

DETERMINACIÓN DE PLUMAS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN CIUDAD JUÁREZ MEDIANTE PROGRAMAS DE CÓMPUTO Y LA GUÍA DE RESPUESTA A EMERGENCIA 2000

MI Renata del Carmen Castro, Dr. Jorge A. Salas Plata, Dr. Héctor Quevedo, MC Gilberto Velázquez
Maestría en Ingeniería Ambiental y Ecosistemas. Instituto de Ingeniería y Tecnología, UACJ.

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue la determinación de plumas de dispersión de contaminantes atmosféricos, por derrames y/o fugas de sustancias químicas durante su transporte por vía férrea en la zona de centro Ciudad Juárez, Chihuahua. Se utilizaron en este estudio los programas de cómputo Quick SLAB, el cual fue diseñado especialmente para Ciudad Juárez, con el objetivo de obtener las plumas de dispersión, así como el programa Arc View y datos del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) con el propósito de definir las zonas geográficas posibles de afectación en caso de accidente. Los resultados principales fueron la determinación de las plumas de dispersión atmosféricas del Ácido Sulfúrico, Ácido Fluorhídrico Anhidro (Fluoruro de Hidrógeno), Amoniacó Anhidro y Gas Butano.

Se concluye que hasta antes del presente estudio, Ciudad Juárez no contaba con información relativa a las plumas de dispersión generadas por derrame y/o fuga de sustancias químicas transportadas por vía férrea. Lo anterior, debido a que no se contaba con una herramienta basada en gráficas delineada para responder a emergencias. El programa de cómputo Quick SLAB, diseñado para

Ciudad Juárez y utilizado en esta investigación, permitió la determinación de las plumas anteriormente mencionadas, por lo que dicho programa es una herramienta útil y sencilla para este tipo de estudios

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La determinación de las plumas de dispersión de contaminantes atmosféricos, producto de accidentes ferroviarios es fundamental para establecer los riesgos a la salud en la población y del equilibrio del medio ambiente. En el caso de Ciudad Juárez, en la actualidad, un tramo de vía férrea atraviesa por el la zona centro, poniendo en peligro vidas humanas e infraestructura física. Esta zona se compone de centros comerciales, gasolineras, centros de educación desde preescolar hasta nivel superior, maquiladoras, templos, parques recreativos y un sinnúmero de establecimientos de servicios. En la localidad no se cuenta con registros sistemáticos y clasificados de sustancias químicas movidas por ferrocarriles (FFCC), ni mucho menos de las cantidades transportadas y del grado de su peligrosidad que representan. No existe una investigación previa acerca de las plumas de dispersión de contaminantes.

1.1.1 Transporte ferroviario

Los transportes representaron un papel fundamental en todos los cambios económicos y sociales que se plasmaron durante la Segunda Revolución Industrial. El transporte ferroviario de productos químicos ha adquirido una singular importancia en México durante los últimos años. El crecimiento de la industria de transformación, especialmente en las ramas de la petroquímica, plásticos, detergentes y algunas otras, ha demandado un mayor y mejor servicio de transportación de los productos que consumen o producen las plantas industriales en todo el país. El ferrocarril es, en general, preferible a cualquier otro medio de transporte para mover grandes cargas a distancias medias y largas. Su economía energética, es mayor en comparación al transporte por carretera (Hernández, 1995).

1.1.2 Ferrocarriles Mexicanos (Ferromex)

Los principales productos químicos que transporta Ferromex son los siguientes:

- Clase 1: Explosivos
- Clase 2: Gases
- Clase 3: Líquidos inflamables
- Clase 4: Sólidos inflamables; materiales espontáneamente combustibles y peligrosos cuando los materiales se humedecen
- Clase 5: Oxidantes y peróxidos orgánicos
- Clase 6: Materiales tóxicos y sustancias infecciosas

- Clase 7: Materiales radiactivos
 - Clase 8: Materiales corrosivos
 - Clase 9: Materiales peligrosos misceláneos (varios)
- (<http://ferromex.com.mx>., 2003).

1.1.3 Transporte de gas butano por vía férrea

El butano comercial es un gas licuado del petróleo compuesto principalmente por butano normal (60%), propano (9%), isobutano (30%) y etano (1%). Se obtiene en yacimientos subterráneos de petróleo. Una vez extraído el crudo se procede a un tratamiento de refinamiento para obtener los distintos productos que provienen de este aceite, entre ellos el gas butano. Su principal aplicación es servir de combustible en hogares para uso de cocina y agua caliente. El gas butano comercial se mide en función de su peso, en kilogramos. Su poder calorífico superior (PCS) es de 11,800 kcal/kg. (<http://www.h-c.es/domestico/gasbutano.htm>, Marzo 2004)

El grupo Fuentes controla la distribución de gas butano en más de 14 estados de la república mexicana. Este grupo tiene su sede en Ciudad Juárez y cuenta con más de siete mil empleados, es uno de los principales clientes de PEMEX en México, y tiene almacenes subterráneos de Gas L.P. en Estados Unidos generando productos que se exportan a diversos países.

Cabe mencionar que el gas butano se utiliza para producir el Gas L.P, producido en estado de vapor; no tiene color, ni olor, es muy flamable, excesivamente frío, limpio, y más pesado que el aire.

