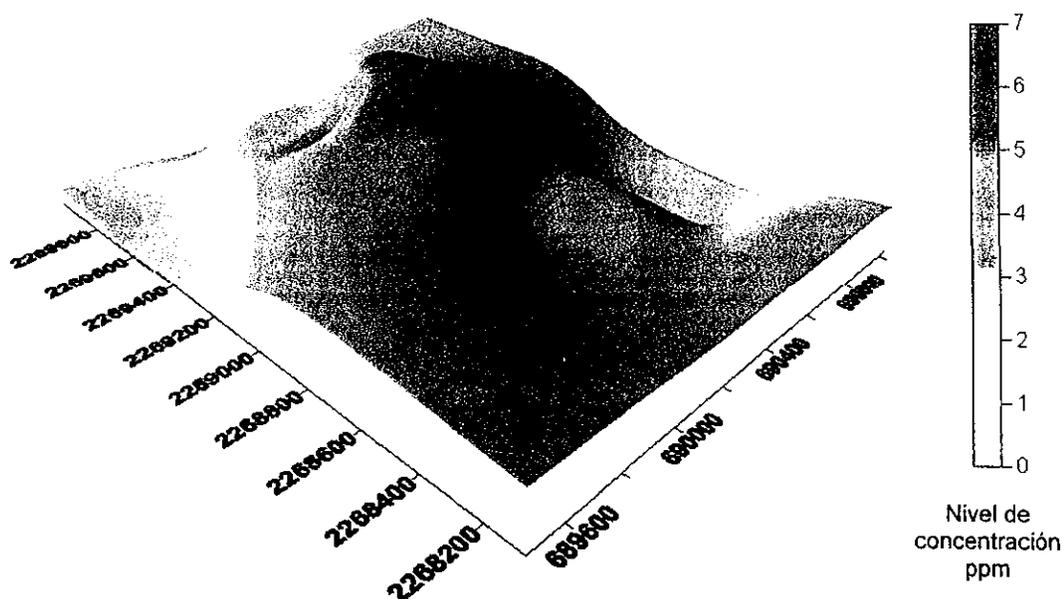
En cuanto a la distribución espacial del contaminante, el modelo determinó una marcada concentración a favor de la dirección del viento, hacia donde se localiza el punto 10.

El horario se caracterizó por la presencia de fuertes vientos con dirección Norte-Sur, lo que contribuyó a que se registrarán valores de 0 ppm en los puntos ubicados al sur del área y de niveles de 3 a 4 ppm en los puntos al norte.

La temperatura máxima que se registró fue de 22 °C en casi todos los días al final del horario después de la 13:30 hrs., la temperatura mínima fue de 18 °C registrada el 18 de febrero a las 12:00 hrs., la variación térmica fue de apenas 4 °C, y la temperatura media de 20.9 °C.

La concentración máxima de H₂S fue de 5 ppm, la cual se registró el día 21 de febrero a las 12:20 hrs., en el punto 1, la mínima de 0 ppm como ya se hizo referencia se registró de manera recurrente en la mayoría de los puntos, la concentración más significativa fue 2 ppm registrada en 18 ocasiones y la de 3 ppm se detectó en 9 ocasiones. La distribución vertical fue irregular debido a las condiciones atmosféricas.

Horario de 19:00 a 21:00 horas



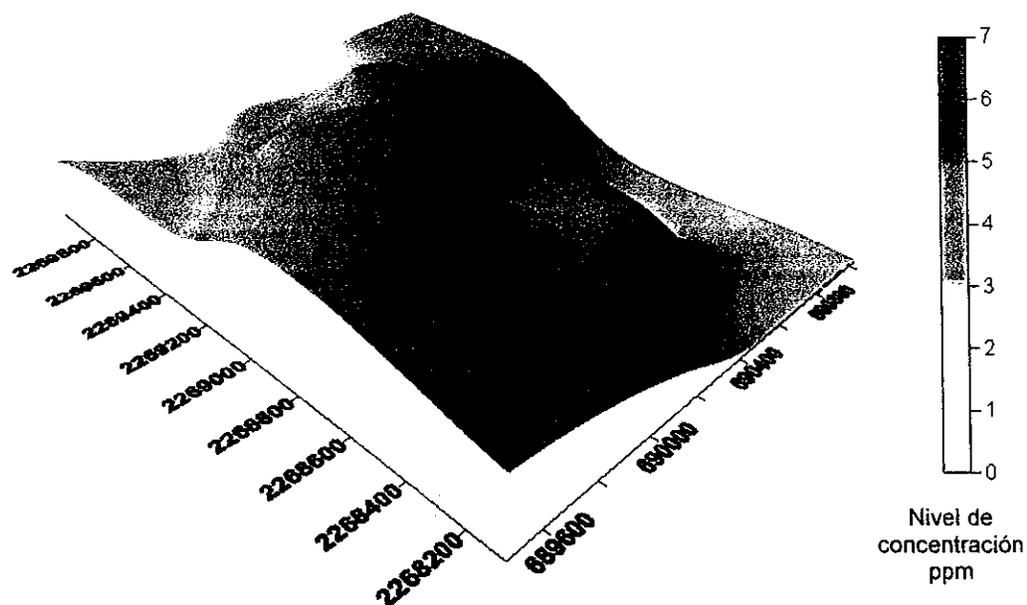
El modelo indica una distribución del H₂S, orientada hacia la porción noreste, ya que los registros de mayor concentración se detectaron en los puntos 1 y 10 cuya diferencia de altura es de 4.0 metros.

Las condiciones atmosféricas durante este horario fueron un poco similares a las del horario de la tarde, es decir cielo despejado y con vientos menos intensos con dirección Suroeste –Noreste.

La temperatura mínima de 11 °C, se registro el día 21 de febrero a las 20:15 hrs., la máxima de 20 °C el día 5 de febrero a las 19:50 hrs., la variación térmica fue de 9 °C y la media durante el horario fue de 16.5 °C.

La concentración máxima registrada fue de 5 ppm el día 9 de febrero a las 19:28 hrs., en el punto 1, mientras que la mínima de 0 ppm se registro recurrentemente en la mayoría de las estaciones, la concentración de 3 ppm se registro en los puntos 1 y 10 coincidiendo con la incidencia de la dirección del viento, y la de mayor frecuencia fue la de 2 ppm en 13 ocasiones

Marzo de 2005
Horario de 7:00 a 9:00 horas



La modelación de los datos indica que las concentraciones altas se manifiestan en los puntos 4, 1 y 7 ubicados en las proximidades del cauce por lo que la distribución vertical es apenas de 4.0 metros, incidiendo los valores máximos hacia la localidad de El Salto.

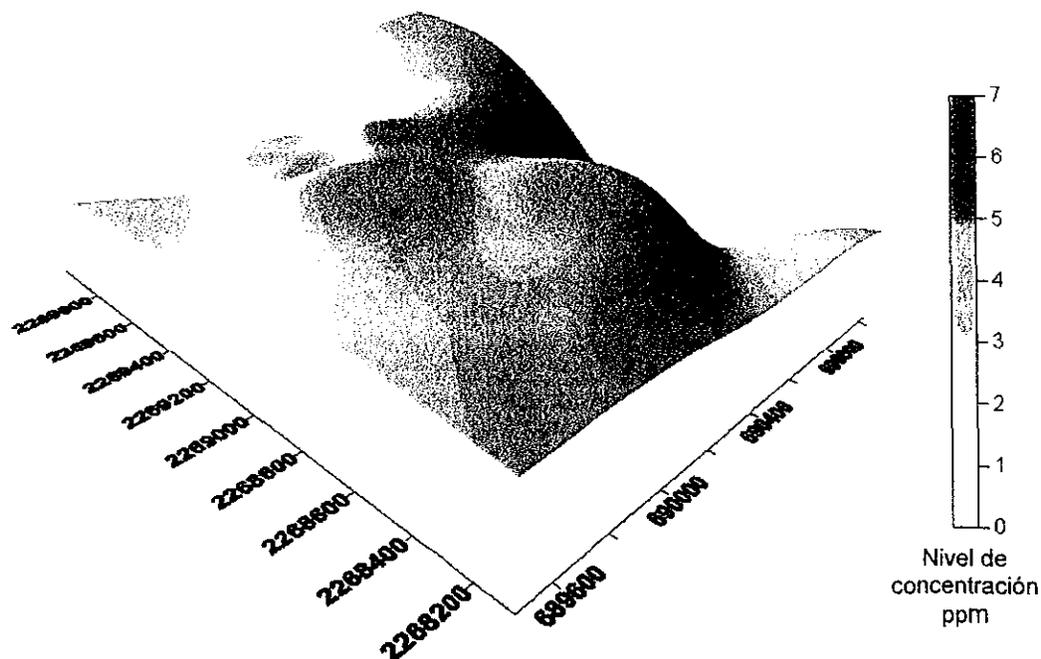
Las condiciones atmosféricas durante el horario fueron irregulares ya que en este mes se presentan condiciones de nubosidad que son desplazadas cuando se presenta el viento de manera esporádica, generando cambios poco perceptibles de temperatura ambiente, sin embargo, de manera general predominan las condiciones de cielo despejado y la presencia del viento no es continua.

