

# Escenarios de contaminación del Golfo de México por aporte fluvial del río Coatzacoalcos.

Josué Martínez Moreno

Asesor: Angel Ruiz Angulo



# Motivación

La United Nations Convention on the Law of the Sea, definió contaminación marina como:

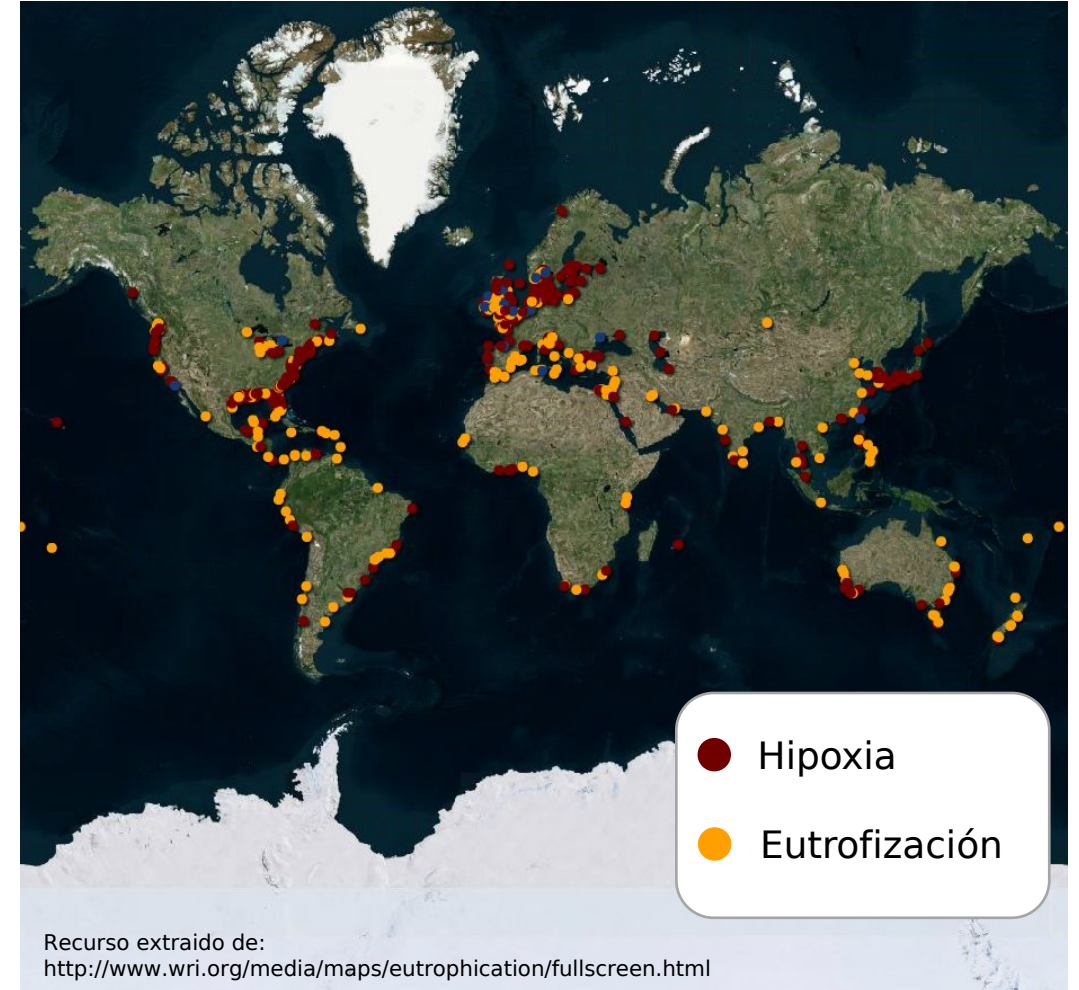
"La introducción por el humano directa o indirectamente de sustancias o energía dentro del ambiente marino, que afecta deteriorando la vida marina, peligros a la salud humana, impedimentos a las actividades marinas, daños a la calidad del agua."

William (1996), la define como:

"Una contaminación, debido a que todo contaminante en el aire, o tierra, tiende a terminar en el océano".

# Motivación

- La hipoxia en el océano está asociada a regiones costeras con concentraciones de  $O_2$  disuelto muy bajas para soportar vida acuática ( $< 2 \text{ mg/L}$ ).
- El crecimiento poblacional asociado a las costas y descargas fluviales, transporta nutrientes y contaminantes al océano.



# Motivación

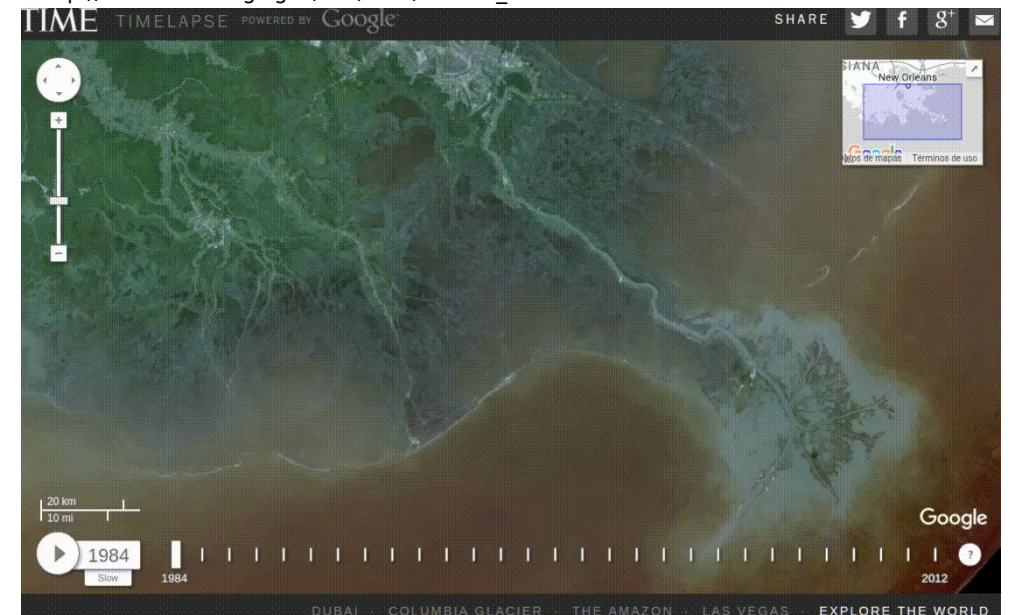
- Las variaciones de las propiedades físicas regionales del aporte fluvial, por ejemplo: la turbidez y densidad, modifican los ecosistemas costeros.
- Los cambios en las propiedades químicas regionales de las descargas fluviales: el pH, oxígeno disuelto. Repercuten negativamente sobre la pesca, y la calidad de agua. (Jickells, 1998; Islam y Tanaka, 2004)

USGS 07374000 Mississippi River at Baton Rouge, LA



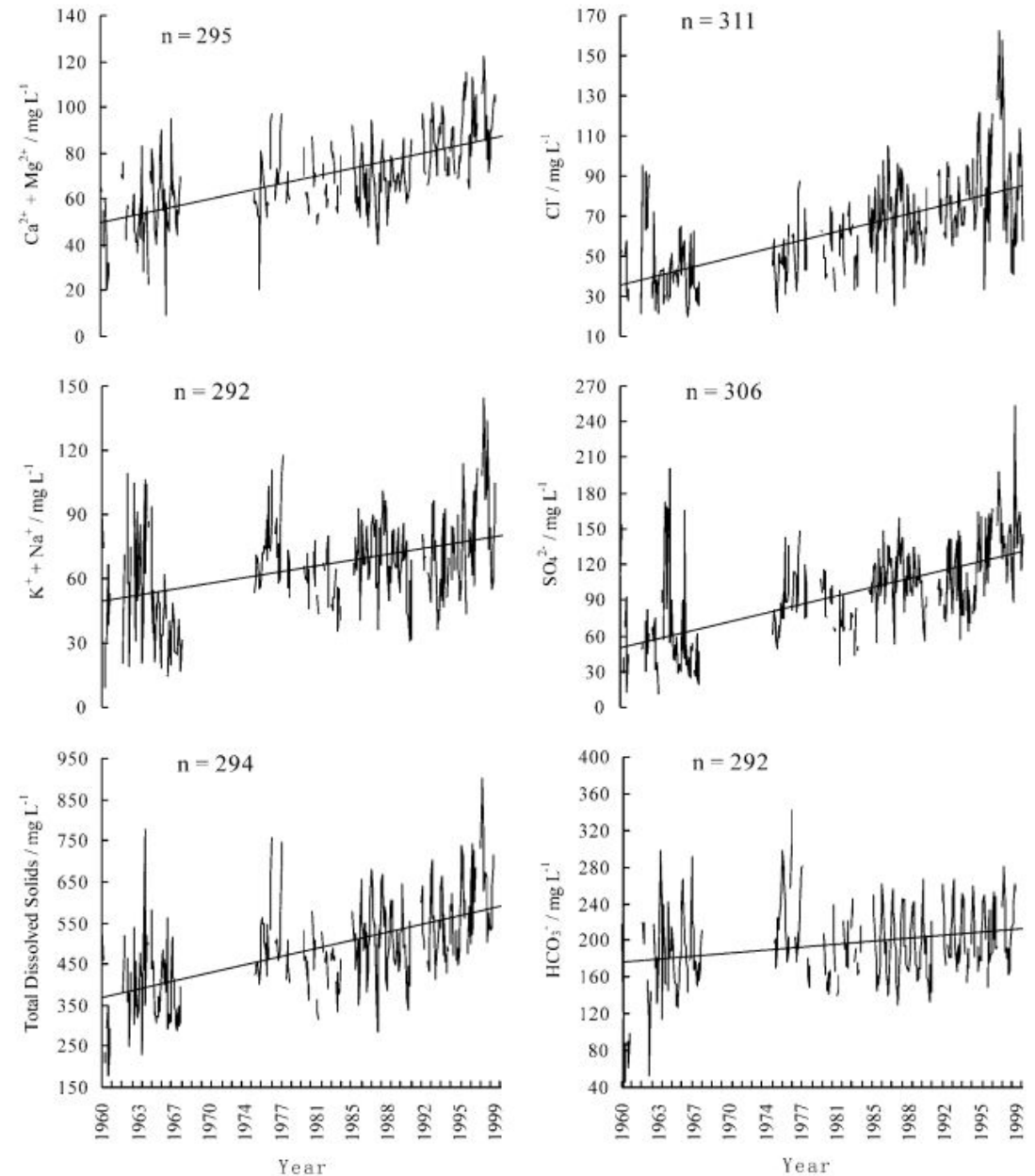
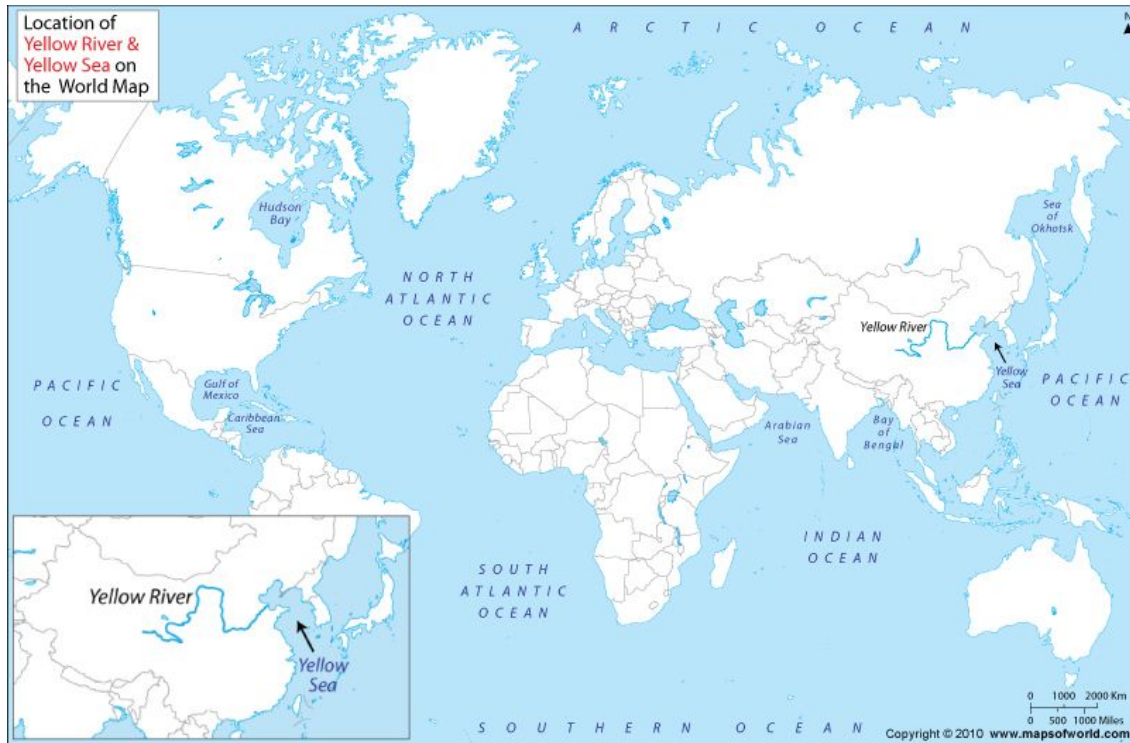
Recurso extraído de:

[http://waterdata.usgs.gov/usa/nwis/uv?site\\_no=07374000](http://waterdata.usgs.gov/usa/nwis/uv?site_no=07374000)



# Motivación

## Río Amarillo (China).



**Figure 3.** Changes in major ion content that have significant change using the seasonal Kendall test at Luokou Station in the lower Yellow River, 1960–2000.

Recurso extraído de: (Jingsheng Chen and Dawei He, 2003)

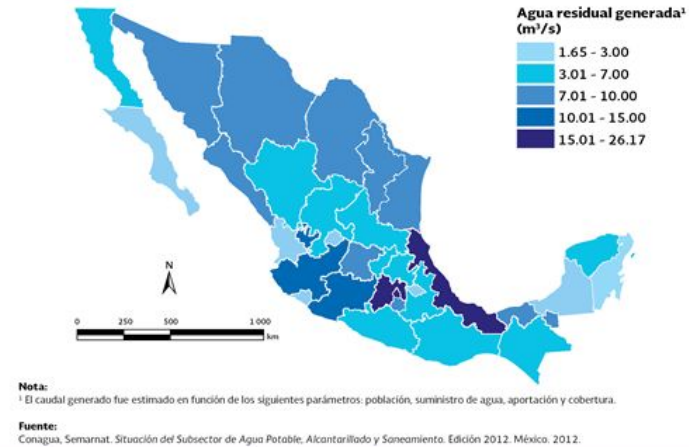
# Introducción

Particularmente, en nuestro país, el crecimiento industrial y demográfico acelerado en áreas costeras, es responsable de serias alteraciones al medio ambiente, éste es el caso del río Coatzacoalcos.

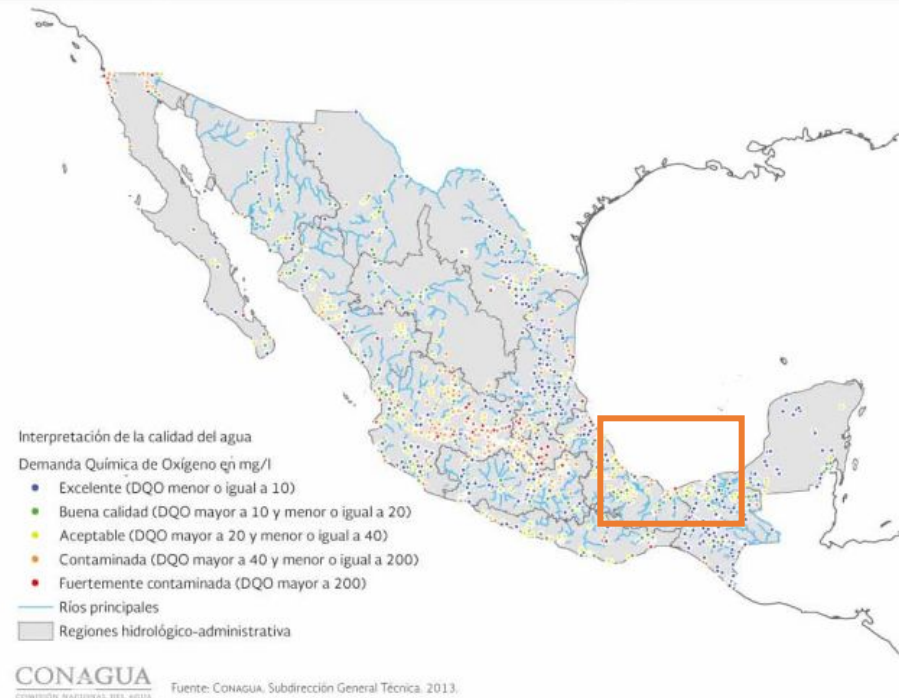
**T2.16 Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales por región hidrológico-administrativa, de acuerdo al indicador DQO, 2012**

Región	Excelente	Buena calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
I Península de Baja California	9.4	11.8	9.4	55.3	14.1
II Noroeste	28.2	39.4	21.1	11.3	0.0
III Pacífico Norte	21.2	34.8	31.5	10.3	2.2
IV Balsas	30.8	13.9	19.8	27.2	8.3
V Pacífico Sur	19.0	25.4	38.0	15.5	2.1
VI Río Bravo	45.9	19.4	20.7	12.6	1.4
VII Cuencas Centrales del Norte	25.6	34.9	20.9	18.6	0.0
VIII Lerma-Santiago-Pacífico	16.1	8.5	22.8	44.9	7.7
IX Golfo Norte	57.4	3.8	7.7	27.7	3.4
<b>X Golfo Centro</b>	<b>22.4</b>	<b>19.0</b>	<b>29.3</b>	<b>24.1</b>	<b>5.2</b>
XI Frontera Sur	64.8	13.3	12.9	7.8	1.2
XII Península de Yucatán	79.1	9.0	10.4	1.5	0.0
XIII Aguas del Valle de México	20.0	3.6	16.4	27.3	32.7
<b>Total nacional</b>	<b>32.1</b>	<b>15.2</b>	<b>21.0</b>	<b>26.2</b>	<b>5.5</b>

Fuente: CONAGUA. Subdirección General Técnica. 2013.



## M2.11 Calidad del agua según indicador DQO, en sitios de monitoreo de agua superficial, 2012



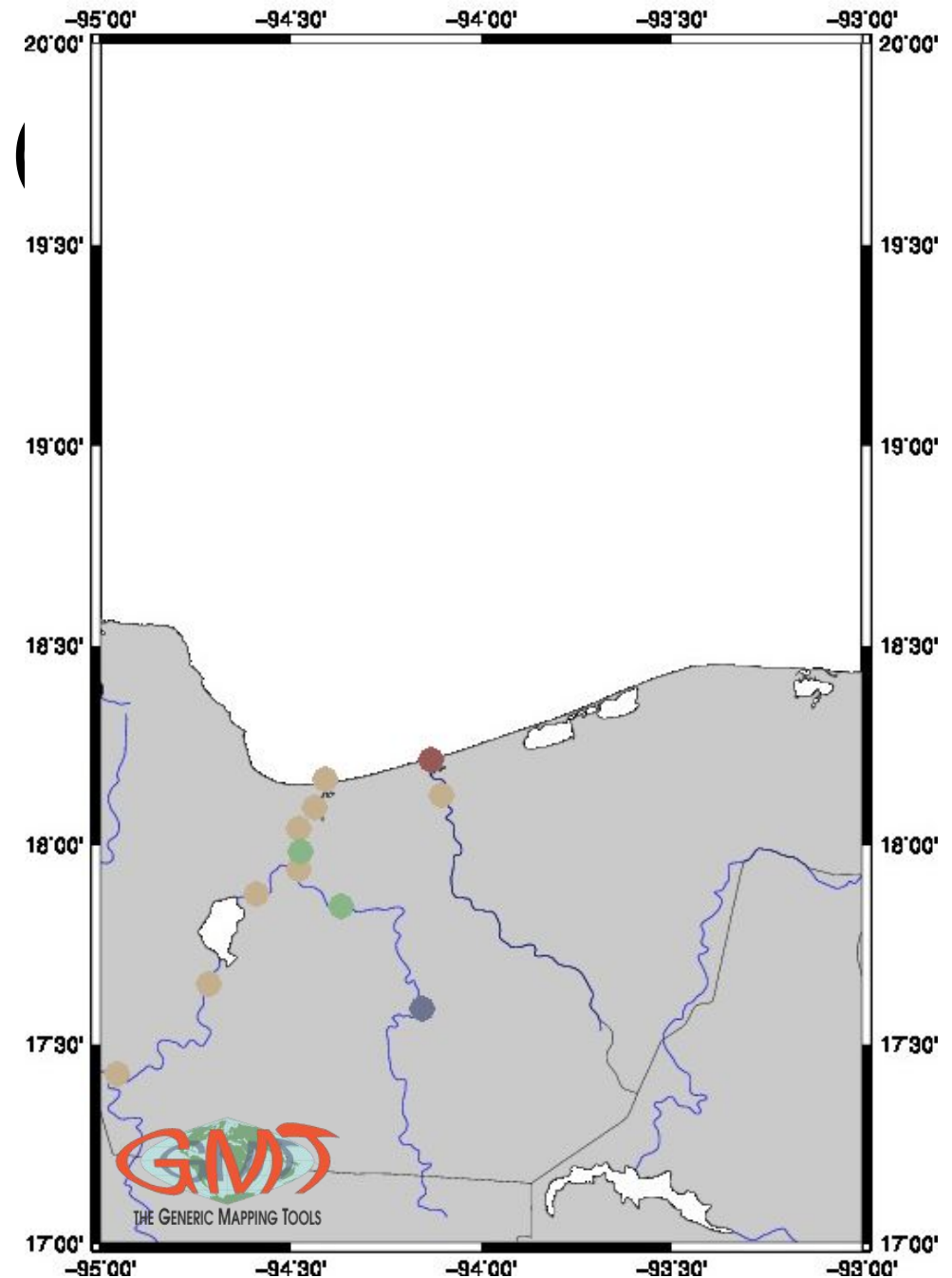
# Demanda Química de Oxígeno (

M2.11 Calidad del agua según indicador DQO, en sitios de monitoreo de agua superficial, 2012