La tabla 1 proporciona algunas características de los gases propano y butano.

Tabla 1. Propiedades del Gas Propano y Butano		
	Propano	Butano
Fórmula	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀
Presión normal (a temperatura ambiente)	9 kg/cm ²	2 kg/cm ²
Punto de ebullición	-42 °C	0 °C
Poder calorífico	11657 cal/kg	11823 cal/kg
Peso específico	508 g/L	584 g/L

Fuente: <http://www.h-c.es/domestico/gasbutano.htm>, 2004.

La compañía Transportadora Central de Chihuahua contrata a Ferromex para el transporte del gas butano que, en forma de gas LP, se comercializa en la ciudad. El horario de transporte, en la zona de estudio, es a partir de las 12 pm. Se mueven de cinco a 20 tanques de 20 mil litros cada uno. El destino (transvase) del gas se encuentra en el Km 25 de Ciudad Juárez. Los dispositivos de seguridad para realizar la operación de transvase son motobombas, extinguidores, cables para aterrizar y sistema de paro automático (Alderete, 2004).

1.1.4 Productos químicos tóxicos

El avance de la química en el último siglo, ha permitido sintetizar un gran número de sustancias, existiendo actualmente más de cuatro millones de productos químicos (entre sintéticos y naturales), de los cuales más de 60,000 se usan en aplicaciones agrícolas, silvícolas, industriales, domésticas, medicinales, etc. Cada año se comercializan aproximadamente unos 100 productos nuevos. Sin embargo, los productos químicos, han planteado nuevos peligros y riesgos para el hombre y el medio ambiente. Estos riesgos no son fáciles de evaluar.

Las exposiciones cortas pero con emisiones elevadas de determinados productos pueden causar

envenenamiento, intoxicaciones y alteraciones graves en un breve plazo. Las exposiciones prolongadas a bajas dosis pueden ocasionar enfermedades crónicas pulmonares, crónico degenerativas, como el cáncer, esterilidad y otros problemas, entre los que hay que destacar las posibles malformaciones congénitas por el carácter mutagénico de algunos productos (Tarrío, 1993).

2. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica y hemerográfica y utilizaron las siguientes herramientas metodológicas: investigación de campo, programa de cómputo Arc View con bases de datos del Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI), entrevistas a funcionarios de instituciones públicas y privadas, Guía de Respuestas a Emergencias 2000 y el programa de cómputo Quick SLAB.

2.1 Revisión bibliográfica y hemerográfica

Esta revisión incluyó una revisión periodística de los accidentes ocurridos con sustancias químicas en la ciudad, entre el período 1999-2003. Los periódicos examinados fueron El Diario de Juárez, y el Diario de la Frontera. En total se encontraron 10 artículos

relevantes. La mayoría de las notas se refieren a fugas de gas L.P.

2.2 Investigación de campo

Esta búsqueda consistió en varios recorridos físicos por la zona de estudio. Se realizaron entrevistas para conocer los horarios de transporte de sustancias químicas por FFCC, la densidad de tránsito de personas y vehículos, actividades productivas y el nivel socioeconómico de la población que transita por dicha zona.

La zona de estudio elegida fue el centro de Ciudad Juárez debido al tránsito de personas en la zona y al número de comercios que se encuentran localizados en este sitio, haciendo de este una potencial área de alto riesgo en caso de un derrame y/o fuga de sustancias químicas peligrosas. El área de estudio comprende la avenida principal Francisco Villa entre las calles David Herrera Jordán y Municipio Libre, después del puente de la estación del ferrocarril. Entre las calles mencionadas se encuentran las calles Ignacio Mejía, 16 de Septiembre y Vicente Guerrero. La zona elegida está básicamente compuesta de centros comerciales como ópticas, tiendas de arte y decoraciones, mercerías, restaurantes, abarrotes, librerías, hoteles, papelerías, mueblerías, paletearías, billares, bares, correo, puestos de comida y dentistas. Estos centros comerciales y de servicios se encuentran entre las avenidas Manuel Bernal, Galena y Lerdo. En la calle Ignacio Peña, se observan los edificios de correos, mueblerías, mensajerías, Diario El Mexicano, librerías, puestos de comida, bares y casas habitación. En la calles Vicente Guerrero y Francisco Villa, se tienen centros comerciales, el Centro de Salud, nevarías, tiendas de ropa, hoteles, estacionamiento de la ex-aduana, tiendas de calzado y artículos para el

hogar. Este es un punto de partida de las rutas 4, 2 Lázaro, 5A, Central Líneas de Juárez (Valle de Juárez), Oriente-Poniente, Circunvalación, Juárez Zaragoza y central de sitio de taxis.

Se observa que en promedio a las 4:00 pm y en fines de semana se tiene un tránsito de peatones de entre 10 y 27 personas por minuto, vehículos particulares de 20/min y camiones de transporte 4/min.

2.3 Programa de cómputo Arc View y bases de datos de INEGI

El uso de estos instrumentos metodológicos permitió desarrollar mapas de ubicación de la zona de estudio señalando las cantidades de hospitales, gasolineras, centros de estudio de escuelas preescolares, primarias, secundarias y preparatorias, templos, comercios, maquiladoras y estaciones de bomberos.

