

UTILIZACIÓN DE IMÁGENES VISIBLES E INFRARROJAS DEL SATÉLITE GOES 8 EN EL MONITOREO DE ACCIDENTES QUÍMICOS

M. en C. Gerardo Carbajal Benítez y M. en C. Ángel R. Terán Cuevas

Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional
Subgerencia de Monitoreo Atmosférico Ambiental
Av. Observatorio # 192 Col. Observatorio, Delg. Miguel Hidalgo. C. P. 11860,
Tel. (55) 56 26 86 00 Ext. 3486, Fax (55) 56 26 86 95,
E-mail: gcarbajal@gsmn.cna.gob.mx

RESUMEN

La coordinación del Servicio Meteorológico Nacional, a través de la Subgerencia de Monitoreo Atmosférico Ambiental, ha diseñado una metodología para la detección de accidentes químicos por medio de imágenes visibles e infrarrojas de alta resolución de 1 km² por pixel del Satélite Meteorológico GOES 8, las cuales también son utilizadas, para la detección y monitoreo de incendios forestales, acumulación de partículas en la atmósfera, actividad volcánica, entre otras cosas. Dependiendo de la magnitud del evento va a ser posible detectarlo, un ejemplo de la detección es el accidente ocurrido el pasado 22 de diciembre del 2001, en La Refinería Miguel Hidalgo de PEMEX ubicada en Tula de Allende, estado de Hidalgo, donde se produjeron dos explosiones y mediante el Sistema de Monitoreo Atmosférico Ambiental (SIMAA) fue posible observarlo y con la aplicación de un modelo de dispersión (AFTOX diseñado por la EPA) predecir el desplazamiento de la nube de contaminantes.

INTRODUCCIÓN

En México existen diversas formas de riesgo, tanto naturales como de origen antropogénico. De tipo natural encontramos los huracanes, sismos, inundaciones y erupciones volcánicas. En forma inducida por el hombre podemos mencionar la contaminación urbana y los accidentes químicos y radiactivos, tales como los derrames de petróleo, explosiones industriales y los problemas ambientales que originan las grandes urbes al emitir grandes cantidades de contaminantes a la atmósfera, y por ende, la contaminación de mantos acuíferos y del subsuelo. En esta parte se incluyen los incendios forestales que en su mayoría son provocados por las diferentes actividades del hombre.

En México se presenta una gran vulnerabilidad a todo tipo de riesgos, pero de forma muy particular a los de origen antropogénicos, esto es, existen asentamientos humanos muy cercanos alrededor de industrias y empresas que son consideradas por las autoridades competentes de alto riesgo. Por lo que estos sectores están sujetos a una vulnerabilidad muy marcada y representa un alto riesgo para la población y al medio ambiente.

Actualmente, grandes cantidades de químicos son almacenados, manejados y transportados. Algunos de estos productos se preparan principalmente para su venta y uso en las distintas industrias a lo largo de todo el país.

La manipulación de químicos es controlada y regida por leyes que regulan el diseño de su elaboración, esto con el fin de minimizar el riesgo de daño al medio ambiente, en los que se incluyen a humanos y animales. Sin embargo este sistema de regulaciones no provee ninguna garantía de que un accidente ocurra.

No todas las sustancias químicas implican riesgos similares, cuando estos son liberados. Los químicos de riesgo, se clasifican según diferentes criterios, p. ej.:

- A) La toxicidad.
- B) El tamaño de producción, almacenamiento y transporte.
- C) La estabilidad química del producto.

El daño que se puede ocasionar a la población al ser expuestas a estos accidentes y la magnitud del daño va a depender de numerosos factores, como la naturaleza de la sustancia, tamaño de la descarga, periodo de exposición y la longitud de tiempo que pasa entre la exposición y tratamiento.

En muchos países, sobre todo los altamente industrializados, los químicos de alto riesgo más importante, son los gases, especialmente los irritantes, como lo son el cloro, dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno y amoníaco. Estas sustancias tienen una toxicidad relativamente alta, por lo que son peligrosos al ser producidos almacenados y transportados en grandes volúmenes, ya que pueden ser inhalados debido a cualquier tipo de fuga.