La temperatura mínima se detectó el día 12 de marzo a las 7:47 hrs., siendo de 7 °C, la máxima de 18 °C se registró el día 27 de marzo entre las 8:30 y 9:00 hrs., la oscilación térmica fue de 11 °C debido a las condiciones ya indicadas, la temperatura media fue de 13.2 °C.

La concentración máxima de 4 ppm de H₂S se registró en dos ocasiones, el 1 y 27 de marzo a las 8:22 y 7:25 hrs., respectivamente, la concentración mínima de 0 ppm solo

se registro en 10 ocasiones, siendo la concentración de 2 ppm la mas recurrente con 30 ocasiones, seguida por la de 3 ppm con 14 registros.

Horario de 12:00 a 14:00 horas

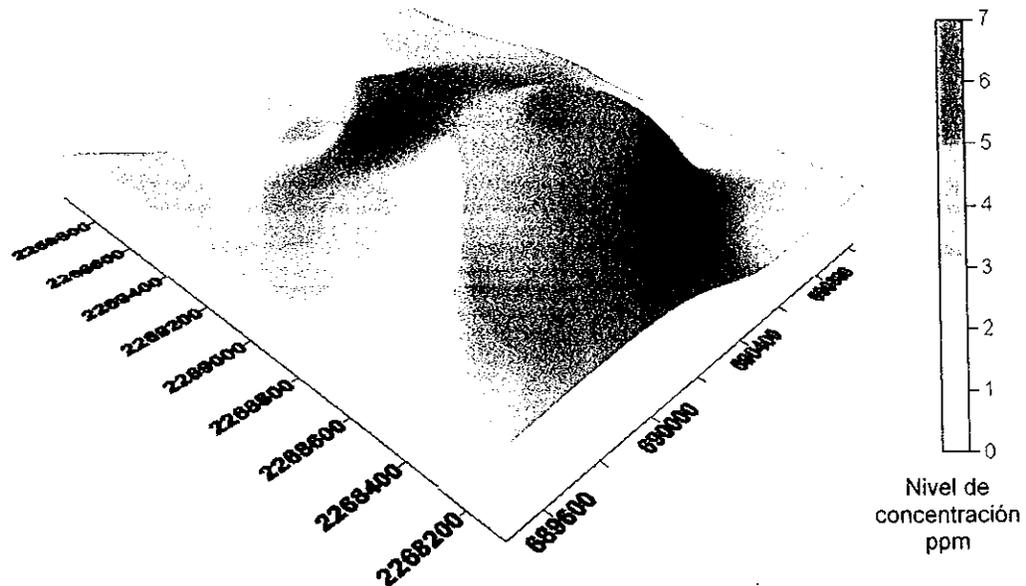


En algunas ocasiones durante este horario, el cielo presento condiciones de medio nublado, la mayoría de las veces se mantuvo despejado, al igual que la presencia del viento, que se manifestó regularmente en dirección Sur-Norte.

La temperatura máxima registrada fue de 29 °C el día 21 de marzo a las 13:28 hrs., y la mínima de 20 °C, la cual se registro en varias ocasiones durante la primera hora (de 12:00 a 13:00 hrs.), la oscilación térmica fue de 9 °C y al temperatura media durante el periodo del mes fue de 23.9 °C.

Las concentraciones del H₂S durante este horario se consideran bajas ya que no excedieron las 3 ppm, siendo esta la máxima, registrándose en varias ocasiones y en diferentes puntos, sobre todos los próximos al cauce, las mínimas de 0 ppm se registraron un total de 36 ocasiones, de aquí que el modelo de simulación presenta una concentración homogénea en ambas localidades

Horario de 19:00 a 21:00 horas



Dado que en la mayoría de los puntos, las concentraciones fueron similares, la modelación refleja una distribución típica con mayor concentración en los puntos 1, 7 donde se presentaron los valores máximos con una dispersión homogénea.

Durante este horario las condiciones atmosféricas fueron variables, dos días (1 y 6 de marzo) estuvieron nublados en los que se manifestó viento en varias direcciones, uno mas presento lluvia y el resto (tres días) estuvieron despejados, lo que influyo en las condiciones de temperatura y concentración del contaminante.

La temperatura máxima registrada fue de 25 °C, la cual se presento el 21 de marzo, a las 19:05 hrs., mientras que la mínima fue de 15 °C, registrada el 1 de marzo a las 20:36 hrs., la amplitud térmica fue de 10 °C y la temperatura media fue de 19.8 °C.

En cuanto a los niveles de concentración del contaminante, los datos registrados fueron de 5 ppm para la máxima detectándose el día 12 de marzo a las 19:20 a las hrs., en el punto 7 ubicado en el margen derecho del río en la localidad de Juanacatlán, la mínima de 0 ppm se detecto en 28 ocasiones y la mas representativa fue de 2 ppm en 27 veces, lo que significa que la concentración media fue baja.

9.7 Resultados de la Encuesta

La encuesta se aplicó en 100 hogares, ubicados en el área de influencia inmediata a cada uno de los 10 puntos de monitoreo seleccionados, aplicándose un total de 10 encuestas por punto, asumiendo para el punto 1 la zona del barrio de La Playa en la localidad de Juanacatlán, próxima al mismo y con la finalidad de equilibrar el sondeo en cuanto al número de encuestas (50% en cada localidad), ya que dicho punto se ubica a mitad del puente sobre la cascada, donde no existen viviendas.

Como resultado de dicha encuesta, se captó información de un total de 166 niños que asisten regularmente a las escuelas primarias y secundarias ubicadas dentro del área de estudio (ver Cuadro 27).

Cuadro 27
Número de entrevistados en la zona de influencia de los puntos de monitoreo

No. de punto de monitoreo	Ubicación	No. de niños entrevistados	Porcentaje
1	Puente (Barrio La Playa)	24	14.5
2	Escuela primaria Mártires de río Blanco	17	10.2
3	Escuela primaria Urbana no. 457	17	10.2
4	Extremo calle hacienda	13	7.8
5	Unidad Deportiva	23	13.9
6	Plaza Principal El Salto	15	9.0
7	Margen del Cauce	16	9.6
8	Barrio Tateposco	12	7.2
9	Escuela primaria Francisco rojas González (El Cerrito)	17	10.2
10	Escuela primaria Tomas Ruvalcaba La Cofradía	12	7.2
Total		166	100.0

Fuente: Encuesta directa.

Características demográficas

De los 166 niños, encuestados, 86 eran hombres y 80 mujeres, lo que indica que el 51.7 % de los niños de Juanacatlán pertenecían al sexo masculino y el 48.3 % al femenino (ver Cuadro 28).

Cuadro 28
Distribución de la población encuestada por sexo, 2005.

Sexo	No.	%
Hombres	86	51.9
Mujeres	80	48.1
Total	166	100

Fuente: Encuesta directa

En cuanto a la distribución de los niños encuestados, 85 de ellos vivían en Juanacatlán, mientras que los 81 restantes vivían en El Salto, lo que representa el 51.8 y 48.3 % respectivamente (ver Cuadro 29).

Cuadro 29
Numero de niños encuestados por municipio, 2005.

Municipio	Total de Niños	Porcentaje
Juanacatlán	85	51.2
El Salto	81	48.8
Total	166	100.0

Fuente: Encuesta directa.

En cuanto a las características físicas, los datos proporcionados indicaron que el peso promedio de los niños fue de 36.81 kilogramos, el rango de edad fue de 6 a 14 años, lo que arrojó una media de 10.26 años y la estatura de los niños osciló entre 0.70 y 1.72 dando una media de 1.28 metros (ver Cuadro 30).

