

Consulta de salud

Comunidad de El Paso *Lower Valley*

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez
El Paso, Condado de El Paso, Texas / Juárez, Chihuahua, México

Identificación del centro: NINGUNA



Preparada por:

Departamento Estatal de Servicios de Salud de Texas

[*Texas Department of State Health Services*]

Bajo un acuerdo de cooperación con

El Departamento de la Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades

CONTENIDO

Introducción	1
Propósito	1
Antecedentes	2
Descripción del sitio	2
Descripción del centro	3
Historia del centro (Cronología)	3
Preocupaciones sobre la salud de la comunidad	5
Visitas a los sitios	5
Métodos	5
Monitoreo Ambiental	5
Garantía de calidad y control de calidad	6
Análisis de los datos	6
Comentarios	7
Resultados	7
Los contaminantes preocupantes	8
Efectos para la salud	8
Implicaciones para la salud pública	9
Consideraciones para la salud infantil	10
Conclusiones	10
Recomendaciones	11
Plan de acción para la salud pública	11
Acciones realizadas	11
Acciones planeadas	12
Autores, Asesores técnicos y Organizaciones	13
Referencias	22
Certificación	26
APÉNDICE A. Acrónimos y Abreviaturas	27
APÉNDICE B. Evaluación adicional de los datos y resultados	28



Introducción

Los residentes del vecindario El Paso *Lower Valley* se han quejado ante varios departamentos y funcionarios del gobierno sobre el fuerte olor a aguas negras y desechos humanos que existe en su vecindario desde hace por lo menos el año 2001. En respuesta a estas inquietudes, la Comisión de Calidad Ambiental de Texas (TCEQ, por sus siglas en inglés) llevó a cabo el monitoreo móvil del aire en la dirección del viento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez, México — una fuente muy probable para los olores.

En febrero de 2003, se tomaron muestras del aire para medir los niveles de sulfuro de hidrógeno (H₂S), dióxido de azufre (SO₂), y compuestos orgánicos volátiles (COV). Los resultados indicaron que los malos olores en el vecindario ocurrieron debido a altos niveles de H₂S en el aire [1]. El sulfuro de hidrógeno tiene un umbral de olor muy bajo y el olor desagradable de huevos podridos. Es uno de los gases principales que se emite cuando las aguas negras se descomponen [2].

En agosto de 2004, TCEQ recopiló datos adicionales sobre los niveles de H₂S, la velocidad del viento y la dirección del viento. El Departamento Estatal de Servicios de Salud (DSHS) revisó los datos sobre la calidad del aire en el vecindario El Paso *Lower Valley*, los cuales TCEQ recopiló durante 2003 a 2004. Algunos niveles de H₂S fueron mayores a las Guías de Evaluación para Medios Ambientales (EMEG) agudas (200 ppb) e intermediarias (20 ppb), que usa la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). Las guías EMEG son concentraciones de medios específicos que los evaluadores de salud utilizan para seleccionar los contaminantes que se usarán en una evaluación más extensa.

Propósito

En junio de 2004, un miembro de la Cámara de Representantes de los Estados Unidos, el Representante Sylvestre Reyes, hizo una petición ante la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades para evaluar si el trabajar o vivir cerca de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez podría tener efectos adversos para la salud de las personas [3]. Por medio de un acuerdo de cooperación con la ATSDR, el Departamento Estatal de Servicios de Salud de Texas (DSHS) inició una consulta de salud para evaluar estas inquietudes.

Como parte de este proceso, DSHS recopiló información sobre la comunidad y sus inquietudes por medio del Censo de EEUU (vea Tabla 1), el Distrito de Salud ambiental de la Ciudad / del Condado de El Paso (EPCCEHD), la oficina regional de DSHS, y la comunidad. DSHS obtuvo otra información histórica a través de la TCEQ, la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) — un consejo con participación de EEUU y México — y el Departamento de Protección Ambiental de EEUU (EPA). Para evaluar los niveles de exposición vigentes, DSHS obtuvo los datos de muestras ambientales disponibles por medio de la estación de monitoreo continuo de aire (CAMS-36). Esta consulta de salud reporta los métodos, resultados y conclusiones de nuestra evaluación de los niveles de sulfuro de hidrógeno asociados con la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez.



Antecedentes

Descripción del sitio

El vecindario El Paso *Lower Valley* (de donde originaron la mayoría de las quejas sobre los olores) está ubicado cerca de la intersección del *Border Freeway* con *South Yarbrough Drive*, a unos cuantos metros de la frontera entre Estados Unidos y México [3]. Esta área residencial de bajos a medianos ingresos está adyacente a un parque de recreación grande (*JP Shawnee Park*), el cual está provisto con una alberca, pistas de tenis, diamantes de béisbol, senderos para caminar y correr, y lugares para niños con columpios, etcétera. El vecindario está a menos de una milla al este de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez, la cual está ubicada en Ciudad Juárez, México. El Río Bravo tiene canales por las orillas de EEUU y de México, y fluye entre el vecindario El Paso *Lower Valley* y la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez (Figura 1).

Los datos sobre la población del área alrededor de la intersección de *Yarbrough Drive* y *River Road* incluyen las secciones censales 38.01, 38.03, y 38.04. Las estadísticas demográficas de esas áreas incluyen una población total de 13,807 personas en 3,950 viviendas. Esta población incluye a 1,038 niños menores de 5 años de edad, 1,665 personas mayores de 65 años de edad, y 4,264 mujeres entre las edades de 18 y 64 años. Esta población consiste en aproximadamente 6,170 personas de raza blanca, 52 afro-americanos, 130 indio-americanos y nativos de Alaska, 17 asiáticos y 3,228 personas de otras razas. De todas esas personas, se les considera a 13,131 ser hispanas o latinas de cualquier raza (vea Tabla 1).

Descripción del centro

La P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez (Figura 2) está diseñada para tratar 57 millones de galones de aguas negras / residuales por día [4]. Se puede modificar la planta para incluir la digestión aeróbica (un proceso del tratamiento secundario), pero a la fecha de septiembre de 2004, operaba solamente hasta el nivel de tratamiento primario avanzado (TPA). En el proceso de TPA, aguas negras no tratadas entran a la planta y los materiales sólidos, tales como basura, desechos y polvo, se quitan de las aguas residuales a través de asentamiento y separación. Entonces, se agregan químicos a las aguas residuales para aumentar el asentamiento de las partículas más pequeñas y finas que quedan en los residuos y bacterias restantes. Se desinfectan los residuos líquidos con cloro y se descargan al canal Aguas Negras, un canal de irrigación que corre paralelo al Río Bravo y se junta con el río aproximadamente 80 millas río abajo [5-8]. El canal se considera ser parte del proceso de tratamiento porque la oxidación y la desintegración biológica de nutrientes ocurren en el canal. Sin embargo, los niveles de coliformes fecales son altos todavía por donde se juntan el canal y el Río Bravo. Se ha observado también evidencia de aguas negras residuales [6].

Los materiales asentados (partículas / bacterias) se quitan y se meten a una prensa a cintas, la cual reduce el contenido de humedad a aproximadamente el 70%. Los lodos resultantes se aplican al suelo o se almacenan en el sitio hasta que se pueden transportar a un lugar aproximadamente 20 kilómetros al sudoeste de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez.

Historia del Centro (Cronología)

1992 - Empieza el planeamiento para el proyecto de P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez [8].

1998 - Comienza la construcción de la planta y ésta concluye en 1999 [7].

1999/2000 - P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez empieza sus operaciones. Anteriormente a esta fecha, las aguas negras no tratadas desembocaron en el canal Aguas Negras. Este canal corre paralelo al Río Bravo y desemboca en ése aproximadamente 80 millas río abajo [7].

2001 - Los residentes más cercanos a la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez se quejan ante varias agencias sobre el fuerte olor a aguas negras [9-13]. El Cabildo de la Ciudad de El Paso pide que el Distrito de Salud y Medioambiente de la Ciudad y Condado de El Paso se ocupen en la cuestión del olor [5].

2002 - Las quejas a la oficina regional de la TCEQ en El Paso (1 marzo 2002) documentan la incidencia de olores ofensivos cerca del área de *Lower Valley*, las escuelas superiores *Ysleta High School* y *Riverside High School*, *South Yarbrough Drive*, *Pasodale Drive*, y las avenidas Alameda, Padres, y Zaragoza. Las razones por el fuerte olor y los altos niveles de H₂S probablemente incluyen el vertido de montones de lodos mojados en la propiedad de la planta para aguas residuales e insuficientes gradientes en las alcantarillas que van de los hogares al centro tratador. Debido a que las aguas negras se quedan en las alcantarillas por más tiempo, las bacterias anaeróbicas tienen más tiempo para producir el H₂S y otros gases mientras éstas descomponen las aguas negras.

2003 - En febrero, TCEQ realiza el monitoreo del aire en la dirección del viento que viene de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez para medir el H₂S, SO₂, y los COV (inclusive los carbonilos) [1].



En junio, la autoridad municipal que es responsable de la operación de la planta (Junta Municipal de Agua y Saneamiento—JMAS) pide que las comunicaciones sobre la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez sean coordinadas a través de la CILA. Esta petición resulta debido a que un grupo grande de ciudadanos de El Paso y Ciudad Juárez están preocupados y se manifiestan ante la JMAS para exigir una reunión no previsto en la P.T.A.R. [14]

2004 - Las preocupaciones expresadas por los residentes sobre los posibles efectos para la salud relacionados con la exposición a los olores [9, 15-17] reciben la atención del Representante estadounidense Sylvestre Reyes. En junio, él eleva una petición ante la ATSDR para que la agencia evalúe si el trabajar o el vivir cerca a la planta podría afectar la salud de las personas [3].

En julio, la Universidad de Texas en El Paso (UTEP) presenta a CILA los datos de H₂S recopilados alrededor de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez. Un monitor de H₂S de marca OdaLog con bajo rango de medición, continuamente registra el promedio de 10 minutos de las concentraciones de H₂S (0.01 a 2 ppmv) a lo largo de la cerca de la propiedad de la planta. Monitores de H₂S de marca OdaLog con mediano y alto rangos de medición continuamente registran el promedio de 60 segundos de las concentraciones de H₂S (0.1 a 50 ppmv, 0.1 a 200 ppmv, y 0.1 a 1,000 ppmv) en fuentes de interés por la propiedad de la planta [18].

En julio, CILA se reúne con los interesados para hablar sobre la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez. Representantes de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (la autoridad municipal responsable de la operación de la planta) declaran que ellos trasladarán los lodos del centro diariamente, y los transportarán a una localidad en el sudoeste de Ciudad Juárez, lejos de áreas residenciales. Antes del otoño de 2004, se reservaban los lodos en campos cercanos que formaban parte de la propiedad de la planta tratadora o se transportaban éstos a un vertedero al sudoeste de Ciudad Juárez. Los residentes de los vecindarios cercanos en El Paso han informado que los montones de lodos en descomposición cerca del centro han causado olores terribles. La oficina regional de TCEQ indica que se están quemando los lodos [6].

JMAS reconoce que se necesitan mejoras en las operaciones del centro, y que los planes futuros incluyen la agregación de digestores aeróbicos. CILA planea reunirse cada 30 días para poner a los interesados al corriente de los esfuerzos continuos para reducir las emisiones de la planta de H₂S y los olores [14].

En agosto, TCEQ instala un monitor de 24 horas de H₂S (CAMS-36) en el vecindario al este de la planta. Esta estación de monitoreo registra la fecha, hora, velocidad del viento, dirección del viento y el nivel de H₂S en ppbv, cada 5 minutos, 24 horas del día (salvo durante la calibración periódica).

En septiembre, durante sus conversaciones con el personal de DSHS, miembros de la comunidad describen los olores como “excremento”, “huevos podridos”, “olor de aguas residuales”, “azufre”, y “horribles cuando los vientos vienen del sudoeste”. Durante una reunión de CILA, JMAS, TCEQ y DSHS el 29 de septiembre, se informa que la planta cumple con los estándares de calidad del agua, pero que México no cuenta con estándares de calidad del aire para los centros que tratan aguas residuales.



Preocupaciones sobre la salud por parte de la comunidad

Desde 2001, miembros del vecindario El Paso *Lower Valley* se han quejado sobre los olores de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez. Se han informado varias preocupaciones sobre la salud, tales como alergias, problemas de las vías respiratorias superiores, falta de aliento, asma, dolores de cabeza y dificultad para concentrarse. Otras preocupaciones incluyen el deterioro de la calidad de vida y la reducción en el valor de las propiedades [15, 16, 19]. Un período para comentario público se convocó del 21 de noviembre al 23 de diciembre de 2005. No se recibieron ningunos comentarios.

Visitas a los sitios

El 28 de septiembre de 2004, miembros del personal de DSHS y TCEQ visitaron la estación CAMS-36 y el vecindario El Paso *Lower Valley* al estenordeste de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez, para conocer las vías de exposición. Observamos entre la *Independence Drive* y *Border Highway* un lugar para niños con columpios, diamantes de béisbol y otros campos para jugar en una área de recreación grande y abierta. No detectamos ningunos olores apreciables a aguas residuales, huevos podridos ni olores parecidos a H₂S.

La mañana siguiente acompañamos a miembros del personal de TCEQ durante una visita a la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez. Al acercarnos a la planta, notamos olores de H₂S. Dentro de la planta, olores a aguas residuales y huevos podridos estuvieron claramente presentes.

Las razones ofrecidas para explicar los fuertes olores y los altos niveles de H₂S incluyeron el almacenamiento de montones de lodos mojados en y cerca de la planta para aguas residuales, y gradientes insuficientes en las alcantarillas que portan las aguas residuales al centro tratador. Debido a que las aguas residuales se quedan en las alcantarillas por más tiempo, las bacterias anaeróbicas tienen más tiempo para producir el H₂S y otros gases mientras éstas descomponen las aguas residuales. Pasos para reducir las emisiones de H₂S incluyeron la reducción y / o la eliminación del almacenamiento de los lodos en el sitio, la contención de olores por medio de tapas de polietileno puestas sobre los arroyos entrantes de desechos y los tornillos de Arquímedes para elevar el agua, y la descomposición de H₂S a través del uso de generadores de luz ultravioleta C16L y C48LF de marca Sol-Air.

Miembros del equipo de DSHS se comunicaron con algunos residentes por teléfono en septiembre de 2004 para hacer una encuesta inicial sobre cuándo (la hora) normalmente se notaban los olores, las localidades en el vecindario donde normalmente se notaban los olores, y la descripción de los olores. Miembros del equipo de DSHS se reunieron con residentes, del 12 al 14 de noviembre de 2004 y el 3 de marzo de 2005, pidiendo su ayuda para juntar información por un período de dos semanas, con la intención de comparar los reportajes de malos olores con los datos del monitoreo del aire de TCEQ.

Métodos

Monitoreo Ambiental

Desde el 16 hasta el 22 de febrero de 2003, TCEQ monitorizó el aire en la dirección del viento que venía de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez. Se tomaron muestreos para medir los niveles de



H₂S, SO₂, y los COV (inclusive los carbonilos). Se realizó el monitoreo de aire para H₂S y SO₂ en siete localidades en la dirección a favor del viento de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez a lo largo de la frontera de Texas con México; se realizó el monitoreo para SO₂ en una localidad adicional. Se seleccionaron cinco localidades para tomar muestreos de los COV. Únicamente el H₂S sobrepasó el estándar residencial de 80 partes de H₂S por un billón partes de aire (80 ppbv), el cual se define como un nivel promedio de 30 minutos del H₂S. El máximo nivel de H₂S medido fue 2,100 ppbv; el nivel promedio se determinó ser 350 ppbv [1].

En agosto de 2004, TCEQ instaló una estación de monitoreo continuo de aire (CAMS-36) aproximadamente a 1 milla al este-sudeste de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez, y a 0.5 milla al sur del vecindario El Paso *Lower Valley*. Desde el 8 de agosto hasta el 30 de noviembre de 2004, este monitor recopiló la velocidad del viento, la dirección del viento y los niveles del H₂S, cada 5 minutos, las 24 horas del día, salvo durante los períodos de calibración. Subsiguientemente, miembros del personal de DSHS recibieron estos datos para complementar los previos informes de los excesos del H₂S (definidos como promedios de 30 minutos que sobrepasan 80 ppbv) [20].

Garantía de calidad y control de calidad

Al preparar esta consulta de salud sobre la importancia de estos datos para la salud pública, contamos con la información que TCEQ proporcionó referente los procedimientos adecuados y apropiados para la garantía de calidad y el control de calidad. Los procedimientos utilizados por TCEQ para la garantía de calidad y el control de calidad fueron meticulosos, y parecieron ser adecuados y apropiados para nuestro uso de estos datos.

Análisis de los datos

Miembros del personal de DSHS revisaron los datos del monitoreo del aire provenientes del monitor CAMS-36 que TCEQ manejó del 12 de agosto al 30 de noviembre de 2004. Miembros del personal de DSHS importaron los datos de salida del CAMS-36 en archivos en texto a una hoja de cálculo de Microsoft Excel y a una base de datos de Microsoft Access. Se consideraron los máximos niveles del H₂S (en períodos de tiempo de 5, 30, y 60 minutos) en el contexto de dirección del viento, velocidad del viento y hora concurrentes.

Los niveles promedios de treinta minutos del H₂S para cada tiempo dado generalmente fueron calculados como promedios móviles de siete niveles registrados del H₂S de 5 minutos, empezando a los quince minutos antes del tiempo nominal y terminando a los quince minutos después del tiempo nominal. De modo parecido, los niveles promedios de 60 minutos del H₂S para cada tiempo dado, fueron calculados como promedios móviles de trece niveles registrados de H₂S de 5 minutos, empezando a los treinta minutos antes del tiempo nominal y terminando a los treinta minutos después del tiempo nominal. Se seleccionó este método para evitar el cambio temporal positivo o negativo en la curva del promedio móvil con respecto a la curva fundamental de los datos de 5 minutos, tal como lo que sucede al utilizar datos solamente históricos o solamente del futuro respectivamente, para calcular el promedio móvil. Se evaluaron los datos al utilizar varios diagramas, cuadros y gráficos.

Comentarios

Resultados

Se presentan aquí las conclusiones más importantes. Otros resultados más detallados aparecen y se discuten en el apéndice B. El apéndice B incluye información secundaria que incorpora textos, figuras, gráficos y diagramas.

Desde el 12 de agosto hasta el 25 de noviembre de 2004, los niveles de 5 minutos del H₂S registrados en la estación de monitoreo CAMS-36, variaron de no detectable a 683 ppbv. Aproximadamente un 9.3% de los niveles promedios de 30 minutos del H₂S sobrepasaron el nivel meta de exceso de TCEQ (80 ppbv), un 3.4% sobrepasaron 160 ppbv, y un 0.8% sobrepasó 320 ppbv (Figura 3). Adicionalmente, 1.7% (549 de los 31,968 niveles promedios de 30 minutos calculados de H₂S) sobrepasaron el nivel mínimo de riesgo de 200 ppbv que recomienda ATSDR.

La distribución de frecuencias, la distribución acumulativa de frecuencias, y los gráficos de distribución de excesos de los promedios de 30 minutos (expresados como porcentajes de todos los valores medidos), se presentan en las Figuras 4 y 5. Los excesos del H₂S presentan un patrón claro y cíclico del cual más de un 99% de éstos suceden entre las horas de 6:00 p.m. y 8:00 a.m. (Figura 6).

Entre las horas de 8:00 a.m. y 6:00 p.m. (Apéndice B, Figura B3a), los niveles son generalmente muy bajos (menos de 9 ppbv). Desde las 6:00 p.m. hasta las 8:00 p.m., los niveles promedios del H₂S tienden a ser elevados, hasta cerca de 60 ppbv cuando los vientos vienen del oesnoroeste o cuando vienen de la dirección del sudeste o sudsudeste (Apéndice B, Figura B3b). Para las otras horas de la noche y las primeras horas de la mañana, la mayoría de los niveles elevados de H₂S al parecer suceden cuando los vientos vienen, en el sentido de las agujas del reloj, de las direcciones desde el sudeste hasta el noroeste (Apéndice B, Figuras B3c-h).

La mayor cantidad de los excesos ocurre cuando los vientos vienen de la dirección oesnoroeste, o sea la dirección de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez (Apéndice B, Figuras B4a, b). Ocurren tres picos cuando los vientos vienen de esta dirección: las 9:00 p.m., las 3:00 a.m., y las 6:00 a.m. Ocurre un conjunto secundario de picos cuando los vientos vienen del sudeste: las 9:00 p.m. y las 4:00 a.m. (Apéndice B, Figuras B4c-h). La línea gráfica de los niveles promedios de 5, 30 y 60 minutos del H₂S, muestra una imagen un poco más nublosa, con elevaciones irregulares generalmente entre las 12:00 a.m. y las 7:30 a.m., y direcciones del viento entre el sudsudeste y el normordeste. Generalmente durante los meses de agosto a noviembre, los vientos en los vecindarios de *Lower Valley* de El Paso vienen del oesnoroeste o el estesudeste (Apéndice B, Figuras B4i, j).

La fuente más probable de estos niveles del sulfuro de hidrógeno cuando el viento viene del oesnoroeste es la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez. La fuente de los olores cuando los vientos vienen del sureste se desconoce; sin embargo, dos fuentes posibles se encuentran en ambos lados del río, aproximadamente a 5 millas de la estación de monitoreo CAMS-36: la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de El Paso y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sur de Cd. Juárez.

Los contaminantes preocupantes

Sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de hidrógeno (H₂S) es un gas tóxico incoloro e inflamable, con un olor característico a huevos podridos. Algunos individuos pueden oler el H₂S en concentraciones tan bajas como 0.5 ppbv, pero el umbral de detección está entre 2 y 30 ppbv para la mayoría de la población en general (un 68%). Los signos y síntomas de exposición al H₂S se indican en la Tabla 2. Las fuentes naturales del H₂S incluyen el petróleo crudo, el gas natural, los gases volcánicos, las aguas termales y la materia orgánica en descomposición. También se desprende en emisiones de los desechos humanos y animales y se encuentra en plantas de tratamiento de aguas residuales, sedimentos de la acuicultura de pescados y establos para ganado, o áreas donde hay estiércol. Las fuentes industriales del H₂S incluyen las refinerías petroleras, plantas de gas natural, plantas petroquímicas, plantas de hornos de coque, fábricas de pulpa y papel, plantas procesadoras de alimentos y las curtidoras [2, 21].

Efectos para la salud

Como se mencionó en las secciones anteriores “Historia del centro” y “Visitas a los sitios”, los residentes reportaron al DSHS que ellos han experimentado efectos a su salud que se relacionan con la exposición al H₂S. Los síntomas mencionados a miembros del personal de DSHS incluyeron dolor de cabeza crónico; náusea; tos crónica sin causa evidente; resuello; aumento en síntomas de asma; falta de aliento; y ojos irritados y llorosos.

Exposición aguda

Exposiciones a corto plazo a altos niveles del H₂S pueden causar una variedad de efectos adversos para la salud. Por ejemplo, una serie de estudios ocupacionales han reportado dificultad respiratoria en trabajadores con niveles de exposición al H₂S que eran mayores al 40,000 ppbv. Estos estudios también documentan cambios en el consumo de oxígeno y la falta de aliento en sujetos con exposición a corto plazo al H₂S en niveles entre 5,000 y 10,000 ppbv [22-27].

En concentraciones altas, el H₂S puede ser un irritante significativo al ojo, causando queratoconjuntivitis, erosión corneal punctata, blefarospasmo, lagrimación y fotofobia [28,29]. Un estudio retrospectivo de 250 trabajadores canadienses que presentaron reclamos de compensación al trabajador debido a exposición al H₂S, concluyó que un 18% padeció conjuntivitis, algunos casos que persistieron por varios días [30]. Aunque la exposición aguda al H₂S claramente podría ocasionar irritación ocular, no se reportó daño permanente al ojo en ninguno de estos casos de exposición [2, 29-33].

La exposición prolongada a altos niveles del H₂S (mayores a 100,000 ppbv) puede causar una condición conocida como “fatiga olfatoria,” en la cual el individuo expuesto ya no tiene la habilidad de oler el gas. Bajo estas circunstancias, es posible que la persona no esté consciente de niveles crecientes del H₂S [2].

Otros estudios mostraron efectos medibles a niveles considerablemente más bajos. Por ejemplo, un estudio de exposición controlada reportó que 2 de cada 10 asmáticos expuestos al H₂S de 2,000 ppbv por 30 minutos, padecieron cambios mayores a un 30% en la resistencia de la vía aérea y la conductancia específica de la vía aérea, los cuales implican una obstrucción bronquial [22]. ATSDR utilizó este estudio para derivar el nivel mínimo de riesgo (NMR) de 200 ppbv, para exposiciones de duración aguda para la inhalación del H₂S [2]. En esta derivación, se

dividió el nivel más bajo con efecto adverso observado (LOAEL) de 2,000 ppbv, por un factor de incertidumbre de 10 (3.16 para el uso de un LOAEL mínimo y 3.16 para la variabilidad humana).