2.4 Entrevistas a funcionarios

Se entrevistó al Gerente de Ferromex en Ciudad Juárez a través de quien se obtuvo información con relación al tipo de sustancias movidas por esa empresa en la zona de estudio. También se hizo el contacto con el Gerente de Ingeniería Ambiental de la Planta Solvay de México S.A. de C.V, solicitándole información con relación a las sustancias químicas transportadas por vía férrea que se utilizan en dicha empresa como materia prima en la producción ácido sulfhídrico. Se llevó a cabo entrevista con un empleado de la empresa Zeta, distribuidora de gas L.P. proporcionando la información con relación a las compañías que llevan el gas de la estación de transvase a las empresas gaseras de la ciudad. Otra institución entrevistada fue el Departamento de Bomberos de Ciudad Juárez, por medio del

supervisor general, el cual suministró datos cualitativos. Por último, se llevó a cabo entrevista con el supervisor general de Protección Civil del Departamento de Rescate del Gobierno Municipal, mismo que dio información cualitativa.

2.5 Guía de Respuestas a Emergencias 2000

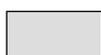
Esta Guía está compuesta de varias secciones siendo una de las más importantes la sección naranja sobre peligros potenciales a la salud, seguridad pública y evacuación. Otra sección primordial es la azul donde se proporciona el número de identificación de transporte, mismo número que es

reconocido internacionalmente. Se cuenta con otra sección, que es la verde, donde se indica la distancia en metros, pies, kilómetros y millas a las que se deben aislar a la población dependiendo del tipo de accidente por el químico transportado.

La tabla 2 se refiere al nombre del material, el número de guía correspondiere y el número de identificación de transporte conocido internacionalmente y que en los carro-tanques van dentro de un rombo. Los químicos señalados en la tabla corresponden a las sustancias transportadas por FF.CC. de interés para este estudio.

Nombre del Material	Número de Guía	Numero de identificación
Ácido sulfúrico, fumante	137	1831
Ácido sulfúrico, fumante con menos del 30% de trióxido de azufre libre.	137	1831
Ácido sulfúrico, fumante con no menos del 30% de trióxido de azufre libre.	137	1831
Ácido sulfúrico, residual	137	1831
Mezclas de ácido sulfúrico y ácido fluorhídrico.	157	1786
Oleum	137	1831
Olem, con menos del 30% de trióxido de azufre libre.	137	1831
Olem, con no menos del 30% de trióxido de azufre libre	137	1831
Amoniaco, anhidro	125	1005
Amoniaco, anhidro, licuado	125	1005
Ácido fluorhídrico	157	1790
Ácido fluorhídrico, anhidro	125	1052
Ácido fluorhídrico, solución de	157	1790
Ácido fluorhídrico y ácido sulfúrico, mezclas de	157	1786
Ácido fluorosilícico	154	1778

Fuente: Los autores con base en la Guía de Respuestas a Emergencias, 2004



Número de Guía y de identificación seleccionados para propósitos del estudio.

2.6 Áreas Geoestadísticas Básicas (Agebs)

El archivo de Agebs de INEGI es el concentrado de información de la población actual (INEGI, 2000) en Ciudad Juárez. La información incluye edades, servicios urbanos etcétera y viene dada por secciones urbanas con su respectiva clave de identificación.

Existe la opción de compartir información con el Arc View. Mediante este instrumento, se determinó la población total afectada en caso de accidente, así como las viviendas, hospitales, escuelas, templos, comercios, maquiladoras, parques, etcétera. La tabla 3, muestra la información anterior.

Tabla 3. Infraestructura física potencialmente afectada por derrames de sustancias químicas			
Infraestructura	Ácido Sulfúrico y Oleum (5.6 km)	Ácido Fluorhídrico (2.9 km)	Amoniaco Anhidro (1.1 km)
Hospitales	49	18	2
Gasolineras	18	8	2
Escuelas Preparatorias	21	6	3
Escuelas primarias	73	23	5
Escuelas preescolar	54	17	2
Templos	14	4	0
Comercios	11	8	1
Maquiladoras	25	11	3
Parques	2	0	0
Estaciones de bomberos	3	0	0

Fuente: Los autores, con base en el archivo de Agebs y del programa Arc View

2.7 Programa de cómputo Quick SLAB

El programa Quick SLAB es una herramienta de cómputo basada en gráficas, y diseñada para responder a emergencias de derrames de materiales peligrosos. El modelo de dispersión atmosférica fue desarrollado por Lawrence Livermore del Laboratorio Nacional. El modelo Quick SLAB está integrado con un sistema de mapas, y estos mapas interactivos muestran áreas de puntos potenciales de liberación tóxica, tipos y cantidades, y lugares de comunidades altamente habitadas como escuelas, casas, hospitales, y negocios que pueden estar expuestas a sustancias tóxicas (Quick SLAB, 2003).

2.7.1 Íconos interactivos

Se cuenta con símbolos gráficos llamados íconos interactivos en el mapa base de Ciudad Juárez del programa de cómputo Quick SLAB, que son: propiedades de la comunidad y peligros químicos.