Cuadro 30
Indicadores de las características físicas, 2005

Características	No. Total de niños	Mínimo	Máximo	Media
Peso	166	17 kg.	65 kg.	36.81 kg.
Edad	166	6 años	14 años	10.26 años
Talla o Estatura	166	0.70 metros	1.72 metros	1.28 metros

Fuente: Encuesta directa.

Aspectos de Salud

Los padres reportaron que 65 niños, equivalentes al 39% del total, regularmente padecen alguna enfermedad, mientras que los 101 restantes (61%) manifestó que no habían tenido padecimientos (ver Cuadro 31).

Cuadro 31
Niños que presentaron enfermedad, 2005

Presentaron Enfermedad	No. De casos	Porcentaje
Si	65	39.0
No	101	61.0
Total	166	100,0

Fuente: Encuesta directa.

La distribución geográfica de acuerdo a los resultados indica que 27 de los niños reportados con padecimientos se ubican en la localidad de Juanacatlán (41.5 % de este rubro) y 38 en la localidad de El Salto (58.5%).

De la misma forma, la distribución de los niños que reportaron no tener padecimientos fue de 54 en la localidad de Juanacatlán y 47 en El Salto, lo que representan el 53.4 y 46.6% del total para este rubro respectivamente (ver Cuadro 32).

Cuadro 32
Niños que presentaron enfermedad por localidad, 2005

Presentaron Enfermedad	Localidad			
	Juanacatlán		El Salto	
	Total de niños	%	Total de niños	%
Si	27	41.5	38	58.5
No	54	53.4	47	46.6
Total	81		85	

Fuente: Encuesta directa.

Del total de los casos de niños reportados con enfermedad, en el 73.8 % quien lo diagnóstico fue el doctor, mientras que en el 26.2% fue otra persona, generalmente la madre (ver Cuadro 33).

Cuadro 33
Persona que diagnostico la enfermedad de los niños, 2005.

Quien diagnostico la enfermedad	No. De Casos	Porcentaje
Doctor	48	73.8
Otra Persona	17	26.2
Total	65	100.0

Fuente: Encuesta directa.

Los padecimientos con mayor índice de incidencia en los niños fueron de tipo respiratorio con el 49.23%, reportando la gripa como el principal padecimiento, el 44.61% reporto dolor de garganta, 4.61% enfermedades de la piel y 1.5% como de otro tipo (ver Cuadro 34).

Cuadro 34
Padecimientos mas frecuentes de los niños, 2005.

Padecimientos mas frecuentes	No. De Casos	Porcentaje
Tipo respiratorio (gripa)	32	49.23
Dolor de garganta	29	44.61
De la piel (salpullido y alergias)	3	4.61
Otras	1	1.53
Total	65	100.0

Fuente: Encuesta directa.

En cuanto a los síntomas mas frecuentes que los niños manifestaron, el 83.07% refirió dolor de cabeza, 7.69% nauseas, 1.53% irritación de garganta y el 6.15% dermatitis y el 1.53% conjuntivitis (ver Cuadro 35).

Cuadro 35
Síntomas que manifestaron los niños y numero de casos, 2005.

Síntomas	No. de casos	Porcentaje
Dolor de cabeza	54	83.07
Nauseas	5	7.69
Irritación de garganta	1	1.53
Salpullido (dermatitis)	4	6.15
Conjuntivitis (ardor de ojos)	1	1.53
Total	65	100.0

Fuente: Encuesta directa.

Cuando se pregunto a los encuestados a que atribuían los síntomas que los niños manifestaban, las respuestas más recurrentes fueron: 28.7% lo asocia a la contaminación del río, 31% al clima, el 13% los asocia con varias causas y el 6% respondió no saber (ver Cuadro 36).

Cuadro 36
Causa a la que atribuyeron los síntomas manifestados, 2005.

Causa	Frecuencia	Porcentaje
Contaminación del río	19	28.7
Contaminación del aire	1	1.5
Clima	21	31.8
Contaminación por basura o desechos	6	9.0
Otros	13	19.6
No sabe	6	9.0
Total	66	100.0

Fuente: Encuesta directa.

Aspectos educativos

Los centros educativos a los que asistían regularmente los niños fueron 12, 10 de los cuales corresponden a escuelas primarias y 2 a escuelas de nivel secundaria.

En cuanto a los porcentajes de distribución del total de niños resultantes de la encuesta, por centro educativo, los mas concurridos fueron con el 20% la escuela primaria Maria Guadalupe Ortiz (Urbana 457), que corresponde al punto de monitoreo numero 3, la primaria Leyes de Reforma con el 16.8%, secundaria López Portillo y Weber con el 15.7%, primaria Josefina Mejía Jáuregui con 14.5%, Secundaria 10 Mixta el 10.2% y la primaria Mártires de Río Blanco con el 9.0% que corresponde al punto de monitoreo numero 2 (ver Cuadro 37).

Cuadro 37
Escuelas a las que asistieron los niños, 2005.

Nombre de la escuela	No. De alumnos	Porcentaje
Francisco Rojas González	11	6.6
Independencia	2	1.2
Insurgentes	1	0.6
Josefa Ortiz de Domínguez	4	2.4
Josefina Mejía Jáuregui	24	14.5
Leyes de Reforma	28	16.8
López Portillo y Weber	26	15.7
María Guadalupe Ortiz	34	20.5
Mártires de Río Blanco	15	9.0
Rene Nucamendi Sánchez	2	1.2
Sec. 10 Mixta	17	10.2
Tomas Ruvalcaba	2	1.2
Total	166	100.0

Fuente: Encuesta directa.

El horario durante el cual asistieron a clases los niños fue variable dependiendo del nivel de instrucción ya que cada escuela lo establece bajo criterios particulares, reconociéndose dos horarios de forma general: de 8:00 a 12:00 horas para el turno matutino y de 14:00 a 18:00 horas para el turno vespertino en las escuelas primarias, de 7:00 a 13:00 horas para el turno matutino y de 14:00 a 20:00 horas para el vespertino en las escuelas secundarias.

En este sentido, el 59.03% de los niños asistían a la escuela en el turno matutino y el 40.97% en el turno vespertino (ver Cuadro 38).

Cuadro 38
Horario y numero de Alumnos que asistían a los centros educativos por turno, 2005.

Horario	Turno matutino		Horario	Turno Vespertino	
	No. de alumnos	Porcentaje		No. De alumnos	Porcentaje
07:00-13:00	30	18.07	14:00-18:00	45	27.10
08:00-13:00	68	40.96	14:00-20:00	23	13.85
Total	98	59.03		68	40.97

Fuente: Encuesta directa.

El traslado de la casa a la escuela y viceversa, el 83.1% lo realizo caminando, el 15.7% en vehículo de motor (automóvil, camioneta o camión) y el 1.2% manifestó realizarlo en otro medio de transporte como bicicleta o motocicleta.

La distancia promedio que los niños recorrieron cotidianamente de la casa a la escuela fue de 795.0 metros, siendo las distancias mas frecuentes las de 200.0, 400.0 y 1000.0 metros con el 12.0%,16.9% y 15.9% respectivamente (ver Cuadro 39).

Tomando en cuenta que la encuesta se aplico dentro de la zona de influencia de los puntos de monitoreo, el 95.18% de los niños viven dentro del radio de 1.5 kilómetros donde generalmente se manifiesta la concentración del contaminante.

Cuadro 39
Distancia de la escuela con respecto a la vivienda.

Distancia (metros)	Frecuencia	Porcentaje
100	9	5.4
200	20	12.0
250	5	3.0
300	14	8.4
400	28	16.9
500	15	9.0
600	1	0.6
700	2	1.2
800	15	9.0
900	2	1.2
1000	26	15.7
1200	16	9.6
1500	4	2.4
2000	7	4.2
2500	1	0.6
3000	1	0.6
Total	166	100.0

Fuente: Encuesta Directa.

Percepción del olor

Uno de los objetivos de la encuesta fue determinar si la población detectaba olores en el ambiente, con que intensidad los percibía, si los asociaba a algún olor conocido y a alguna fuente, así como la hora y época del año en que los percibió mas frecuentemente. En este sentido, el 94.0% de los encuestados manifestó que si percibieron algún tipo de olor en el ambiente, mientras que el restante 6.0% indico no percibirlo (ver Cuadro 40).

