



# Experiencias de recarga en el acuífero principal de la Comarca Lagunera

Carlos Gutiérrez Ojeda  
[cgutierrez@tlaloc.imta.mx](mailto:cgutierrez@tlaloc.imta.mx)

2as Jornadas Técnicas sobre la Recarga Artificial de Acuíferos y Reúso del Agua  
Torre de Ingeniería de la UNAM, 28 y 29 de Agosto 2013

# INTRODUCCIÓN

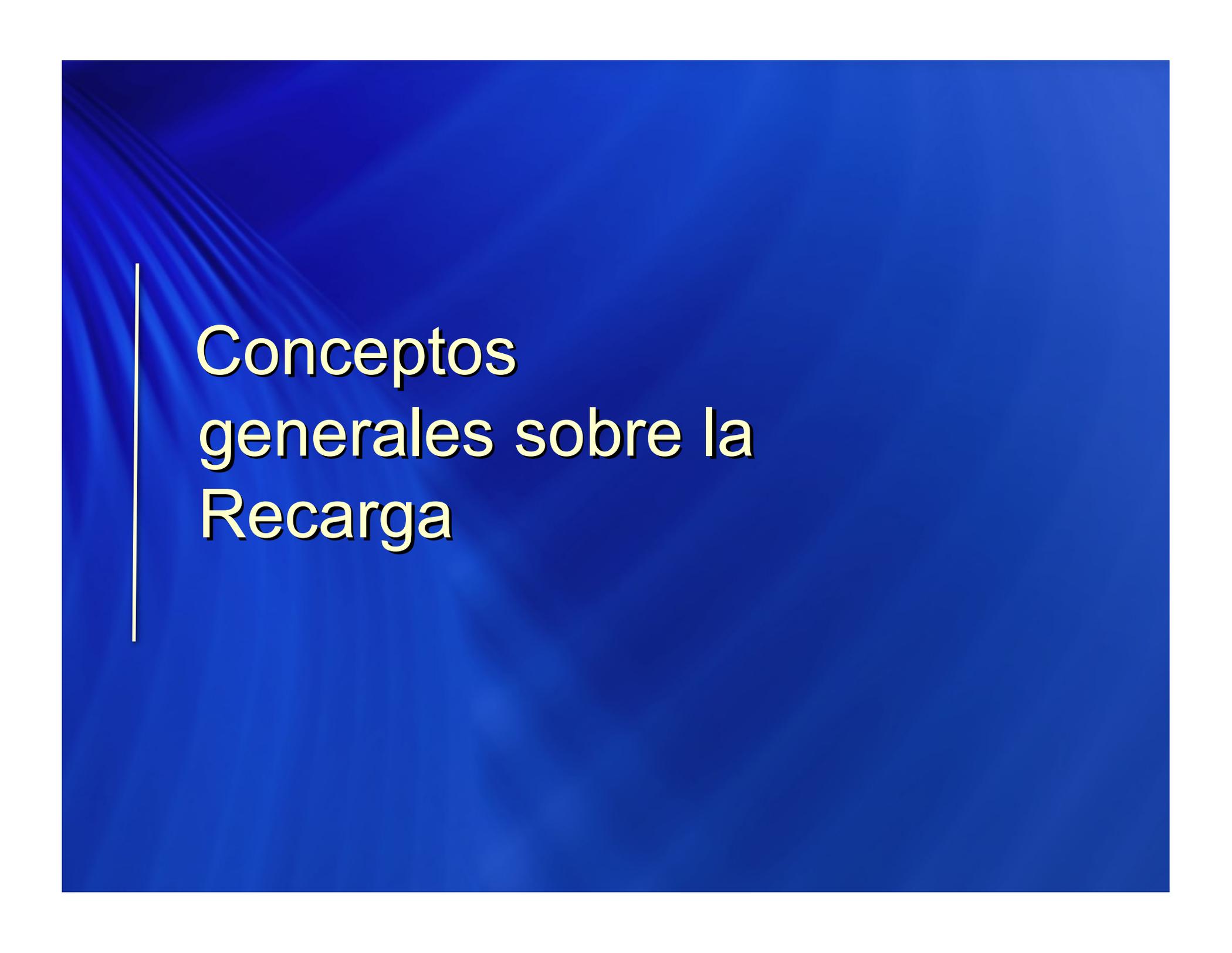
- Agua subterránea con elevadas concentraciones de arsénico se han reportado en la Comarca Lagunera desde 1962
- El agua proviene de un acuífero libre aluvial, el cual constituye la principal fuente de agua potable en la región
- El arsénico ha originado problemas de salud a gente y animales
- Estudio hidrogeoquímico y isotópico (IMTA, 1990):
  - Grandes áreas tienen  $As > 0.05$  mg/l
  - rango de 0.003 a 0.443 mg/l

# INTRODUCCIÓN

- Como una alternativa para el control de dicho avance se implementaron en los años de 1991 y 2000 para la Comisión Nacional del Agua, dos proyectos piloto de recarga artificial mediante embalses de infiltración construidos sobre el lecho del río Nazas.

# PRESENTACIÓN

- **CONCEPTOS GENERALES SOBRE LA RECARGA**
- **ANTECEDENTES DE LA COMARCA LAGUNERA**
- **OBJETIVO DEL TRABAJO**
- **PROYECTO PILOTO DEL AÑO 1991**
- **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

The background is a solid blue color with a subtle pattern of light rays or beams emanating from the top-left corner, creating a sense of depth and movement.

# Conceptos generales sobre la Recarga

## Actividades humanas que favorecen la recarga de los acuíferos

1. **No intencional** – como la infiltración profunda del agua de riego o las fugas de las tuberías de abastecimiento de agua potable y del drenaje.
2. **No controlada** – incluye a los pozos utilizados para el drenaje del agua de las tormentas, las filtraciones de los tanques sépticos, generalmente utilizados para la disposición de agua no requerida y generalmente sin tratamiento previo.
3. **Controlada** – a través de estructuras diseñadas exprofeso para recargar acuíferos como pozos de inyección, embalses de infiltración y galerías para introducir agua a los acuíferos proveniente de la lluvia, tormentas, agua residual tratada, ríos, o agua de otros acuíferos, agua que posteriormente es recuperada para todo tipo de usos.

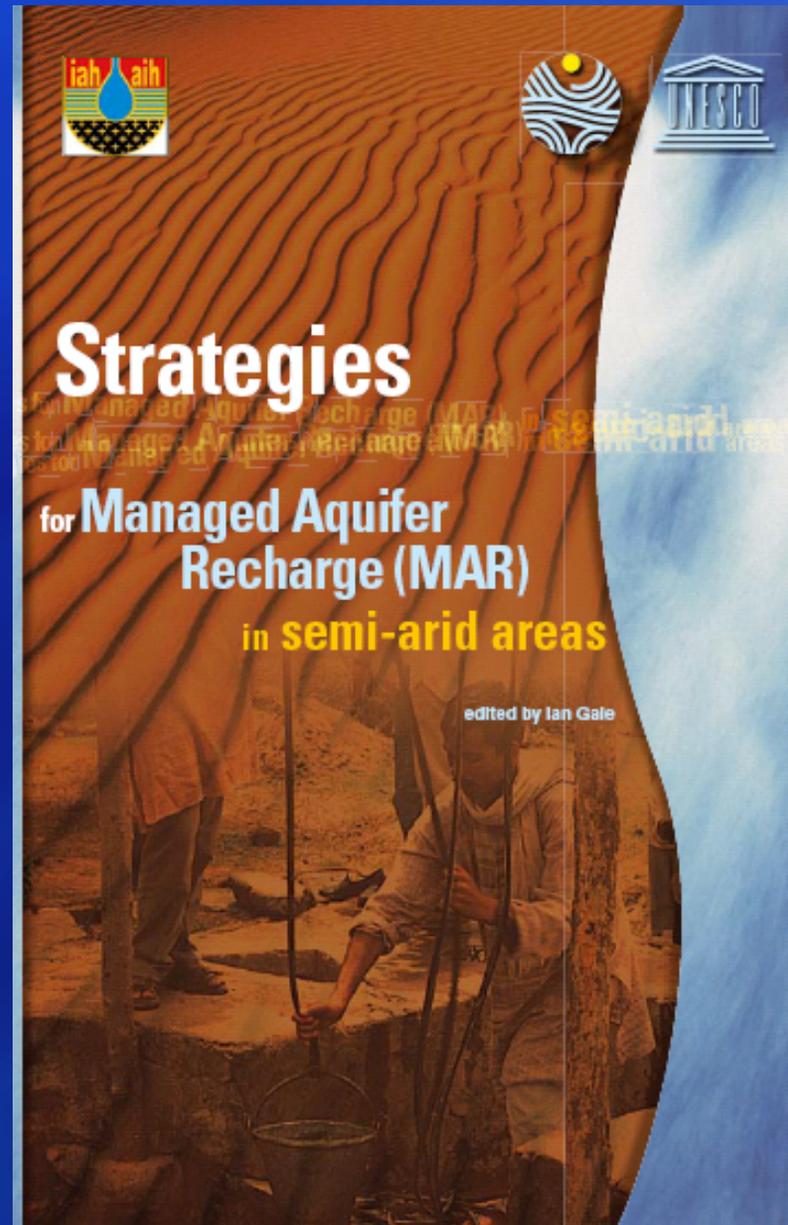
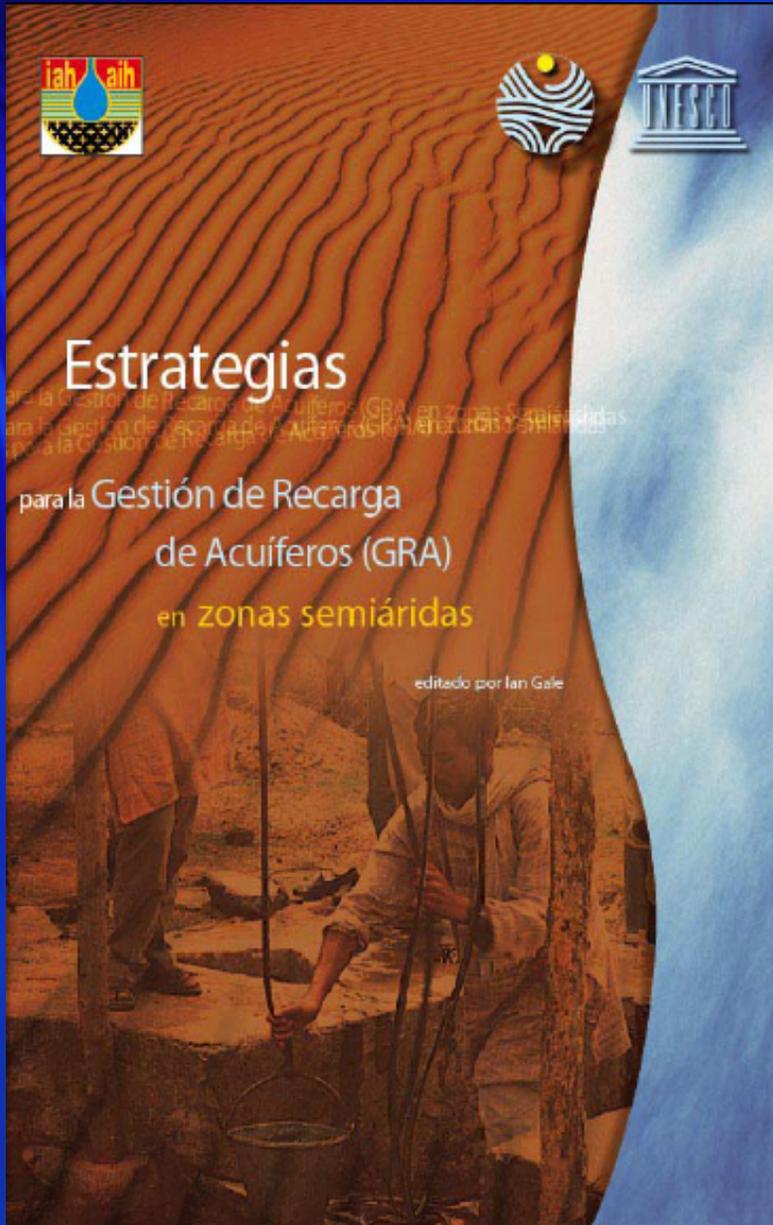
# Definición