- Las propiedades de la comunidad se define como áreas donde se encuentra la población (edificios, escuelas, hospitales, centros comerciales, etcétera).

- El icono de peligro químico simboliza instalaciones, fábricas o bodegas donde se almacenan químicos peligrosos.

2.7.2 Datos químicos

Para que el programa de cómputo Quick SLAB realice el cálculo de las plumas de dispersión atmosféricas requiere la selección del compuesto químico derramado, por nombre químico; con ello se obtienen automáticamente las características químicas de las sustancias, siendo las siguientes:

- Peso molecular (kg/mol)
- Capacidad de calor a presión constante (J/kg-°K)
- Temperatura de ebullición (°K)
- Calor de vaporización (J/kg)
- Capacidad calorífica líquida (J/kg-°K)
- Densidad del líquido (kg/m³)
- Límite tóxico (IDLH)

2.7.3 Datos meteorológicos

Los siguientes datos meteorológicos que se utilizan en la aplicación del programa Quick SLAB se deben introducir, para obtener las plumas de dispersión atmosféricas en el momento que se produce el derrame y/o fuga del compuesto químico transportado o almacenado.

- Altura a la cual es medida la velocidad del viento ambiental (m)
- Velocidad del viento promedio a la altura anterior (m/s)
- Dirección del viento medido en grados (conforme a las manecillas del reloj)
- Temperatura ambiente (°C)
- Humedad relativa (%)
- Clase de estabilidad del viento

2.7.4 Otros parámetros requeridos por el Quick SLAB

Los parámetros que se deben introducir al momento en que ocurre el derrame y/o la fuga son los siguientes:

- Dirección del derrame y/o fuga (vertical y/o horizontal)
- Profundidad. Si aplica (cm)
- Forma del derrame:
 - a) Redondo. Establecer el diámetro (cm)
 - b) Cuadrado. Establecer el ancho y largo (cm)

2.7.5 Parámetro de cálculo

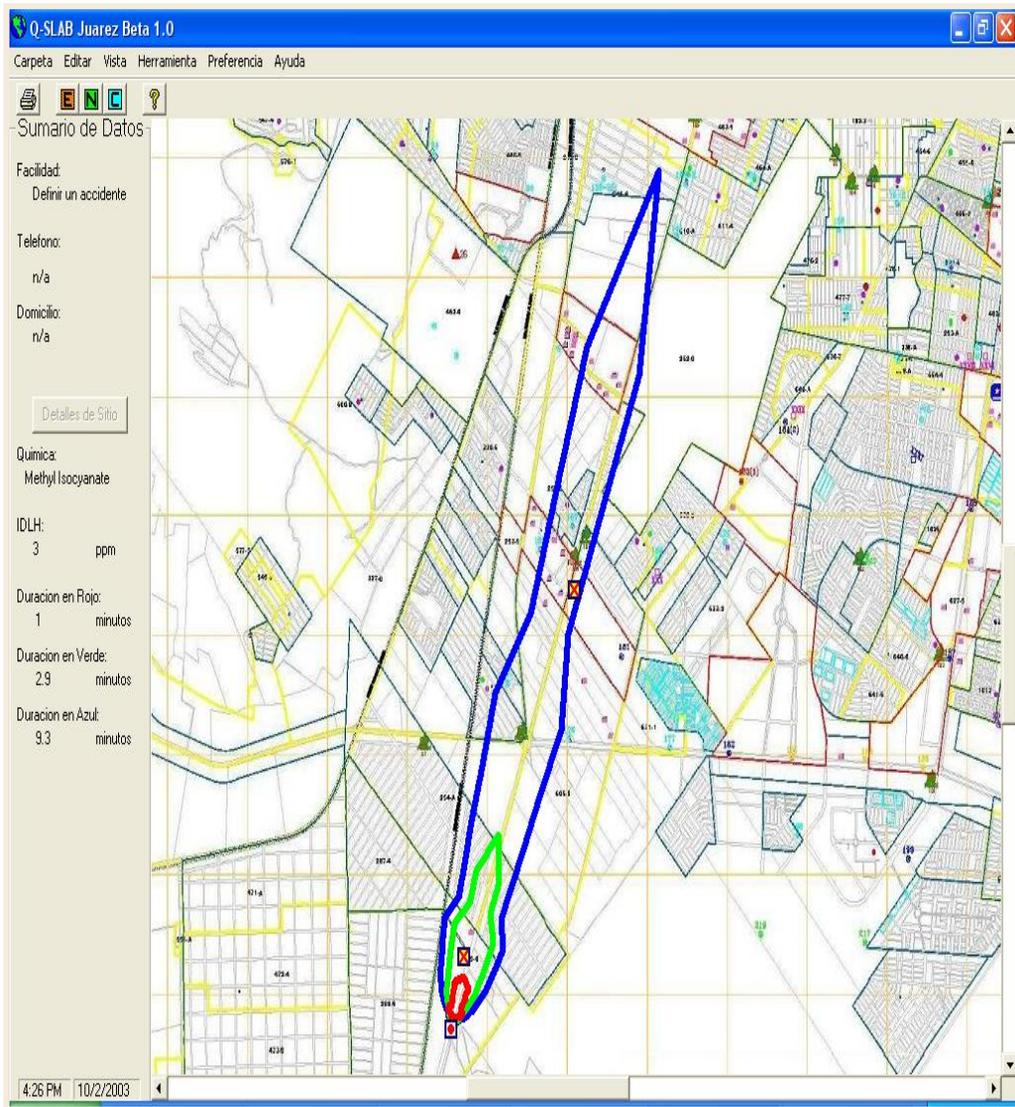
El programa Quick-SLAB presenta una ventana llamada parámetro de cálculo, donde permite introducir al usuario la longitud máxima para el cálculo de la pluma de dispersión atmosférica del compuesto químico derramado; la unidad de medida es en metros, sin embargo el programa de cómputo da una opción de longitud en el momento de accederla.