Cuadro 40
Percepción de olores, 2005.

Perciben olor	Frecuencia	Porcentaje
Si	156	94.0
No	10	6.0
Total	166	100.0

Fuente: Encuesta directa.

El tipo de olor que percibieron lo asociaban con: Olor a huevos podridos el 83.13%, olor a drenaje el 15.20% y el 2.20% con olores derivados de productos químicos (ver Cuadro 41).

Cuadro 41
Tipo de olor al que lo asocian, 2005.

Tipo de olor al que lo asocia	Frecuencia	Porcentaje
Huevos podridos	138	83.13
Drenaje	26	30.7
Productos químicos	2	17.5
Total	166	100.0

Fuente: Encuesta directa.

En cuanto al grado de intensidad con que percibieron el olor, el 62.7% manifestó percibirlo como muy intenso, 18.7% intenso, 11.4% bajo y solo el 1.2% como poco perceptible (ver Cuadro 42).

Cuadro 42
Grado de intensidad con se percibió el olor, 2005.

Grado	Frecuencia	Porcentaje
Muy intenso	104	62.7
Intenso	31	18.7
Bajo	19	11.4
Poco perceptible	2	1.2
Total	156	94.0

Fuente: Encuesta directa.

El 42.16% de los encuestados percibieron el olor durante todo el año, el 26.50% indico percibirlo durante la primavera, el 23.49% en verano, el 0.60% en otoño, ninguna persona manifestó percibirlo en invierno y el 6.02% indico no percibirlo (ver Cuadro 43).

Cuadro 43
Época del año en que percibieron el olor, 2005.

Época	Frecuencia	Porcentaje
Primavera	44	26.50
Verano	39	23.49
Otoño	1	0.60
Invierno	0	0
Todo el año	70	42.16
No	10	6.02
Total	166	100.0

Fuente: Encuesta directa.

En cuanto al horario del día en que los olores se percibieron más frecuentemente, el 42.77% indicó que es por la tarde, 24.69% por la mañana, 16.26% por la noche, 4.81% en la madrugada, 5.42% todo el día y el 6.02% manifestó no haber percibido olores (ver Cuadro 44).

Cuadro 44
Horario del día en que percibieron el olor, 2005.

Horario del día	Frecuencia	Porcentaje
Mañana	41	24.69
Tarde	71	42.77
Noche	27	16.26
Madrugada	8	4.81
Todo el día	9	5.42
No	10	6.02
Total	166	100.0

Fuente: Encuesta directa.

Los problemas ambientales que la población identifica en el área de estudio fueron la contaminación del aire por olores con un 61.44%, el 20.48% identificó como un problema la contaminación del río, el 11.44% la presencia de residuos sólidos (basura), el 4.81% a otros (la presencia del rastro entre otras) y el 1.20% dijo no tener conocimiento (ver Cuadro 45).

Cuadro 45
Principales problemas reportados por los encuestados

Problema	Frecuencia	Porcentaje
Contaminación del río (agua contaminada)	34	20.48
Residuos sólidos (basura)	19	11.44
Contaminación del aire (olores)	102	61.44
Otros	8	4.81
No sabe	2	1.20
Total	166	100.0

Fuente: Encuesta directa.

X DISCUSIÓN

Los olores presentes en el aire ambiental en la zona de estudio se deben a los gases y vapores producto de la descomposición de la materia orgánica en el lecho del río y a la mezcla de efluentes industriales. El olor más característico de un agua residual es el del H_2S producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos. Las aguas residuales industriales contienen a veces compuestos olorosos o capaces de producir olores en los procesos de tratamiento (Metcalf - Eddy, 1994).

Los gases más frecuentes en un agua residual sin tratar son: el nitrógeno, el oxígeno, el anhídrido carbónico, el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco, y el metano. Los tres primeros gases son comunes en la atmósfera y se encuentran en las aguas expuestas al aire; los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica en el agua residual (Metcalf - Eddy, 1994).

La presencia de H_2S en el aire ambiental de la zona de estudio puede tener efectos adversos a la salud en función del nivel de concentración y del tiempo de exposición (Flores, 1997). De ahí que los efectos en la salud referidos por la población entrevistada sugieren que existe una exposición constante a bajos niveles de H_2S que afectan su salud a pesar de que no se rebasen los límites considerados como seguros.

Sin embargo, existe una controversia porque en algunas revisiones de la literatura científica en toxicidad del H_2S se refiere que existe una carencia de información con respecto a efectos de las exposiciones bajas a largo plazo que pudieron ser experimentados por individuos que vivían cerca de las fuentes industriales o naturales donde se libera este gas (Hessel y Melenka, 1999). Esto último fue confirmado en nuestro trabajo de campo por la manifestación regular de síntomas característicos en los habitantes entrevistados.

La toxicidad del H_2S es similar a la del cianuro, bloquea la capacidad de carga del oxígeno de la sangre, inhibe el centro respiratorio en el cerebro y bloquea el metabolismo aerobio de las células (Kimura, 1996). Al ser inhalado, el ácido sulfhídrico entra en el torrente sanguíneo vía difusión alveolar. Los ojos, pulmones y el

sistema nervioso son órganos blanco en seres humanos. Una vez en la circulación sanguínea, el hígado oxida los sulfatos (sobre todo tiosulfato) y la mayoría del H₂S se excreta en la orina.

Los niveles de concentración de H₂S detectados con mayor frecuencia en la zona de estudio oscilan entre 2 y 3 ppm, permaneciendo por varias horas al día, lo que pudiera provocar reacciones en el organismo que, a largo plazo afecten al sistema nervioso central (SCN), lo cual ha quedado demostrado en investigaciones realizadas en localidades donde la población está expuesta a niveles similares manifestando síntomas como fatiga, ansiedad y efectos sensoriales (Legator, 1997).

Estudios, realizado por el Servicio de Salud Pública de Estados Unidos en una comunidad del estado de Indiana (Terre Aute) en los años 60 demostró que una población expuesta de manera continua durante dos meses a concentraciones de 2.0 a 8.0 ppm de H₂S manifestaron síntomas como náuseas, dolor de cabeza, insuficiencia respiratoria, disturbio del sueño e irritación de ojos y garganta (USPHS. 1964).

En el mismo estudio, se comprobó que individuos con enfermedades respiratorias crónicas como asma pueden ser más sensibles a los efectos de la exposición, además, las personas con desórdenes cardíacos o del sistema nervioso pueden ser más susceptibles a los efectos del H₂S.

El asma es una de las enfermedades con una incidencia importante reportadas para la zona, de aquí que la presencia de H₂S en el aire ambiental puede ser un factor de riesgo que contribuya a su exacerbación y presentación de crisis que comprometen su bienestar y salud.

En un estudio de pruebas de función pulmonar realizado en adultos asmáticos, los cuales fueron expuestos a una concentración de 2 ppm de H₂S durante 30 minutos no reveló ningún cambio significativo. Sin embargo, 2 de los 10 participantes en este estudio mostraron indicios de obstrucción bronquial y después de la exposición, 3 de los 10 participantes se manifestaron tener dolor de cabeza (Jappinen. 1990).

Además, investigaciones realizadas en dos comunidades de Finlandia que eran afectadas por la exposición a las emisiones de H₂S provenientes de un molino de pulpa de papel, demostraron que los síntomas respiratorios (mareos, falta de respiración), irritación de los ojos y conjuntivitis eran más altos en las comunidades expuestas comparadas con una tercera comunidad sin exposición (Jaakkola et al., 1990). Los niños en las mismas comunidades no parecían ser más sensibles a los efectos de la exposición en comparación con los adultos (Marttila et al., 1994). En un trabajo posterior en el que se midieron los niveles de exposición en 24 horas, se determinó un promedio de <0.007 ppm de H₂S (el pico exposición de 4 horas fue de 0.095 ppm), el cual no exhibió ningún efecto respiratorio u ocular significativo, pero los síntomas respiratorios fueron identificados por la información obtenida a través de encuestas aplicadas a la población (Marttila et al., 1995).

