

La laguna de Gallocanta

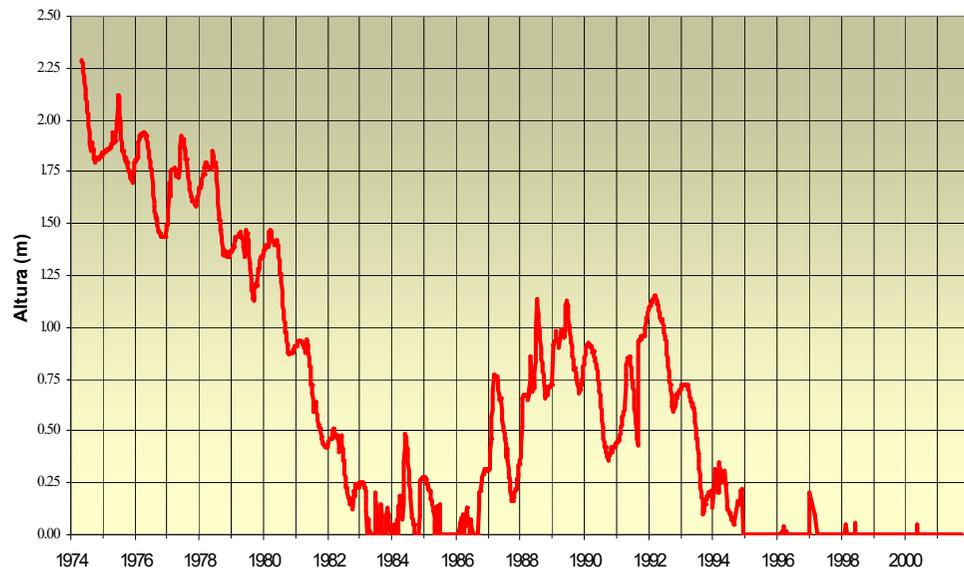
La laguna de Gallocanta ocupa el fondo de una gran depresión endorreica (536 km²).

Se ubica en un "altiplano" a 1.000 m de altura entre las cuencas de los ríos Jiloca y Piedra, con una precipitación media de 430 mm/a.

A comienzos de la década de los 70 alcanzó una extensión de 14.5 km² y una profundidad máxima de 2.3 m (18 hm³).

La laguna y su entorno constituyen un enclave de extraordinario valor ecológico.

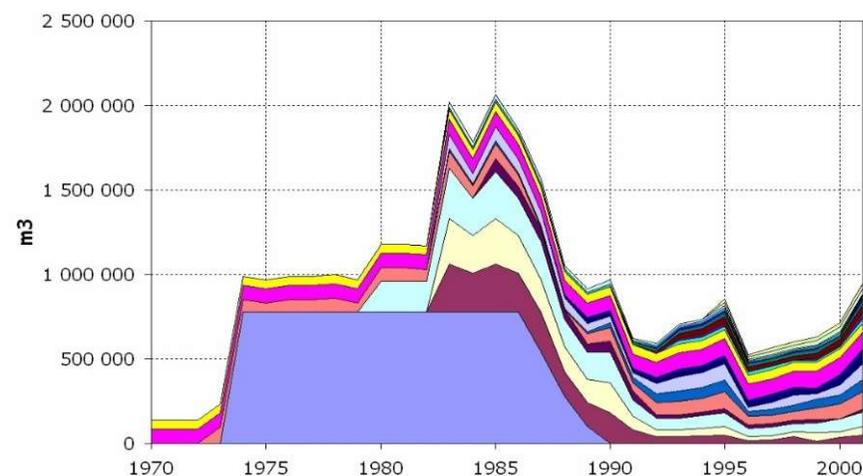
NIVEL DE AGUA EN LA LAGUNA DE GALLOCANTA



La laguna de Gallocanta permaneció sin lámina de agua aparente en diferentes periodos a lo largo del siglo pasado: a comienzos de los años 50, entre 1983 y 1987 y entre 1994 y 2002.

En el entorno de la laguna existen diversos aprovechamientos de aguas subterráneas, desde los que llegaron a bombearse 2 hm³/a a mediados de los años 80.

Evolución de extracciones



Objetivos

Determinar el grado de afección de los bombeos realizados desde pozos al régimen de la laguna.

Disponer de un modelo matemático de flujo subterráneo que permita la adecuada gestión del agua:

- Para resolver concesiones e inscripciones solicitadas
- Para proteger la laguna ante posibles contaminaciones

Desarrollo de los trabajos

- 1998-2002 Establecimiento de las normas de explotación de la Unidad Hidrogeológica "Gallocanta" y delimitación de los perímetros de protección de la laguna (serie 1970-2001)
- 2004 Verificación y recalibrado del modelo (serie 1970-2004).
- 2004 Estudio previo para la delimitación de los perímetros de protección de las captaciones para abastecimiento urbano en el ámbito de la Unidad Hidrogeológica de Gallocanta.
- 2006 Simulación del comportamiento de la Laguna de Gallocanta y los acuíferos asociados desde 1925 (serie 1925-2004).



**Modelo
numérico
de flujo
(ModFlow)**

Equipo de trabajo

Director del estudio:

JAVIER SAN ROMÁN SALDAÑA (Hidrogeólogo-Comisaría de Aguas, CHE)

Responsable de los capítulos de Meteorología y Balance de Agua:

MIGUEL ANGEL GARCÍA VERA (Hidrogeólogo-Oficina de Planificación Hidrológica, CHE)

Empresa adjudicataria: **EPTISA**

Equipo de trabajo:

MANUEL ROLANDI SÁNCHEZ-SOLIS (Hidrogeólogo, EPTISA)

OSCAR BLASCO HERGUEDAS (Hidrogeólogo, EPTISA)

ANTONIO PINEDA VELASCO (Geólogo, EPTISA)

M^a TERESA MAESTRO SALMERÓN (Química-Hidrogeóloga, EPTISA)

ENRIQUE PEÑA PUENTES (Hidrogeólogo, EPTISA)

BEATRIZ DELGADO GORDILLO (Geóloga, EPTISA)

ANTONIO SARASA BROSED (Hidrogeólogo, ESHYG)

ROSANA NAVARRO NUVIALA (Hidrogeóloga, ESHYG)

También participaron en la dirección del estudio:

PABLO COLOMA LÓPEZ (Hidrogeólogo, CHE)

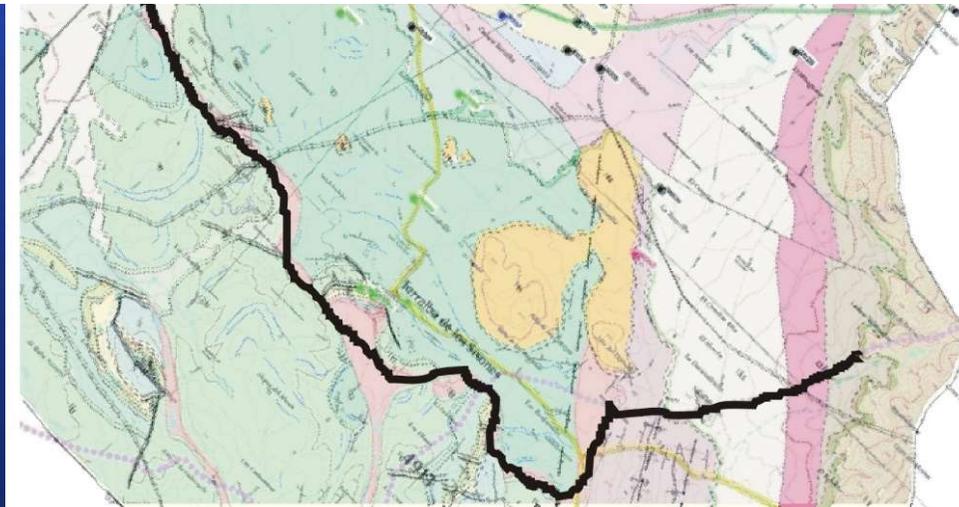
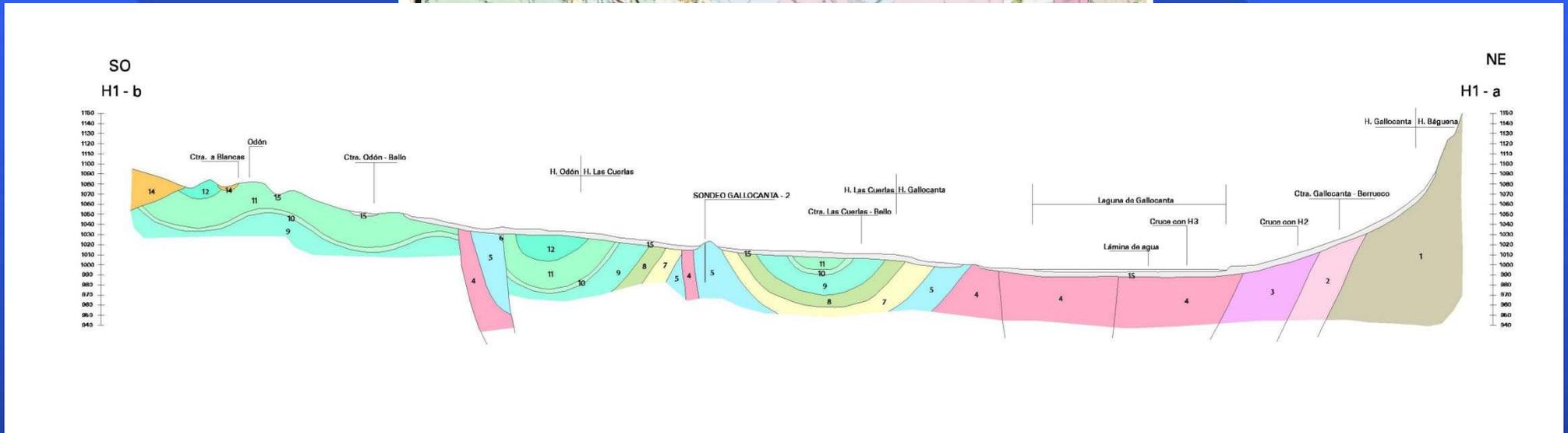
CARMEN COSTA ALANDÍ (Hidrogeóloga, CHE)

VICTOR ARQUED ESQUÍA (Hidrogeólogo, CHE)

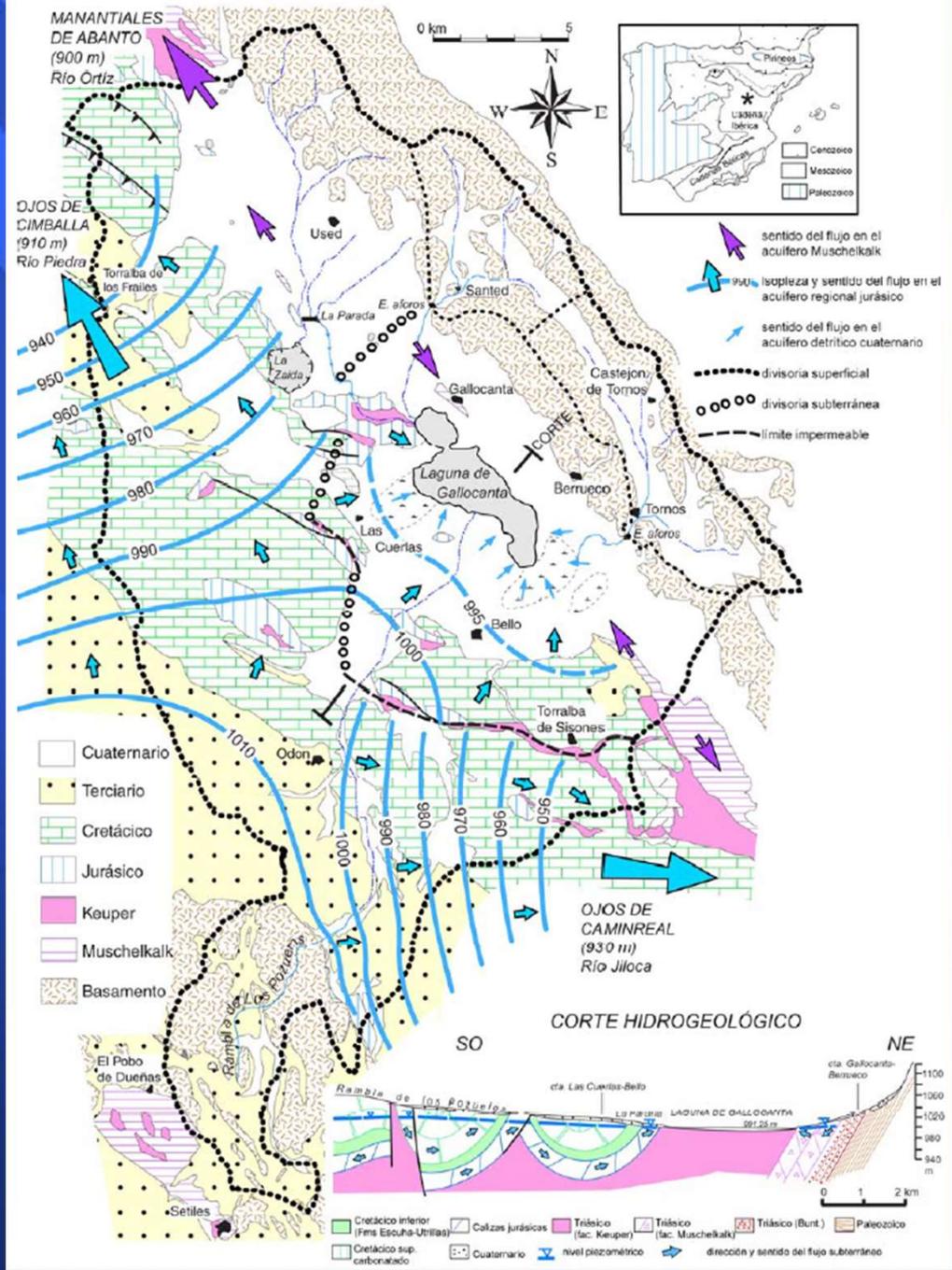
ANTONIO AZCÓN AGUILAR (Hidrogeólogo, IGME)

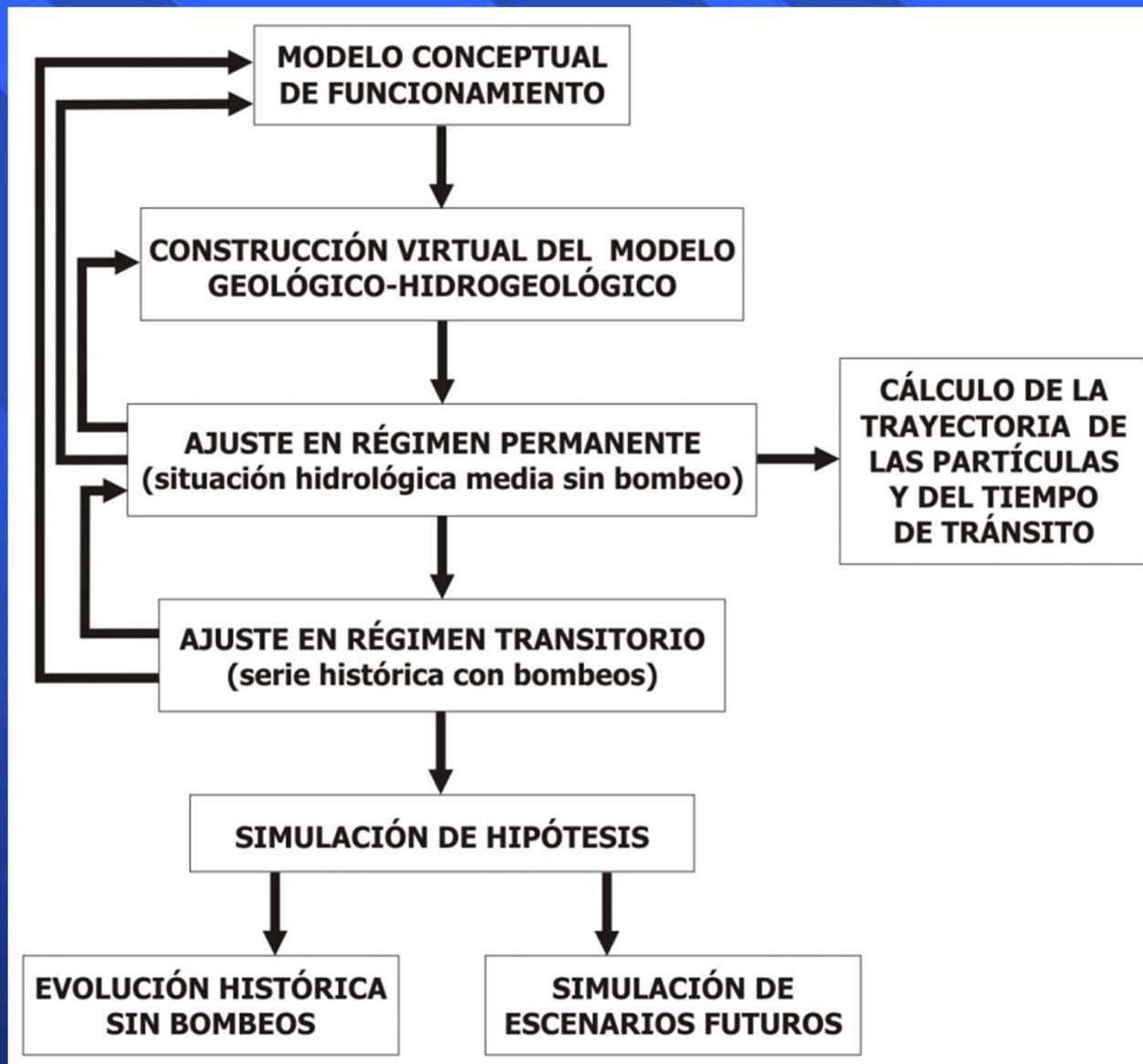
Otras colaboraciones a destacar:

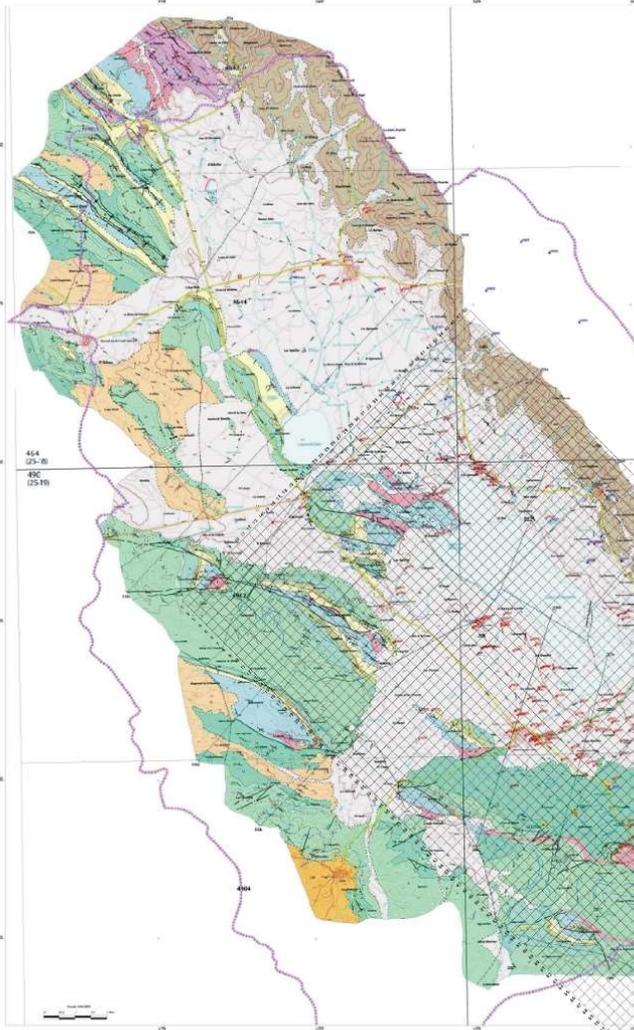
ANTONIO MARTÍNEZ COB (CSIC)



MAPA HIDROGEOLÓGICO DE LA CUENCA ENDORREICA DE GALLOCANTA

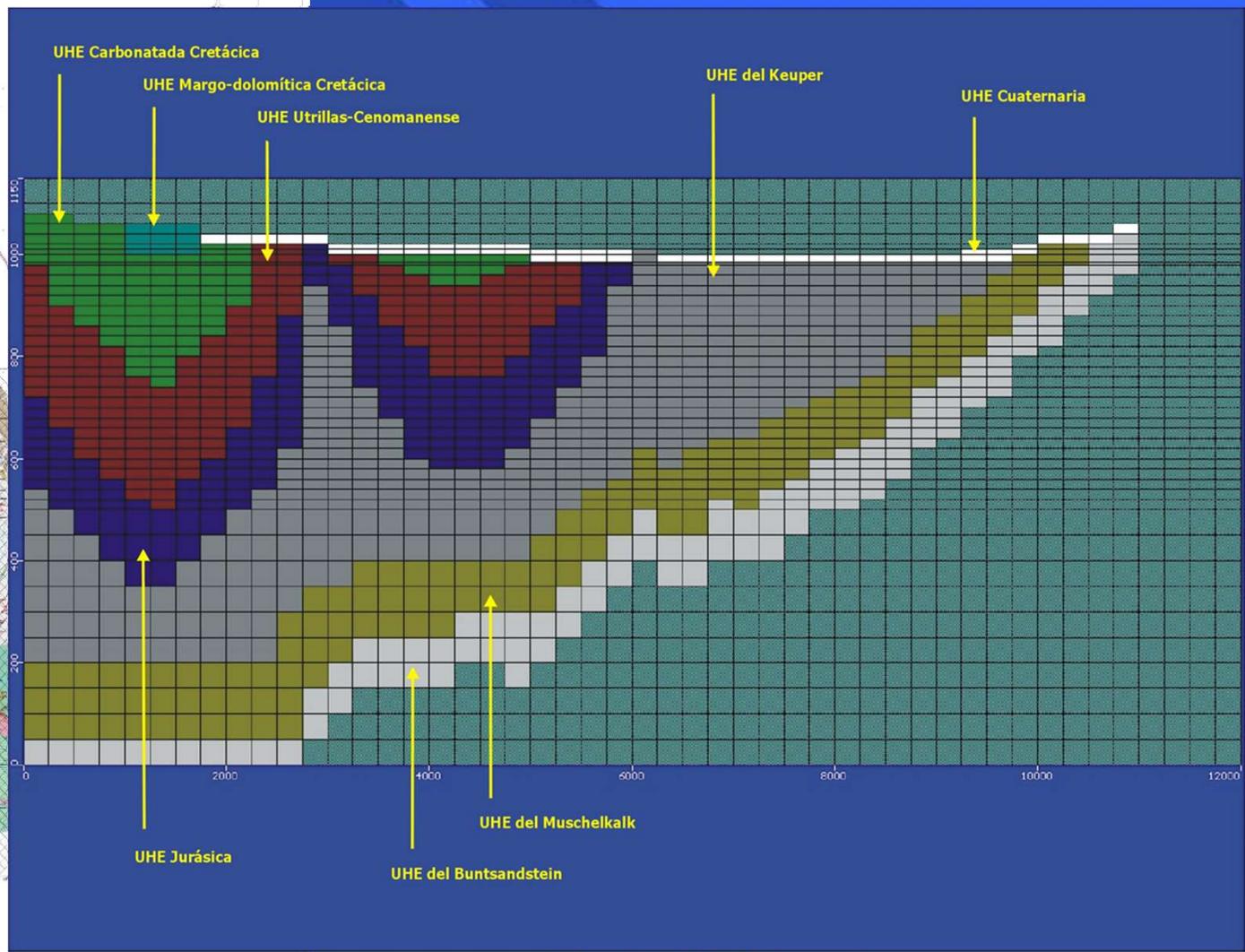






CUATERNARIO		
SUPERIOR	Q3	arenas, arenas y limos silíceos
	Q2	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	Q1	arenas rija con bloques conglomeráticos silíceos y arena
	Q0	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
INFERIOR	Q4	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	Q5	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	Q6	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	Q7	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
MIOCENO	M1	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	M2	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	M3	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	M4	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
CRETÁCICO	C1	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	C2	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	C3	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	C4	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
JURÁSICO	J1	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	J2	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	J3	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	J4	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
TRIÁSICO	T1	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	T2	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	T3	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	T4	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
PERMIANO	P1	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	P2	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	P3	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	P4	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
CARBÓNICO	C1	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	C2	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	C3	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	C4	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
DEVÓNICO	D1	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	D2	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	D3	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
	D4	arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos

- LEYENDA**
- 11- Arenas cuarcíticas, arenas y limos silíceos
 - 14- Arenas rija con cantos y bloques cuarcíticos
 - 15- Arenas rija con bloques conglomeráticos silíceos y arena
 - 12- Margas dolomíticas, dolomitas, calizas con sílex y dolomitas brechadas
 - 13- Calizas y dolomitas
 - 16- Calizas molibdas, margas y limos
 - 8- Dolomitas y calizas
 - 8- Margas, areniscas y calizas
 - 9- Arenas conglomeráticas y arenitas, facies tuffitas
 - 4b- Dolomitas, calizas y margas (C. Cerasi) labradal
 - 5- Dolomitas, brechas, dolomitas y arenitas (C. Cerasi de Sarnés) (a - r) dolomitas labradal - f. imbr.
 - 4- Arenas y margas variadas, limos
 - 3a- Dolomitas, calizas, margas y arenitas
 - 3- Conglomerados, arenitas y limos rija
 - 1- Cuarcitas, arenitas y arenitas (Sarnés, Dent Sarnés, Cuarcita Amarcana)
- Trazo de zona geológica
 Contacto discordante
 Contacto concordante
 Contacto mecánico o diáclisis
 Trazo de zona
 Límite
 Faja marginal delimitada
 Faja interna o calificación delimitada
 Plano y zona de falla con el buzamiento de masa
 Antricial
 Sinclinal
 Límite de zona hidrográfica superficial
 Estabilización
 Estabilización reciente
 Estabilización subreciente
 Estabilización reciente
 Material con un relieve de contorno y de orden
 Perforación con un relieve de contorno y de orden



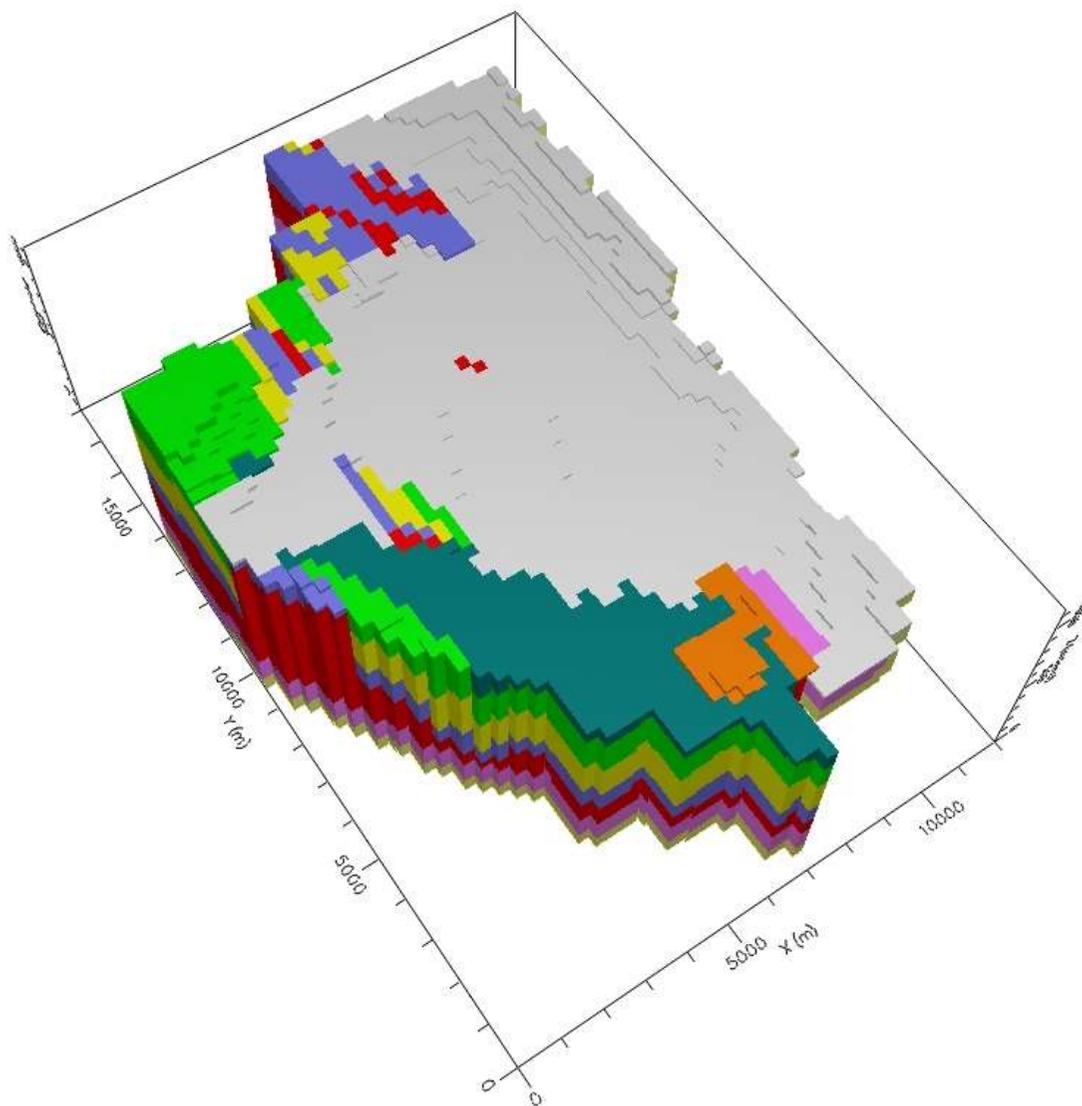
- UHE Carbonatada Cretácica
- UHE Margo-dolomítica Cretácica
- UHE Utrillas-Cenomanense
- UHE del Keuper
- UHE Cuaternaria
- UHE Jurásica
- UHE del Buntsandstein
- UHE del Muschelkalk