2.7.6 Pluma gráfica

Quick SLAB define las zonas de nivel de concentración dañina para las personas y las áreas geográficas de afectación de acuerdo con las siguientes zonas (Ver Figura 1):

- Zona roja. Marca el área contaminada 100 o más veces el nivel IDLH
- Zona verde. Marca el área contaminada 10 o más veces el nivel IDLH
- Zona azul. Marca el área contaminada igual o mayor que el nivel IDLH
IDLH = Peligro inmediato para la salud y la vida (por sus siglas en inglés).

Figura 1. Ejemplo de aplicación elaborado por los autores. Pluma de dispersión en el Quick SLAB.



Para poder hacer uso del programa de cómputo Quick SLAB, fue preciso obtener datos meteorológicos (tabla 4), provenientes de la estación meteorológica CAMS 12 de la ciudad de El Paso, Texas, que se encuentra en la Universidad de Texas

en El Paso, así como de la estación C41 de El Chamizal. El período de estudio fue de 1999 al 2004. (http://www.tnrc.state.tx.us/cgi-bin/monops/monthly_summary)

Tabla 4. Datos meteorológicos de la estación CAMS 12 (UTEP) y Chamizal C41 para el cálculo de plumas de dispersión del Quick SLAB Período 1999-2004.

AÑO	MES	Temp. °C		Vel. m/s		Grados		Hum. Rel. %	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
1999	ene	25.06	-1.61	11.67	0.49	343	0	100.00	16.60
	feb	24.22	0.39	9.39	0.40	341	1	81.50	8.20
	mar	27.11	4.17	10.64	0.54	353	2	82.90	15.30
2000	mar	26.00	3.06	11.04	0.36	356	5	100.00	15.90
	abr	34.28	7.11	9.34	0.45	351	7	100.00	13.60
	may	37.61	12.44	8.76	0.45	355	2	57.30	22.20
2001	jun	38.00	18.17	8.94	0.76	357	1	100.00	15.40
	mar	26.00	3.06	10.46	0.36	357	1	88.70	5.90
	abr	34.28	7.11	13.23	0.63	360	2	67.90	5.70
2002	may	37.61	12.44	8.31	0.58	359	5	77.60	5.40
	jun	38.00	18.17	8.18	0.67	356	6	82.00	5.30
	mar	27.39	3.61	9.61	0.49	355	1	61.50	3.60
2003	abr	31.11	3.50	10.55	0.63	356	9	70.10	4.30
	may	36.44	11.11	8.81	0.54	349	6	62.00	2.30
	jun	37.67	19.11	8.90	0.58	353	2	66.80	2.50
2004	mar	27.39	3.17	10.68	0.45	359	1	87.20	6.80
	abr	29.44	6.89	12.38	0.49	360	36	70.30	4.50
	may	35.89	12.72	9.48	0.54	354	7	66.50	3.40
2004	jun	37.44	17.50	9.25	0.63	353	1	83.30	5.20
	feb	23.78	-3.00	8.99	0.49	360	2	90.20	9.50
	mar	30.22	2.28	9.21	0.45	360	1	91.40	6.50
2004	abr	28.89	4.78	8.90	0.63	356	1	91.20	4.90
	may	34.33	10.83	7.64	0.72	359.00	28	62.10	6.00
TOTAL		728.17	177.00	224.36	12.29	8162	127	1840.5	189
PROME-DIO		31.66	7.70	9.75	0.53	354.87	5.52	80.02	8.22

Fuente: Los autores, con base en los datos meteorológicos de las fuentes citadas. 2004

Estación Chamizal C41

La tabla 5 muestra un resumen de los datos meteorológicos máximos y mínimos de la tabla 4.

Temperatura (°C)		Velocidad del viento (m/s)		Grados		Humedad relativa %	
Max.	31.66	Max.	9.75	Max.	354.87	Max.	80.02
Min.	7.7	Min.	0.53	Min.	5.52	Min.	8.22

3. RESULTADOS

En seguida presentan las plumas de dispersión del Ácido Sulfúrico, Ácido Fluorhídrico, Amoniaco Anhidro y el Gas Butano, mediante las figuras 2, 3, 4 y 5.