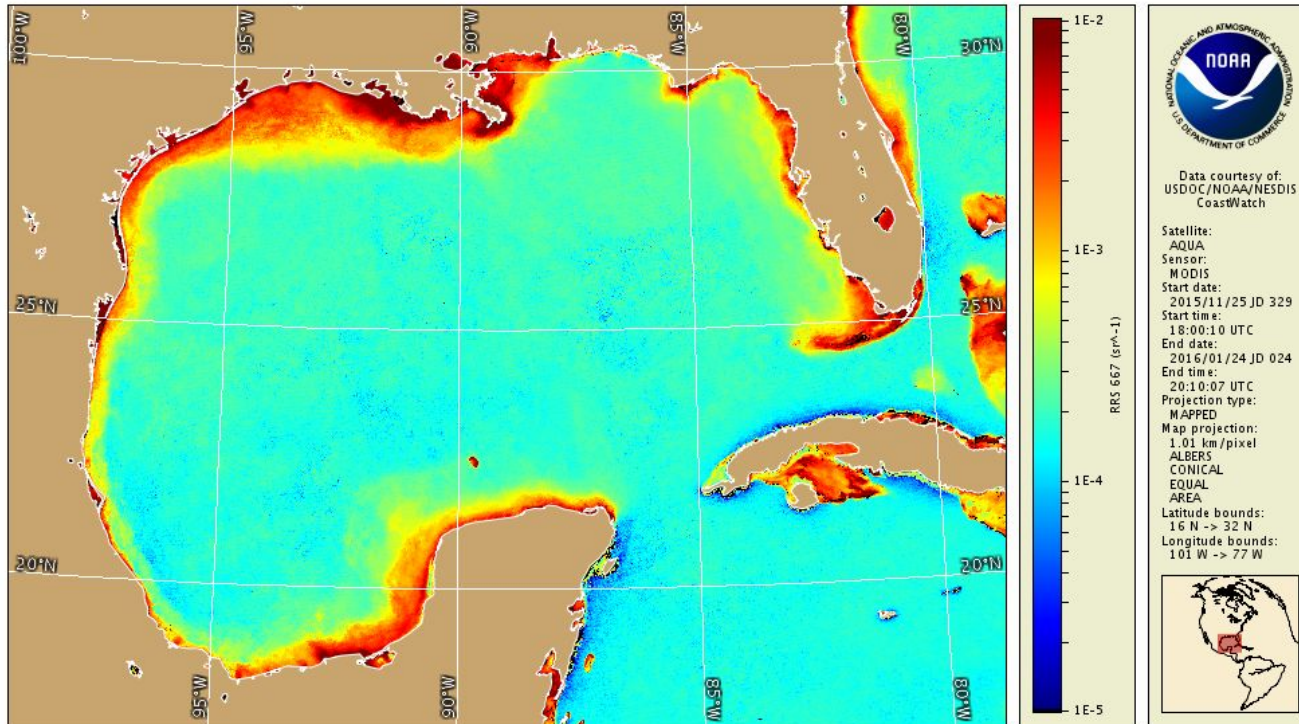
CONAGUA  
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Fuente: CONAGUA, Subdirección General Técnica. 2013.



# Objetivos General

- Estudiar el aporte del río Coatzacoalcos al Golfo de México

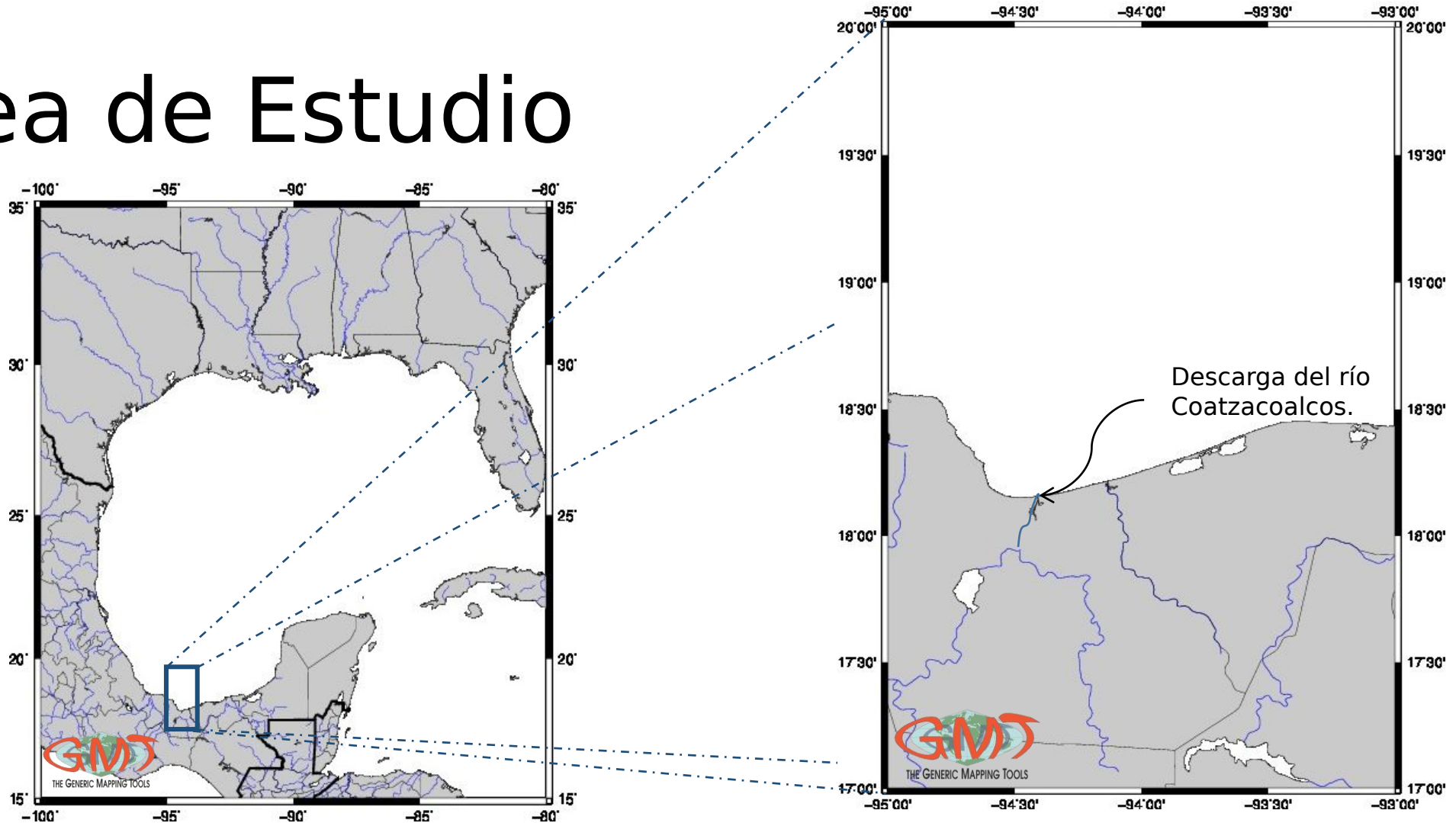




# Objetivos

- Implementar el modelo MITgcm para resolver detalladamente la estructura generada por la descarga del río Coatzacoalcos.
- Utilizar trazadores pasivos Lagrangianos para identificar la dinámica del aporte fluvial.
- Implementar anidamiento en la región del río Coatzacoalcos.
- Escenarios con incremento o disminución de concentración de "contaminante pasivo" en descarga del río Coatzacoalcos.
- Analizar las salidas del modelo para determinar la importancia de los procesos de mezclado, transporte y dispersión del aporte fluvial.

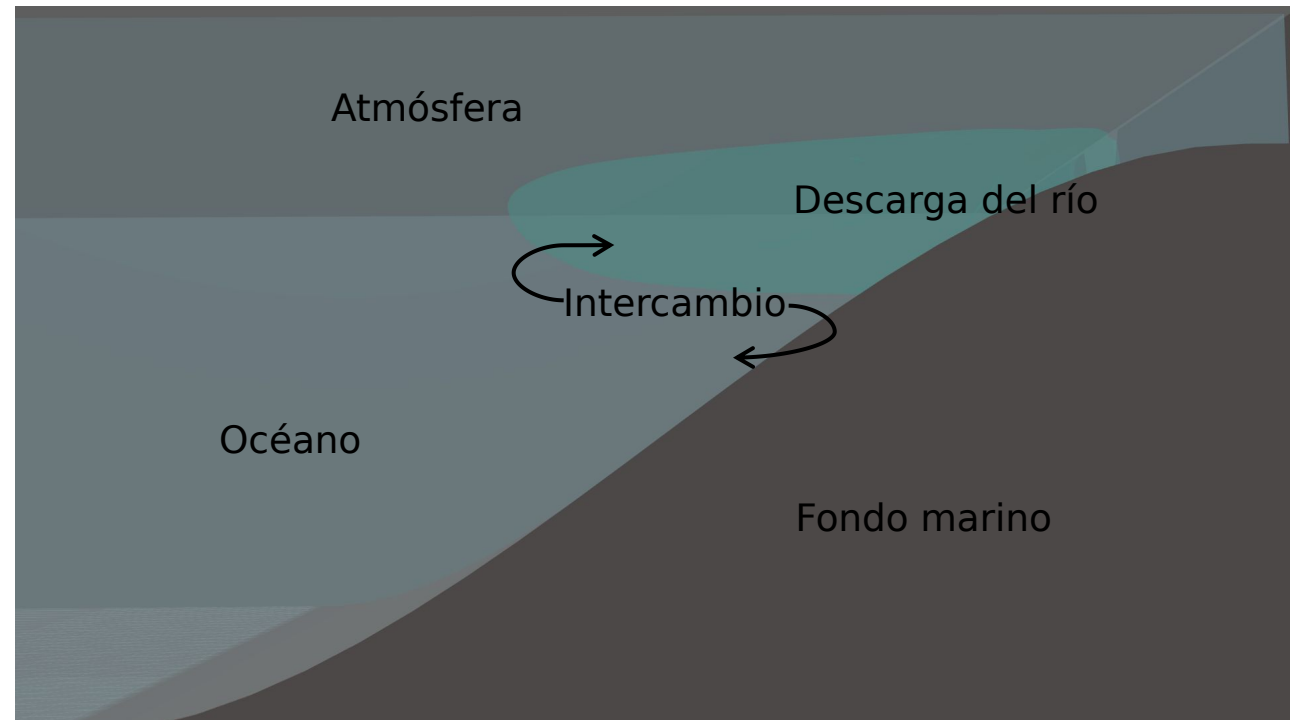
# Área de Estudio



El río Coatzacoalcos, está ubicado en Minatitlan-Coatzacoalcos, Veracruz. Ésta es una región con alta diversidad natural, la cual ha sufrido cambios ambientales a causa de la industria petrolera, petro-química y agro-química.

