

Identificación de áreas
propensas a inundación a
partir del conocimiento
geomorfológico:
El río Pánuco

*Jorge López Blanco
Rafael Aragón González
Instituto de Geografía UNAM*

Introducción

- **Inundaciones:** Los fenómenos naturales más recurrentes y con la **mayor capacidad destructiva**.
- En Veracruz se presentaron alrededor de **450 inundaciones** en el periodo de 1950 a 1989.
- El estado con más inundaciones en esos años y con más de **3.5 inundaciones anuales** de diferentes tipos.
- En el Norte del estado han causado **severos daños:** Vidas, viviendas, caminos, cultivos.
- Inundaciones de una gran magnitud en **ocho ocasiones desde 1955**.
- Importancia de aplicar el conocimiento **geomorfológico fluvial** del curso bajo del río Pánuco.

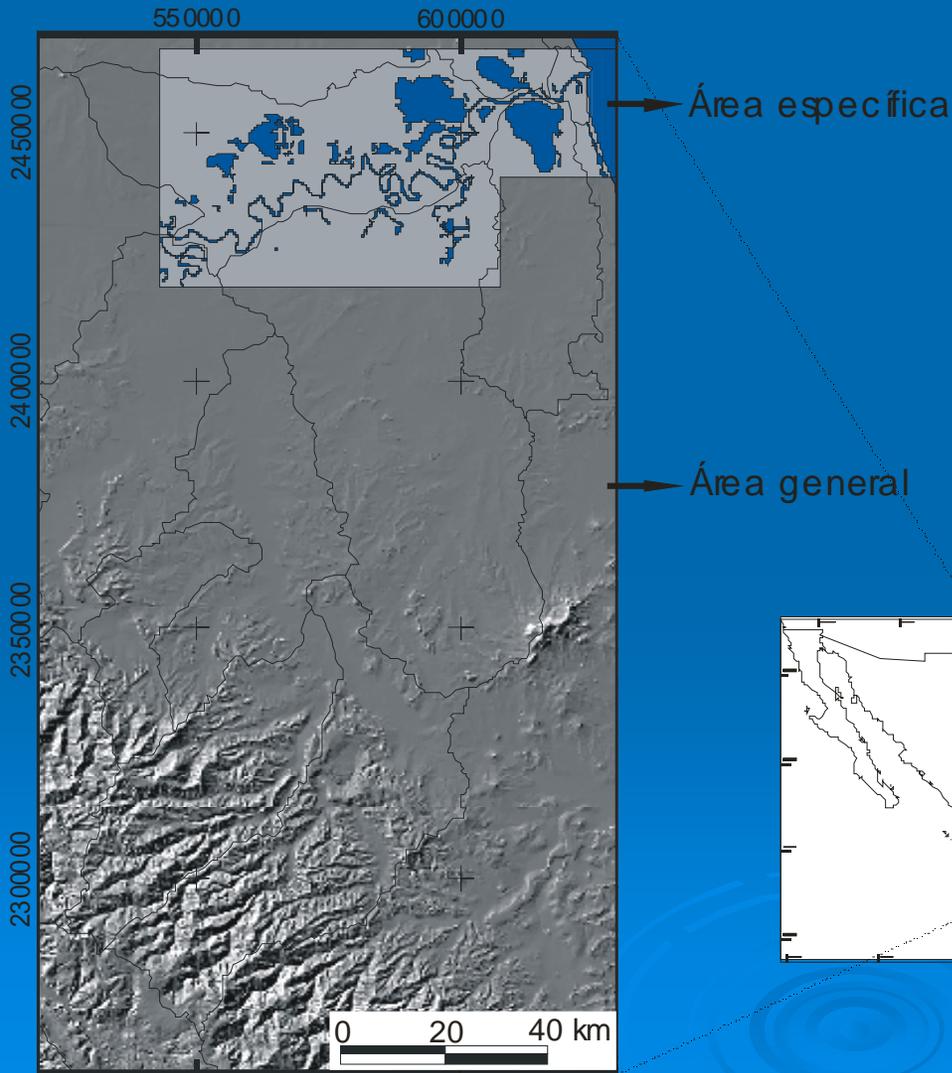
Hipótesis

- Diferenciación entre las diferentes áreas propensas a inundación en el curso bajo del río Pánuco, debido a las **condiciones topográficas** y a la **dinámica geomorfológica** fluvial.
- Las lluvias de **origen ciclónico** son la principal causa de las grandes inundaciones en el curso bajo del río Pánuco.
- De las tres cuencas hidrográficas que tienen influencia en las inundaciones del curso bajo del río Pánuco, la cuenca del río **Tempoal es la que más influye**, a pesar de que tiene la menor extensión de las tres.

Objetivos

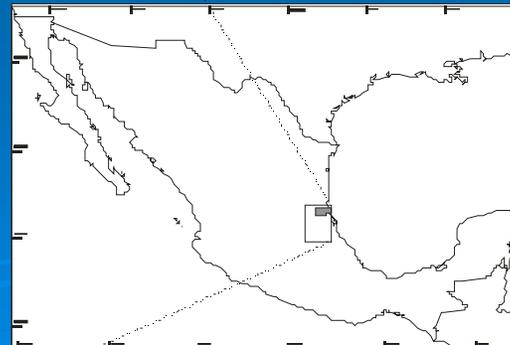
- **General:** Delimitar las **áreas propensas a inundaciones**, en la llanura fluvial del curso bajo del río Pánuco (CBRP), a partir del conocimiento geomorfológico fluvial, análisis hidrológico, meteorológico, y sedimentológico.
- Elaborar el mapa de **unidades geomorfológicas fluviales** del CBRP a partir del análisis morfogenético basado en fotointerpretación (fotografías e imágenes).
- Realizar el análisis **hidrológico** de probabilidades de eventos de avenidas máximas y de tiempo de respuesta (datos de estaciones).

