

# **HACIA UN MANEJO INTEGRAL DEL CAUCE DEL BAJO GRIJALVA**

**Primera fase:**

**El control de la repartición de  
los gastos líquidos entre los ríos  
Samaria y Carrizal**

# CUENCA GRIJALVA USUMACINTA

Escurrencimiento medio anual Mm<sup>3</sup>

Cuenca del Río Grijalva

36,493.883 36.9%

Cuenca del Río Usumacinta

62,206.623 63.1%

Total de la Cuenca

98,700.506

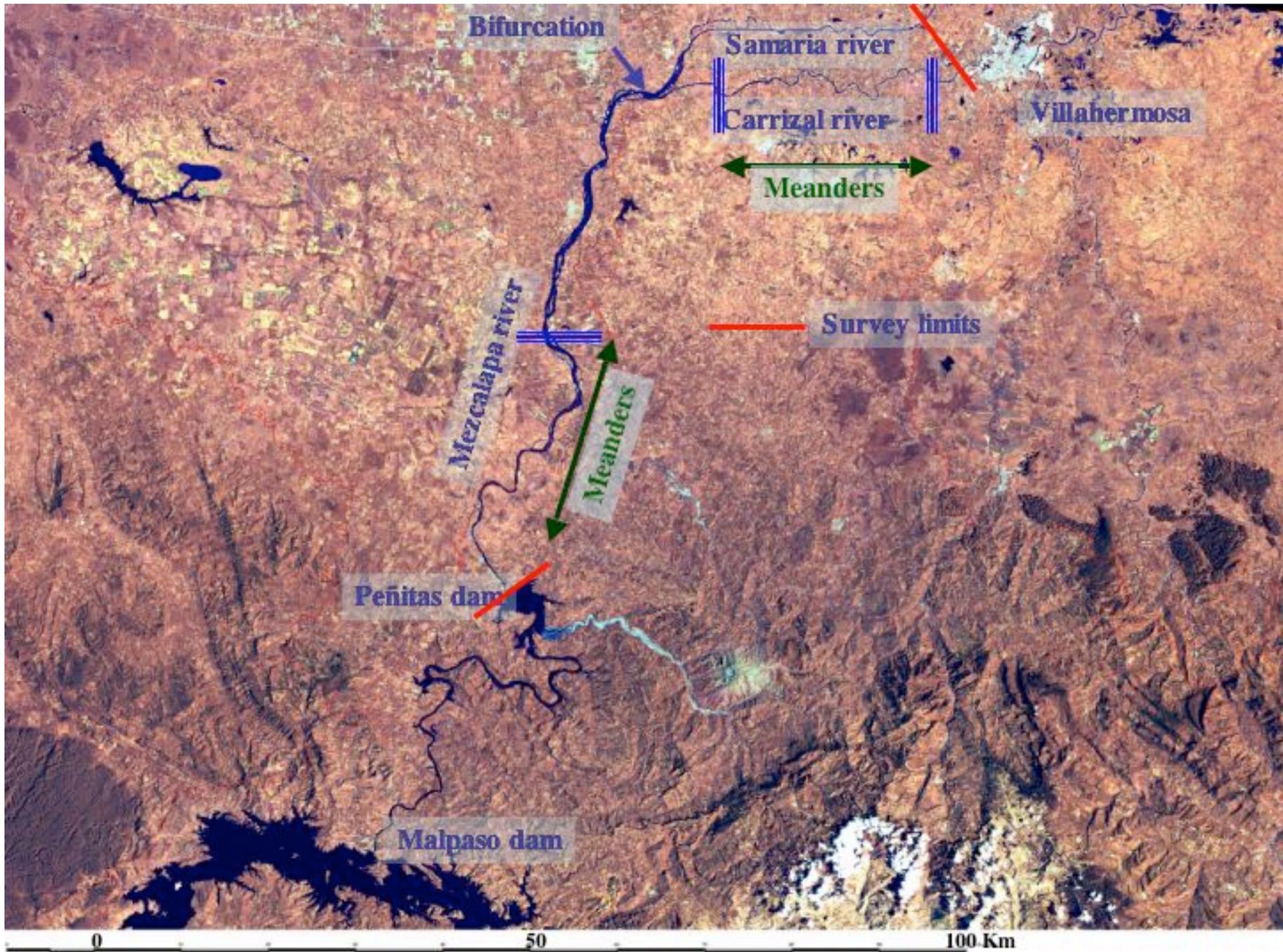
 Cuenca del Río Grijalva

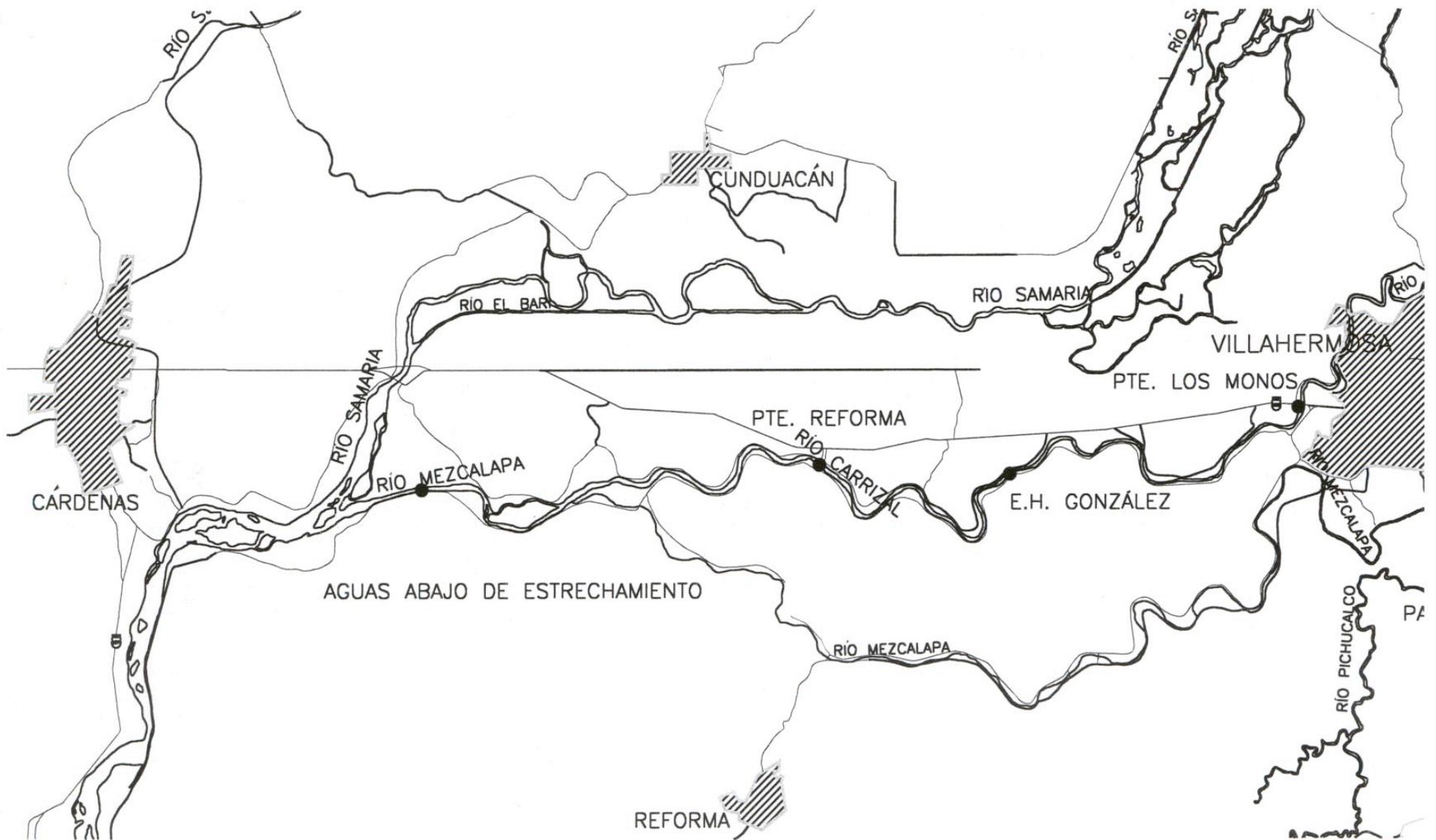
 Cuenca del Río Usumacinta

Áreas en km<sup>2</sup>

Río/País	México	Guatemala	Total por Ríos
Grijalva	52,348.08	5,610.00	57,958.08
Usumacinta	30,627.98	44,373.81	75,001.79
Total por países	82,976.05	49,983.81	132,959.87
			Total de totales

El escurrencimiento de Grijalva corresponde a la suma del volumen medio anual registrado en las estaciones hidrométricas: Samaria, Gonzales, Gaviotas, Macuspana y Salto de Agua, para el caso de Usumacinta será el volumen correspondiente a la estación Boca del Cerro mas la estación San Pedro.



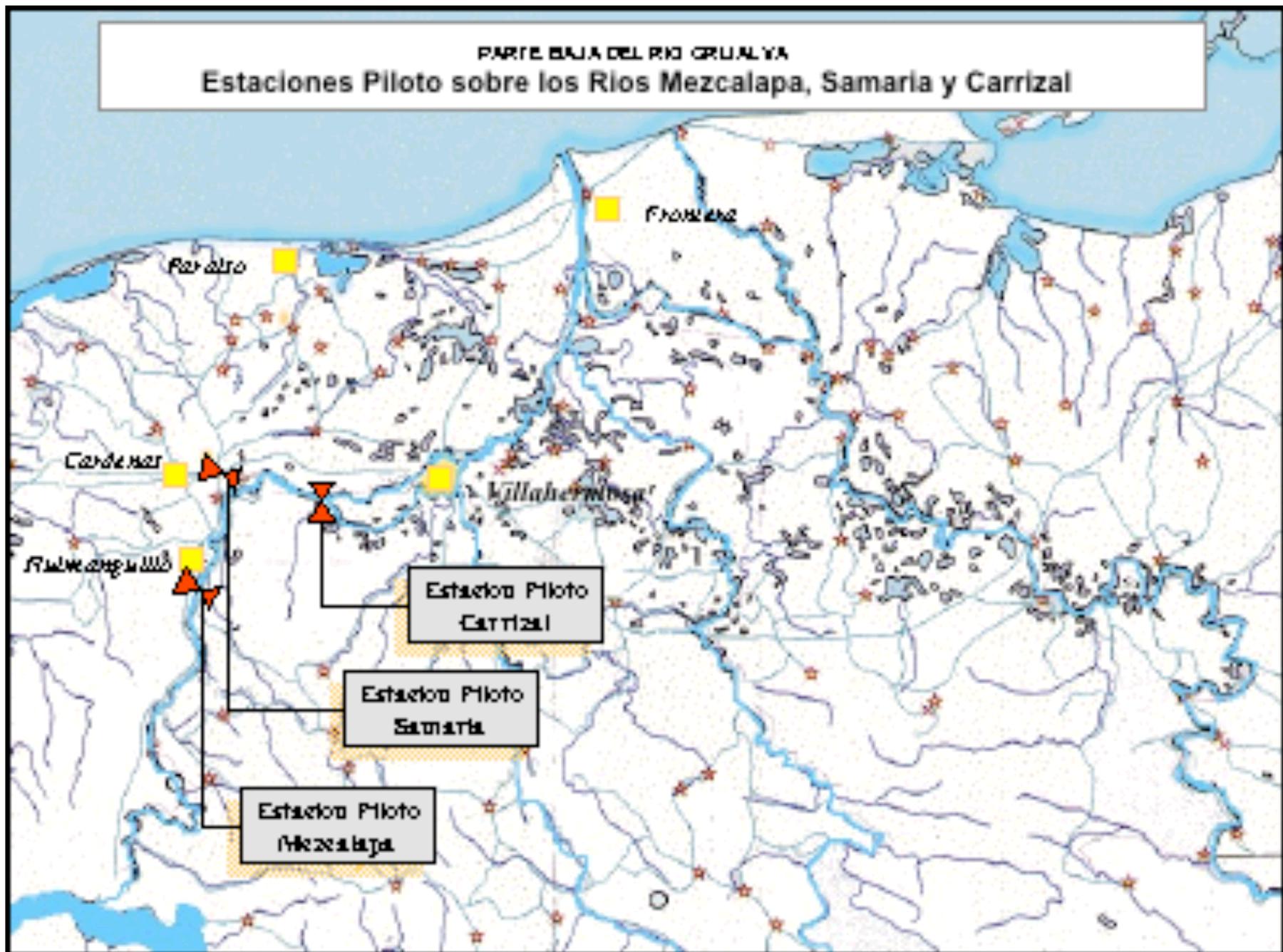


# INTRODUCCIÓN

- Las inundaciones en Villahermosa requieren una **solución urgente**
- Después de la avenida de 1999, las autoridades tomaron decisiones de:
  - *Construir una obra de tipo vertedero en el río Carrizal*
  - *Estudiar una solución efectiva (definitiva?) para el control de las inundaciones*
- Sin embargo, hay que plantear las obras en el *contexto potamológico* (potamología = ciencia de los ríos, mas general que hidráulica fluvial)