# Dinámica de la descarga de un río

- Es un flujo superficial dominante, debido a la baja densidad, asociada con la salinidad.
- Al ser un flujo superficial, presenta una importante interacción con la atmósfera.
- Además de un transporte dominante a lo largo de la costa.



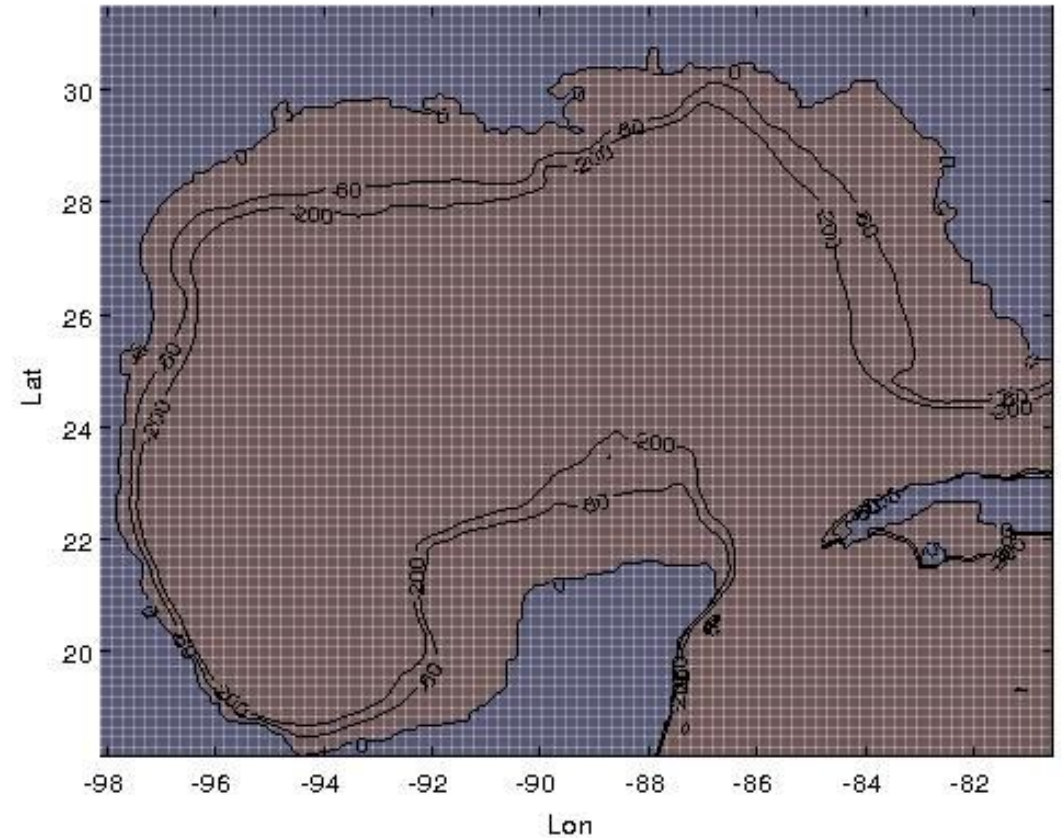
# Métodos

- Los procesos de transporte y dispersión del aporte del río Coatzacoalcos, pueden ser estudiados, mediante la utilización del modelo numérico MITgcm. (Massachusetts Institute of Technology general circulation model)



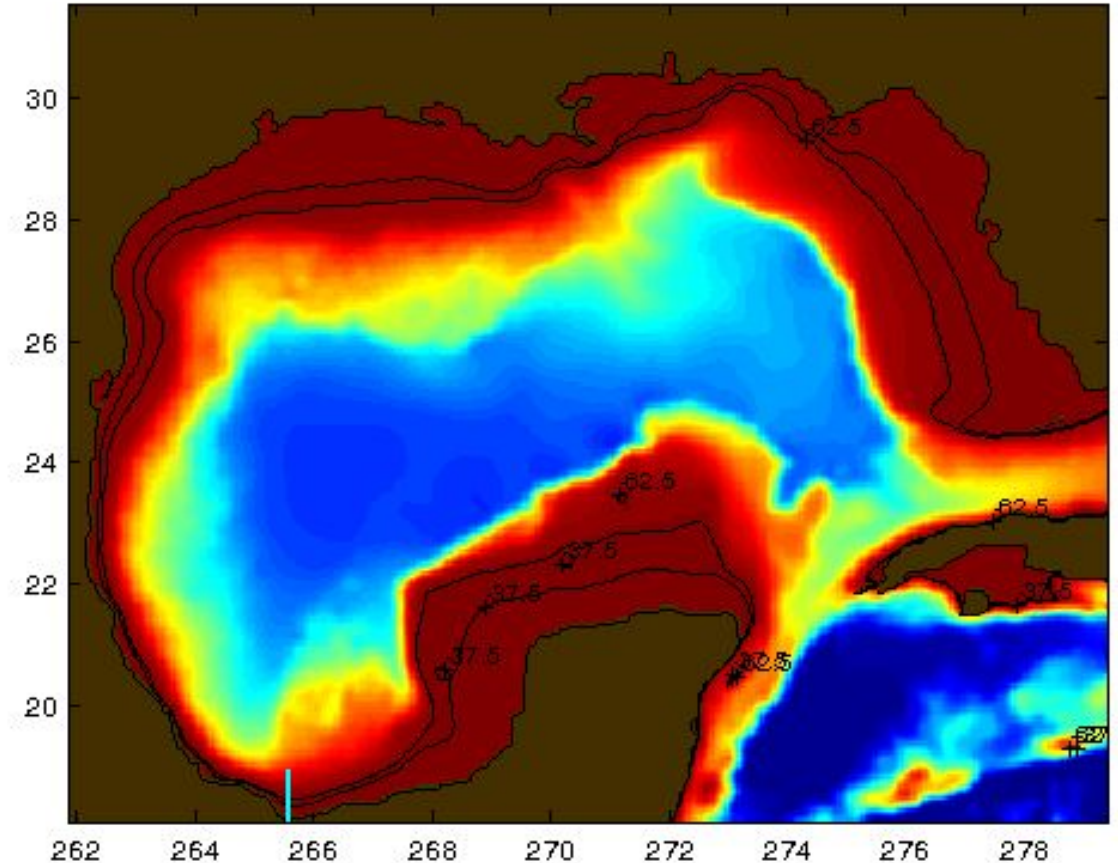
# Configuración del modelo

- Resolución espacial de  $0.05^\circ$
- Dominio computacional rectangular desde  $15.5^\circ\text{N}$  a  $31.35^\circ\text{N}$  y  $98.15^\circ\text{W}$  a  $80.6^\circ\text{W}$ .
- 48 niveles verticales.
- Batimetría GEBCO.
- Tiempo de simulación de 2 años (01-01-2014 a 31-12-2015)



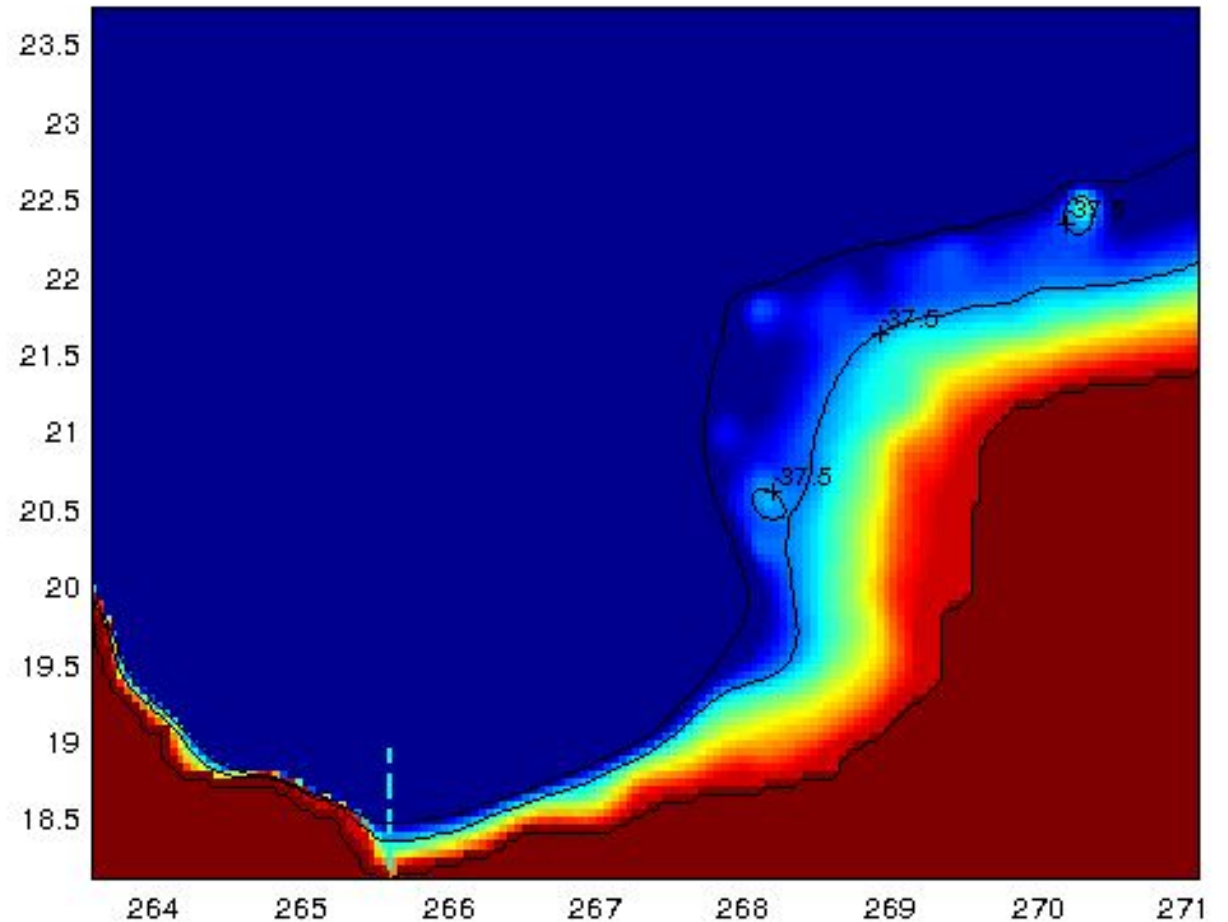
# Condiciones Iniciales y de frontera

- Extraídas del modelo HYCOM.
- Variables utilizadas:
  - Temperatura.
  - Salinidad.
  - Velocidad meridional.
  - Velocidad zonal.
- Fronteras Sur y Este abiertas, renovando condiciones de frontera cada 14 días.