La recarga artificial de un acuífero, también llamada Gestión de la Recarga de Acuíferos (GRA) o *Managed Aquifer Recharge* (MAR) es un método de gestión hídrica que permite introducir agua en los acuíferos.

El término “recarga artificial” también ha sido utilizado para describir estas técnicas, sin embargo la palabra “artificial” puede tener una connotación adversa en la sociedad.

# Clasificación de las MAR

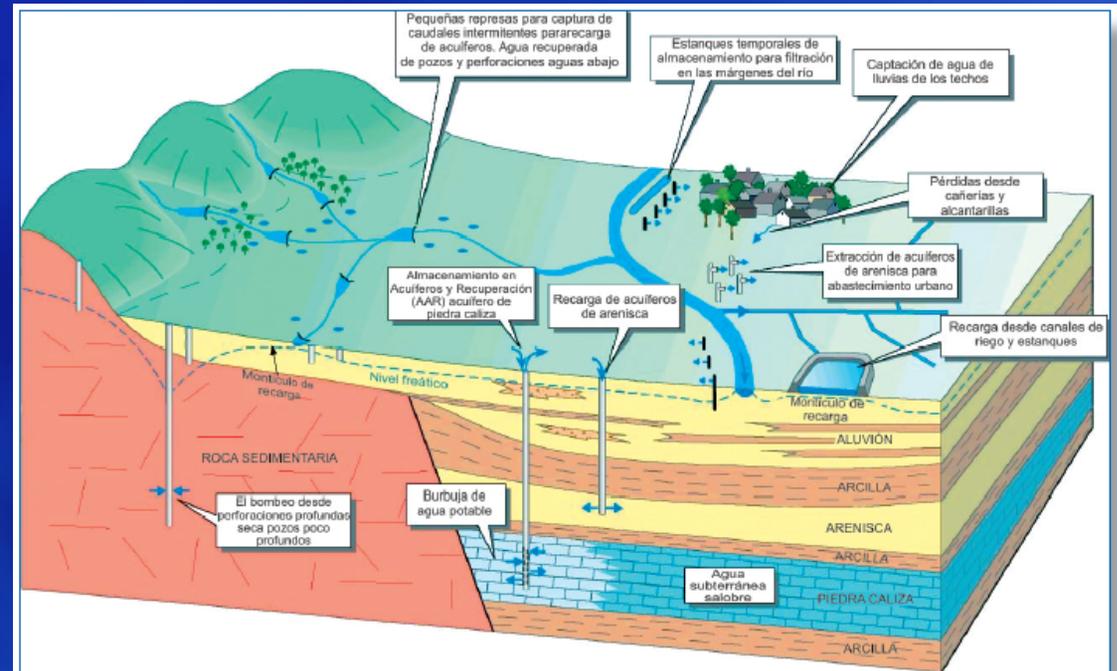
	Tecnología	Subtipo	
<b>TÉCNICAS PARA INFILTRAR AGUA</b>	<b>Distribución</b>	<b>Inundación controlada</b>	
		<b>Zanjas, surcos y drenajes de riego</b>	
		<b>Riego</b>	
		<b>Estanques y Balsas de Infiltración</b>	
	<b>Infiltración inducida</b>		
	<b>Pozos</b>	<b>Pozo de recarga profunda</b>	<b>ASTR</b>
<b>ASR</b>			
<b>Pozos de recarga someros</b>			
<b>TÉCNICAS PARA INTERCEPTAR AGUA</b>	<b>Modificación de los cauces de arroyos y ríos</b>	<b>Presas para la recarga de acuíferos</b>	
		<b>Presas sub-superficiales</b>	
		<b>Presas de almacenamiento de arena</b>	
		<b>Técnicas de ampliación de los cauces</b>	
		<b>Barreras que sobresalen de la superficie de la tierra</b>	
	<b>Captación de agua de lluvia</b>	<b>Zanjas de infiltración, surcos y tinas ciegas</b>	



Gale I. 2005. Strategies for Managed Aquifer Recharge (MAR) in semi-arid areas. IAH - MAR, UNESCO IHP. Paris, France

# CONTENIDO

- Definición
- Objetivos
- Fuentes de agua
- Caracterización de los sitios
- Implicaciones de la calidad del agua
- Beneficios
- Problemas
- Clasificación
  - Métodos de distribución
  - Infiltración inducida
  - Pozos
  - Modificación de los cauces de los arrollos
  - Captación de agua de lluvia



The background is a solid blue color with a subtle pattern of light rays emanating from the top-left corner, creating a sense of depth and movement.

# Antecedentes de la Comarca Lagunera

## Localización de la Región Lagunera

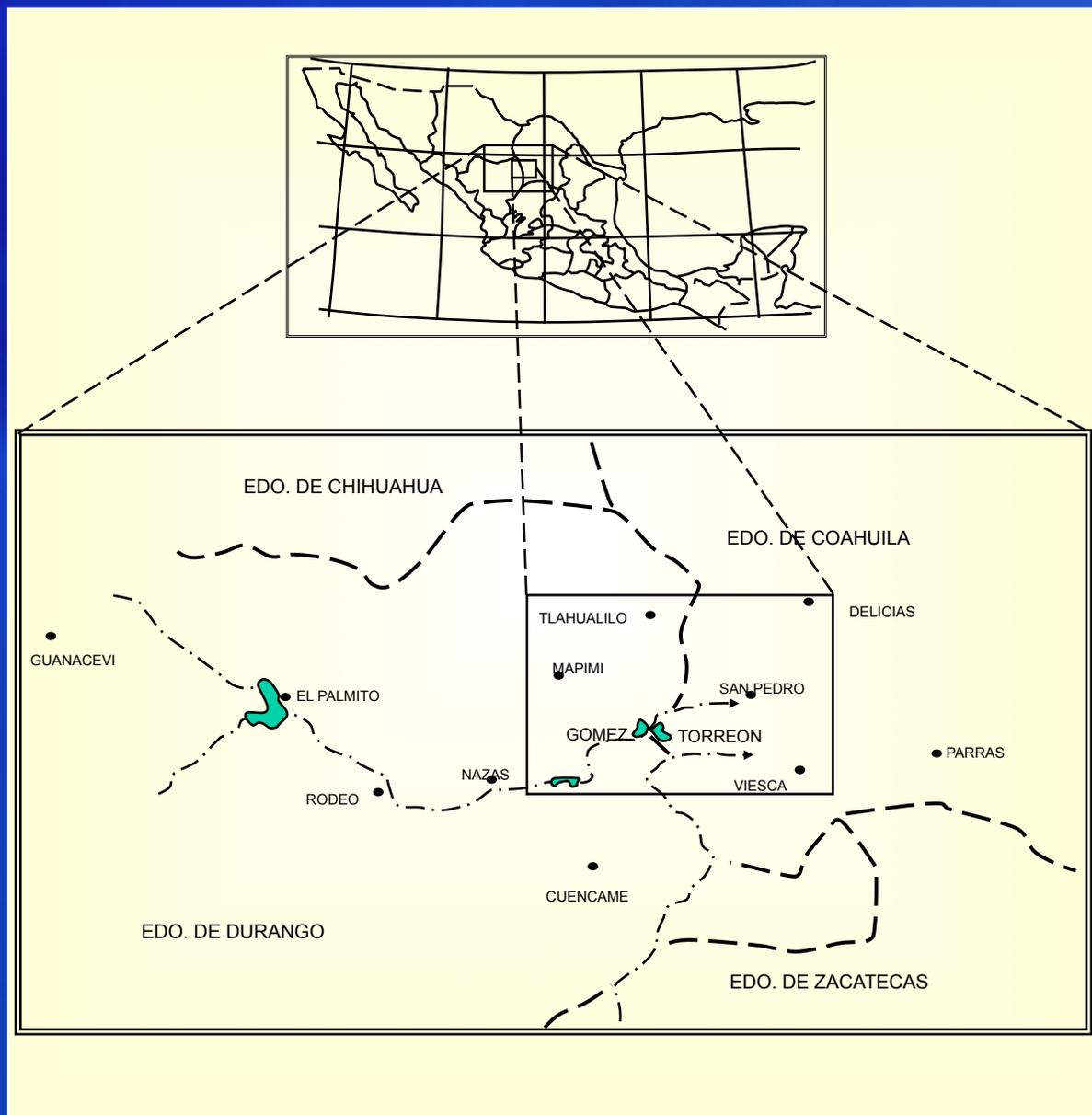
- Situada en una gran cuenca cerrada en la parte central del norte de México
- Cubre 12,000 km<sup>2</sup> de los estados de Coah., Dgo y Zac.
- 90,000 ha se riegan cada año con agua superficial y subterránea
- Principales ciudades: Torreón, Gomez Palacio y Lerdo (2 millones de habitantes)
- Clima típico de las regiones áridas del norte del país:

Muy seco

Temperatura 25°C/año

Precipitación: 220 mm/año

Evaporación: 2,400 mm/año



# Región Hidrológica # 36 "Nazas-Aguanaval"

## Agua superficial

- Ríos Nazas y Aguanaval

- Nazas

- Cubre 63% de toda la cuenca
- Principal fuente de agua superficial
- Regulado por:
  - Palmito o Fco Zarco (1968) 235 Mm<sup>3</sup>
  - L. Cárdenas (1946) 2,777 Mm<sup>3</sup>
  - Alrededor de 600 – 830 Mm<sup>3</sup> se Usan cada año para riego  
Distribuidas por Rio Nazas - Canal Sacramento

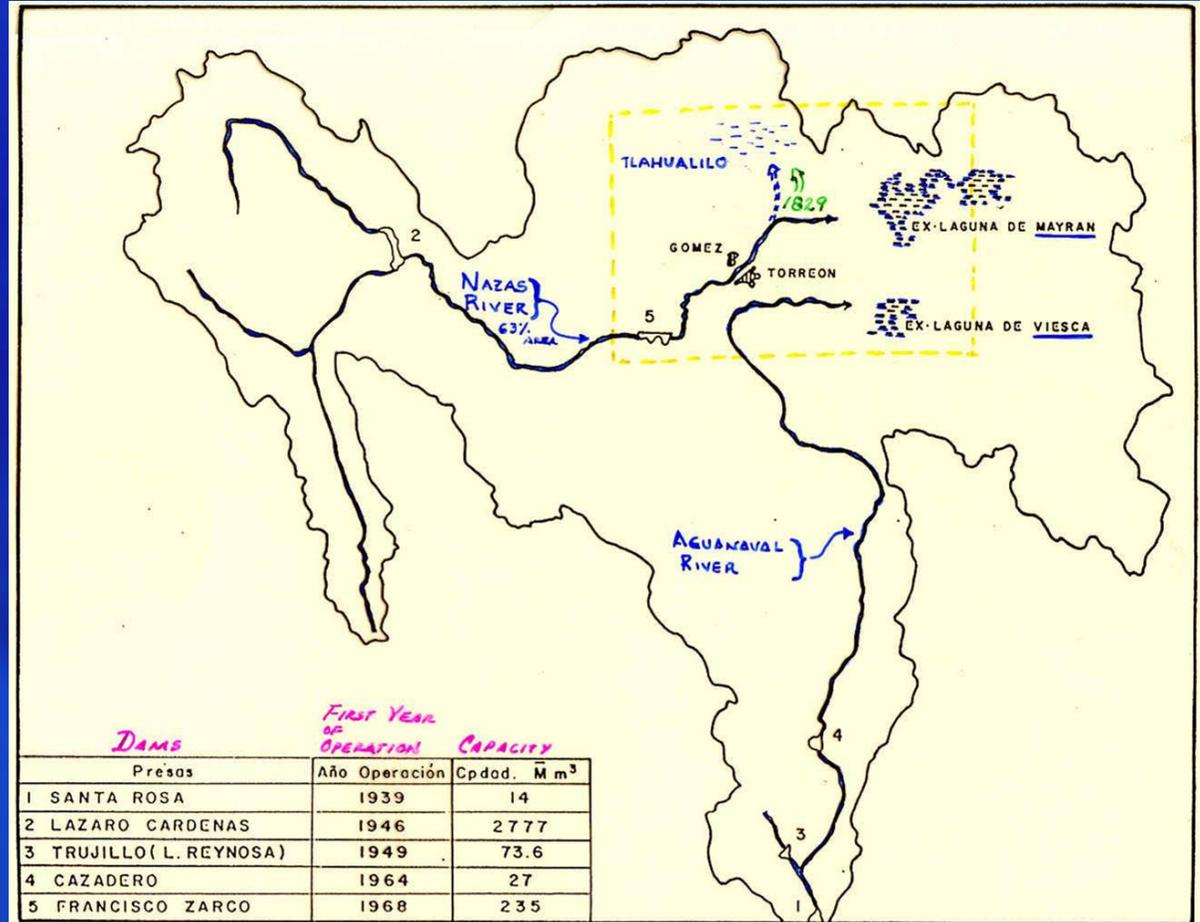


Figure 3.1.- Hydrologic Region # 36 "Nazas-Aguanaval".  
(after IMTA, 1990)

*NAZAS R.*  
 • 63% of AREA  
 • used for agriculture  
 • distributed by lined canals

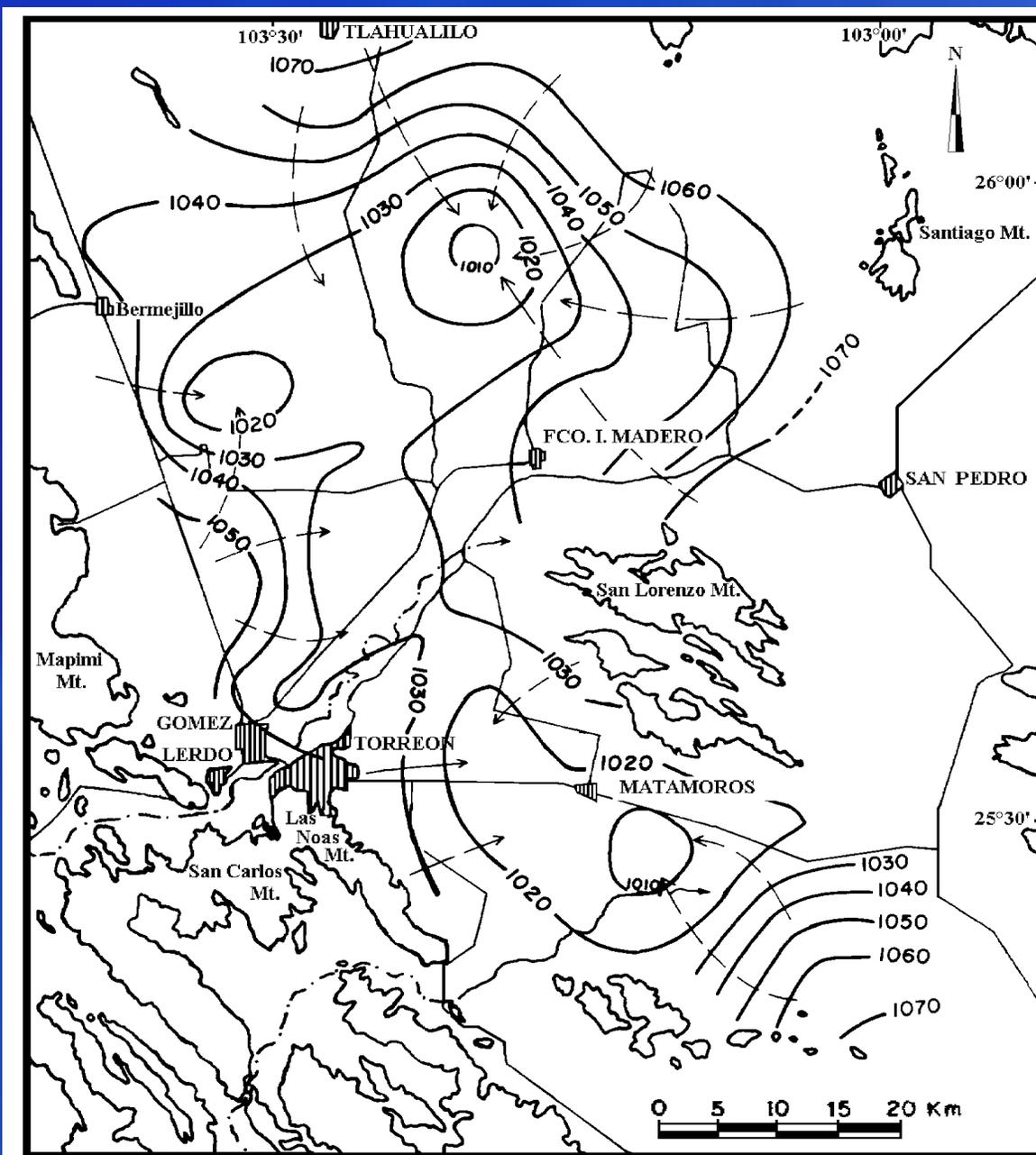
*MAYRAN h.*  
 •  $\phi = 150 \text{ Km}$   
 • water was evaporated (mainly)  
 • lagoon disappearance