Las sustancias generadas durante incendios implican un problema especial, particularmente con respecto a las emisiones de grandes acumulaciones de sustancias químicas, debido a la generación de gases compuestos que impliquen altos riesgos para la población y en general para el ambiente.

Gases irritantes se usaron como armas química durante la segunda guerra mundial, entre los que se encontraba compuestos de cloro y fósforo, Así como, el Amoníaco (NH_3), Hidrógeno (H_2), Dióxido de Azufre (SO_2) y el Ácido Clorhídrico (HCl). Ellos ocasionan irritación en los ojos, garganta y vías respiratorias. El amoníaco, dióxido de azufre y el ácido clorhídrico son fácilmente solubles en agua, por lo tanto, pueden tener su efecto principal en la membrana mucosa de las aerovías superiores. Estos gases también tienen un efecto muy fuerte sobre los ojos, irritándolos al ponerse en contacto. El cloro, por otra parte, tiene una solubilidad muy baja en el agua, por lo que logra pasar las aerovías superiores, y por consiguiente, el gas cloro alcanza los pulmones en concentraciones relativamente altas.

Los síntomas clásicos por envenenamiento son:

- A) Irritación de los ojos
- B) Tos.
- C) Ahogo y dolor al momento de inhalación.
- D) Malestar en general.

Los ataques sobre el tejido del pulmón puede, además, conducir a un edema pulmonar, es decir, un funcionamiento anormal, debido a la acumulación de líquido en el tejido de pulmón. El edema Pulmonar impide el cambio de oxígeno en los pulmones y además conduce a una gran tensión sobre el corazón.

La Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional a través de la Subgerencia de Monitoreo Atmosférico Ambiental desarrolla metodologías para el monitoreo de Accidentes Químicos, formación de Nubes Radiactivas y Gases de Invernadero, en algunas ocasiones local, dependiendo de la magnitud del evento, a nivel regional y global, esto con imágenes del satélite de alta resolución de 1 Km² por píxel del satélite meteorológico GOES 8, debido a que estas se actualizan cada 5, 10, 15, 20 y 30 minutos. En las imágenes visibles se detectan plumas o nubes de humo, mientras que en las infrarrojas se observa puntos de calor que implican cambios de la temperatura.

El Sistema de Información Atmosférica Ambiental (SIMAA) permite también en las imágenes visible detectar incendios forestales, quemas de tipo agrícola, acumulación de partículas en la atmósfera, actividad volcánica, entre otras, mientras que en el infrarrojo detecta temperatura en el suelo, nubes térmicas, toda actividad que implique un cambio en la temperatura.

Con ayuda de modelos de dispersión, es posible predecir la dirección y distancia que alcanza la nube de contaminantes, que áreas y que municipios pueden ser afectados, dichos modelos de dispersión requieren ser a escala local, de tipo Gaussiano que tengan un radio de alcance menor o igual a 50 Km. ya que los modelos son fáciles de correr en un PC normal y requieren pocos datos de entrada.

METODOLOGÍA

A través del Sistema de Monitoreo Atmosférico Ambiental (SIMAA), usando imágenes visibles de alta resolución del satélite GOES 8, es posible monitorear consecuencias atmosféricas de accidentes de origen químico y la formación de nubes radioactivas de plantas nucleares.

Con la ayuda del mapa editado por el instituto de Geografía de la UNAM, titulado “Deterioro Ambiental de los Recursos Bióticos Terrestres” se localizan los sitios potenciales en los cuales podrían ocurrir accidentes químicos. Se observa y se distingue la variedad de industrias, así como corredores industriales que existen en la República Mexicana, También las plantas nucleares más importantes como Laguna Verde Veracruz y que son susceptibles a algún tipo de incidente.

El siguiente paso es la digitalización cartográfica de los dichos lugares, auxiliándose del software Autocad versión 12 para MSDOS.