Área de estudio

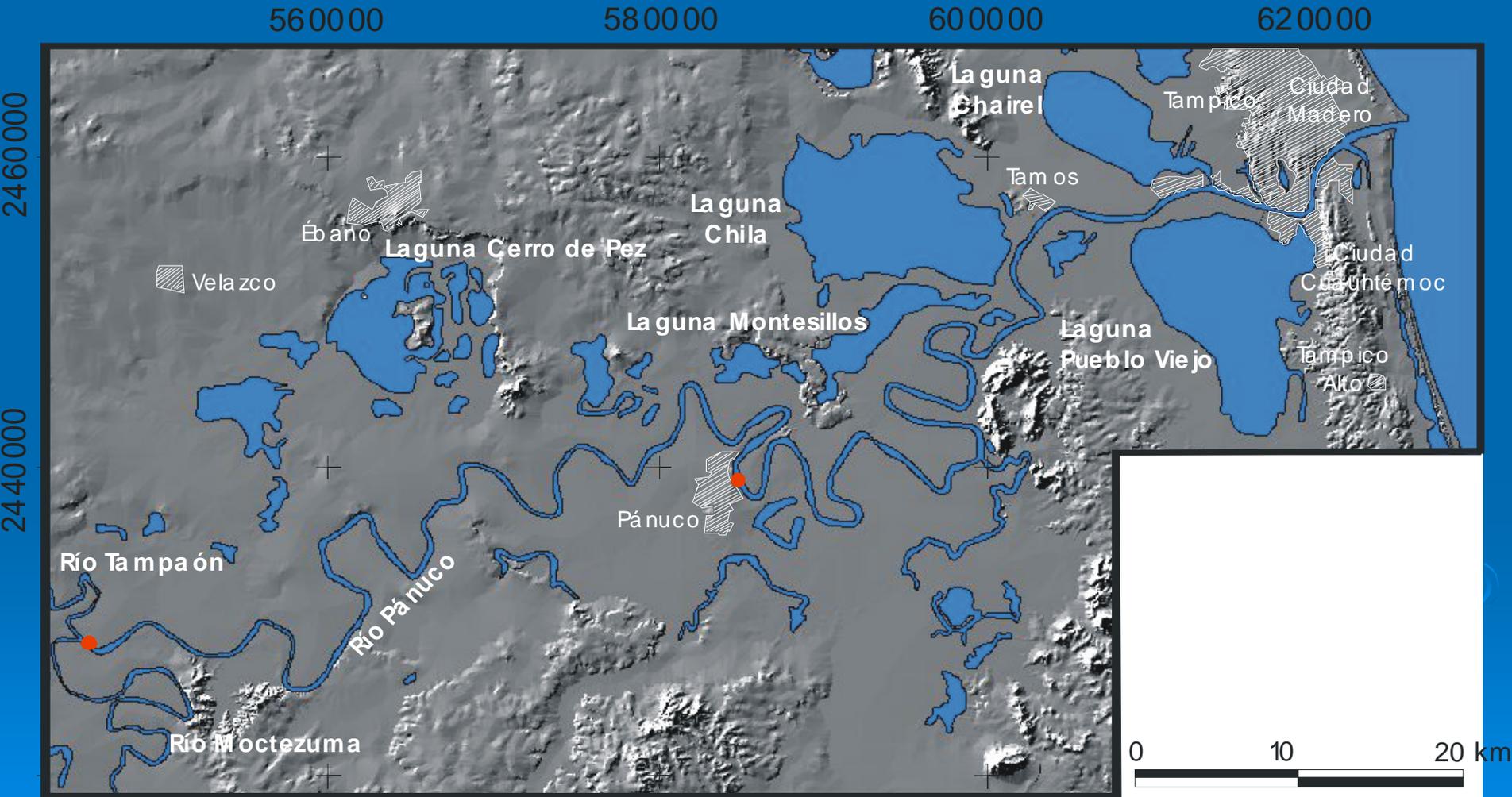


El trabajo cuenta con dos áreas de estudio, el área específica y el área general.

El **área específica** de estudio se localiza al Norte del estado de Veracruz, dentro de la Región Hidrológica 26, en la planicie costera del Golfo de México, específicamente en el **área de Tampico-Pánuco**, entre las coordenadas extremas $22^{\circ}18'37''$ - $21^{\circ}52'30''$ Latitud Norte y $97^{\circ}44'40''$ - $98^{\circ}35'07''$ de Longitud Oeste.