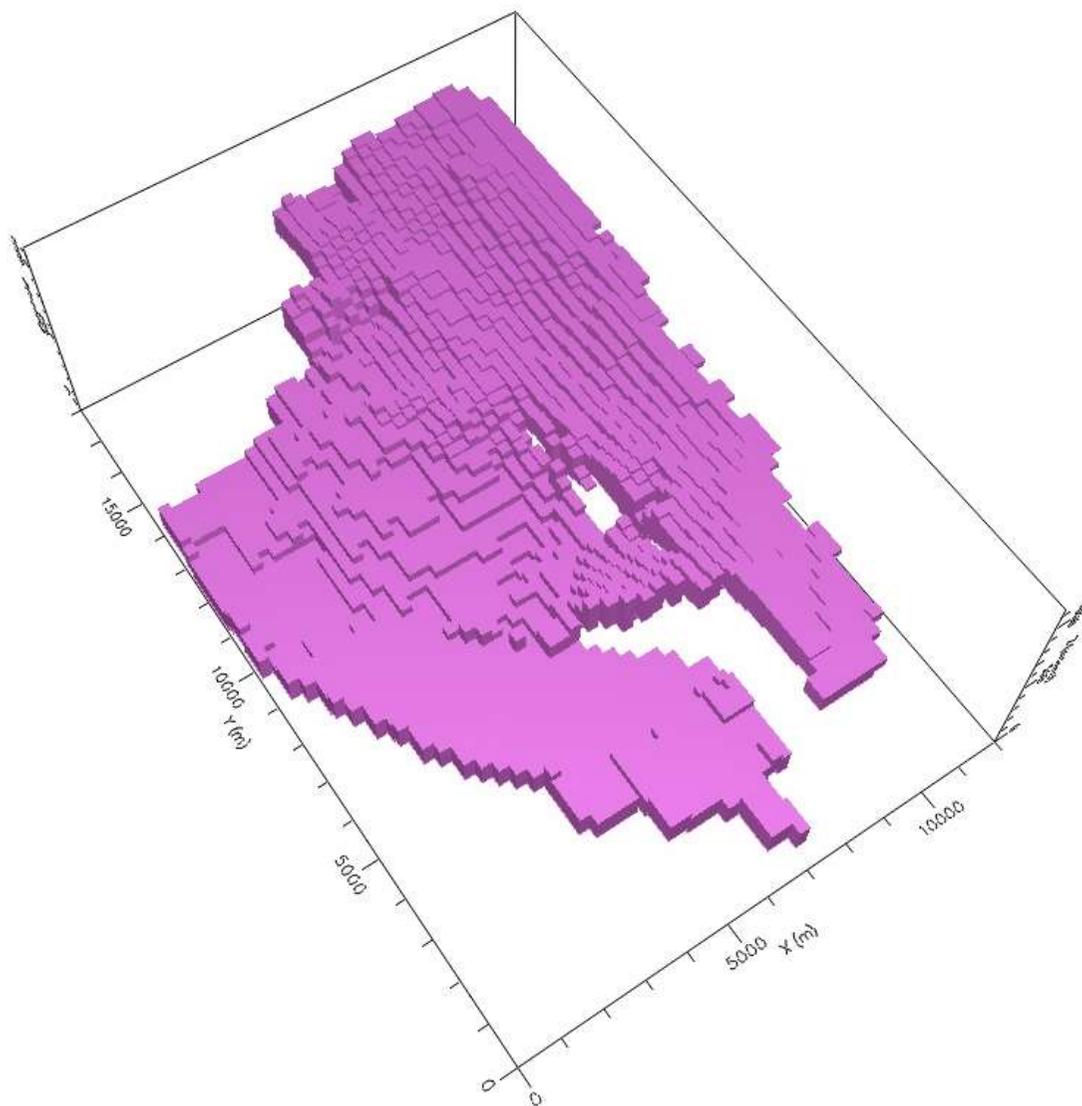
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE
 CONFIGURACIÓN HIERARQUICA DEL SERVO

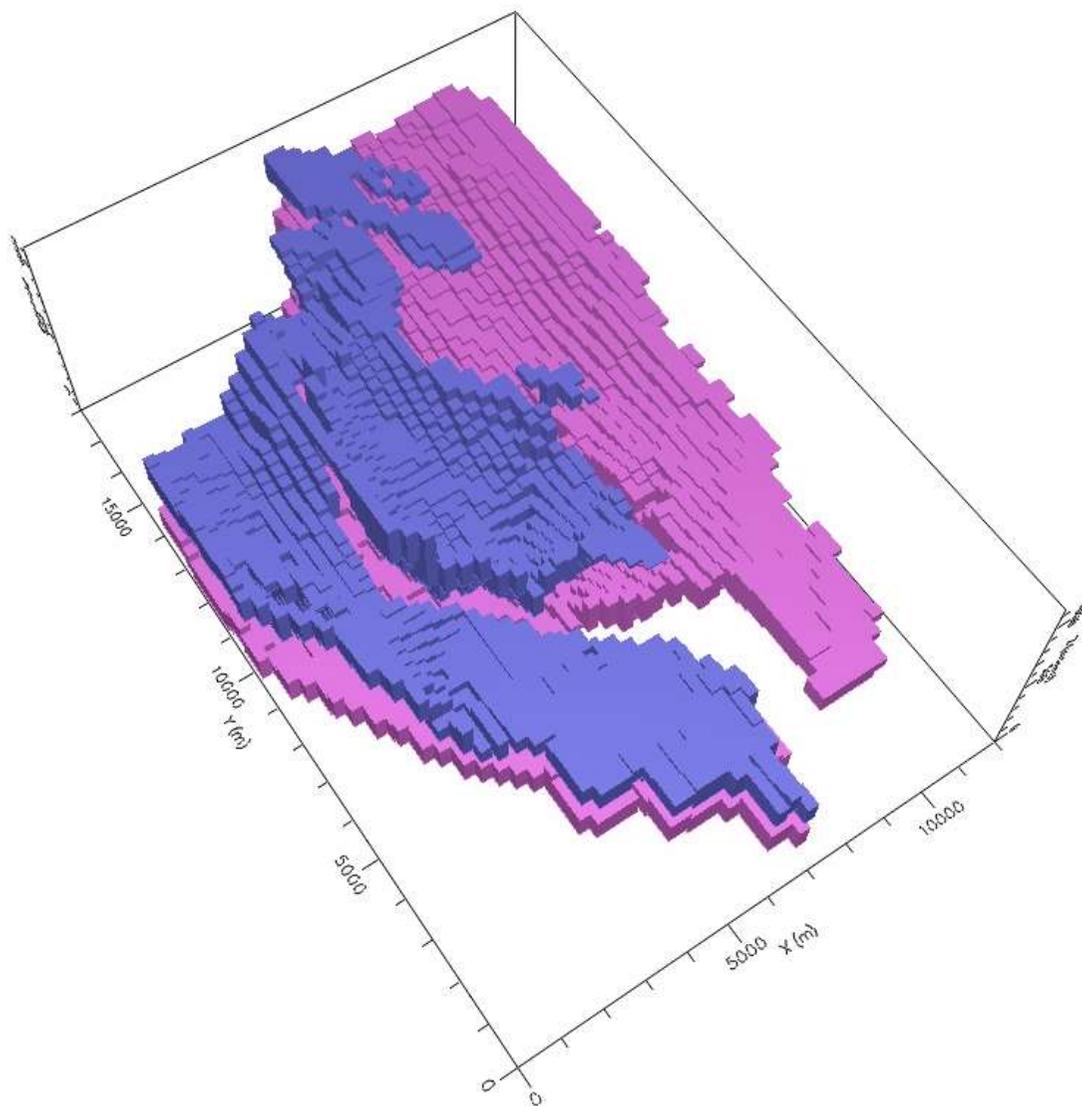
ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LA LAGUNA CALIZADANTA Y LA DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN DE LA LAGUNA

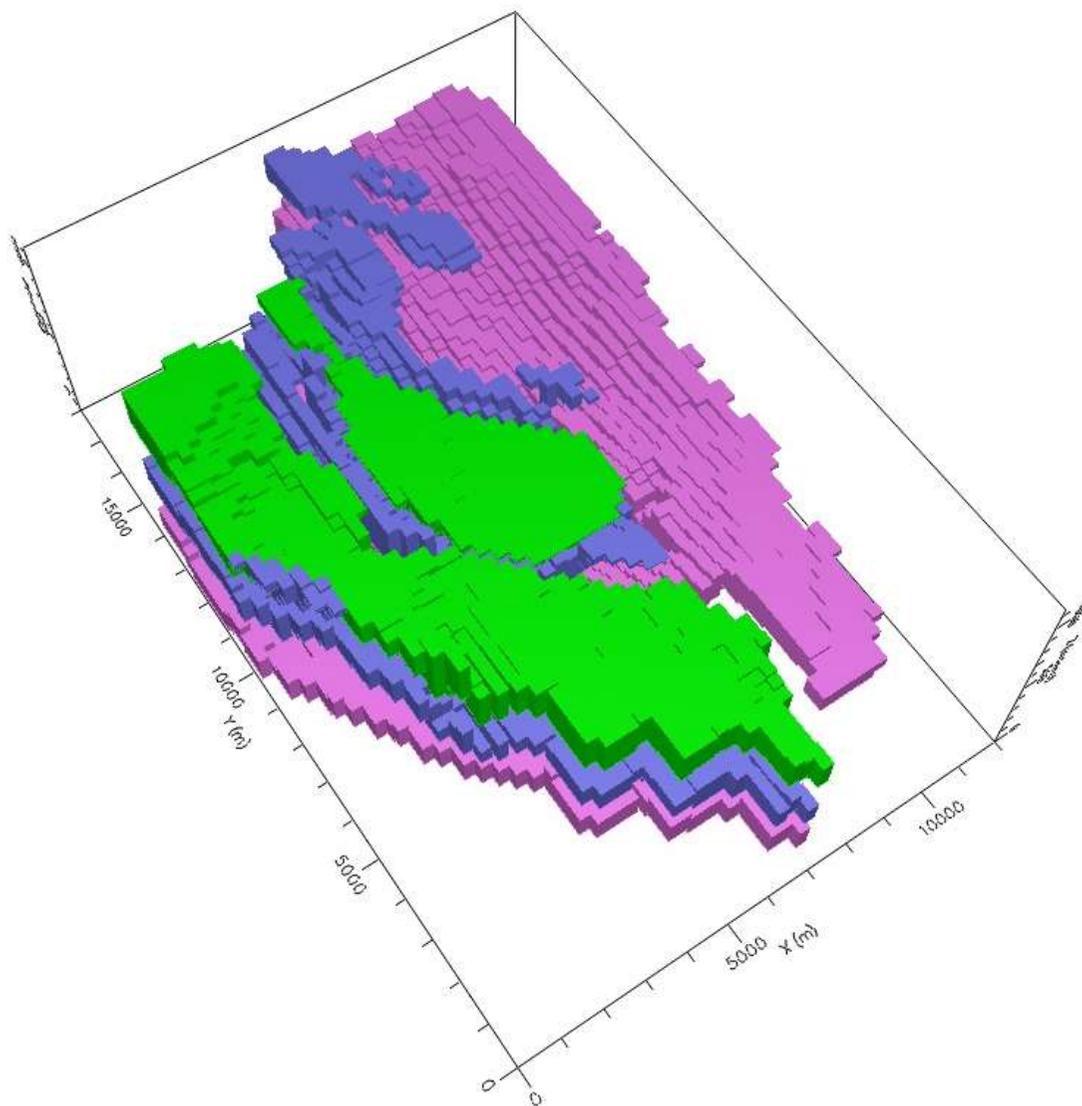
MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE CALIZADANTA

