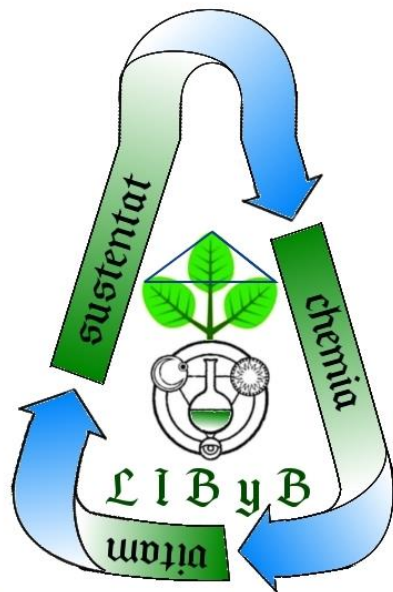




**Laboratorio de Investigación en  
Bioinorgánica y Biotecnología**

# APLICACIÓN DE gvSIG EN QUÍMICA AMBIENTAL: GEORREFERENCIACIÓN DE UNA PLUMA DE CONTAMINACIÓN EN UNA LAGUNA Y EVALUACIÓN DE RIESGO TÓXICO HUMANO Y AMBIENTAL

Dr. José Antonio Guevara García

Desarrollo en Software *libre*  
como motor de cambio

26 – 28 AGOSTO 2015

FACULTAD DE GEOGRAFÍA, UAEM

TOLUCA-MÉXICO



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

# INTRODUCCIÓN



- ☐ Tlaxcala importante corredor de transporte (DF a Veracruz) con 2 zonas de productos químicos.
- ☐ En Tlaxcala han incendios en plantas químicas, derrames y vertido de materiales peligrosos en cuerpos de agua y zonas habitacionales.
- ☐ La Laguna de Atlangatepec ha sufrido derrames de desechos tóxicos.
- ☐ Necesidad de contar con herramientas tecnológicas para responder casos de emergencia por descargas tóxicas en los cuerpos de agua, generando información para salvaguardar a la población y la integridad del medio ambiente.