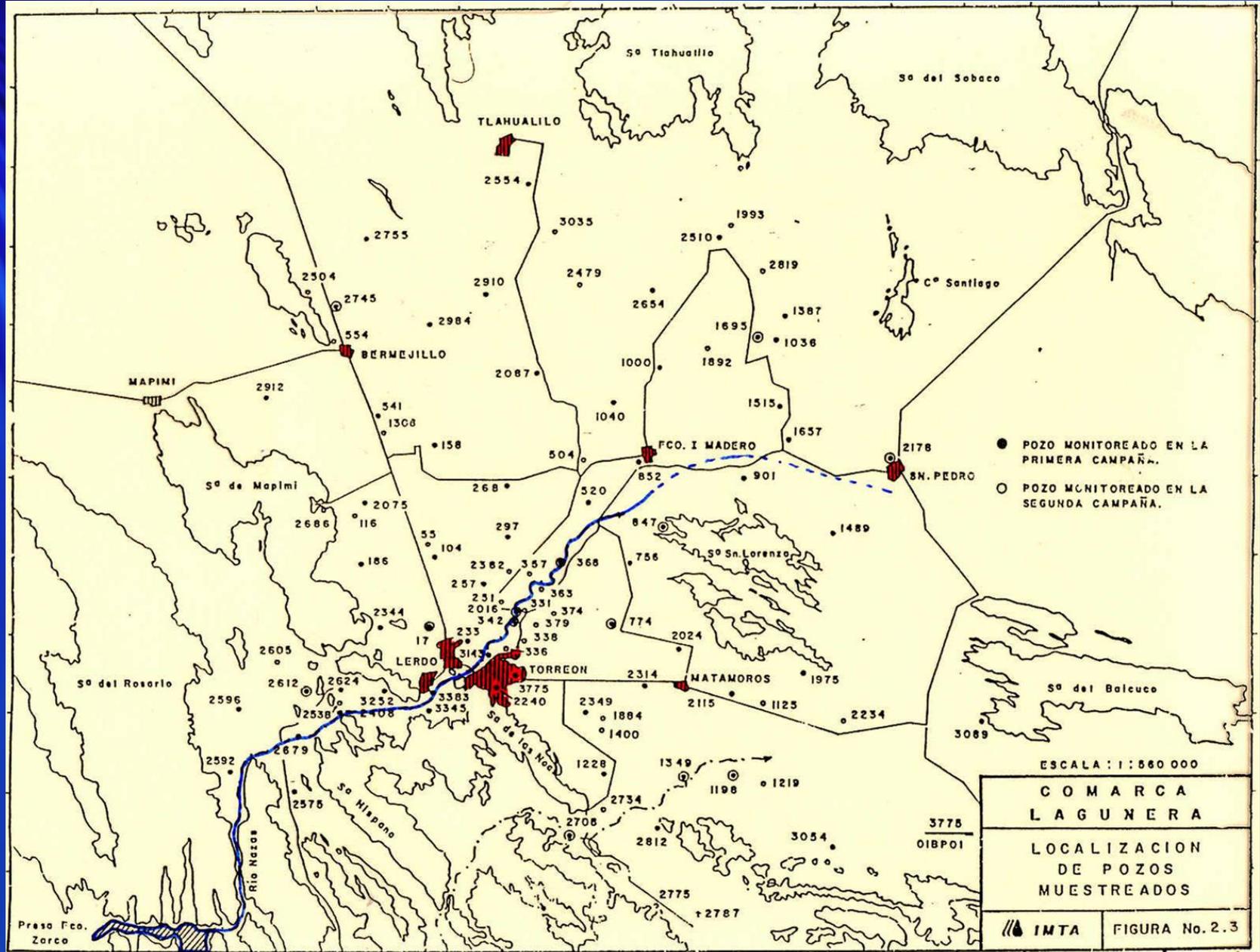
# Elevación del nivel freático en 1991, en msnm.

## Agua subterránea (acuífero):

- La sobreexplotación del acuífero ha causado:
  - Abatimientos de más de 100 m en menos de 50 años
  - Migración de agua con elevadas concentraciones de As.
- 1986: extracción tres veces más grande que la recarga
  - Extracción 1000 Mm<sup>3</sup>/año por más de 4,800 pozos
  - Recarga 300 Mm<sup>3</sup>/año
- Dirección general del flujo: de los bordes a la parte central de la región.



# Ubicación de pozos muestreados en 1990.

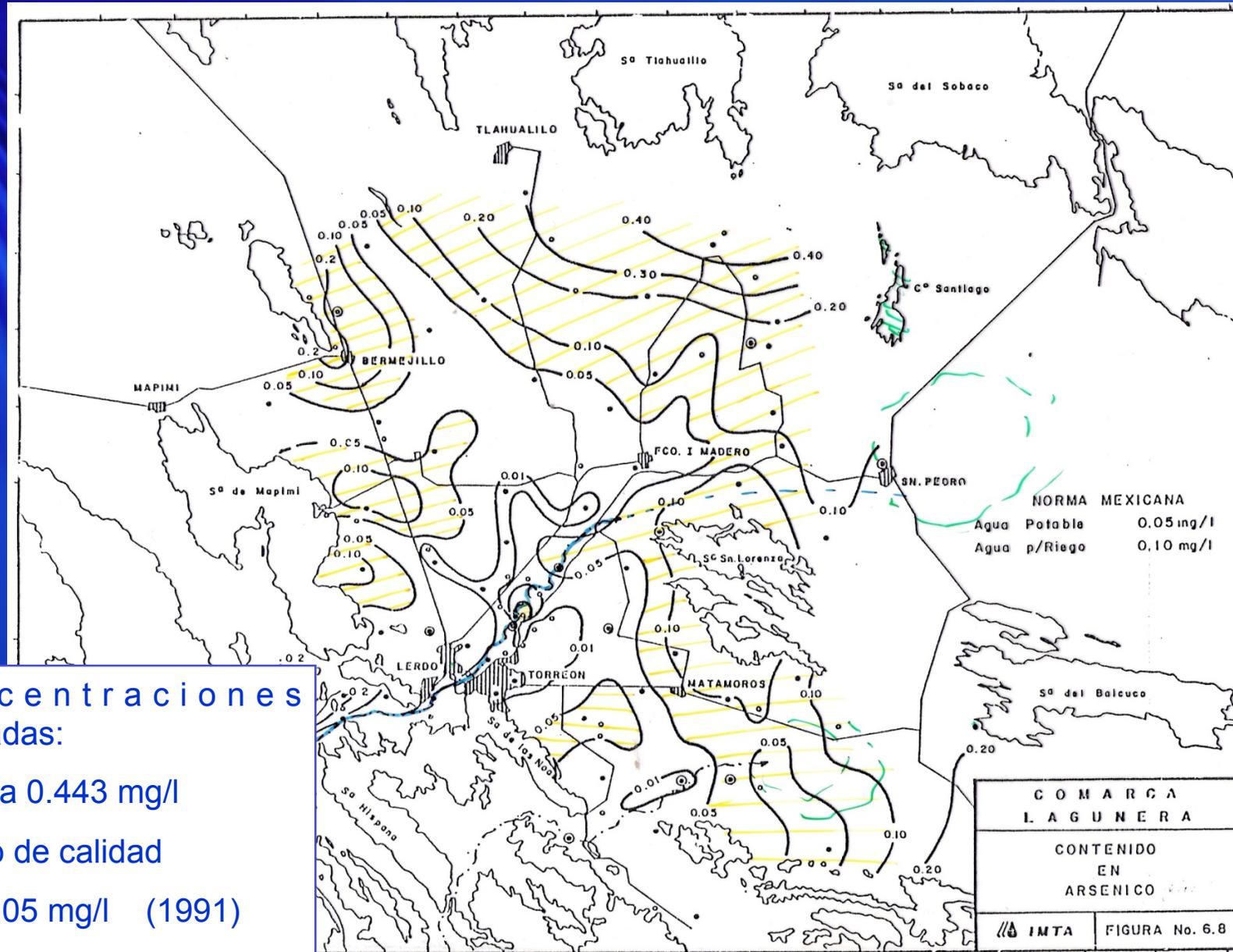


## Resumen de los análisis físico-químicos

Parámetro	Min.	Media	Max.	DS	Límite
T (°C)	22		42		
pH	6.91	7.54	8.50	0.37	
Conductividad (µS/sec)	299	1,663	15,650	2,004	
STD (mg/l)	205	1,274	14,210	1,836	500
Dureza (mg/l)	14.46	485.63	2,281.55	545.92	120
Alcalinidad CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	38.00	129.20	316.00	46.48	600
Cl (mg/l)	4.30	72.00	709.74	106.15	250
SO <sub>4</sub> (mg/l)	29.37	674.55	7,384.81	1,043.87	250
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	46.40	157.02	385.60	55.48	50-350
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0.50	50.82	508.93	80.34	10
Na (mg/l)	19.90	219.61	3,972.00	455.01	100
K (mg/l)	1.15	5.77	16.54	3.56	100
Ca (mg/l)	3.73	142.85	633.26	157.01	100
Mg (mg/l)	0.28	31.25	196.87	42.93	30-40
F (mg/l)	0.07	2.48	6.97	1.41	1.5
B (mg/l)	0.11	0.67	6.01	0.81	5
Li (mg/l)	0.02	0.10	0.34	0.07	0.05
Fe (mg/l)	0.04	0.15	3.72	0.47	0.30
Pb (mg/l)	< 0.20	0.20	0.20	0.00	0.05
Mo (mg/l)	< 0.20	0.20	0.20	0.00	0.05
Hg (mg/l)	0.00	0.01	0.15	0.03	0.002
As (mg/l)	0.00243	0.07497	0.44300	0.10044	0.05

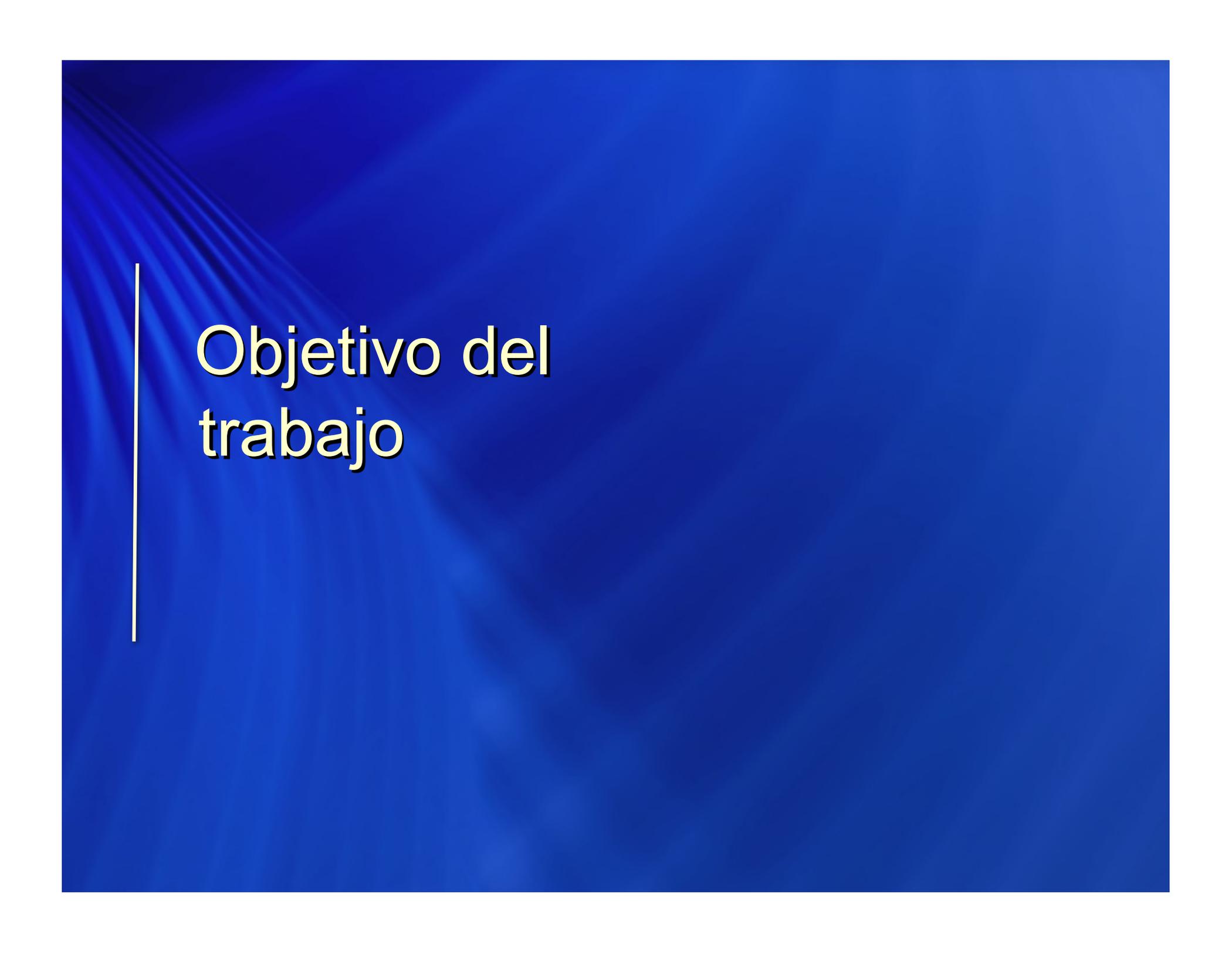
Nota: Concentraciones por arriba del límite establecido