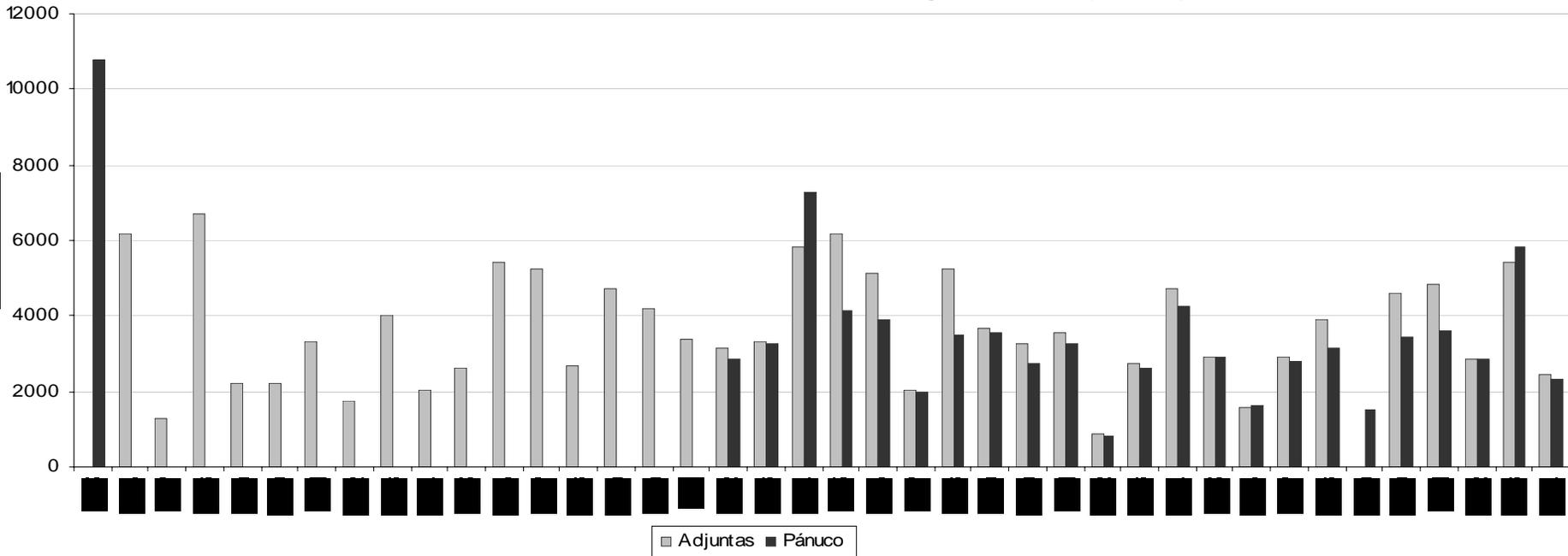


Llanura de inundación: **área específica**



Análisis hidrológico: Datos hidrométricos

Gastos máximos anuales de las estaciones hidrológicas Las Adjuntas y Pánuco



Desde el año 1955, se han presentado **once años** con gastos elevados. **Ocho** años de inundaciones (1955, 1958, 1966, 1967, 1969, 1974, 1976 y 1993). **Tres** años más con gastos altos, que no se mencionan comúnmente (1956, 1975 y 1978).

Datos hidrométricos de los años con gastos elevados en el CBRP y nombres de los **ciclones** que influyeron en las crecidas.

Estación hidrométrica	Año	Mes	Día	Hor a	Gasto Máximo	Lectura de la escala	Ciclones
Pánuco	1955	Octubre	3	12	10,800*	—	Gladis, Hilda y Jannet
Las Adjuntas	1956	Septiembre	15	2	6,201	17.03	Dora
Las Adjuntas	1958	Octubre	17	15	6,692	17.38	—
Las Adjuntas	1966	Junio	28	12	5,410	16.53	Alma y Adele
Las Adjuntas	1967	Septiembre	26	7	5,233	16.65	Beulah
Las Adjuntas	1969	Septiembre	11	6	4,721	17.24	—
Las Adjuntas	1974	Septiembre	27	9	5,820	18.02	Fifi y Orlene
Pánuco	1974	Septiembre	29	3	7,300	7.94	
Las Adjuntas	1975	Septiembre	15	12	6,190	18.27	—
Pánuco	1975	Septiembre	18	6	4,138	8.95	
Las Adjuntas	1976	Julio	14	12	5,147	17.57	—
Pánuco	1976	Julio	17	—	3,886	8.15	
Las Adjuntas	1978	Septiembre	26	18	5,214	17.10	Paul
Pánuco	1978	Septiembre	28	—	3,471	7.18	
Las Adjuntas	1993	Septiembre	24	17	5,438	19.27	Gert
Pánuco	1993	Septiembre	26	17	5,836	8.77	

* Gasto estimado por la SRH (1961).

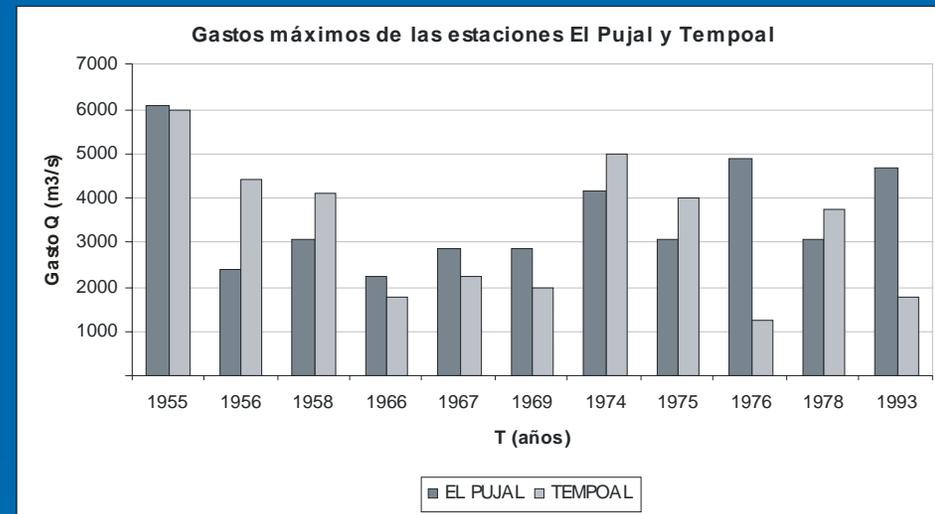
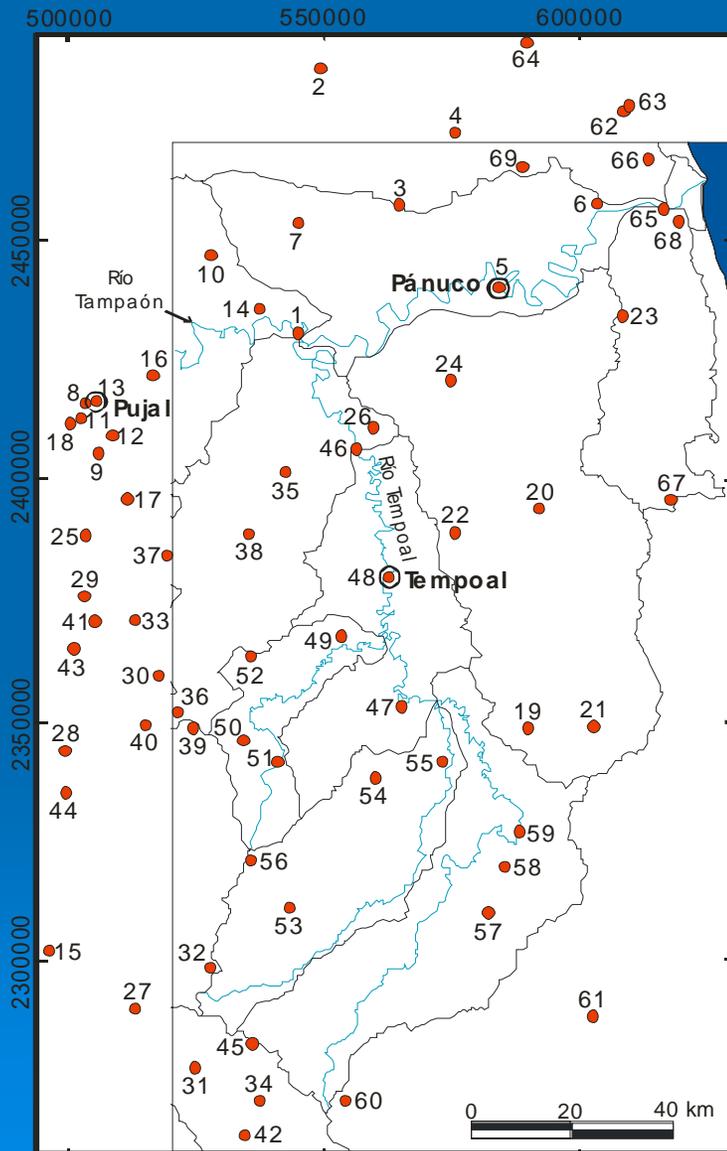
Análisis hidrológico