La lagrimación de los ojos se notó en las ratas Fischer 344 expuestas al H₂S de 400,000 ppbv (pero no a 200,000 ppbv) por 4 horas [34]. Además, los cobayos expuestos al H₂S a un nivel de 20,000 ppbv por 1 hora cada día por 20 días, mostraron signos de irritación ocular durante la exposición [35]. Sin embargo, no se encontraron ningunas lesiones oculares al examinar microscópicamente los ojos de los cobayos cruzados expuestos al H₂S a un nivel de 8,500 ppbv, las 24 horas del día por 17 días [36]. Asimismo, no se detectaron en los ojos de las ratas F-344 o ratas Sprague-Dawley ningunos cambios histopatológicos relacionados con la exposición, ni en los ratones B6C3F₁ expuestos a concentraciones TWA (promedio ponderado en el tiempo) de 10,000; de 30,000; ó de 80,000 ppbv del H₂S, 6 horas por día, 5 días por semana, por 90 días [37]. ATSDR ha derivado un nivel mínimo de riesgo para una exposición de duración intermedia de 20 ppbv [2]. El nivel mínimo de riesgo intermedio se basa en un NOAEL (nivel sin efecto adverso observado) de 10 ppm y un LOAEL de 30 ppm para la pérdida de neuronas olfatorias e hiperplasia de células basales en el epitelio olfatorio de la nariz de las ratas Sprague-Dawley masculinas [2]. Se derivó este nivel mínimo de riesgo al dividir la estimada dosis equivalente para los seres humanos del NOAEL de 0.46 ppm, por un factor de incertidumbre de 30 [2].

Exposición crónica

ATSDR todavía no ha derivado un nivel mínimo de riesgo crónico; sin embargo, la exposición a largo plazo al H₂S también puede causar efectos adversos para la salud. Por ejemplo, unos trabajadores de la industria de esquisto que tenían una exposición de duración crónica al H₂S a niveles que sobrepasaron 20,000 ppbv, reportaron síntomas neurológicos crónicos, incluso la fatiga, pérdida de apetito, dolor de cabeza, irritabilidad, mala memoria y mareo [28].

Un estudio reciente que examinó los efectos para la salud en una comunidad expuesta a niveles bajos de H₂S observa que, después de los días cuando los niveles de H₂S son mayores a 30 ppbv continuamente, hay un aumento en visitas al hospital relacionadas con el asma en los niños [38]. Varios estudios de comunidades expuestas a niveles bajos de compuestos de azufre malolientes (inclusive H₂S, metil mercaptano y sulfuros de metilo), reportaron un aumento en síntomas nasales, tos y resuello o falta de aliento al aumentar las concentraciones de estos compuestos en el aire [2]. Sin embargo, no se conoce si estos síntomas pueden ser atribuidos únicamente al H₂S porque también estaban presentes otros compuestos irritantes. Dos comunidades de Nueva York y una comunidad de Indiana que tenían exposición crónica al H₂S procedente de vertederos, reportaron irritación de los ojos, la garganta y los pulmones; náusea; dolor de cabeza; congestión nasal; dificultades para dormir; pérdida de peso; dolor en el pecho; y crisis asmáticas. Los niveles de H₂S que se midieron en estas comunidades varían de 300 ppbv a 4,000 ppbv en el aire ambiental [21, 39].

Implicaciones para la salud pública

El nivel más alto de 5 minutos del H₂S que se midió en esta comunidad de El Paso fue de 683 ppbv, el cual es aproximadamente tres veces menor al LOAEL para H₂S (2,000 ppbv); sin embargo, 1.7% (549 de los 31,968 niveles promedios de 30 minutos calculados del H₂S), sobrepasó el nivel mínimo de riesgo de 200 ppbv para inhalación de duración aguda que



recomienda ATSDR. Consiguientemente, es posible que una pequeña cantidad de individuos sensibles con asma ocasionalmente pueda experimentar una actividad respiratoria disminuida, debido a su exposición al H₂S en los vecindarios afectados. Asimismo es posible que algunos individuos puedan experimentar catarro o nariz congestionada, síntomas neuropsicológicos o irritación ocular cuando los niveles del H₂S son suficientemente elevados. Dependiendo de la sensibilidad de la comunidad al olor del H₂S por término medio, los niveles en el vecindario El Paso *Lower Valley* sobrepasaron el umbral de olor un 17 a 54% del tiempo durante el período del 12 de agosto al 5 de noviembre de 2004.

Consideraciones para la salud infantil

La información sobre los efectos tóxicos del H₂S principalmente concierne a los animales y los seres humanos adultos. Es importante notar que es posible que los niños sean más sensibles a ciertas sustancias tóxicas que los adultos [40, 41]. En las comunidades que enfrentan una exposición potencial a contaminantes, las muchas diferencias físicas entre los niños y los adultos podrían requerir un énfasis especial. Debido a que los niños juegan al aire libre y tienen conductas que aumentan su potencial de exposición, es posible que ellos corran un riesgo más grande para ciertos tipos de exposición a sustancias peligrosas. El peso corporal menor de los niños y su mayor tasa relativa de consumo se traducen a una mayor dosis de sustancia peligrosa por unidad de peso corporal. Si los niveles de exposición son suficientemente altos durante las etapas críticas de desarrollo, los sistemas corporales de los niños en desarrollo pueden sufrir daño permanente. Además, los niños dependen de sus padres para tener acceso al alojamiento y la atención médica, y para la identificación de riesgos. Por lo tanto, los adultos necesitan la mayor información posible para poder tomar decisiones informadas sobre la salud de sus niños.

Reconocemos también que las vulnerabilidades específicas de los niños exigen atención especial. Existen ventanas de vulnerabilidad (períodos críticos) durante el desarrollo, especialmente durante la gestación temprana, pero también durante el embarazo, infancia, juventud y adolescencia, cuando las sustancias tóxicas pueden dañar o alterar estructuras y funciones [42]. Es posible que las vulnerabilidades específicas de los niños se presenten porque muchos órganos y sistemas corporales al nacer, (incluso los pulmones, las glándulas endocrinas y el sistema inmunológico, el reproductivo y el nervioso) no han llegado a su madurez estructural o funcional. Estos sistemas y órganos continúan desarrollándose durante la niñez y la adolescencia. Los niños pueden manifestar diferencias en la absorción, el metabolismo, la acumulación y la excreción de las sustancias tóxicas, lo cual podría causar que dosis más altas de toxinas biológicamente eficaces lleguen a los tejidos afectados.

Conclusiones

Los niveles de H₂S medidos en esta área de El Paso sobrepasan los umbrales de olor de los adultos normales y sanos. La fuente más probable de los niveles del sulfuro de hidrógeno, cuando el viento viene del oesnoroeste, es la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez. La fuente de los olores cuando los vientos vienen del sureste se desconoce; sin embargo, dos fuentes posibles, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de El Paso y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Sur de Cd. Juárez, se encuentran en ambos lados del río, aproximadamente a 5 millas de la estación de monitoreo CAMS-36.



La exposición a los niveles de H₂S que se han medido en el vecindario de El Paso *Lower Valley* podría ocasionar efectos adversos para la salud (tos, disminución de las funciones pulmonares, resuello, nariz congestionada o catarro, irritación ocular, síntomas neuropsicológicos, náusea, dolor de cabeza y dificultad para dormir) en las personas particularmente sensibles. Por lo tanto, concluimos que este lugar presenta un peligro de salud pública para los adultos y niños sensibles.

Recomendaciones

La TCEQ deberá contemplar identificar otras fuentes de H₂S al sudeste de los vecindarios afectados, y por medio del monitoreo del aire, intentar cuantificar la contribución de éstas a los niveles de H₂S.

Dependiendo de los resultados de estas investigaciones, TCEQ deberá tomar los pasos adicionales como fueran necesarios para poder reducir las emisiones de H₂S.

La CILA deberá continuar a trabajar con la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez para reducir escapes de H₂S.

Plan de acción para la salud pública

Acciones realizadas

1. Miembros del personal técnico de la TNRCC, la Asociación del Medioambiente Acuático de Texas [*Water Environment Association of Texas*], NADBANK, y varios profesionales de ingeniería y operaciones se reunieron de manera voluntaria en abril de 2002 para crear una resolución al problema y determinar la viabilidad de proporcionar capacitación para los operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales.
2. En el verano de 2002, JMAS puso a prueba la utilización de generadores de luz ultravioleta C16L, CF32LF, y / o C48LF de marca Sol-Air, para reducir las emisiones de H₂S del torrente de aguas residuales de la planta de tratamiento.
3. En julio de 2004, JMAS empezó a transportar los lodos de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez a un vertedero remoto aproximadamente a 12 millas al sudoeste.
4. La TCEQ instaló un monitor de aire (CAMS-36) para H₂S en el agosto de 2004, y salvo unos cuantos períodos de inactividad, ha monitoreado los niveles de H₂S en intervalos de 5 minutos desde entonces.
5. *Applied Environmental Services*, una compañía de El Paso, ha puesto a prueba un sistema de tratamiento para el control de olores en el centro [16]. Bajo este sistema, se identifican las áreas con emisiones altas y cubiertas con una lámina opaca de polietileno, reforzada con fibras de nylon. Las emisiones confinadas son tratadas con luz ultravioleta, la cual descompone el H₂S según las reacciones delineadas en la Figura 8d. Este proceso ha reducido los niveles de H₂S en algunas áreas por un factor tan alto como 10.



Acciones planeadas

1. AES, una compañía de El Paso, tiene planes de instalar una tapa permanente encima del canal de aguas negras afluentes previa al tratamiento y encima de los tornillos de elevación de aguas negras. La instalación del sistema para el control de olores está planeada [16].
2. COCEF planea componer y reemplazar 13 millas de tubería de las aguas residuales e instalar 36 millas de tubería, para conducir las aguas negras a las plantas para el tratamiento de aguas residuales del norte y sur.
3. JMAS planea conseguir los fondos para construir un conducto entre los dos centros para poder transportar los lodos desde la planta norteña hacia la planta más remota en el sur.

Autores, Asesores técnicos y Organizaciones

Informe preparado por

Richard A. Beauchamp, MD

Toxicólogo Médico Superior [*Senior Medical Toxicologist*]
Grupo de Investigación y Vigilancia de Exposiciones de DSHS
[*DSHS Exposure Investigation and Surveillance Group*]

Susan Prosperie, MS, RS

Especialista Ambiental [*Environmental Specialist*]
Grupo de Investigación y Vigilancia de Exposiciones de DSHS
[*DSHS Exposure Investigation and Surveillance Group*]

John F. Villanacci, PhD, NREMT-I

Director

División de Toxicología y Epidemiología de Lesiones y Medioambiente de DSHS
[*DSHS Environmental & Injury Epidemiology & Toxicology Branch*]

Tina Walker, EMT-I

Especialista en Información [*Information Specialist*]
Grupo de Investigación y Vigilancia de Exposiciones de DSHS
[*DSHS Exposure Investigation and Surveillance Group*]

Nancy B. Ingram, B.S.

Oficial de enlace para la participación de la comunidad [*Community Involvement Liaison*]
Grupo de Investigación y Vigilancia de Exposiciones de DSHS
[*DSHS Exposure Investigation and Surveillance Group*]

Representantes de Región 6 de ATSDR

Jennifer Lyke

Representante regional

George, Pettigrew, P.E.

Representante regional superior

Oficial de Proyectos Técnicos de ATSDR [*ATSDR Technical Project Officer*]

W. Allen Robison, Ph.D.

Toxicólogo

División de Evaluación de Salud y Consultas [*Division of Health Assessment and Consultation*]
División del Superfund y Evaluación de Programas
[*Superfund and Program Assessment Branch*]



Tabla 1. Datos demográficos para los vecindarios de Lower Valley de El Paso, Texas, basados en el censo de EEUU del año 2000 [Year 2000 U.S. Census].

Descripción de Categoría	Número de Sección Censal de 2000			
	38.01	38.03	38.04	Total
Población total	6,147	3,564	4,096	13,807
Menor de 5 años	392	270	376	1,038
65 y mayores	878	400	387	1,665
Mujeres 18 a 65	1,949	1,068	1,247	4,264
Sólo de raza blanca	455	2,679	3,036	6,170
Sólo de raza negra	21	11	20	52
Indio-americano y nativo de Alaska	42	35	53	130
Sólo de raza asiática	3	7	7	17
Alguna otra raza	1,317	831	980	3,228
Hispana o latina	5,944	3,333	3,854	13,131
Total de unidades familiares	1,805	986	1,159	3,950



Tabla 2. Signos o Síntomas de Exposición a la Inhalación de Sulfuro de Hidrógeno a Varios Niveles en el Aire (ppbv).

Nivel de H₂S (ppbv)	Signos o Síntomas de Exposición
0.5 – 30	Umbral de olor
30 – 100	Nariz congestionada o catarro, síntomas neuropsicológicos, síntomas respiratorios agravados en ciertos asmáticos sensibles
100 – 300	Irritación nasal, congestión creciente, síntomas neuropsicológicos aumentados, síntomas oculares, aumento de visitas al hospital debido a síntomas respiratorios incluyendo el asma
300 - 1,000	Irritación y congestión nasal aumentado, aumento de síntomas oculares, falta de aliento en ciertas personas sensibles
1,000 - 3,000	Irritación ocular, tos, congestión nasal, aumento de signos de obstrucción bronquial en los asmáticos (aumento de resistencia de la vía aérea y disminución de conductancia de la vía aérea específica)
3,000 - 10,000	Irritación ocular y nasal crecientes, dificultades para dormir, pérdida de peso, aumento de concentraciones de lactato en la sangre, disminución de la actividad de citrato sintasa en el sistema muscular esquelético, consumo de oxígeno disminuido
10,000 - 30,000	Fatiga, pérdida de apetito, dolor de cabeza, marcada irritación ocular y nasal, irritabilidad, mala memoria, náusea, mareo, tiempo de reacción más lento, cambios del estado de ánimo a corto plazo, mala discriminación de colores
30,000 - 100,000	Función neurológica reducida; creciente irritación ocular, nasal y de garganta; ardor en los ojos; conjuntivitis; náusea; dificultades al respirar; somnolencia
100,000 - 300,000	Fatiga olfatoria, irritación ocular / nasal / de garganta severa, queratoconjuntivitis (a veces con infección subsiguiente), erosión corneal punctata, blefarospasmo, lagrimación, fotofobia, dolor de cabeza, impedimento visual y de la memoria, movimiento rígido, funcionamiento motor reducido, temblor leve, ataxia, psicosis, funcionamiento motor anormal
300,000 - 1,000,000	Calambres musculares, hipotensión arterial, dificultad respiratoria severa, parálisis respiratoria, pérdida de conocimiento, muerte dentro de 30 minutos o menos
>1,000,000	Muerte debido a la parálisis respiratoria en menos de 20 minutos

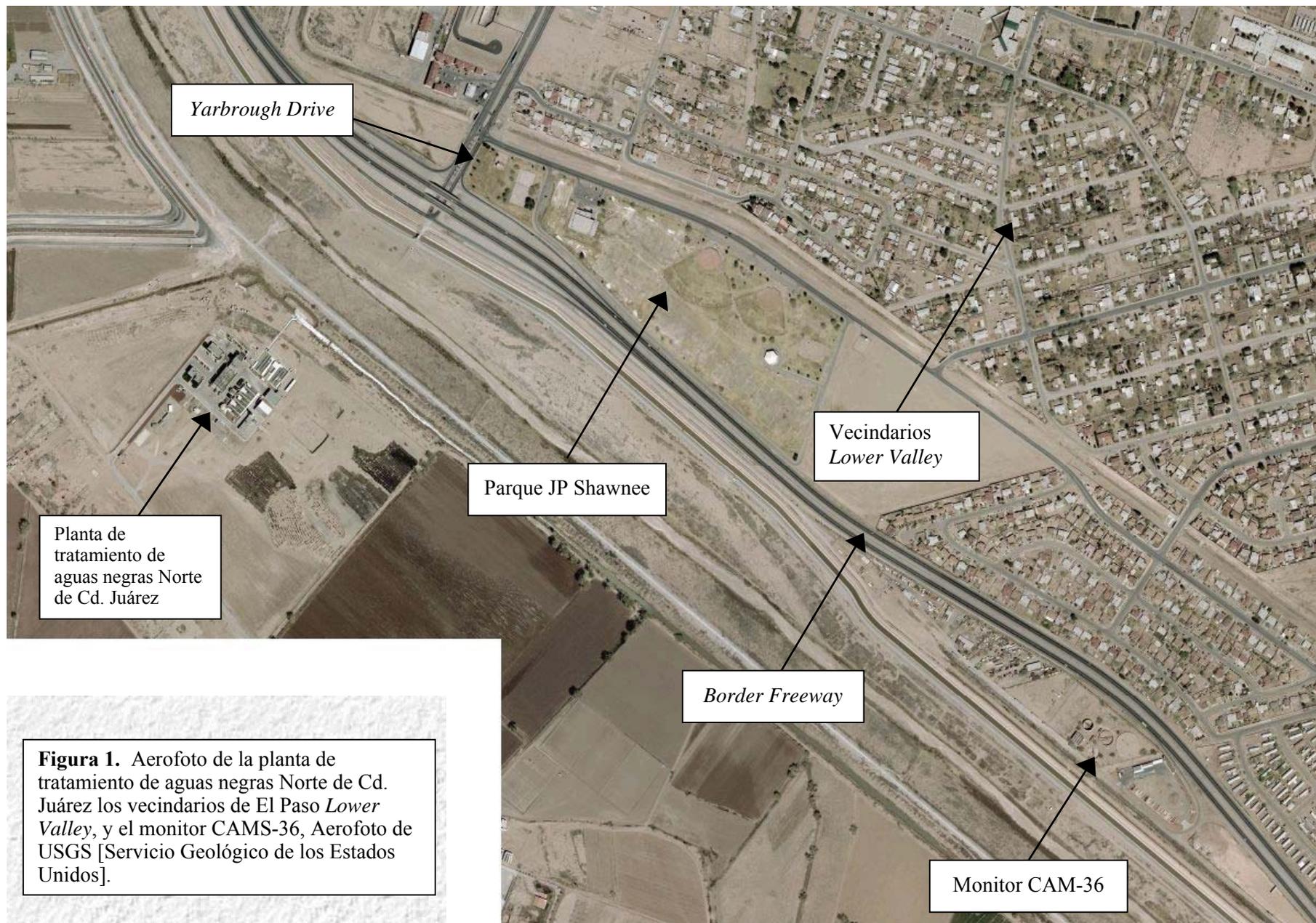
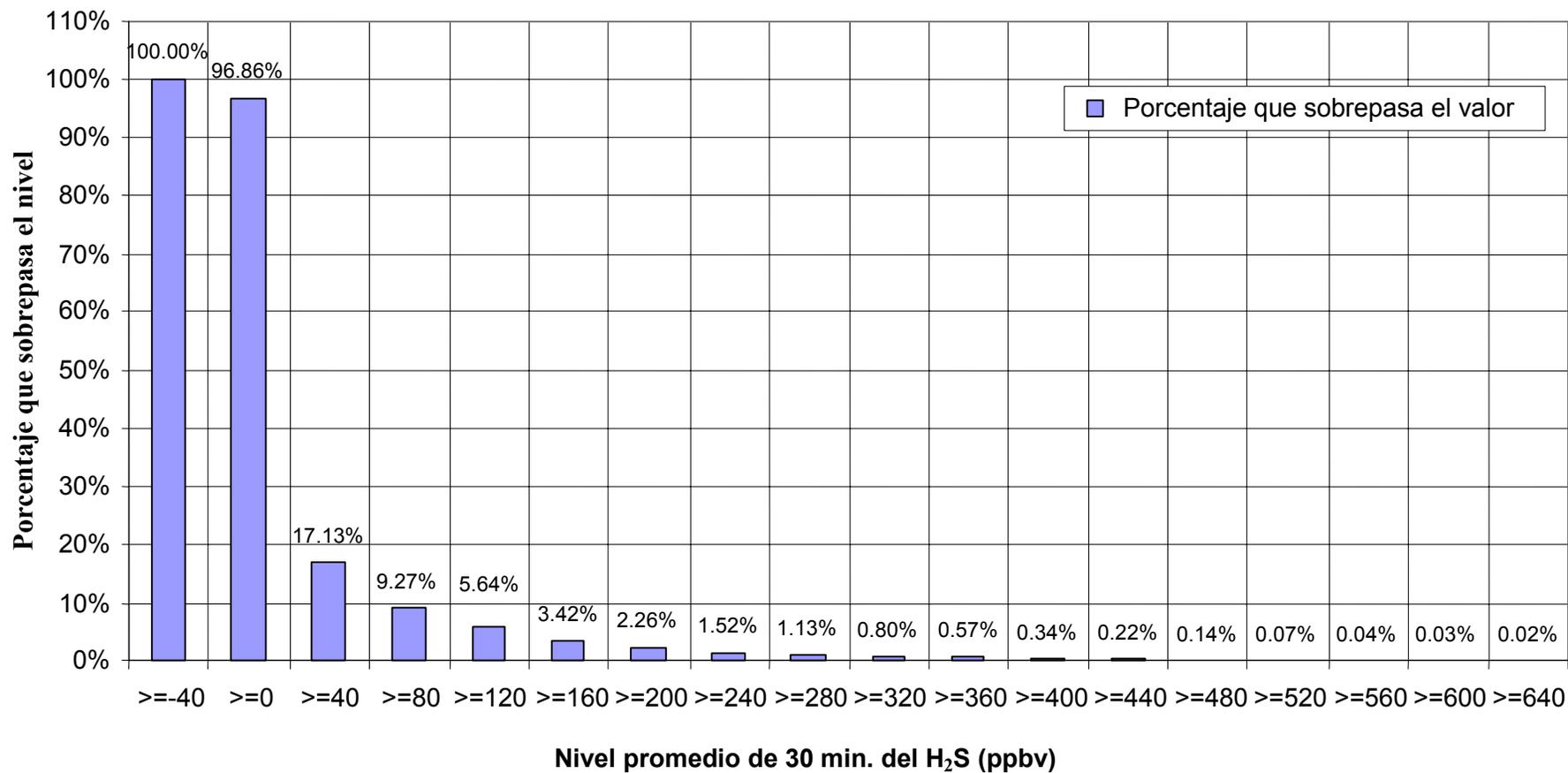


Figura 1. Aerofoto de la planta de tratamiento de aguas negras Norte de Cd. Juárez los vecindarios de El Paso *Lower Valley*, y el monitor CAMS-36, Aerofoto de USGS [Servicio Geológico de los Estados Unidos].