# CONTEXTO POTAMOLOGICO

- El río Grijalva tiene la mayor parte de su cuenca en la Sierra Madre y llega en su tramo bajo donde atraviesa una extensa zona de llanura, antes de llegar en el Golfo de México
- El ultimo tramo es un cono de deyección donde se han desarrollado diversos brazos por fenómeno de avulsión (los “rompidos”)



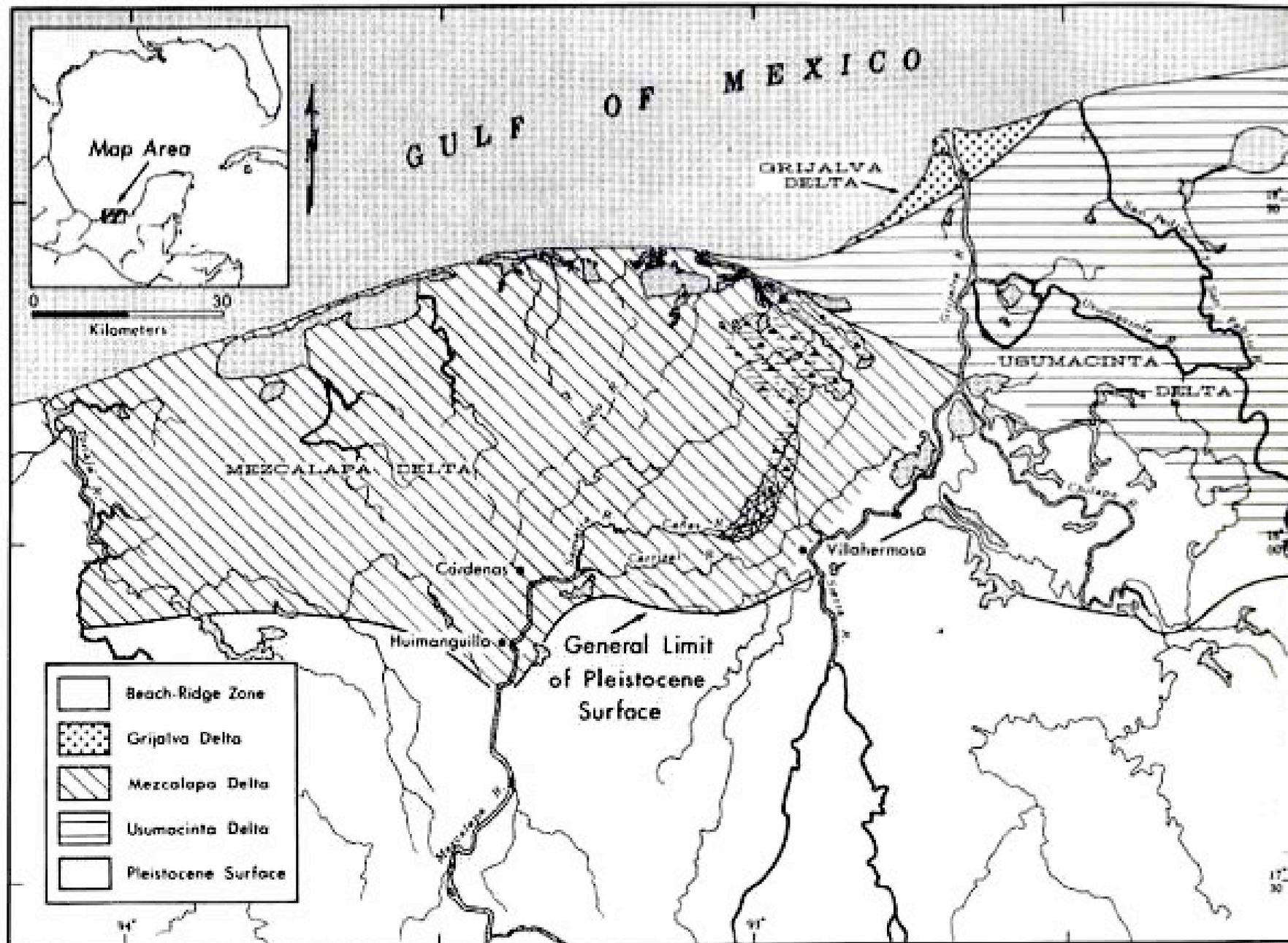
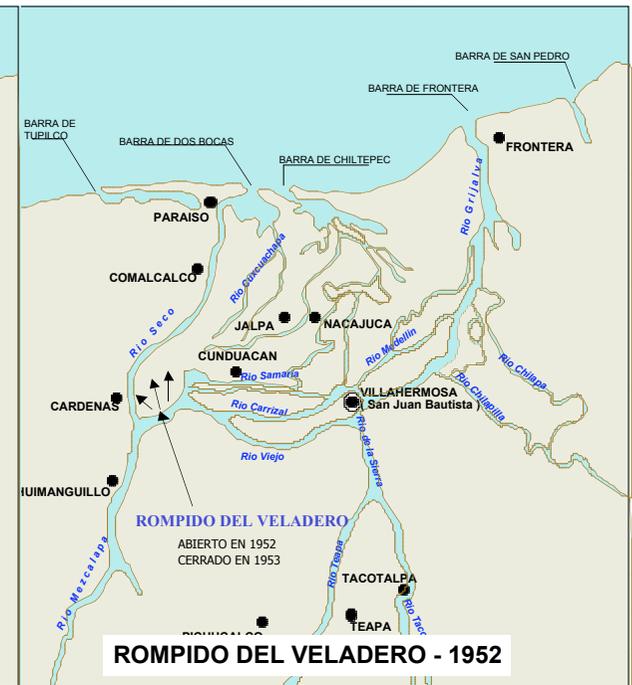
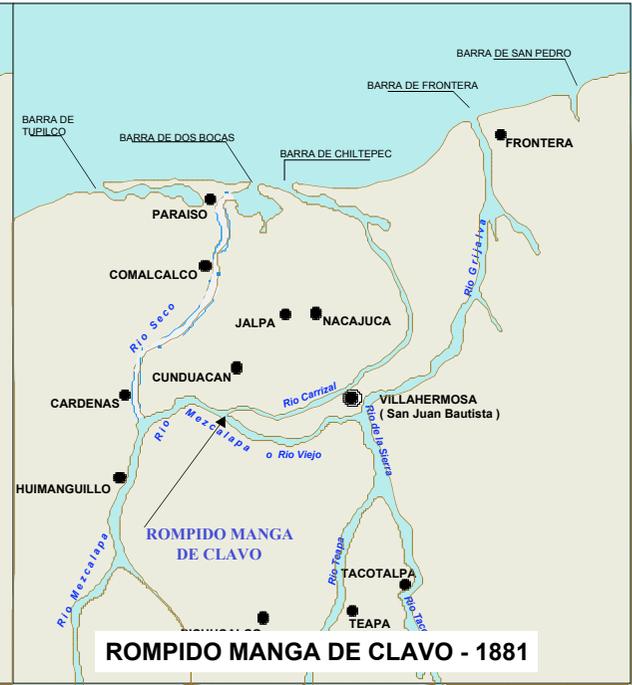
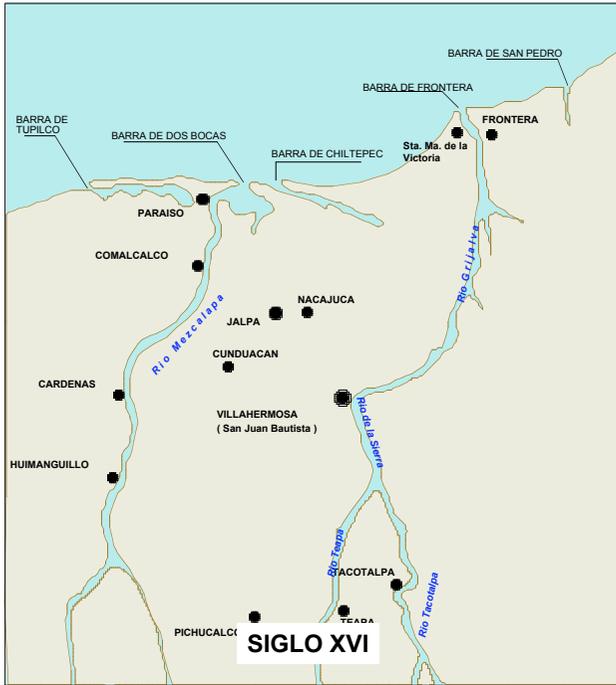


FIGURE 6. Geomorphologic divisions of the Tabasco Plain.



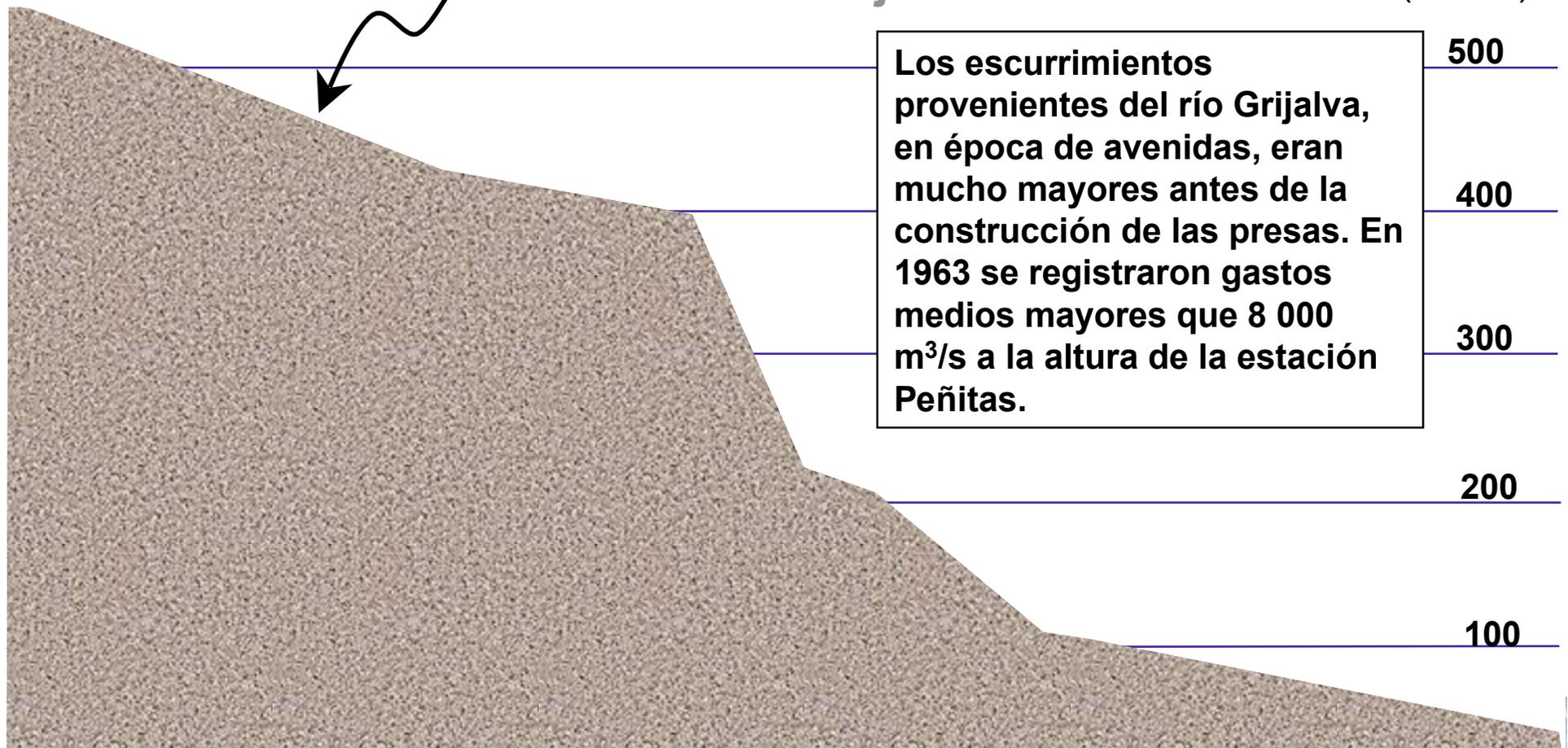
# Resumen



# SISTEMA DE PRESAS SOBRE EL RÍO GRIJALVA

Perfil del río Grijalva

(msnm)



