El mundo después de París:
construyendo el futuro
17-21 OCTUBRE 2016

6to Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático

Nombre: Jesús López de la Cruz; Juan Manuel Uribe Ramos; Oliver Mendoza Cano; José Francisco Ventura Rodríguez

Sede Regional: Centro Occidente, Universidad de Colima

Fecha: 19 de Octubre del 2016

6to Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático

Propuesta de un sistema de pronóstico en tiempo real para los cauces urbanos de la zona conurbada de Colima – Villa de Álvarez

Presenta: Dr. Jesús López de la Cruz

Colima, 19 de Octubre 2016

Introducción

La zona conurbada Colima –Villa de Álvarez se encuentra expuesta a fenómenos hidrometeorológicos extremos, y esto aunados a los cambios de uso de suelo sin una planificación territorial, así como el inadecuado diseño de infraestructura hidráulica, ha originado que se experimente un alto riesgo por inundación.

(Fuente: http://angelguardian.mx)

(Fuente: http:www.cndigital.mx)

(Fuente: propia)

Introducción

- 05/Octubre/2006 (Diario Oficial de la Federación)

"Declaratoria de desastre natural por el huracán Lane el cual provocó daños por lluvias extremas, inundaciones y viento, los días 14 y 15 de septiembre de 2006, en 10 municipios del estado de Colima."

- 12/Octubre/2011 (El Universal)

"Colima vive situación crítica por Jova"

"Jova que esta madrugada toco tierra en las costas de Jalisco como huracán 2, ha provocado el desbordamiento de ríos y arroyos, inundaciones en colonias de todos los municipios, áreas incomunicadas, puentes colapsados, desgajamientos de cerros y más de cuatro mil colimenses desalojados, por lo que se activó el Plan Marina y Plan DN-III de apoyo a la población."

- 15/Agosto/2013 (Colima Noticias)

"Las fuertes lluvias con granizo azotaron la tarde de este jueves la zona conurbada de Colima-Villa de Álvarez dejó como saldo accidentes vehiculares con lesionados, derrumbes en carreteras, árboles derribados e inundaciones en diversas vialidades, informaron las corporaciones de Protección Civil de ambos municipios."

"El arroyo Pereira se desbordó en la calle Matamoros, por lo que se cerró la circulación y se hizo un operativo con Seguridad Pública y vialidad para no dejar pasar a los vehículos."

Introducción

- 06/Noviembre/2013 (Colima Noticias)

"La tromba que azotó por más de una hora la tarde de este miércoles en la zona metropolitana del estado dejó como saldo varios vehículos varados y el Tercer Anillo Periférico inundado cerca del centro comercial Zentralia, así como también algunos árboles derribados."

•13/Julio/2014 (Excelsior)

"Una intensa lluvia acompañada de granizo, viento y una fuerte tormenta eléctrica, dejó esta tarde árboles caídos, inundaciones y el desbordamiento de algunos ríos y arroyos en todo el territorio estatal, así como un mega apagón en esta capital y en la conurbada Villa de Álvarez."

•26/Octubre/2015 (Colima Noticias)

"Se desbordó el arroyo Trejo que paralizó la circulación en la capital"

"La fuerte lluvia que azotó durante más de 50 minutos la zona conurbada de Colima-Villa de Álvarez, así como el municipio de Comala, dejó como saldo al menos 30 viviendas inundadas, ríos desbordados y decenas de árboles caídos."

Introducción

Diseño institucional mexicano

Cambios en el clima y sus efectos en los fenómenos hidrometeorológicos eventos extremos

- Magnitud
- Frecuencia

"Se ha concentrado más en la acción de reparación y asistencia frente a la presencia de eventos naturales extremos, que en la prevención de los efectos devastadores de los mismos"

Principales elementos de intervención

- Recursos presupuestales de reconstrucción del FONDEN
- Plan DN-III-E

Introducción

Actualmente, el enfoque para mitigar se ha orientado haca acciones de tipo preventivo.

PRONACH
(Programa de Prevención contra Contingencias Hidráulicas)

Se circunscribe baja en nuevo enfoque de la gestión integrada de crecidas y el objetivo es proponer soluciones orientadas a reducir el riesgo ante inundaciones en zonas urbanas y zonas productivas

¿Tipo de medidas?

Estructurales

No estructurales

Dentro de este nuevo enfoque se prevención se encuentran los sistemas de pronóstico hidrológico en tiempo real

Antecedentes de los sistemas de pronóstico en México

En México la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) creo en 1996 el Programa de Modernización del Manejo del Agua, dentro de éste, se estableció el convenio con el National Weather Service (NOAA-NWS) de transferir el "Sistema de Pronóstico en Ríos", (SPR), utilizado en EUA en cuencas mexicanas, sistema que requería la entrada automática de datos hidrológicos y climatológicos.