Figura 2. Modelo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez



**Figura 3. Porcentaje de los niveles promedios de 30 minutos del H₂S que sobrepasan un valor específico
Monitor CAMS-36, El Paso, 8/14/04-11/31/04**





**Figura 4. Distribución percentil de frecuencias de los niveles promedios de 30 min. del H₂S
CAMS-36, El Paso, 8/14/04-11/31/04**

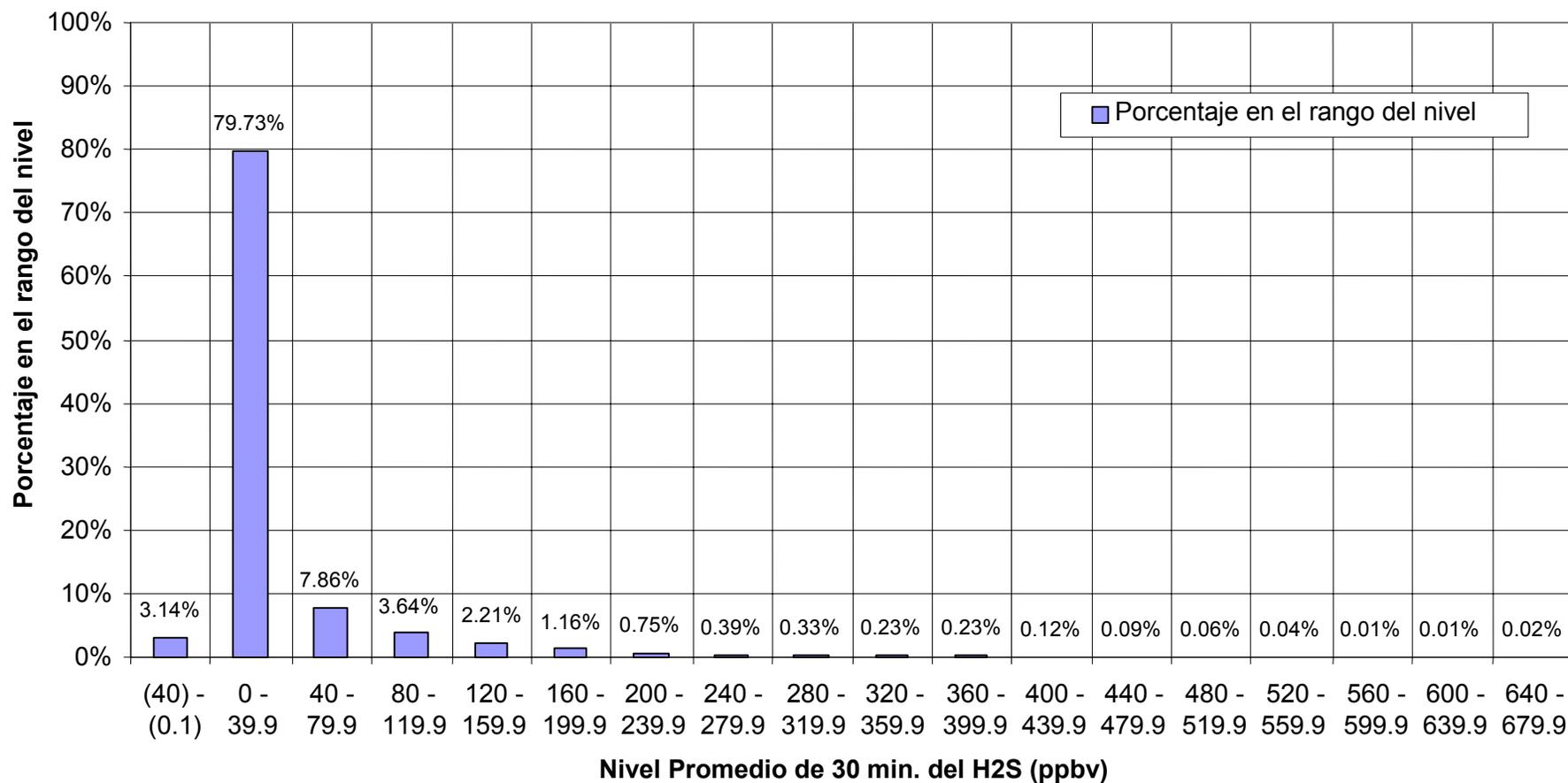




Figura 5. Distribución Percentil Acumulativa de los niveles promedios de 30 min del H₂S, CAMS-36, El Paso, 8/14/04-11/31/04

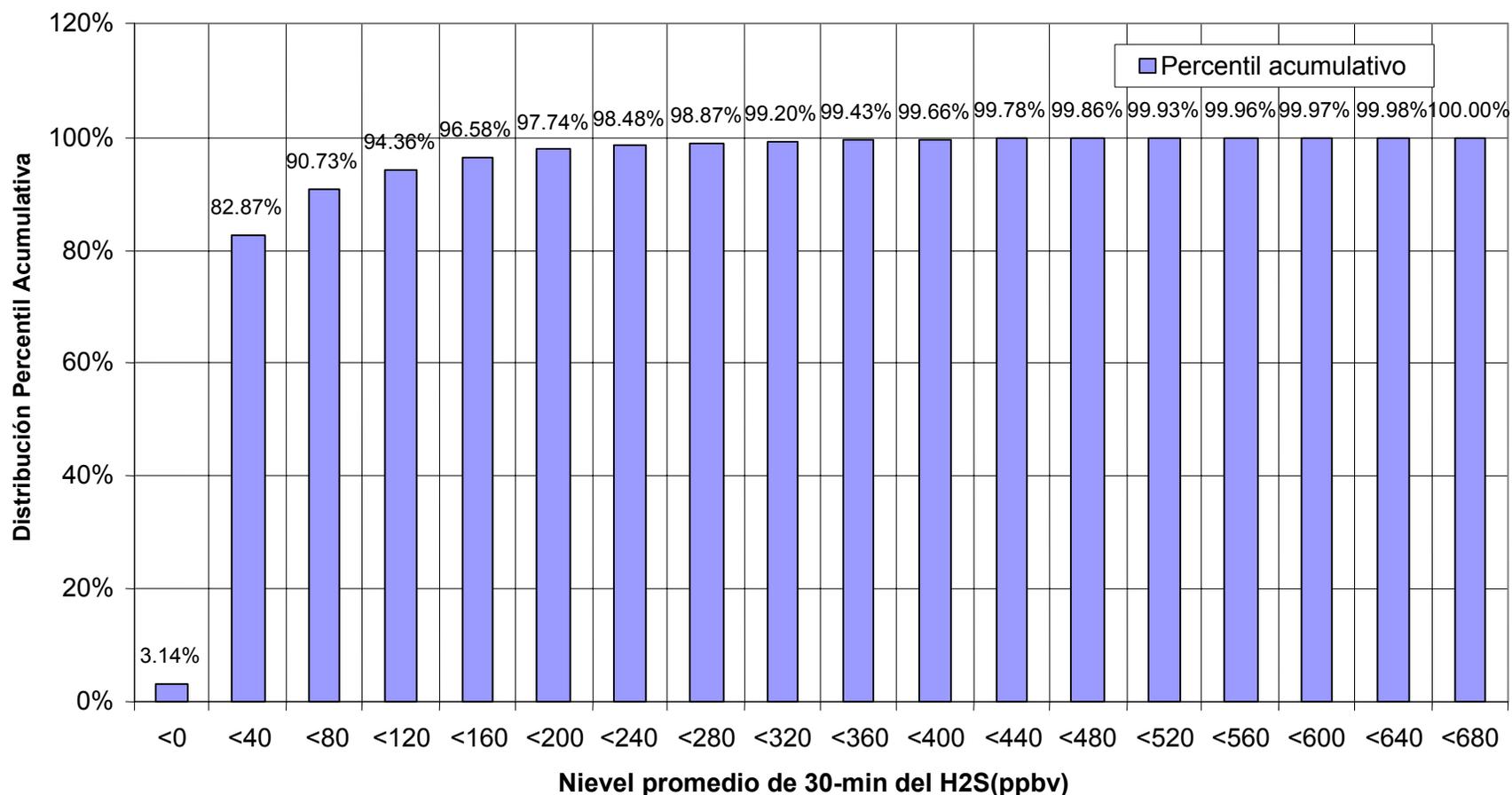
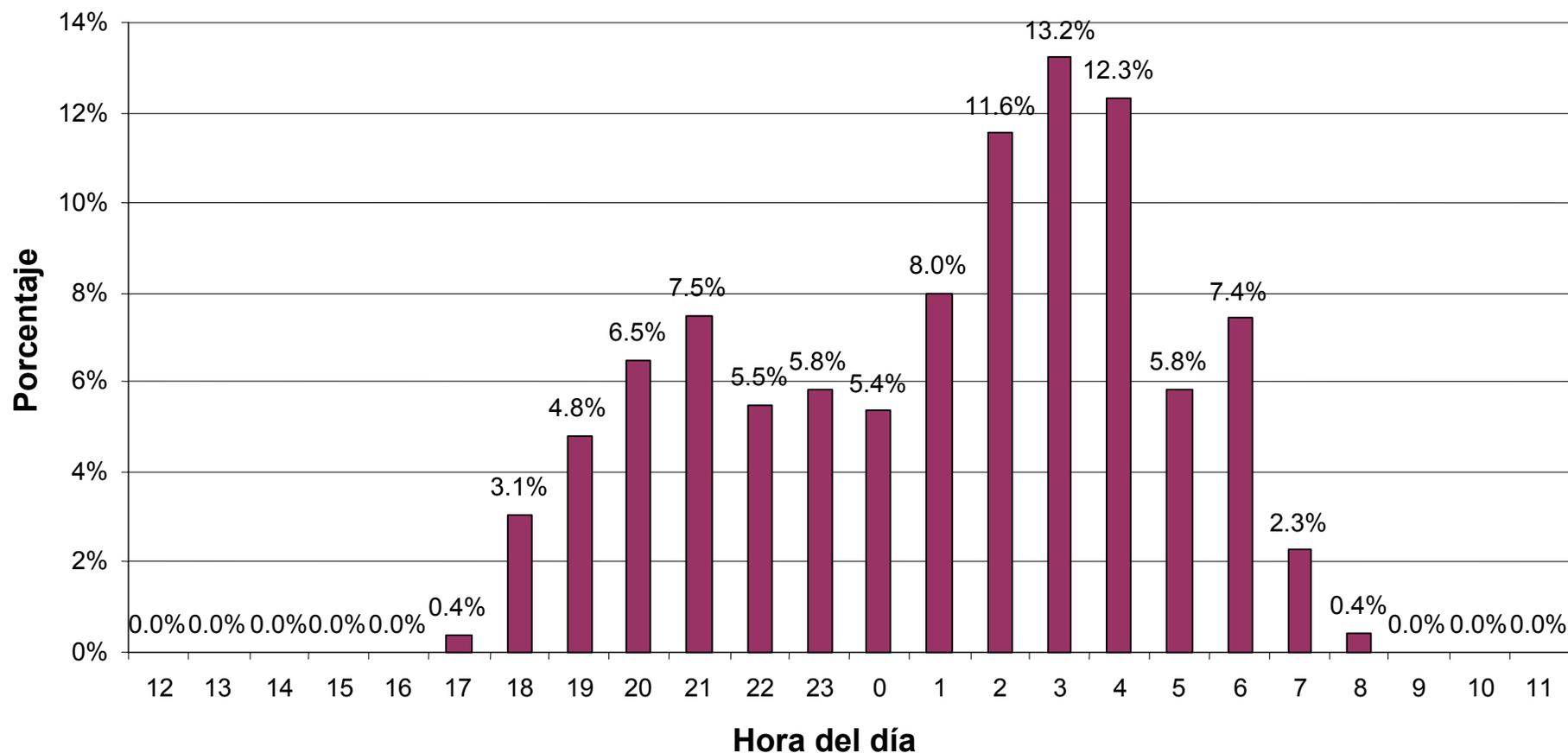




Figura 6. Distribución de los porcentajes de los excesos del H₂S por hora del día, CAMS-36, El Paso, 8/12/04 - 11/30/04



Referencias

1. Pechacek N. 2003. IOM de Nathan Pechacek, M.S., Sección de Toxicología, TCEQ, a Archie Clouse, Director, Región 6 de TCEQ, El Paso, referente el Examen toxicológico de los resultados del monitoreo móvil del aire ambiente, 16 a 22 de febrero de 2003, El Paso, Condado de El Paso. 17 de septiembre de 2003.
2. ATSDR. 2004. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Perfil toxicológico para sulfuro de hidrógeno. Atlanta: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos; septiembre de 2004.
3. Reyes S. 2004. Carta de petición del Representante de los Estados Unidos para Texas, Silvestre Reyes, al Dr. Henry Falk de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. 22 de junio de 2004.
4. NADB. 1997. Banco Norteamericano de Desarrollo. Hoja Informativa, Ciudad Juárez, Chihuahua. Proyecto de las Plantas de tratamiento de aguas residuales norte y sur, y obras complementarias de saneamiento. 30 de septiembre de 1997.
5. Castillo J. 2002. Carta de Jorge Castillo, TCEQ, al Sr. David Lara, miembro de la comunidad referente la queja sobre los olores ofensivos provenientes de la Planta de Tratamiento para Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez. 14 de marzo de 2002.
6. Prosperie S. 2004. Correo electrónico de Susan Prosperie, de DSHS, a Norma Durán, de la Oficina Fronteriza de la Agencia para la Protección Ambiental y a Karl Markiewicz, de la oficina regional de ATSDR, referente la información sobre la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y el manejo de lodos en la Planta de Tratamiento Norte de Cd. Juárez. 21 de julio de 2004.
7. Burris M. 2004. Fax de Martin Burris, CILA, a Susan L. Prosperie, DSHS referente la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez. 21 de septiembre 2004.
8. COCEF. 1997. FORMULARIO STEP II de COCEF. Junta Municipal de Agua y Saneamiento, Cd. P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez, Chih. Proyecto de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Norte y Sur, y Obras Complementarias de Alcantarillado de Cd. Juárez <http://www.cocef.org/aproyectos/juarez-esp.htm> Cd. Juárez, Chih. julio de 1997.
9. Roque A. 2001. Carta de Aurelia Roque, miembro de la comunidad, al Representante de los Estados Unidos Silvestre Reyes, referente los olores ofensivos provenientes de la Planta de Tratamiento para Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez y preocupaciones para la salud de los residentes de El Paso. 21 de junio de 2001.
10. Roque A. 2001. Carta de Aurelia Roque, miembro de la comunidad, a Sra. Fatima Zohra, referente los olores ofensivos provenientes de la Planta de Tratamiento para Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez y preocupaciones para la salud de los residentes de El Paso. 27 de diciembre de 2001.



11. Roque A. 2002. Carta de Aurelia Roque, miembro de la comunidad, a José Reyes Ferriz, Alcalde, Ciudad de P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez, referente los olores ofensivos provenientes de la Planta de Tratamiento para Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez y preocupaciones para la salud de los residentes de El Paso. 18 de junio de 2004.
12. Roque A. 2002. Carta de Aurelia Roque, miembro de la comunidad, al Sr. Carlos Ramírez, miembro de la Comisión de CILA, referente los olores ofensivos provenientes de la Planta de Tratamiento para Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez y preocupaciones para la salud de los residentes de El Paso. 18 de junio de 2004.
13. Roque A. 2002. Carta de Aurelia Roque, miembro de la comunidad, al Sr. Carlos M. Rivera, Director, Oficina de Enlaces Fronterizos, referente los olores ofensivos provenientes de la Planta de Tratamiento para Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez, y preocupaciones para la salud de los residentes de El Paso. 18 de junio de 2004.
14. Castillo J. 2004. Resumen Borrador Actualizado en julio de 2004, sobre la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez, por Jorge Castillo, TCEQ.
15. Lara D. 2002. Carta del Sr. David Lara, miembro de la comunidad, al Sr. Jorge Castillo, TNRCC, referente los olores ofensivos de aguas residuales, los cuales, según se informa, provienen de la planta para aguas residuales en la *Border Freeway* y *South Yarbrough Dr.* 1 de marzo de 2002.
16. Lara D. 2002. Carta del Sr. David Lara, miembro de la comunidad, al Sr. Archie Clouse, TNRCC, referente los olores ofensivos de aguas residuales, los cuales, según se informa, provienen de la planta para aguas residuales en la *Border Freeway* y *South Yarbrough Dr.* 6 de noviembre de 2002.
17. Durán N. 2004. Correo electrónico de Norma Durán, Oficina Fronteriza de USEPA a Susan Prosperie, TDH, y a Karl Markiewicz, Oficina Regional de ATSDR, referente la información sobre la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ciudad Juárez (norte). 6 de agosto de 2004.
18. Wen-Whai L, Franco C, Trujillo D. 2004. *An Air Impact Study of the Ultraviolet Systems on Reduction of H₂S Emissions at the North Wastewater Treatment Plant of Cd. JNWWTP – Progress as of July 6, 2004* [Un estudio sobre el impacto al aire de los sistemas ultravioletas a la reducción de emisiones del H₂S de la planta norteña para el tratamiento de aguas residuales de Cd. P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez: Progreso a la fecha de 6 de julio de 2004.] Departamento de Ingeniería Civil. La Universidad de Texas en El Paso. Presentación a CILA y otras personas, el 6 de julio de 2004.
19. Roque A. 2004. Carta de Aurelia Roque, miembro de la comunidad, al Representante de los Estados Unidos Silvestre Reyes, referente los olores ofensivos provenientes de la Planta de Tratamiento para Aguas Residuales Norte de Cd. Juárez y preocupaciones para la salud de los residentes del área. 18 de junio de 2004.
20. Leopold V. 2004. Correo electrónico de Vincent Leopold, de TCEQ, a Susan Prosperie, de DSHS, referente los excesos de H₂S detectados por el CAMS-36 a lo largo de la frontera con El Paso. 7 de septiembre de 2004.

21. Departamento de Salud del Estado de Nueva York. 1999. *Hydrogen Sulfide: Chemical Information Sheet* [Sulfuro de hidrógeno: Hoja de información química] Modificada, agosto de 1999.
22. Jappinen P, Vilkkka V, Marttila O, et al. 1990. *Exposure to hydrogen sulfide and respiratory function* [La exposición al sulfuro de hidrógeno y el funcionamiento respiratorio.] *Br J Ind Med* 47:824-828.
23. Spolyar LW. 1951. *Three men overcome by hydrogen sulfide in starch plant* [Sulfuro de hidrógeno le vence a tres hombres en planta de almidón.] *Ind Health Monthly*. 11(8): 116-117.
24. Bhambhani Y, Singh M. 1991. *Physiological effects of hydrogen sulfide inhalation during exercise in healthy men* [Los efectos fisiológicos de la inhalación de sulfuro de hidrógeno en hombres sanos durante el ejercicio.] *J Appl Physiol* 71(5):1872-1877.
25. Bhambhani Y, Burnham R, Snyder G, et al. 1994. *Comparative physiological responses of exercising men and women to 5 ppm hydrogen sulfide exposure* [Las respuestas fisiológicas comparativas entre hombres y mujeres al ser expuestos al sulfuro de hidrógeno de 5 ppm mientras hacen ejercicio.] *Am Ind Hyg Assoc J* 55:1030-1035.
26. Bhambhani Y, Burnham R, Snyder G, et al. 1996. *Effects of 10 ppm hydrogen sulfide inhalation on pulmonary function in healthy men and women* [Los efectos de la inhalación de sulfuro de hidrógeno de 10 ppm al funcionamiento pulmonar de hombres y mujeres sanos.] *J Occup Environ Med* 38:1012-1017.
27. Bhambhani Y, Burnham R, Snyder G, et al. 1996. *Effects of 5 ppm hydrogen sulfide inhalation on biochemical properties of skeletal muscle in exercising men and women* [Los efectos de la inhalación de sulfuro de hidrógeno de 5 ppm a las propiedades bioquímicas de los músculos esqueléticos en los hombres y las mujeres mientras hacen ejercicio.] *Am Ind Hyg Assoc J* 57:464-468.
28. Ahlborg G. 1951. *Hydrogen sulfide poisoning in the shale industry* [Intoxicación por sulfuro de hidrógeno en la industria de esquisto.] *Arch Ind Hyg Occup Med* 3:247-266.
29. Luck J, Kaye SB. 1989. *An unrecognized form of hydrogen sulfide keratoconjunctivitis* [Una forma desconocida de queratoconjuntivitis por sulfuro de hidrógeno.] *Br J Ind Med* 46:748-749.
30. Arnold IMF, Dufresne RM, Alleyne BC, et al. 1985. *Health implications of occupational exposures to hydrogen sulfide* [Las implicaciones de exposiciones ocupacionales al sulfuro de hidrógeno para la salud.] *J Occup Med* 27(5):373-376.
31. Audeau FM, Gnanaharan C, Davey K. 1985. *Hydrogen sulfide poisoning, associated with pelt processing* [Intoxicación por sulfuro de hidrógeno, asociada con el procesamiento de pieles.] *N Z Med J* 98(774):145-147.
32. Deng J-F, Chang S-C. 1987. *Hydrogen sulfide poisoning in hot-spring reservoir cleaning: Two case reports* [Intoxicación por sulfuro de hidrógeno en la limpieza de represas de fuentes termales: Dos informes de caso.] *Am J Ind Med* 11:447-451.



33. Stine RJ, Slosberg B, Beacham BE. 1976. *Hydrogen sulfide intoxication: A case report and discussion of treatment* [Intoxicación por sulfuro de hidrógeno: Un informe de caso y discurso sobre tratamiento.] *Ann Intern Med* 85:756-758.
34. Lopez A, Prior M, Yong S, et al. 1988. *Nasal lesions in rats exposed to hydrogen sulfide for four hours* [Lesiones nasales en ratas expuestas al sulfuro de hidrógeno por cuatro horas.] *Am J Vet Res* 49:1107-1111.
35. Haider SS, Hasan M, Islam F. 1980. *Effect of air pollutant hydrogen sulfide on the levels of total lipids, phospholipids & cholesterol in different regions of the guinea pig brain* [El efecto del contaminante de aire sulfuro de hidrógeno, a los niveles de lípidos totales, fosfolípidos y colesterol en diferentes regiones del cerebro del cobayo.] *Indian J Exp Biol* 18:419-420.
36. Curtis SE, Anderson CR, Simon J, et al. 1975. *Effects of aerial ammonia, hydrogen sulfide, and swine-house dust on rate of gain and respiratory tract structure in swine* [Los efectos de amoníaco aéreo, sulfuro de hidrógeno y polvo en las granjas de cerdos, a la tasa de aumento y la estructura del aparato respiratorio en los cerdos.] *J Anim Sci* 41:735-739.
37. CIIT. 1983. *90-Day vapor inhalation toxicity study of hydrogen sulfide in Fischer 344 rats* [Un estudio de la toxicidad de la inhalación de vapores de sulfuro de hidrógeno por 90 días en las ratas Fischer 344.] Informe al *Chemical Institute of Toxicology*, Research Triangle Park, NC, por ToxiGenics, Inc. CIIT docket #22063.
38. Campagna D, Kathman S, Pierson R, et al. 2004. *Ambient hydrogen sulfide, total reduced sulfur, and hospital visits for respiratory diseases in northeast Nebraska, 1988-2000* [El sulfuro de hidrógeno ambiental, el azufre total reducido, y las consultas hospitalarias para enfermedades respiratorias en el nordeste de Nebraska, 1988-2000.] *J Expo Anal Environ Epidemiol* 14(2):180-187.
39. NYSDOH y ATSDR. 1995. *Public Health Assessment: Port Washington Landfill* [Evaluación de la salud pública: Vertedero Port Washington], North Hempstead, Condado de Nassau, Nueva York. Preparada por el Departamento de Salud del Estado de Nueva York, bajo un acuerdo de cooperación con ATSDR.
40. ATSDR. 1995. *Child Health Initiative* [Iniciativa para la salud infantil]. Atlanta: La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos.
41. US EPA. 1998. *The children's environmental health yearbook* [El anual sobre la salud ambiental infantil.] Agencia de Protección Ambiental de EEUU.
42. US EPA. 2000. *Strategy for research on environmental risks to children* [Estrategias para la investigación de riesgos ambientales a los niños.] Washington, DC: Oficina de Investigaciones y Desarrollo de la Agencia de Protección Ambiental de EEUU EPA/600/R-00/068, Sección 1.2.



Certificación

Esta consulta de salud pública sobre las exposiciones al sulfuro de hidrógeno en El Paso (Condado de El Paso), Texas y la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez, Chihuahua, México, fue preparada por el Departamento Estatal de Servicios de Salud de Texas [*Texas Department of State Health Services, DSHS*] bajo un acuerdo de cooperación con la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [*Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR*]. Ésta concuerda con los métodos y procedimientos autorizados al momento en que se inició esta consulta de salud pública. El socio del Acuerdo de Cooperación realizó la revisión editorial.

Oficial de Proyectos Técnicos [*Technical Project Officer*], CAT, SPAB, DHAC, ATSDR

La División de Evaluación de Salud y Consultas [*Division of Health Assessment and Consultation*] de ATSDR ha revisado esta consulta de salud pública y coincide con sus conclusiones.

Líder del equipo [*Team Lead*], CAT, SPAB, DHAC, ATSDR



APÉNDICE A. Acrónimos y abreviaturas

AES	<i>Applied Environmental Services</i>
ATSDR	<i>Agency for Toxic Substances and Disease Registry</i> [Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades]
BECC	<i>Border Environment Cooperation Commission</i> (el nombre en inglés de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza)
CAMS	<i>Continuous Air Monitoring Station</i> [Estación de monitoreo continuo de aire]
CILA	Comisión Internacional de Límites y Aguas (la sección mexicana de la <i>International Boundary and Water Commission</i>)
COCEF	Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (el nombre en español de la <i>Border Environment Cooperation Commission</i>)
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
DSHS	<i>Texas Department of State Health Services</i> [Departamento Estatal de Servicios de Salud de Texas] (anteriormente nombrado TDH)
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i> [Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos]
EPCCEHD	<i>El Paso City/County Environmental Health District</i> [Distrito de Salud Ambiental de la Ciudad / del Condado de El Paso]
EPLVN	<i>El Paso Lower Valley Neighborhood</i> [Vecindario El Paso <i>Lower Valley</i>]
H ₂ S	Sulfuro de hidrógeno
JMAS	Junta Municipal de Agua y Saneamiento
ppbv	partes por billón (mil millones) por volumen
ppmv	partes por millón por volumen
P.T.A.R.	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RfD	<i>Reference Dose</i> [Dosis de referencia]
SO ₂	Dióxido de azufre
TCEQ	<i>Texas Commission on Environmental Quality</i> [Comisión de Calidad Ambiental de Texas] (anteriormente nombrado TNRCC)
TDH	<i>Texas Department of Health</i> [Departamento de Salud de Texas]
TNRCC	<i>Texas Natural Resources Conservation Commission</i> [Comisión para la Conservación de Recursos Naturales de Texas]

APÉNDICE B. Evaluación adicional de los datos y resultados

La exposición inicial de los datos consistió en una serie de 15 cuadros (Figuras B1a-o) que indicaban los niveles (ppbv) promedios de 30 minutos de H₂S, por fecha y hora; cada cuadro abarcaba 7 días del período de medición durante las 15 semanas del 12 de agosto al 25 de noviembre de 2004. Para cada nivel promedio de 30 minutos de H₂S, la dirección promedio del viento (0 a 360 grados) de los 30 minutos correspondientes fue trazada como una serie por separado, utilizando la misma escala numérica (0 a 700) que se utilizó para los niveles del H₂S. En algunos de los cuadros, cuando la dirección del viento repetidamente cruzaba la orientación 0°/360° (norte magnético), se agregó o se restó 360° del valor de la dirección del viento para así reducir las fluctuaciones de la dirección del viento aparentes pero sin embargo engañosas. Para referencia, el nivel del exceso meta de TCEQ de 80 ppbv del promedio de cada 30 minutos de H₂S, fue indicado como una tercera serie en cada cuadro.

Una revisión de los 15 cuadros anteriores mostró un claro patrón cíclico de emisiones de H₂S, y casi todas las elevaciones significativas ocurrieron entre las horas de 6:00 p.m. y 8:00 a.m. Basado en los datos revisados, los niveles de H₂S en la estación CAMS-36, exponen un pico de dos fases durante las horas de la noche. La primera fase ocurrió a las 9:00 p.m. (rango de las 6:00 p.m. a las 11:00 p.m.) y la segunda fase a las 3:00 a.m. (rango de la 1:00 a.m. a las 5:00 a.m.). El nivel promedio durante el período de las 6:00 p.m. a las 8:00 a.m. fue 10 veces mayor al período de las 8:00 a.m. a las 6:00 p.m. (43.3 comparado con 4.38 ppbv).