# Niveles de arsénico en 1990, en mg/l



- Concentraciones reportadas:  
0.003 a 0.443 mg/l
- Criterio de calidad  
As < 0.05 mg/l (1991)  
As < 0.025 mg/l (2006)

Como detener el avance del frente del arsénico?



# Objetivo del trabajo

**Recargar artificialmente el acuífero principal de la Comarca Lagunera con agua de la Presa Francisco Zarco mediante embalses con el propósito de recuperar los niveles del agua subterránea, preservando además la calidad del recurso subterráneo.**

Proyecto piloto

del año 1991

# ACTIVIDADES

## 1. Selección del sitio

Cauce del río Nazas: Vecindad del poblado Bella Unión

## 2. Caracterización

### Sitio

Pruebas de infiltración (3)

Piezometría: antes, durante y después del experimento

### Agua

Análisis físico – químicos del agua por infiltrar y subterránea

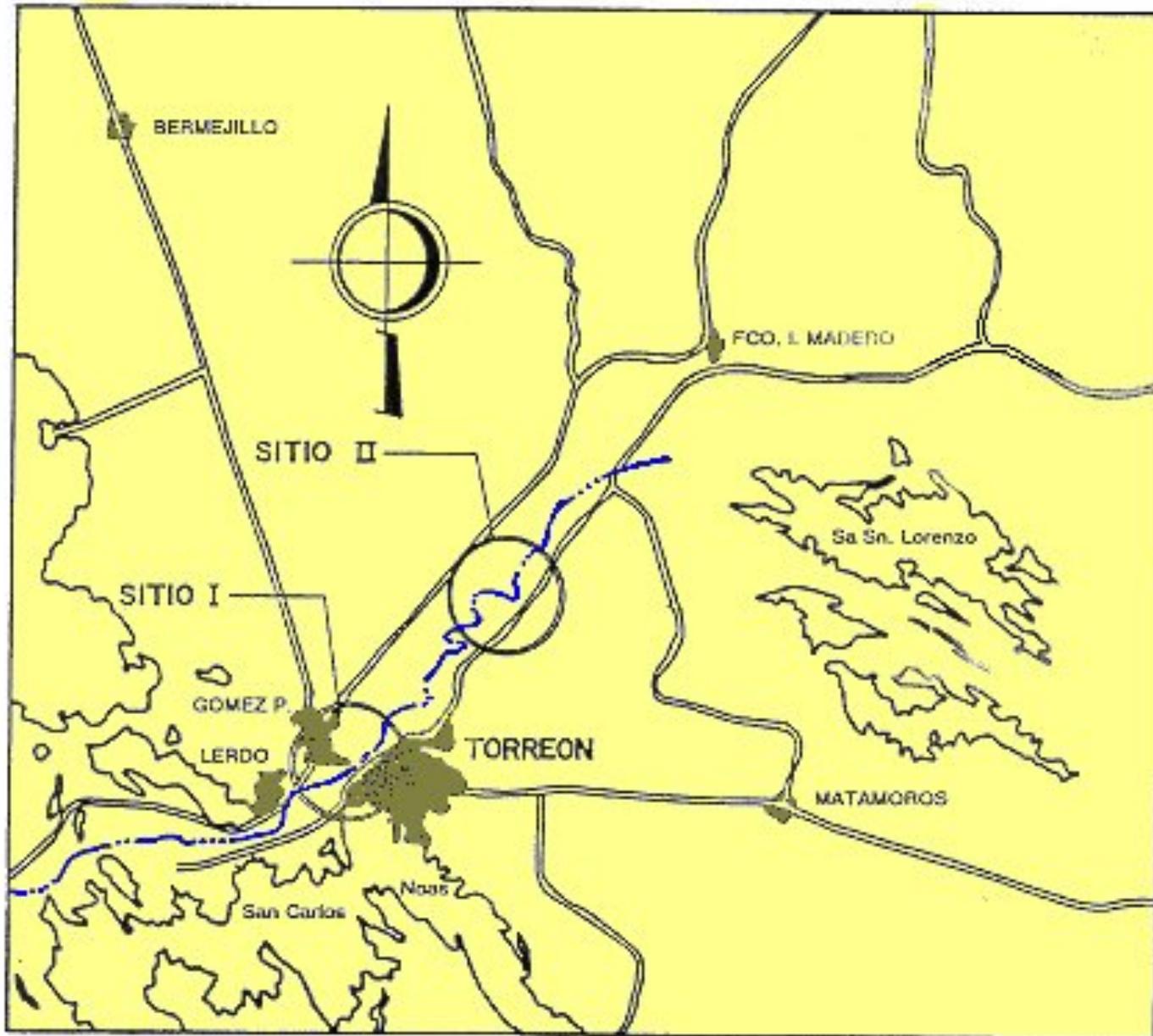
## 3. Sitio del experimento

Rehabilitación del desfogue 11+420 del canal Sacramento

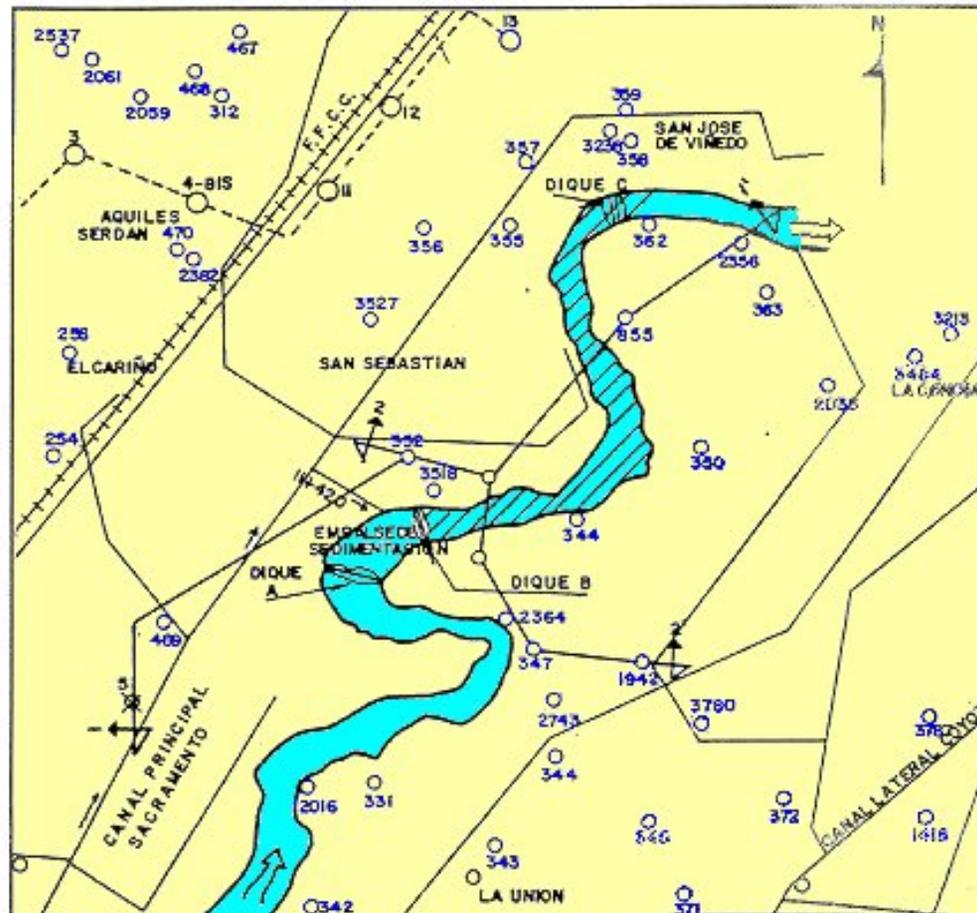
Levantamiento topográfico

Construcción de bordos de sección homogénea

Determinación de las curvas de elevación – área - vol. almacenado

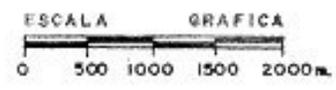


La Laguna, Croquis de localización



**LEYENDA**

- POZO
- ⊗ P-5 PRUEBA DE INYECCION
- ▨ EMBALSE DE INFILTRACION
- ↕ SECCION TRANSVERSAL
- TRAYECTORIA DEL AGUA
- CARRETERA
- + + + + FERROCARRIL