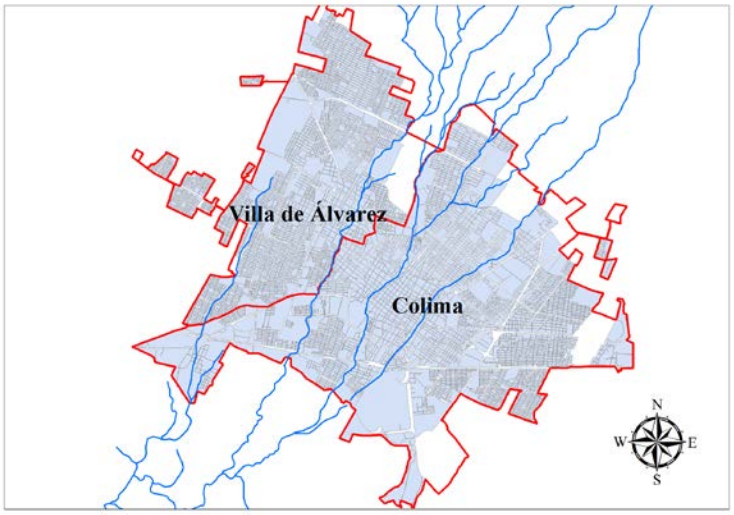
Cuencas con sistema de pronóstico hidrológico en operación actual en el SPR
(http://www.conagua.gob.mx/spr/)

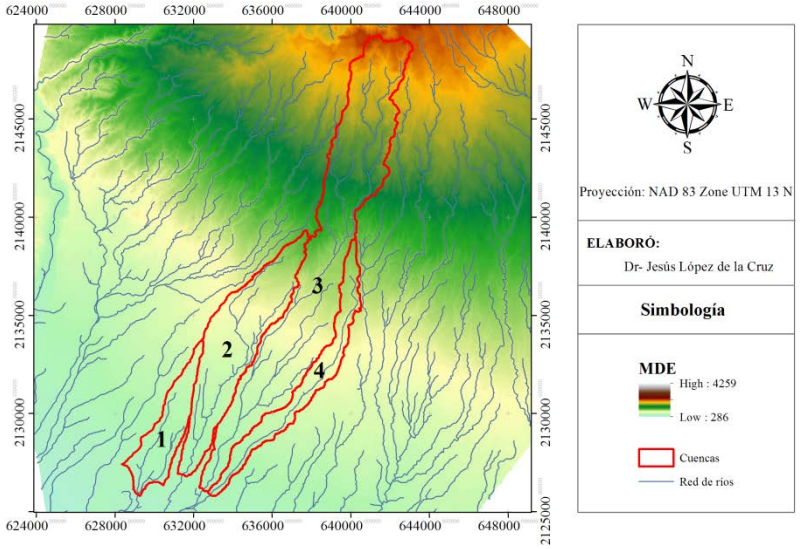
(Fuente: CONAGUA)

Cauces urbanos en la zona conurbada Colima – Villa de Álvarez

La zona conurbada es cruzada por diversos cauces urbanos con dirección de los flujos de norte a sur. Los cauces urbanos seleccionados para el estudio son los 4 más importantes: Arroyo el Trejo, Arroyo el Pereira, Río Colima y Arroyo el Manrique

Cauces urbanos





Cuencas de aportación hasta la salida de los cauces de la zona urbana

Principales características fisiográficas de las cuencas

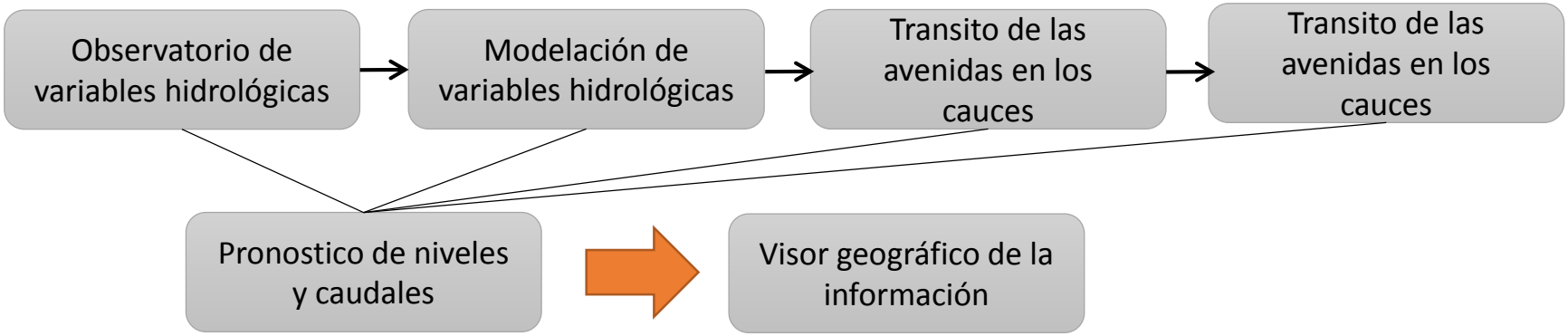
Cuenca	Área (km^2)	Longitud del cauce principal (m)	Pendiente del cauce (%)	Tiempo de concentración (hrs)
Arroyo Trejo	10.38	5,934.04	1.41	1.34
Arroyo Pereira	25.73	14,830.19	2.28	2.27
Río Colima	56.32	27,801.44	3.41	3.15
Arroyo Manrique	12.87	17,766.63	2.31	2.25

Tiempo de respuesta de una cuenca ante una tormenta, específicamente es el tiempo que tarda una gota de ir de la parte alta de la cuenca a la salida.

Sistema de pronóstico en tiempo real

La estructura de partida es el sistema hidrológico, el cual cuenta con un sistema de ríos, una estructura o volumen en el espacio, rodeada por una frontera, que acepta agua y otras entradas, opera en ellas internamente y las produce como salidas.

En un sistemas de pronóstico hidrológico en tiempo real, el objetivo es obtener en tiempo real, datos de precipitación y/o flujo en ríos a través de un sistema de colección y transmisión de datos, procesarlos por medio de modelos lluvia-escurrimiento y de tránsito de avenidas, y pronosticar caudales y niveles de agua para períodos que van desde algunas horas hasta varios días, dependiendo del tamaño y del tiempo de respuesta de la cuenca.