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

Desarrollo en Software *libre*  
como motor de cambio



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

# OBJETIVOS



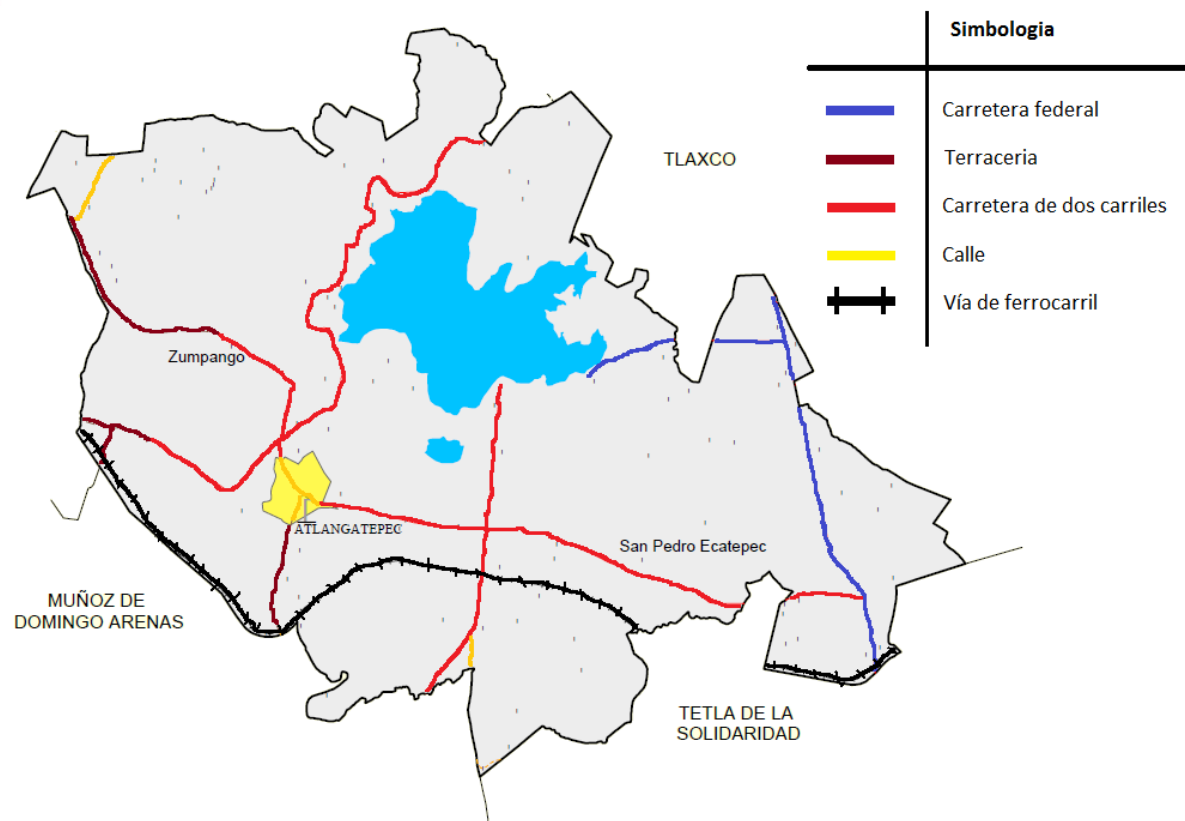
- ☐ Generar un método para modelar la pluma de dispersión de un contaminante en un cuerpo de agua con metodologías y procedimientos predictivos de modelación y representación virtual de accidentes ambientales.
- ☐ Predicción de tiempo de vida media de compuesto tóxicos, niveles de concentración teóricos, subproductos, patrón de dispersión, etc.
- ☐ Determinación de los niveles toxicológicos tanto humanos como ambientales, para emitir las recomendaciones correspondientes en el menor tiempo posible a los cuerpos de protección civil.