Estimación de gastos máximos en diez **periodos de retorno** para predecir los gastos que hacen que el escurrimiento se desborde.

Gastos calculados en m³/s para la estación hidrométrica Las Adjuntas
(min. 4,721 m³/s y max. 6,692 m³/s)

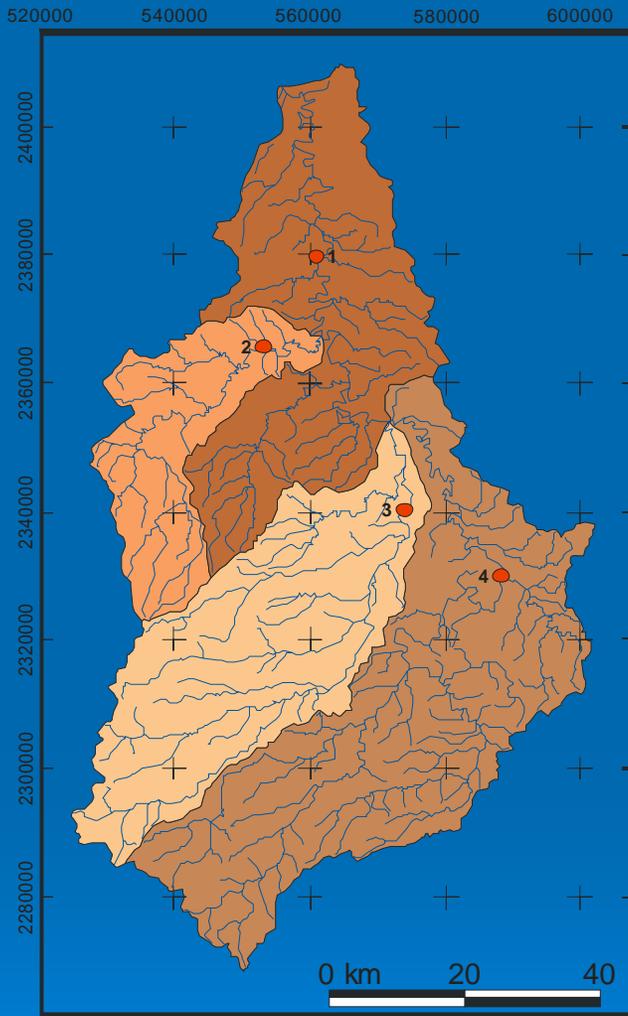
Periodo de retorno (años)	Gamma 2p	<u>Gumbel</u>	Gumbel 2p	Log-Normal	Normal
2	3,551	3,539	3,856	3,434	3,845
5	5,258	5,188	5,878	5,214	5,415
10	6,336	6,280	7,231	6,488	6,236
20	7,330	7,327	8,362	7,771	6,914
50	8,566	8,683	9,709	9,519	7,677
100	9,463	9,699	10,706	10,898	8,186
500	11,466	12,047	12,705	14,331	9,215
1000	12,305	13,056	13,202	15,921	9,611
5000	14,218	15,398	14,541	19,902	10,449
10000	15,031	16,407	14,673	21,750	10,783

Cuencas que influyen en las inundaciones

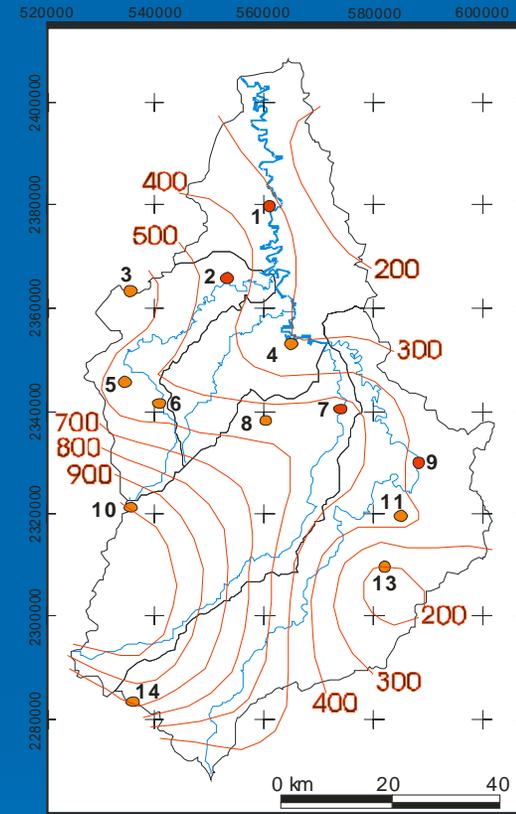
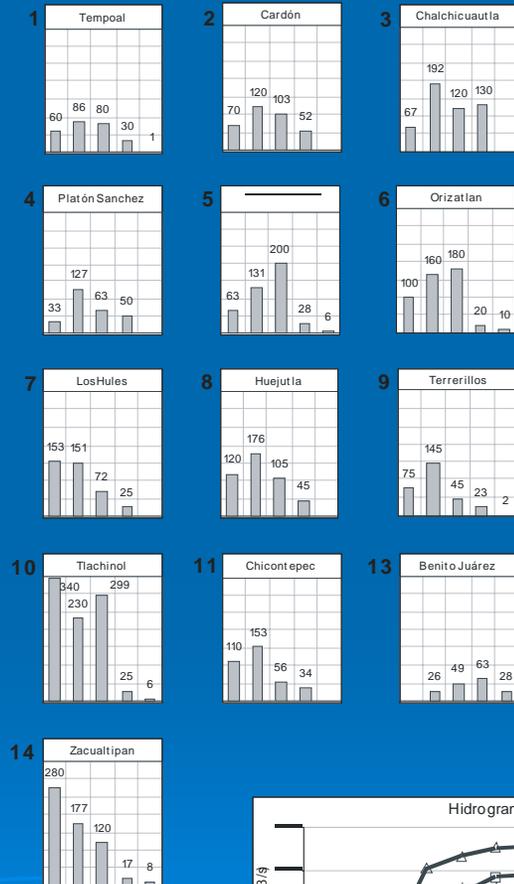