Sistema de pronóstico en tiempo real

¿Que uso tiene la información?

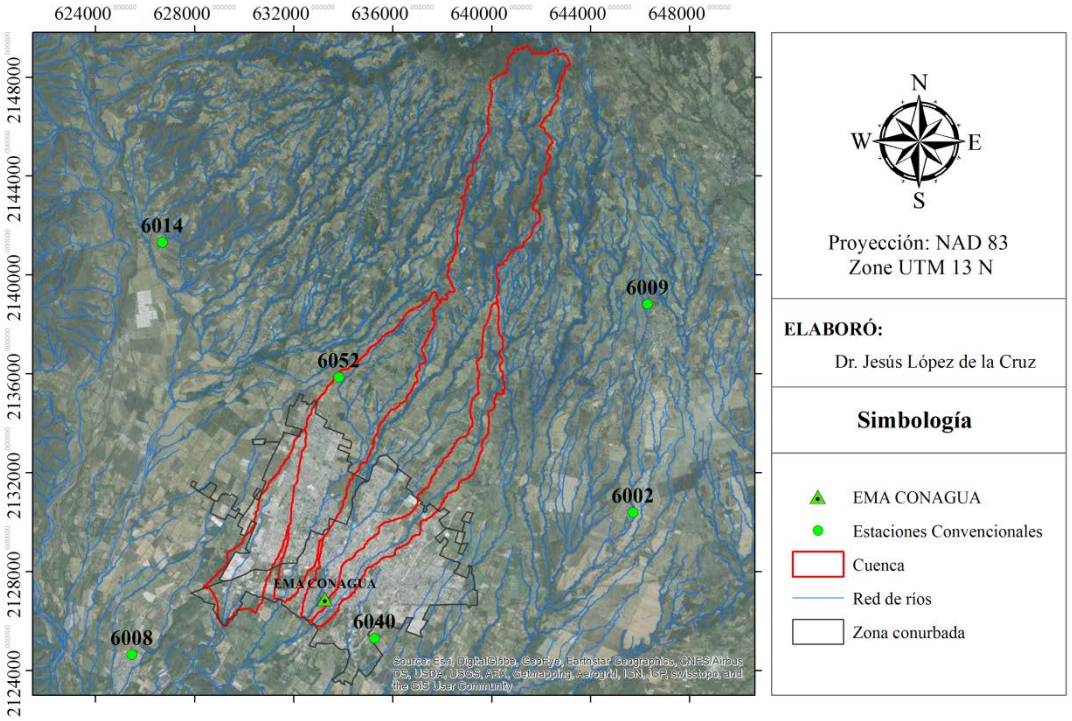
Proporcionar la información a los tomadores de decisiones.

Alertar a la población en áreas amenazadas por las probables inundaciones de tipo fluvial o pluvial.

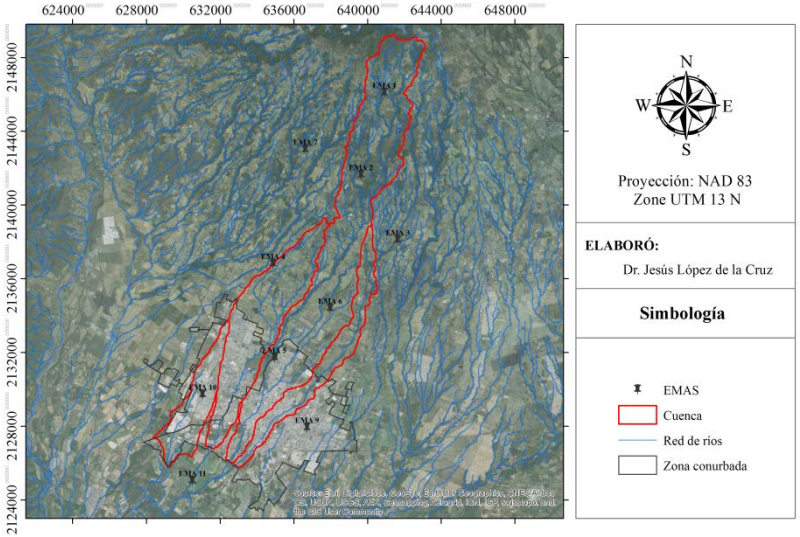
Instrumentación actual

1 Estación Meteorológica Automática (Base de datos CLICOM)

6 Estaciones Meteorológicas Convencionales (Base de datos SIH)



Observatorio hidrológico



Monitoreo volúmenes de flujo y nivel en 6 sitios:

1 arroyo el Trejo

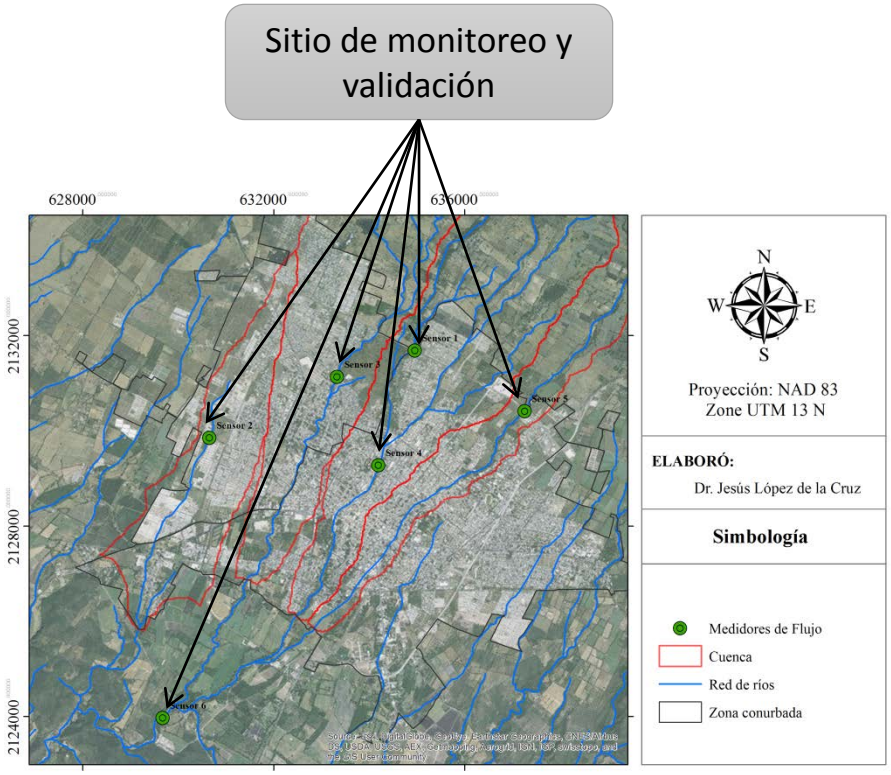
1 arroyo el Pereira

2 río Colima

1 arroyo el Manrique

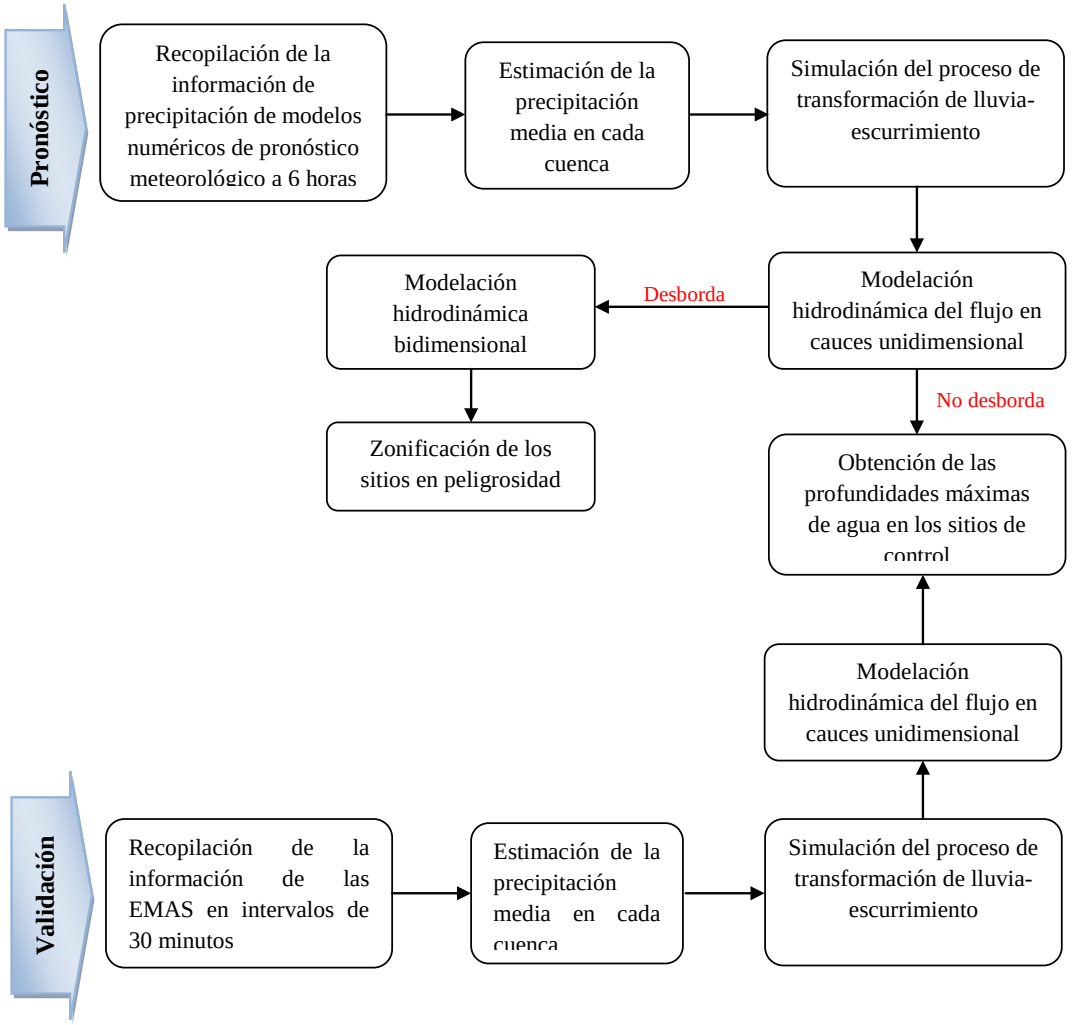
1 confluencia de los cauces Pereira, Colima y Manrique (antes de la planta de tratamiento)

Monitoreo de precipitación en 10 sitios



Estructura del sistema

- Pronóstico meteorológico de modelos numéricos
- Modelo para el cálculo de la precipitación media en cada cuenca
- Modelo de trasformación lluvia-escurrimiento
- Modelo hidráulico unidimensional
- Visor geográfico



Modelo numérico para pronostico meteorológico

Una entrada imprescindible en el modelo de pronóstico es información acerca de los cambios en un futuro inmediato en variables que caracterizan el tiempo atmosférico, que en este caso no interesa precipitación.