# Condiciones Iniciales y de frontera Partículas

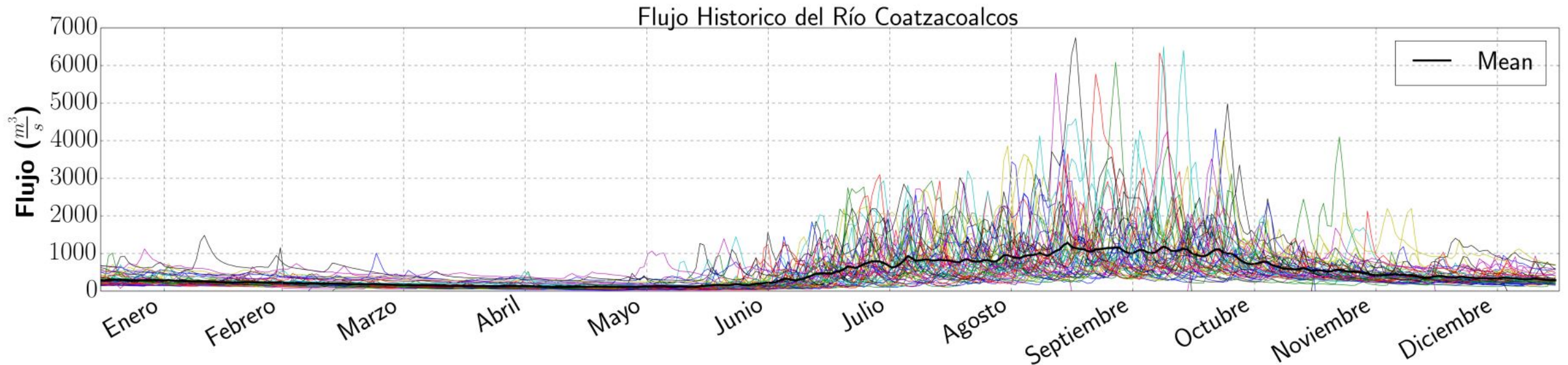
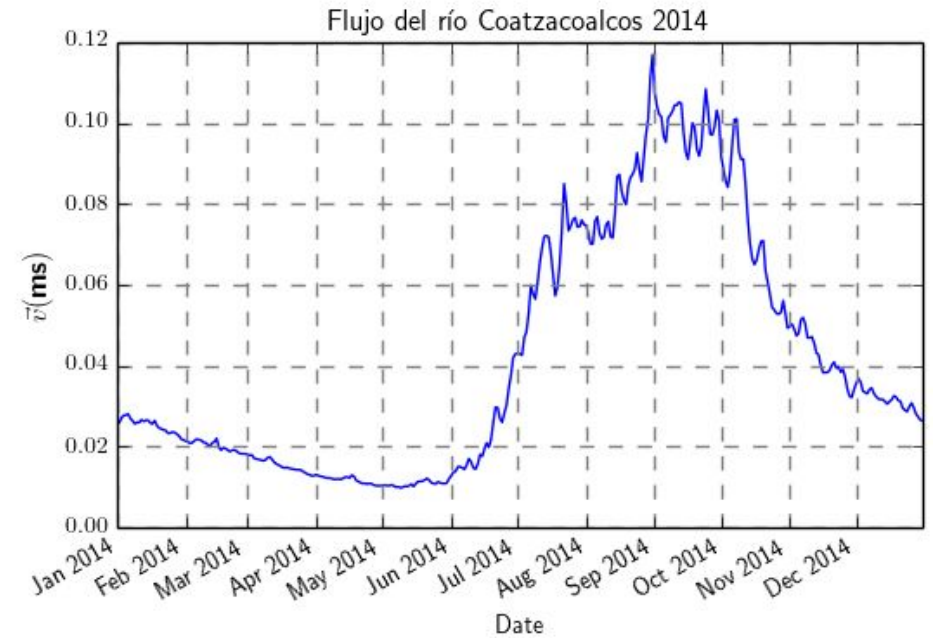
- Partículas trazadoras incorporadas en la segunda iteración.
- La concentración en masa de 1Kg partícula/Kg de fluido.
- Salinidad superficial (11.3), media (22.6), fondo (33.9)\*.
- Temperatura superficial (21.7°C), fondo (21.3°C)\*.



\*Datos hipoteticos.

# Aporte fluvial

- Velocidad zonal (0 m/s).
- Velocidad meridional extraída de caudal.
- Promedio calculado con 56 años de datos.

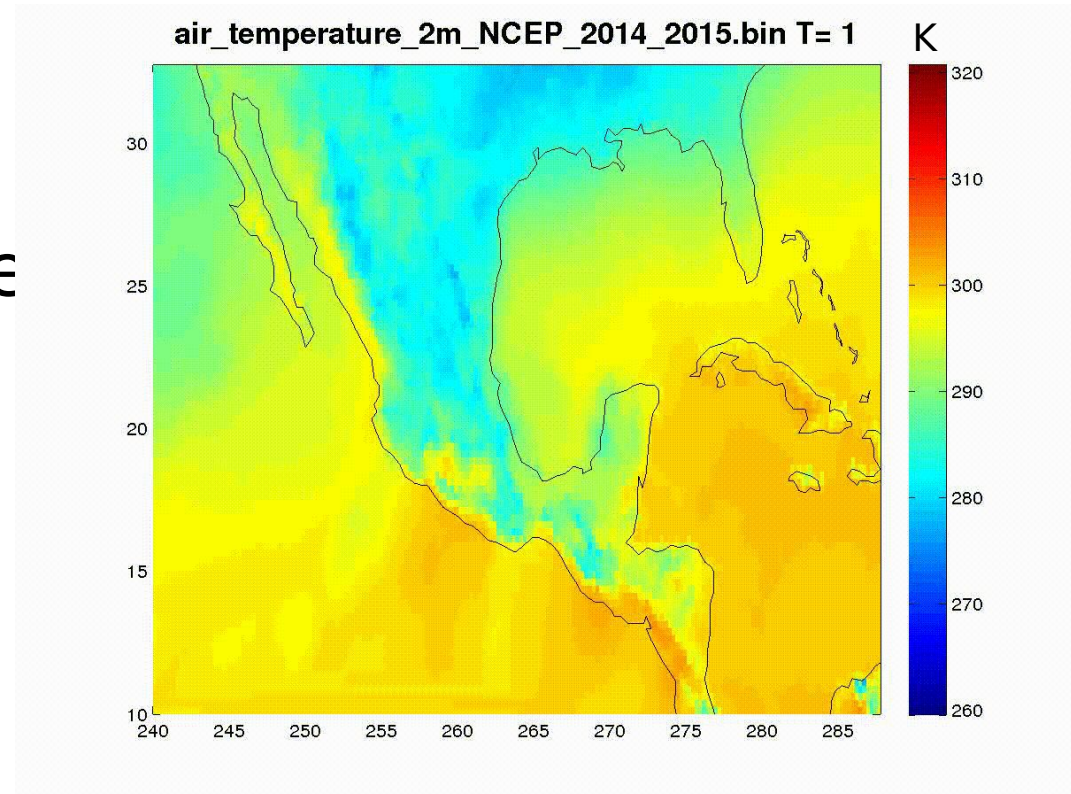


Fuente Conagua: ([ftp://ftp.conagua.gob.mx/Bandas/Bases\\_Datos\\_Bandas](ftp://ftp.conagua.gob.mx/Bandas/Bases_Datos_Bandas)).



# Forzamientos Atmosfericos NCEP-NARR.

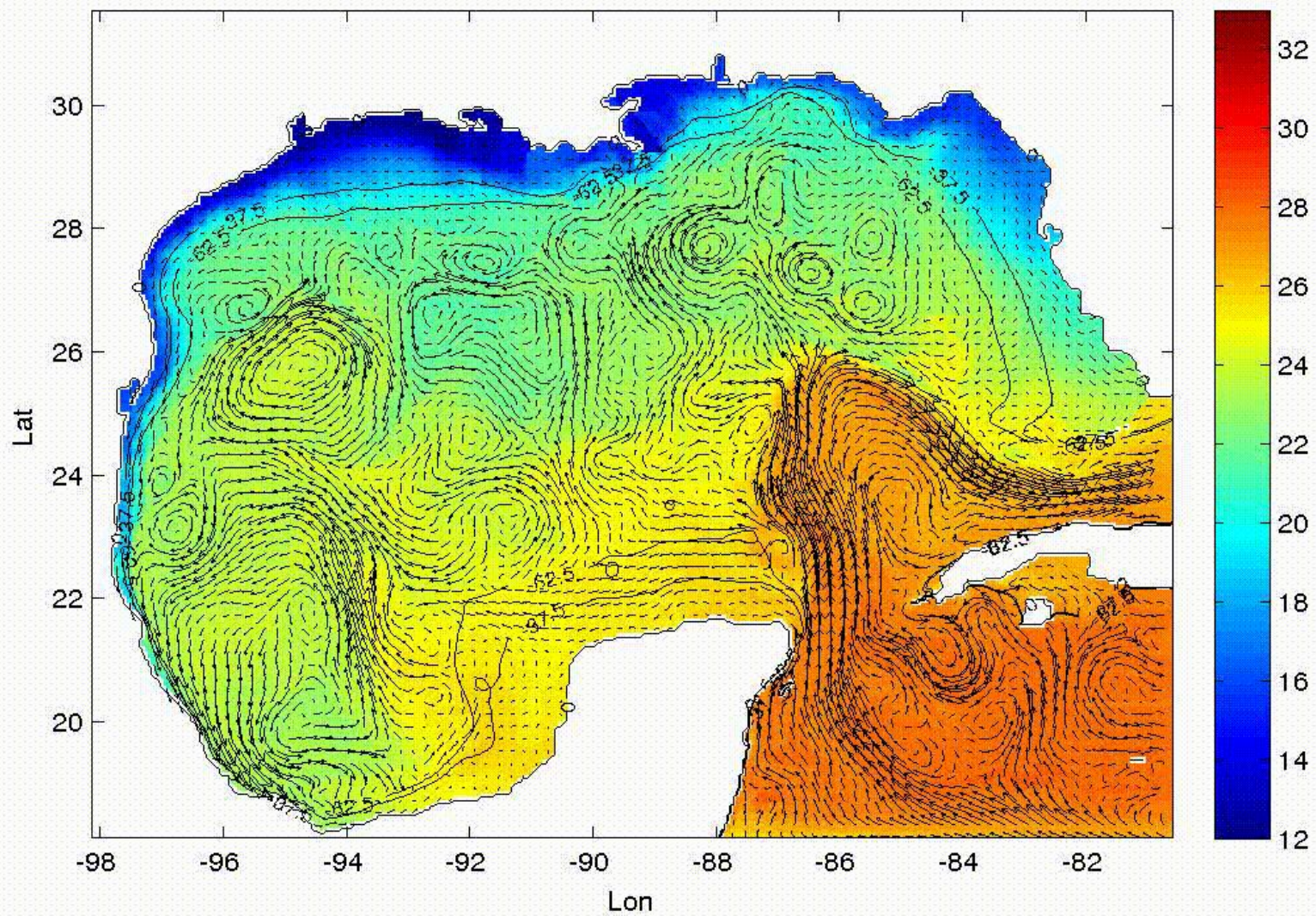
- Resolución espacial de 25 km.
- Resolución temporal 3 horas.
- Variables del forzamiento Atmosfe
  - Precipitación
  - Temperatura a 2m
  - Humedad Especifica a 2m
  - Radiación de Onda Corta Incidente
  - Radiación de Onda Larga Incidente
  - Velocidad de viento meridional a 10
  - Velocidad de viento zonal a 10 m
  - Presión Atmosferica superficial.