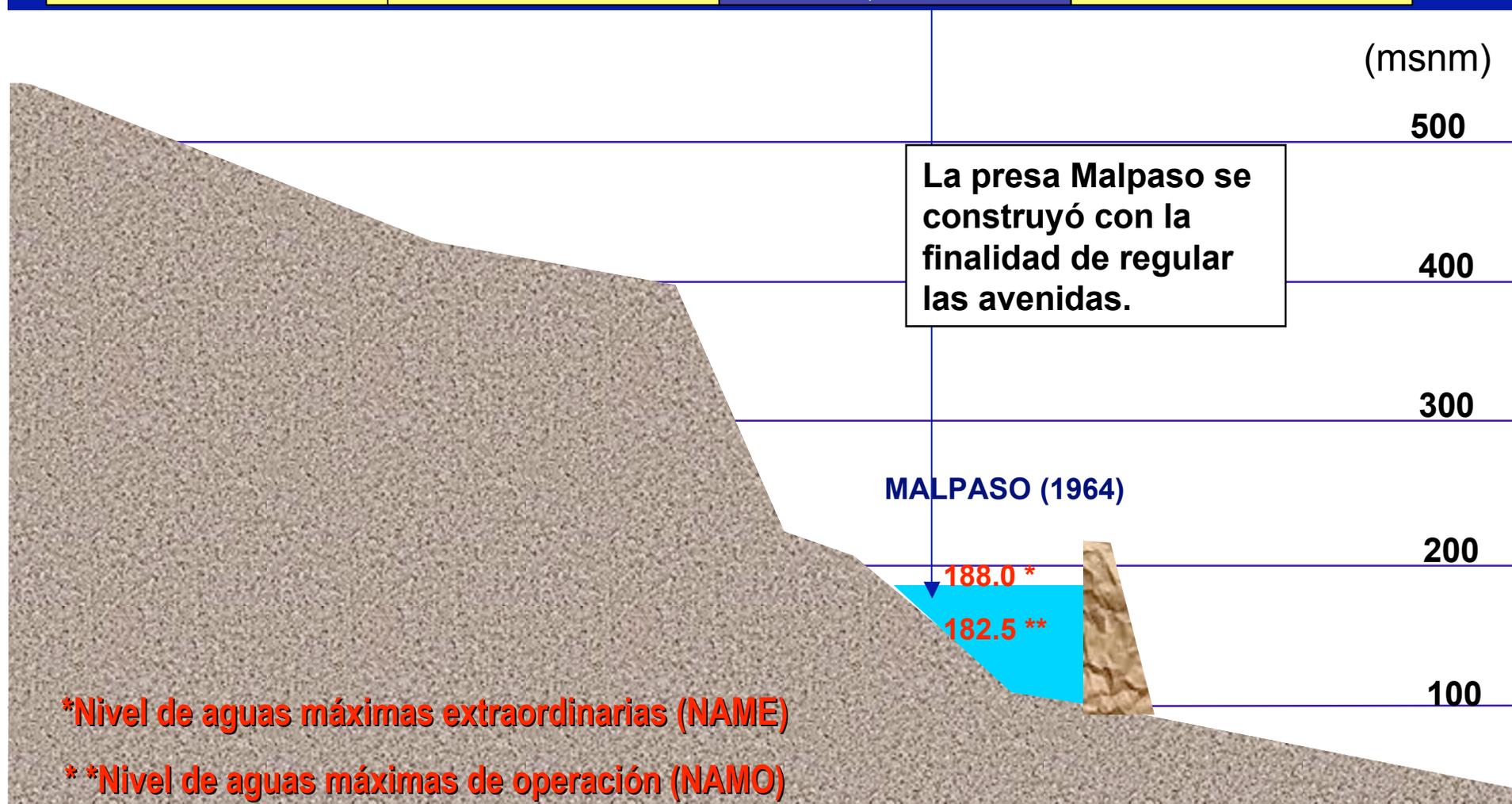
Los escurrimientos provenientes del río Grijalva, en época de avenidas, eran mucho mayores antes de la construcción de las presas. En 1963 se registraron gastos medios mayores que 8 000 m<sup>3</sup>/s a la altura de la estación Peñitas.

# SISTEMA DE PRESAS SOBRE EL RÍO GRIJALVA

**CAPACIDAD**  
(En millones de metros cúbicos)



(Para regulación de avenidas)



\* Nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME)

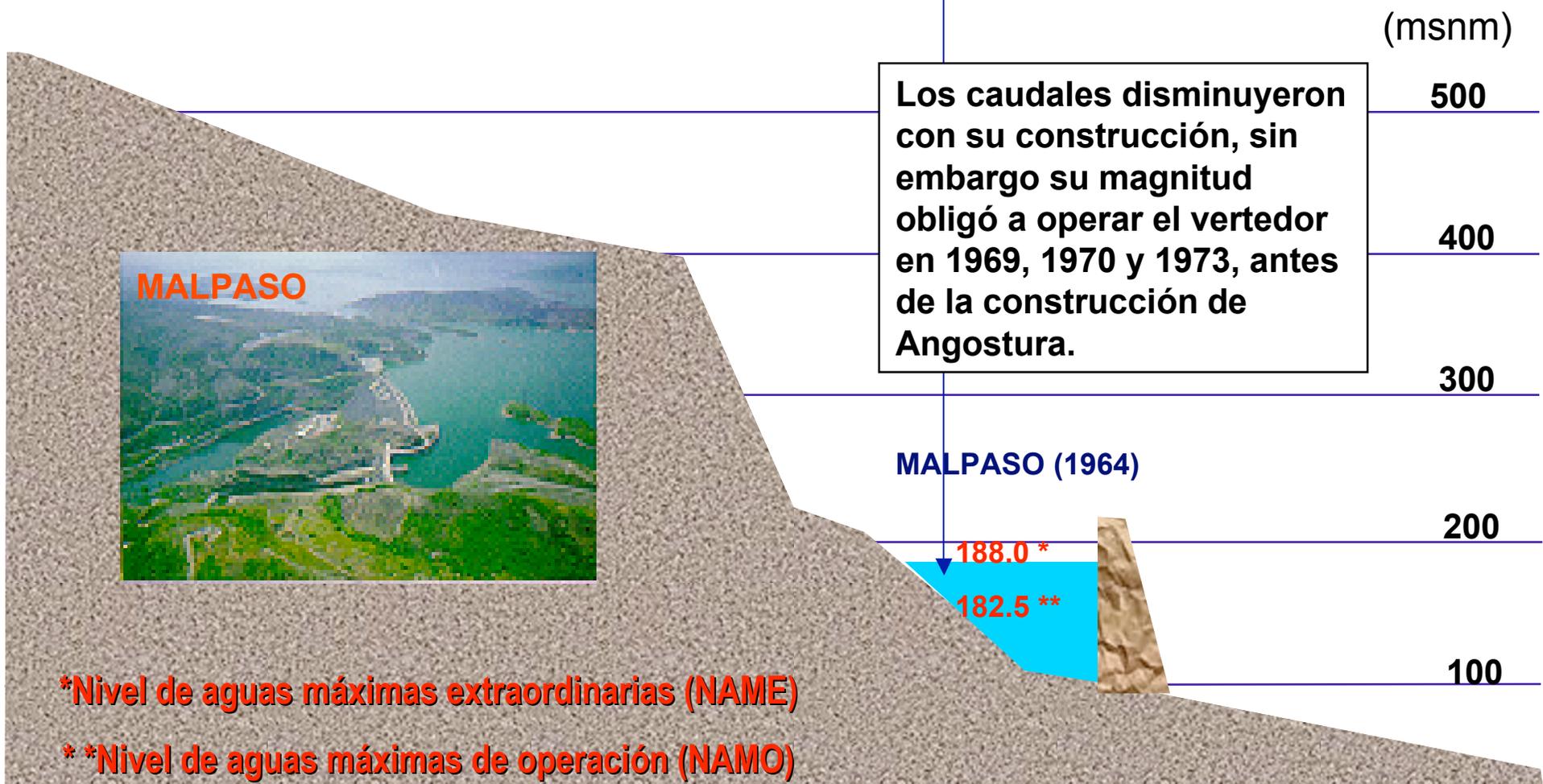
\*\* Nivel de aguas máximas de operación (NAMO)

# SISTEMA DE PRESAS SOBRE EL RÍO GRIJALVA

**CAPACIDAD**  
(En millones de metros cúbicos)

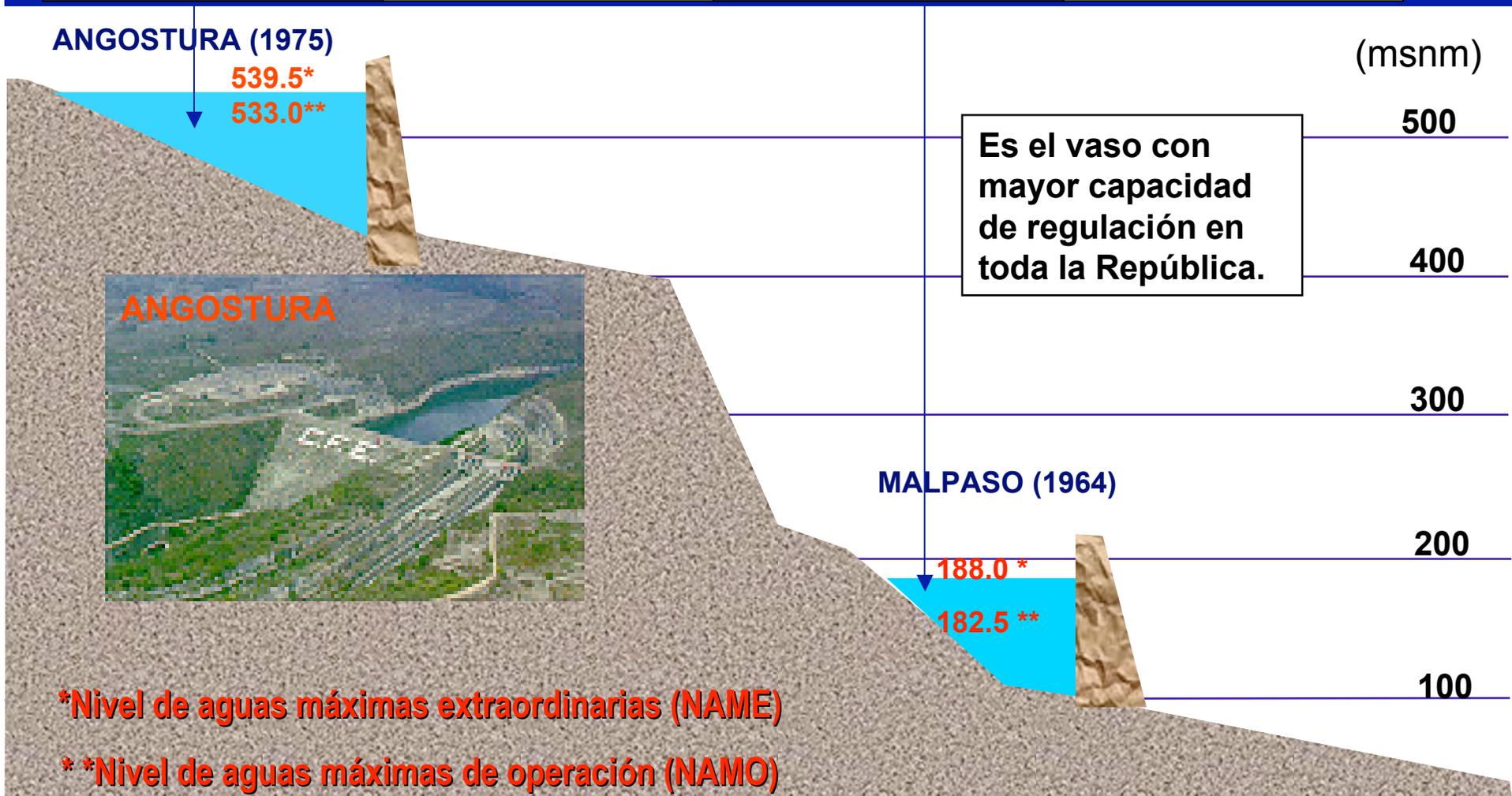
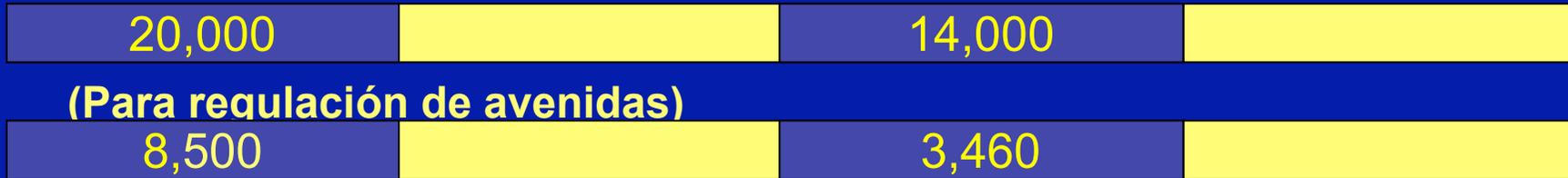