Alrededor del mundo, varios sistemas se utilizan para simular la evolución de dichas variables, a partir de grandes volúmenes de datos globales observados.

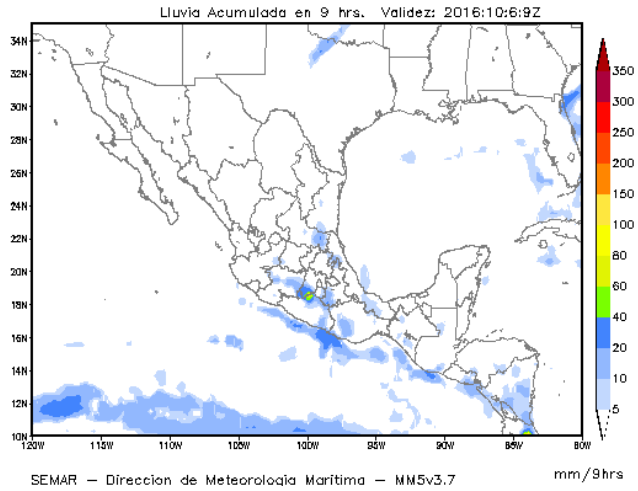
Algunos de estos sistemas son:

GFS (Global Forecast System)

NAM (North American Mesoscale Model)

MM5 (Mesoscale Model 5th generation)

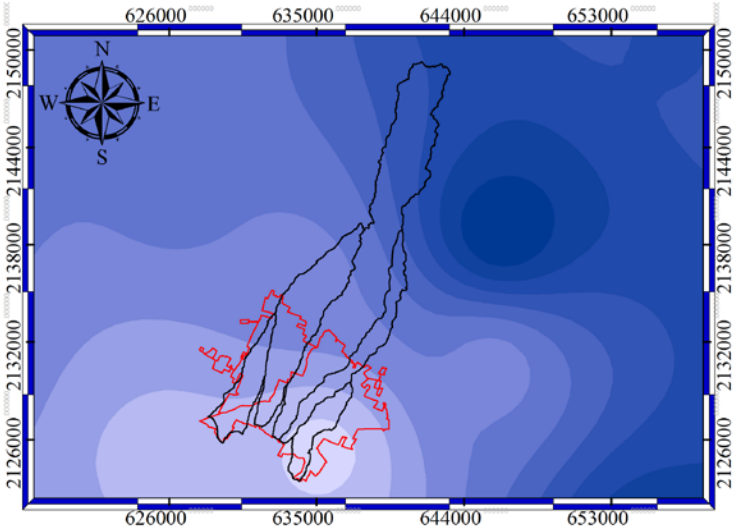
WRF (Weather and Research Forecast Model)



Métodos hidrológicos

Cálculo de la precipitación media

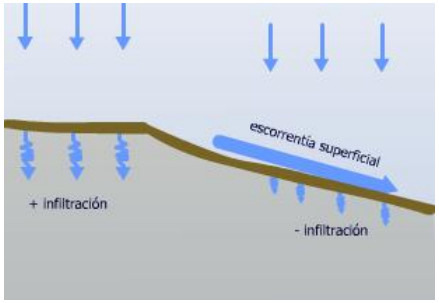
Se elaborarán raster de precipitación de la información de la red de observación de la precipitación acumulada cada 30 minutos.



Cálculo de las pérdidas por infiltración y la precipitación efectiva

Pérdidas por infiltración:

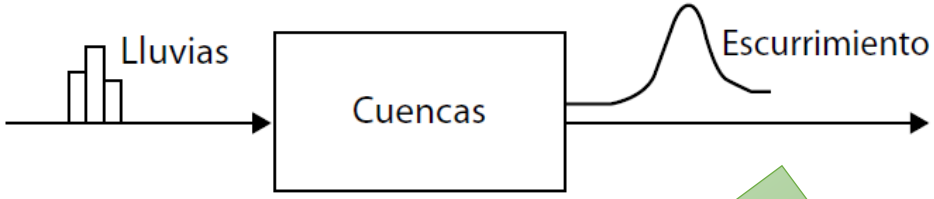
- Coeficiente de escurrimiento
- Infiltración media
- Índice de humedad antecedente



Métodos hidrológicos

Cuencas no aforadas

Simulación del proceso de transformación lluvia - escurrimiento



Concepto del Hidrograma Unitario:

- Hidrogramas Unitarios Sintéticos
  - Triangular
  - Adimensional

Cuenca aforada

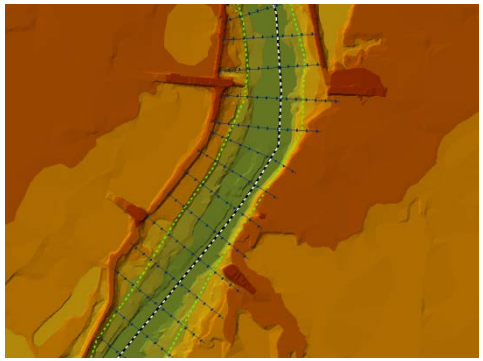
Hidrograma Unitario Instantáneo

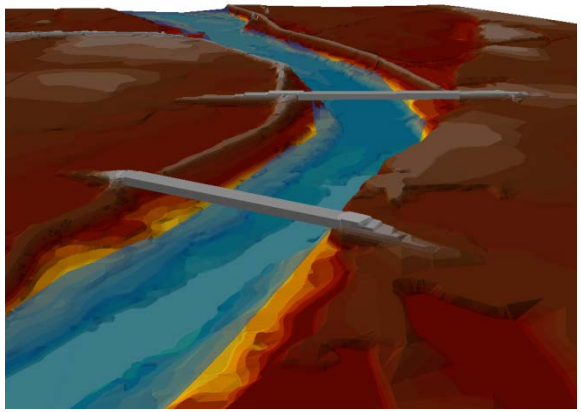
Tránsito de avenidas

Procedimiento para determinar la magnitud del caudal dentro del río, así como sus elevaciones a través del tiempo, en diversos puntos de un curso de agua utilizando hidrogramas conocidos o hipotéticos (sintéticos).