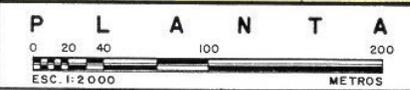
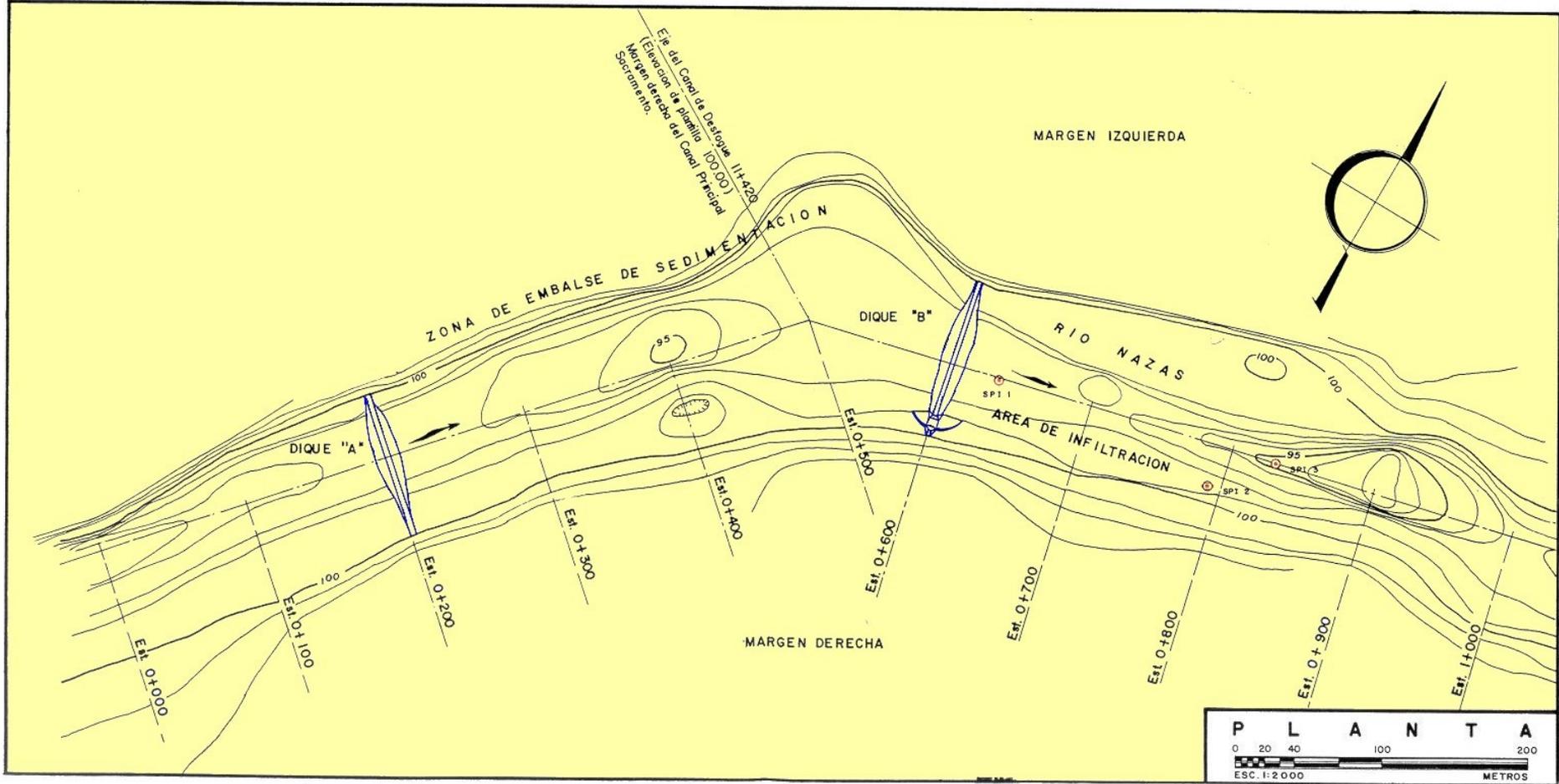