La ubicación de las zonas en cuestión, se clasifican según el nivel de contaminación y riesgo que estas pueden presentar:

- a) Alto
- b) Bajo
- c) Medio

Considerando también el número de establecimientos y fuentes móviles.

Introducir las imágenes que se obtienen de la digitalización cartográfica al SIMAA, para poder iniciar el monitoreo (ver figura 1). Para obtener mayor precisión, es necesario realizar un aumento en la imagen de satélite, debido a que las plumas provocadas por un accidente químico son en la mayoría de los casos pequeñas.

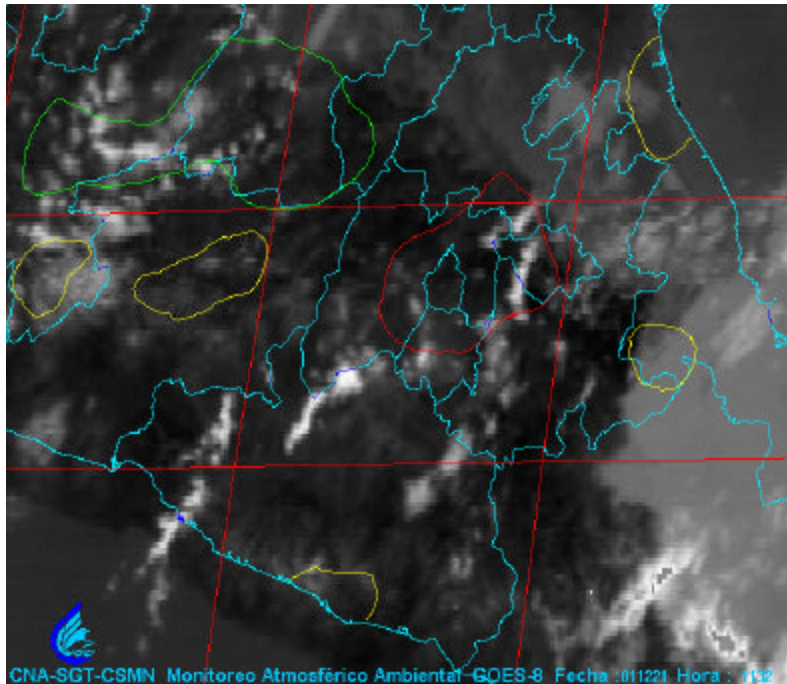


Figura 1.- Localización de zonas potenciales de accidentes químicos.

La Aplicación de modelos de dispersión a microescala, son para conocer las áreas afectadas, además de sus posibles efectos biológicos y físicos de los contaminantes, por tal motivo dicho modelo deberá contar con información de diversos compuestos químicos, de esta manera el modelo empleado es AFTOX diseñado por la EPA. Para monitorear nubes radiactivas existen modelos de dispersión, como el elaborado por la NOAA (HYSPLIT) que nos permiten darle el seguimiento adecuado y pronosticar las áreas que son afectadas.

El monitoreo se llevará acabo cada 20 minutos con imágenes visibles e infrarrojas, con las visibles mientras se tenga sol y con las infrarrojas durante las 24 hrs.

En caso de detectarse un accidente que implique el inyectar contaminantes a la atmósfera, se elaborará un boletín, el cual informe el lugar donde sucedió el incidente, la hora de inicio, el municipio y/o corredor industrial reconocido, las área posibles de afección.

Finalmente, complementar con imágenes infrarrojas, que muestren la ubicación de los puntos de calor en caso de incidente, con el fin de tener una mayor precisión y poder correlacionar el tipo de gases que se emiten a la atmósfera.

VENTAJAS

- Con el sistema y la metodología de monitoreo, puede ser posible detectar la hora de inicio del incidente en tiempo real.
- Monitoreo en el rango del visible para el día e infrarrojo para la noche.
- Dar una alerta oportuna a las autoridades competentes para la toma de decisión pertinente.