Aunque parece que muchas de las elevaciones coincidieron con los vientos provenientes del oeste o el noroeste, otras elevaciones ocurrieron cuando los vientos provinieron del sur, sudoeste y sudeste. Con el intento de identificar estos patrones temporales y direccionales, se codificaron todos los puntos de datos a uno de los puntos cardinales (es decir, N, NE, E, SE, S, SO, O, o NO). Los niveles medios de H₂S fueron calculados por cada período de 5 minutos del día desde el 12 de agosto hasta el 25 de noviembre de 2004, y por los vientos provenientes de cada uno de los 8 puntos principales de la brújula. Las direcciones de los vientos que se asociaron más comúnmente con niveles elevados de H₂S también presentaron un pico bifásico. Un pico direccional ocurre cuando los vientos vienen del oeste-noroeste (292.5°, rango de 270° - 315°), y el otro ocurre cuando los vientos vienen del sudeste, (135°, rango de 112.5° - 157.5°).

Se usaron estos datos entonces para generar niveles promedios de 30 minutos y 60 minutos de H₂S. Se presentan estos datos en las Figuras B2a-i, junto con los niveles promedios de 5 minutos y el nivel meta de TCEQ para el nivel exceso de 30 minutos de H₂S (80 ppbv).

Para realizar un análisis direccional mejor, se codificaron todos los puntos de datos a uno de los 16 puntos estándares de la brújula (es decir, N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSO, SO, OSO, O, ONO, NO, NNO). Los niveles promedios de H₂S fueron calculados para cada período de 2 horas del día desde el 12 de agosto hasta el 25 de noviembre de 2004, y para los 16 puntos estándares de la brújula. Se trazaron estos datos como un Gráfico de Radar del Excel 2000, mostrando la magnitud del nivel promedio de H₂S por dirección del viento, para cada período de dos horas del día. Los Gráficos de Radar que resultaron luego fueron sobrepuestos a una aerofoto del área en cuestión, la cual tomó el Servicio Geológico de los Estados Unidos el 26 de marzo de 2002.

La estación de monitoreo CAMS-36 está ubicada en el punto originario de los gráficos, y la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez está ubicada al final del cuadrículado radial de ONO (Figuras B3a-i).



La fuente más probable de los niveles de H₂S cuando el viento proviene del ONO es la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez, la cual queda a un rumbo de 292° de la estación CAMS-36. La fuente de los olores cuando los vientos vienen del SE se desconoce; sin embargo, dos fuentes posibles incluyen la P.T.A.R. Sur de Cd. Juárez y la P.T.A.R. de El Paso, ambas de las cuales quedan aproximadamente a 5 millas al SSE de la estación de monitoreo CAMS-36, pero que están en orillas opuestas del río. Es posible que los niveles elevados de H₂S, que ocurren cuando los vientos vienen del sur al oeste (180° a 270°), provengan de las aguas residuales parcialmente tratadas que pasan por el canal Aguas Negras hacia el Río Bravo.

Para mejor ilustrar los patrones temporales y direccionales, se crearon gráficos acotados de tres dimensiones de los niveles de H₂S, con la hora en el eje x, la dirección del viento en el eje y, y en el eje z, el número de excesos, los niveles de 5 minutos de H₂S, el nivel promedio de 30 minutos de H₂S, o el nivel promedio de 60 minutos de H₂S (Figuras B4a-h). Se crearon unos gráficos acotados similares para mostrar las frecuencias de la dirección del viento, con la hora del día en el eje x, la dirección del viento en el eje y, el conteo de la dirección del viento de 5 minutos en el eje z (Figuras B4i-j).

Los gráficos acotados de excesos de H₂S (Figuras 4a, b) claramente muestran que el mayor número de los excesos ocurren cuando los vientos provienen del ONO, o sea, la dirección de la P.T.A.R. Norte de Cd. Juárez. Hay tres picos temporales cuando los vientos vienen de esta dirección, uno a las 9:00 p.m., otro a las 3:00 a.m., y un tercer pico más pequeño a las 6:00 a.m. Hay un conjunto secundario de picos cuando los vientos vienen del SE: uno que ocurre a las 9:00 p.m., y otro a las 4:00 a.m.

El gráfico de los niveles promedios de 5, 30 y 60 minutos de H₂S, muestra una imagen un poco más nublosa, con elevaciones irregulares generalmente entre las 12:00 a.m. y las 7:30 a.m., y direcciones del viento entre el SSE y el NNO. De agosto a noviembre, los vientos generalmente vienen del ONO o el ESE en los vecindarios de *Lower Valley* de El Paso (Figuras 4i, j).

Figuras B1



Figura B1a. Niveles de H₂S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 8/12/04 - 8/19/04

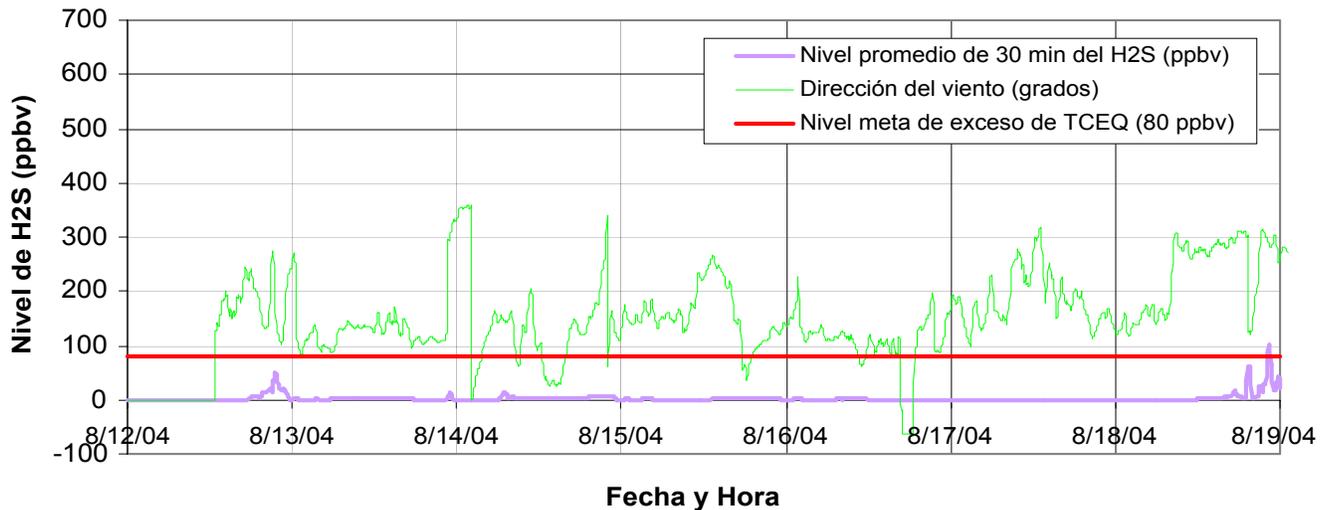


Figura B1b. Niveles de H₂S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 8/19/04 - 8/26/04

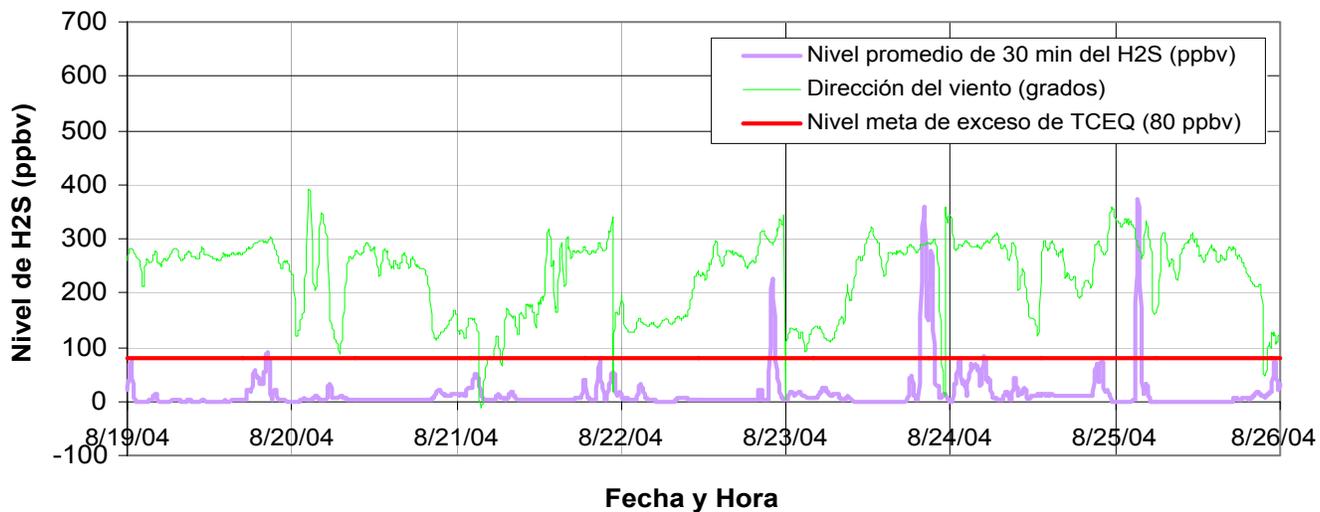


Figura B1c. Niveles de H₂S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 8/26/04 - 9/2/04

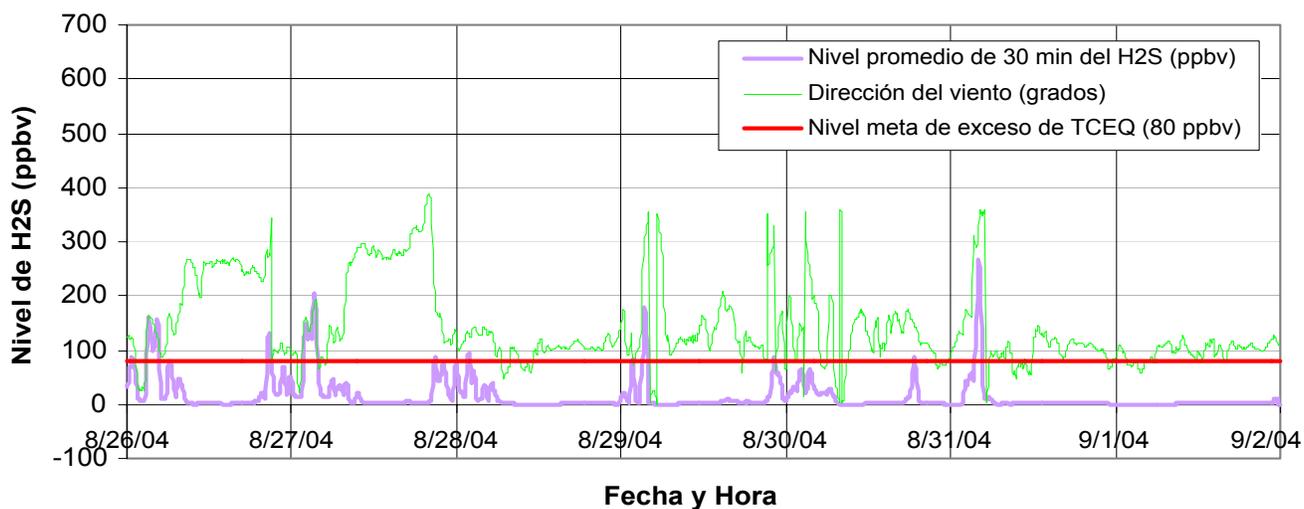




Figura B1d. Niveles de H2S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 9/2/04 - 9/9/04

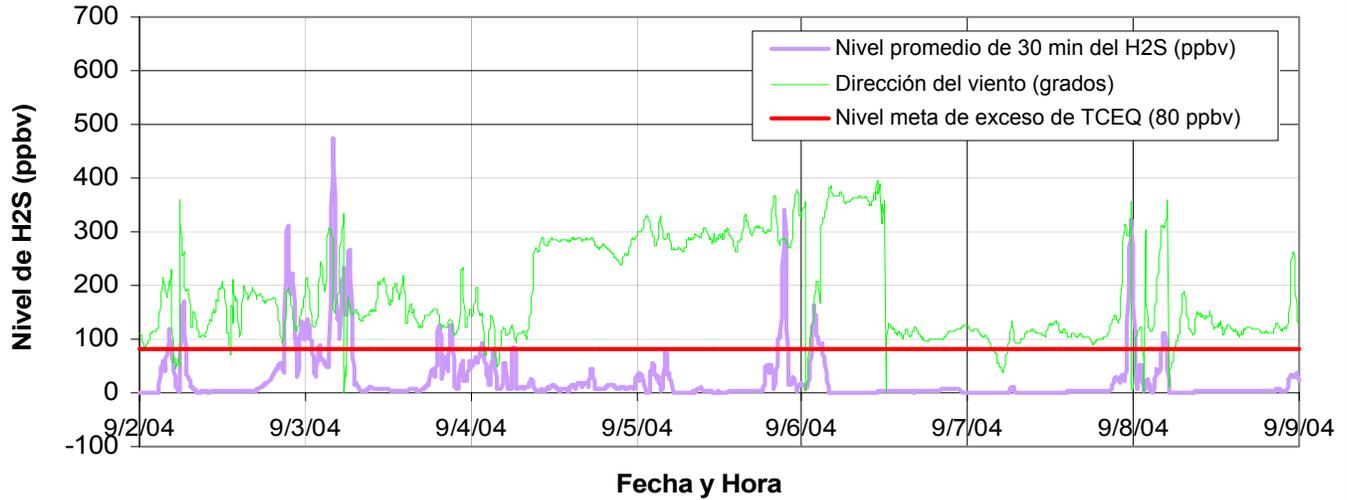


Figura B1e. Niveles de H2S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 9/9/04 – 9/16/04

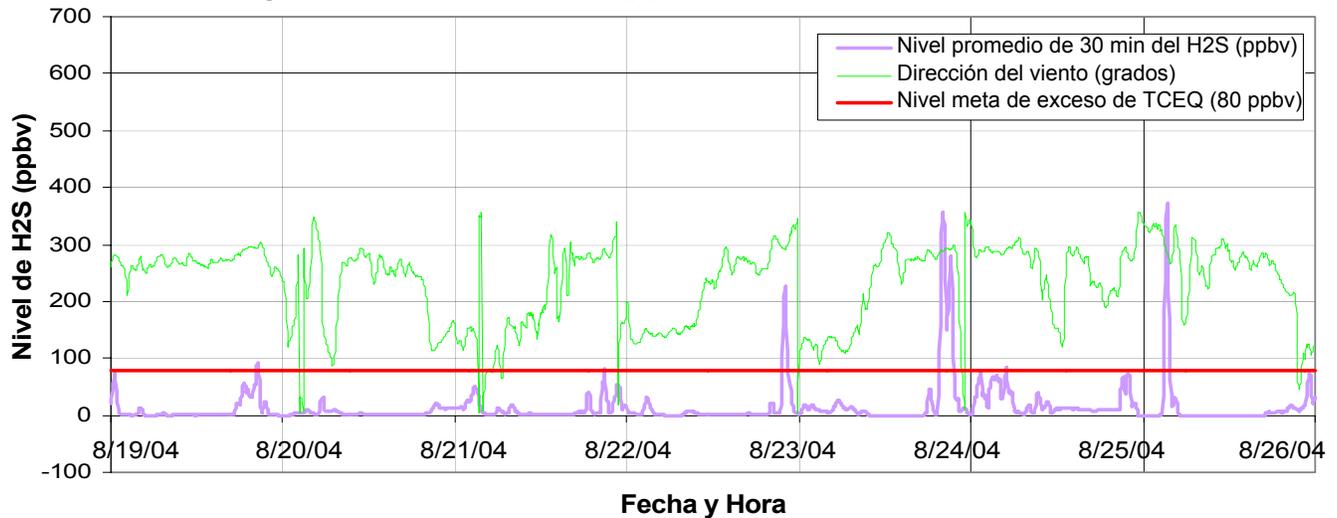


Figura B1f. Niveles de H2S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 9/16/04-9/23/04

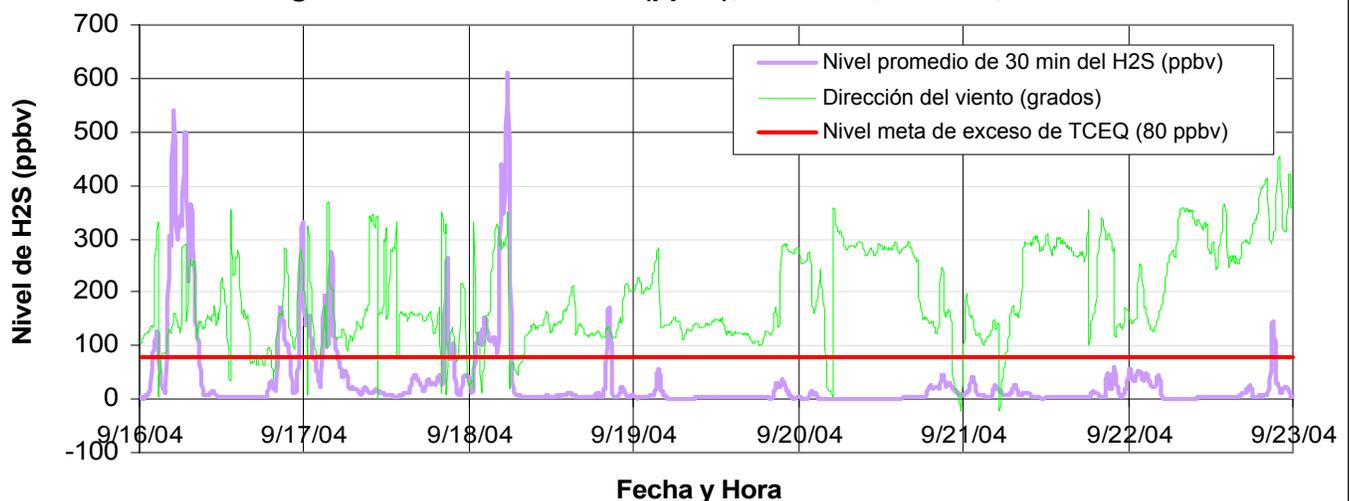




Figura B1g. Niveles de H2S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 9/23/04 – 9/30/04

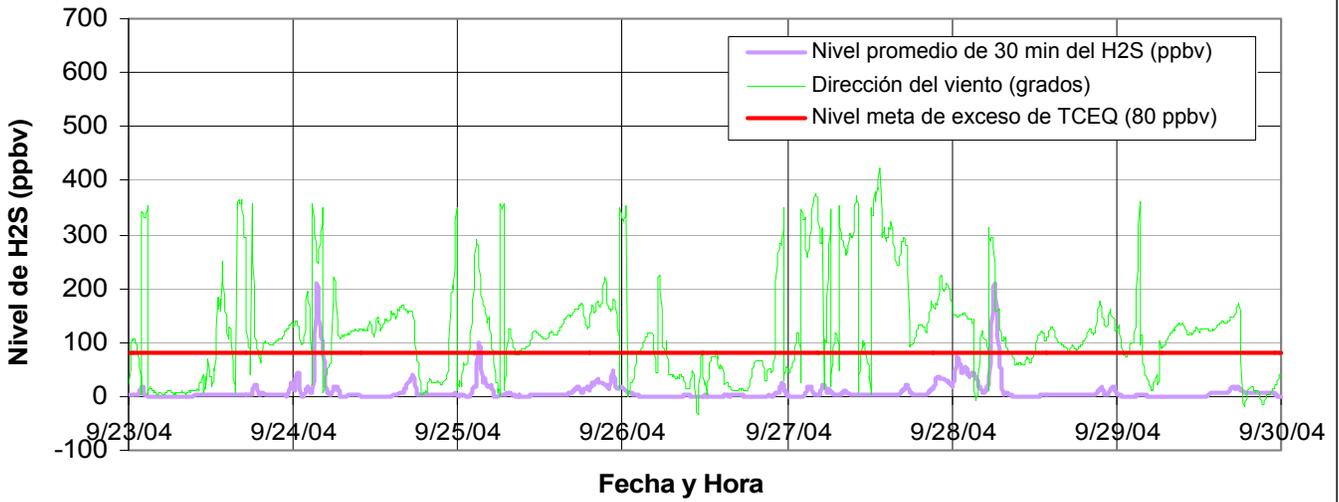


Figura B1h. Niveles de H2S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 9/30/04 – 10/7/04

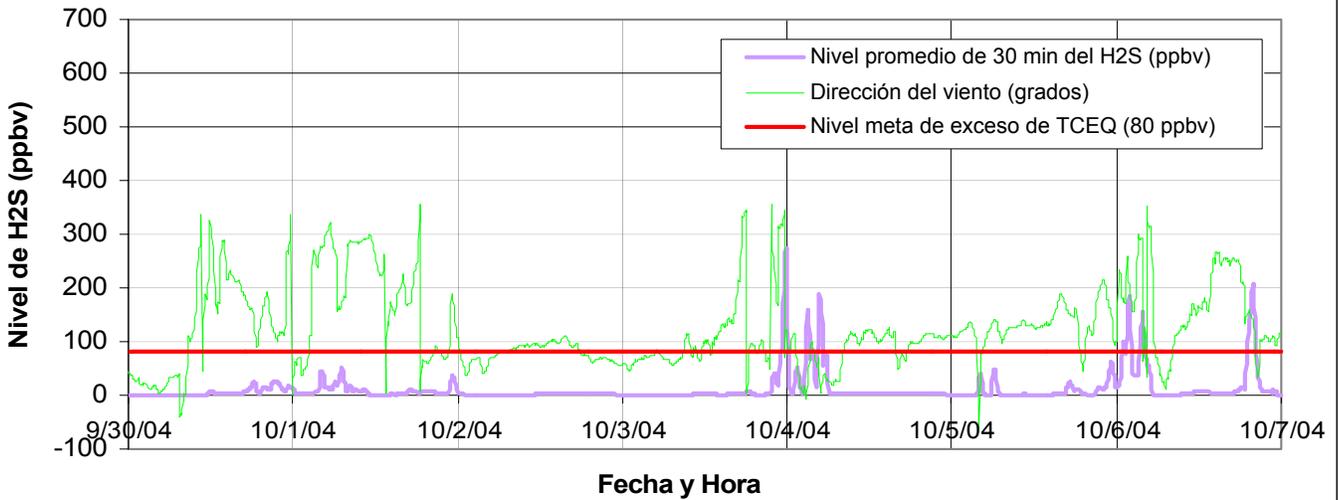


Figura B1i. Niveles de H2S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 10/7/04 – 10/14/04

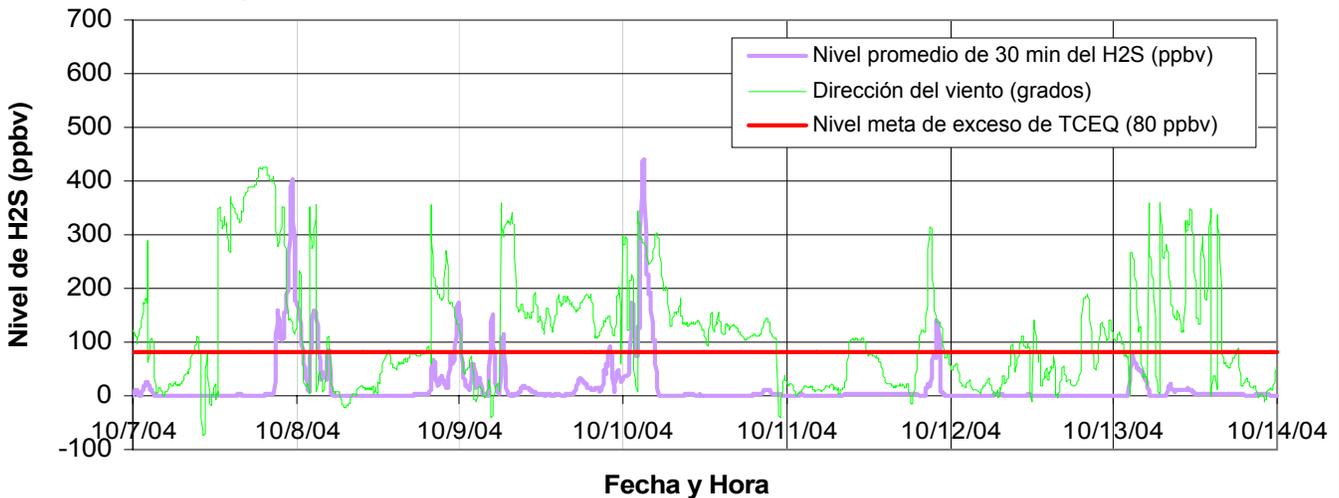




Figura B1j. Niveles de H₂S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 10/14/04 – 10/21/04