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

Desarrollo en Software *libre*  
como motor de cambio

# METODOLOGÍA

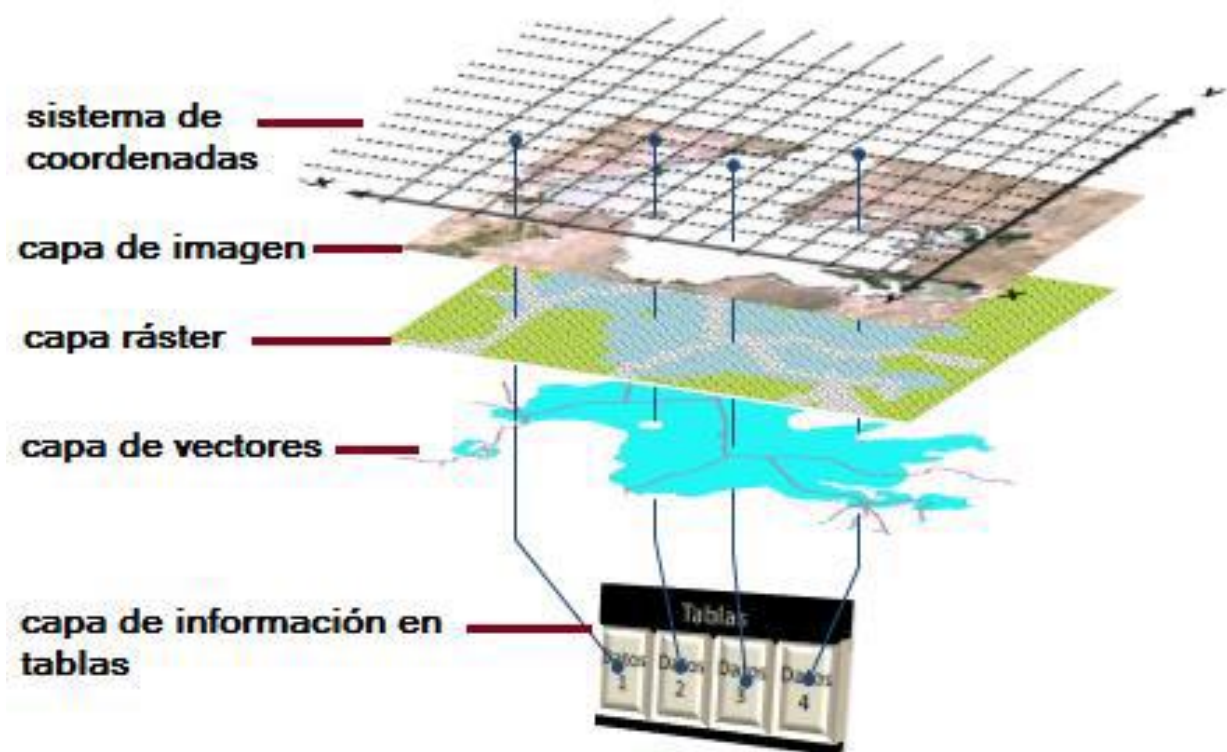


Se modeló el evento ficticio de una contingencia por derrame de 500 L de amoníaco en un punto de la Laguna de Atlangatepec, debido a que es el cuerpo de agua de mayor importancia en el estado de Tlaxcala, mientras que el amoníaco es segundo en la lista de productos químicos con mayor frecuencia de accidentes en México.



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

# METODOLOGÍA



- ☐ En gvSIG se obtuvo un raster de la Laguna de Atlangatepec mediante el servicio WMS.
- ☐ Se segmentó en 8 secciones de 24 compartimentos la laguna de Atlangatepec como un cuerpo geométrico regular.
- ☐ Se asignaron las rutas de dispersión y advección. Se calcularon las concentraciones a 1 h, 24 h, y a 1 mes del amoníaco con EXAMS.
- ☐ Los resultados (en forma de tablas) se exportaron al programa GvSIG y se les asignó a cada concentración de cada segmento un valor georreferenciado.



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

Desarrollo en Software *libre*  
como motor de cambio

# METODOLOGÍA



Imagen tipo raster de la Laguna de Atlangatepec, obtenido mediante el servicio WMS. La flecha señala el lugar del derrame ficticio

- ☐ En la plataforma SADA se desarrollaron las capas correspondientes a las plumas de dispersión y se obtuvieron vistas en dos y tres dimensiones con códigos de colores.
- ☐ Las imágenes de las plumas de contaminación del amoníaco se exportaron a gvSIG para generar las capas de localización de las zonas habitacionales y de actividad económica.
- ☐ El criterio sobre el riesgo tóxico humano y de impacto ambiental se obtuvo sobre la plataforma de SADA utilizando los datos sobre las zonas habitacionales y las concentraciones de referencia RfC (*reference concentration*) y RfD (*reference dose*) publicadas por la Agencia de Protección al Ambiente de los E.U.A (EPA) y la ATSDR.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