Información necesaria:

- ❑ Batimetría de los cauces
- ❑ Establecer condiciones de contorno al modelo
- ❑ Identificar sitios de control
- ❑ Umbrales de capacidad hidráulica en los sitios de control





Tránsito de avenidas

Eventos de avenidas

Crecidas extraordinarias

Modelación numérica bidimensional

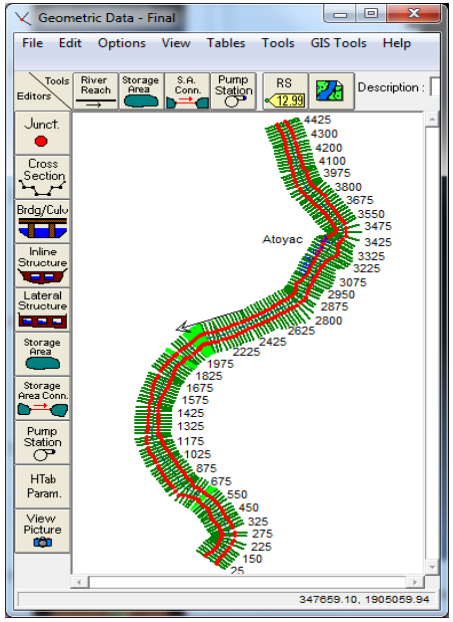
Sistema IBER

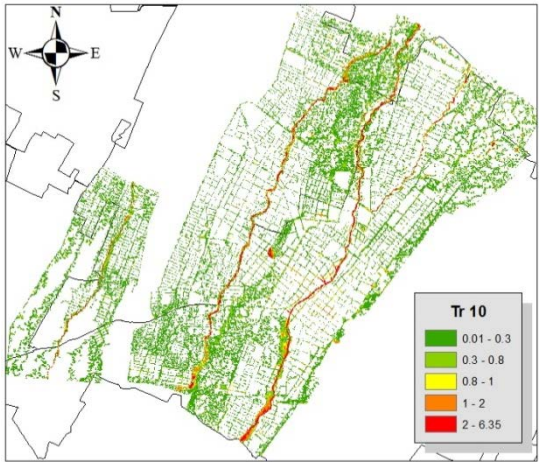
Modelación numérica unidimensional

Sistema HEC - RAS

Ventajas:
Tiempos cortos de simulación
Identifica sitios de desbordamiento

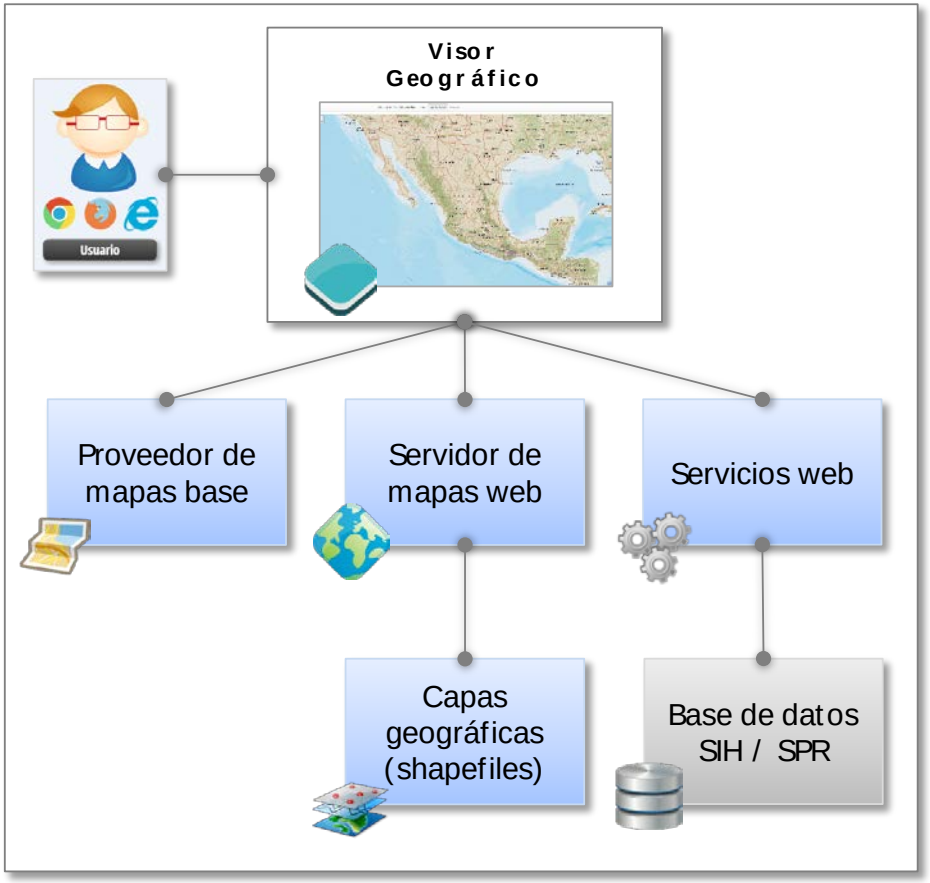
Desventajas:
No identifica áreas susceptibles de inundación