(Para regulación de avenidas)



# SISTEMA DE PRESAS SOBRE EL RÍO GRIJALVA

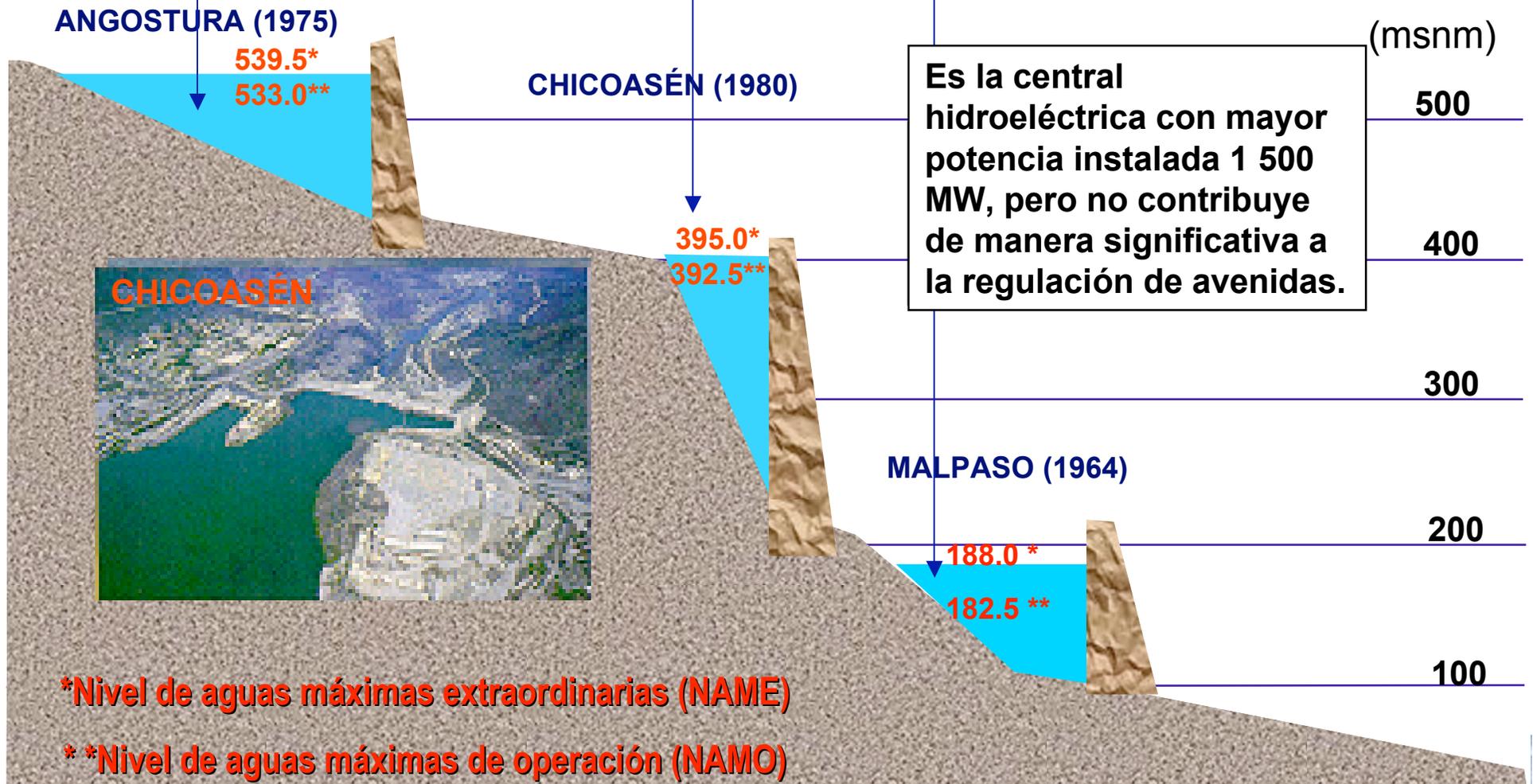
**CAPACIDAD**  
(En millones de metros cúbicos)



# SISTEMA DE PRESAS SOBRE EL RÍO GRIJALVA

**CAPACIDAD**  
(En millones de metros cúbicos)

20,000	1,680	14,000	
<b>(Para regulación de avenidas)</b>			
8,500	490	3,460	



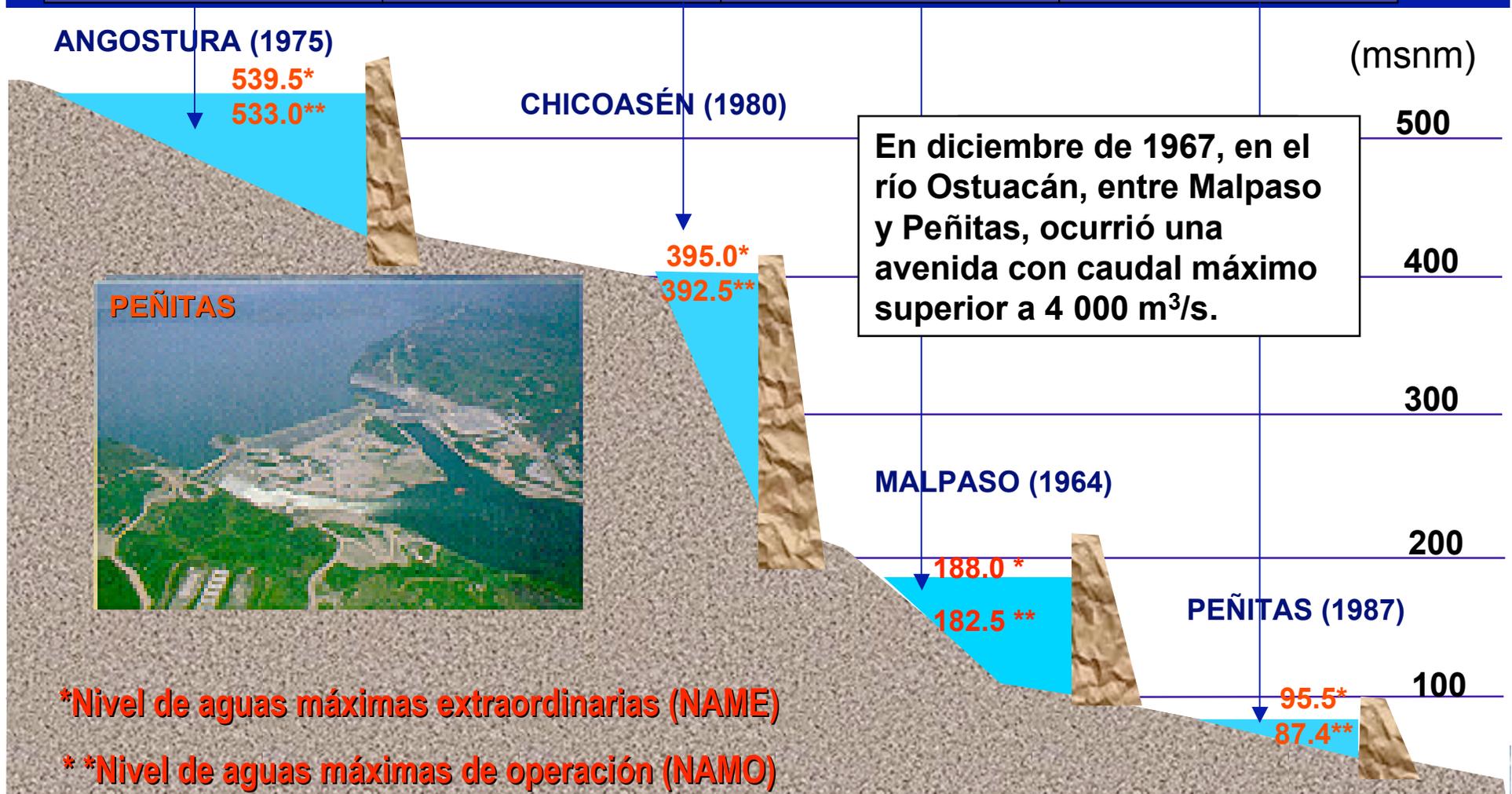
# SISTEMA DE PRESAS SOBRE EL RÍO GRIJALVA

**CAPACIDAD**  
(En millones de metros cúbicos)

20,000	1,680	14,000	1,485
--------	-------	--------	-------

(Para regulación de avenidas)

8,500	490	3,460	1,091
-------	-----	-------	-------



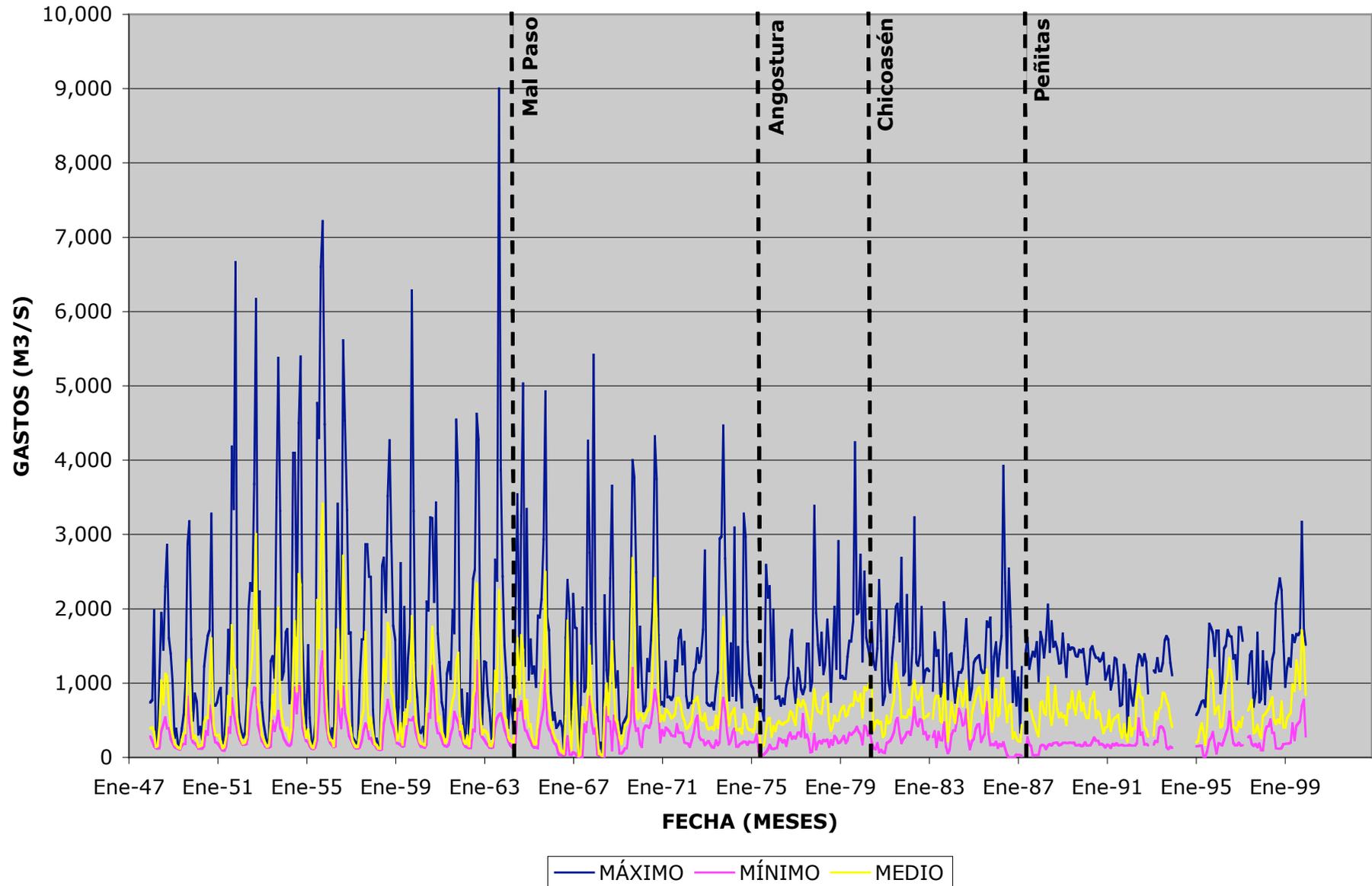
\* Nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME)

