

La laguna de Gallocanta

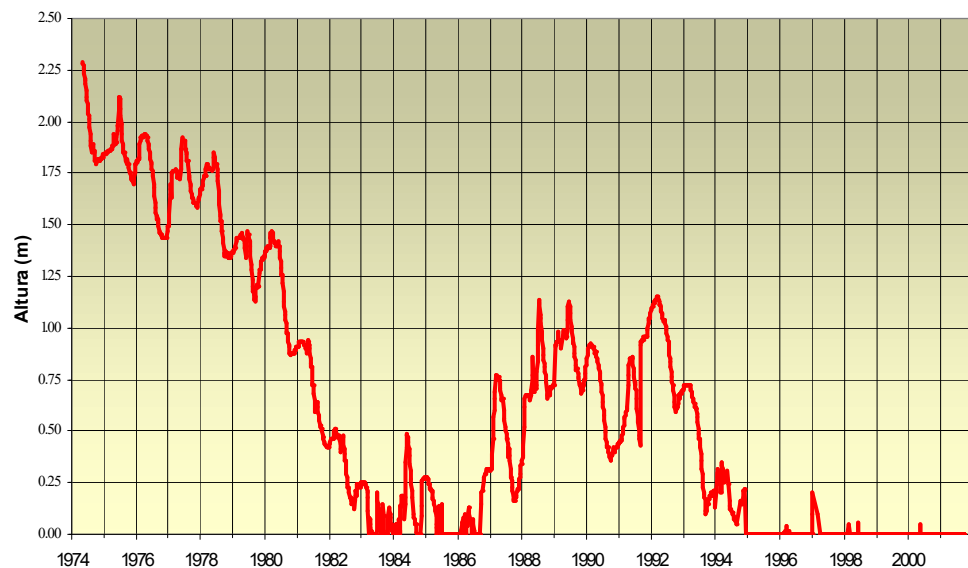
La laguna de Gallocanta ocupa el fondo de una gran depresión endorreica (536 km²).

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.

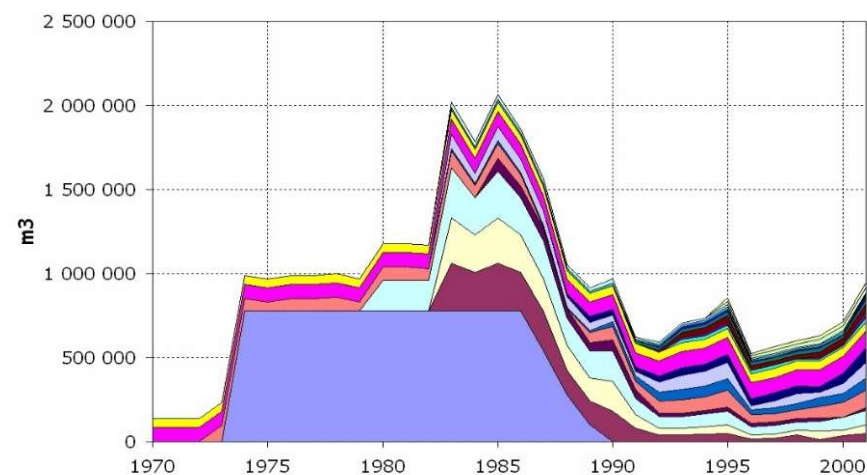
NIVEL DE AGUA EN LA LAGUNA DE GALLOCANTA



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)