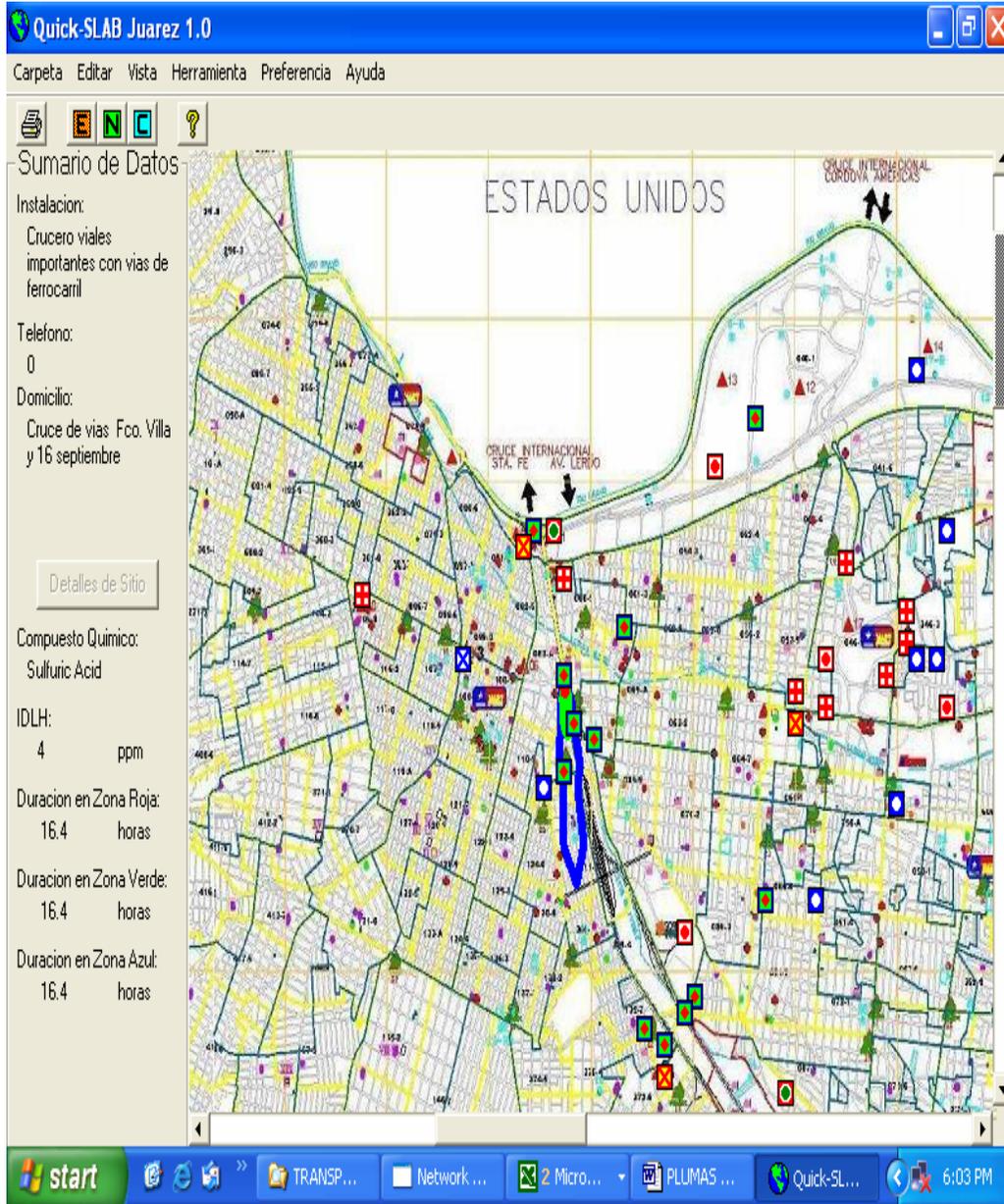


Fig. 2. Pluma de dispersión de Ácido Sulfúrico elaborada con Quick SLAB. 2004

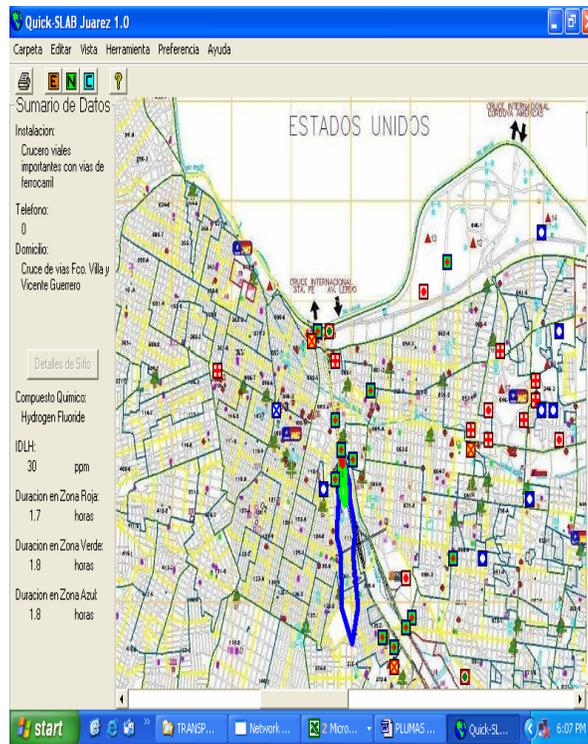


Fig. 3. Pluma de dispersión de Ácido Fluorhídrico elaborada con Quick SLAB. 2004

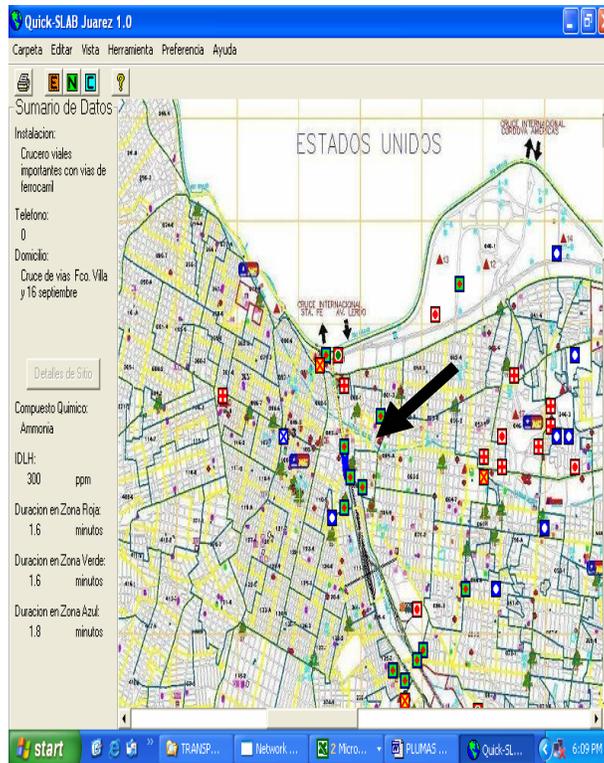


Fig. 4. Pluma de dispersión de Amonia Anhidro elaborada con Quick SLAB. 2004

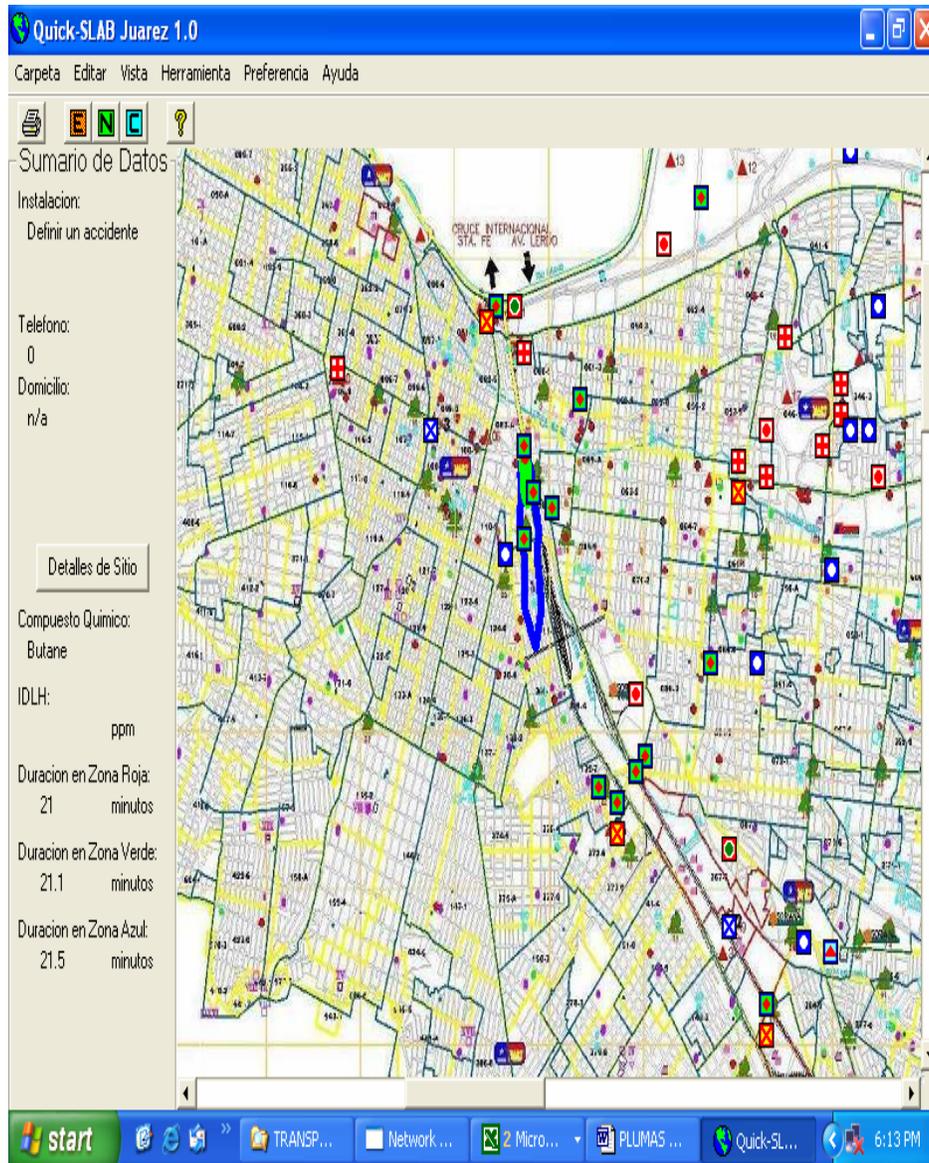


Fig. 5. Pluma de dispersión de Gas Butano. Elaborada con Quick SLAB. 2004

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hasta antes del presente estudio, Ciudad Juárez no contaba con información relativa a las plumas de dispersión generadas por derrame y/o fuga de sustancias químicas transportadas por vía férrea. Lo anterior, debido a que no se contaba con una herramienta basada en gráficas y delineada para responder a emergencias. El programa de cómputo