En la década de 1990, algunos estudios se enfocaron a determinar los efectos fisiológicos del H₂S en hombres y mujeres adultos sanos, expuestos durante la práctica de ejercicio. En uno de ellos (Bhambhani y cols. 1991), expusieron a 16 hombres adultos sanos a concentraciones de 0, 0.5, 2.0, y 5.0 ppm de H₂S mientras montaban en bicicleta por 25 minutos. Los niveles de lactato y oxígeno en sangre encontrados aumentaron perceptiblemente cuando estuvieron expuestos a 5 ppm de H₂S, con respecto al control. Los niveles del lactato en sangre son indicativos de la inhibición de la actividad de la citocromo oxidasa, que es una enzima responsable de proveer oxígeno a las células. Los aumentos más significativos ocurrieron en exposiciones de 2 ppm; por lo tanto 2 ppm se considero como el Nivel de Efecto no Observado (NOAEL) y 5 ppm se como el Nivel más Bajo Observado del Efecto (LOAEL). Éste estudio fue determinante y los resultados fueron utilizados por el Departamento del Medio Ambiente del Estado de Nebraska (NDEQ) en el desarrollo del estándar de 30 minutos para la exposición a un contaminante (TRS), el cual fue asumido posteriormente por la EPA.

En otro estudio realizado en 1994 por Bhambhani y colaboradores (1994), determinaron un NOAEL humano de 5 ppm de H₂S, el cual fue utilizado para establecer el MRL agudo; con un factor de incertidumbre de 10 para la variabilidad humana.

En un estudio similar, se expusieron a hombres y mujeres adultos sanos a concentraciones de 5 ppm de H₂S por 30 minutos mientras se ejercitaban (Bhambhani y cols. 1994). Los niveles de lactato en sangre detectados en el 70% de los hombres y en el 83% de las mujeres participantes, se incrementaron. Sin embargo, este aumento no se considero significativo. En otro estudio, expusieron a 19 hombres y mujeres adultos sanos a 10 ppm de H₂S mientras se ejercitaban para determinar los efectos en el sistema respiratorio (Bhambhani y cols. 1996), los individuos fueron expuestos durante 15 minutos montados en bicicleta, la función respiratoria no fue afectada por lo que este estudio derivó en un NOAEL de 10 ppm.

Así mismo, en noviembre de 1997 y durante la reunión anual de la Asociación Americana de Salud Publica celebrada en la ciudad de Indianápolis, Kilburn y Legator presentaron dos investigaciones para demostrar la naturaleza toxica del H₂S. En dichos trabajos, confirmaron que la exposición permanente a concentraciones extremadamente bajas de H₂S puede causar daño permanente al sistema nervioso

Kilburn ha realizado durante años varias investigaciones sobre los efectos en la salud por la exposición al H₂S y asegura que el H₂S envenena al cerebro y que este envenenamiento es irreversible. Los síntomas demostrables de la exposición crónica incluyen dificultad para mantener el equilibrio, un marcado tiempo de reacción, vértigo, insomnio y fatiga crónica.

Legator y sus colaboradores basaron sus conclusiones en una investigación en la que utilizaron una encuesta diseñada para evaluar los efectos adversos a la salud asociados al H₂S. En dicho estudio se aplico la encuesta a 97 residentes de una población localizada a cuatro millas de una planta de energía en Hawai que liberaba el H₂S como un subproducto inútil, el 86% de lo entrevistados manifestó haber experimentado los síntomas reportados por Kilburn.

Los niños son particularmente vulnerables a las sustancias toxicas porque su cuerpo esta en proceso de crecimiento, y algunos órganos en desarrollo pueden ser afectados (Partii y cols, 1996). Por lo mismo, uno de los objetivos de este trabajo fue determinar si la exposición continua e involuntaria al H₂S de la población infantil de 6

a 14 años que asiste regularmente a los centros educativos (primarias y secundarias) al H₂S en sus escuelas presenta cualquier tipo de manifestación asociada.

Algunos estudios realizados por la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), comprobaron que individuos con problemas respiratorios preexistentes, niños y adultos mayores que habitaban en comunidades próximas a complejos petroquímicos o zonas industriales, eran más sensibles al efecto irritante del H₂S (ATSDR 1997).

Los niños respiran más rápidamente que los adultos, inhalando dos veces más aire que un adulto, así mismo, los niños pasan cerca del 50 % del tiempo al aire libre y son tres veces más activos, practican deportes y otras actividades al aire libre, durante las cuales el ritmo respiratorio se incrementa aumentando la inhalación.

Tarver y Dasgupta (1997) enfocaron sus estudios al análisis de la variación diurna de la concentración de H₂S en el aire ambiental de algunas comunidades afectadas por el olor.

En todos los casos observaron un patrón lógico, las concentraciones máximas se presentaban durante la noche, seguido por una disminución rápida al salir el sol. Al igual que otros gases, el H₂S no se dispersa tan rápidamente durante la noche debido a que la temperatura del aire es más fría.

El tiempo de residencia atmosférico del H₂S es generalmente menos de 1 día (Hill, 1973) pero puede llegar a permanecer hasta 42 días durante el invierno (Bottenheim, 1980).

Los resultados de esta investigación coinciden en este aspecto. Por lo tanto, se pueden utilizar para determinar la frecuencia comparativa de exposiciones y tomar como referencia para identificar la exposición del umbral para la toxicidad del H₂S en la zona, solo habrá que tomar en cuenta la posible mezcla de agentes contaminantes en el aire, debido a que una vez liberado en el aire, el H₂S se transforma lentamente en otros compuestos como los sulfuros, el dióxido de sulfuro y partículas orgánicas. (MESB, 2000).

También, los estudios realizados ponen de manifiesto los riesgos a los que la población del área de estudio esta expuesta si no se definen los criterios normativos para reconocer y catalogar al H₂S como contaminante o sustancia que afecta el bienestar y salud comunitarios.

El H₂S en estado gaseoso, manejado como una sustancia, se catalogaba en el primer listado de actividades altamente riesgosas (DOF. 1990) emitido por la federación en 1990 como riesgosa cuando la cantidad de reporte excedía los 10 Kg., posteriormente cuando se emitió el segundo listado en 1992, la cantidad de reporte subió a 500 Kg., (DOF. 1992). Esta flexibilidad normativa es inadmisible porque permite, no obstante el incremento del 500% en la exposición ambiental, la continuidad de las actividades que le dieron origen.

El hecho de que los niveles detectados en el área de estudio sean inferiores a los considerados como dañinos por ser menos tóxicos no convencen a la población expuesta de que no puedan tener repercusiones a largo plazo ya que la mayoría de los estudios realizados en ciudades estadounidenses donde existen bajas concentraciones de H₂S ponen de manifiesto los riesgos a los que una persona puede estar expuesta (ATSDR. 1997).

En este sentido, habrá que recalcar que la legislación ambiental en nuestro país adolece de criterios o parámetros para determinar los valores máximos permisibles de concentración para este contaminante en particular, sobre todo en espacios abiertos.

Además, sobre el particular, se carece de normatividad, por lo que los resultados se pueden adoptar de la misma forma para trabajar sobre la elaboración de una Norma que solvente esta deficiencia tomando en cuenta que los parámetros establecidos en otros países son poco aplicables a las condiciones del país, lo que dificulta su operatividad, en este sentido, se pueden tomar como referencia algunos estudios que comprueban los riesgos por exposición a contaminantes ambientales (Valverde 1997, Rojas 2000), lo cual permitirá complementar y, en su caso, modificar los sistemas implementados para el control de niveles de inmisión de este contaminante.

Ahora bien, la globalización cruzada de las determinaciones del H₂S en el aire ambiental realizadas con las diferenciales consideradas del horario específico, del clima predominante, de la dirección eólica, de la altura seleccionada, así como de la referencial que delimita la cercanía o lejanía de los puntos de muestreo, nos sugiere una correlación interdependiente entre algunas de las variables involucradas que determinan la mayor concentración del ácido sulfhídrico cuando hace frío por la mañana, a menor altura, con ausencia de corrientes de viento, y en los lugares cercanos al origen referencial donde se sitúan el puente y la cascada. Por ejemplo, en la medida que los puntos de monitoreo se alejan del mismo, entonces disminuye su concentración. De igual forma, cuando la fuerza eólica predominante es mayor, luego entonces la dispersión del mismo también se presenta con mas rapidez, y la exposición comunitaria y del entorno se minimiza al máximo. El impacto disminuye significativamente.