\*\* Nivel de aguas máximas de operación (NAMO)

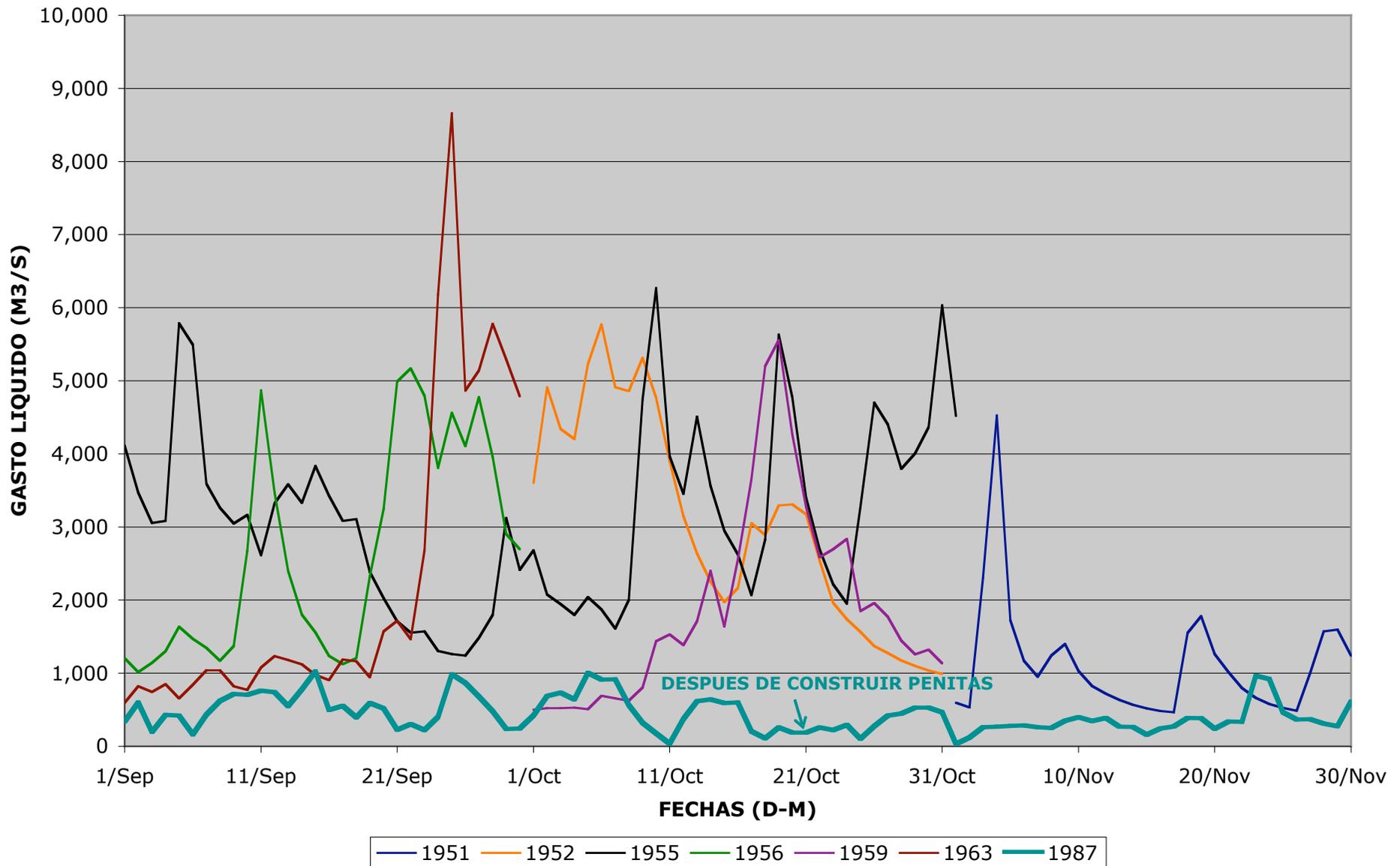
# IMPACTO DE LA PRESAS

- 4 presas construidas entre 1964 y 1987 han **impactado** bastante en el **régimen hidrológico** del río Mezcalapa (el río Grijalva aguas abajo de Peñitas)
- Ya no existen avenidas naturales y la operación de la presa Peñitas determina el **gasto líquido** (**poca contribución del afluente Platanar**)
- No fue construida todavía una presa de **compensación** para amortiguar eventuales picos de gasto durante el día

## GASTOS MENSUALES EN PENITAS 1948-1999



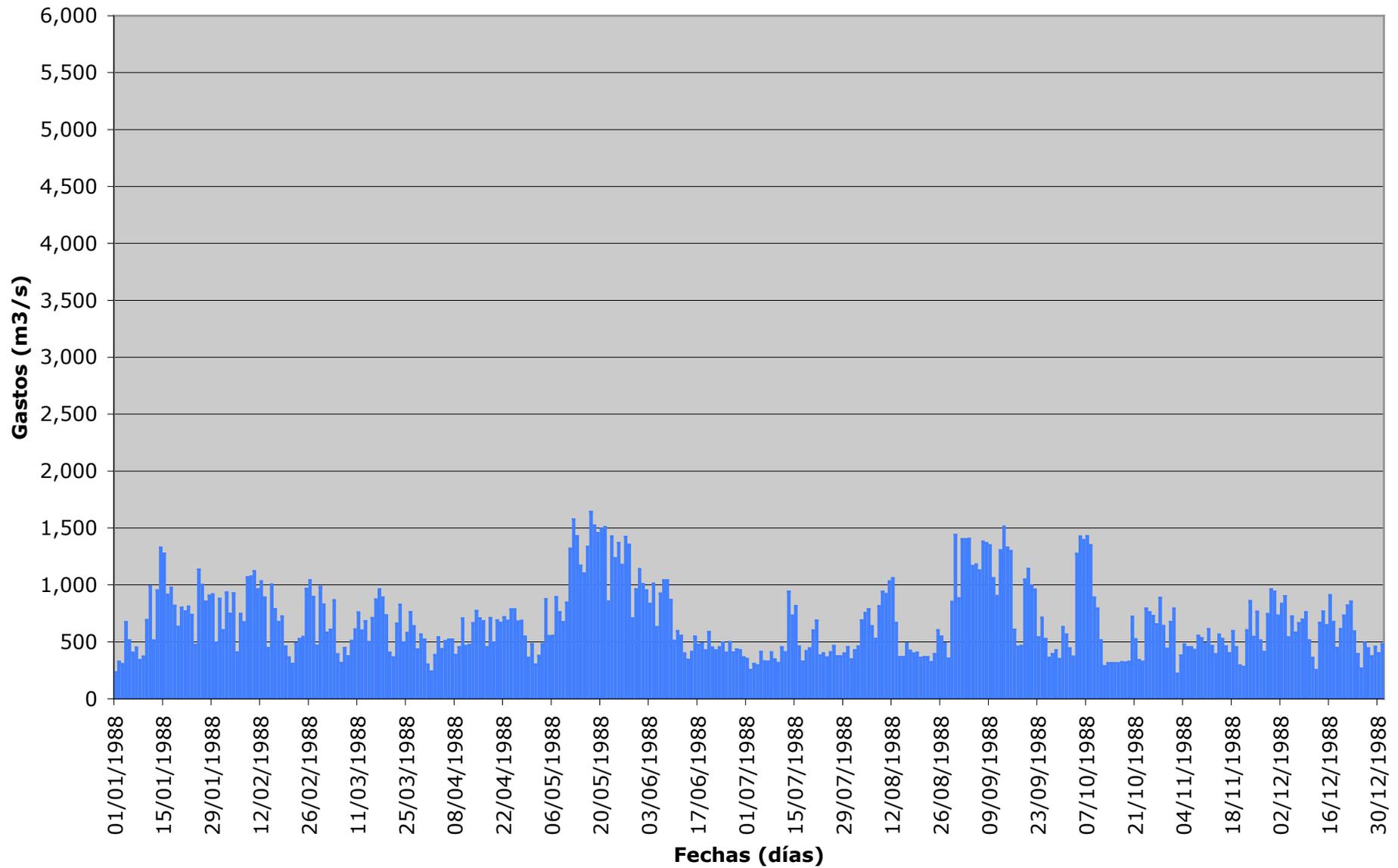
## AVENIDAS DEL GRIJALVA ANTES Y DESPUES DE CONSTRUIR PENITAS



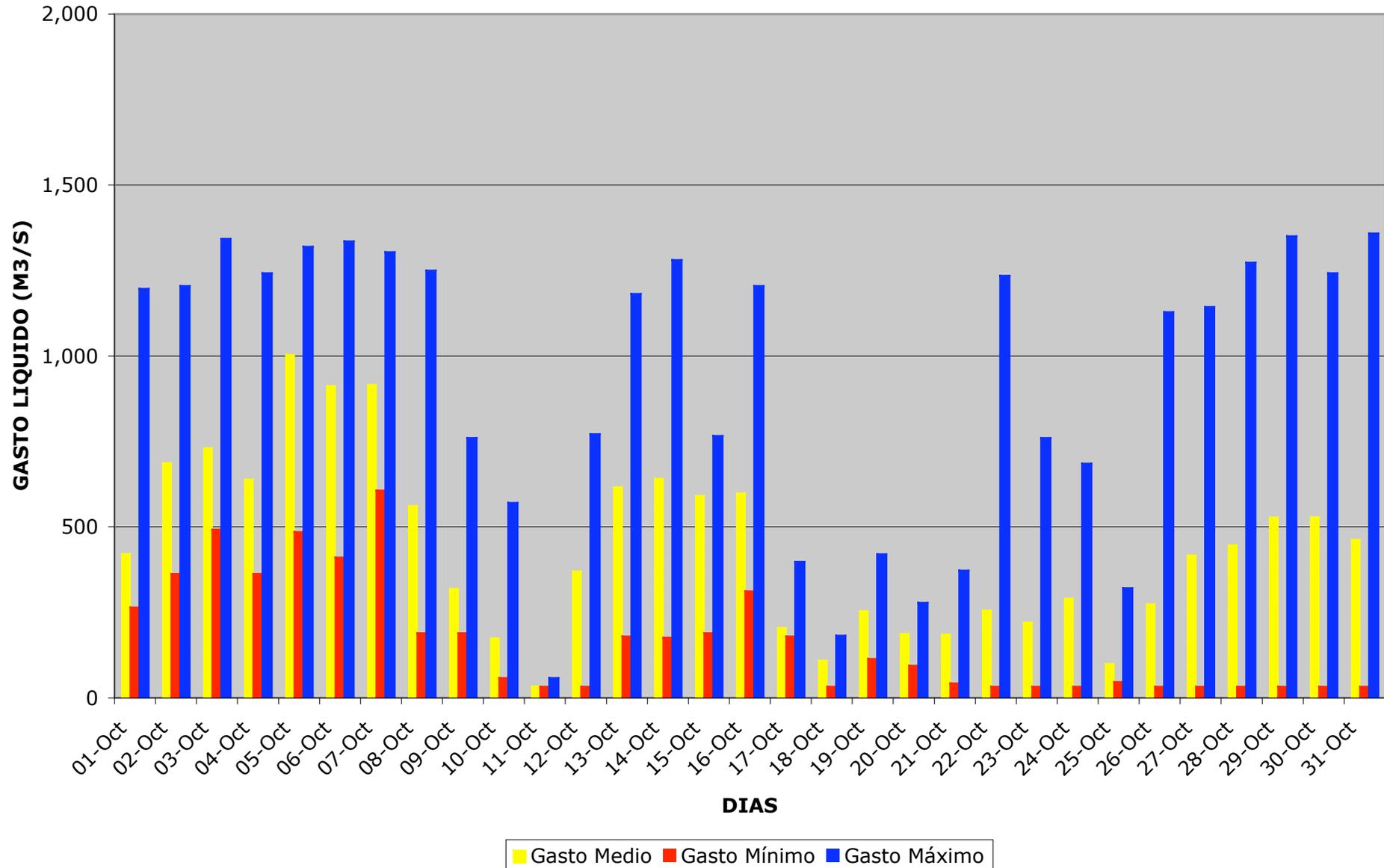
# IMPACTO HIDROLOGICO

- Cambio el régimen hidrológico natural, con su época de estiaje y de crecida por gastos mensuales bastante constantes, excepto en época de avenidas
- Entre 1987 y 1999, la operación de la presa Peñitas produjo una fluctuación del gasto líquido durante el día entre un valor bastante bajo y un valor muy alto (en función de la demanda de electricidad)