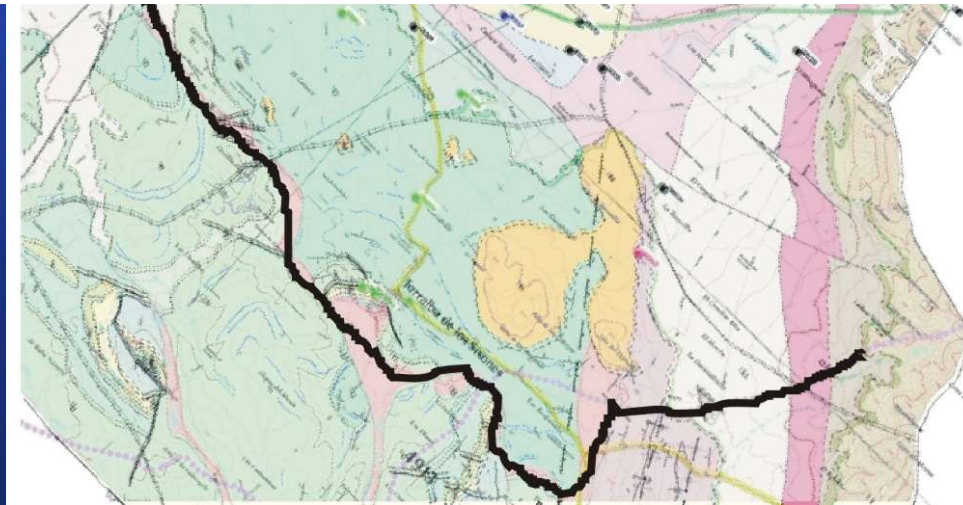
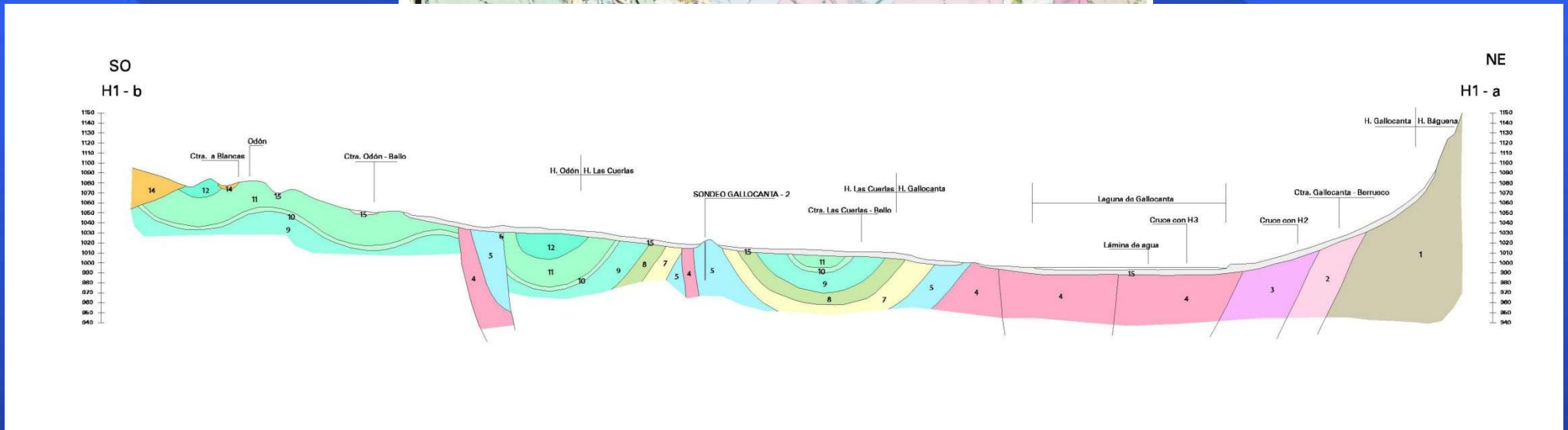
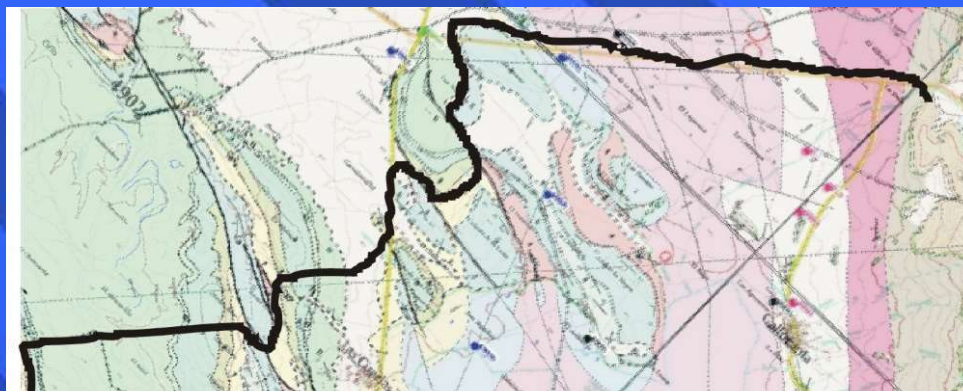
CARMEN COSTA ALANDÍ (Hidrogeóloga, CHE)