DESVENTAJAS

- Las imágenes del infrarrojo detecta cualquier punto donde existe una acumulación de calor importante, que no necesariamente tendría que ser un incidente de origen químico.
- Las imágenes en el rango del visible, solo se puede monitorear durante el día y no durante la noche.
- Las nubes pueden ser una limitante para el monitoreo.
- La resolución de las imágenes de satélite es de 1 Km^2 por píxel, lo que equivaldría a tener una emisión de contaminantes que cubra un área mayor a 1 Km^2 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se menciona anteriormente el SIMAA tiene bastantes aplicaciones, como es la detección de acumulación de partículas en la atmósfera, dicho fenómeno se observa en la figura 2.

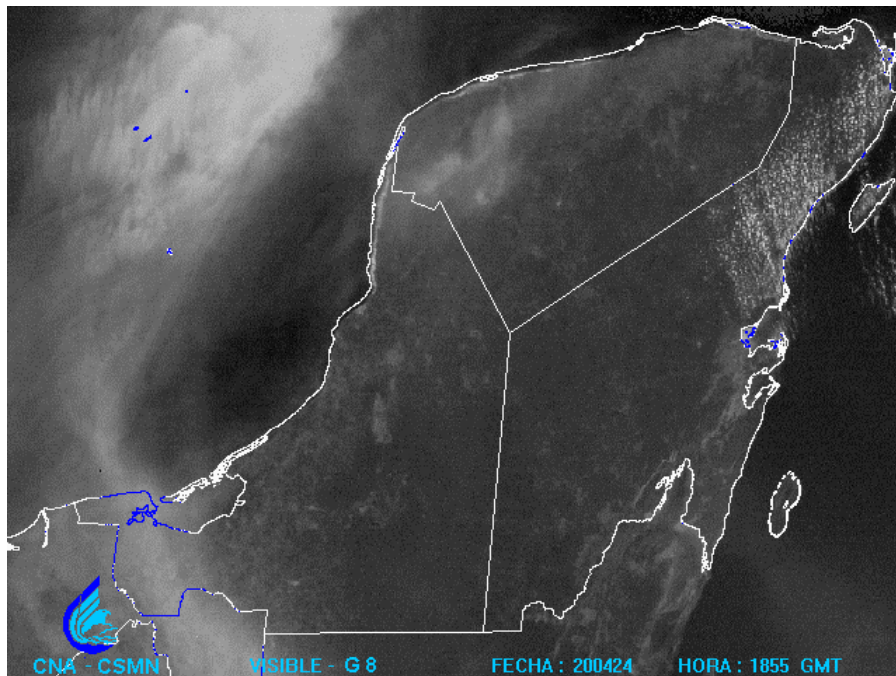


Figura 2. Acumulación de partículas en la atmósfera, provenientes de incendios forestales.

El sistema también ayuda a detectar incendios de más de tres hectáreas, que se reportan a la Dirección de Desarrollo Forestal para su control y mitigación, esto se observa en la figura 3.