Así que, por este conjunto de evidencias experimentales aportadas, sin lugar a dudas el estado de salud ambiental del río Santiago puede considerarse en estado crítico y debiera ser manejado como un paciente que requiere cuidados intensivos sustentables tanto de los sectores oficiales, empresariales y de las mismas comunidades que han contribuido a su acelerado deterioro. Ello, sin dejar de poner la atención necesaria en la atención poblacional de los habitantes de El Salto y Juanacatlán que reclaman su legítimo derecho de respirar un aire limpio y saludable.

XI CONCLUSIONES

De la investigación realizada se desprenden las siguientes conclusiones:

1. En relación a la evaluación del riesgo aceptable, las concentración determinada de ácido sulfhídrico es debido a la concurrencia de un clima frío, una altitud baja, en un horario matutino, el no presentar viento y teniendo como punto principal el puente sobre el río Santiago.
2. La dirección del viento no es considerada como una condición determinante en la determinación de las altas concentraciones analizadas del H₂S.
3. El río Santiago ha perdido su capacidad natural de depuración al rebasarse sus propios límites de reciclamiento.
4. El área de la cascada, como referencia de origen, presenta la mayor concentración del ácido sulfhídrico analizado.
5. En cuando al aire, la presencia del ácido sulfhídrico representa un riesgo por su reactividad al transformarse, favoreciendo la lluvia ácida.
6. Las personas en lo general perciben el olor a "huevos podridos" con una intensidad alta, y más de un tercio de la población manifiesta el padecimiento de problemas respiratorios.
7. No hubo diferencias significativas entre los síntomas, la enfermedad y las concentraciones del ácido sulfhídrico. Sin embargo, en los niños se manifiestan síntomas como nauseas y dolor de cabeza que, con el tiempo, se complican hasta padecimientos de tipo respiratorio.
8. La generación y emisión a la atmósfera del ácido sulfhídrico en la zona de estudio se presenta, fundamentalmente, en el cauce del río Santiago. Por lo tanto, puede ser considerado como una fuente fija, lo que responsabiliza a la autoridad federal de su control.

9. La percepción de olores molestos afecta el bienestar y la calidad de vida de las personas, lo cual constituye una de las premisas de la política ambiental para lograr el desarrollo sustentable.

10. El impacto que producen los olores en la calidad de vida de las personas, generan también efectos económicos negativos para actividades tales como la recreación y el turismo, incidiendo también en el valor de los inmuebles dentro de las zonas impactadas.

11. Es imprescindible generar instrumentos de regulación directa que tiendan a disminuir la emisión de sustancias que causan malos olores, reconociendo que las más modernas tecnologías de abatimiento existentes y probadas en el mundo no han logrado eliminar completamente el problema.

XII RECOMENDACIONES

La complejidad del problema por la carencia de legislación al respecto, el desconocimiento de la población expuesta a los riesgos a su salud y la indefinición de la ingerencia de dependencias gubernamentales de los tres niveles de gobierno, genera vacíos legales y deficiencias en la aplicación de políticas ambientales, en este sentido, se plantean las siguientes recomendaciones:

A Nivel Federal:

Vigilar y controlar de manera eficiente las condiciones particulares de descarga de los efluentes que aportan su caudal al cauce del río Santiago, sobre todo en las cuencas directas existentes en la región.

Incentivar y promover programas de saneamiento a nivel microcuenca para reducir la contaminación del río.

A las autoridades del Sector Salud:

Iniciar estudios epidemiológicos para determinar si la exposición permanente e involuntaria al H₂S en la zona tiene relación con enfermedades respiratorias y trastornos neurológicos manifestados por la población.

Apoyar la realización de estudios toxicológicos a través la utilización de bioindicadores que permitan comprobar la toxicidad del H₂S presente en el aire.

Establecer o definir límites de concentración del H₂S generado de forma natural en espacios abiertos para valorar los riesgos a la salud de comunidades expuestas de manera involuntaria y crónica a este contaminante.

A los Ayuntamientos:

Implementación de un Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire, sobre todo en la zona próxima al cauce, que permita la detección oportuna de los picos de

concentración del H₂S, de tal forma que se puedan implementar las medidas de control y mitigación respectivas.

Monitorear y registrar de forma permanente los niveles de concentración en los centros educativos, clubes deportivos y áreas recreativas para regular el desarrollo de las actividades que ahí sean programadas para evitar la exposición a los usuarios en los horarios de mayor concentración.

Establecer programas de vigilancia por parte de autoridades de protección civil encaminados al desalojo y evacuación de los infantes que asisten a los centros educativos en caso de presentarse niveles que excedan los parámetros de concentración de H₂S que se determinen para la zona.

A la comunidad

Conocer los procesos implicados en el manejo de riesgos y emergencias ambientales asociadas a la exposición comunitaria al H₂S para estar en condiciones de participar junto con las autoridades y organizaciones ciudadanas en la solución de esta problemática.

Denunciar y exigir, de acuerdo a la legislación y normatividad ambiental vigentes, ante las autoridades competentes su intervención para solucionar los problemas ambientales y de salud derivados de la presencia atmosférica del H₂S.

Establecer un programa de educación ambiental que contribuya a concientizar a la población de la importancia de su participación en el mejoramiento de las condiciones ambientales de la zona.

XIII BIBLIOGRAFIA

Ambientum (2003): ***Efectos de algunos contaminantes atmosféricos en la salud humana***. Rev. Ambientum. Ed. Marzo 2003.

Annan Kofi A. (2003) ***Preparemos el futuro de la vida: ambientes saludables para los niños***. Conferencia con motivo del dial mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas. N. Y. 7 de abril de 2003.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (ATSDR, 1996). ***Exposure investigation. Hydrogen sulfide in ambient air***. Dakota city/South Sioux City, Nebraska.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 1997). ***Toxicological Profile for Hydrogen Sulfide, Draft for Public Comment***. September 1997.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 1999). ***Toxicological Profile for Hydrogen Sulfide***. Public Health Service, US Department of Health and Human Services. Atlanta Georgia.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 2002). ***Ácido Sulhídrico***. CAS # 7783-06-04.

ATSDR (1995) ***Evaluación de riesgos en salud por exposición a residuos peligrosos***. Atlanta, GA: ATSDR; 1995

Barranco Fernando. (2000). ***Principios de urgencias, emergencias y cuidados críticos***. Ed. Alhulia. Madrid. España. p. 280.

Bhambhani Y. Singh M. (1991). ***Physiological effects of hydrogen sulfide inhalation during excercising in healthy men***. The American Physiological Society 1872-1877.

Bhambhani Y. Burnham R. Snyder G. MacLean I, Martin T. (1994). ***Comparative Physiological responses of exercising men and women to 5 ppm hydrogen sulfide exposure.*** American Industrial Hygiene Association Journal 55 1030-1035.

Blue Ridge Environmental Defense League. (BREDL, 2003) ***Acceptable Ambient Levels for Hydrogen Sulfide, H₂S, CAS No. 7783-06-4.*** North Carolina. February. 2003.

Blue Ridge Environmental Defense League. (BREDL, 2003) ***Acceptable Ambient Limits for Hydrogen Sulfide, 15NCAC 2D.1104.*** North Carolina. November. 2003.

Bothenheim J.W. Strausz O.P. (1980). ***Gas-phase chemistry of clean air at 55 degrees N latitude.*** Environmental Science and Technology. 14 (6): 709-718.

Byungkuk NAM, Hyokyung KIM, Younghee CHOI, Hun LEE, Eun-Seog HONG, Ji-Kang PARK, Ki-Man LEE and Yangho KIM. (2004) ***Neurologic Sequela of Hydrogen Sulfide Poisoning.*** Case Report. Industrial Health, 42, 83-87

Cadenas E. (1980). ***Análisis de los contaminantes del aire.*** Ed. Paraninfo. España.

Della Rosa Enrique V., Pereira Bastos de Siquiera M. E., G. G. de Fernícola Nilda A. (1991). ***Detección biológica de la exposición Humana a agentes químicos.*** Centro Panamericano de Ecología y Salud Humana. Programa de Salud Ambiental. Organización Panamericana de la Salud. Metepec. México.

Diario Oficial de la Federación. (DOF.1990) ***Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 5º, fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; 27 fracción XXXII y 37, fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas.*** México. 28 de marzo de 1990.

Diario Oficial de la Federación. (DOF.1992) ***Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto***

por los artículos 5°, fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; 27 fracción XXXII y 37, fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas. México. 4 de mayo de 1992.