# Avances

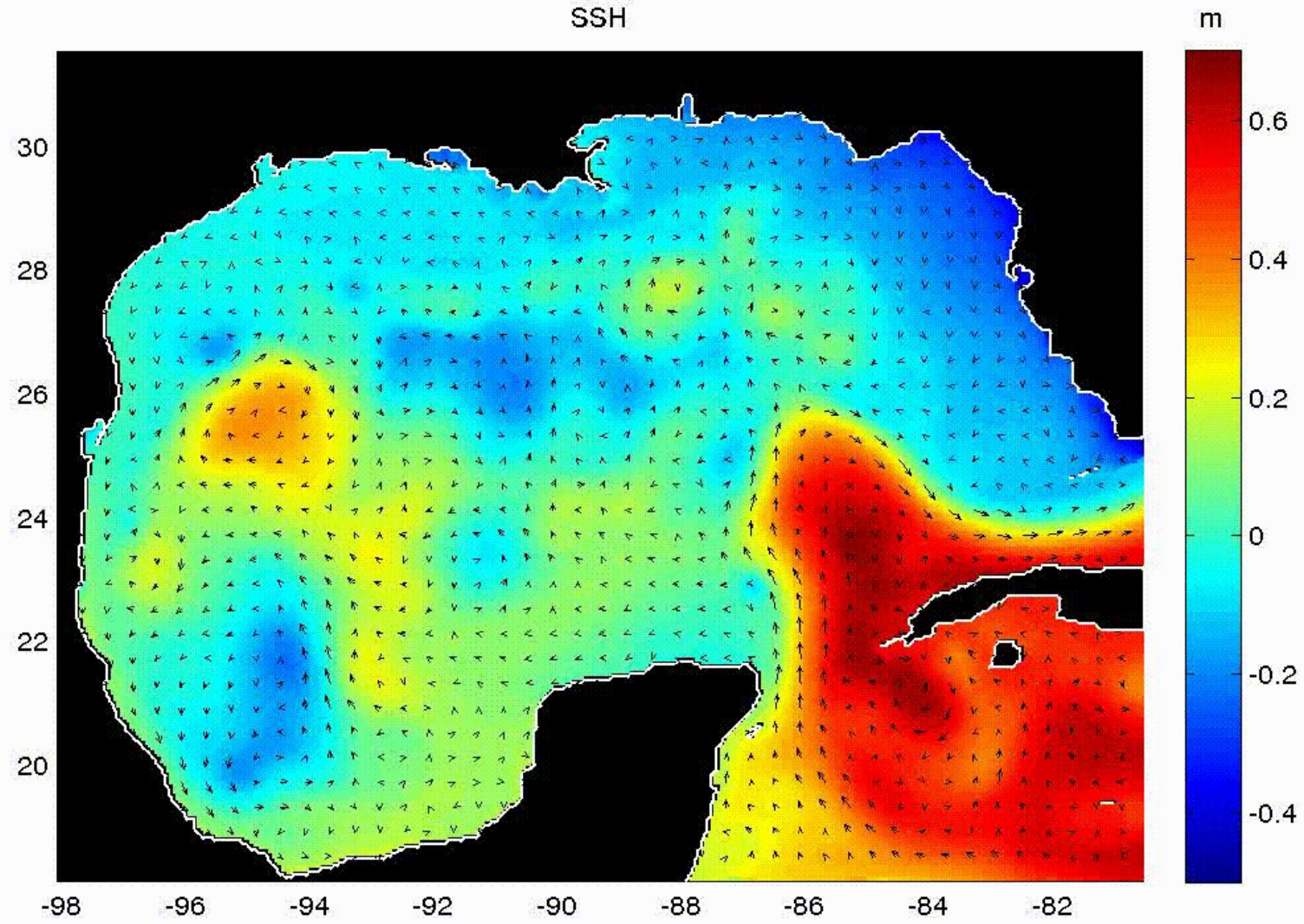
Se ha logrado implementar el GoM bajo todos los forzamientos.

T @ 2.5 m 01-Jan-2014

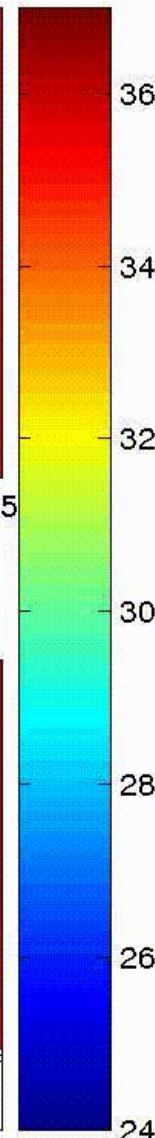
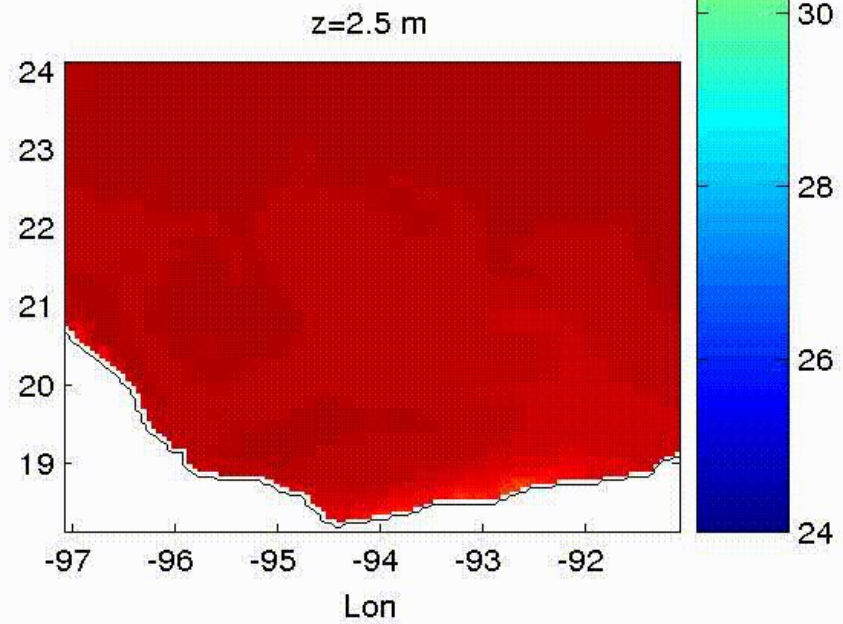
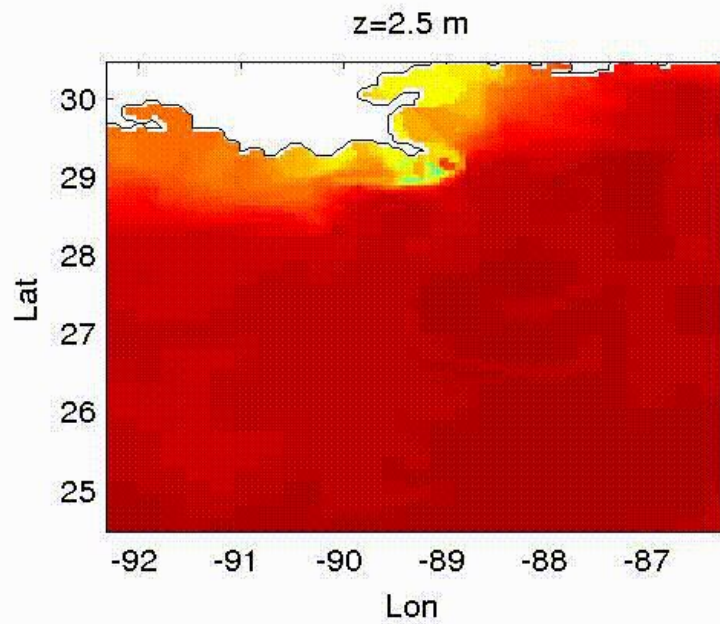
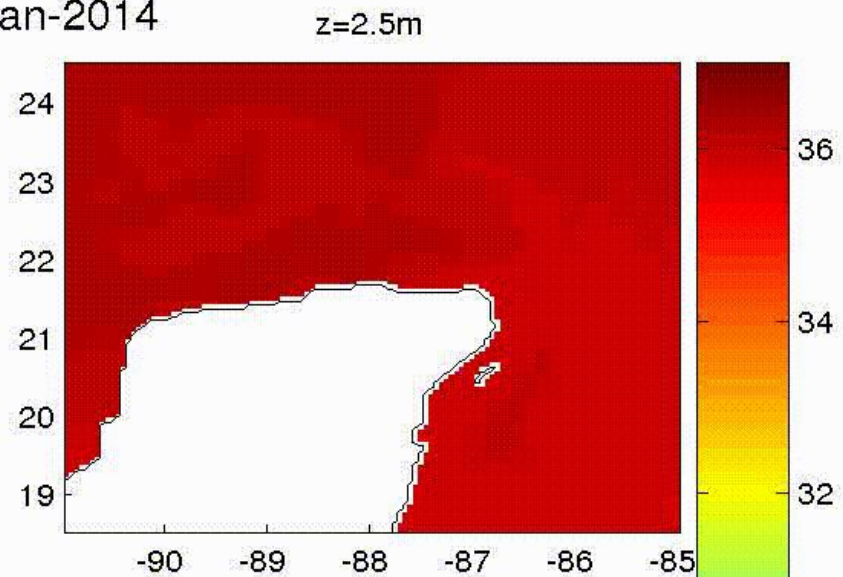
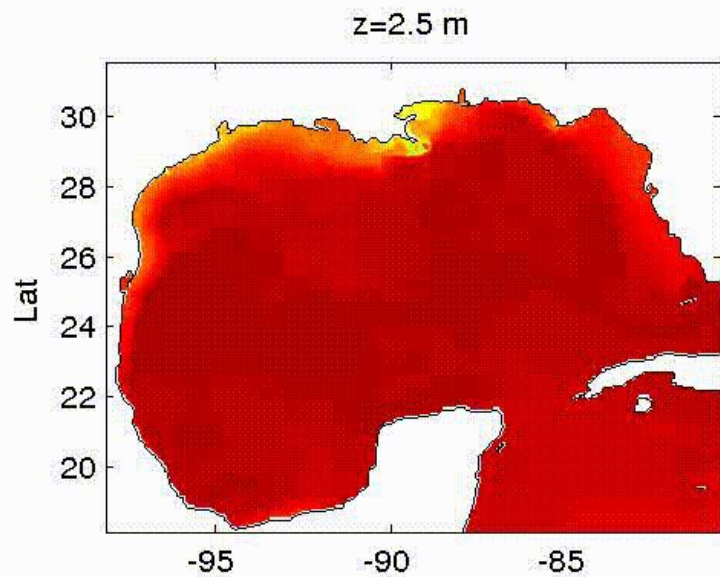