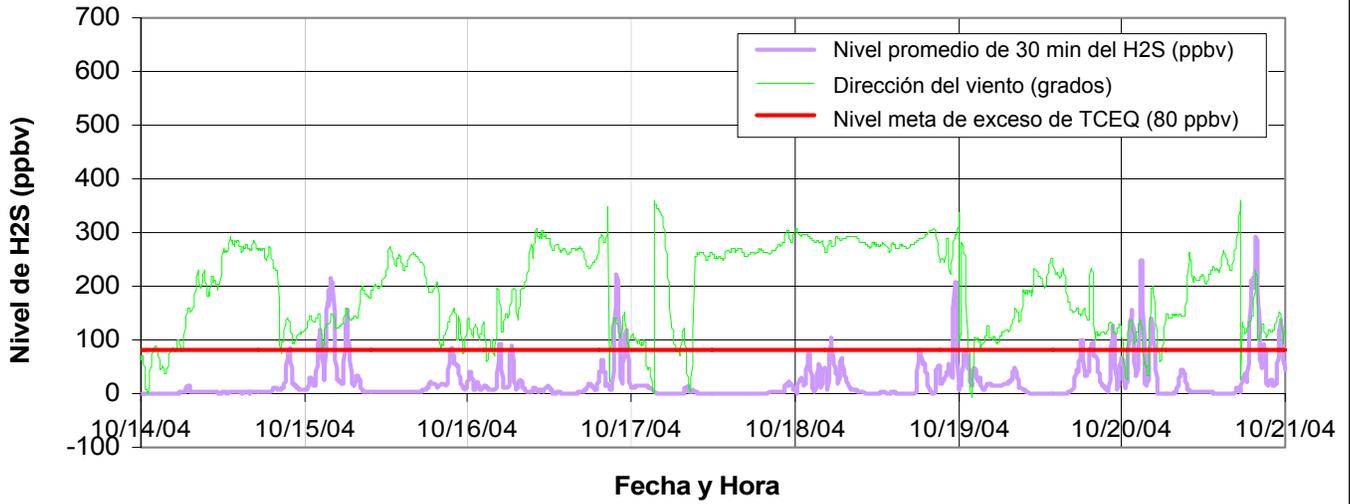


Figura B1k. Niveles de H₂S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 10/21/04 – 10/28/04

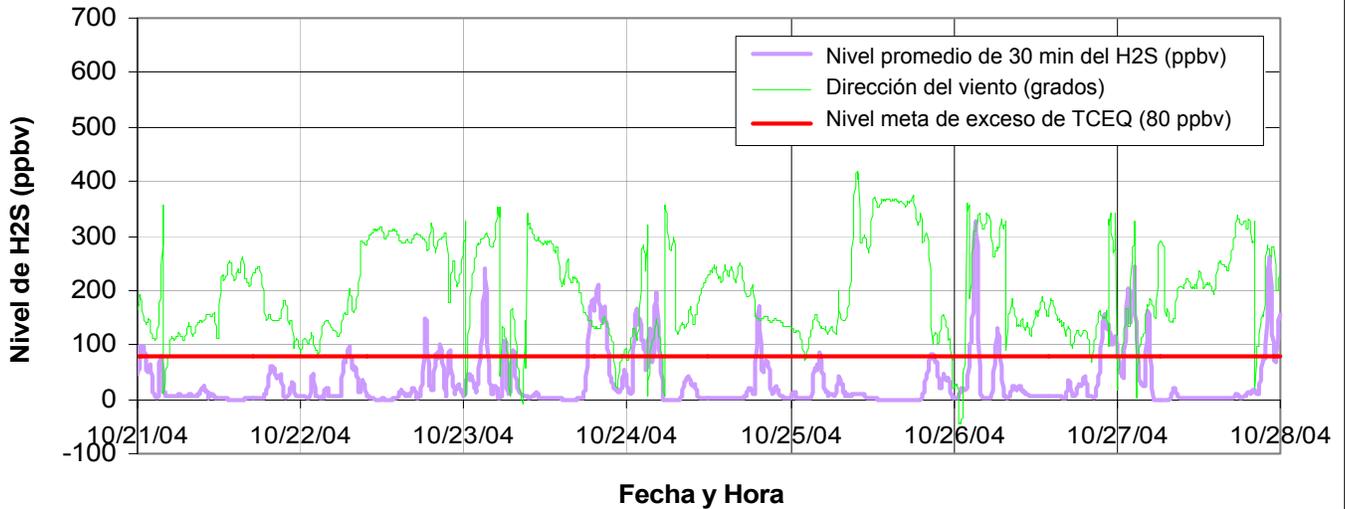
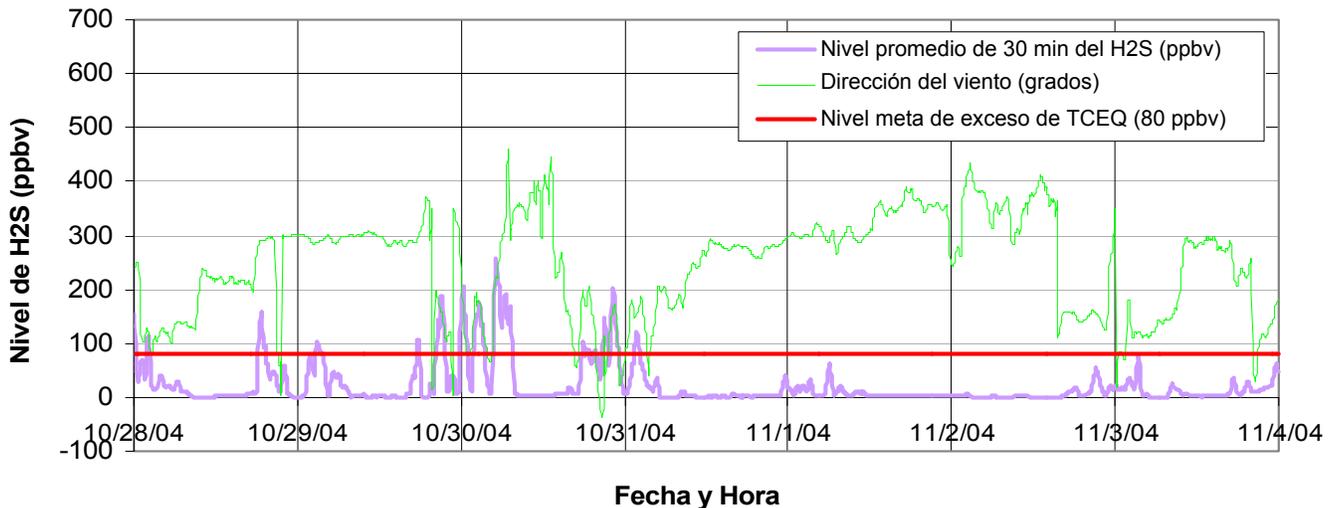
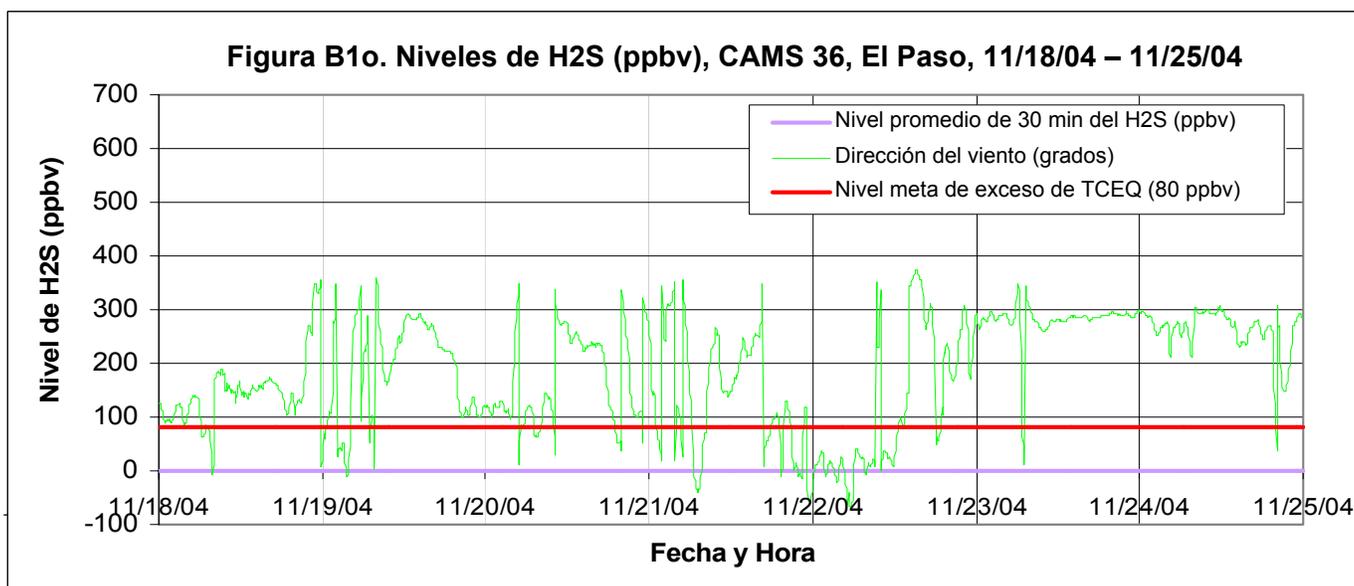
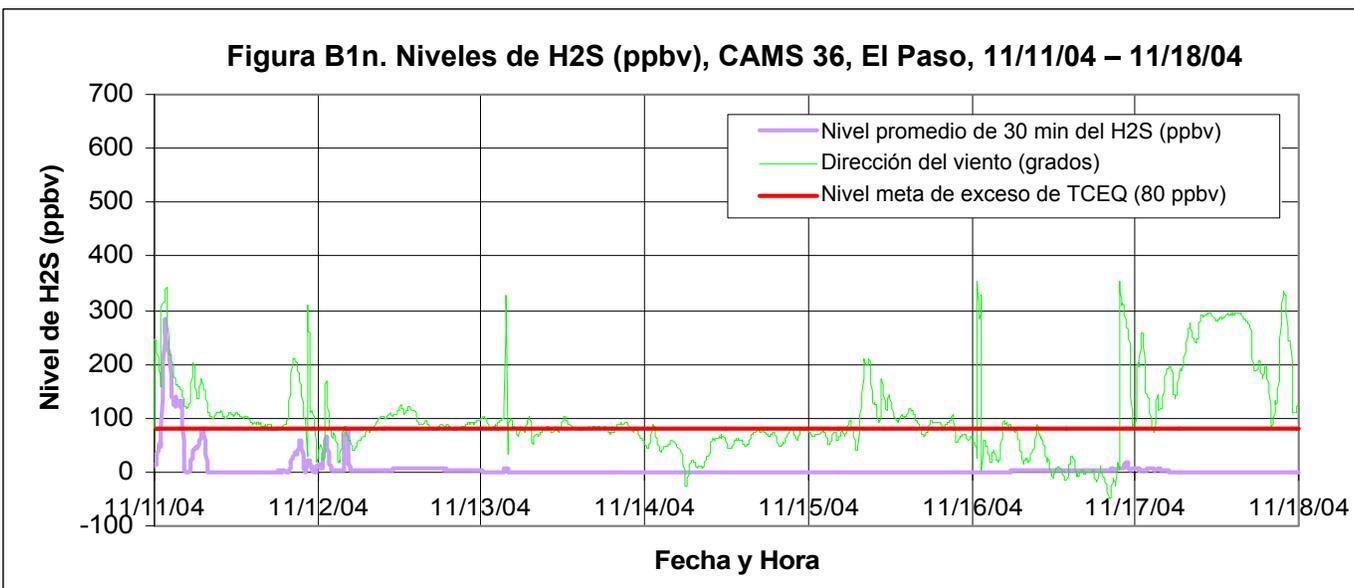
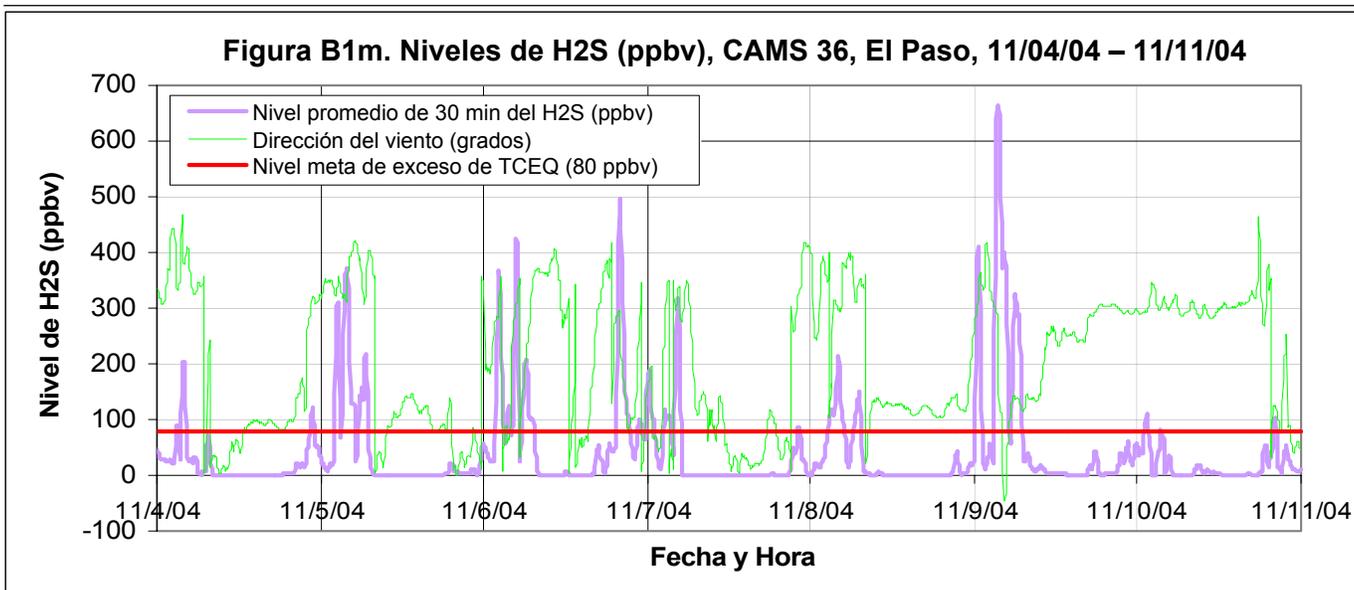


Figura B1l. Niveles de H₂S (ppbv), CAMS 36, El Paso, 10/28/04 – 11/04/04

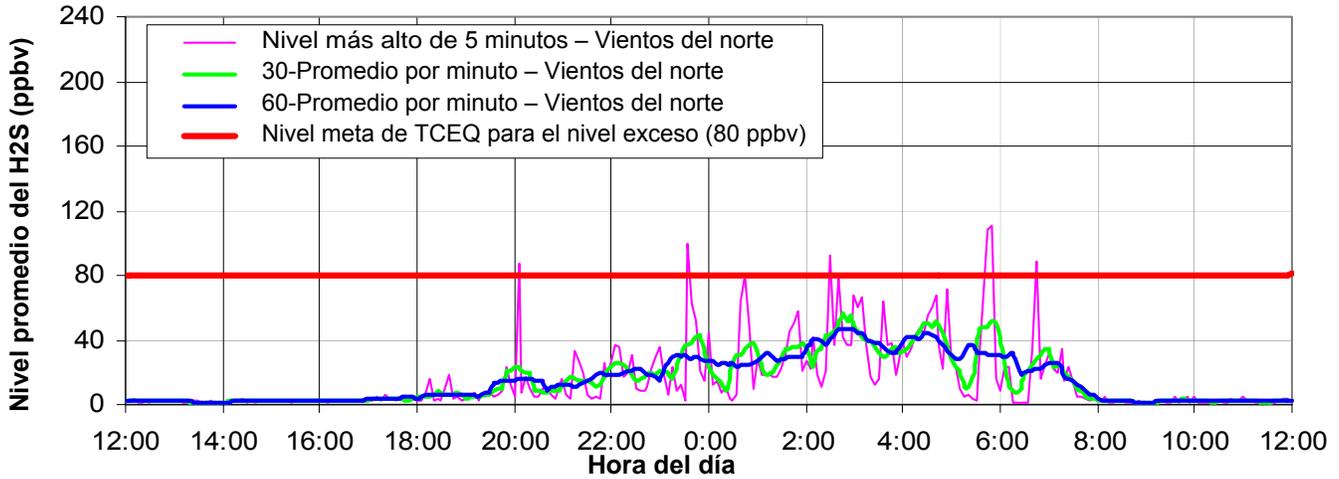




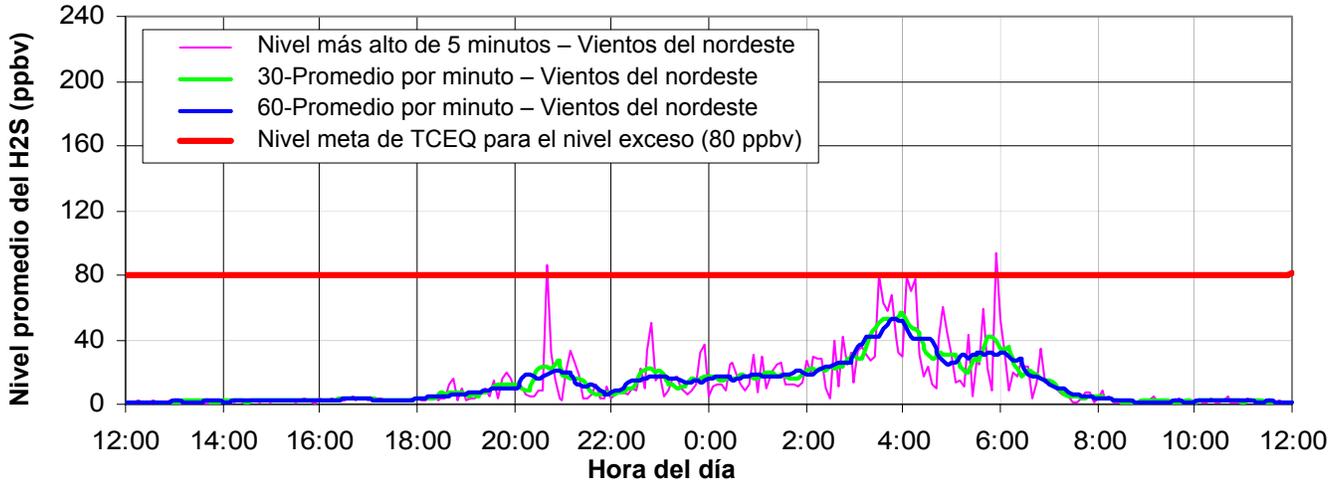
Figuras B2



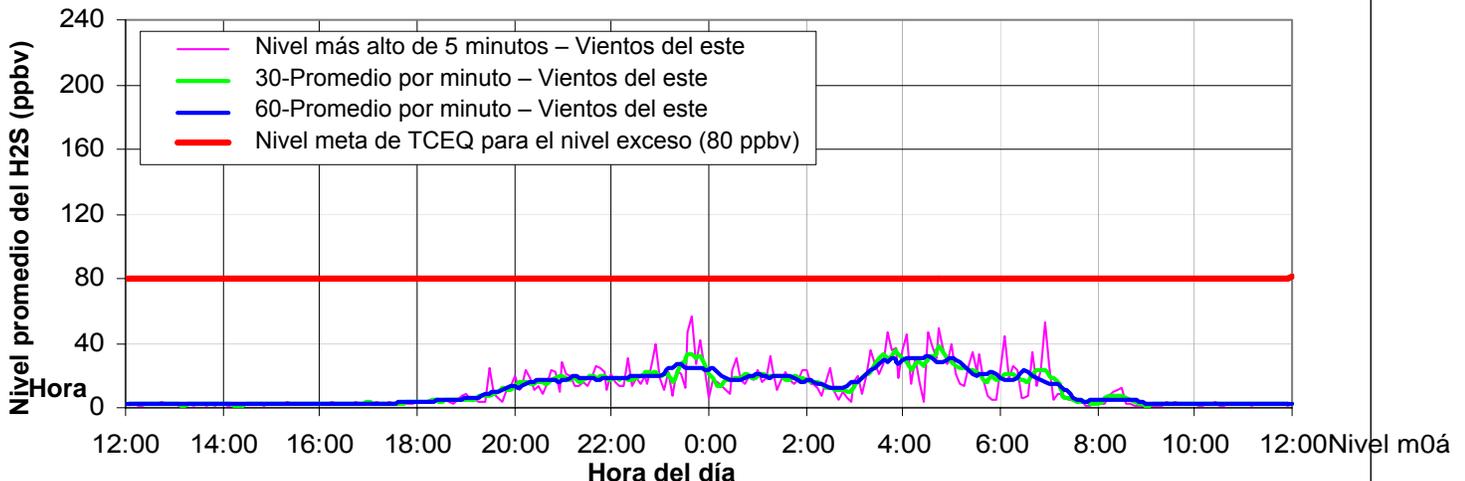
**Figura B2a. Niveles del H₂S (ppbv) por Hora del día (Promedios del 8/12/04 hasta el 11/30/04)
 CAMS 36, El Paso**



**Figura B2b. Niveles del H₂S (ppbv) por Hora del día (Promedios del 8/12/04 hasta el 11/30/04)
 CAMS 36, El Paso**

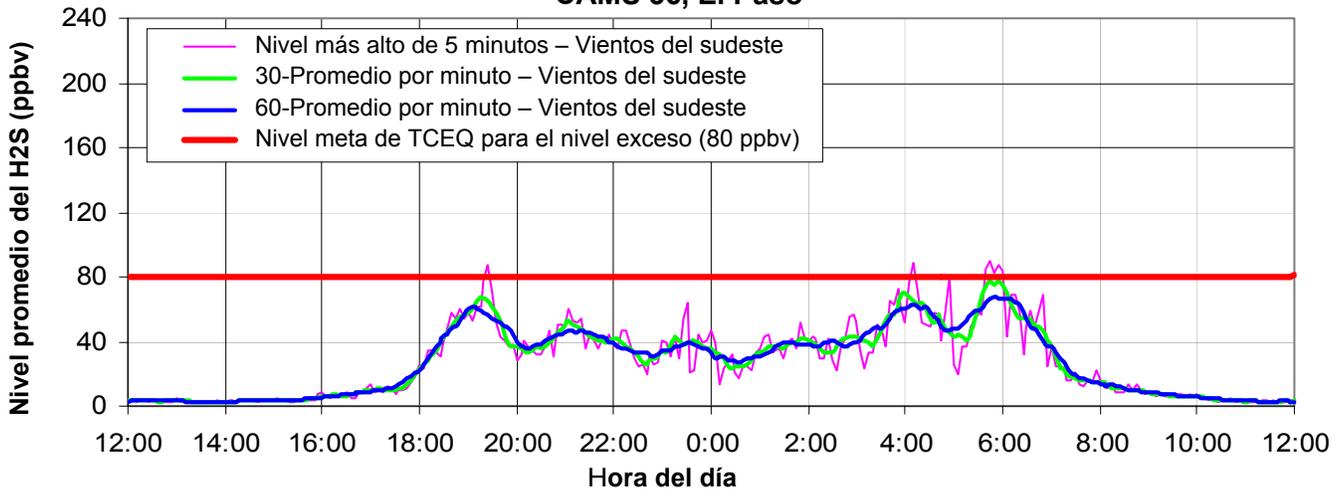


**Figura B2c. Niveles del H₂S (ppbv) por Hora del día (Promedios del 8/12/04 hasta el 11/30/04)
 CAMS 36, El Paso**

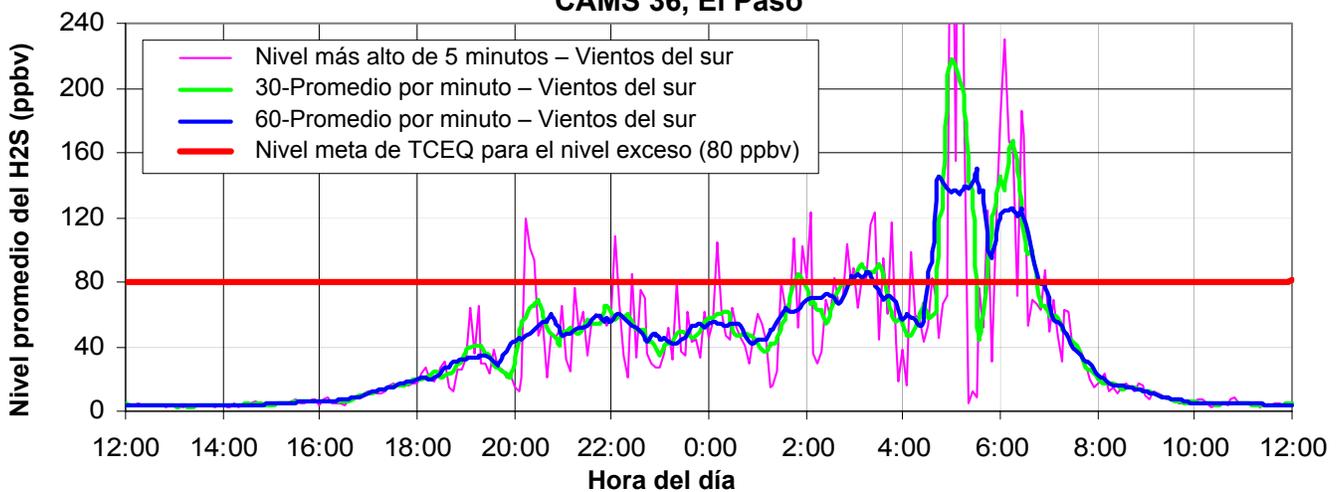




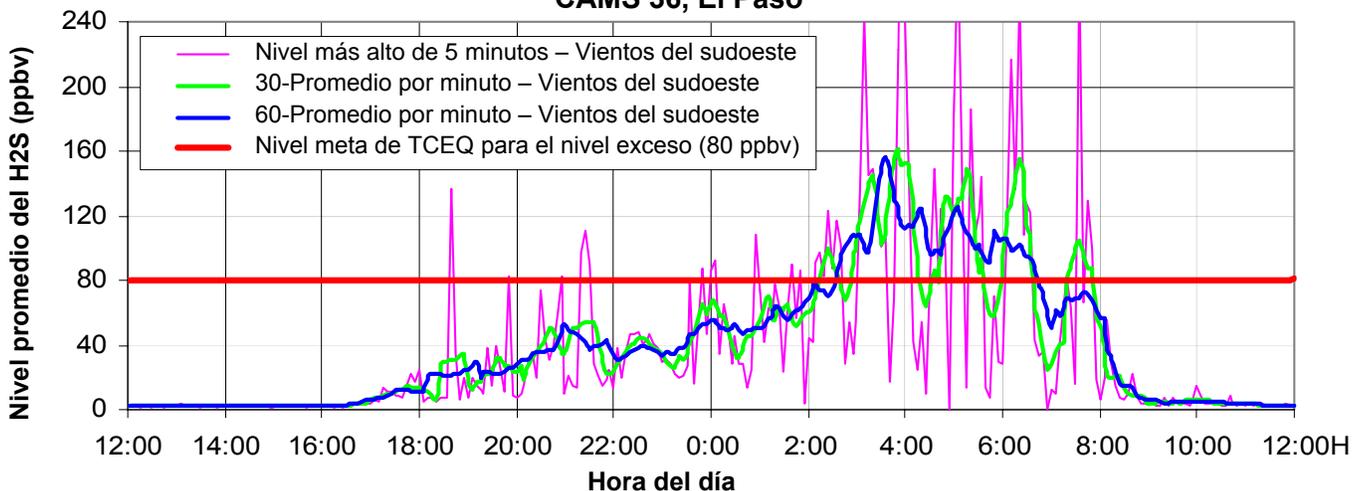
**Figura B2d. Niveles del H₂S (ppbv) por Hora del día (Promedios del 8/12/04 hasta el 11/30/04)
CAMS 36, El Paso**