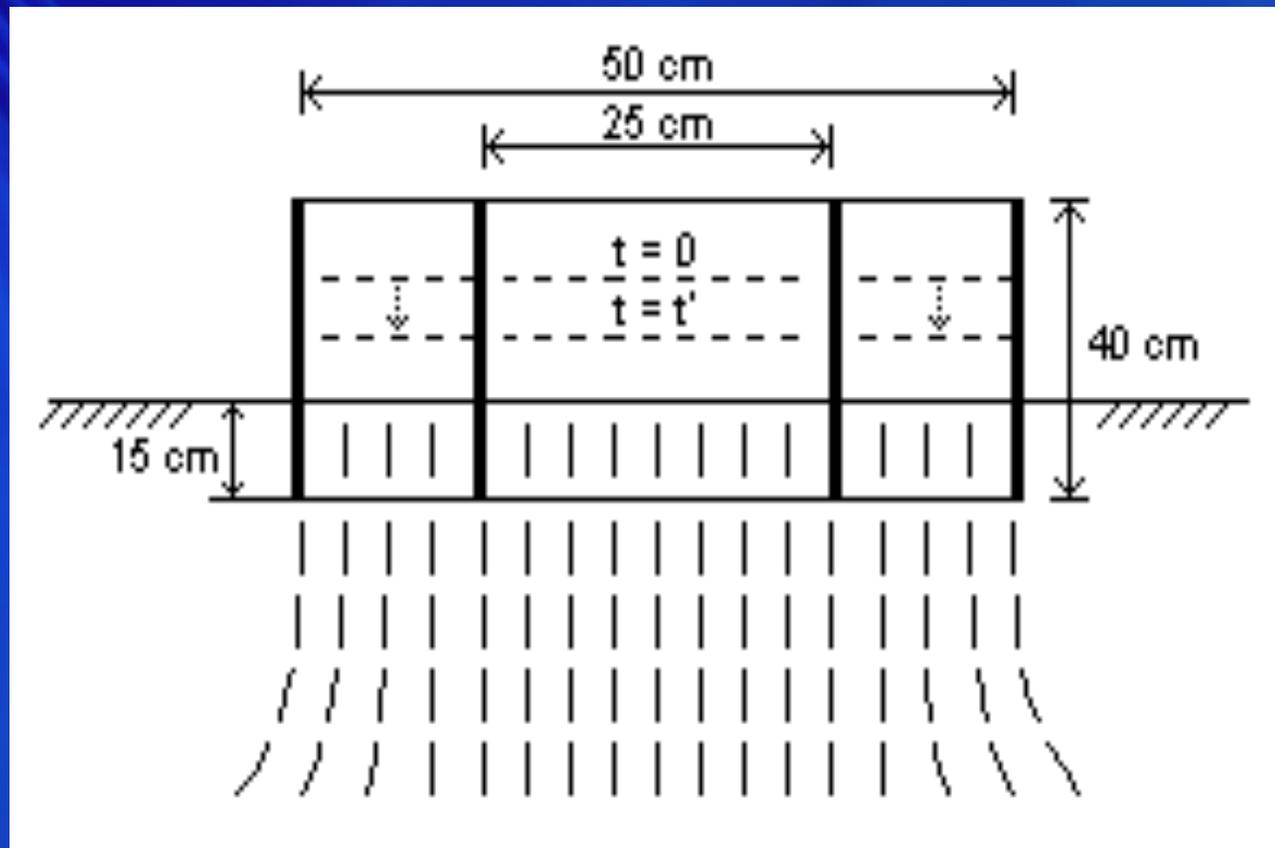






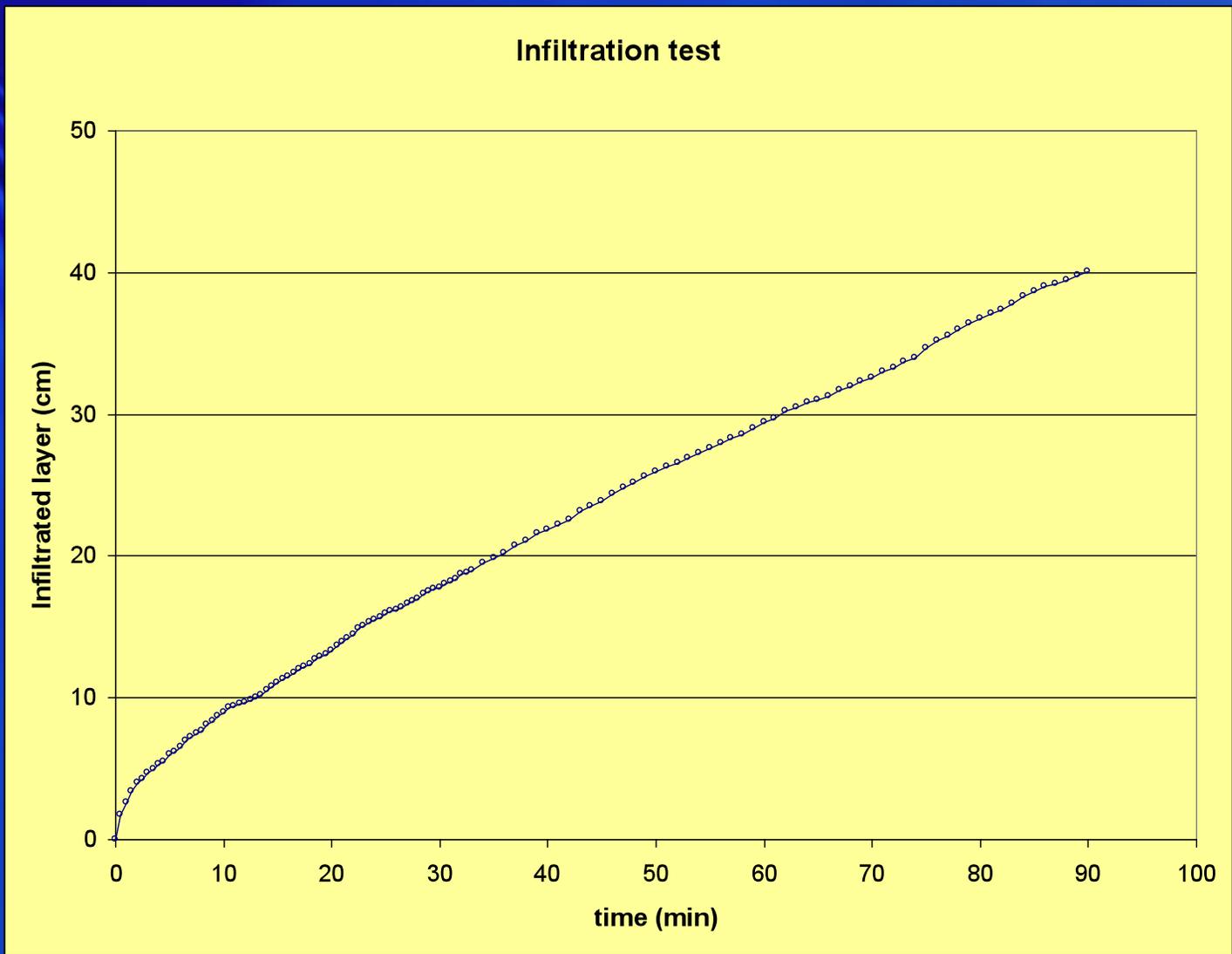




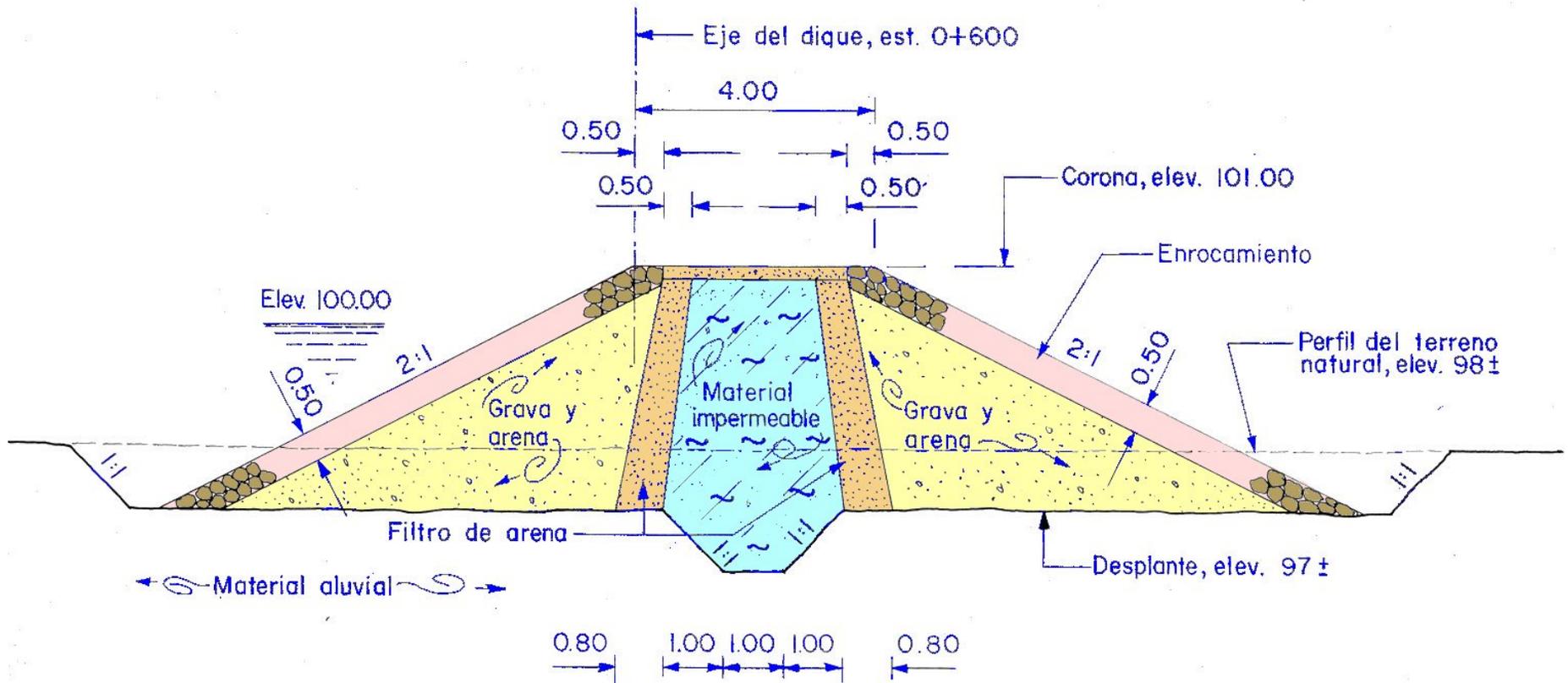


Infiltrómetros de doble anillo





Prueba de infiltración No. 1







# EXPERIMENTO

## *Primera etapa*

Inicio:

14:00 hrs del 22 julio 1991

Gasto de 1.2 a 2.0 m<sup>3</sup>/s

Fin:

20:00 hrs del 24 de julio de 1991

Falla de la estructura vertedora

## *Segunda etapa*

Inicio:

10:00 hrs del 29 julio 1991

Gasto de 1 a 4 m<sup>3</sup>/s

Fin:

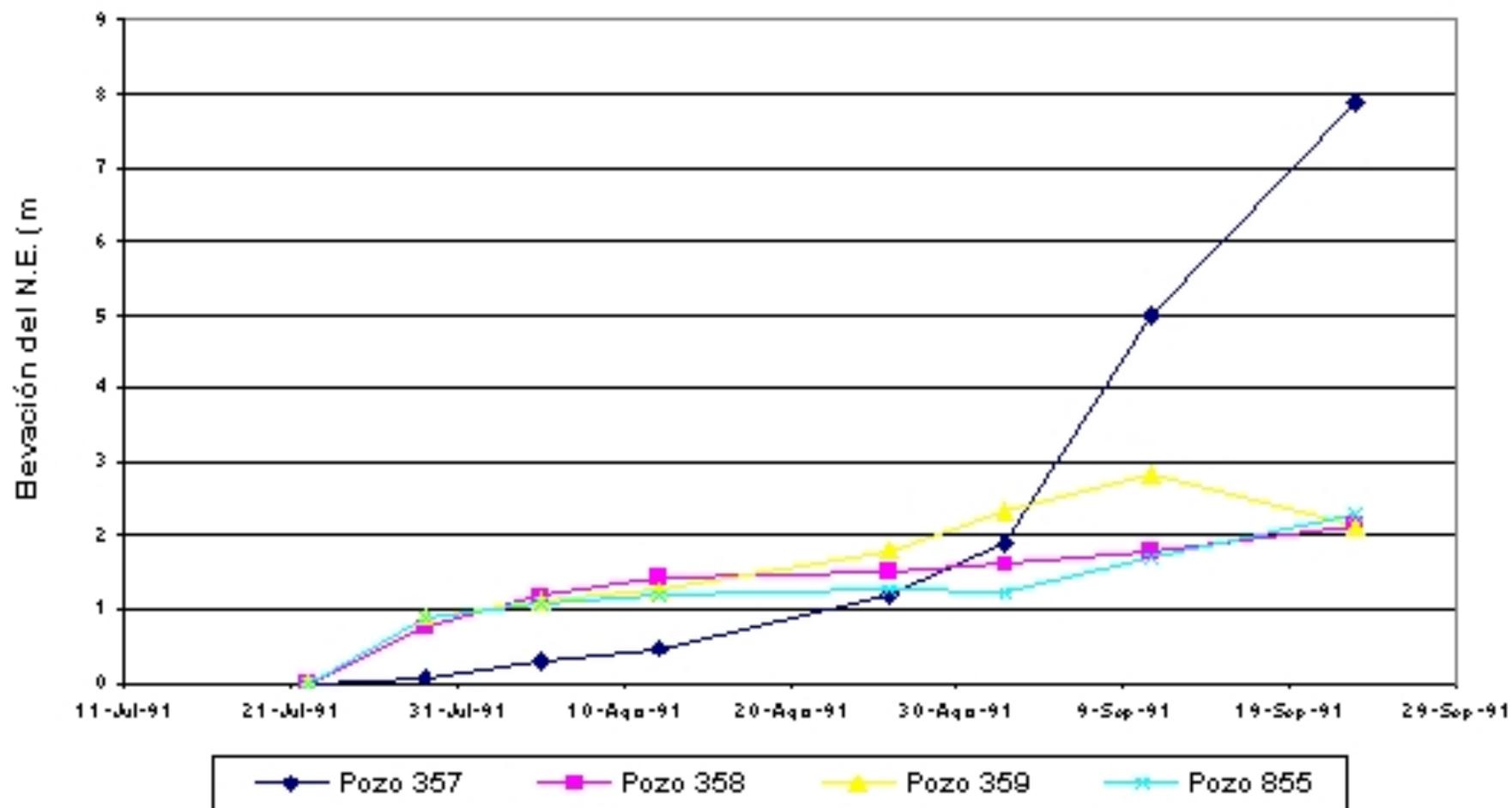
15:10 hrs del 11 de agosto de 1991

Descargas de la presa el Palmito

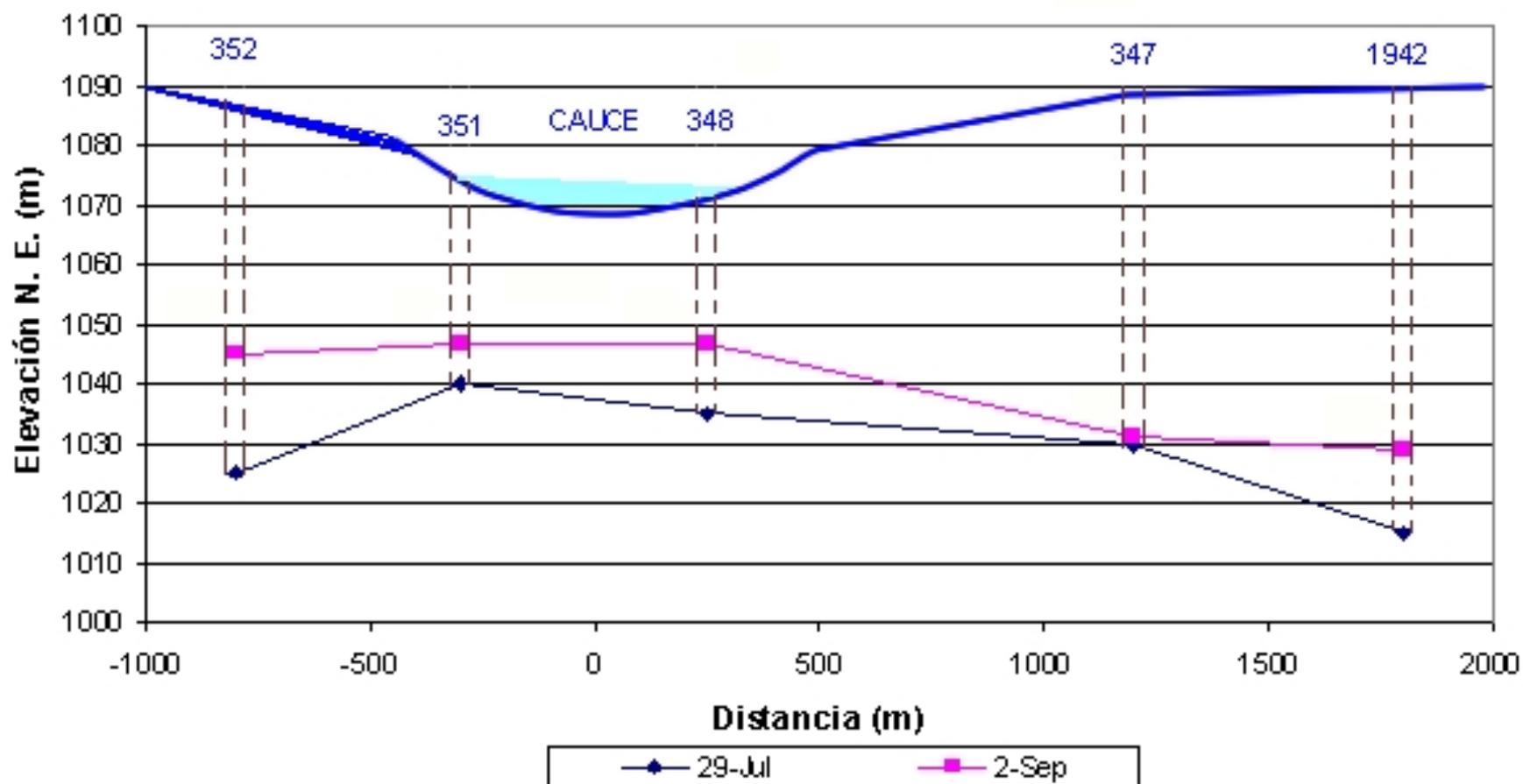
## Recuperación de Niveles Estáticos (m)