## Hidrograma Peñitas 1987



## VARIACION DEL GASTO LIQUIDO EN OCTUBRE DE 1987



# IMPACTO SEDIMENTOLOGICO

- El azolvamiento (sedimentación) de los vasos produce un déficit en las aportaciones al Bajo Grijalva
- Únicamente el río Platanar lleva azolve al río Mezcalapa, con bastante material de la erupción del volcán Chichonal (1982) en total 9 millones de metros cúbicos de cenizas

# “RESPUESTA” DEL RIO

- Por el déficit de azolve, las aguas claras tienen tendencia a erosionar el lecho aguas abajo de la presa Peñitas (impacto controlado por la naturaleza del lecho: rocas)
- La estación limnigráfica aguas abajo de la presa se encuentra hoy fuera del agua (fue hay modificada dos veces para seguir el descenso del espejo de agua)



# “RESPUESTA” DEL RIO

- Los productos de esta erosión se desplazan aguas abajo (reciben en su camino los aportes del río Platanar) para depositarse mas adelante, y forman muchos y largos bancos de arena y grava en el cauce del Mezcalapa



# Río Mezcalapa en Huimanguillo, Puente Solidaridad



# “RESPUESTA” DEL RIO

- Un cauce meándrico sería mas adecuado al nuevo régimen hidrológico
- La fuerte fluctuación del gasto líquido, en presencia de los bancos de arena y grava, produjeron entre 1987 y 1999 desvíos de las corrientes hacia las márgenes,
- lo que ocasiona siempre erosiones de las mismas, creando un cauce trenzado en la parte baja del río Mezcalapa

# BIFURCACION MEZCALAPA

- La bifurcación del Mezcalapa en el Samaria y el Carrizal existe desde el año 1940, cuando ocurrió el rompido de Cañas
- Nos falta información sobre el desarrollo del cauce entre 1940 y 1964, cuando empezó la construcción de las presas
- Sin embargo, fotografías aéreas muestran una propensión del río Mezcalapa a ampliar su cauce, aunque no tanto del río Carrizal

**1996**



**2000**



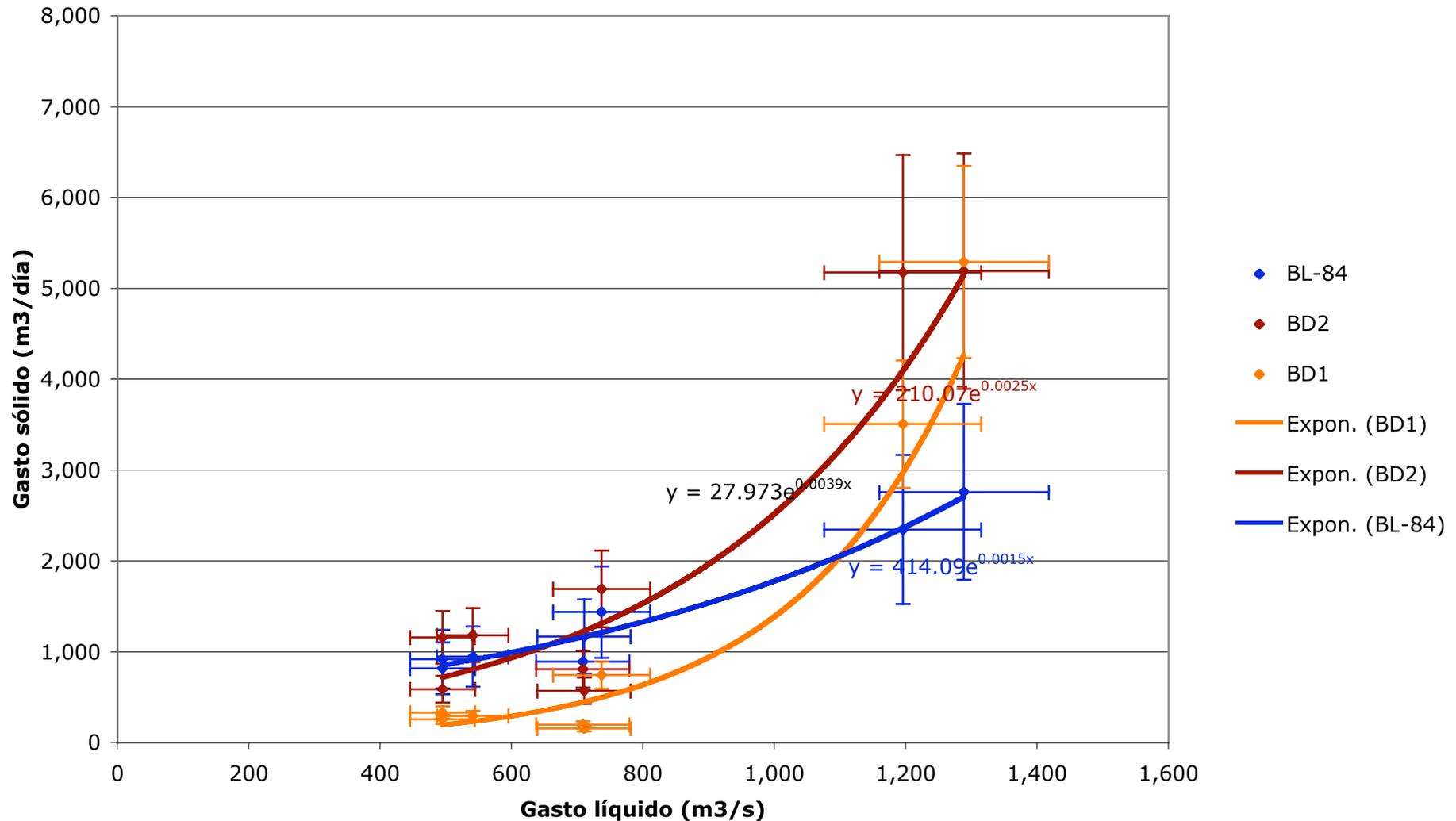


# BIFURCACION MEZCALAPA

- El impacto de los puentes Samaria:
  - Producen una curva de remanso, con efecto de **sedimentación** cuando bajan las aguas
  - Propensión a **flanqueo** por la **erosión** de las **márgenes**
- Resulta de las fluctuaciones diarias de los **gastos líquidos** (entre 1987 y 1999)
- La potencia del flujo se distribuye en un cauce amplio con **disminución** de la **capacidad de transporte sólido**

# Relación gasto líquido - gasto sólido

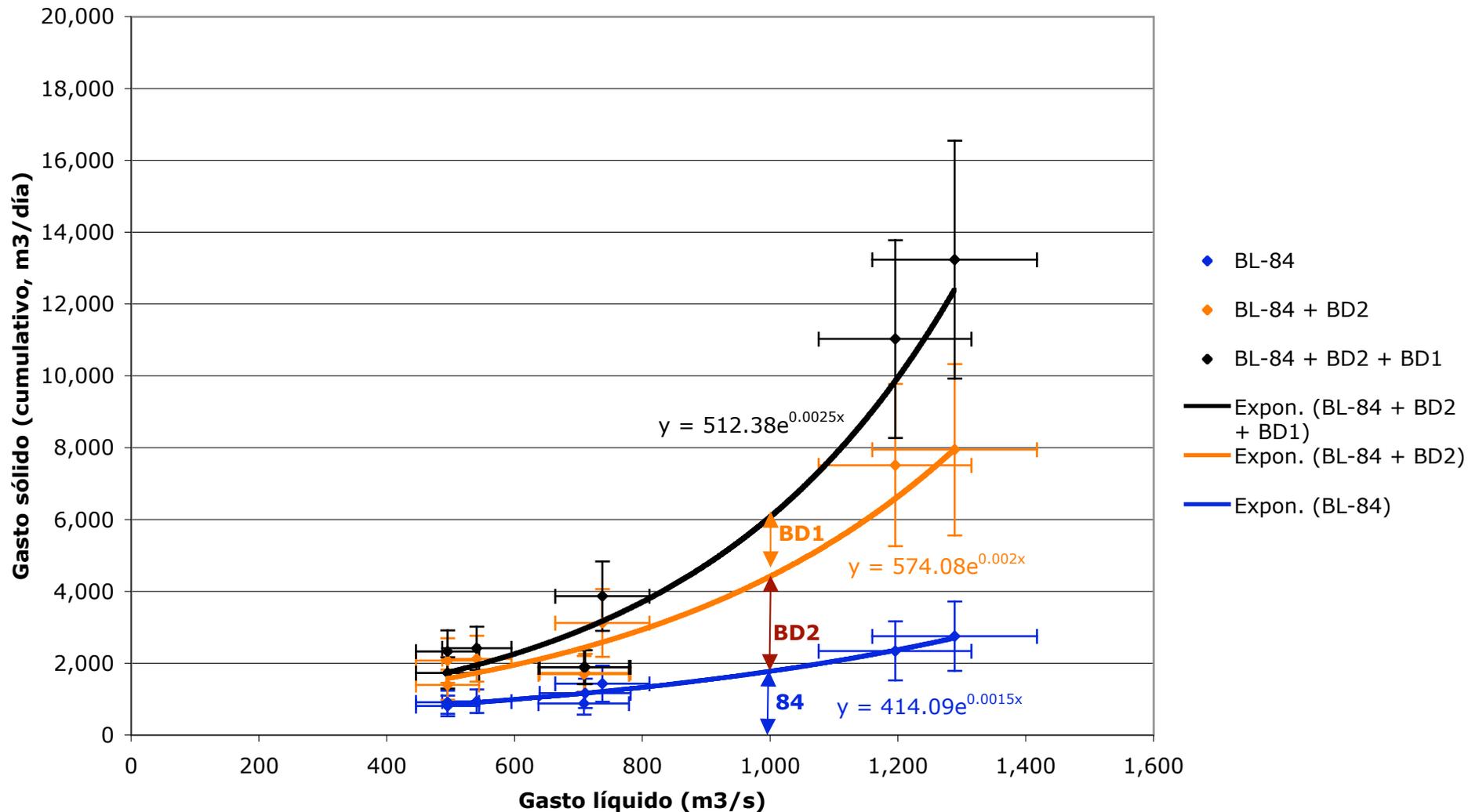
## Relación gasto sólido (arena y grava) con el gasto líquido Mezcalapa