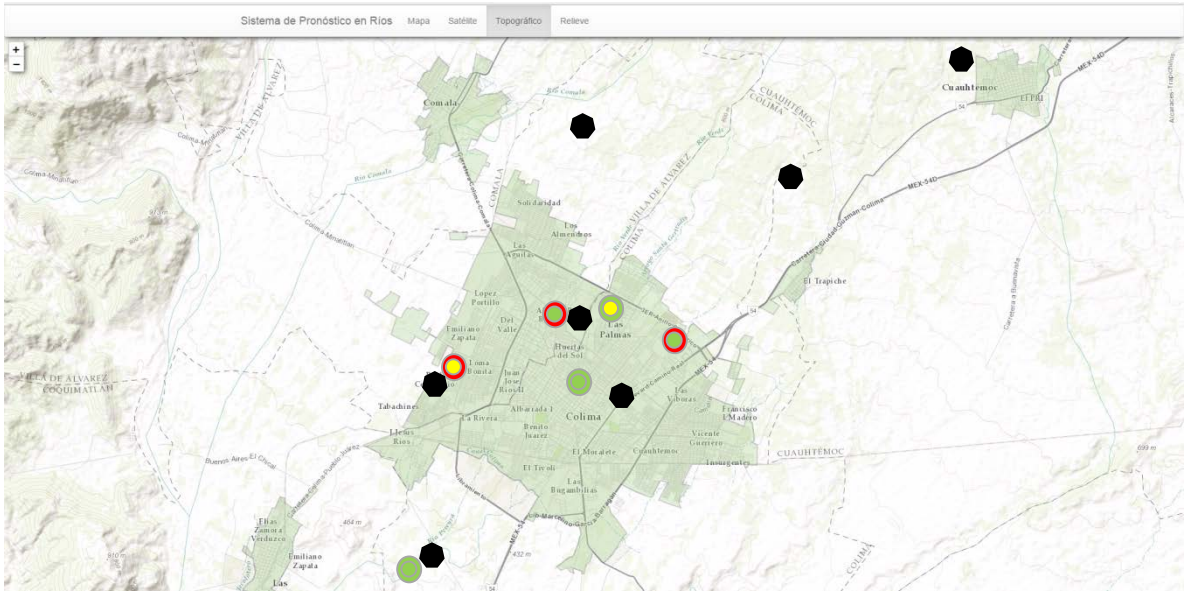
Visor geográfico

- Aplicación web de fácil uso desarrollada con tecnologías libres.
- Visualización de puntos de pronóstico sobre un mapa interactivo.
- Consulta de información de pronóstico.
- Consulta de información de estaciones automáticas de la red de monitoreo.
- Capas de información geográfica de contexto.