VICTOR ARQUED ESQUÍA (Hidrogeólogo, CHE)

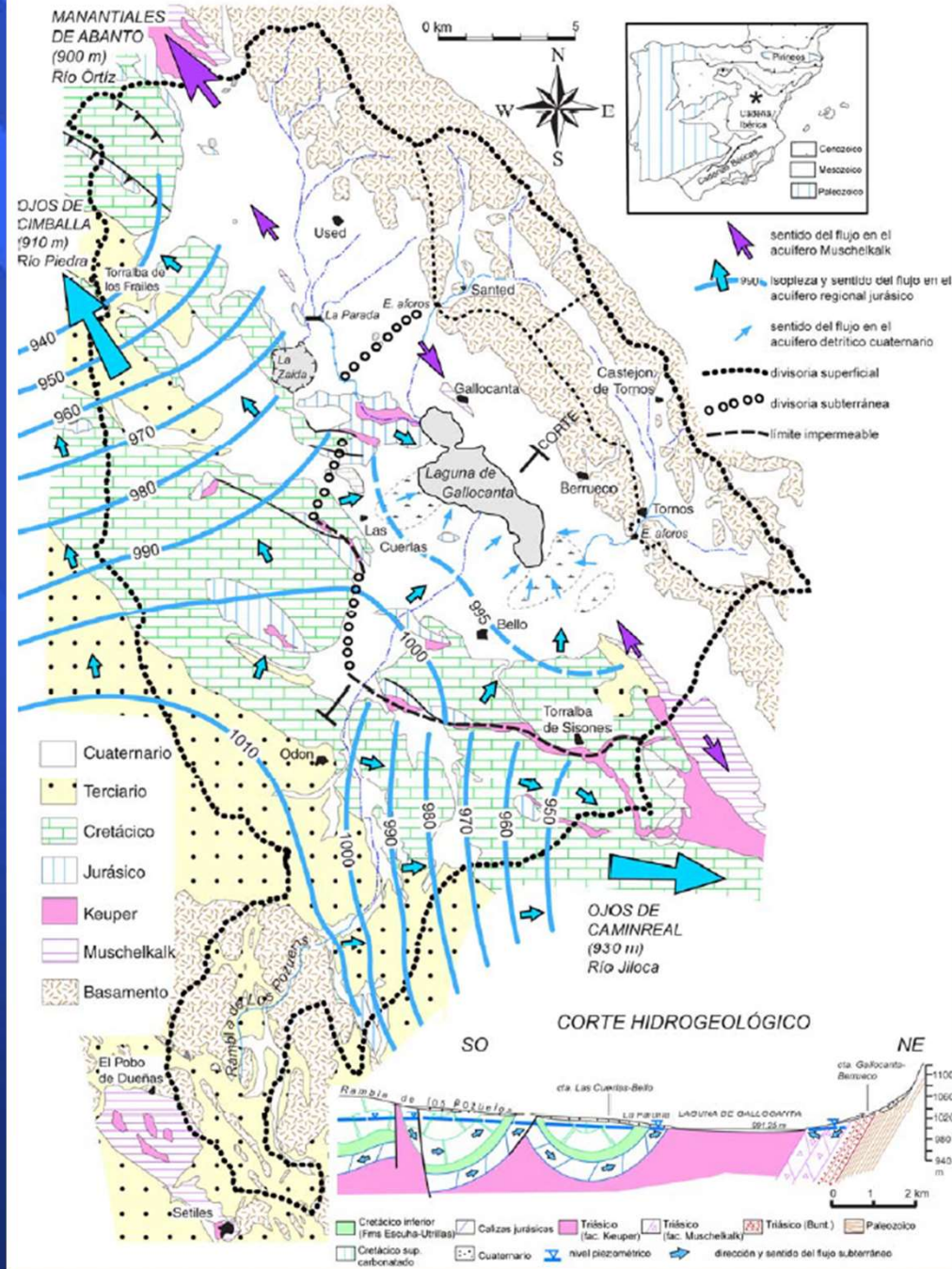
ANTONIO AZCÓN AGUILAR (Hidrogeólogo, IGME)