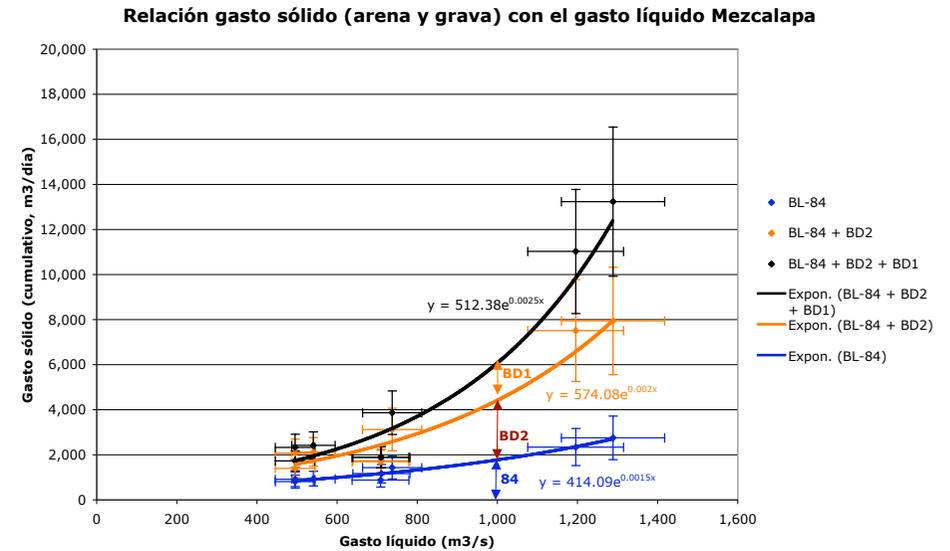
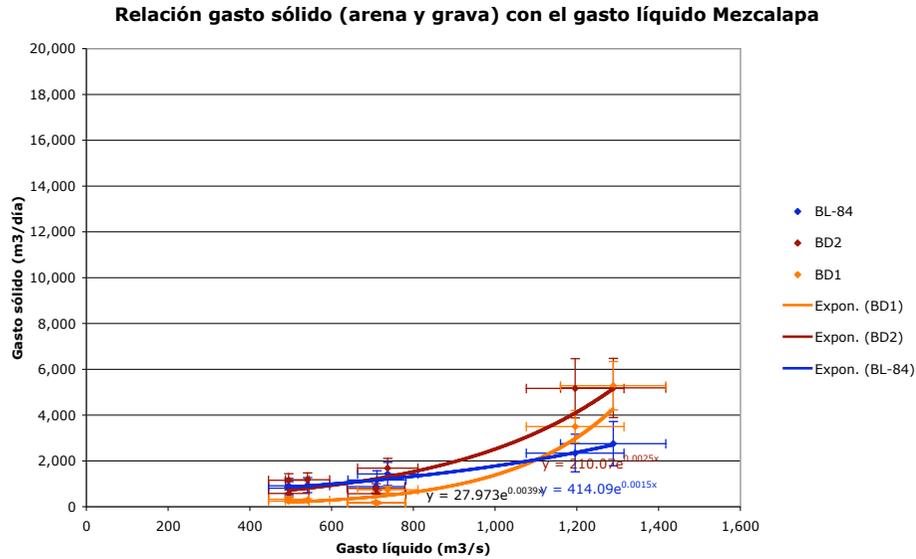
Transporte sólido: BL-84 = por arrastre; Botella de Delft BD2= cerca del fondo; Botella de Delft BD1= suspensión

# Relación gasto líquido - gasto sólido

Relación gasto sólido (arena y grava) con el gasto líquido Mezcalapa

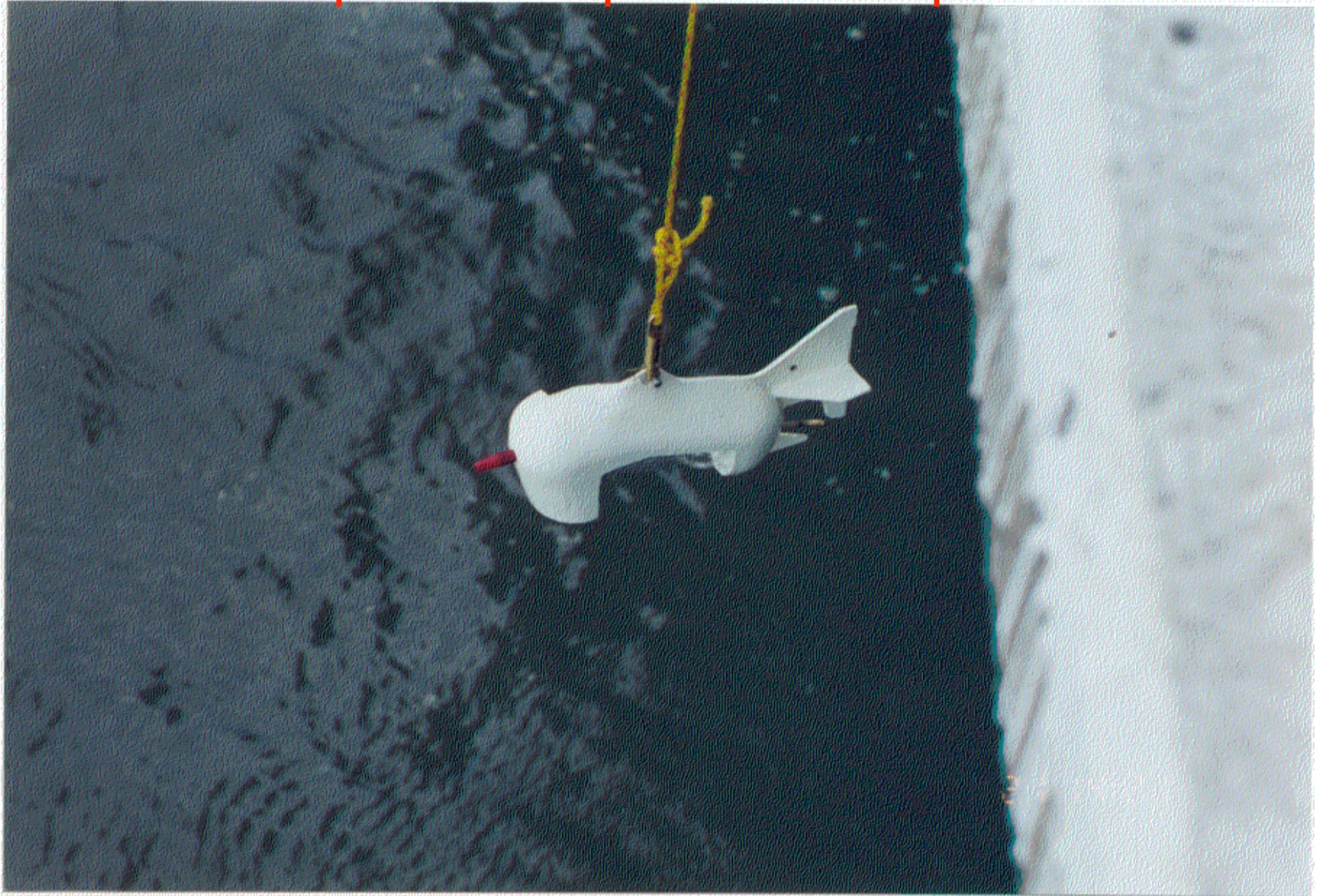


# Relación gasto líquido - gasto sólido



- Con gastos bajos, el transporte de fondo (arrastre) es significativo pero aumenta lentamente con el gasto líquido
- El transporte cerca del fondo aumenta más rápidamente, debido al incremento de turbulencia
- El transporte en suspensión, muy débil en estiaje, aumenta aunque más rápidamente con el gasto líquido que lo que el flujo trae cerca del fondo

# US DHS-59 para transporte en suspensión



# US DHS-59 transporte por arrastre



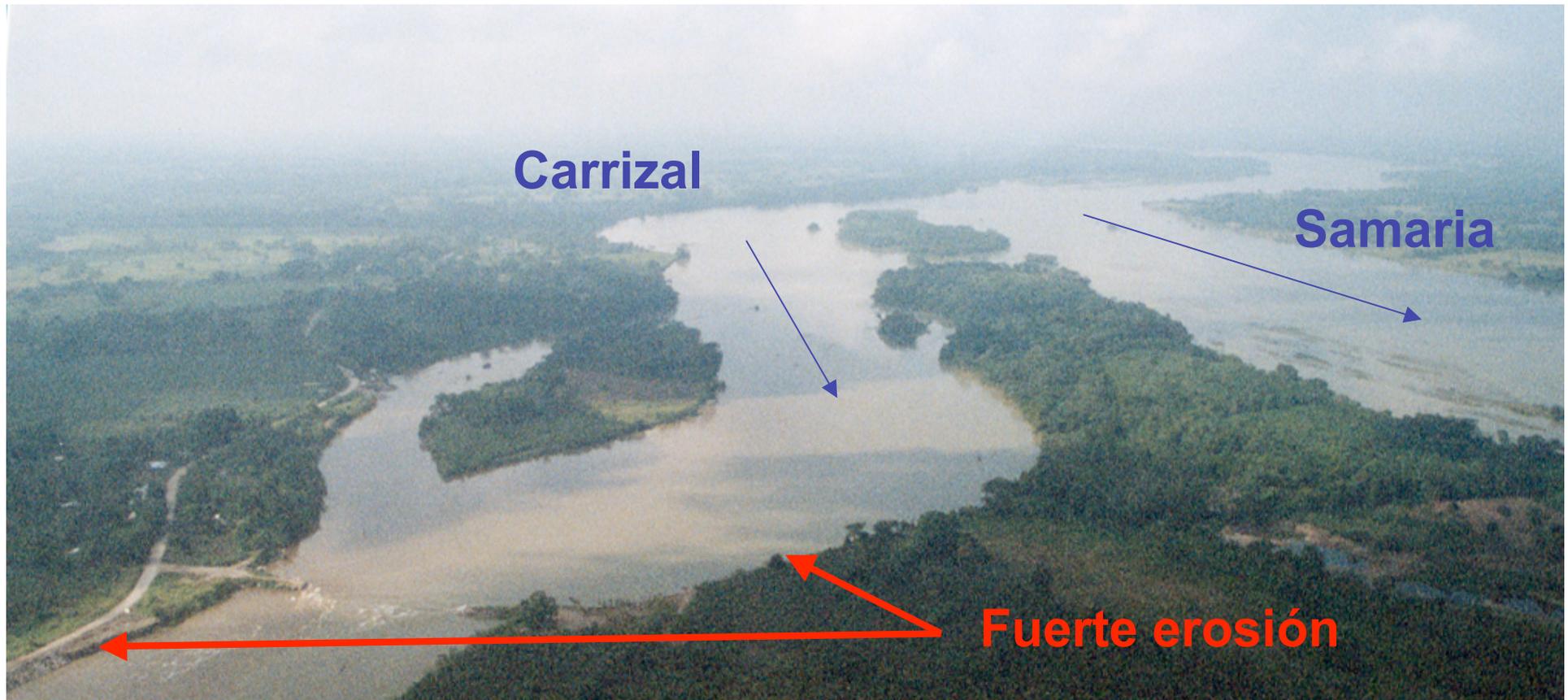
# US DHS-59 transporte por arrastre

## Manejo desde una lancha



# OBRA VERTEDERO

- Los estudios de la obra vertedero (por modelos matemáticos y físicos) no han bien contemplado el aspecto “sedimento”
- El vertedero ha inducido la formación de un amplio banco en el centro del lecho, aguas arriba de la obra
- Resultó un flaqueo con fuerte erosión de la margen izquierda lo que produjo aguas abajo de la obra una orientación de los flujos hacia la margen, con fuerte erosión



- El cauce del río Carrizal se ensanchara, con una subida del lecho
- Sin embargo, el lecho del río Samaria sube probablemente mas rápidamente

# OBRA VERTEDERO







# IMPACTO OBRA VERTEDERO

- A parte de las erosiones de márgenes, el déficit en sedimento puede causar aun mas degradación del cauce, con un riesgo de destrucción de puentes y otras estructuras fluviales (Comentario: existía una explotación muy importante del material del fondo en el río Carrizal)
- ... ó la destrucción de la obra misma durante una avenida, por profundización del cauce aguas abajo