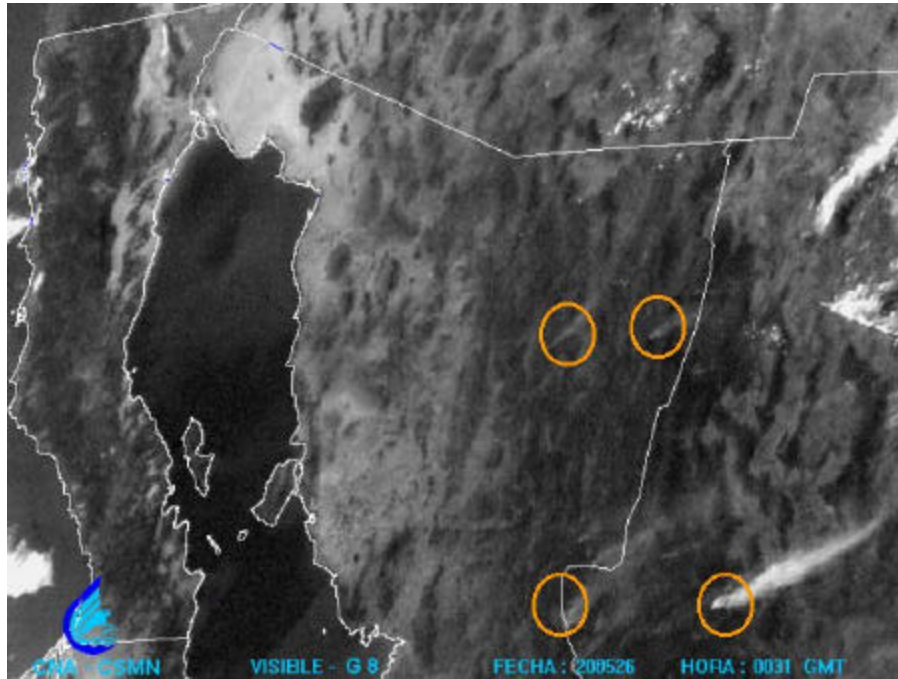


Figura 3.- Los círculos muestran en los lugares que se presentan incendios forestales.

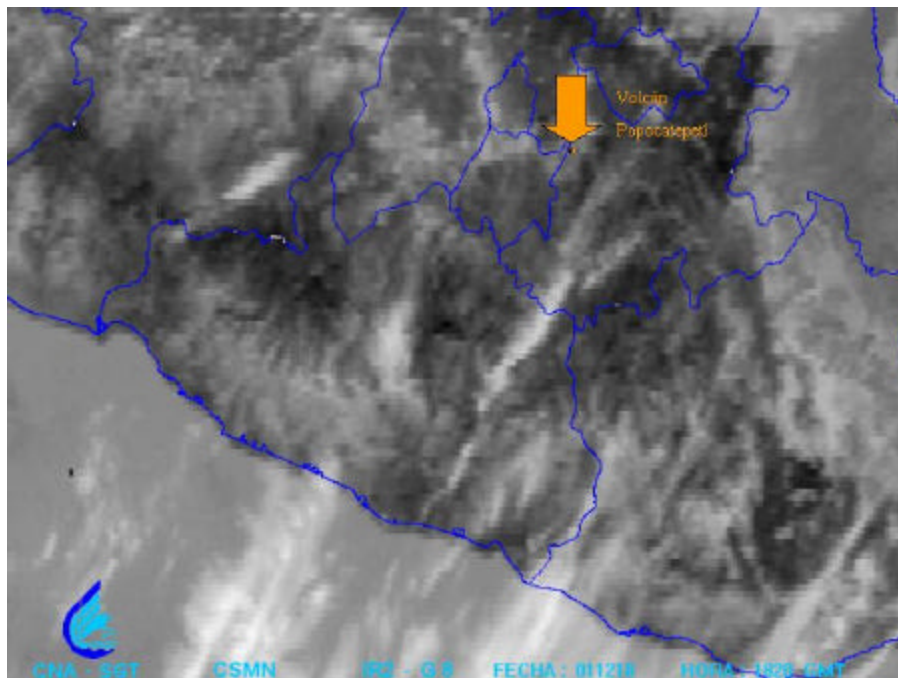


Figura 4.- La imagen infrarroja corresponde al canal 2 (3,78 – 4,03 μm) y en el punto que señala la flecha se encuentra el volcán, que presenta un punto color naranja que significa un aumento en la temperatura del cráter.

En el monitoreo del volcán popocatepetl, las imágenes infrarrojas son de gran ayuda, ya que se podría predecir posible actividad, esto todavía es parte de un estudio mucho más completo, en el figura 4 se observa un ejemplo del uso de las imágenes infrarrojas.

El 21 de diciembre del 2001 se presenta un incidente en la Refinería Miguel Hidalgo de PEMEX, ubicada en Tula de Allende en el estado de Hidalgo, donde ocurre dos explosión y hay escape de Ácido Clorhídrico, la primera explosión ocurre según PEMEX a las 11:30 hrs., mientras que la segunda se presenta a las 12:15 hrs.