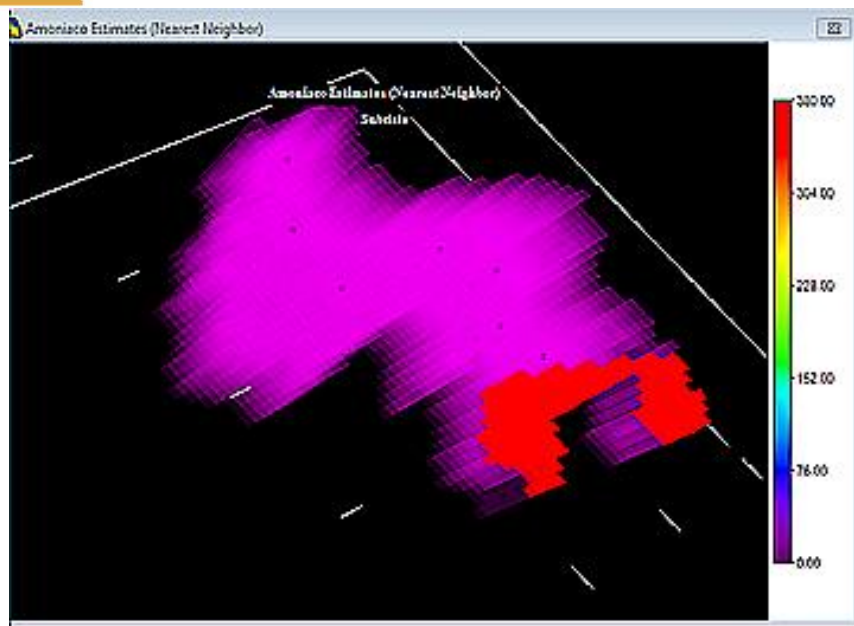


Imagen tridimensional elaborada con el software SADA alimentado con los datos de dispersión calculados con el programa EXAMS, para la Laguna de Atlangatepec un día después del derrame de amoníaco. En la parte derecha se observa el código de colores para las concentraciones (ppm).

- ☐ El amoníaco es un líquido altamente volátil que al aire libre no se moviliza a gran distancia, forma una nube que puede permanecer en el aire aproximadamente una semana; pero también es una sustancia muy soluble en agua (34 g/100 mL a 20°C), que reacciona para producir hidróxido de amonio.
- ☐ En el caso de estudio, el amoníaco es vaciado en el agua a la orilla de la laguna, por lo tanto debemos esperar que la mayor parte del contaminante se integre al cuerpo de agua y una pequeña fracción se evapore en el proceso, permaneciendo sobre la parte afectada.
- ☐ Los resultados arrojados por el modelo computacional de EXAMS demuestran que después de una hora persiste el 99.99% de la descarga de amoníaco en el cuerpo de agua, con 379.2 kg en el segmento superficial y 0.00000349 kg en la capa béntica.



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Geolocalización del derrame de amoníaco sobre la plataforma de gvSIG, utilizando capas de zonas habitacionales y de actividad económica (recuadros). Se muestra el progreso de las concentraciones de amoníaco en agua después de 1 h, 1 día, y 1 mes. Se utiliza el mismo código de colores para las concentraciones (ppm). Se identificaron 10 zonas de cultivo de peces cerca de la zona de contaminación, 2 áreas de cultivo se encuentran a la orilla de la presa, 4 se encuentran cercanos al sitio de contingencia y otros 4 que podrían ser afectados pero que se encuentran relativamente alejados. La zona de cría de peces empieza a verse afectada después de un mes, no obstante se debe de considerar en riesgo desde el momento de la contingencia. Las especies de aves acuáticas que se encuentran amenazadas, y que se consideran endémicas o que se catalogan como especies raras, son: Garcita de tular, Garcita verde parduzca, Garzón gris, Garza morena o Garzón cenizo, Perro de agua o Teterete, Pato Mexicano, pato Triguero y el Pato Altiplanero.