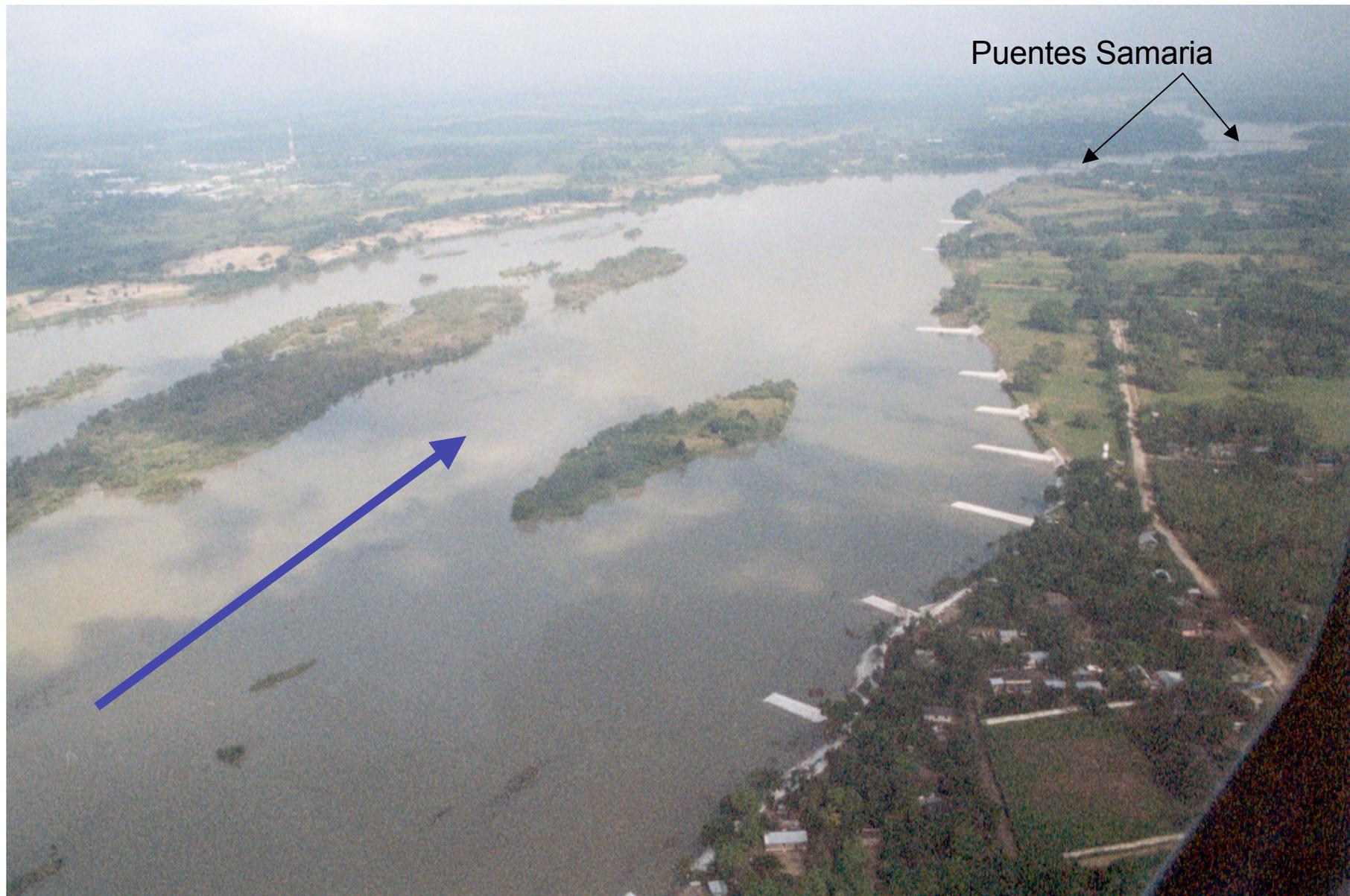
# IMPACTO PUENTES SAMARIA

- Los puentes Samaria continúan sus efectos de retención de los sedimentos, de agradación del cauce y de formación de bancos y canales
- Esta forma del lecho causará aun mas erosión de las márgenes, con siempre mas obras de protección

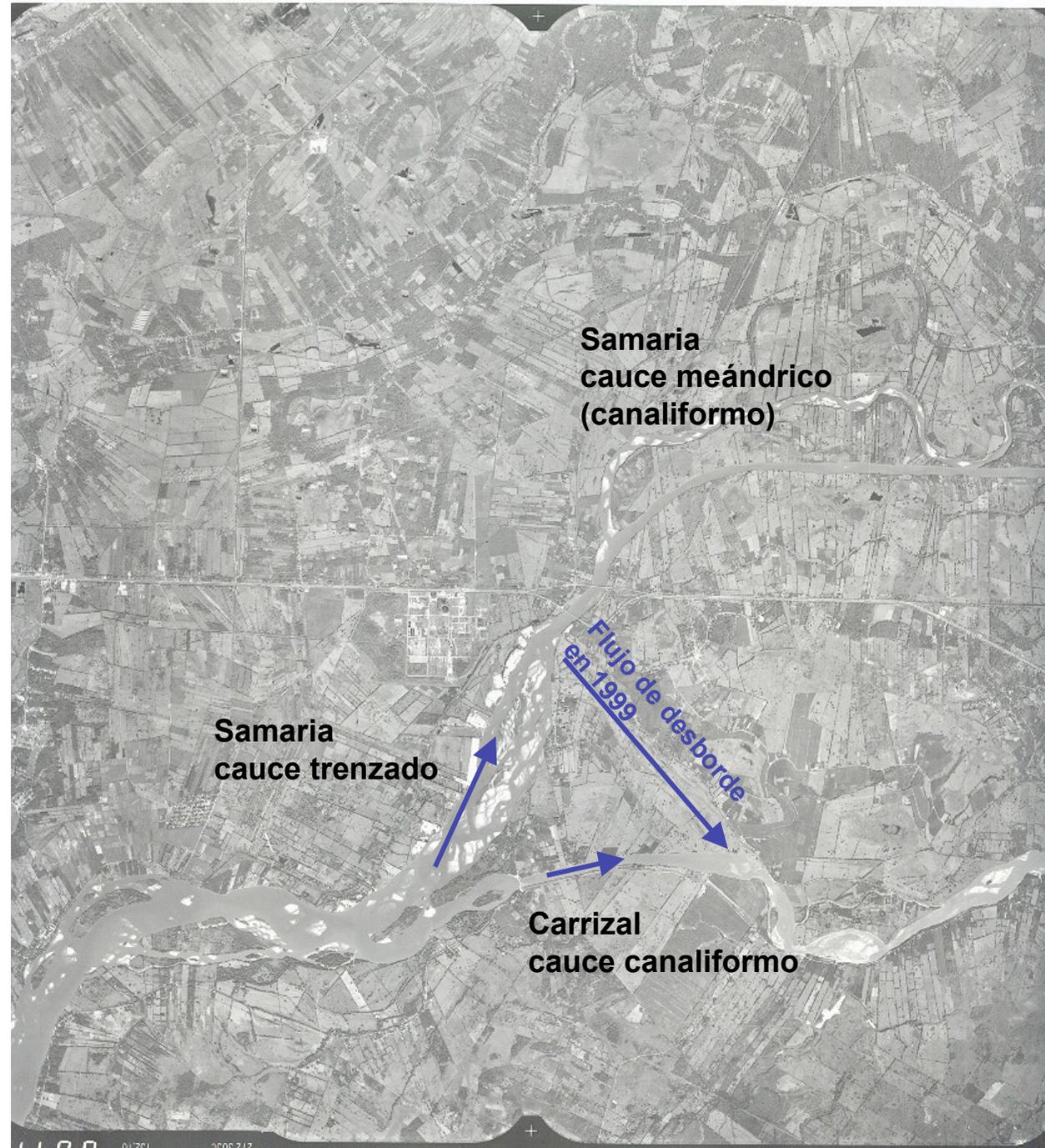
# IMPACTO PUENTES SAMARIA

- Una serie de espigones han sido construidas para proteger la margen derecha del río Samaria aguas arriba de los puentes. Sin embargo, estas obras de protección no tienen mucho efecto cuando el flujo ataca con una orientación oblicua.

# IMPACTO PUENTES SAMARIA



**2000**



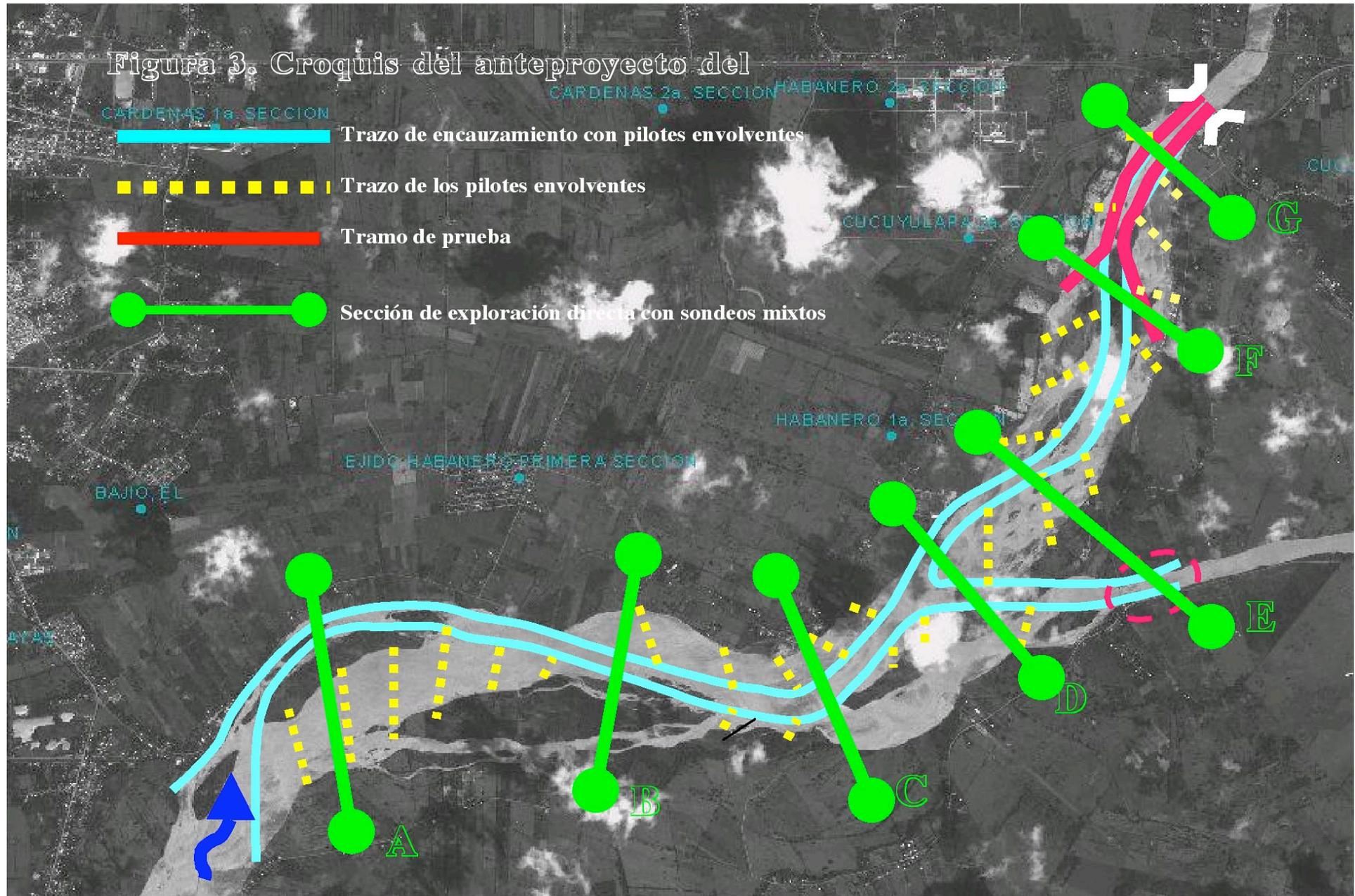
# ¿ SOLUCIONES ?

1. Evitar fluctuaciones rápidas del gasto líquido en Peñitas (nueva presa de compensación?)
2. Encauzar el río Samaria entre la bifurcación y los puentes Samaria (propuesta de un conjunto de tres tipos de obras):
  - Una obra guía con pilotes, malla y piedras
  - Una serie de espigones permeables, con pilotes y malla, y una envolvente a sus extremidades (retard structures)
  - Paneles de fondo para profundizar un canal (Eventualmente, por efecto de flujo helicoidal)

# ANTEPROYECTO DE ENCAUZAMIENTO



# ANTEPROYECTO DE ENCAUZAMIENTO



# RECOMENDACIONES

1. Perseguir un manejo integrado del sistema de ríos
2. Organizar la colecta de datos para mas bien comprender como funcionan los ríos
  - Comprar equipo, botes y herramienta adecuados para adquirir datos
  - Mediciones hidráulicas, topo-batimétricas y de sedimento (quitar el sueño de la automatización)
  - Probar las obras (son sistemas reversibles)

# RECOMENDACIONES

3. Establecer en la CNA brigadas especiales para problemas de ingeniería fluvial
4. Capacitar a profesionales Mexicanos en la fluviomorfología