La magnitud de tales eventos permiten que se observen desde el satélite GOES 8 con imágenes visibles e infrarrojas del canal 2, en la figura 5 se presenta una imagen de la región donde ocurre el accidente y la formación de humo.

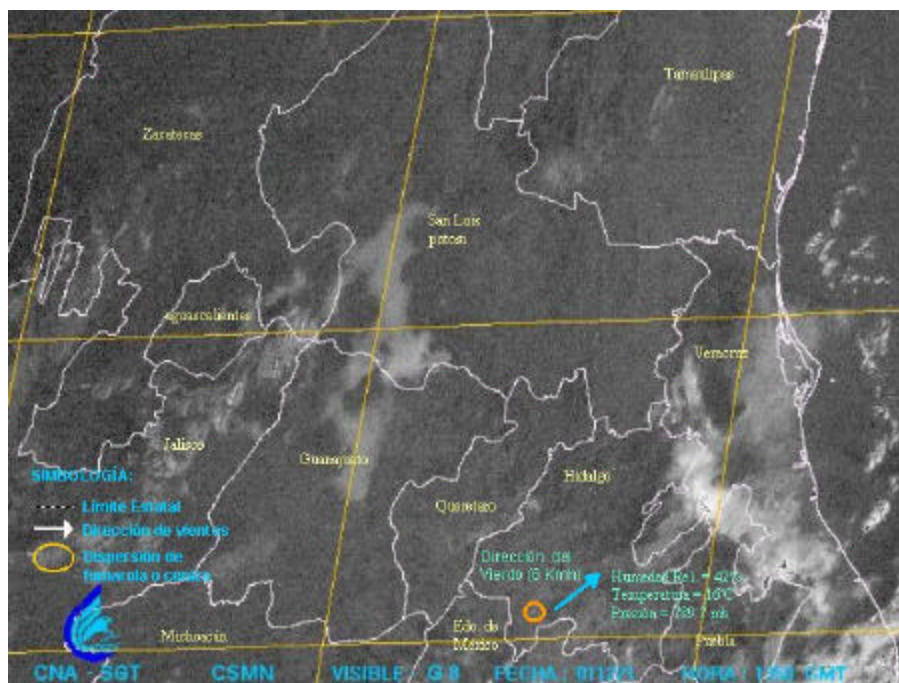


Figura 5. Muestra la ubicación del incidente, la formación de humo y la dirección del viento (flecha azul) prevaleciente en ese momento.

En la figura 6, con la sobreposición de una la malla municipios se ubica el incidente y las posibles áreas afectadas.

En la imagen infrarroja se observa claramente el punto de calor, que es de color amarillo, debido a que el sistema cuando muestra un incremento de más de 27 °C el píxel se ilumina inmediatamente (figura 7).

La imagen del infrarrojo se presenta a las 11:23 am y el incidente sucedió a las 11:15 am, por lo que existe una correspondencia.