Gastos máximos anuales de las estaciones El Pujal y Temporal, registrados en los once años de importantes crecidas en el río Pánuco.

Influencia de la cuenca del río Tempoal



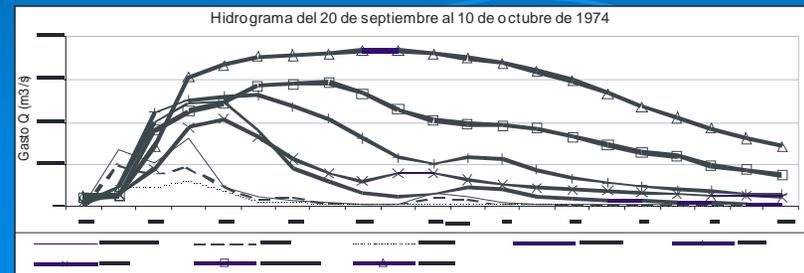
Gráficas de precipitación (en mm), del 20 al 24 de septiembre (los números de cada estación corresponden a su localización en el mapa)



Precipitación acumulada (en mm) del 19 al 30 de septiembre 1974

Leyenda

- Subcuenca del río Tempoal
 - Subcuenca del río Cardón
 - Subcuenca del río Los Hules
 - Subcuenca del río Terrenillos
- 1 Estación hidrométrica Tempoal
 - 2 Estación hidrométrica Cardón
 - 3 Estación hidrométrica Los Hules
 - 4 Estación hidrométrica Terrenillos



Tiempo de respuesta para las crecidas máximas en las estaciones hidrométricas Las Adjuntas y Pánuco

Estación hidrométrica	Año	Días de crecida	Días de demora	Días de punta	Días de desfase de la punta	Días de base
Pánuco	1955	—	—	8	6	—
Las Adjuntas	1956	—	—	10	6	—
Las Adjuntas	1958	6	6	8	5	18
Las Adjuntas	1966	3	5	11	4	9
Las Adjuntas	1967	5	8	6	4	25
Las Adjuntas	1969	6	6	8	6	18
Las Adjuntas	1974	8	7	9	7	20
Pánuco	1974	10	8	11	9	21
Las Adjuntas	1975	8	7	10	7	22
Pánuco	1975	11	8	13	10	24
Las Adjuntas	1976	10	11	12	9	27
Pánuco	1976	13	9	15	12	29
Las Adjuntas	1978	5	5	7	4	13
Pánuco	1978	7	6	9	6	14
Las Adjuntas	1993	5	9	6	5	23
Pánuco	1993	7	11	8	7	25

Geomorfología fluvial

Tres estudios

- El levantamiento **geomorfológico** fluvial
- Análisis de **sinuosidad**
- Análisis **textural**

Levantamiento geomorfológico fluvial

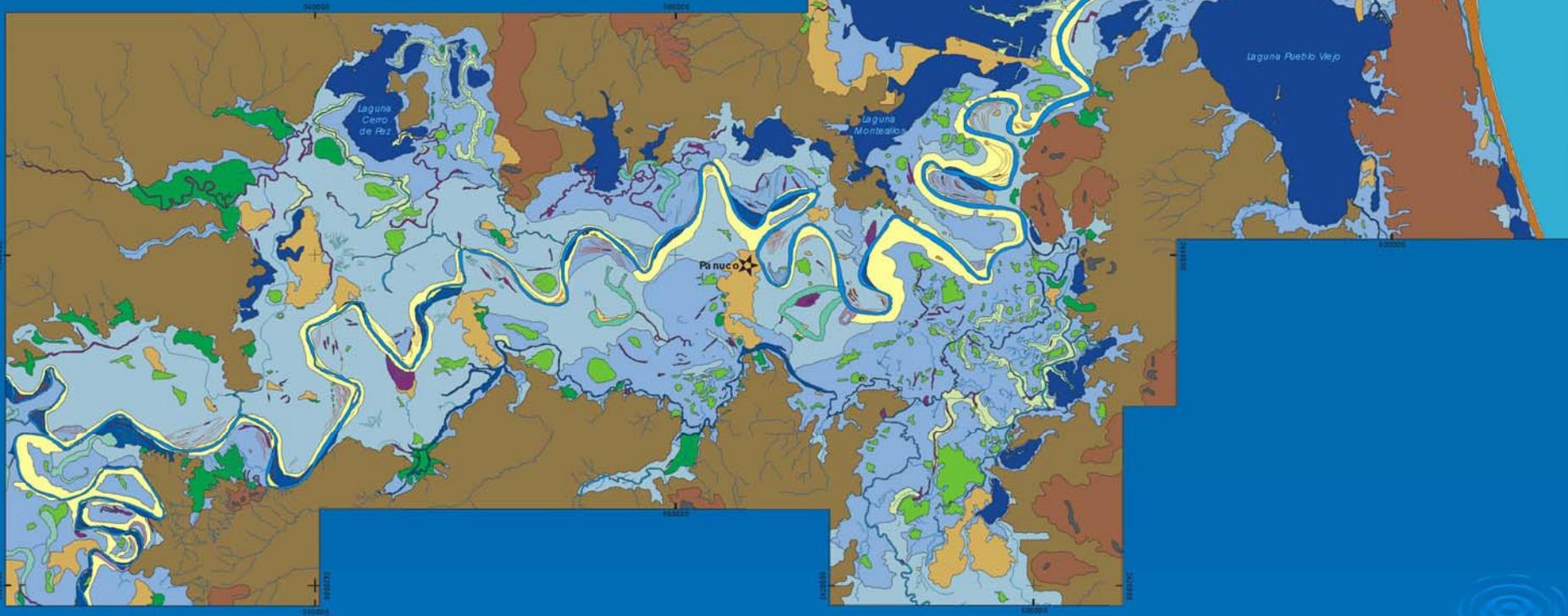
Constituida por dos tipos morfogenéticos de relieve: las **planicies** y los **lomeríos**.