No. pozo	Periodo		
	22/jul – 29/jul	22/jul – 05/ago	22/jul – 12/ago
5			
251			
343			
344			
347			
348			
349	1.66		
351	0.86	1.70	2.44
352	0.71	9.64	
353			
357	0.06	0.28	0.48
358	0.77	2.85	1.42
359	0.90	1.10	1.26
855	0.89	0.93	1.20
1631			
1632			
1942			
2016			
2035			
2356			
3518			

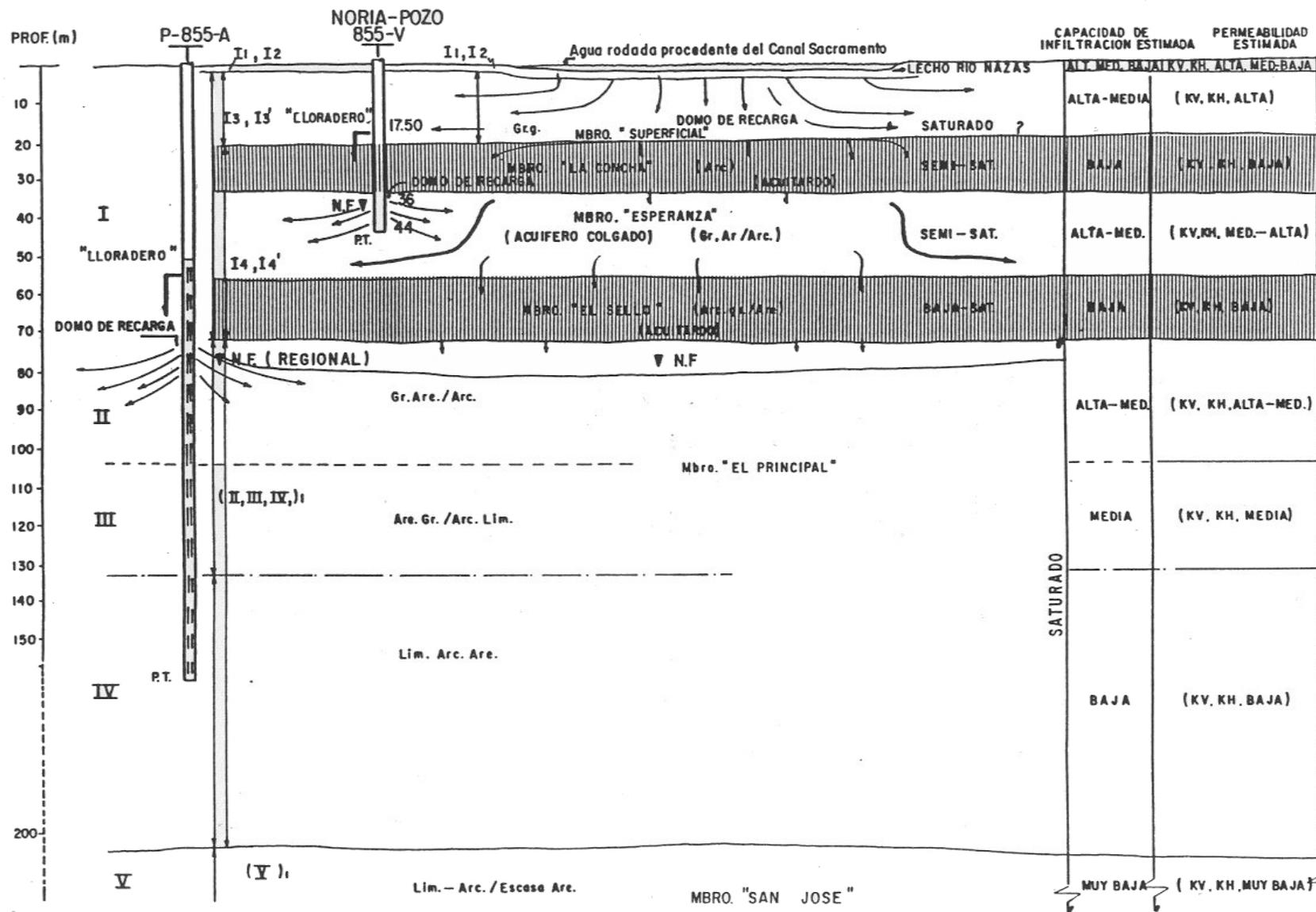
### Proyecto de Recarga 1991



## Proyecto de Recarga 1991



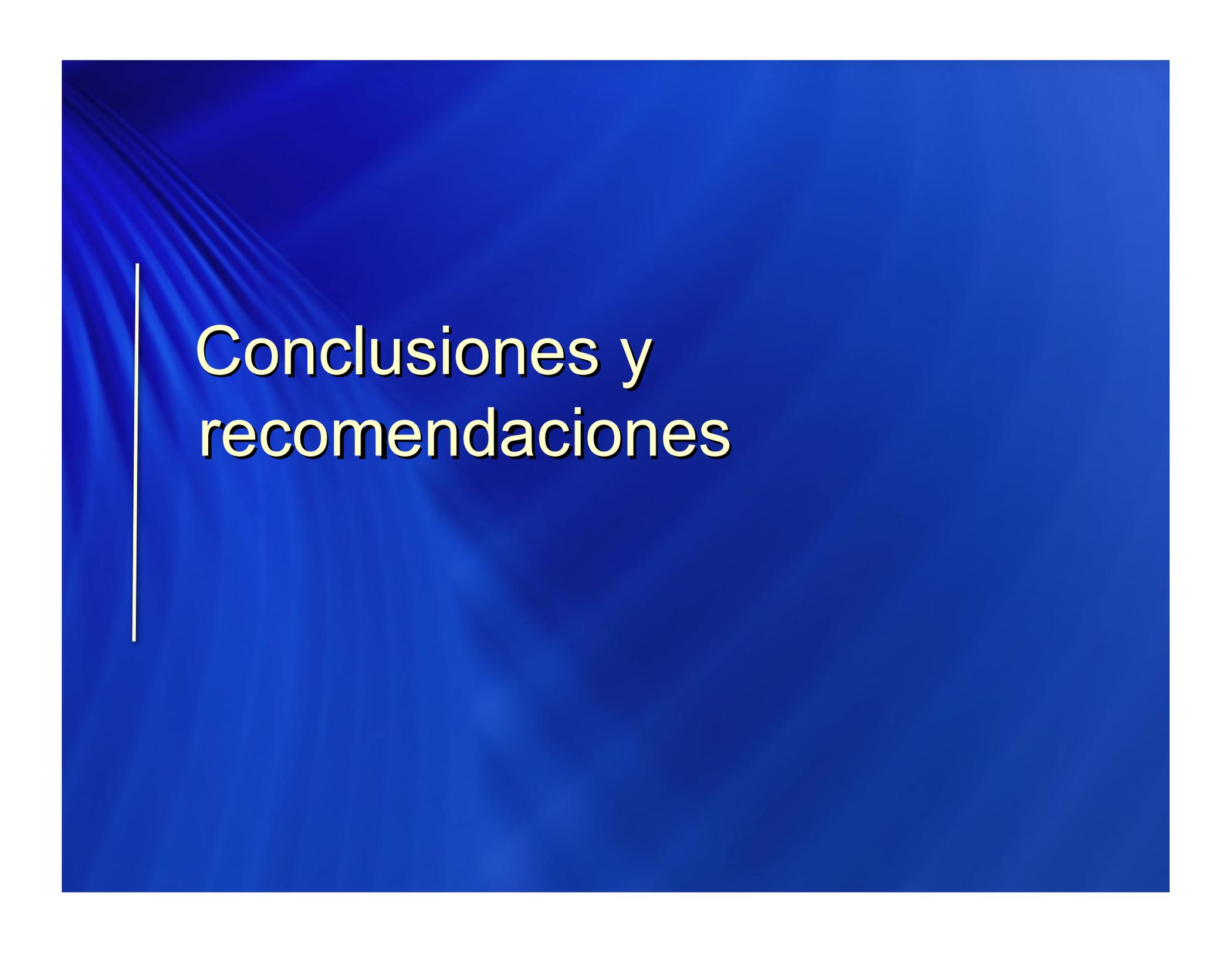
## ESQUEMA DEL POSIBLE FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE LA RECARGA ARTIFICIAL



NOTA: KV Y KH, PERMEABILIDAD VERTICAL Y HORIZONTAL

# RESULTADOS

- Tiempo: 18 días
- Volumen extraído del canal Sacramento: 3.4 Mm<sup>3</sup>
- Ascenso de los niveles piezométricos de los pozos ubicados en la vecindad de los poblados Bella Unión y La Conchita Roja.

The background is a solid blue color with a subtle pattern of light rays or beams emanating from the top-left corner, creating a sense of depth and movement.

# Conclusiones y recomendaciones

- La recarga artificial vía embalses de infiltración es viable técnicamente para el sistema acuífero de la Comarca Lagunera
- Los sitios seleccionados son adecuados, ya que tienen características hidrogeológicas apropiadas, áreas libres y cuentan con la infraestructura necesaria para el manejo y conducción del agua a los embalses de infiltración.