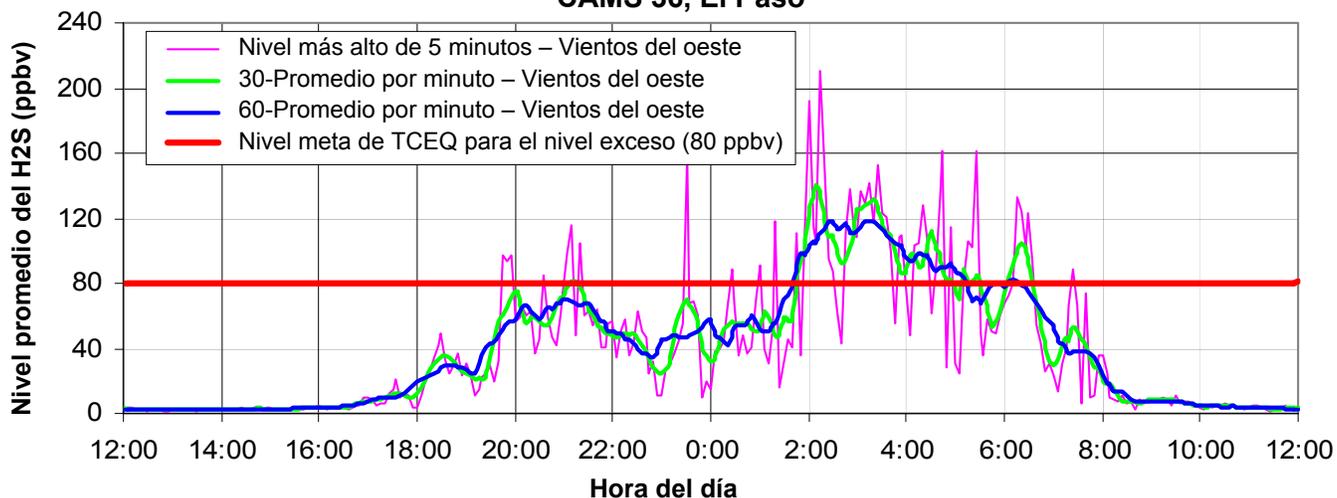
**Figura B2e. Niveles del H₂S (ppbv) por Hora del día (Promedios del 8/12/04 hasta el 11/30/04)
CAMS 36, El Paso**



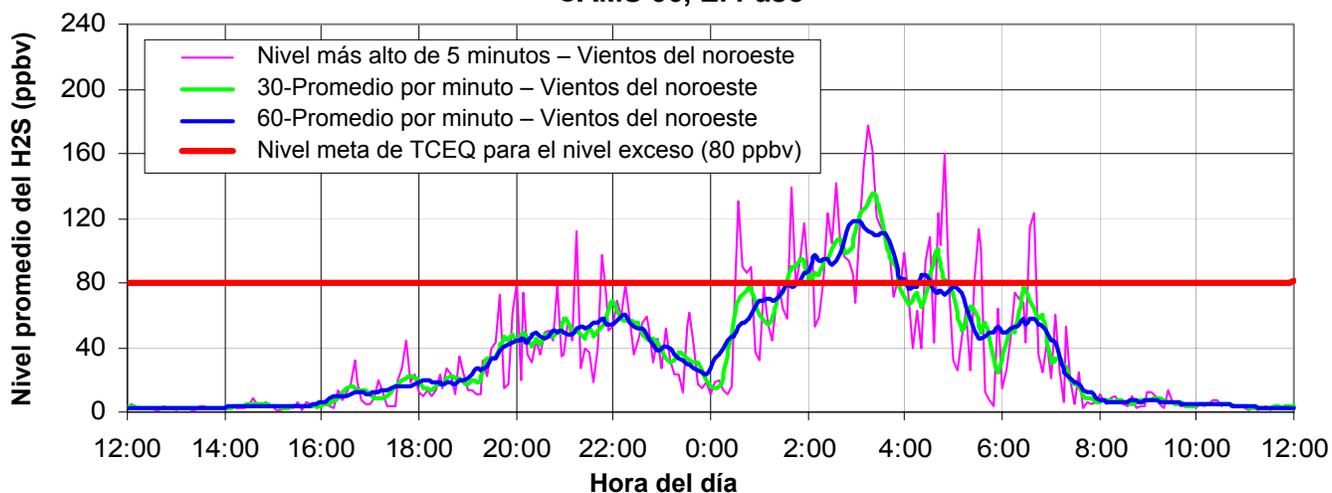
**Figura B2f. Niveles del H₂S (ppbv) por Hora del día (Promedios del 8/12/04 hasta el 11/30/04)
CAMS 36, El Paso**



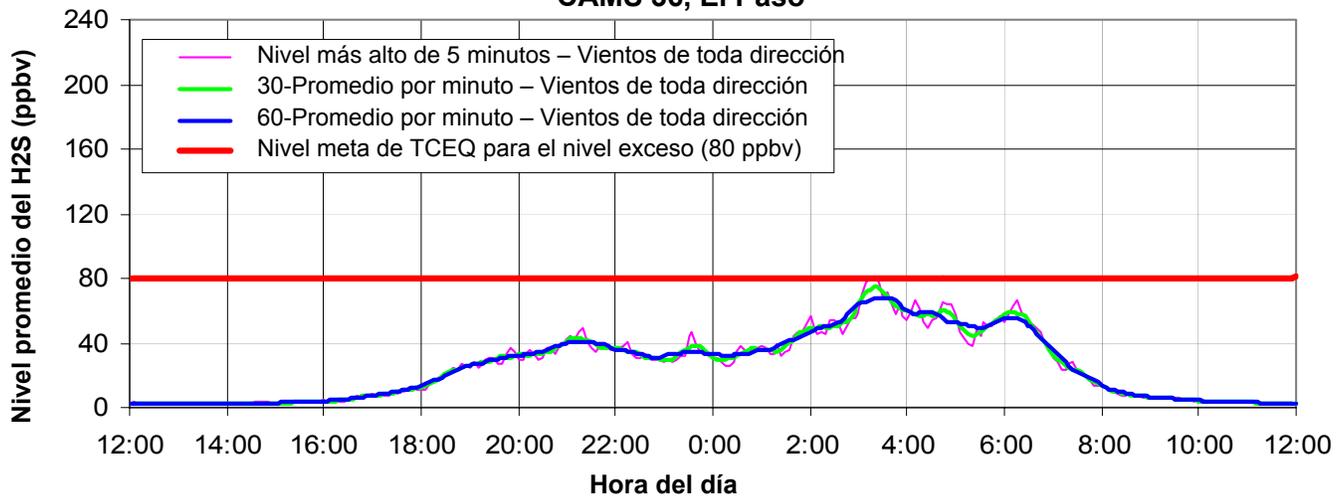
**Figura B2g. Niveles del H₂S (ppbv) por Hora del día (Promedios del 8/12/04 hasta el 11/30/04)
 CAMS 36, El Paso**



**Figura B2h. Niveles del H₂S (ppbv) por Hora del día (Promedios del 8/12/04 hasta el 11/30/04)
 CAMS 36, El Paso**



**Figura B2i. Niveles del H₂S (ppbv) por Hora del día (Promedios del 8/12/04 hasta el 11/30/04)
 CAMS 36, El Paso**





Figuras B3



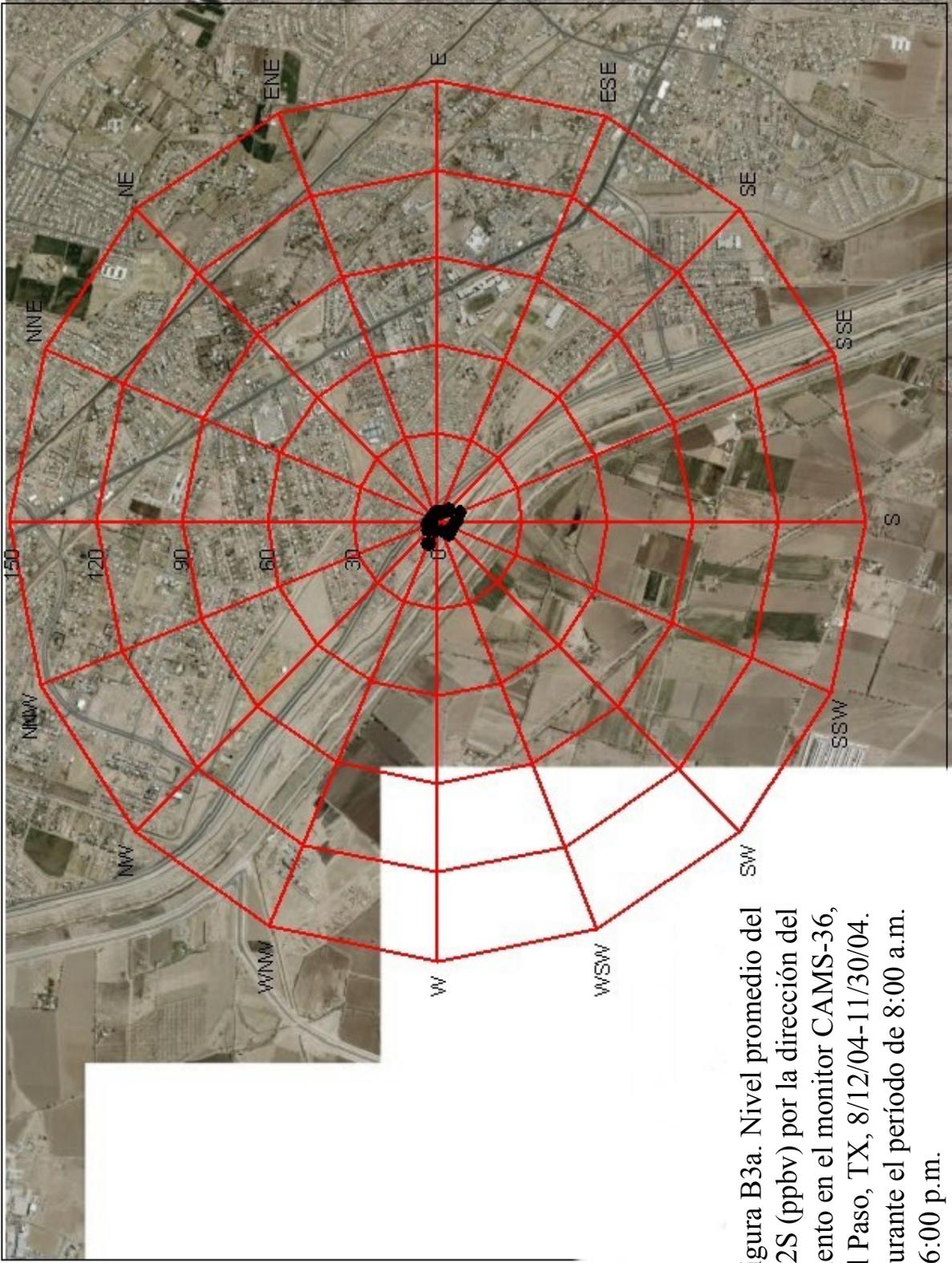


Figura B3a. Nivel promedio del H2S (ppbv) por la dirección del viento en el monitor CAMS-36, El Paso, TX, 8/12/04-11/30/04. Durante el período de 8:00 a.m. a 6:00 p.m.

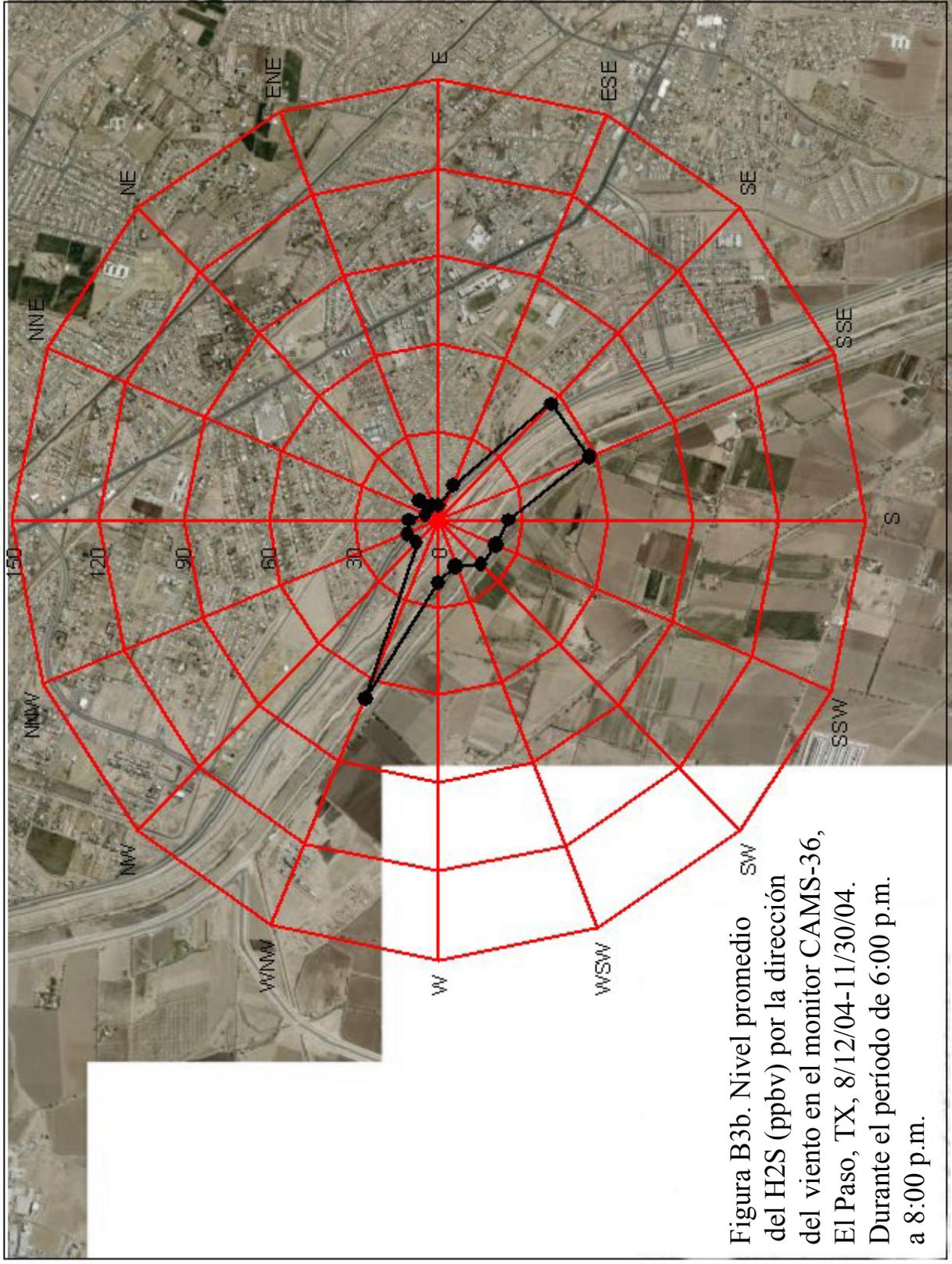


Figura B3b. Nivel promedio del H2S (ppbv) por la dirección del viento en el monitor CAMS-36, El Paso, TX, 8/12/04-11/30/04. Durante el período de 6:00 p.m. a 8:00 p.m.

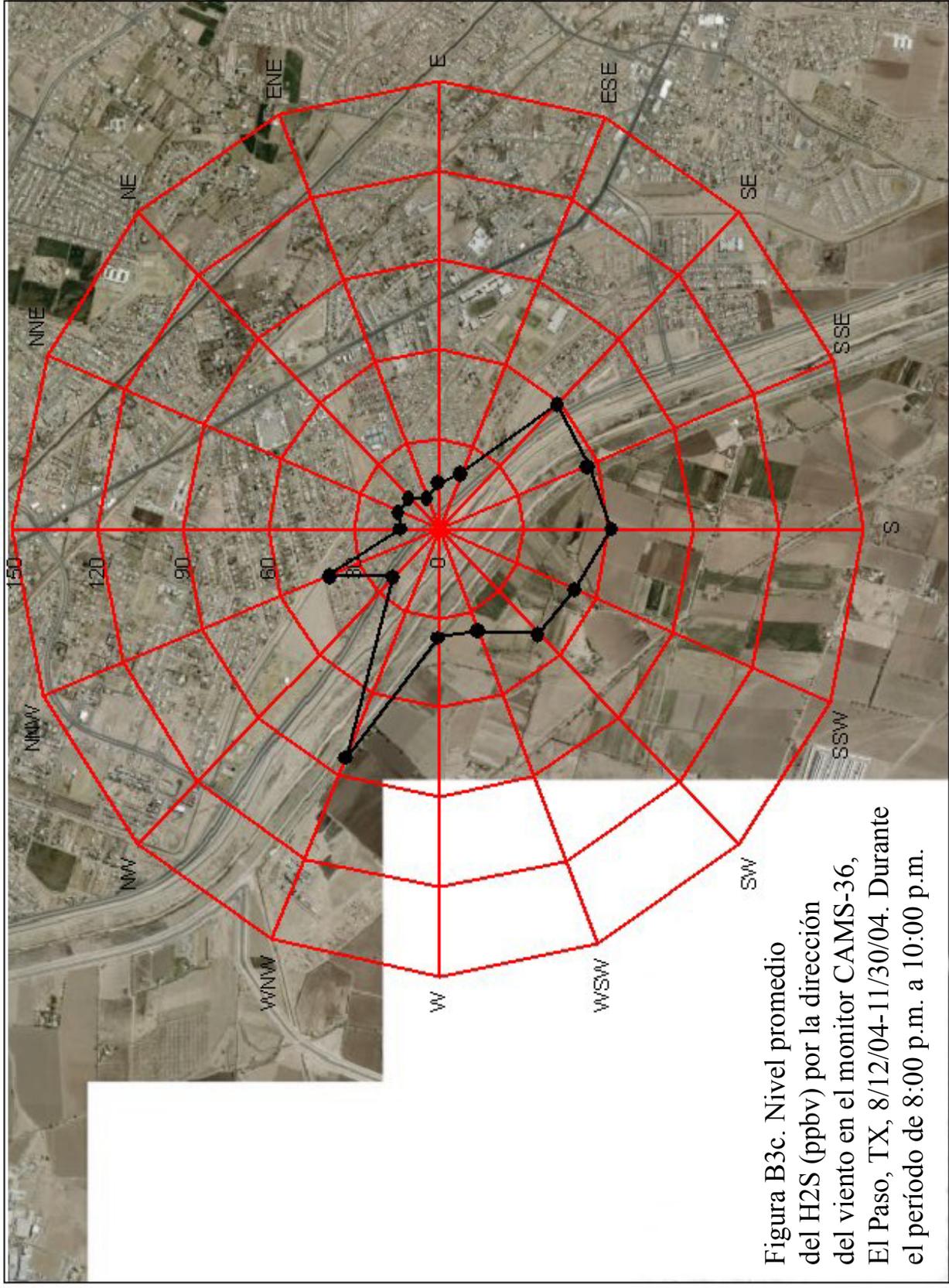


Figura B3c. Nivel promedio del H2S (ppbv) por la dirección del viento en el monitor CAMS-36, El Paso, TX, 8/12/04-11/30/04. Durante el período de 8:00 p.m. a 10:00 p.m.

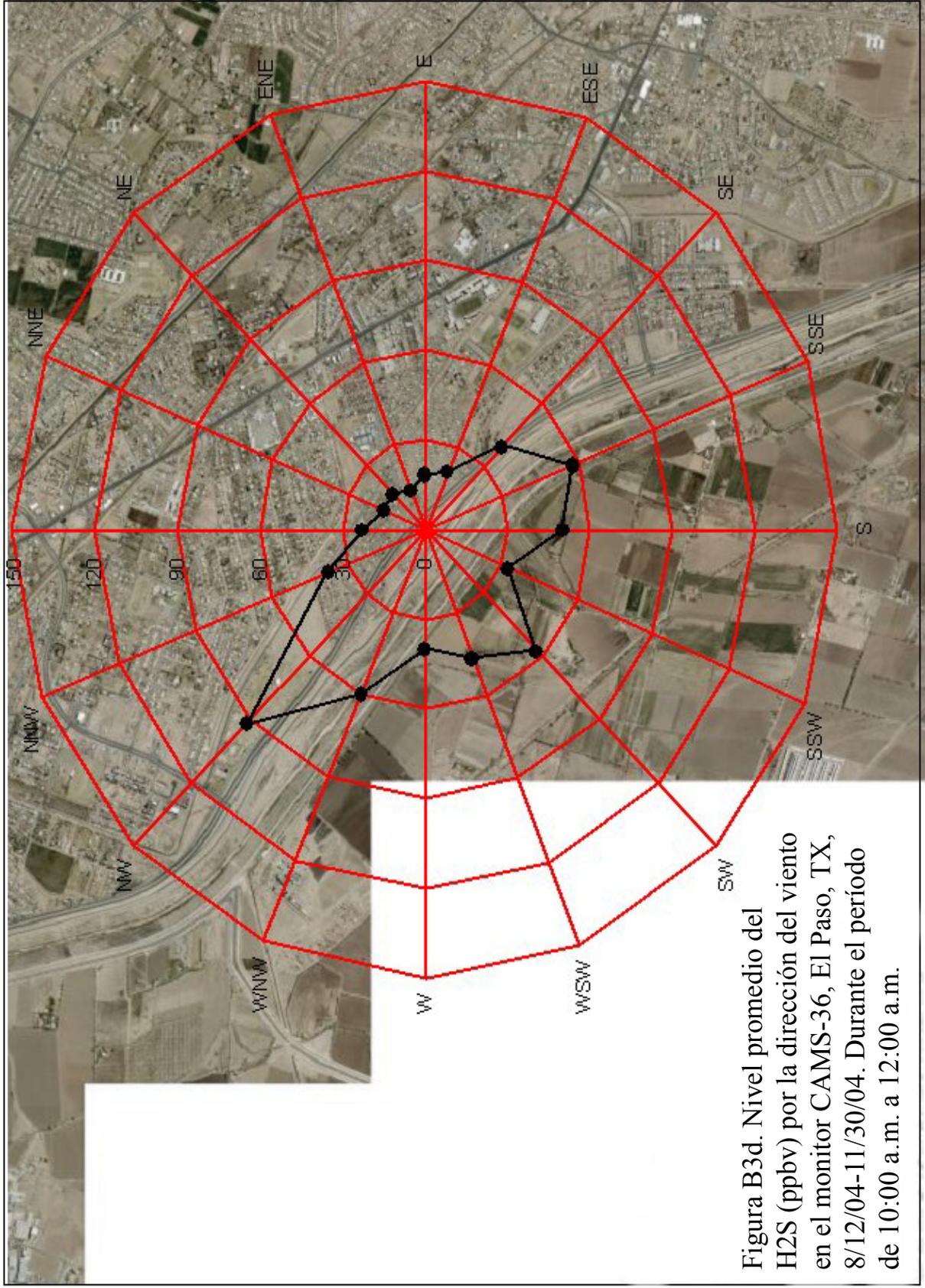


Figura B3d. Nivel promedio del H2S (ppbv) por la dirección del viento en el monitor CAMS-36, El Paso, TX, 8/12/04-11/30/04. Durante el período de 10:00 a.m. a 12:00 a.m.