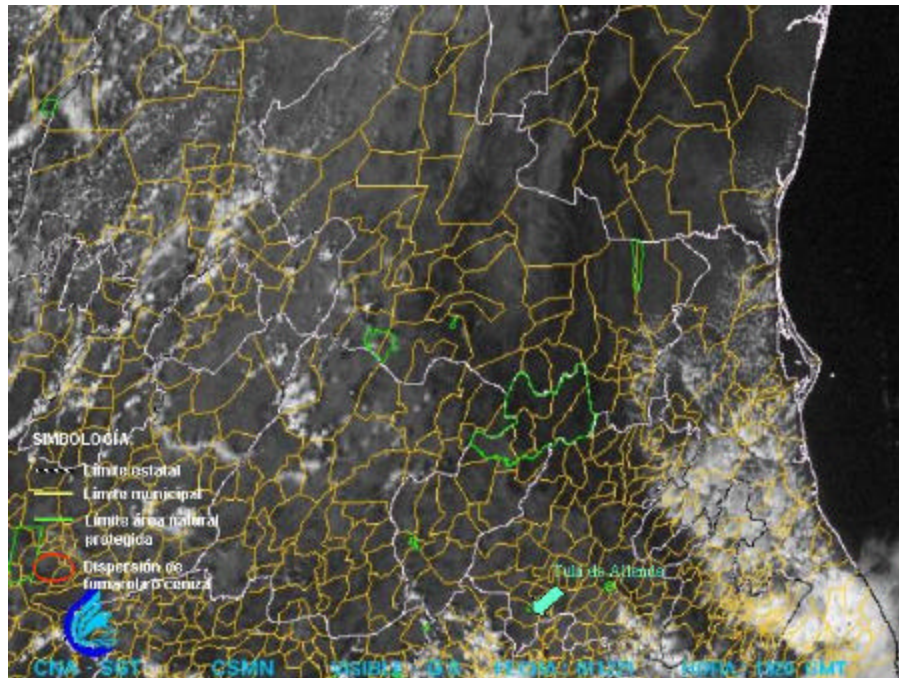


Figura 6. Mapa donde las líneas blancas corresponden a los estados, las amarillas a los municipios y las verdes a Áreas Naturales Protegidas.

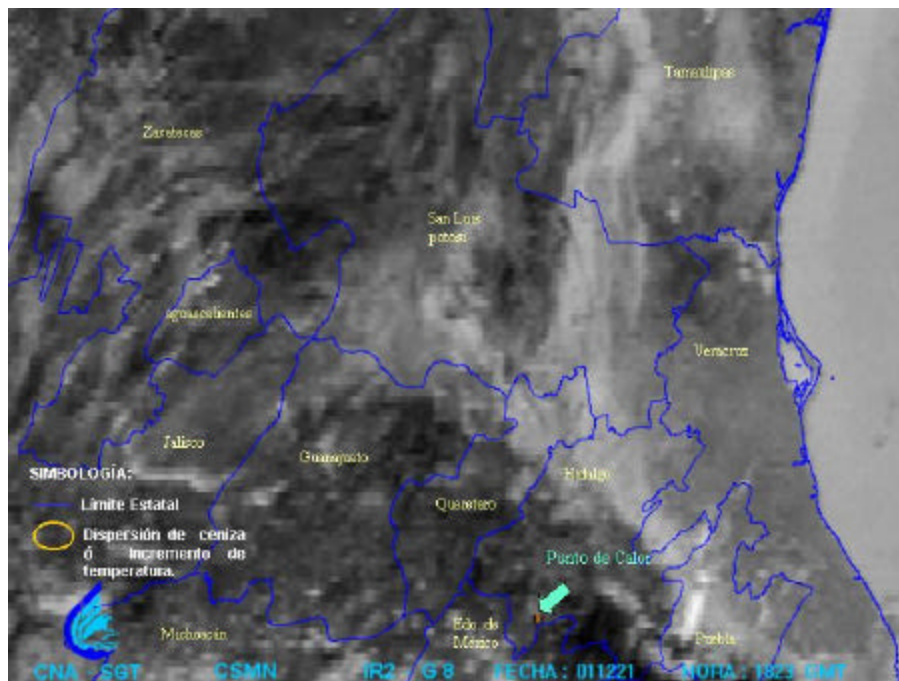


Figura 7. Imagen infrarroja del Canal 2, la tendencia al color negro indica que son zonas de alta temperatura, mientras que cuando a ser blanco, son sitios fríos, como las nubes.

Finalmente la aplicación del modelo de dispersión AFTOX, que es un modelo de tipo Gaussiano y que solo va a predecir la distancia y las concentraciones del contaminante (figura 8).