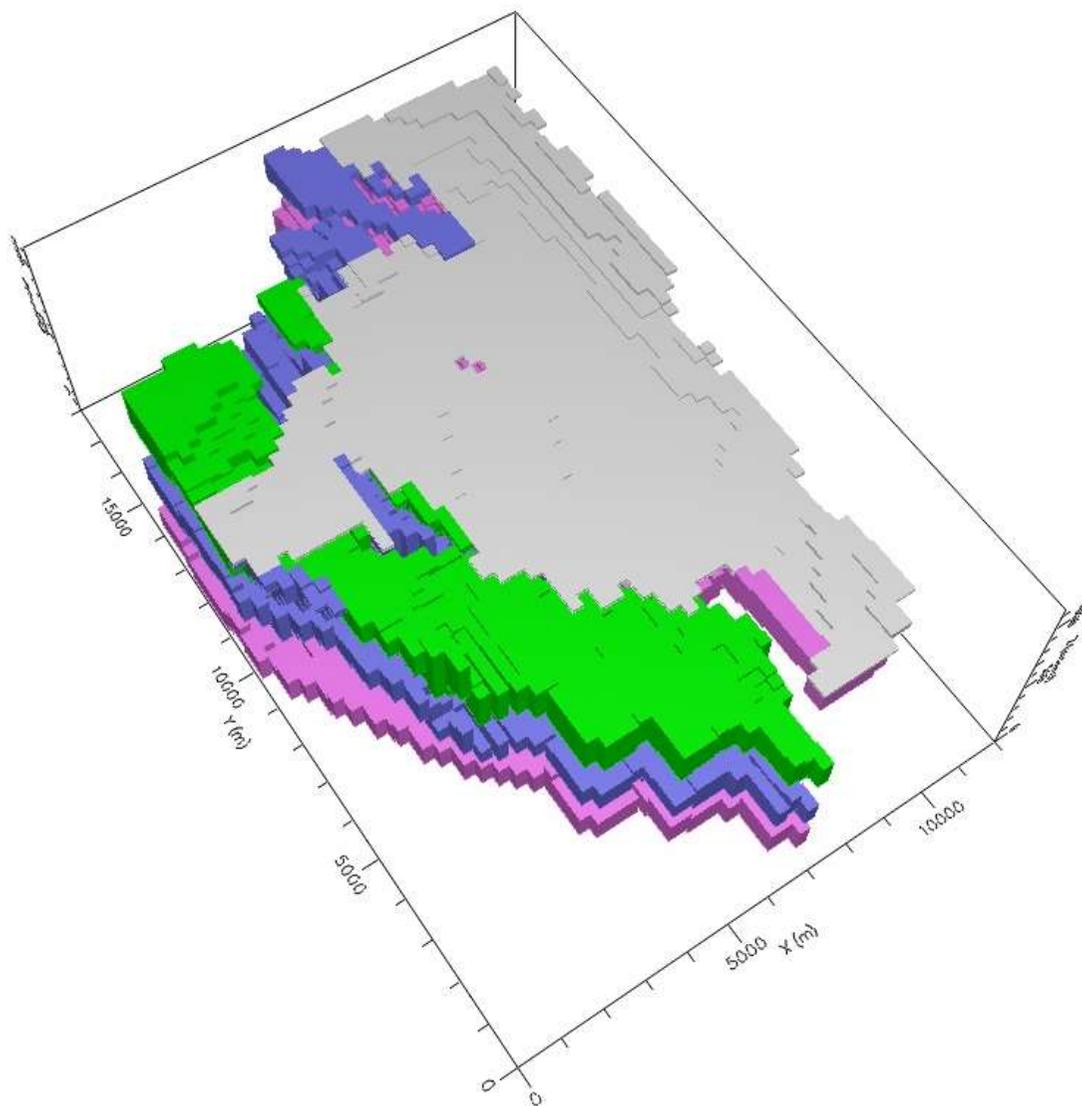
Figura 9.2. Malla adoptada











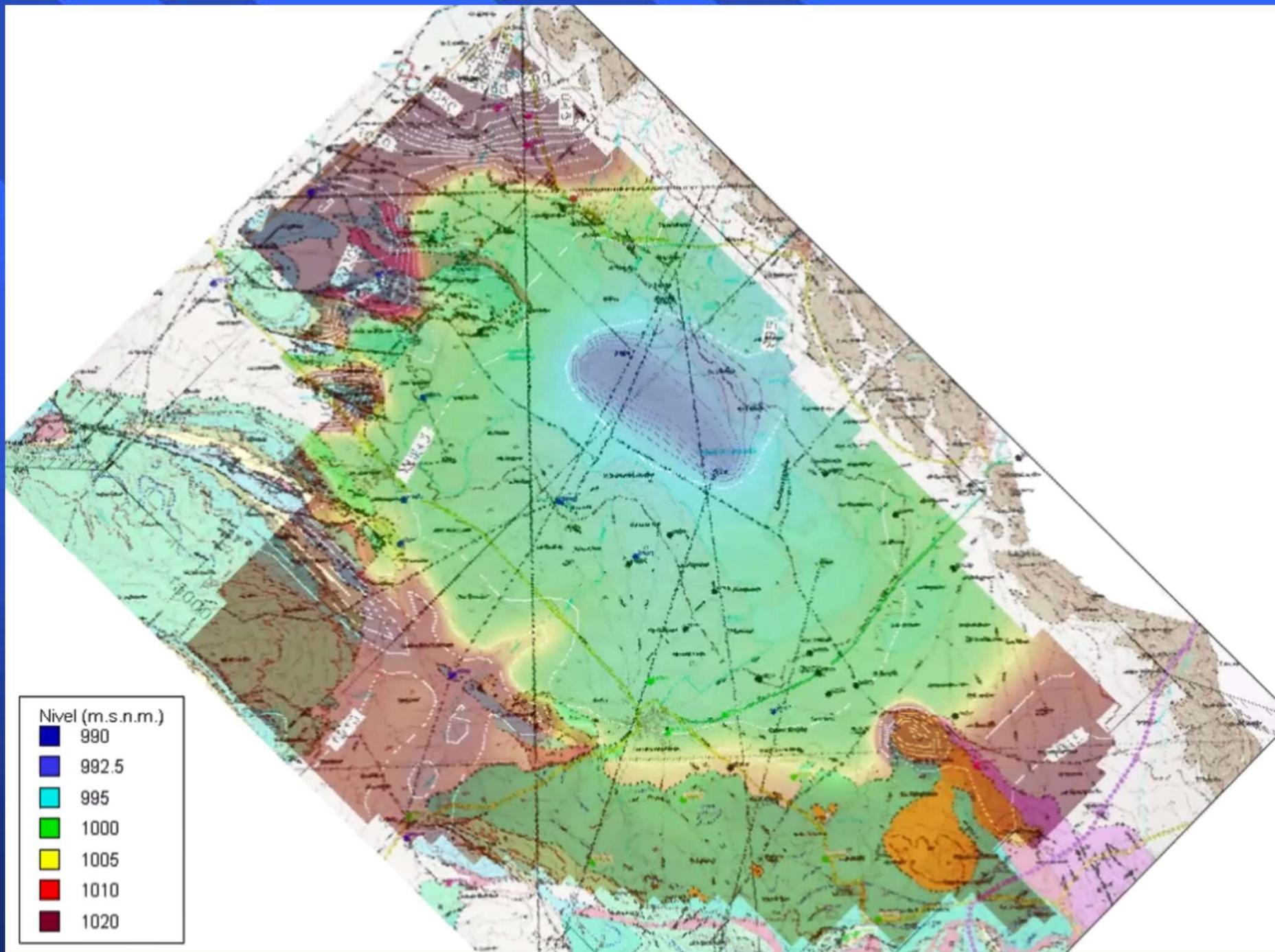
Ajuste en régimen permanente

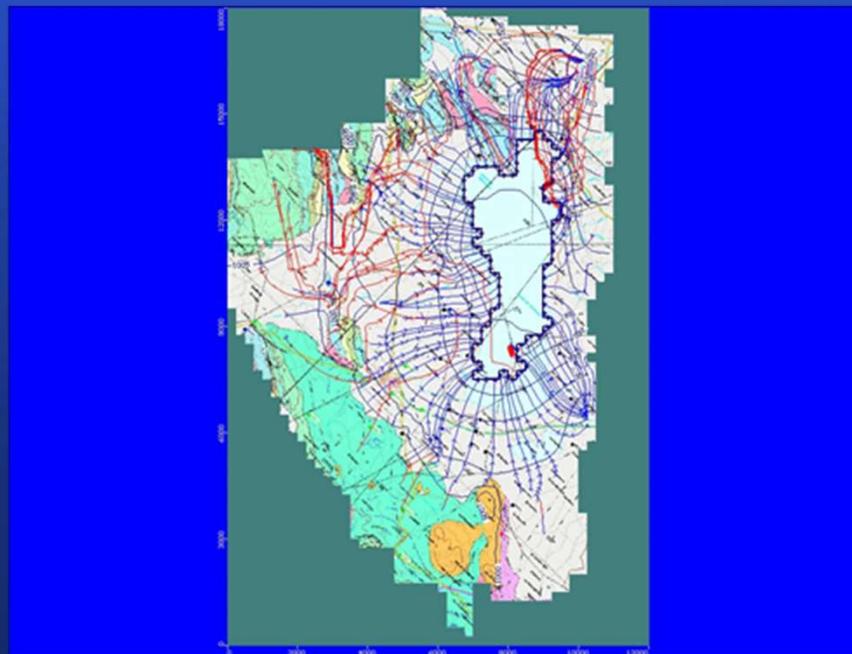
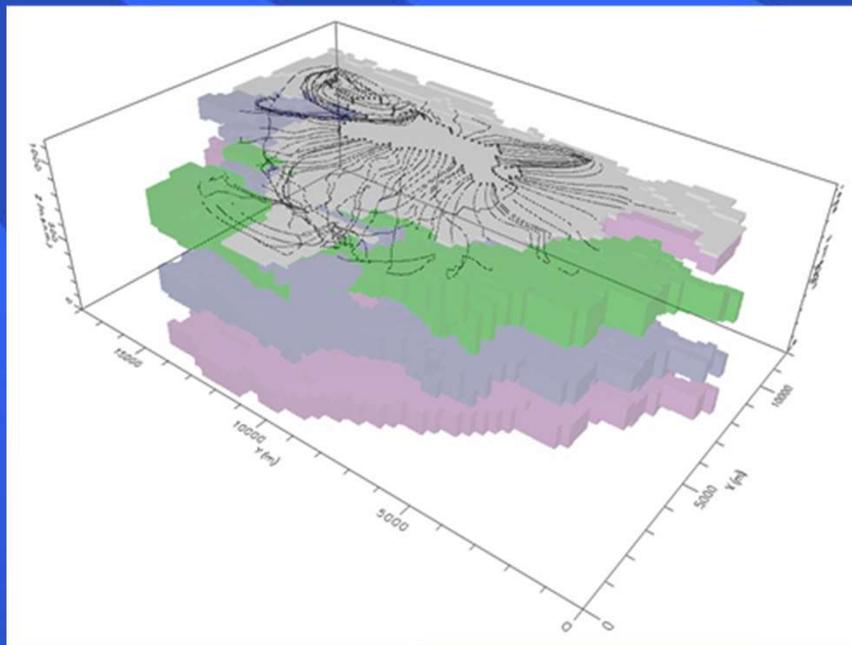
Se trataba de reproducir una situación hidrológica “media” en la Unidad Hidrogeológica.

Sirvió de punto de partida para el posterior ajuste en régimen transitorio.

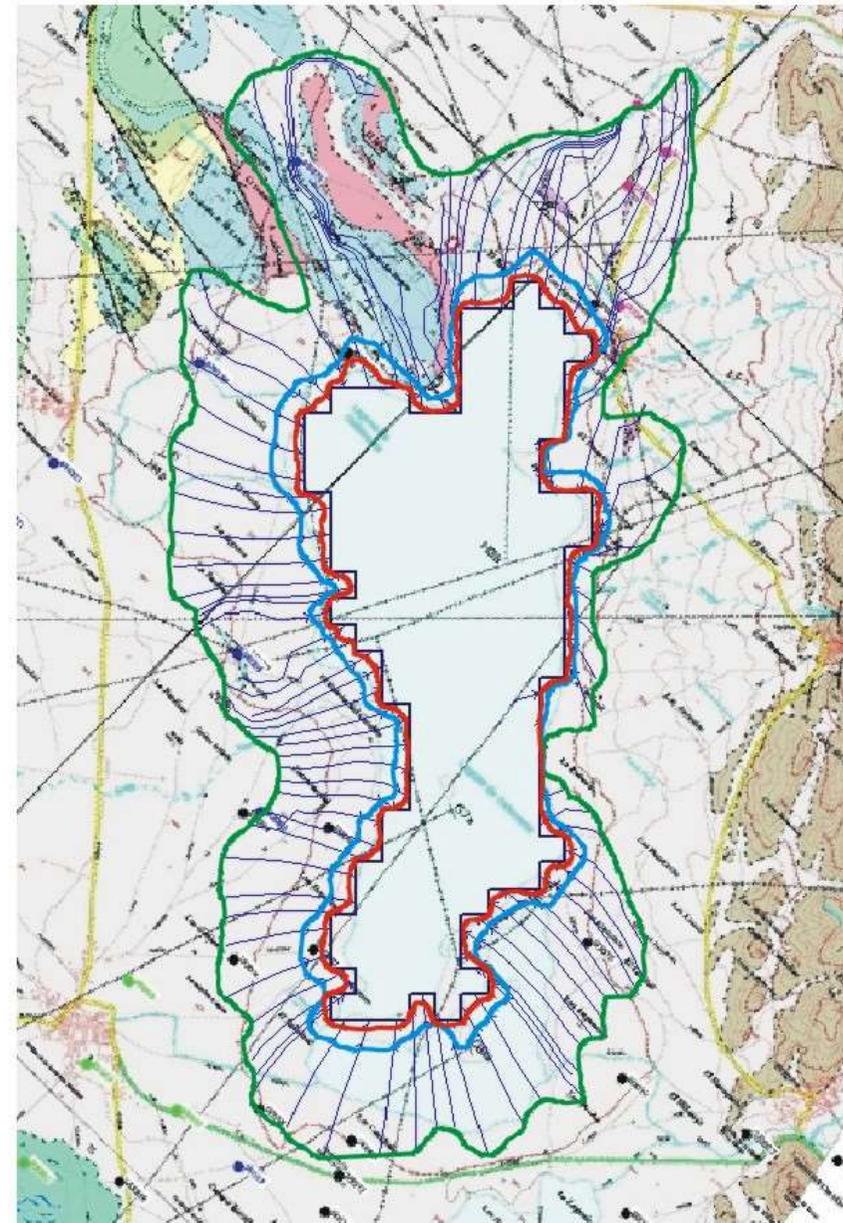
Una vez efectuado el ajuste en régimen transitorio, se recalibró el modelo en régimen permanente.

Los resultados se utilizaron para el cálculo de las trayectorias de las partículas y los tiempos de tránsito.





Perímetros de protección de la laguna basados en tiempo de tránsito



- Línea de 60 días de tránsito
- Línea de 1 año de tránsito
- Línea de 10 años de tránsito

Ajuste en régimen transitorio

Se trató de reproducir con el modelo la evolución real del comportamiento de la Unidad Hidrogeológica a lo largo de los 31 años simulados.

Los objetivos de la calibración fueron:

- Evolución del volumen de agua almacenado en la laguna.

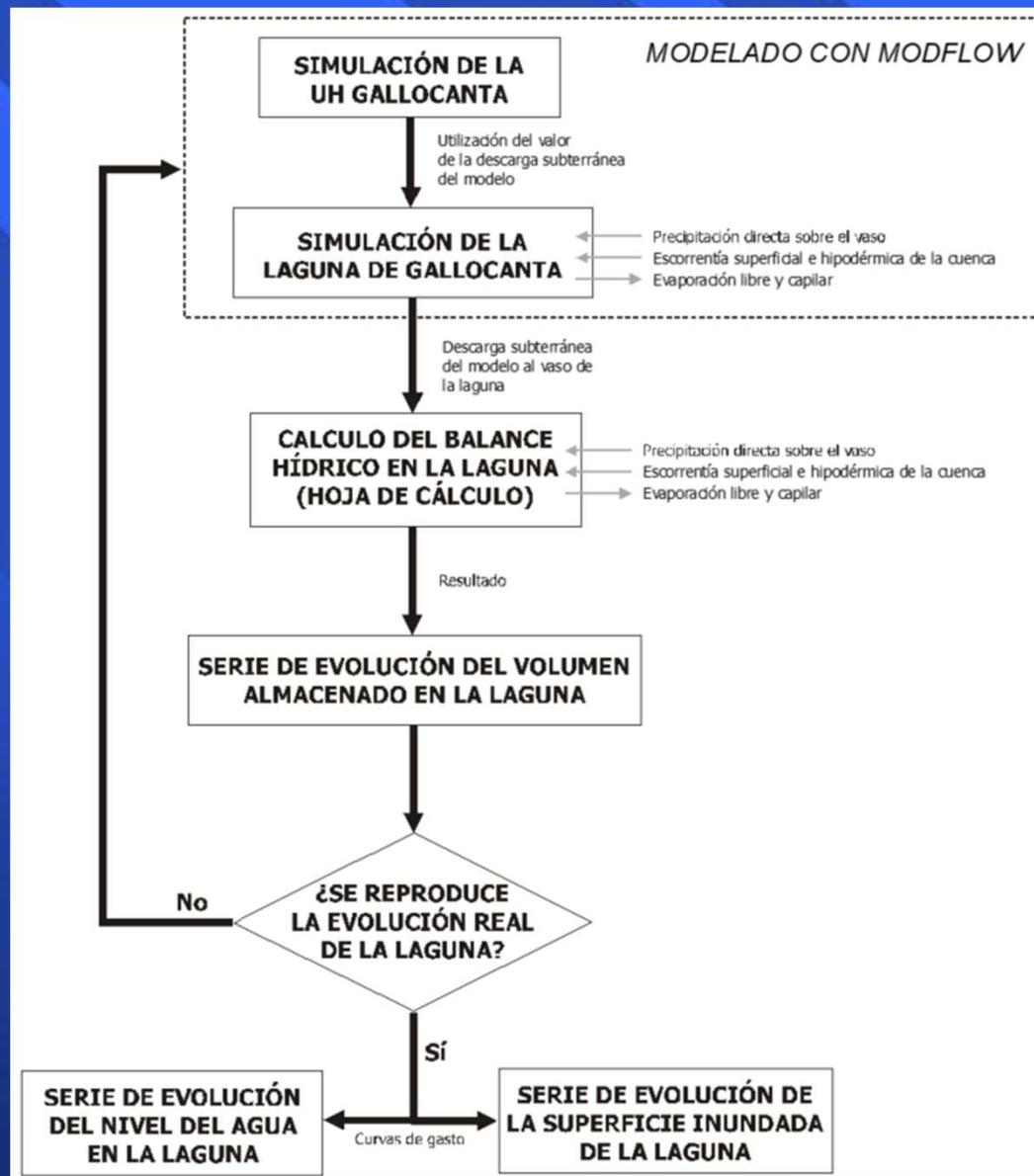
Objetivo prioritario

- Evoluciones piezométricas en puntos de control representativos.

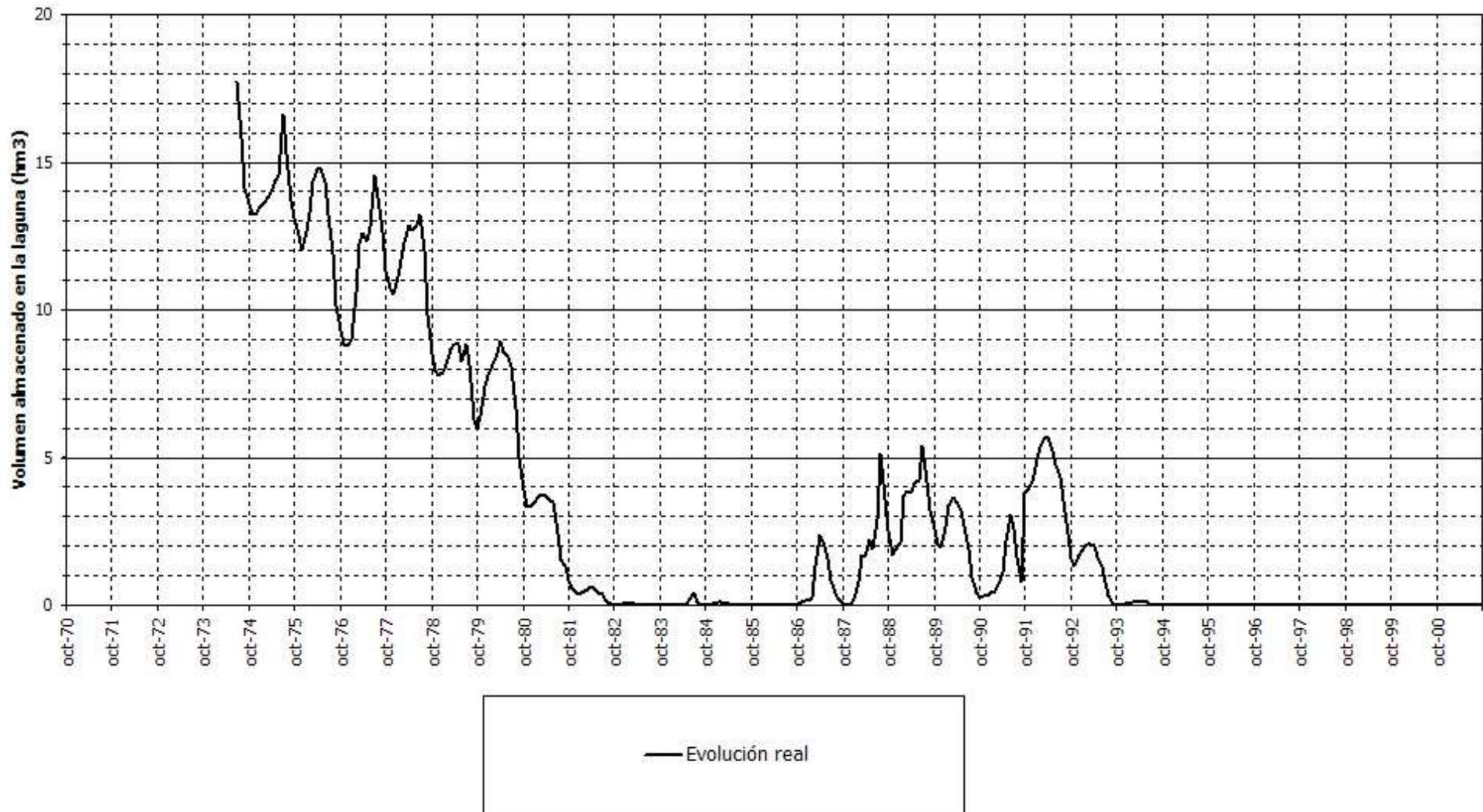
Objetivo secundario

Los parámetros y factores que se modificaron para lograr el ajuste fueron:

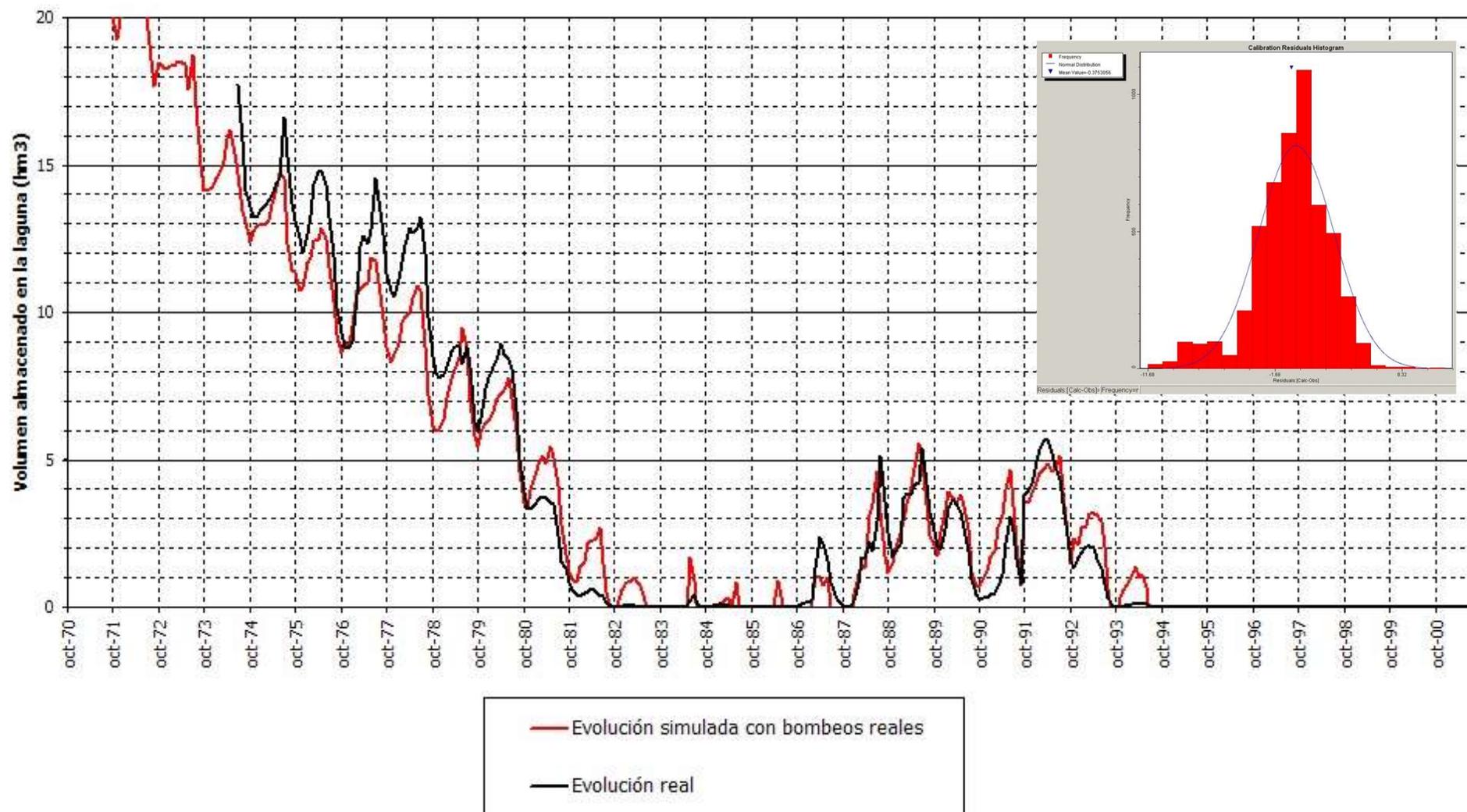
- Parámetros hidrogeológicos (permeabilidad, almacenamiento).
- Condiciones iniciales (piezometría, volumen de agua en la laguna).
- Series de aportaciones hídricas (recarga, aportaciones externas).
- Simulación hidrogeológica de la laguna (dren, evaporación).



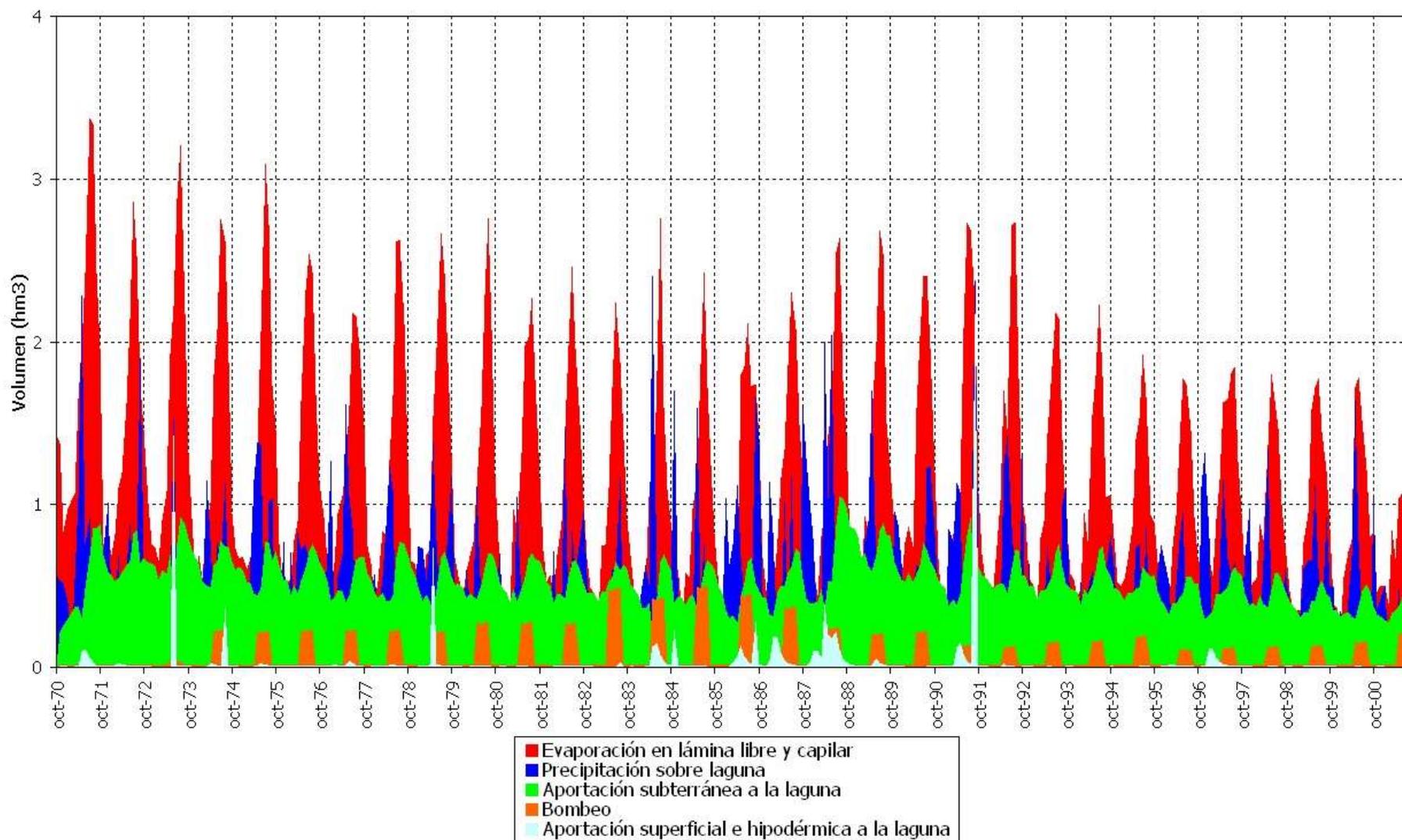
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



Términos mensuales del balance hídrico



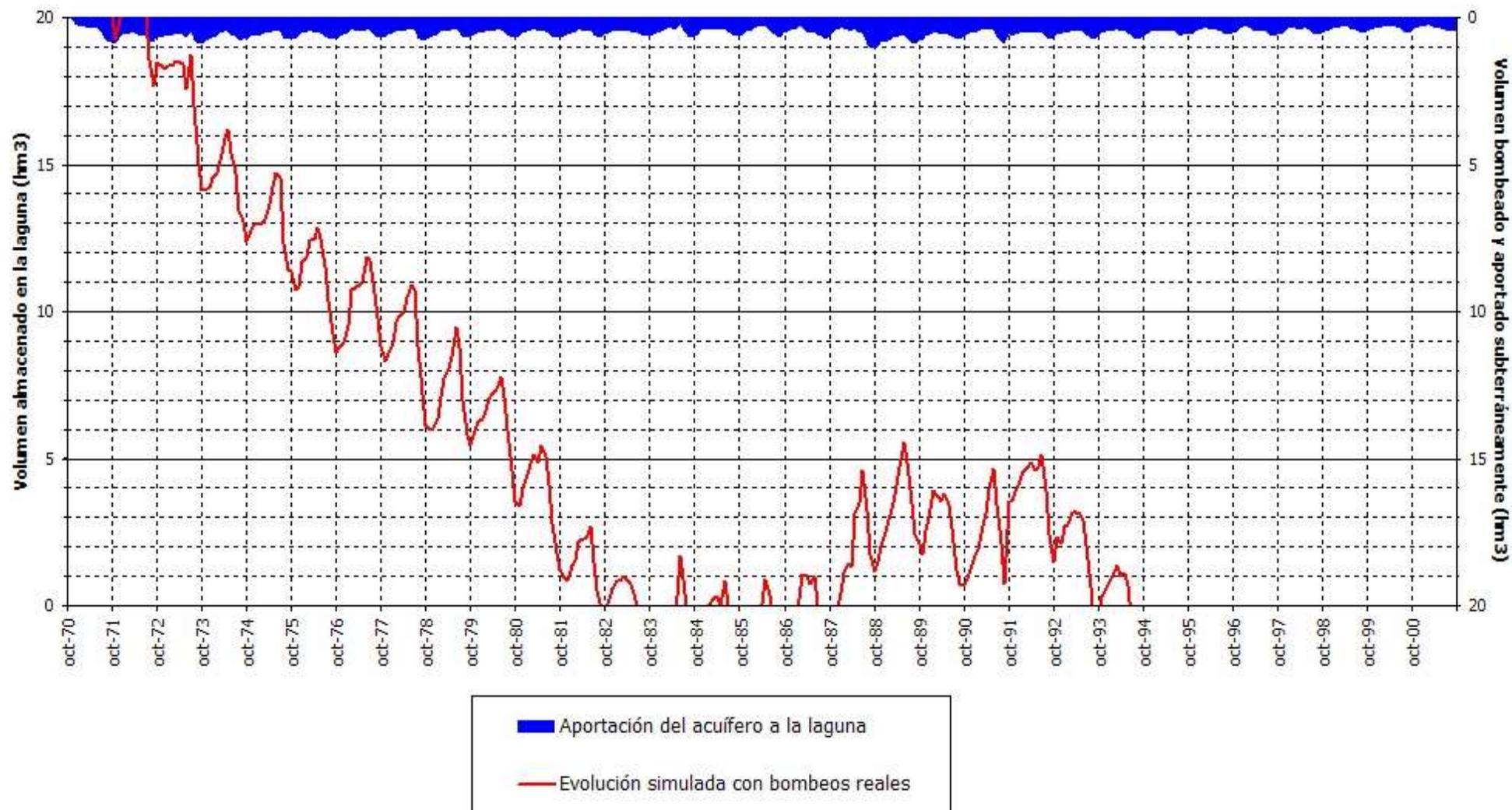
Simulación del régimen natural (sin bombeos)

Una vez que el modelo reprodujo la evolución real de la laguna y de la Unidad Hidrogeológica entre 1970 y 2001, se pudo simular la evolución hídrica probable del sistema suponiendo que no se hubiesen producido bombeos.

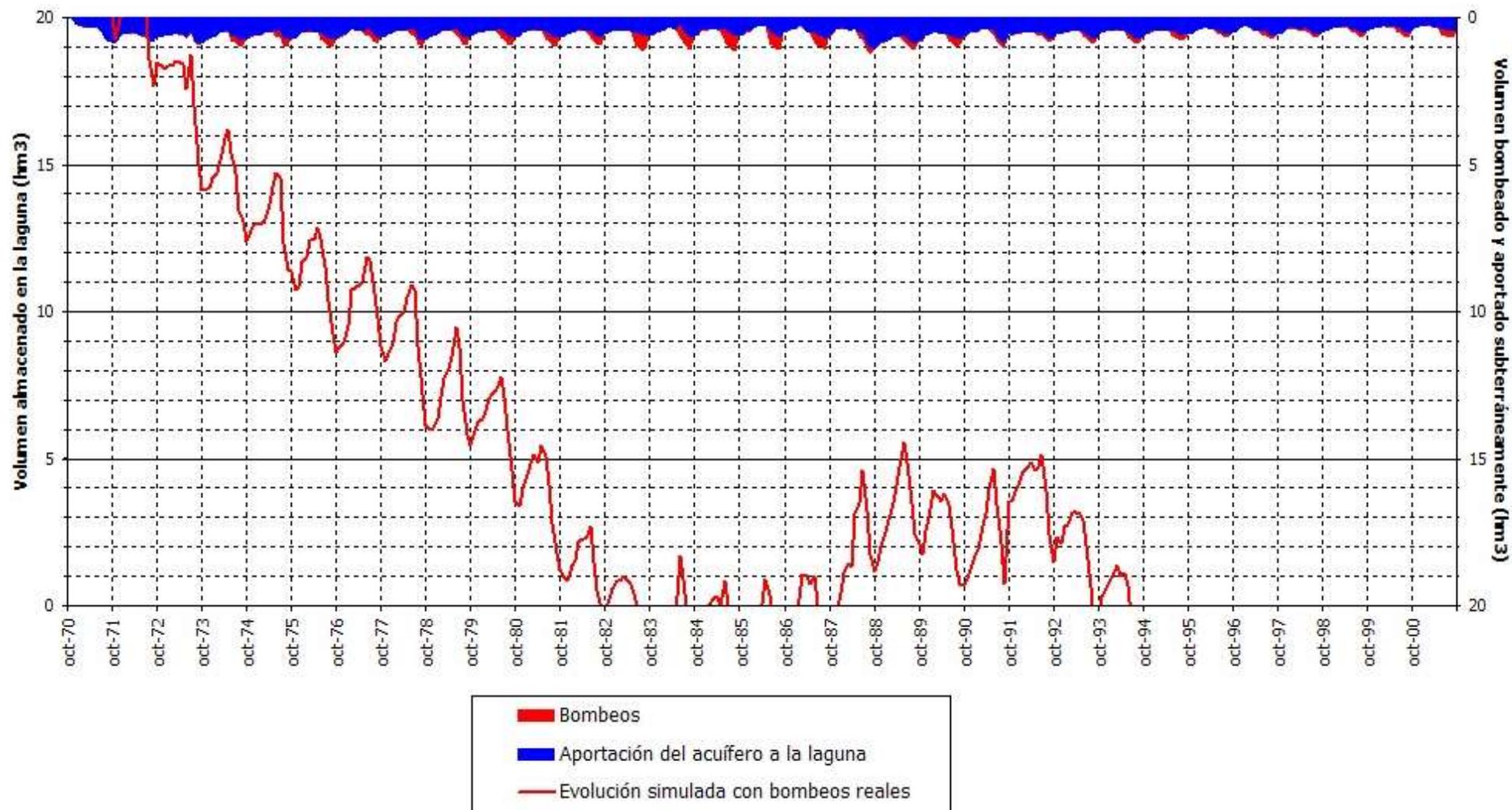
Esta simulación dio respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál hubiese sido la evolución de la laguna sin bombeos?.
- El agua que no se hubiese bombeado, ¿qué efecto hídrico habría tenido sobre la laguna y sobre la Unidad Hidrogeológica?.