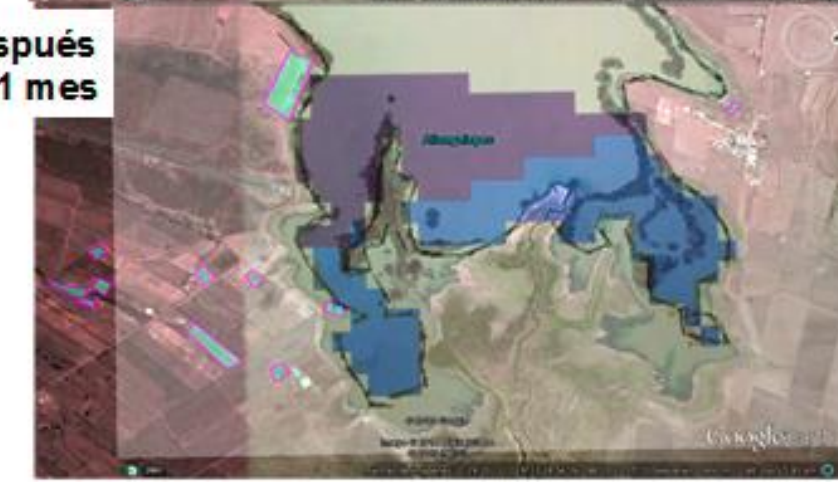
a) Después  
de 1 hora



b) Después  
de 1 día



c) Después  
de 1 mes



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Con respecto a la capa de aire por arriba de la zona de derrame, se observa una rápida evaporación del amoníaco que sobrepasa el valor de  $RfC$  y por eso se debe impedir obligatoriamente que las personas se puedan acercar y exponer al contaminante. Cerca de la zona de contaminación se localizaron 7 comunidades y varios asentamientos que pueden verse afectados por el derrame de amoníaco, casi la mayoría de asentamientos se localizan al Norte y al Este de la Laguna. Por lo tanto, la rivera de la laguna se debe acordonar y poner en vigilancia permanente, impidiendo el abasto de agua en las zonas de cultivos de peces y el abasto de agua de los cuerpos adyacentes a la laguna para evitar intoxicación por consumo humano. Se debe evitar el pastoreo y no usar agua para riego. Implementar sistemas de aireación para disminuir la concentración de amoníaco disuelto en agua, para acelerar el proceso de autodepuración, y llevar un control continuo del avance de autodepuración de la presa.