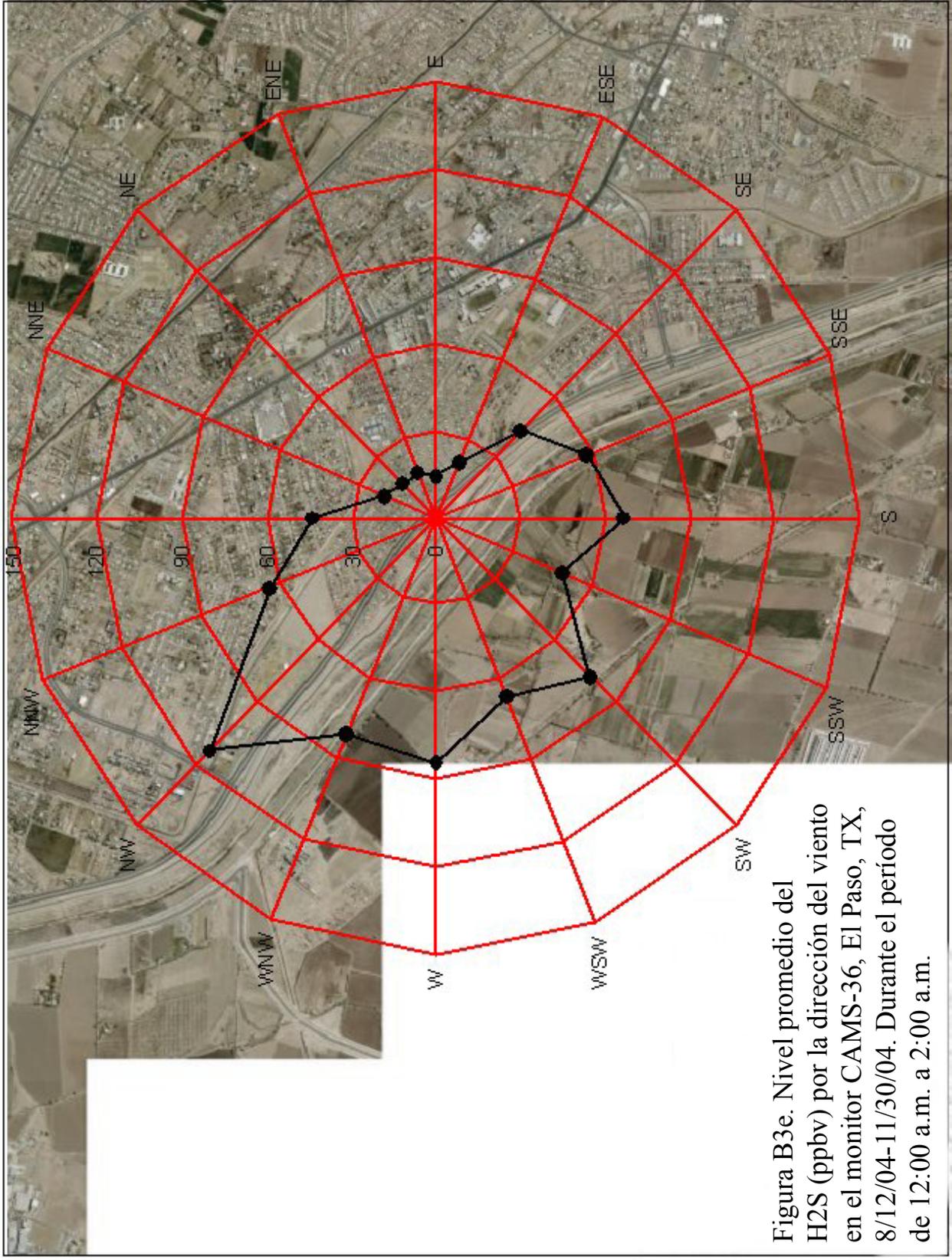


Figura B3e. Nivel promedio del H2S (ppbv) por la dirección del viento en el monitor CAMS-36, El Paso, TX, 8/12/04-11/30/04. Durante el período de 12:00 a.m. a 2:00 a.m.

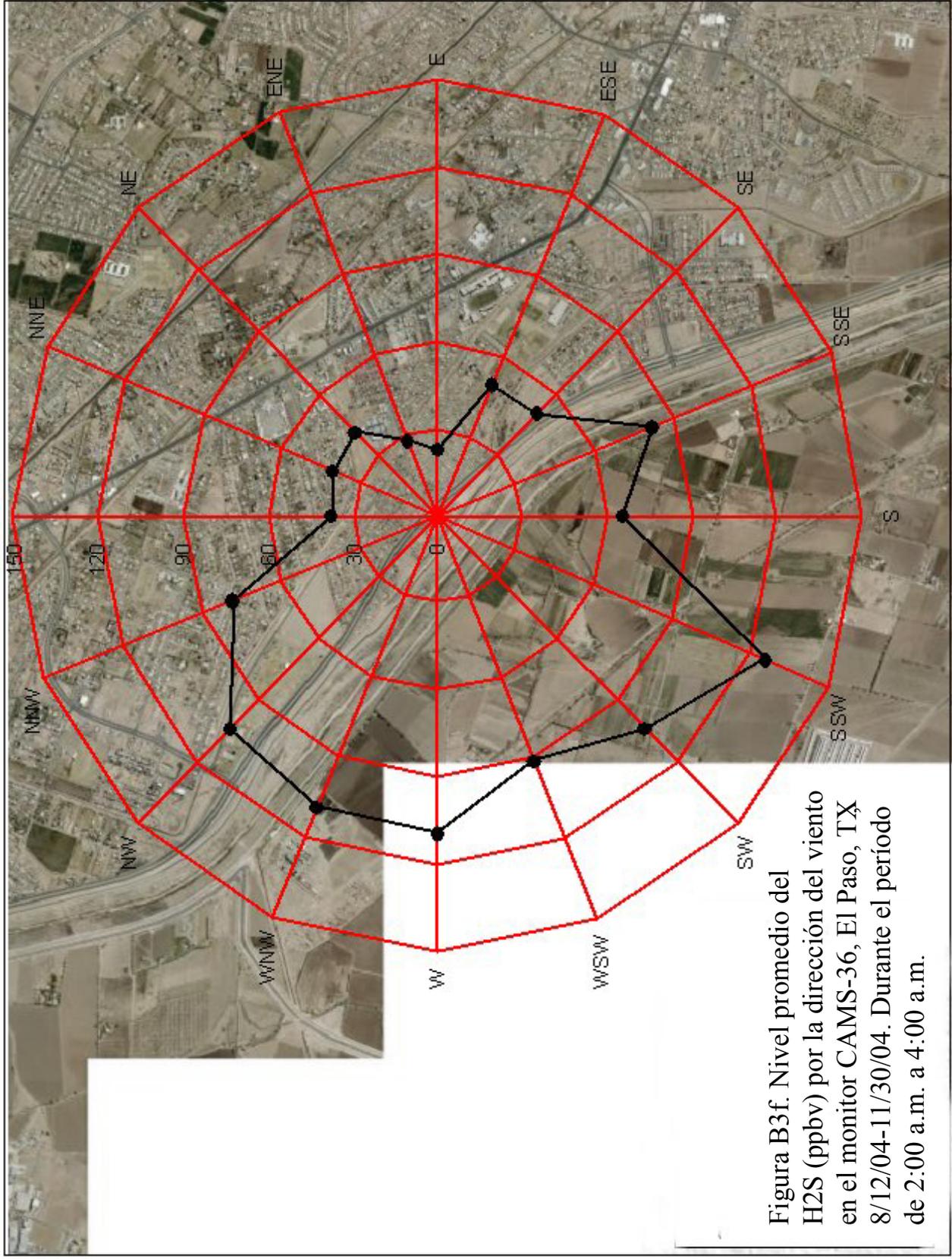


Figura B3f. Nivel promedio del H2S (ppbv) por la dirección del viento en el monitor CAMS-36, El Paso, TX 8/12/04-11/30/04. Durante el período de 2:00 a.m. a 4:00 a.m.

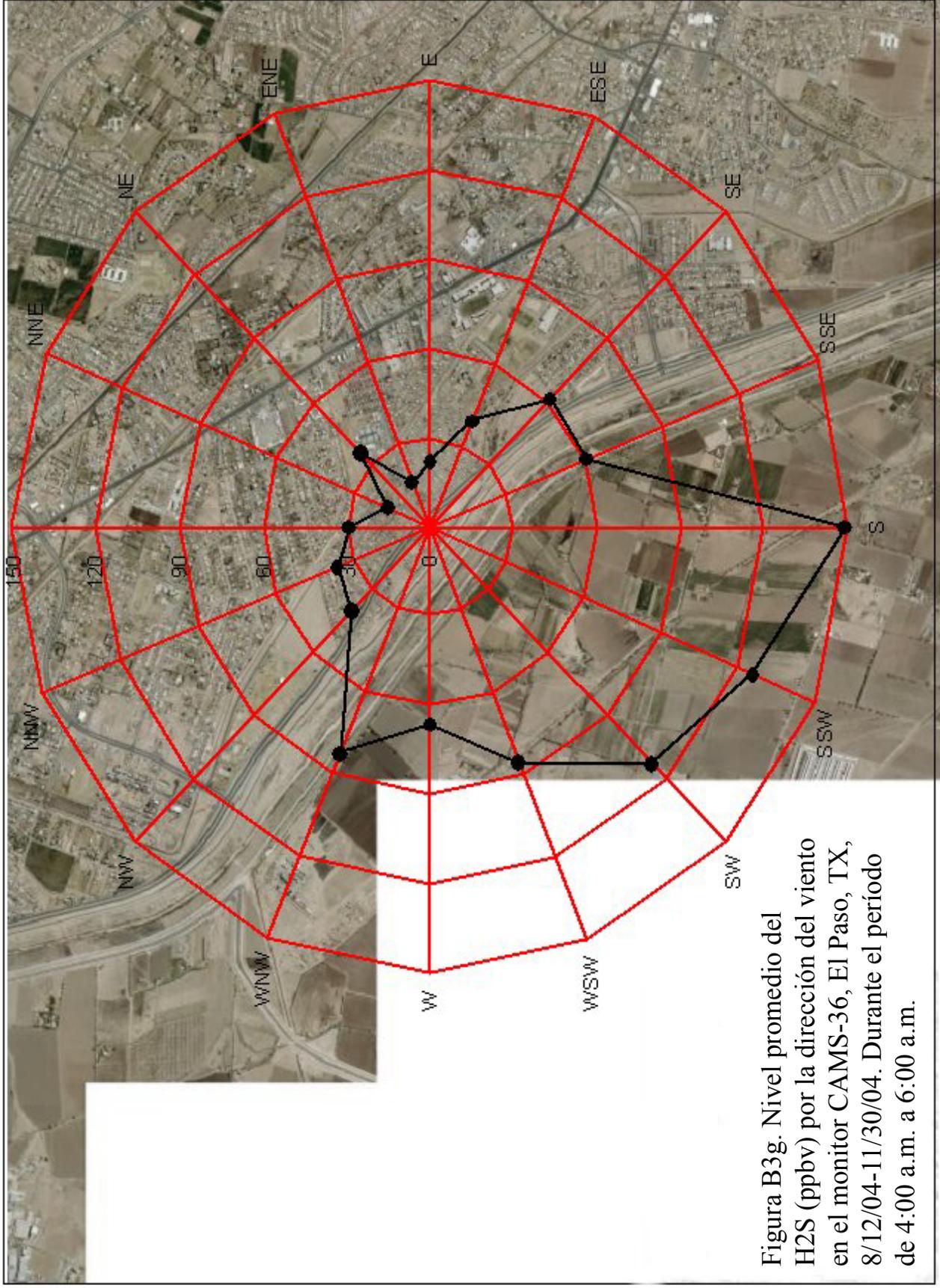


Figura B3g. Nivel promedio del H2S (ppbv) por la dirección del viento en el monitor CAMS-36, El Paso, TX, 8/12/04-11/30/04. Durante el período de 4:00 a.m. a 6:00 a.m.

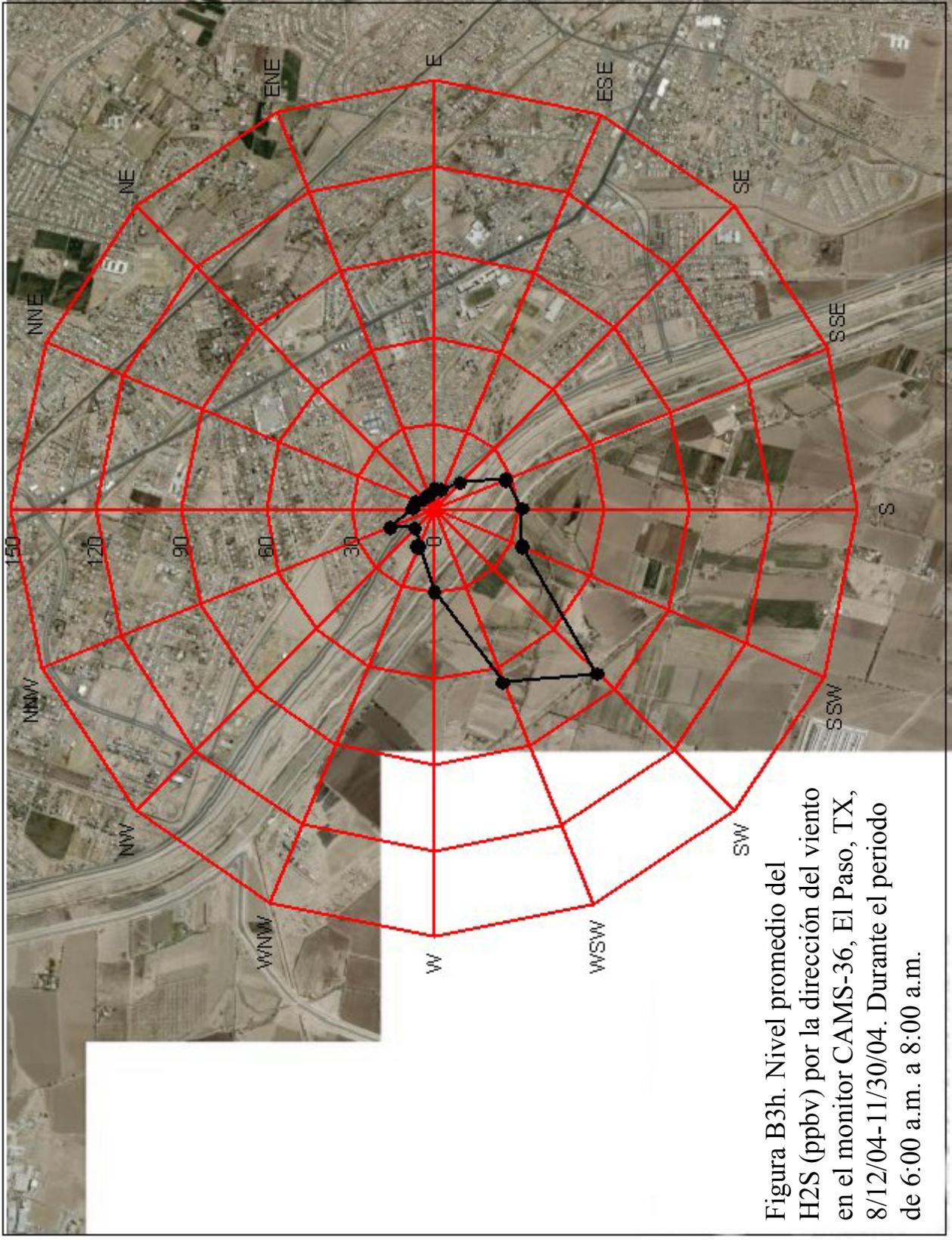


Figura B3h. Nivel promedio del H2S (ppbv) por la dirección del viento en el monitor CAMS-36, El Paso, TX, 8/12/04-11/30/04. Durante el periodo de 6:00 a.m. a 8:00 a.m.



Figuras B4



Figura B4a. Número de Excesos del H2S (>80 ppbv) por dirección del viento y hora del día, CAMS-36, El Paso

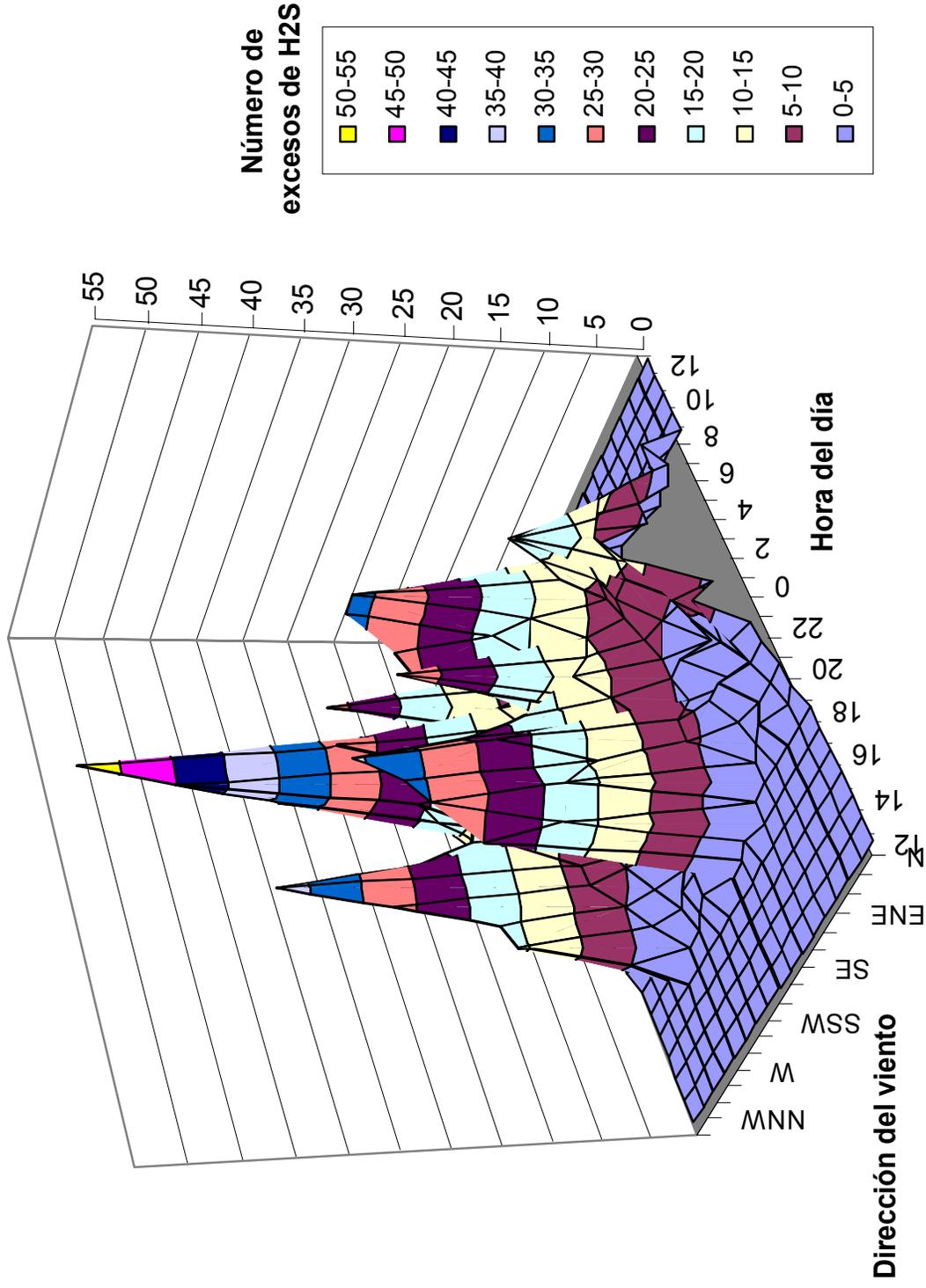


Figura B4b. Número de Excesos del H2S (>80 ppbv) por dirección del viento y hora del día, CAMS-36, El Paso

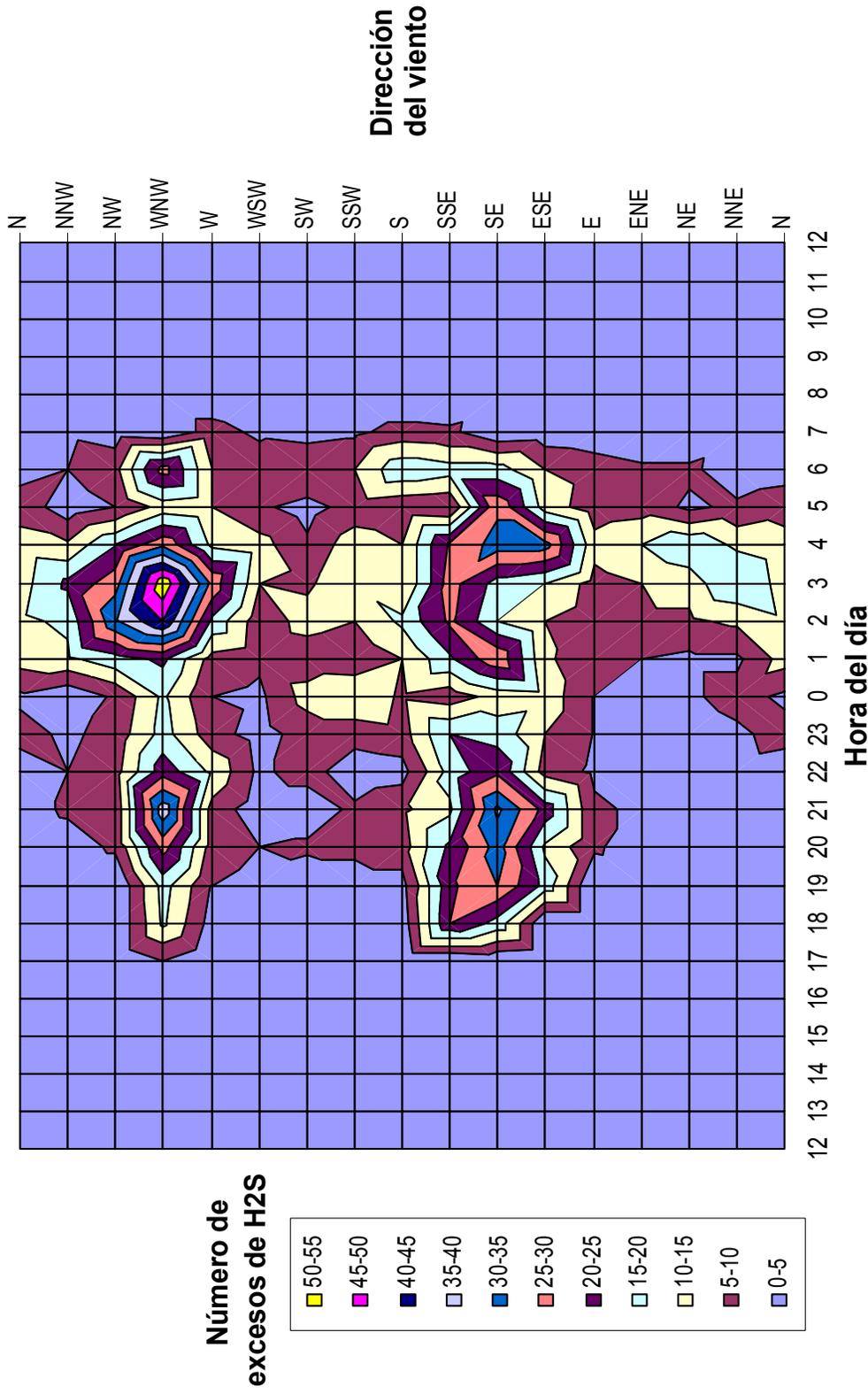


Figura B4c. Niveles promedios de 5 minutos del H2S (ppbv) por dirección del viento y hora del día, CAMS-36, El Paso