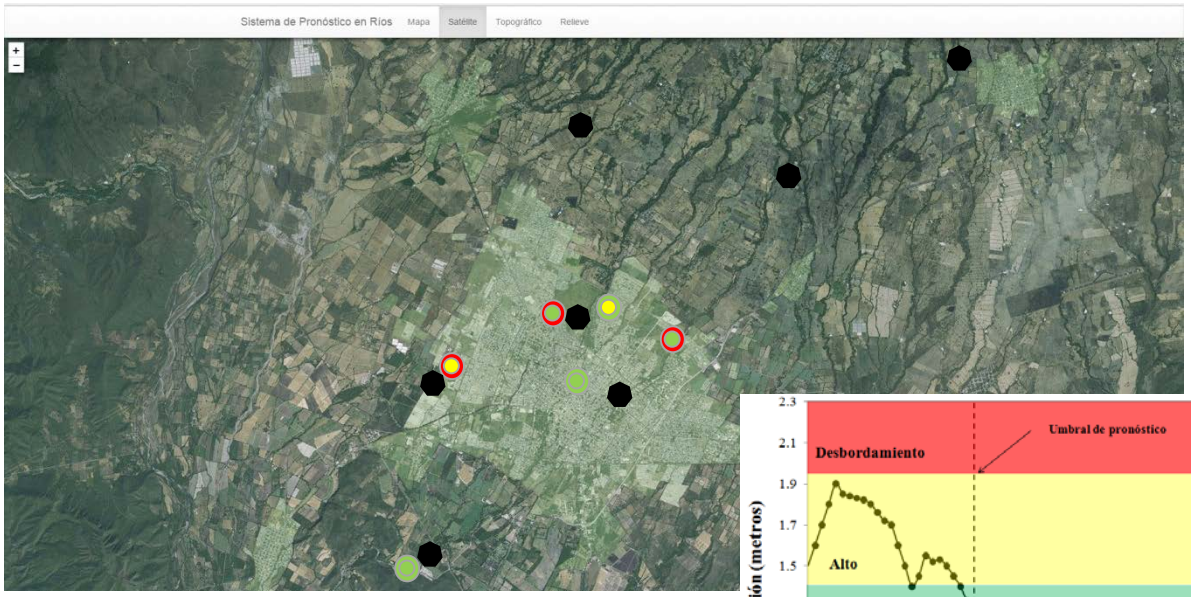
Visor geográfico

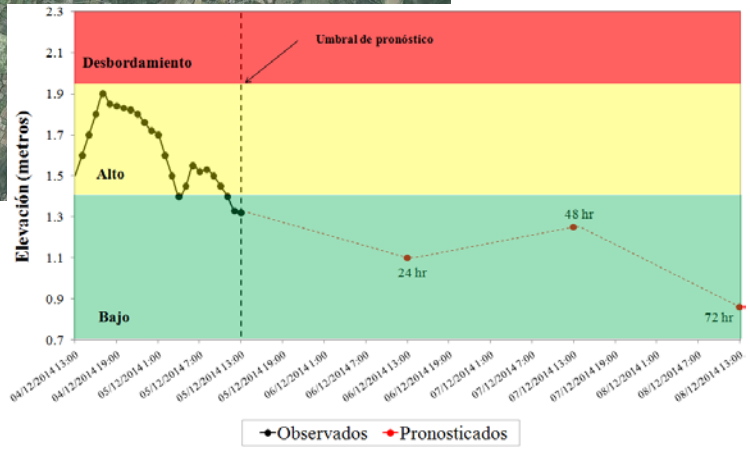
Prototipo de visor geográfico



Visor geográfico con semáforo

Prototipo de visor geográfico

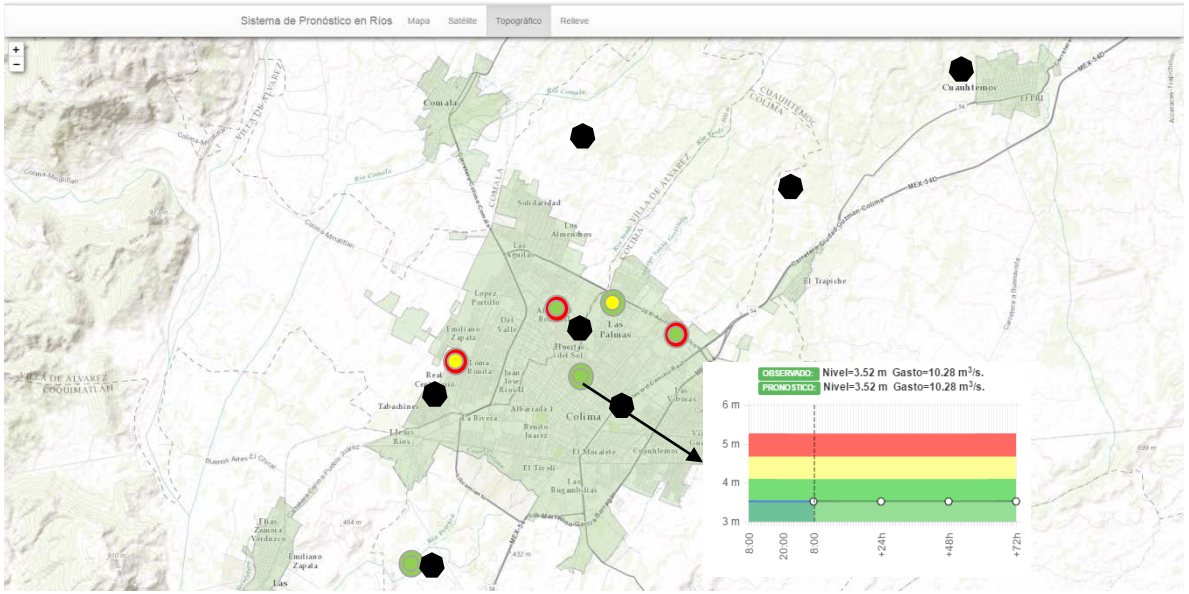




Verde: Esta alerta se definió cuando el hidrograma simulado origina que el nivel del agua en la selección de control es inferior al cuantil del 50% respecto del nivel del agua de desbordamiento.

Visor geográfico con semáforo

Prototipo de visor geográfico



Conclusiones

La zona conurbada Colima –Villa de Álvarez se encuentra expuesta a fenómenos hidrometeorológicos extremos, y esto aunados a los cambios de uso de suelo sin una planificación territorial, así como el inadecuado diseño de infraestructura hidráulica, ha originado que se experimente en los últimos años un importante número de contingencias hidráulicas.

Uno de los principales problemas que han experimentado los centros de población que presentan interacción con un cauce, ha sido que en la planificación territorial se ha dejado de lado la dinámica fluvial de los ríos aunado a una ausencia de medidas de prevención y mitigación eficientes, es por ello, que tantas ciudades de México cuando son azotadas por lluvias muy intensas experimentan cuantiosas pérdidas económicas e incluso las invaluables pérdidas de vidas.

Conclusiones

La implementación del sistema de pronóstico hidrológico en los cauces urbanos de la zona conurbada de Colima – Villa de Álvarez es vital dentro de un plan de manejo integral de los cauces urbanos que lleven a mitigar las contingencias hidráulicas que se han acrecentado en los últimos años. No obstante la importancia del sistema, es imprescindible que este vaya acompañado de medidas no estructurales, ya que sistema de pronóstico por sí solo no tendría el impacto en la mitigación de la vulnerabilidad de la población.

Es importante resaltar que uno de los principales objetivos sino el principal, es que el sistema permitirá a los tomadores de decisiones contar con información de vital importancia para su labor, ya que un mayor conocimiento de las crecidas permite mitigar los impactos en los ámbitos social, ambiental y económico y lo más importante evitar la pérdida de vidas humanas.

¡Gracias por su atención!

Jesús López de la Cruz
jlopez71@ucol.mx