Diario Oficial de la Federación. (DOF.1995) *Norma Oficial Mexicana NOM-048-SSA1-1993, que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales.* México. 29 de noviembre de 1995.

Echarri Prim Luis (1998). *Manual de Ciencias de la tierra y el medio ambiente.* Ed. Teide. Madrid. España.

Environmental Protection Agency. (EPA, 1991). *Contaminación aérea y riesgo en salud.* 450/3-90-022 marzo 1991

Gallardo V. J. Richard. B. y Henry M. (2003). *El río Santiago se muere.* Rev. Agua Latinoamerica. Ed. noviembre-diciembre. p. 1-3.

Hessel PA, Melenka LS. (1999). *Health effects of acute hydrogen sulfide exposures in oil and gas workers.* Environ Epidemiol Toxicol 1(3-4):201-206.

Hill F.B. (1973). *Atmospheric sulfur and its links to the biota.* Brookhaven Symp Biol 30:159-181.

H. Selene J. Chou. (2003) *Hydrogen Sulfide. Human Health Aspects.* Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, Georgia, USA.

Hydrogen Sulfide Toxicity. Clinical Toxicology Review. Vol. 21. No. 7. April. 1999.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. (INSHT., 1993). *NTP 358: Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores.* Madrid. España.

INFRA (2004). Air Products. **Hoja de datos de seguridad del producto: H2S.**

Instituto Mexicano del Seguro Social. (IMSS, 2005). **Reporte 2004.** Sistema de Información de Medicina Familiar.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI, 2002). **XI Censo General de Población y Vivienda 2000.**

Jaakkola JJK, V. Vikka, O. Marttila P. Jappinen and T. Haahtela. (1990). **The south Karelia air pollution study the effects of malodorous sulfur compounds from pulp mills on respiration and other symptoms.** American Review of Respiratory Disease 142:1344-1350.

Jappinen P. Vilkkka V. Mattila O. (1990). **Exposure to Hydrogen Sulphide and respiratory function.** Br J Ind. Med. 47: 824-828.

Klaassen C. (1996). **Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons,** 5th edition. New York: MacMillan Publishing Company.

Legator S. Marvin, Singleton R. Chantele, Morris L. Debra, Philips L. Donna. (2001) **Health Effects from Chronic Low-Level Exposure to Hydrogen Sulfide.** Archives of Environmental Health. March. 2001.

Linch M.J., Rápale S.S., Mellor L. D., Spare P. D., Inwood M. J. H. (1997). **Métodos de laboratorio.** Tomo I. Segunda edición. Ed. Interamericana. México.

Metcalf & Eddy. (1996). **Ingeniería, tratamiento y disposición de aguas residuales.** Editorial Mc Graw Hill. México.

Michigan Environmental Science Board. (MEBSB, 2000). **Health Effects of Low-Level Hydrogen Sulfide in Ambient Air.** First Printing. august 2000. p. 11.

Mc Gravan Pat. (2001). *Literature Review of the Health Effects Associated with the Inhalation of Hydrogen Sulfide*. Idaho Department of Environmental Quality Boise, Idaho.

Ministerio del trabajo y asuntos sociales. Instituto Nacional de Higiene y Seguridad. NTP 65: *Toxicología de compuestos de pirolisis y combustión*. España. http://www.mtas.es/insh/ntp/ntp_065.htm 16/08/2004

National Geographic Society (NGS, 2002). *El estado del planeta. Un mundo transformado*. Washington D.C.

New York State Department of Health. (NYSDH, 1999). *Hydrogen Sulfide Chemical Information Sheet*. Info for Consumers.

Organización Mundial de la Salud (OMS, 1998). *Indoor air quality: organic pollutants*. EURO Reports and Studies N° 111, WHO Regional Office for Europe. Copenhagen.

NIOSH (1977) *Occupational exposure to hydrogen sulfide*, Cincinnati, OH, National Institute for Occupational Safety and Health (DHEW (NIOSH) publ. No. 77-158).

Parejo Miguez R. Arribas Blanco S. Julián Jiménez A. (2005). *Intoxicaciones por Humos Tóxicos Inhalados*. Manual de Protocolos y Actuación en Urgencias. P. 861-878.

Plan Nacional de Desarrollo 2001–2006 (PND, 2001). *Programa Nacional de Salud* (PRONASA). México. 2001.

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (PNUMA, 2005) *Cerca de tres millones de niños mueren al año por efectos del medio ambiente*. Resumen de Prensa. 7 de abril de 2005.

Rojas, E. (2000). *Evaluation of DNA Damage in Exfoliated Tear Duct Epithelial Cells from Individuals Exposed to Air Pollution Assessed by Single Cell Gel Electrophoresis Assay*. Mutat Res. 468: 11-17.

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP, 1981). *Síntesis Geográfica del Estado de Jalisco*. México. P. 12-34

Secretaría de Salud (SS, 2002). *Programa de Acción: Salud Ambiental (PRASA)*. México, D.F. p.27.

SEMARNAP. (2002). Normas de Calidad de Aire y Salud Ambiental en: *Programa para el Mejoramiento de la Calidad de Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara*. 1997-2001.

Snyder J. W., E. F. Safir, G.P. Summerville and R.A. Middleberg. (1995). *Occupational fatality and persistent neurological sequelae after mass exposure to hydrogen sulfide*. American Journal of Emergency Medicine, 13: 199-203.

Thrasher D. Jack. Poison of the Month. *Toxicology of Hydrogen Sulfide*. <http://www.drthrasher.org/index.html> 13/02/2004.

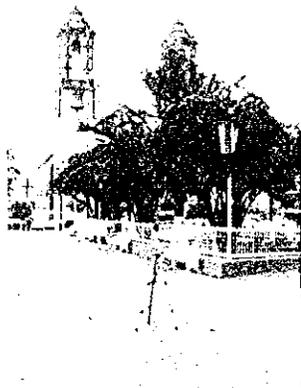
U. S. Environmental Protection Agency. (EPA, 2002). *Introduction to Air Pollution Toxicology*. Lima, Perú.

U.S. Public Health Service. (USPHS, 1964). *The air pollution situation on Terre Haute Indiana with special reference to the hydrogen sulfide incident of May-June 1964*. NTIS Report No. PB-227. 486.

Valverde, M. (1997). *DNA Damage in Leukocytes and Bucal and Nasal Epithelial Cells of Individuals Exposed to Air Pollution in Mexico City*. Environ Mol Mutagen. 30, 2:147 – 152.