01-Jan-2014

SSH



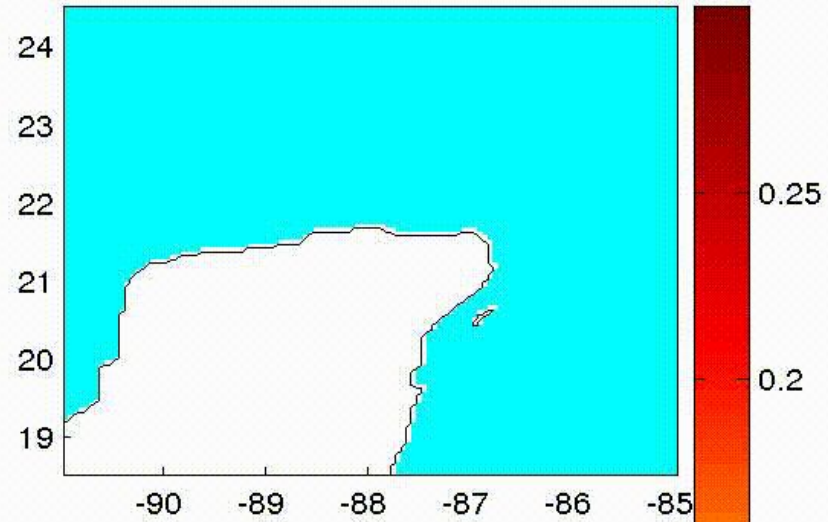
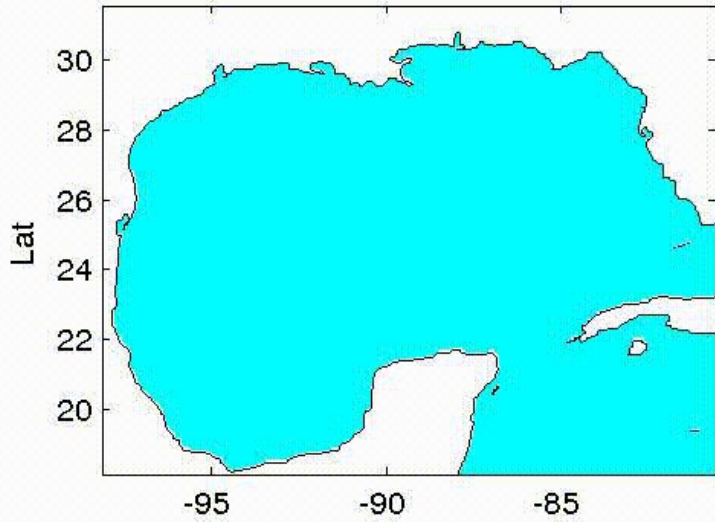
S01-Jan-2014



PTRACER01 01-Jan-2014

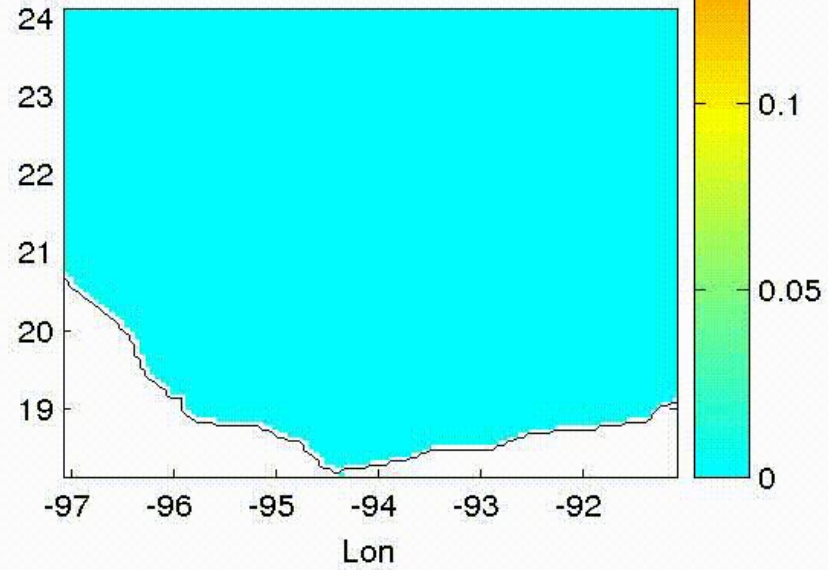
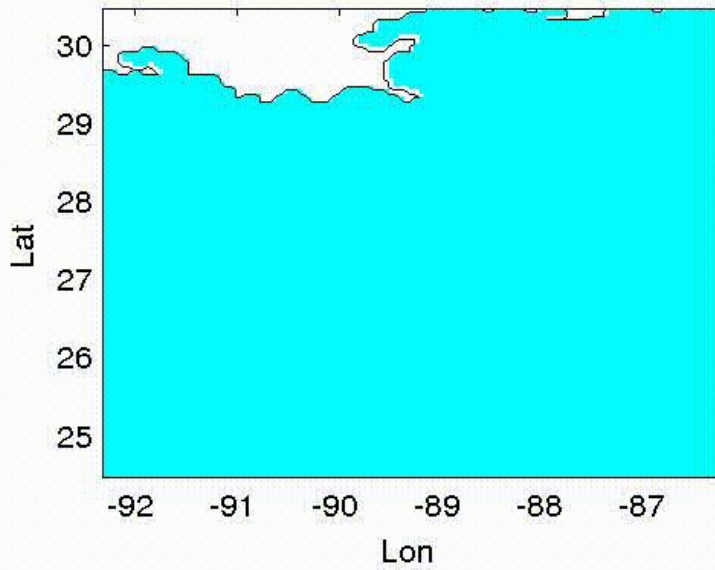
z=2.5 m

z=2.5m



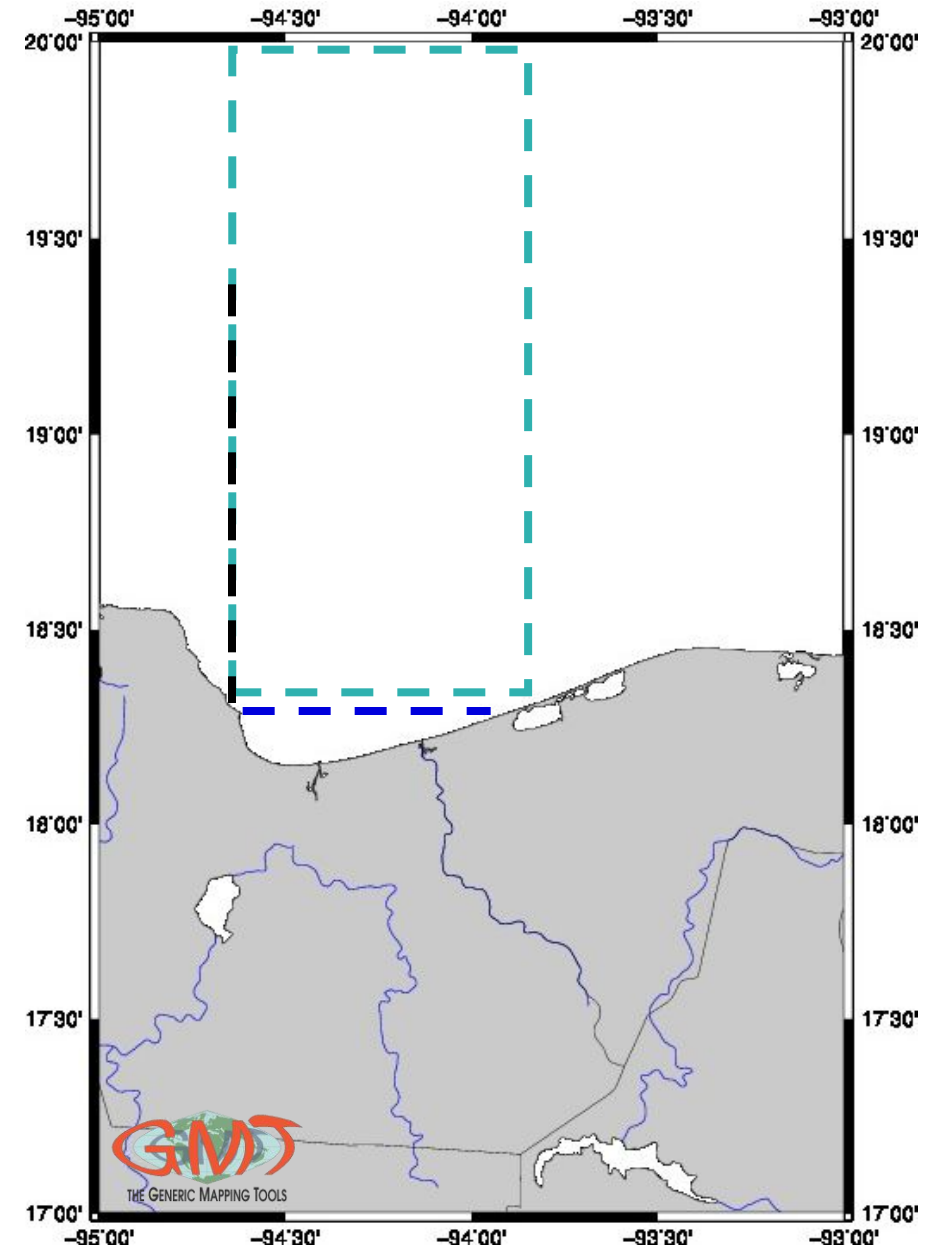
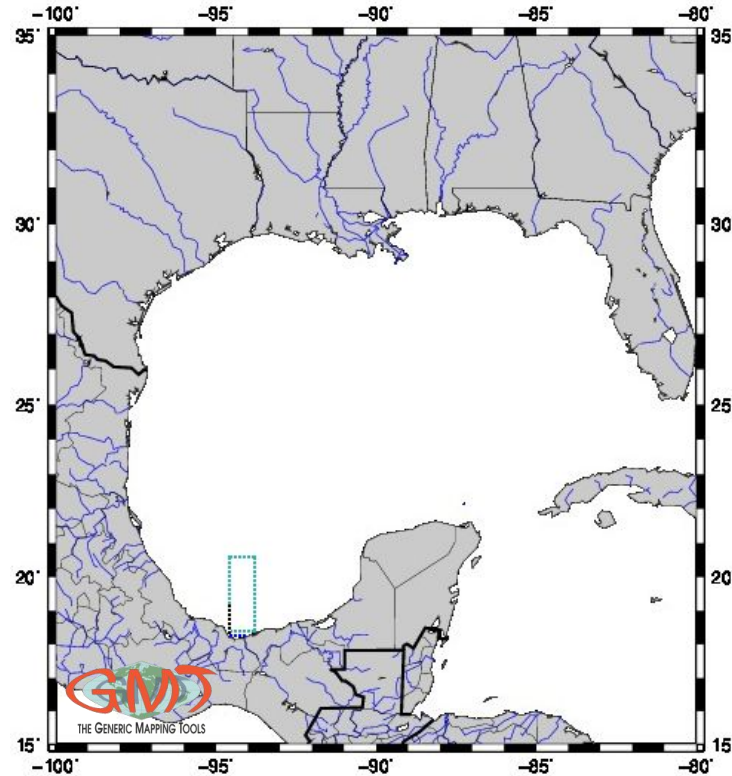
z=2.5 m