La planicie es el principal objeto. Se divide a partir de su origen principal en **Planicie fluvial acumulativa** y en planicie **costera**.

Por origen los **lomeríos** también se dividieron.

Se subdividieron en formas con **geometría** y **dinámica fluvial** específicas.

Mapa geomorfológico fluvial del curso bajo del río Pánuco.

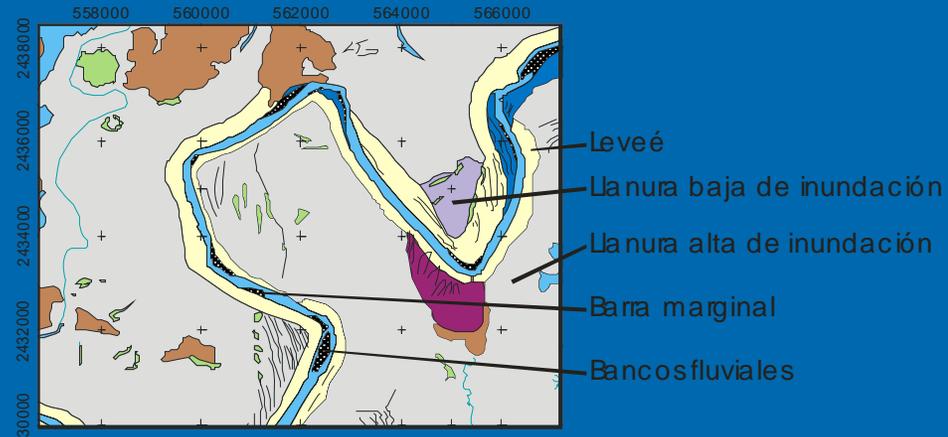
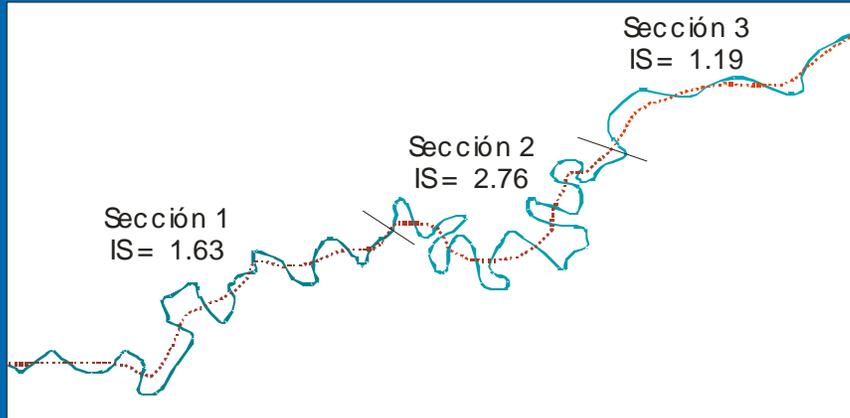


Unidades y rasgos geomorfológicos fluviales

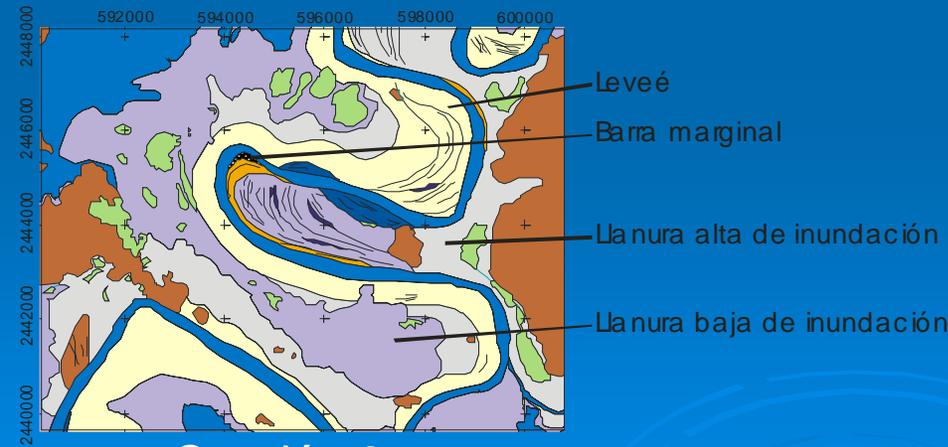
- | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---|
| Llanura alta de inundación | Meandro abandonado | Barra de meandro |
| Llanura baja de inundación | Cauce activo en crecidas | Vertedero de desplazamiento |
| Depresiones marginales perennes | Cauce perenne | Planicie costera fluvio deltáica |
| Depresiones marginales intermitentes | Corriente Yazoo | Planicie costera acumulativa marina |
| Depresiones inferiores | Leveé principal | Lomerío bajo eólico |
| Lecho menor | Leveé secundario | Lomerío bajo estructural del terciario |
| Lecho mayor | Leveé abandonado | Lomerío medio estructural del terciario |
| Brazo de crecida | Banco fluvial | Lomerío alto estructural del terciario |
| Cauce abandonado | Barra marginal | Superficie cumbral de lomerío |
| | | Huellas de crecida |