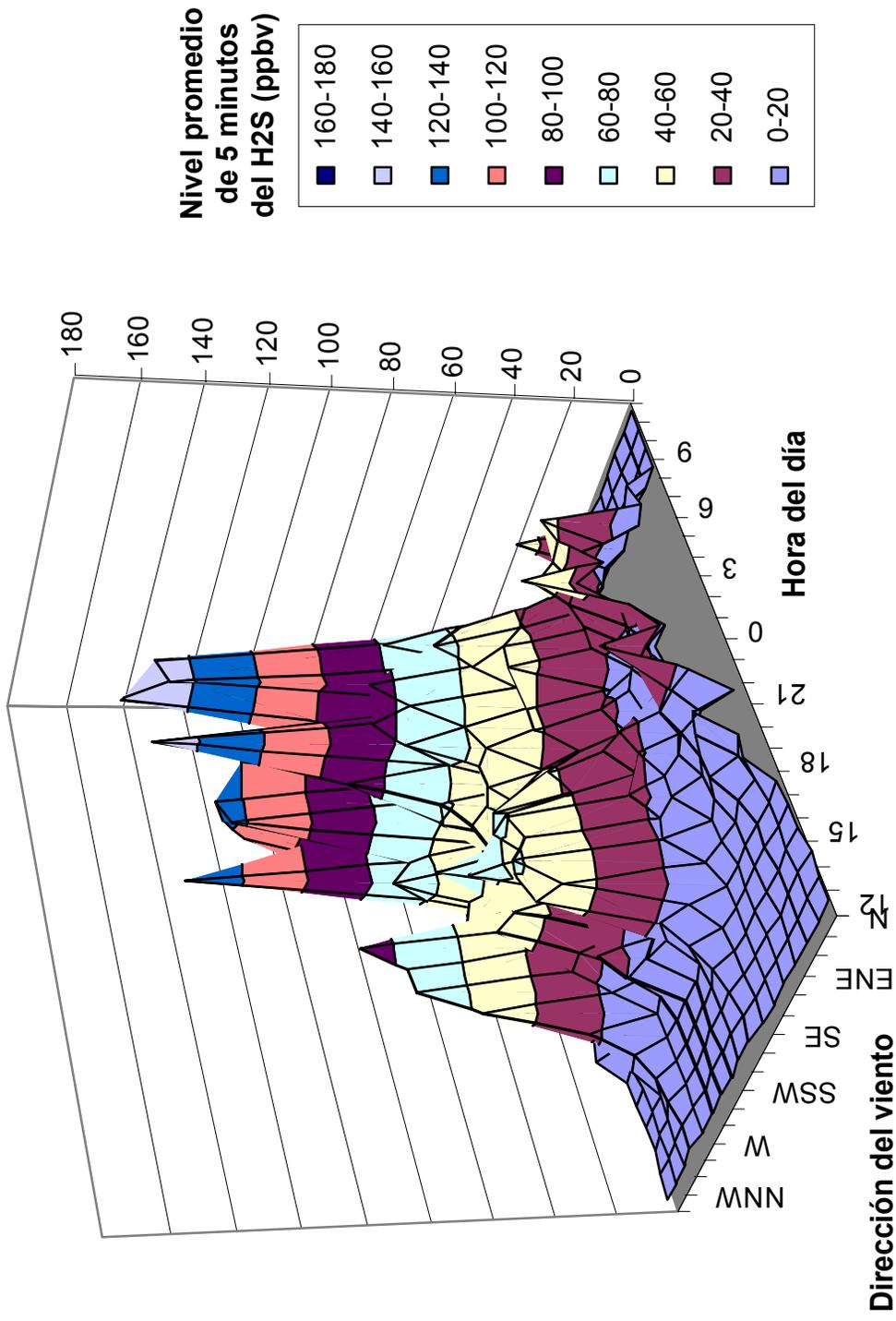


Figura B4d. Niveles promedios de 5 minutos del H2S (ppbv) por dirección del viento y hora del día, CAMS-36, El Paso

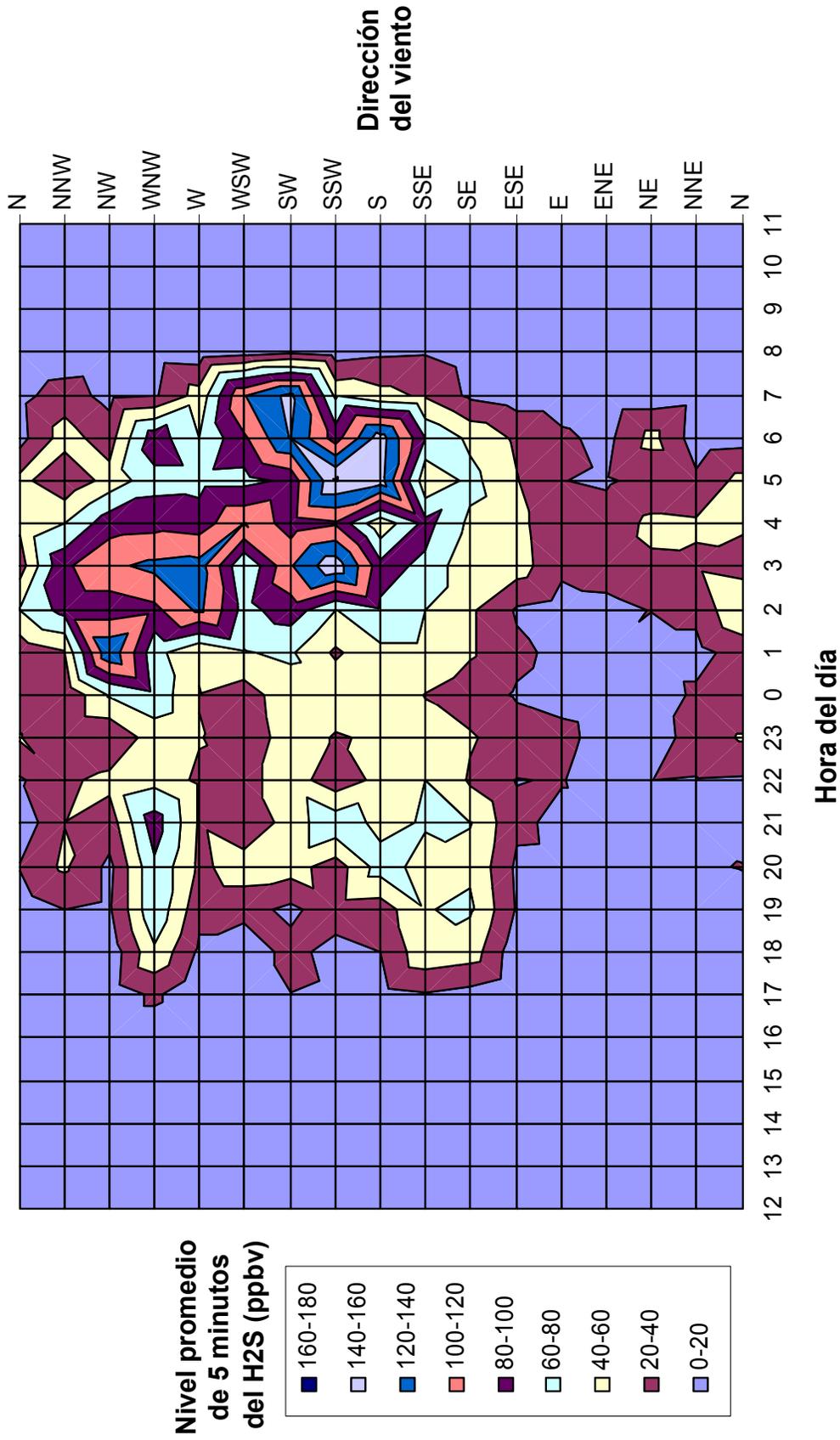


Figura B4e. Niveles promedios de 30 minutos del H2S (ppbv) por dirección del viento y hora del día, CAMS-36, El Paso

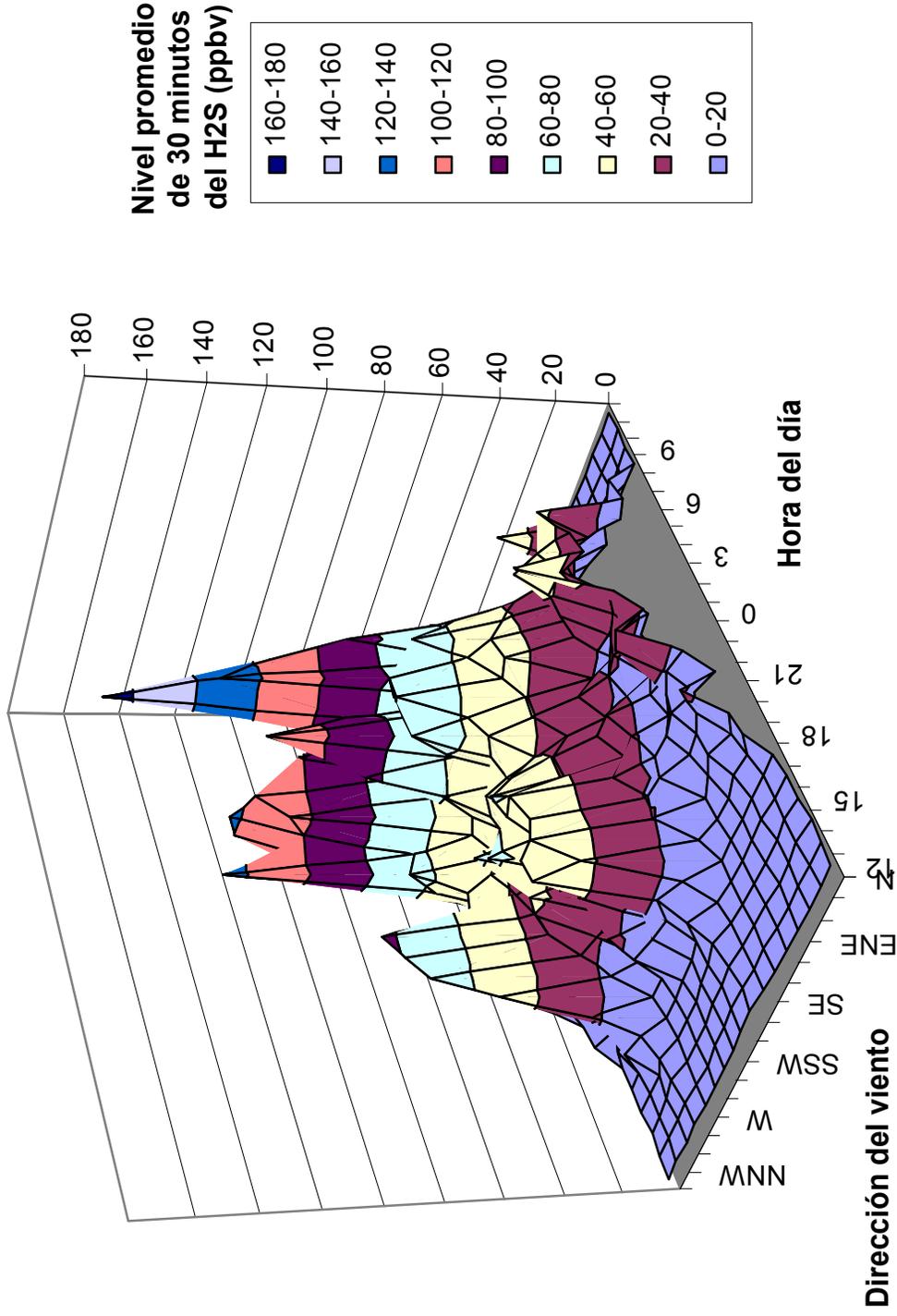


Figura B4f. Niveles promedios de 30 minutos del H2S (ppbv) por dirección del viento y hora del día, CAMS-36, El Paso

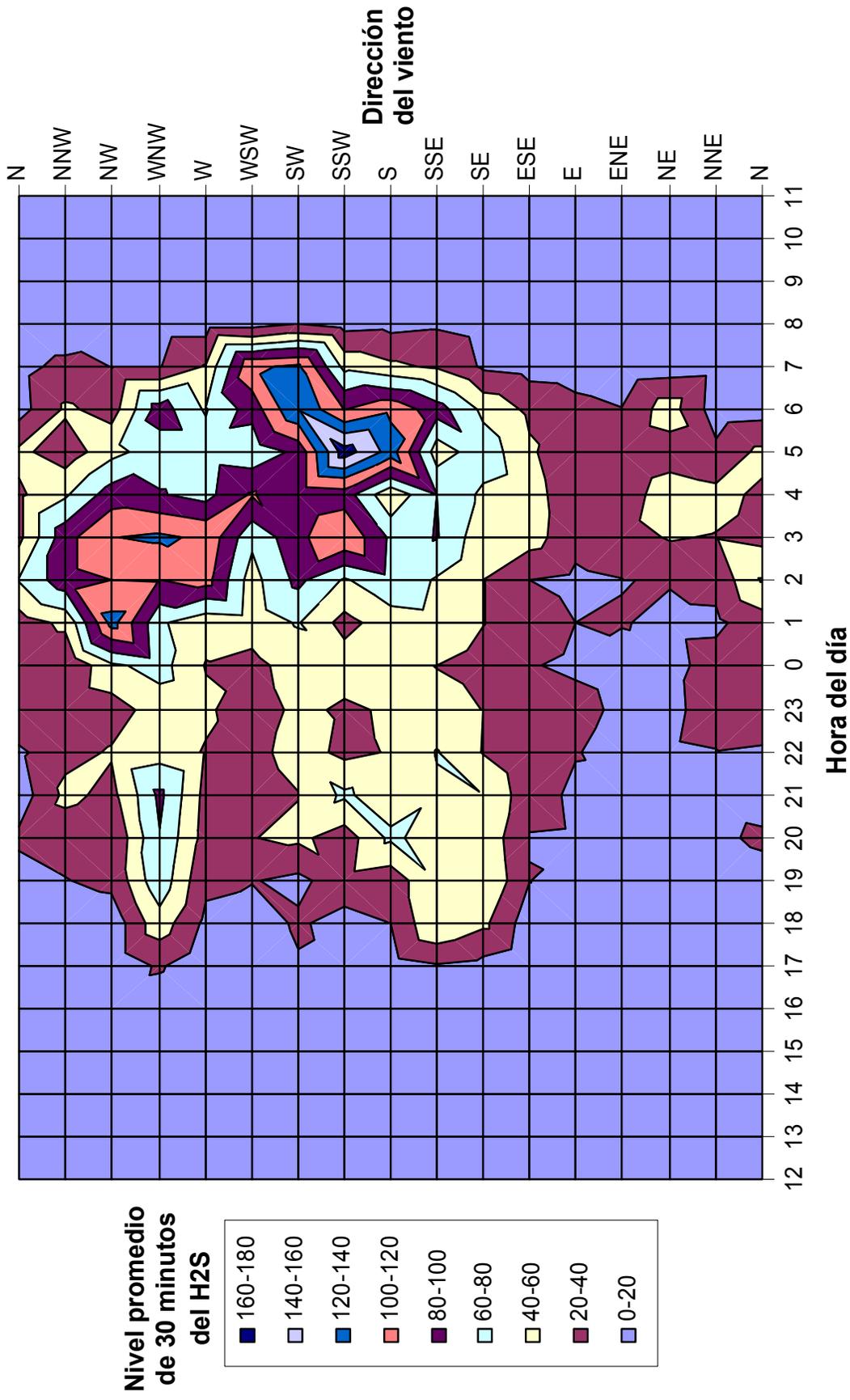


Figura B4g. Niveles promedios de 60 minutos del H2S (ppbv) por dirección del viento y hora del día, CAMS-36, El Paso

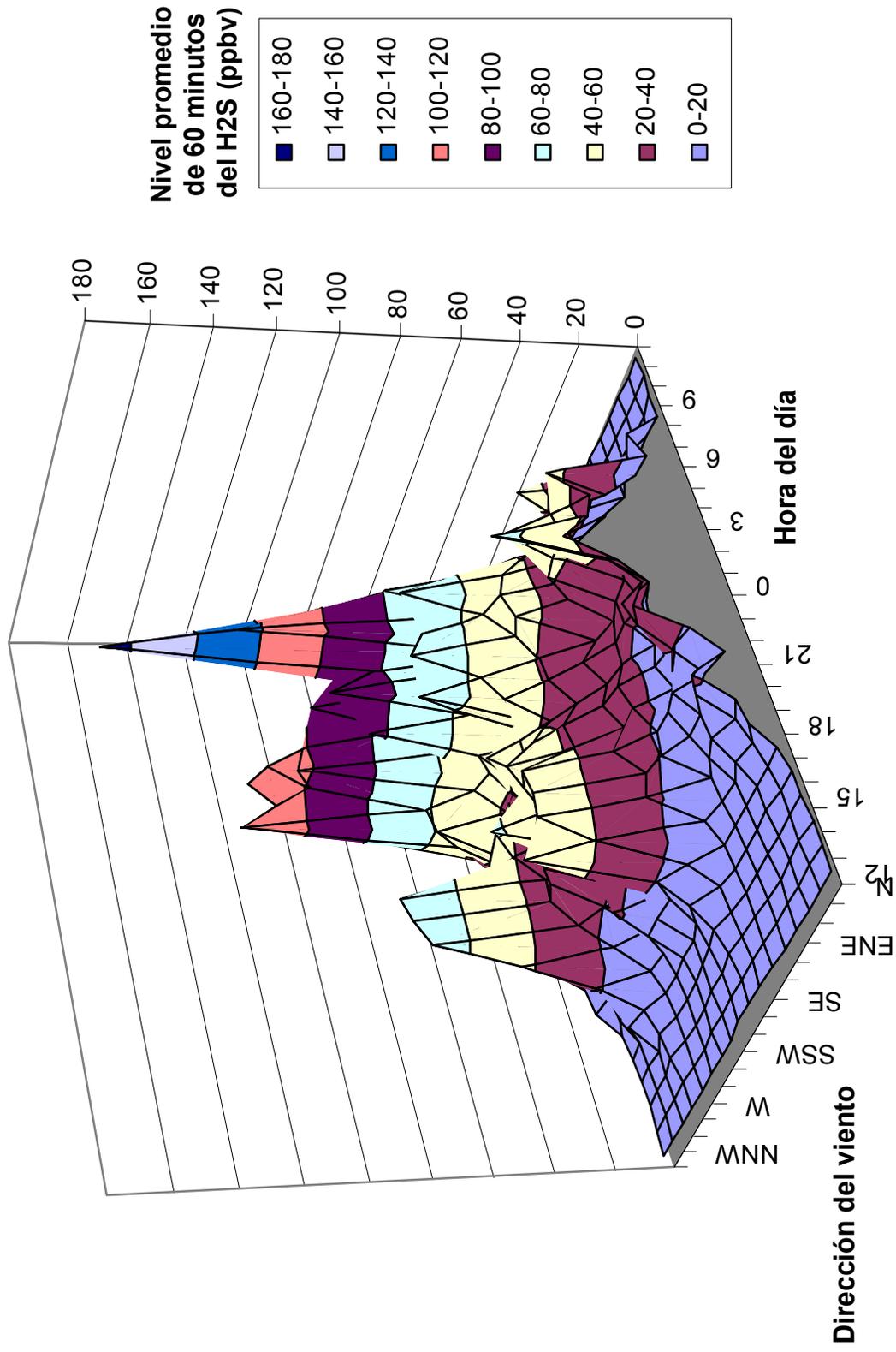


Figura B4h. Niveles promedios de 60 minutos del H2S (ppbv) por dirección del viento y hora del día, CAMS-36, El Paso

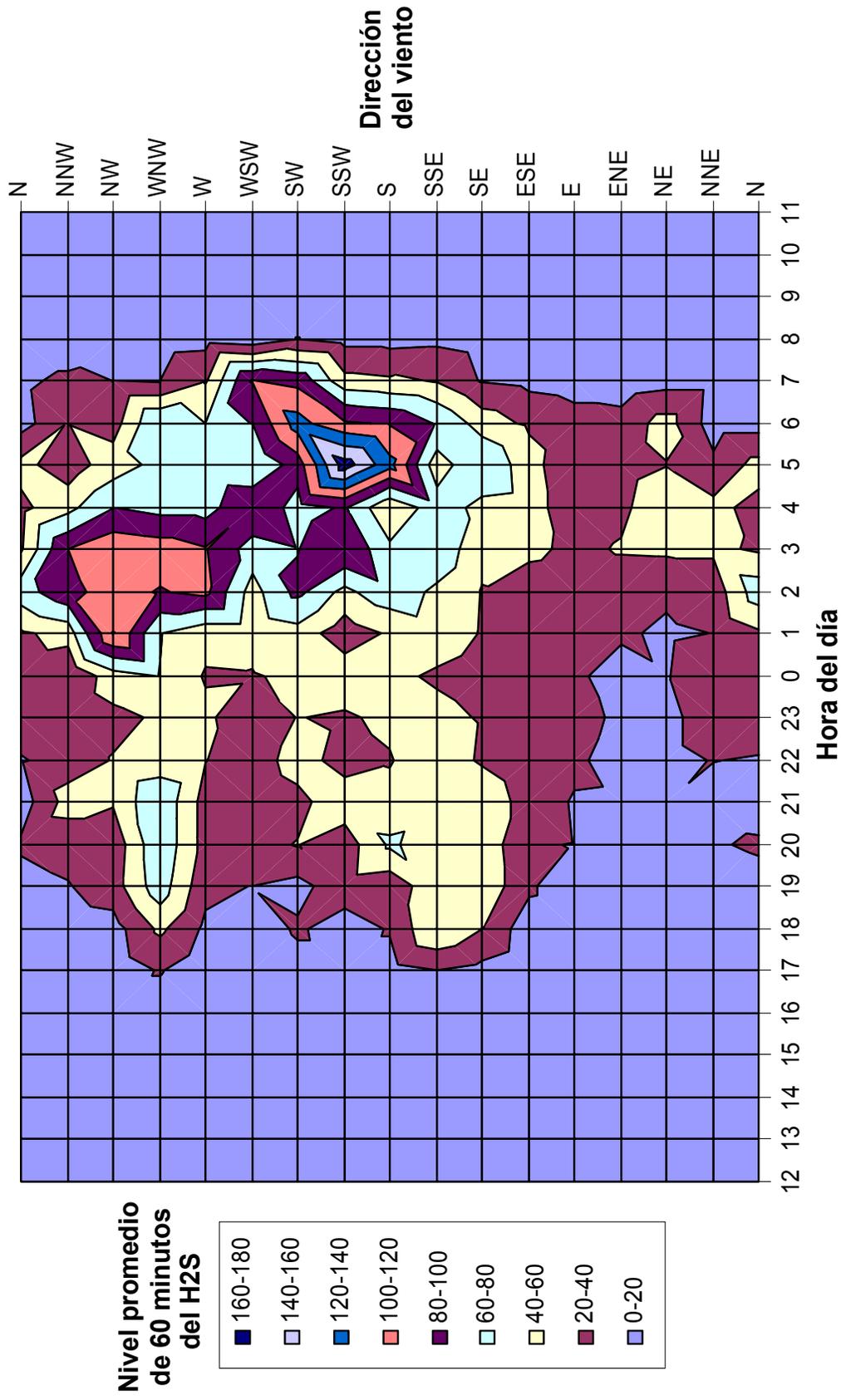


Figura B4i. Conteos de dirección del viento por hora cada 5 minutos, CAMS-36, El Paso

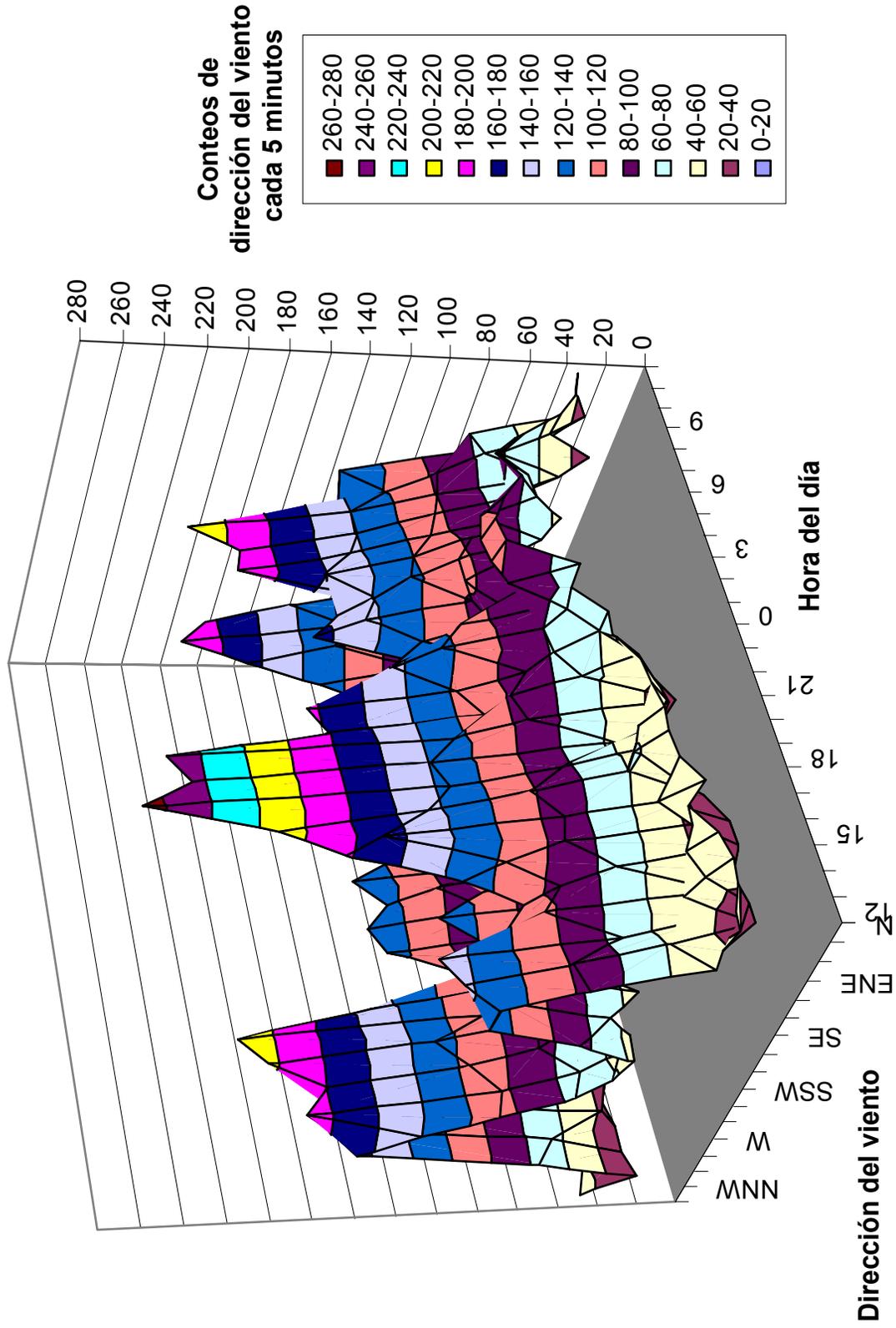


Figura B4j. Conteos de dirección del viento por hora cada 5 minutos, CAMS-36, El Paso