z=2.5 m

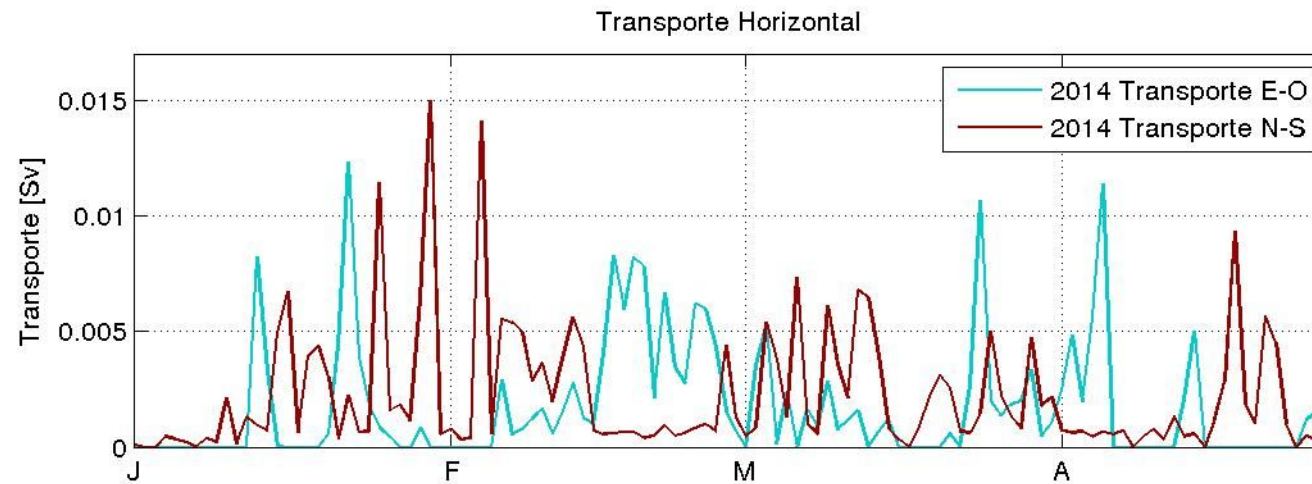
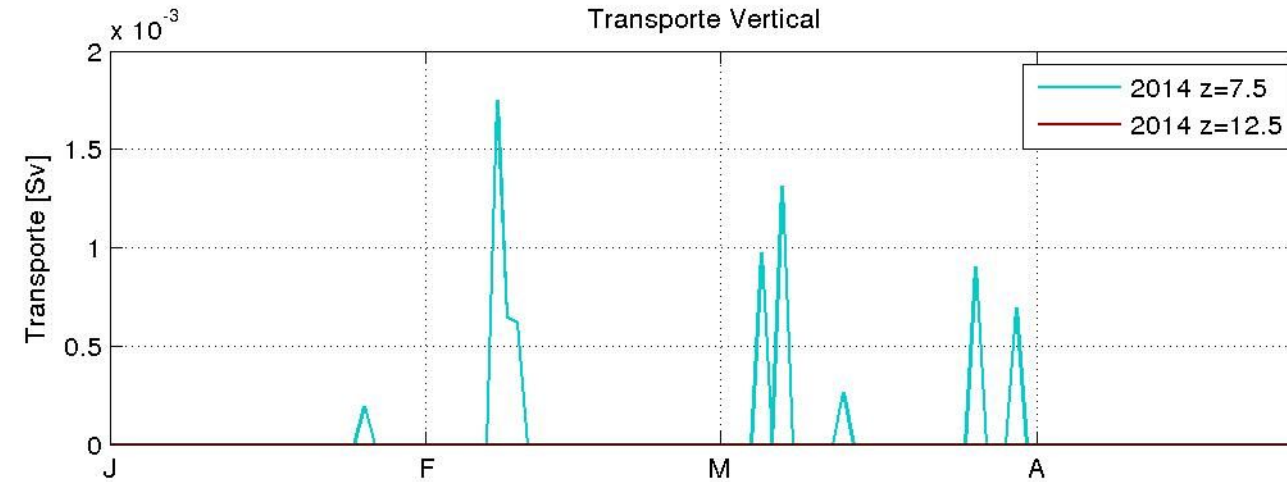


# Propuestas de estudio

- Transporte Vertical
- Transporte horizontal E-O
- Transporte horizontal N-S



# Propuestas de estudio





# Trabajo a futuro

- Selección de contaminante pasivo y su concentración, para la dispersión en el Golfo de México.
- Compilar simulación en MPI, para su futura implementación en el clúster.
- Validación de modelación de la dinámica de la descarga fluvial.

# Referencias

- Blake, A. (2005). The next generation of pops: Pbdes and lindane. Keep the Promise, Eliminate POPs Report. IPEN.
- Espinosa-Reyes, G., Ilizaliturri-Hernandez, C. A., Gonzalez-Mille, D. J., Martinez, F. D.-B., y Mejia-Saavedra, J. (2012). Exposure assessment to persistent organic pollutants in wildlife: the case study of coatzacoalcos, Veracruz, Mexico. INTECH Open Access Publisher.
- Harry Edmar Schulz, A. L. A. S. y Lobosco, R. J. (2012). Hydrodynamics - Natural Water Bodies. InTech.
- Ilizaliturri-Hernandez, C. A., Gonzalez-Mille, D. J., Mejia-Saavedra, J., Espinosa-Reyes, G., Torres-Dosal, A., y Perez-Maldonado, I. (2012). Blood lead levels,  $\delta$ -alad inhibition, and hemoglobin content in blood of giant toad (*rhinella marina*) to asses lead exposure in three areas surrounding an industrial complex in coatzacoalcos, veracruz, mexico. Environmental Monitoring and Assessment, 185(2):1685-1698.
- Islam, M. S. y Tanaka, M. (2004). Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. Marine Pollution Bulletin, 48(7-8):624 - 649.
- Janin, H. y Mandia, S. (2012). Rising Sea Levels: An Introduction to Cause and Impact. McFarland, Incorporated Publishers. Jickells, T. D. (1998). 281(5374):217-222.
- Nutrient biogeochemistry of the coastal zone. Science, Pelallo-Martinez, N., Ilizaliturri-Hernandez, C., Espinosa-Reyes, G., Carrizales-Yanez, L., y Gonzalez-Mille, D. (2011). Assessment of exposure to lead in humans and turtles living in an industrial site in coatzacoalcos veracruz, mexico. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 86(6):642-645.88
- Riojas-Rodriguez, H., Baltazar-Reyes, M., y Meneses, F. (2008). Volatile organic compound presence in environmental samples near a petrochemical complex in Mexico. Epidemiology, 19(1):S219.
- Robles, L. M. B. y Namihira-Santillan, P. E. (2015). El derrame de petroleo del 22 de diciembre de 2004 en la cuenca baja del rio coatzacoalcos: Estudio de caso. Golfo de Mexico, page 681.
- Stringer, R., Labunska, I., y Bridgen, K. (2001). Organochlorine and heavy metals contaminants in the environmental around the complejo petroquimicos paharitos, coatzacoalcos, mexico. Greenpeace, University of Exeter, Devon.
- Sanchez-Guerra, M., Pelallo-Martinez, N., Diaz-Barriga, F., Rothenberg, S. J., Hernandez-Cadena, L., Faugeron, S., Oropeza-Hernandez, L. F., Guaderrama-Diaz, M., y Quintanilla-Vega, B. (2012). Environmental polycyclic aromatic hydrocarbon (pah) exposure and {DNA} damage in mexican children. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 742(1-2):66 - 71.
- Vazquez Botello, A. y Paez, F. (1987). El problema crucial: la contaminacion.

# Referencias

- J. Marshall A. Adcroft, J.M. Campin and M. Losch. MITgcm User Manual. Massachusetts Institute of Technology. 2012. URL [http://mitgcm.org/public/r2\\_manual/latest/online\\_documents/manual.html](http://mitgcm.org/public/r2_manual/latest/online_documents/manual.html).
- Robert J. Diaz and Rutger Rosenberg. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891):926–929, 2008. doi: 10.1126/science.1156401. URL <http://www.sciencemag.org/content/321/5891/926.abstract>.
- Tal Ezer and George L. Mellor. A generalized coordinate ocean model and a comparison of the bottom boundary layer dynamics in terrain-following and in z-level grids. *Ocean Modelling*, 6(3-4):379 – 403, 2004. ISSN 1463-5003. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1463-5003\(03\)00026-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1463-5003(03)00026-X). URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S146350030300026X>.
- Andre Luiz Andrade Simoes Harry Edmar Schulz and Raquel Jahara Lobosco. *Hydrodynamics - Natural Water Bodies*. InTech, 2012. ISBN 9789533078939. URL <http://www.intechopen.com/books/hydrodynamics-natural-water-bodies>.
- T. D. Jickells. Nutrient biogeochemistry of the coastal zone. *Science*, 281(5374):217–222, 1998. doi: 10.1126/science.281.5374.217. URL <http://www.sciencemag.org/content/281/5374/217>.
- John Marshall, Alistair Adcroft, Chris Hill, Lev Perelman, and Curt Heisey. A finite-volume, incompressible navier stokes model for studies of the ocean on parallel computers. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 102(C3):5753–5766, 1997a. ISSN 2156-2202. doi: 10.1029/96JC02775. URL <http://dx.doi.org/10.1029/96JC02775>.
- John Marshall, Chris Hill, Lev Perelman, and Alistair Adcroft. Hydrostatic, quasi-hydrostatic, and nonhydrostatic ocean modeling. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 102(C3): 5733–5752, 1997b. ISSN 2156-2202. doi: 10.1029/96JC02776. URL <http://dx.doi.org/10.1029/96JC02776>.
- A. K. Ramos Musalem. *Estudio numerico de los forzamientos que generan la surgencia de Yucatan*. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2013.
- J.E. Simpson. *Gravity Currents: In the Environment and the Laboratory*. In the Environment and the Laboratory. Cambridge University Press, 1999. ISBN 9780521664011. URL