Análisis de sinuosidad del cauce

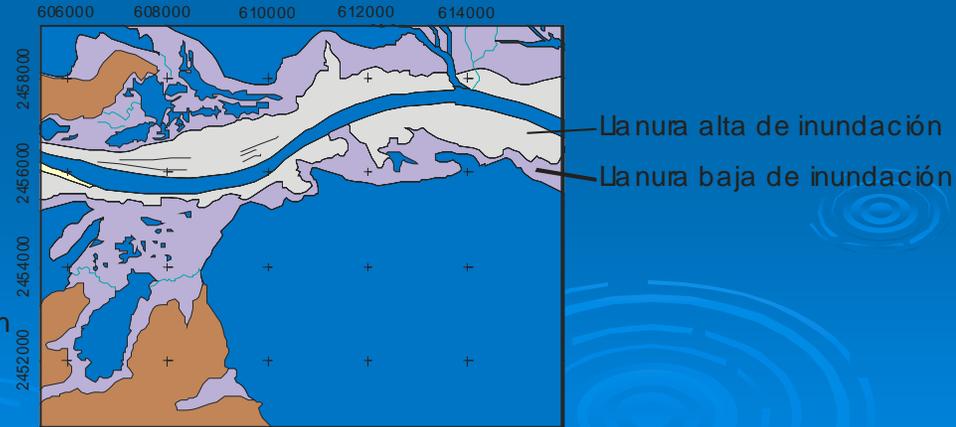
El índice de sinuosidad general del cauce es de 1.84



Sección 1



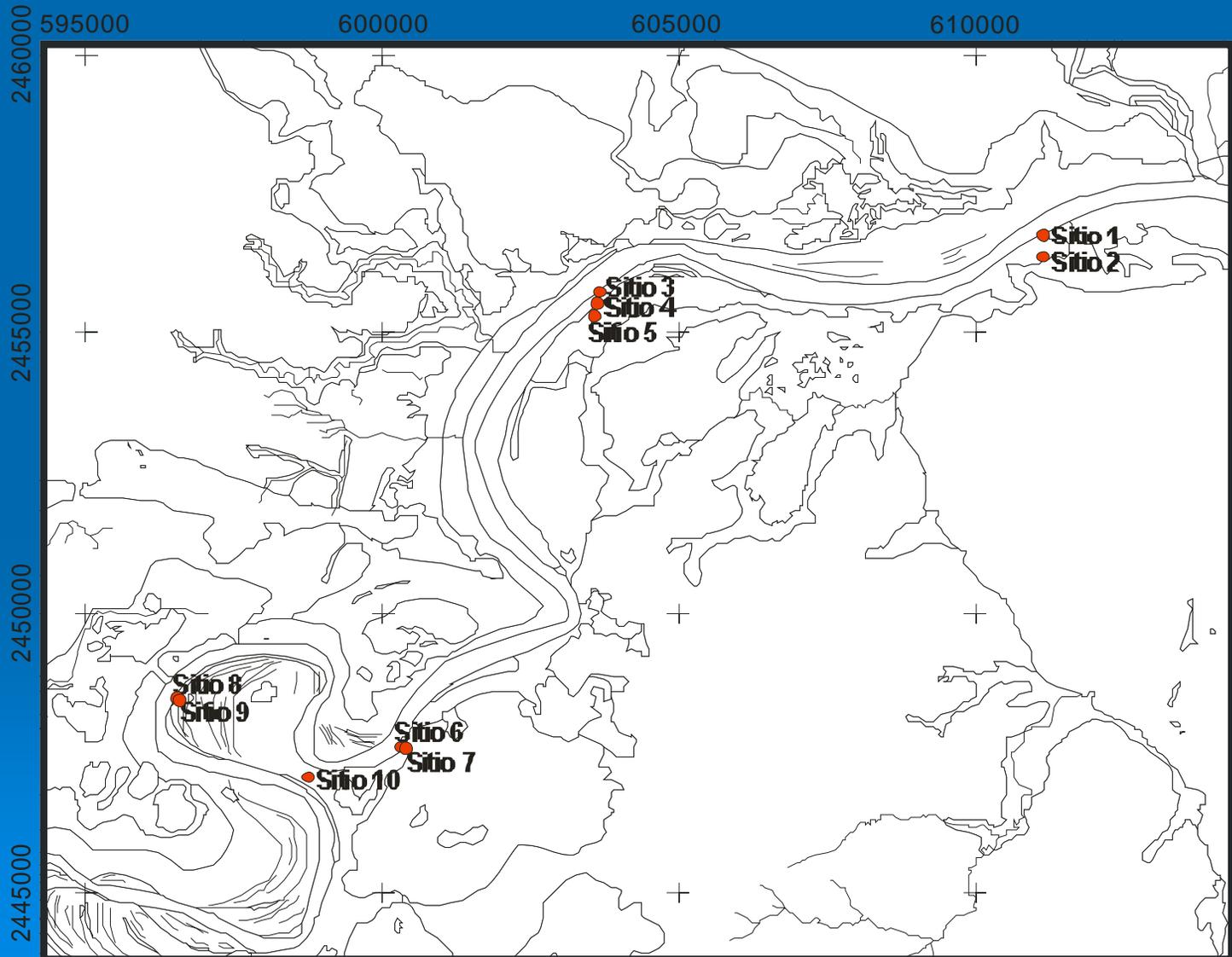
Sección 2



Sección 3

Análisis sedimentológico textural

Sitios de toma de muestras de sedimentos: En diferentes unidades y a diferentes distancias del cauce.