Quick SLAB, diseñado para Ciudad Juárez y utilizado en esta investigación, permitió la determinación de las plumas anteriormente mencionadas, por lo que dicho programa es una herramienta útil y sencilla para este tipo de estudios. Cabe mencionar que dichas plumas se definieron para una estación del año y con base en promedios de los datos de las estaciones meteorológicas utilizadas. Lo

anterior significa que para una situación particular de condiciones meteorológicas específicas, se deberá determinar la pluma correspondiente. Con relación al uso del programa de cómputo Arc View, se encontró útil para determinar la infraestructura urbana posible de ser afectada por el transporte de sustancias químicas. En este trabajo se proporcionaron datos numéricos al respecto.

5. REFERENCIAS

- Aldetere Gregorio. 2003. Com. Pers. Transporte de Gas L.P. Ciudad Juárez Chih.
- Álvarez, Rogelio José. 1987. Enciclopedia de México. Tomo 13 Sindicalismo. Ulúa. Ed CEEMSA. México. pp. 7321-7902.
- Arc View. 2003. Programa de Cómputo.
- Caballero, Edith. 1999. Provoca Alarma fuga de Gas. El Diario de Juárez, Chih.
- Casasola, Gustavo. 1992. Historia Gráfica de la Revolución Mexicana. Tomo I. Ed. Trillas. pp. 367.
- Castañón, Leos Araly. 1999. Negocia el alcalde con Ferromex retiro de vías. El Diario de Juárez, Chih.
- CEPIS. 2003. (<http://www.cepis.ops.-oms.org>).
- Departamento de Transporte de los Estados Unidos Administración de Estudios y Programas Especiales, Transporte de Canadá Seguridad y Materiales Peligrosos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes Guía de respuesta en caso de emergencia. 2000. Ed. Label master. pp. 415.
- Díaz, Rosalía. 2003. Com. Pers. Supervisor líder de ingeniería Ambiental.
- Enríquez, Javier. 2003. Com. Pers. Bomberos. Ciudad Juárez, Chih.
- Ferromex. 2003. ([http:// Ferromex.com.mx](http://Ferromex.com.mx)).
- Gas Butano. 2004. (<http://www.h-c.es/domestico/gasbutano.htm>).
- Guía de Respuesta a Emergencia. 2000. Departamento de Transporte de los Estados Unidos.
- Hernández Fernández, Santiago. 1995. Ecología para ingenieros. El impacto ambiental. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 2da edición. Ed grafaffset.
- Hernández Bautista, Pablo. 2003. Escenifican en PEMEX simulacro de accidente. El Diario de Juárez.
- INEGI 2000. Agebs. Bases de datos Censo 2000.
- Ley General de Salud. 2003. Secretaría de Salud. (<http://www.ss.gob.mx>).
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). 2000. Materia de Impacto Ambiental. CAPII.
- Livermore, Lawrence. 2004. Quick-Slab. Laboratorio Nacional. Departamento de Energía.
- Meléndez, Oscar. 2003. Comunicación Personal. Protección Civil. Ciudad Juárez, Chih.
- Nebel, Bernard J. 1999. Ciencias Ambientales. Ecología y desarrollo sostenible. ed. sexta. Ed. Pearson Educación. México. pp.698.
- Perry, Robert H. 1992. Manual del Ingeniero Químico. Ed Mc Graw Hill. Ed Sexta. Tomo I. pp. 1-1,1-29.
- Pirenne, Jacques. 1973. Historia Universal. Las grandes corrientes de la historia. Tomo VI El siglo XIX Progresista y Colonista, Ed. Éxito, Barcelona, España.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. et.al. (1998-2002). Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez, Chih.
- Ramos, Roberto. 1999. Cercan dos horas avenida de las industrias. Fuga de gas afecta a cinco colonias. El Diario de Juárez, Chih.
- Reglamento del Transporte Ferroviario. 2003. (<http://www.sct.gob.mx>)
- Rodríguez, Armando. 1999. Se registra incendio en empresa. El Diario de Juárez, Chih.
- Sáenz, Ernesto. 2003. Com. Pers. Solvay, Ciudad Juárez, Chih.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT). (<http://www.sct.gob.mx>)
- Tarrio Reza, Felipe. 1993. Tratado Universal del Medio Ambiente. Vol.4. Ed. primera. Ed REZZA. España. pp. .386-511.
- Villa, Héctor. 2003. Com. Pers. Ferromex, Chih.
- Zavala, Oswaldo. 1999. Denuncia Almacén Tóxico. El Diario de Juárez, Chih.