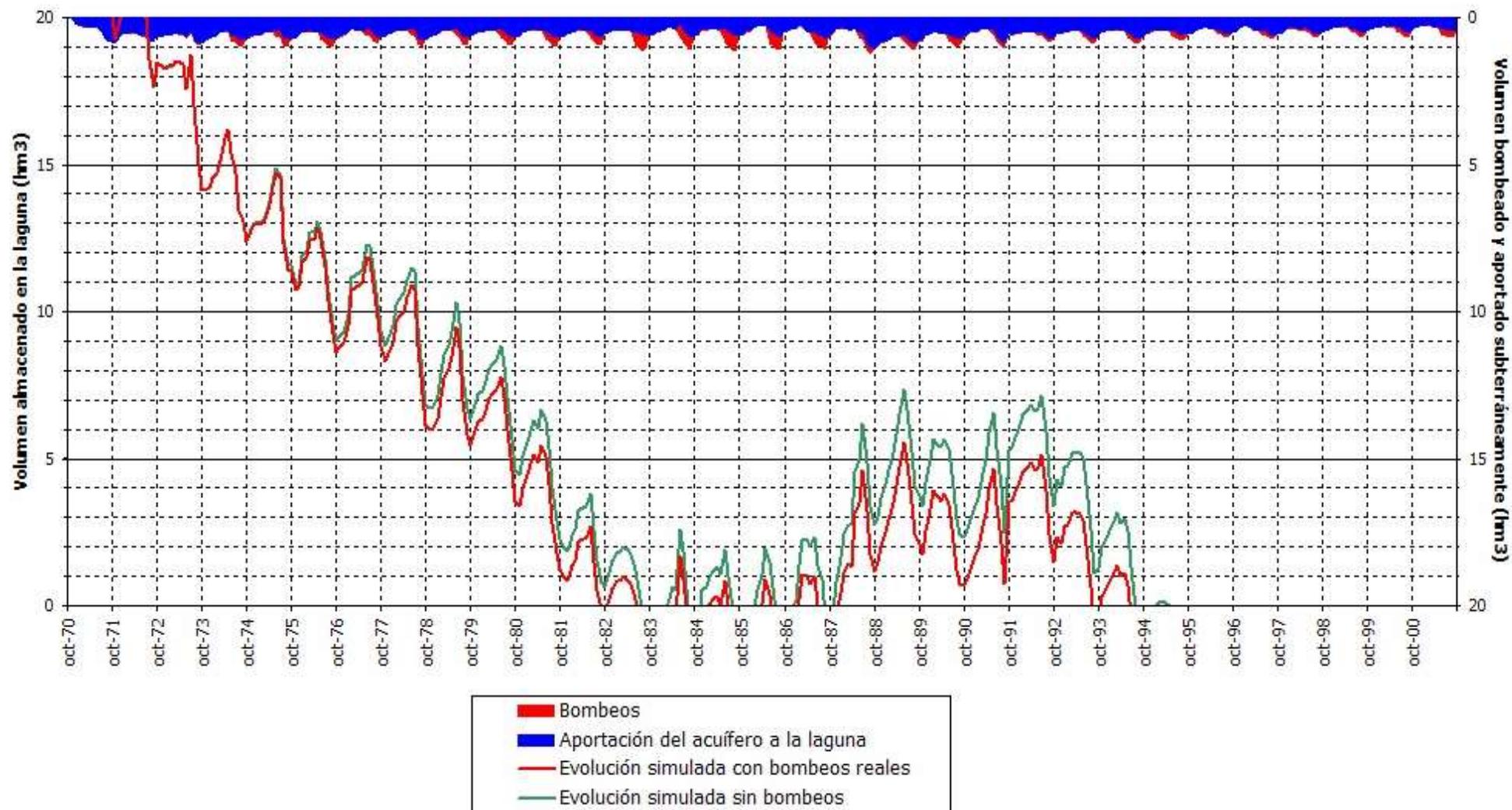
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



Simulación de escenarios futuros

En este punto se pudo responder a la pregunta de cual sería la evolución futura de la laguna dependiendo de que se siguiesen produciendo extracciones o de que éstas cesasen.

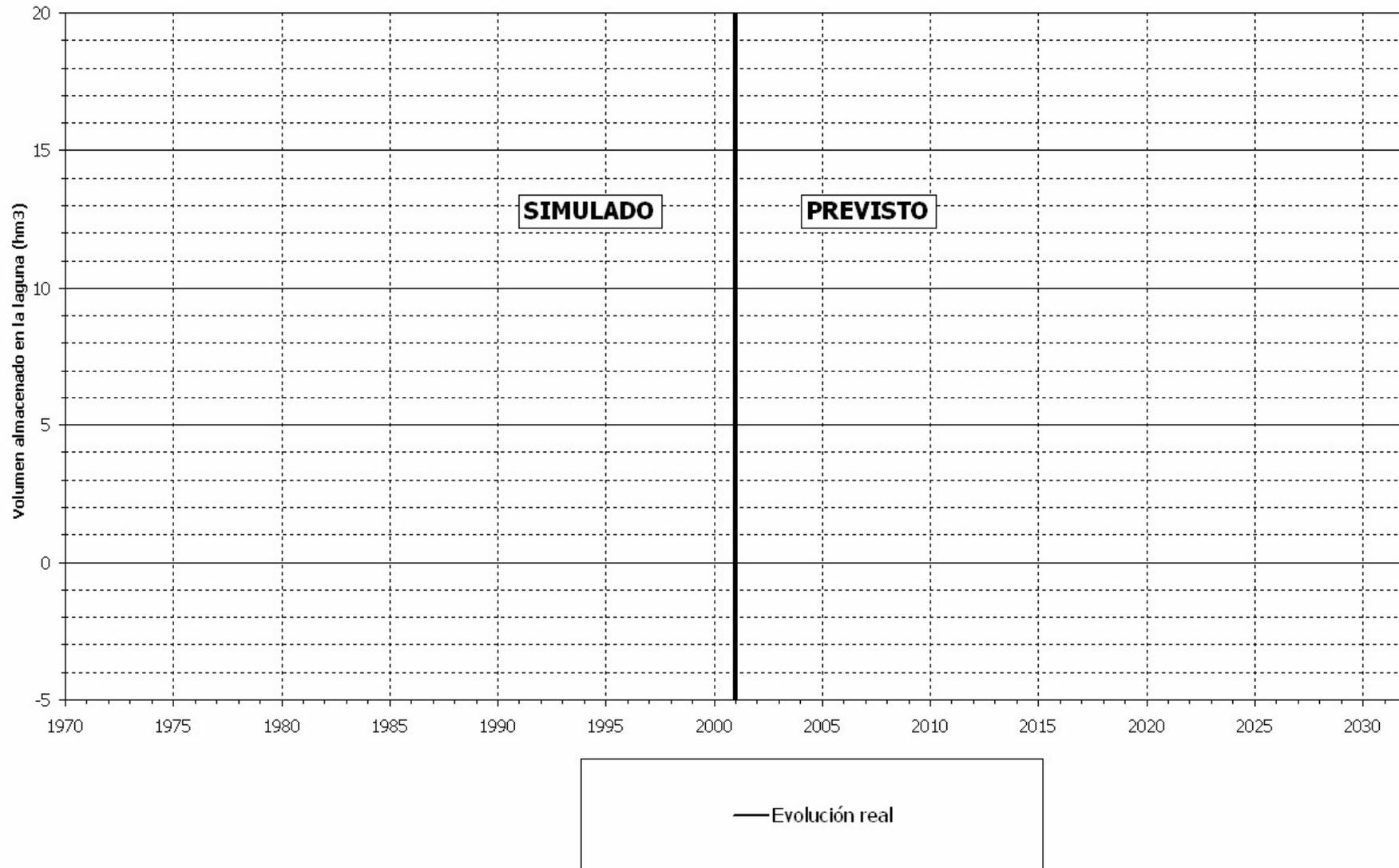
Para ello se simuló un periodo adicional de otros 31 años (hasta 2032) en los que se suponía que las entradas al sistema serían las mismas que entre 1970 y 2001.

Los escenarios simulados fueron los siguientes:

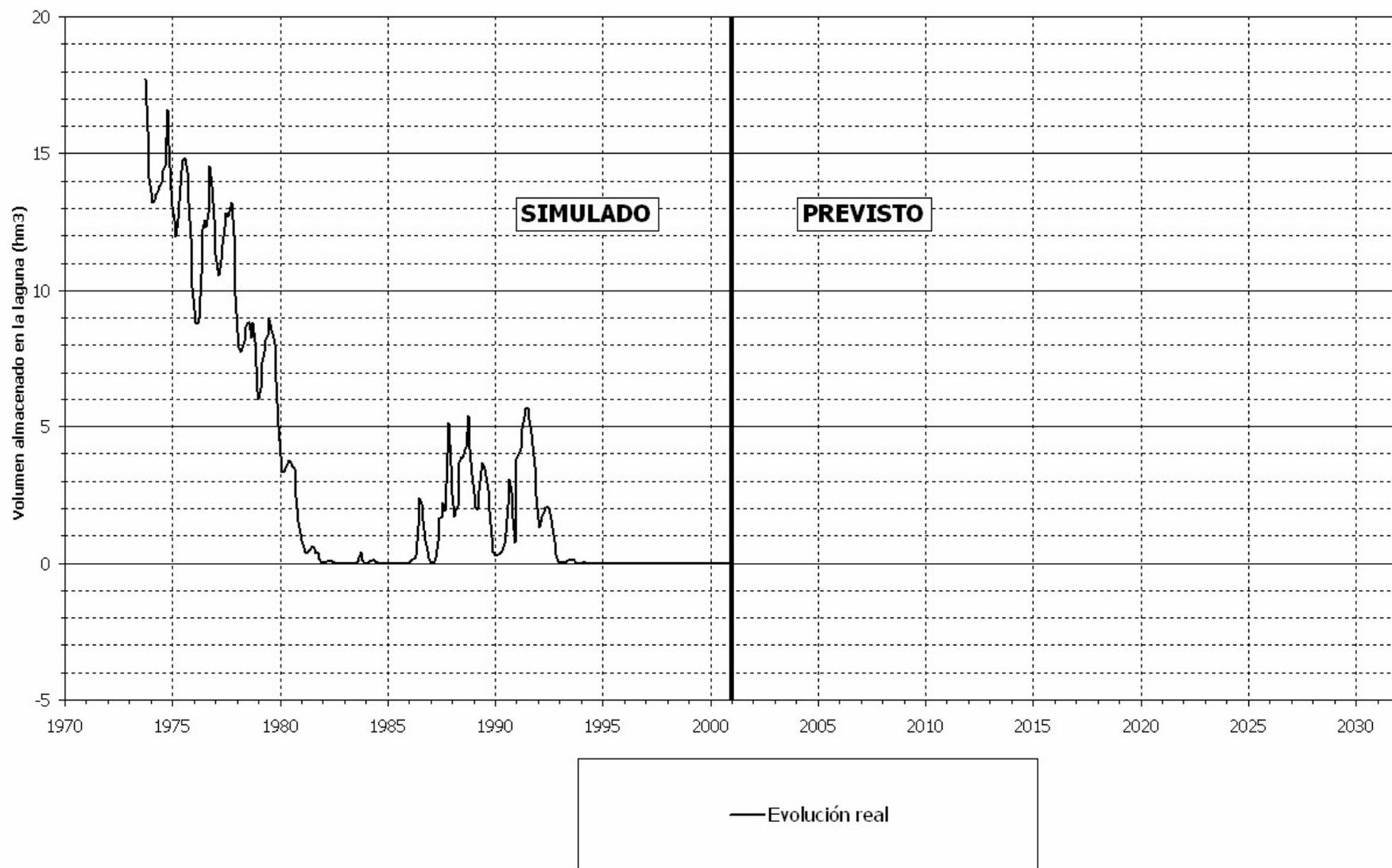
Periodo 1970-2001	Periodo 2001-2032
Con bombeo	Con bombeo *
Con bombeo	Sin bombeo
Sin bombeo	Sin bombeo

** Serie de extracciones igual al periodo anterior*

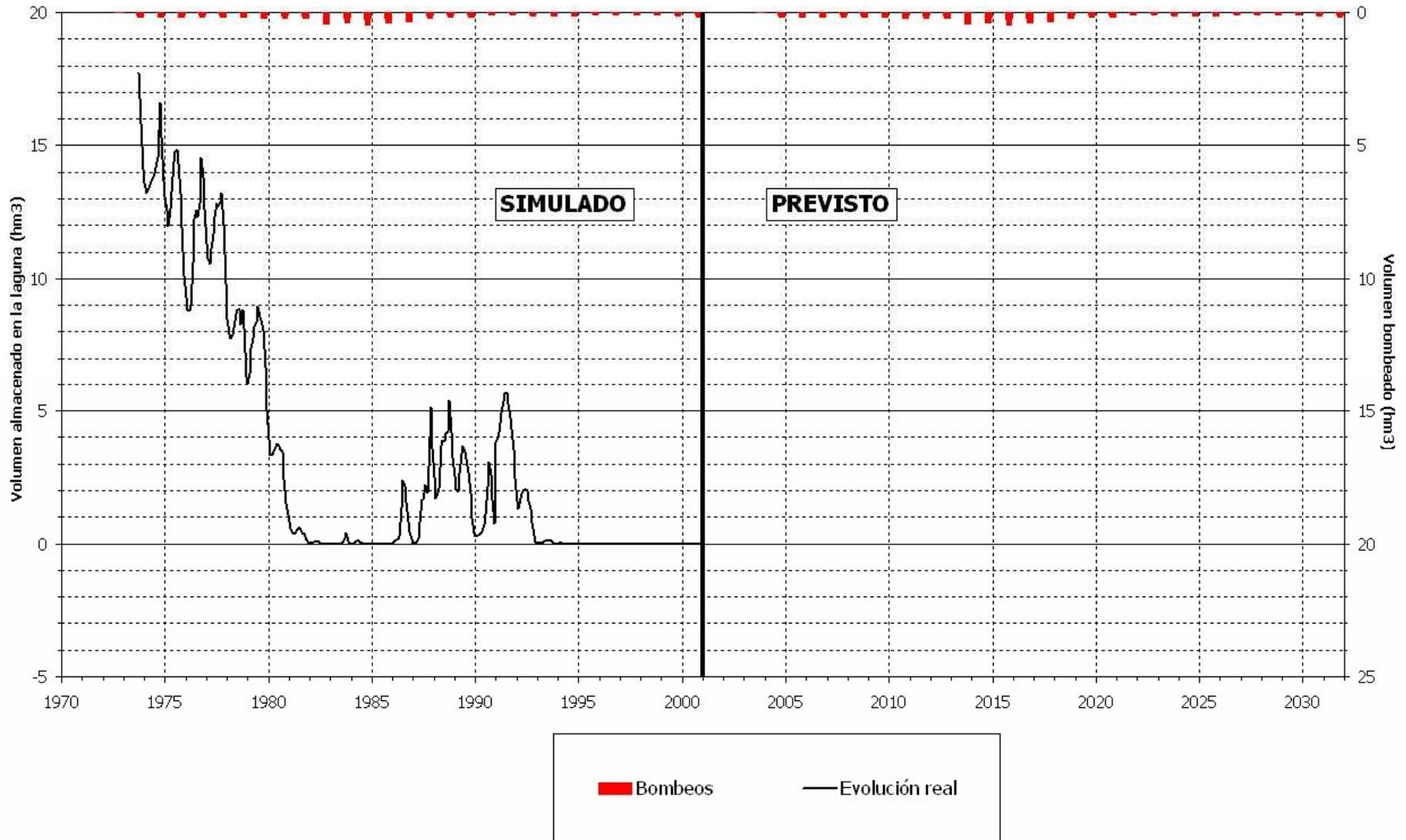
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