Identificación de áreas propensas a inundación

Identificación de las API: A partir de la evaluación geomorfológica fluvial, apoyada en las fotografías aéreas, la carta topográfica y la imagen de satélite, y complementado con el análisis textural y el análisis hidrológico.

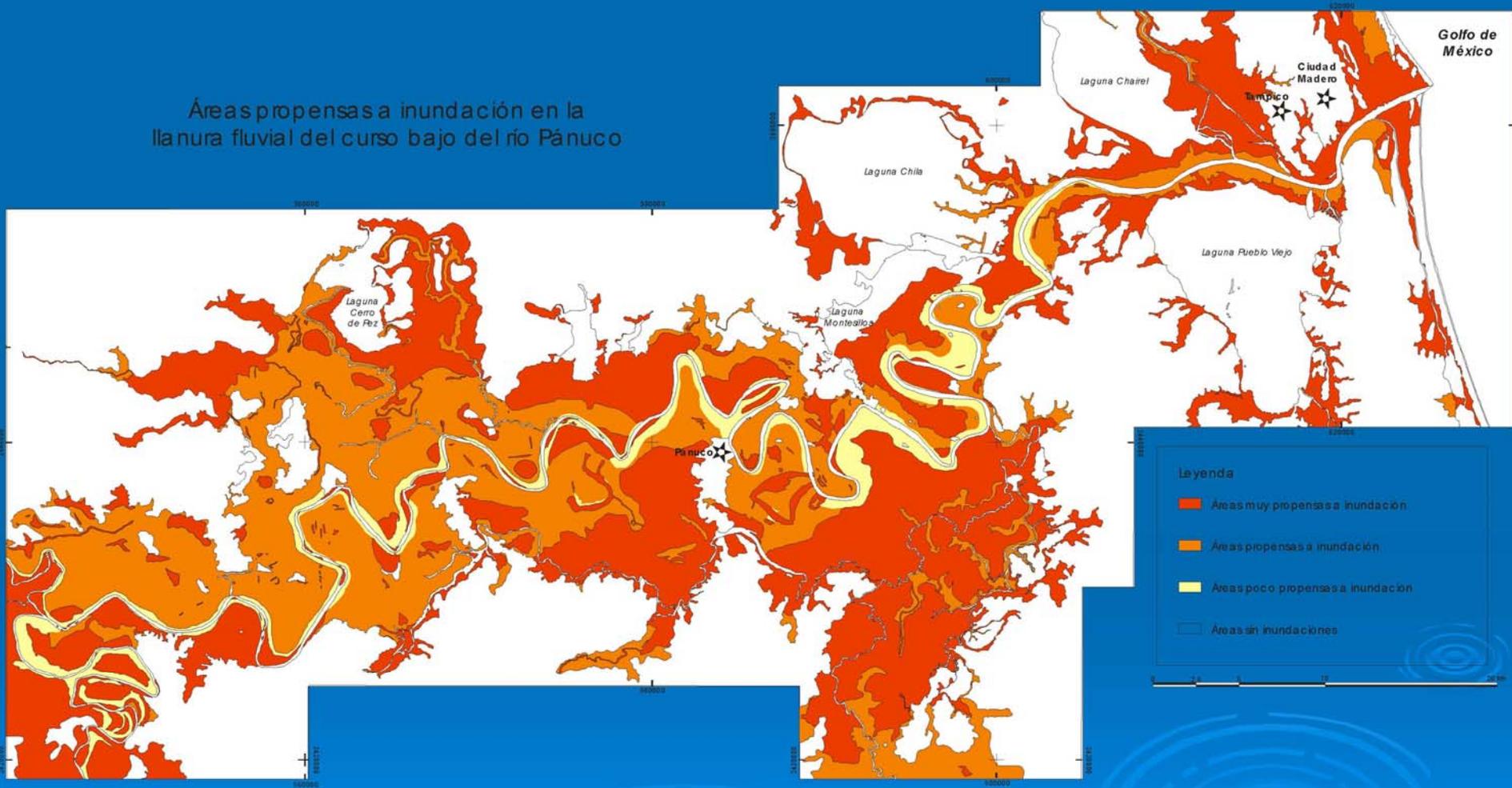
El mapa geomorfológico fluvial se tomó como base para la identificación de las áreas propensas a inundación.

Reclasificación con cuatro categorías.

Las áreas sin inundaciones: lomeríos de cualquier tipo, así como aquellas que todo el año están cubiertas por agua.

- Las **áreas poco propensas**: el leveé principal y por los leveés abandonados.
- Las **áreas medianamente propensas**: la llanura alta de inundación y los leveés secundarios.
- Las **áreas muy propensas**: llanura baja de inundación, los cauces abandonados inactivos en crecidas, los meandros abandonados, los cauces activos en crecidas, los brazos de crecidas, los vertederos de desplayamiento, el lecho mayor, los bancos fluviales, las barras marginales, las barras de meandro y la planicie costera fluviodeltaica.
- Todas estas **son áreas topográficamente más bajas**, algunas por estar junto al lecho menor están sujetas a una alta actividad fluvial, en la cual no es necesario que ocurra un desbordamiento para que sean afectadas.

Áreas propensas a inundación en la llanura fluvial del curso bajo del río Pánuco



Conclusiones

- Existe una **diferencia espacial** de áreas inundables en la llanura fluvial acumulativa del CBRP.
- Las lluvias de **origen ciclónico** son las principales generadoras de las inundaciones en el CBRP.
- **Influencia** de los gastos registrados en la **cuenca del Tempoal** en las inundaciones en el CBRP.
- Los gastos calculados para el periodo de **cinco** años, son suficientes para generar un desbordamiento.
- Las muestras de sedimentos: Los sitios que se localizan a **menor distancia** del lecho menor contiene un **mayor porcentaje de arenas**, los sitios **más lejanos** presentan un **menor % arenas** y un mayor % de limo arcillas.
- Texturas por unidad geomorfológica De las diez en la llanura baja de inundación, **en seis predominan las arcillas** y en las otras cuatro los limos. En unidades como el lecho mayor y el vertedero de desplayamiento **predominan las arenas** en todas las muestras.