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

Desarrollo en Software *libre*  
como motor de cambio



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

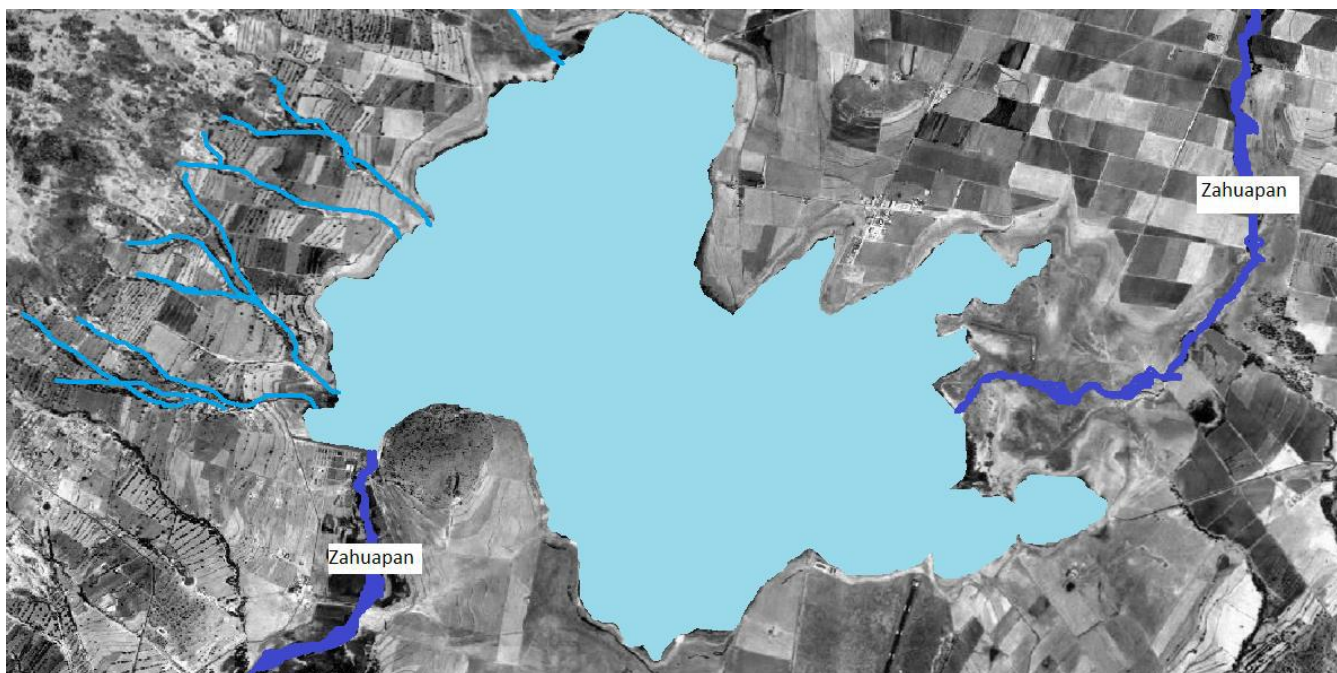


Imagen de los principales afluentes de la laguna de Atlangatepec

En el caso de los procesos biológicos en el cuerpo de la laguna, EXAMS arroja resultados sobre los recursos del sistema, que se definen como aquellos factores que afectan al rendimiento sobre la que el sistema ejerce un cierto control. Recursos de un ecosistema acuático incluyen, por ejemplo, el pH en todo el sistema, la intensidad de la luz en la columna de agua, y las concentraciones de oxígeno disuelto. En el proceso contemplado, se observa que el oxígeno disuelto disminuye drásticamente mientras que el pH permanece elevado, esto, aunado al lento proceso de dispersión y advección, permite especular que el proceso de eutrofización se verá acelerado, por lo que también se verá afectada la vegetación natural en el embalse, principalmente la zona de tules que es donde se generó la contaminación, si esta zona se ve afectada, lo son también las especies de aves y peces que anidan en esta zona en especial.



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

Desarrollo en Software *libre*  
como motor de cambio



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Presa Las Cunetas en el incidente de la muerte masiva de peces en julio de 2005

- ❑ Otro efecto de la disminución de la concentración de oxígeno disuelto en agua, es que puede provocar la muerte masiva de las especies de peces que se encuentren en el lugar de la pluma de contaminación.
- ❑ Todo esto se debe de tomar en cuenta por que a nivel ambiental, una contingencia de este tipo pone en riesgo las especies de aves acuáticas que llegan a residir en ese lugar, pero principalmente las especies que se encuentran amenazadas, que se consideran endémicas o que se catalogan como especies raras, tales como: Garcita de tular, Garcita verde parduzca, Garzón gris, Garza morena o Garzón cenizo, Perro de agua o Teterete, Pato Mexicano, pato Triguero y el Pato Altiplanero.





# CONCLUSIONES



- ❑ Esta metodología proporciona una forma de realizar un modelo de dispersión de contaminantes para cualquier caso de derrame y a determinar el destino, transporte y persistencia de la pluma de contaminante dentro del cuerpo de agua.
- ❑ Es más preciso mientras mejor se conozcan los parámetros que afectan el cuerpo de agua, por ejemplo: los flujos de agua, las temperaturas en los estratos, la precipitación pluvial, la forma y profundidad del vaso, la velocidad del viento, etc. También mejora el modelo la retro-alimentación con datos de muestreos *in-situ*.
- ❑ La metodología se puede aplicar a las descargas de sólidos suspendidos y de otros residuos que ingresan a la laguna de forma cotidiana por sus vertientes de alimentación, para modelar parámetros de la laguna como DQO, DBO, oxígeno disuelto, conductividad, etc.
- ❑ En este caso, la aproximación computacional correspondería a una contaminación crónica, pero que podría utilizarse para modelar una contingencia ambiental.
- ❑ Este modelo proporciona un criterio de actuación para los organismos de protección civil.





Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

# AGRADECIMIENTOS



Dr. Timothy David Landry, Cuerpos  
de Paz (E.U.A.), SEMARNAT-  
TLAXCALA.

Ing. Jorge Barrera, SEMARNAT-  
Tlaxcala.

Q.I. Freddy Jimenez Mendoza

e-mail:

[jaguevarag@hotmail.es](mailto:jaguevarag@hotmail.es)



Jornadas de  
Latinoamérica  
y Caribe de gvSIG

Desarrollo en Software *libre*  
como motor de cambio