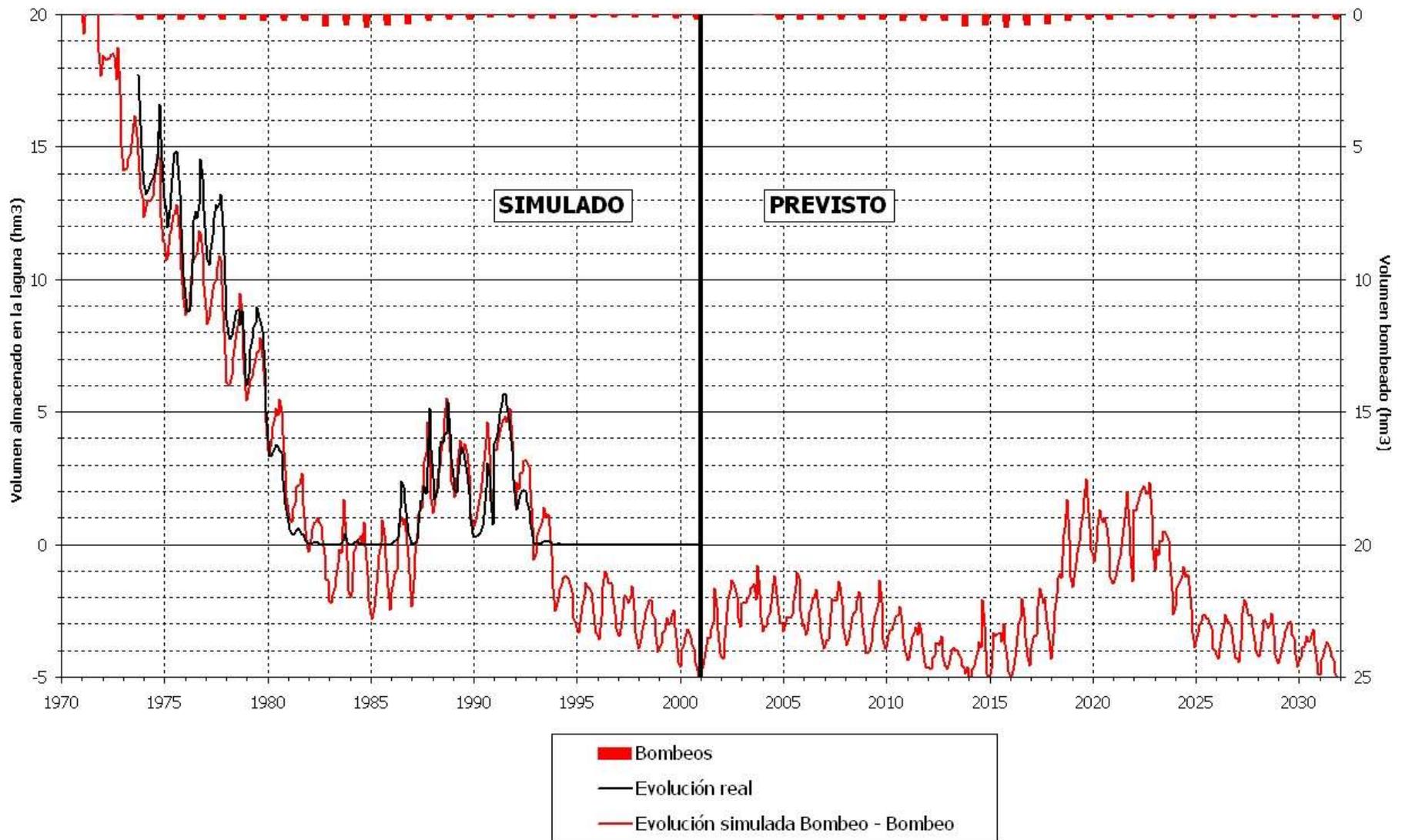
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



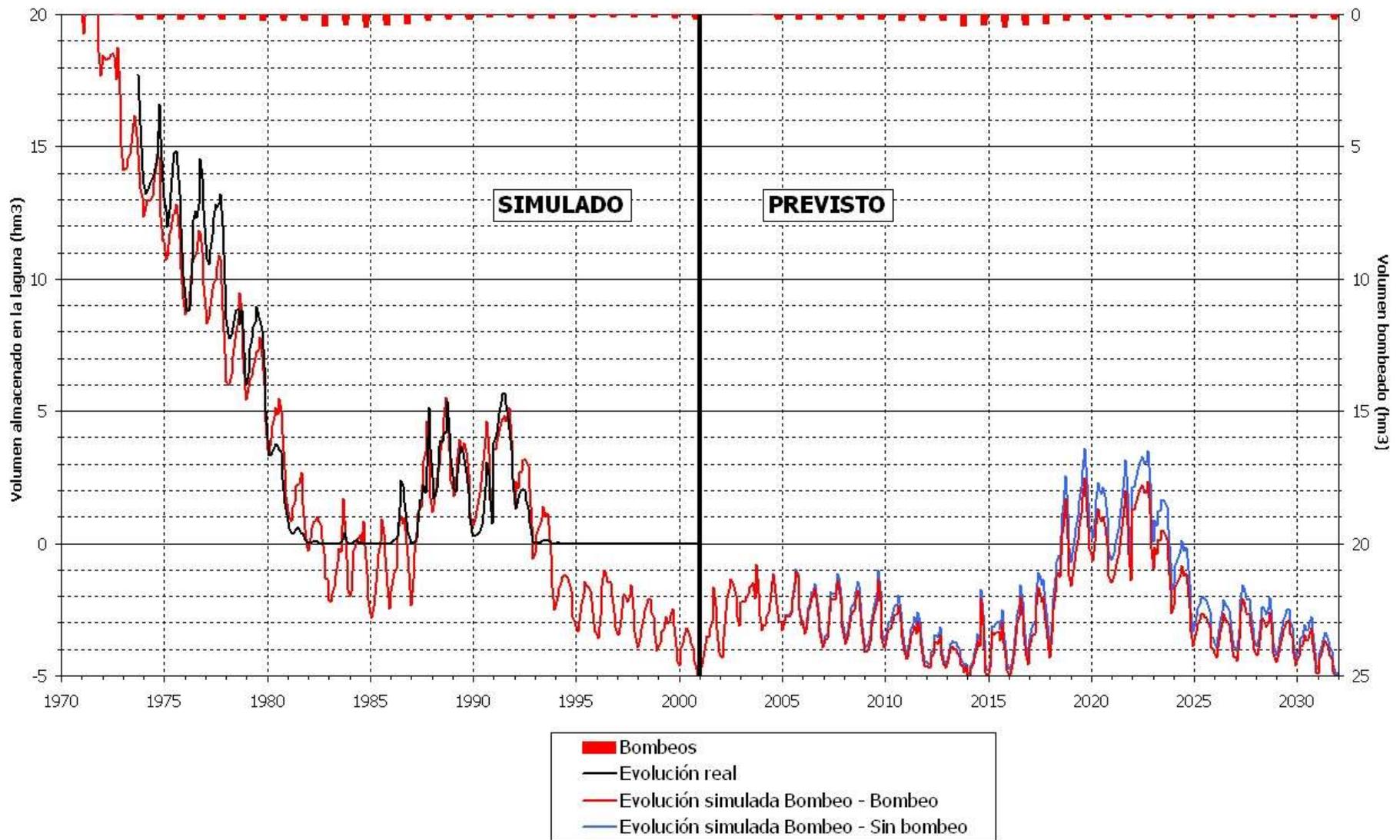
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



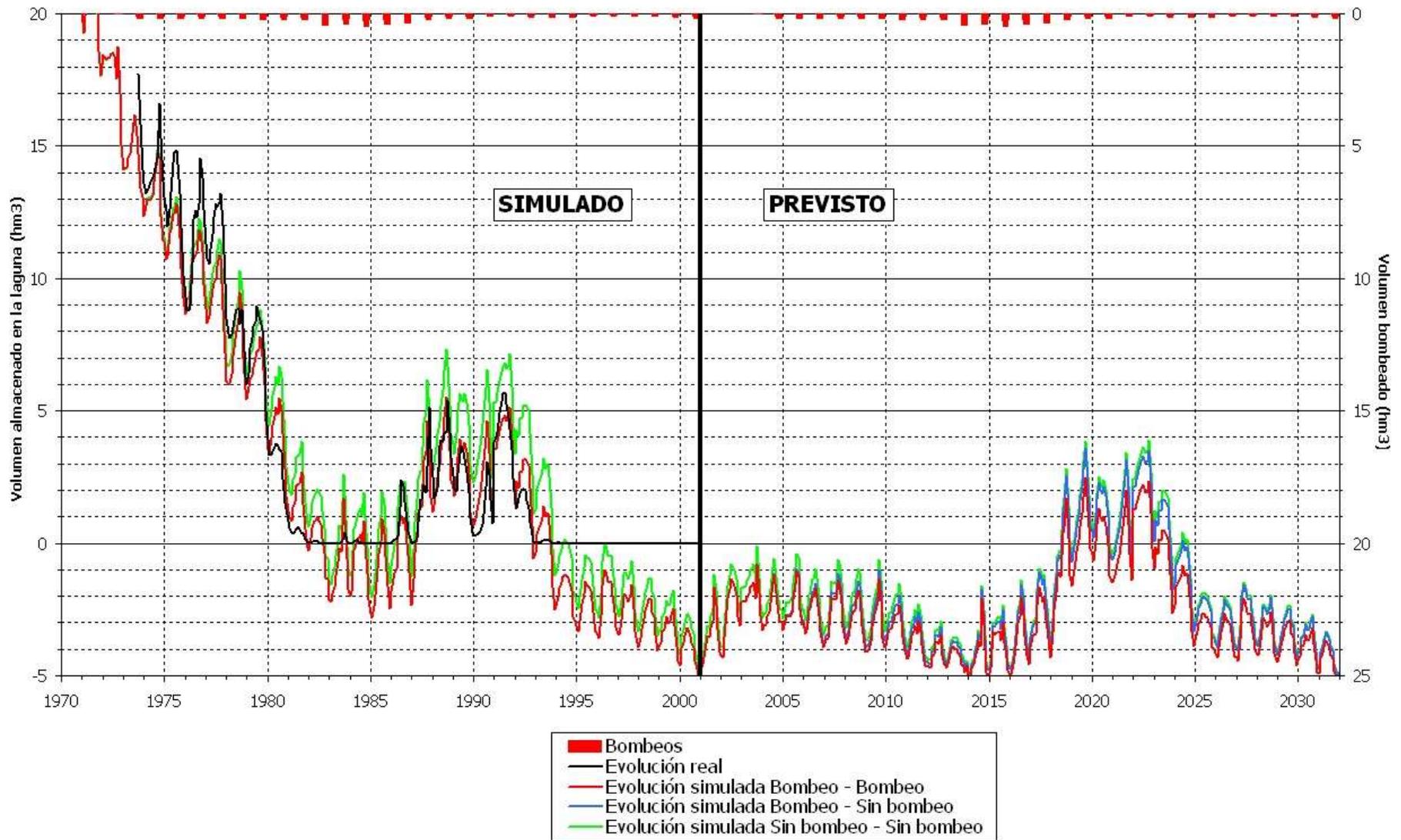
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



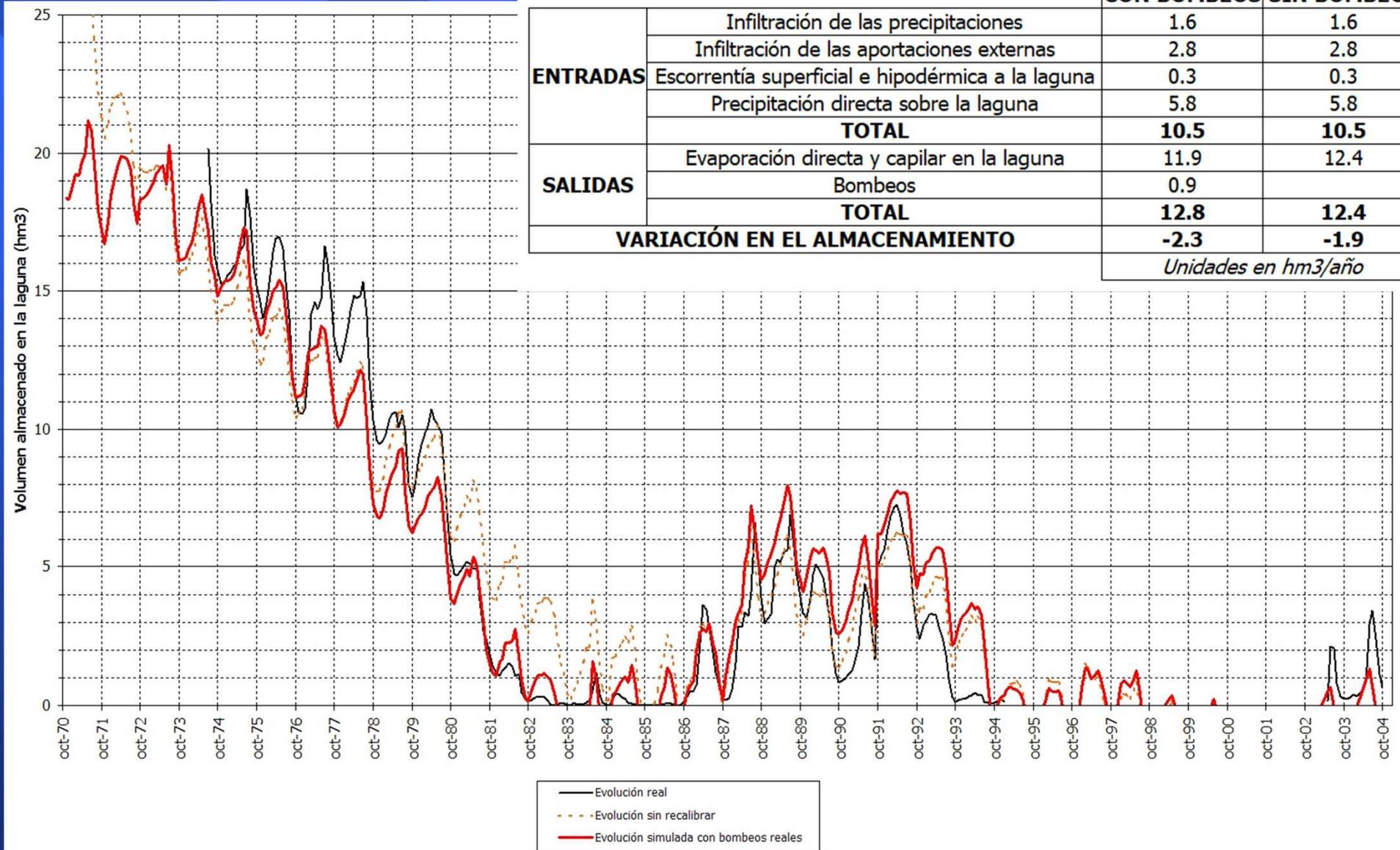
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta

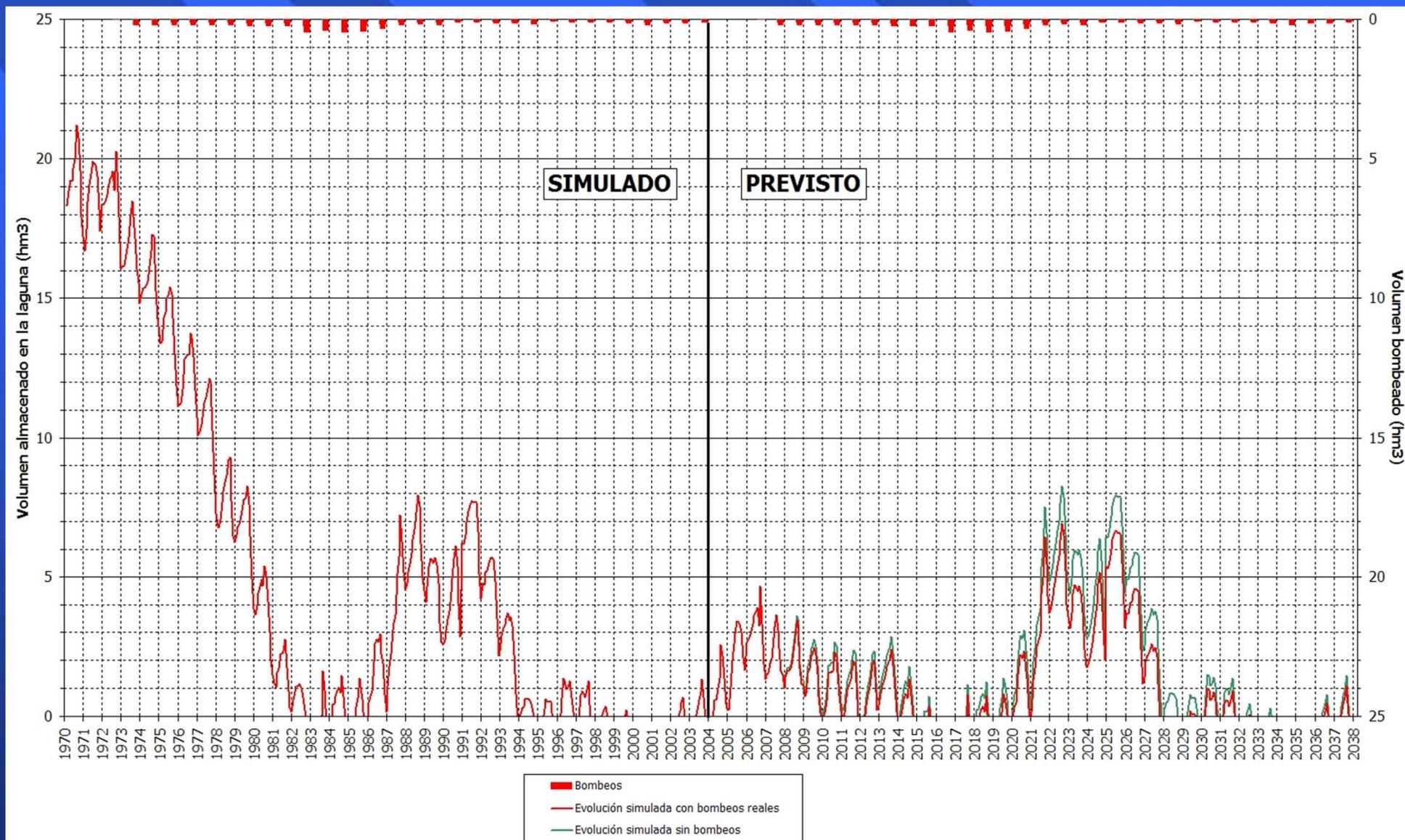


Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta

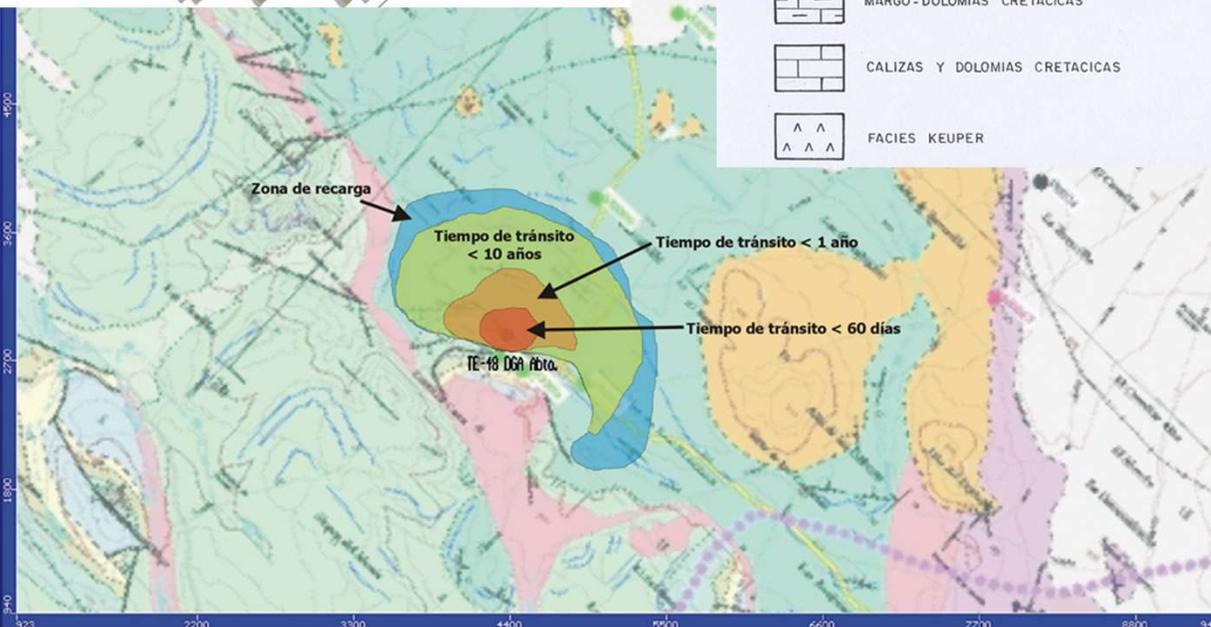
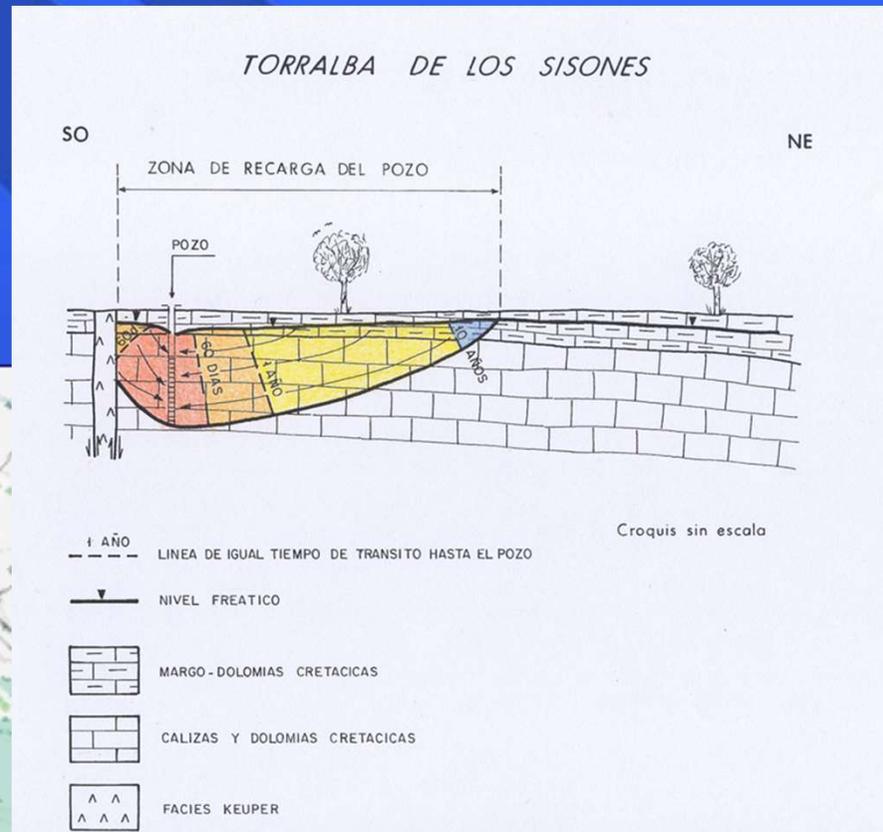
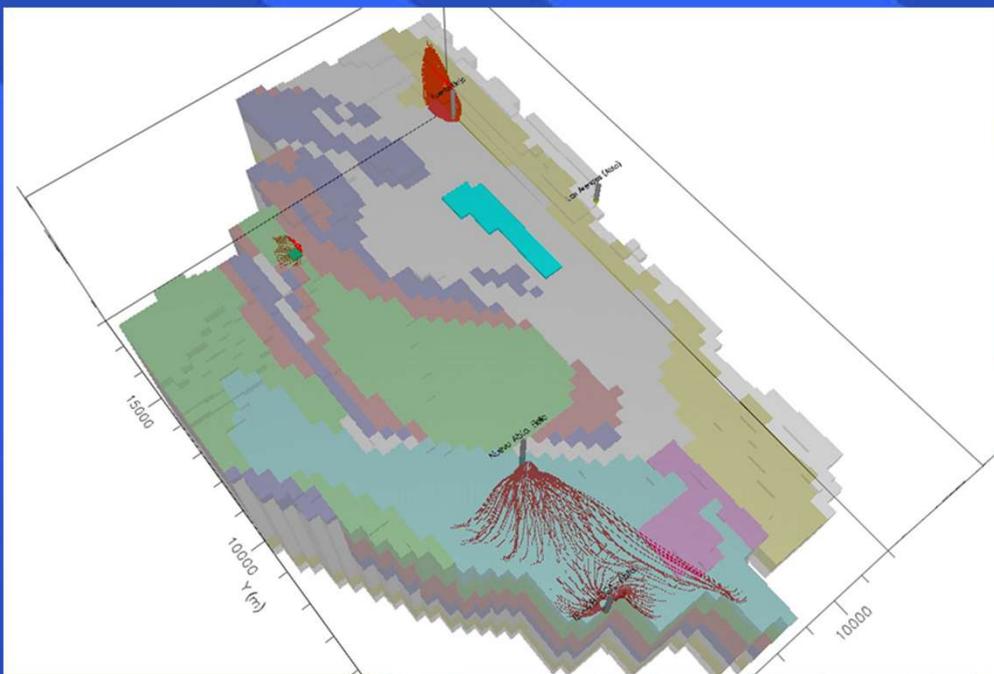


Recalibración para la serie 1970-2004



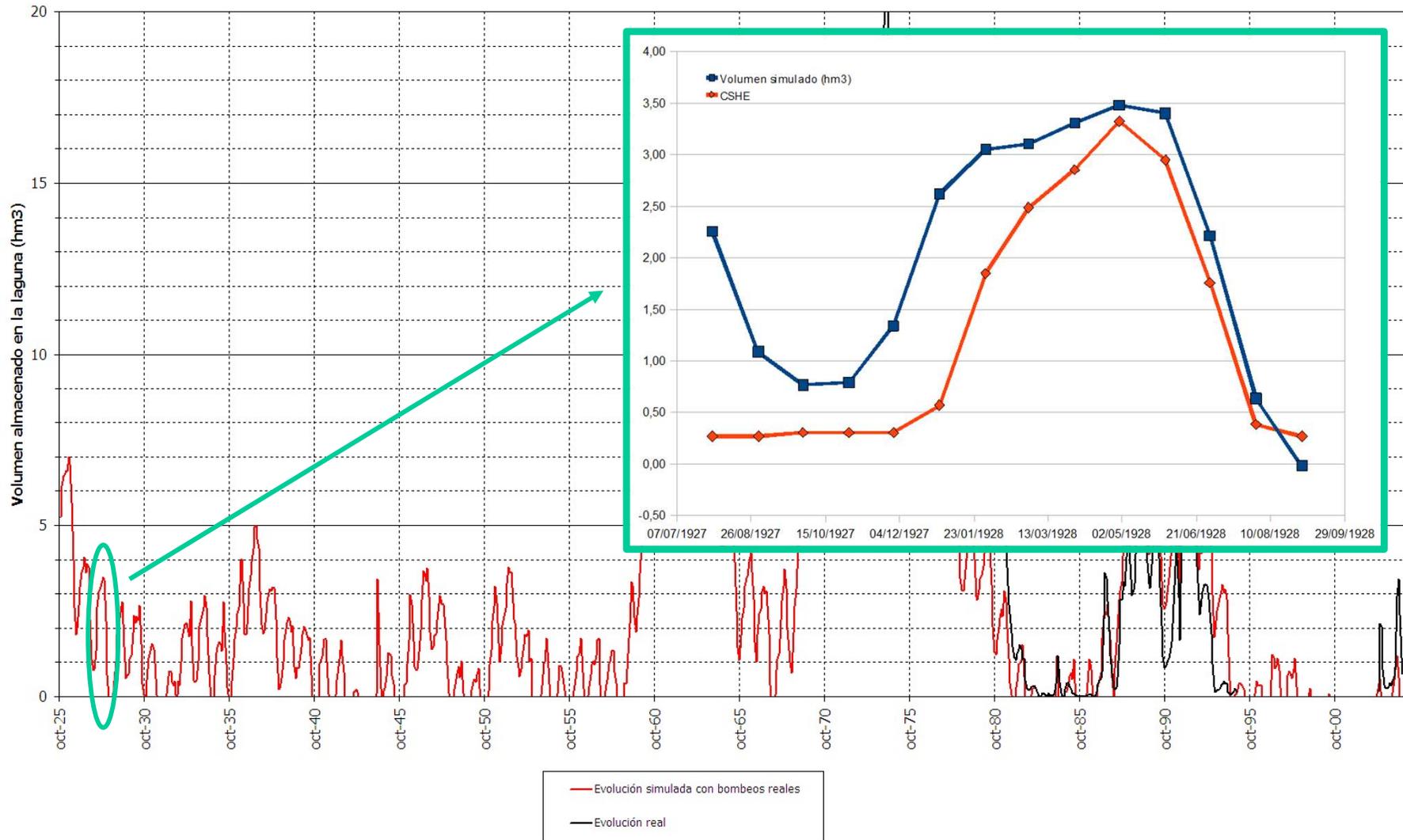


Perímetros de protección de captaciones



Ampliación de la serie hasta 1925

Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



Conclusiones

- Importancia de un **adecuado conocimiento geológico** del medio (cartografía geológica, interpretación de sondeos, etc.) para establecer el **marco de referencia** en el que integrar las variables hidrológicas.
- Importancia de la **instrumentación** y de la **recolección de datos** para la obtención de **series representativas de variables hidrológicas** (estación meteorológica, estaciones de aforos en barrancos, piezometría, nivelación, etc.). Necesidad de continuar con las medidas de cara a futuras revisiones del modelo.
- Únicamente un **modelo numérico** de flujo es capaz de **reproducir y comprobar** las diferentes **hipótesis** de funcionamiento establecidas y valorarlas **cuantitativamente**.
- El modelo numérico de flujo realizado permitió **cuantificar** la **afección** que los **bombes** habían provocado sobre el **régimen natural** de la laguna de Gallocanta.

Conclusiones

- La **inexistencia de bombeos** durante los 31 años simulados **no** habría provocado que la laguna hubiese mantenido una **lámina de agua** durante un periodo de **tiempo** significativamente **mayor**.
- Como consecuencia de los **bombeos**, el **volumen** de agua almacenado en la laguna se **reduce** en aquellos periodos de tiempo en los que la laguna **presenta agua**, aunque esta reducción **no** es **simultánea** ni **directamente proporcional** al volumen de las **extracciones**.
- El **modelo** de simulación de flujo realizado constituye una **herramienta imprescindible** para valorar cualquier planteamiento de **gestión de los recursos hídricos** de la U. H. Gallocanta.
- Un modelo de flujo no debe considerarse como una logro “estático”, si no como una **herramienta susceptible de actualización y mejora** a medida que se disponga de nuevos datos o se incremente el conocimiento del acuífero.

***Muchas gracias
por su
atención***