XIV ANEXOS

Puntos de monitoreo



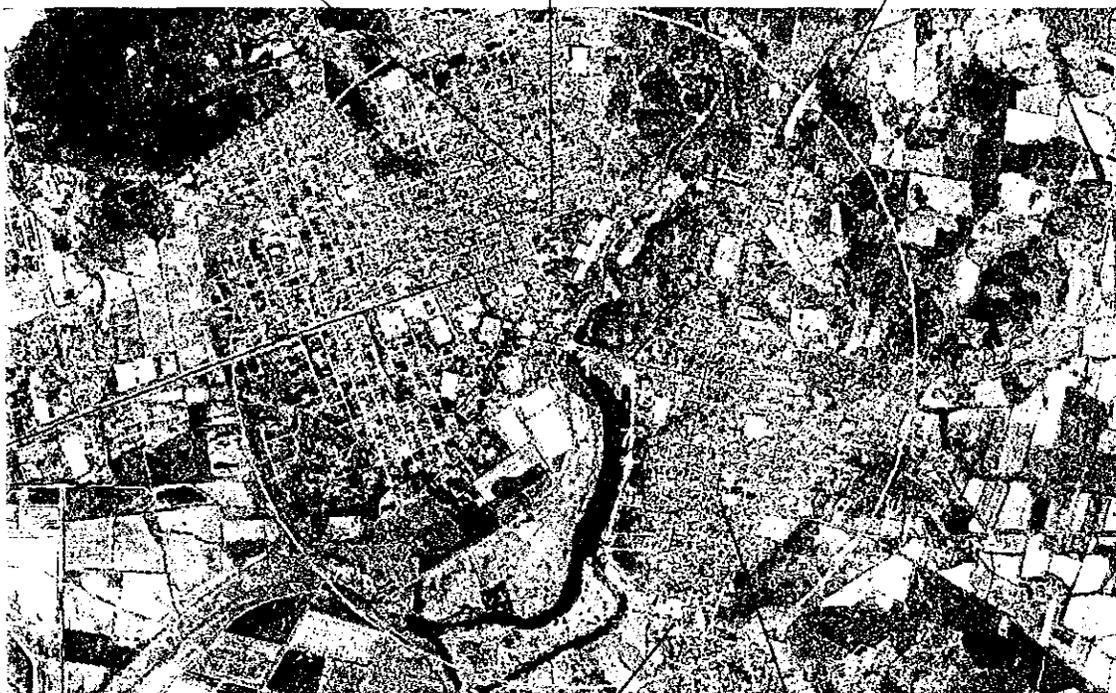
Plaza Principal El Salto



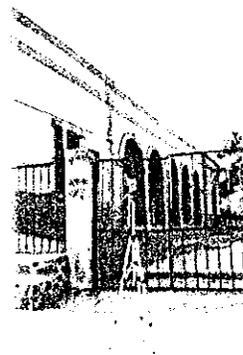
Escuela urbana 457
El Salto



La Cofradía, Juanacatlán

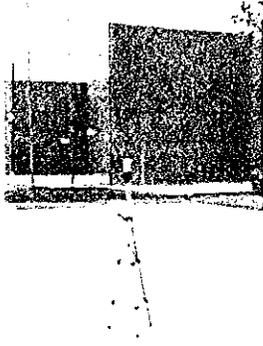


Jardín de niños Juanacatlán



Esc. Fco. Rojas González,
Juanacatlán.

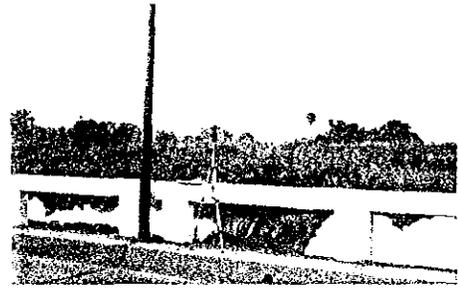
Puntos de monitoreo



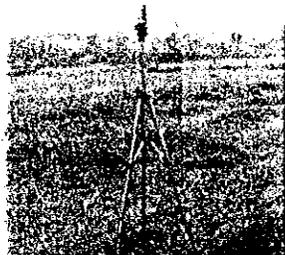
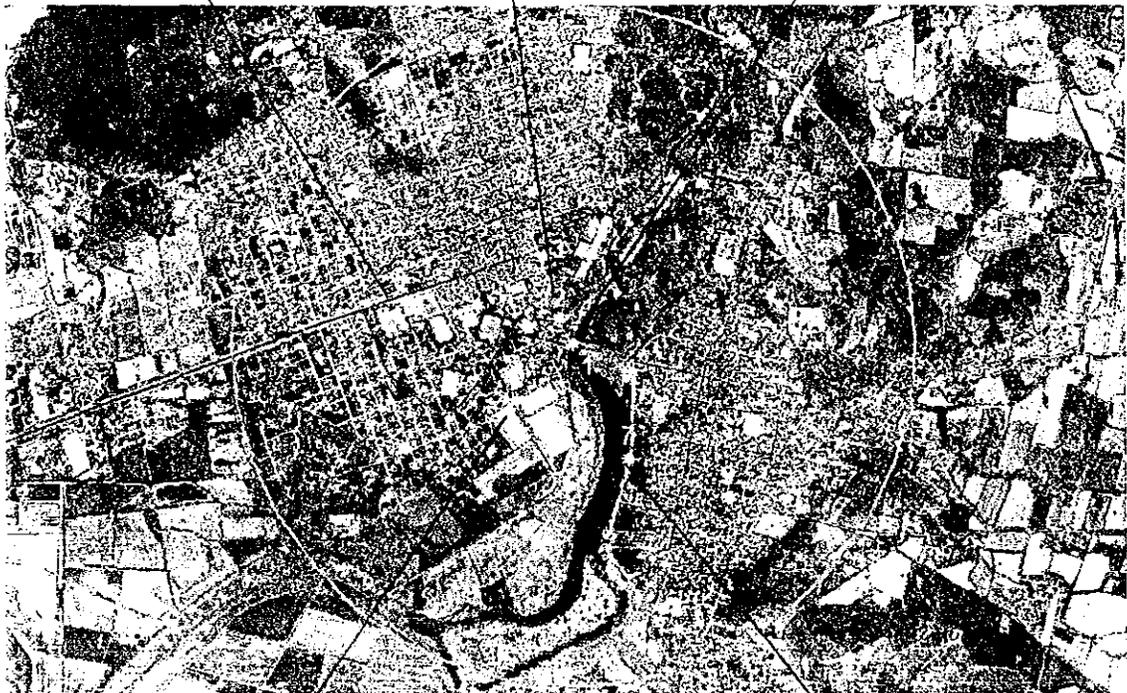
Unidad Deportiva El Salto



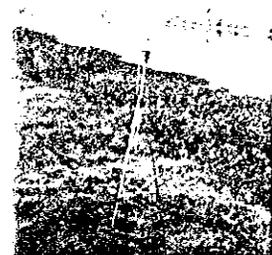
Esc. Primaria El Salto



Parte central puente sobre la Cascada



Extremo sur calle Hacienda El Salto



Margen río, Juanacatlán

**Formato para el registro de lecturas diarias
Niveles de concentración H₂S**

Mes _____

Punto	Hora	Temperatura Ambiente °C	Dirección del viento	Lectura ppm	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Punto	Hora	Temperatura Ambiente °C	Dirección del viento	Lectura ppm	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Punto	Hora	Temperatura Ambiente °C	Dirección del viento	Lectura ppm	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Cuestionario para captación de información

Niños que estén estudiando

1. Si () 2. No ()

Edad (años cumplidos) _____ Peso _____ Estatura _____

Sexo

1. Masculino () 2. Femenino ()

¿Asiste a la escuela en su localidad?

1. Si () 2. No ()

Nivel de escolaridad

1. Primaria () 2. Secundaria ()

Años sin tomar en cuenta Kinder _____

¿A que Turno asiste?

1. Matutino () 2. Vespertino () 3. Nocturno ()

Horario _____

¿El patio de la escuela a la que asiste es de:

1. Tierra () 2. Concreto () 3. Otro material _____

¿A que distancia de su casa se ubica la escuela?

¿El traslado a la escuela lo realiza?

1. Caminando () 2. En vehículo () 3. Otro medio ()

Padecimientos más frecuentes del niño:

1. Tipo respiratorio () 2. Alergias () 3. Otros _____

¿Quién lo diagnosticó?

1. Doctor () 2. Otra persona _____

Sintomatología:

1. Dolor de cabeza () 2. Náuseas () 3. Dolor de garganta ()

4. Salpullido () 5. Ardor de ojos () 6. Sangrado nasal ()

Otros _____

¿Atribuye estos padecimientos o síntomas a algún factor que usted identifique como causante?

1. Si () 2. No ()

¿Cuál? _____

Condiciones del entorno

¿Que problemas ambientales identifica en su comunidad?

1. Contaminación del aire () 2. Residuos sólidos ()

3) Otros _____

Percibe algún tipo de olor en el ambiente

1. Si () 2. No ()

¿Cómo es?

1. Muy intenso () 2. Intenso () 3. Bajo () 4. Imperceptible ()

¿Con que tipo de olor conocido lo asocia?

1. Drenaje () 2. Huevos podridos () 3. Productos químicos ()

¿A que hora del día se percibe más?

1. Mañana () 2. Tarde () 3. Noche () 4. Madrugada ()

5. Todo el día ()

¿En que época del año?

1. Primavera () 2. Verano () 3. Otoño ()

4. Invierno () 5. Todo el año ()

Condiciones de la vivienda

Tipo de material de construcción de la vivienda

Techo:

1.- Ladrillo () 2.-Lamina () 3.-Teja () 4.- Cartón

5.- Otro _____

Piso

1.- Ladrillo () 2.-Cemento () 3.-Tierra () 4.- Otro _____

Paredes

1.- Ladrillo () 2.-Adobe () 3.- Madera () 4.- Otro _____

Servicios en la vivienda

1.- Agua entubada () 2.- Drenaje () 3.- Energía eléctrica ()

Domicilio _____

Localidad _____ Municipio _____

Ubicación _____