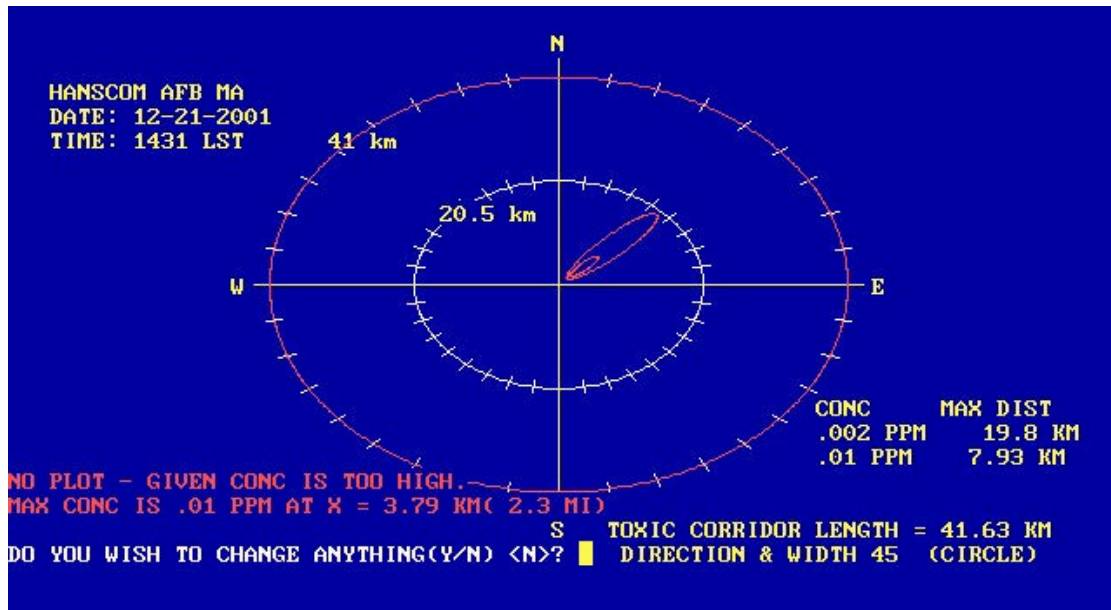


Figura 8. Modelo de dispersión AFTOX.

CONCLUSIONES

Dar seguimiento completo a los incidentes que se monitoreen, para comprender y entender su desarrollo, para crear estrategias cada vez más confiables.

Crear una relación histórica de este tipo de incidentes, para conocer las áreas más susceptibles o expuestas a dichos accidentes.

Oportunidad, eficacia y veracidad en los reportes dirigidos a los organismos correspondientes, en caso de suceder un incidente o cualquier otro percance relacionado con dicha metodología.

Contar con una metodología 100% confiable en la detección de accidentes de origen químico, considerando que esta metodología es una primera versión y que puede ser mejorada conforme a la experiencia obtenida durante los periodos de monitoreo.

Establecer lazos y vínculos con instituciones que se involucren en la protección civil y problemas de tipo ambiental, así como de organismos y grupos ecologistas nacionales e internacionales, que en un momento dado reconozcan al Servicio Meteorológico Nacional como un organismo que trabaja con métodos confiables para el caso de accidentes químicos y formación de nubes radiactivas.

Capacidad física y material para participar en eventos como simulacros de accidentes en plantas nucleares, organizados por instituciones encargadas de dar seguimiento a dichos incidentes.

REFERENCIAS

- García A. M. Y Pérez V. G. SIG S. A., (1991). "Deterioro Ambiental de los Recursos Bióticos Terrestres", México
- Centro Nacional de Prevención de Desastres, (1999) "SEMARNAP", Prevención Organo Informativo del Sistema Nacional de Protección Civil, No. 23, pp. 24-29, México.
- Finlayson-Pitts B.J. and Pitts JR J. N. 1984. Atmospheric Chemistry Fundamentals and Experimental Techniques. A Wiley and Sons. New York.
- Hinds C. W. 1982. Aerosol Technology Properties, Behavior and Mesurement of Airborne Particles. A Wiley and Sons, New York.
- Levine S.J.1996. Biomass Burning and Global Change volumen 2, The MIT Press, London England.
- Peavy H. S. 1985. Environmental Engineering. McGraw-Hill.
- System. Air Resources Laboratory. Meryland.
- Wayne R. P. 1985. Chemistry of Atmospheres, Clarendon Press, Oxford.