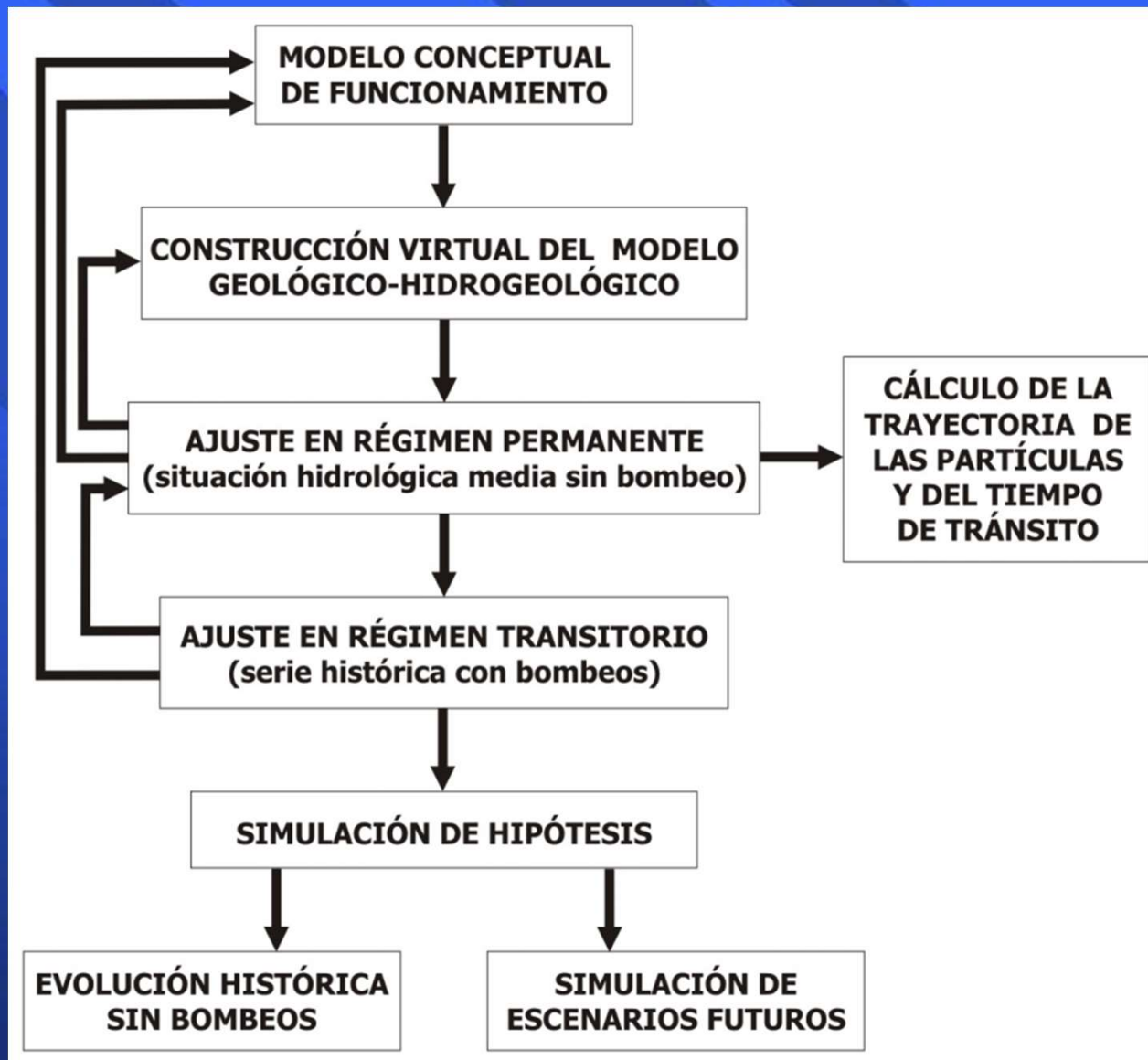
Otras colaboraciones a destacar:

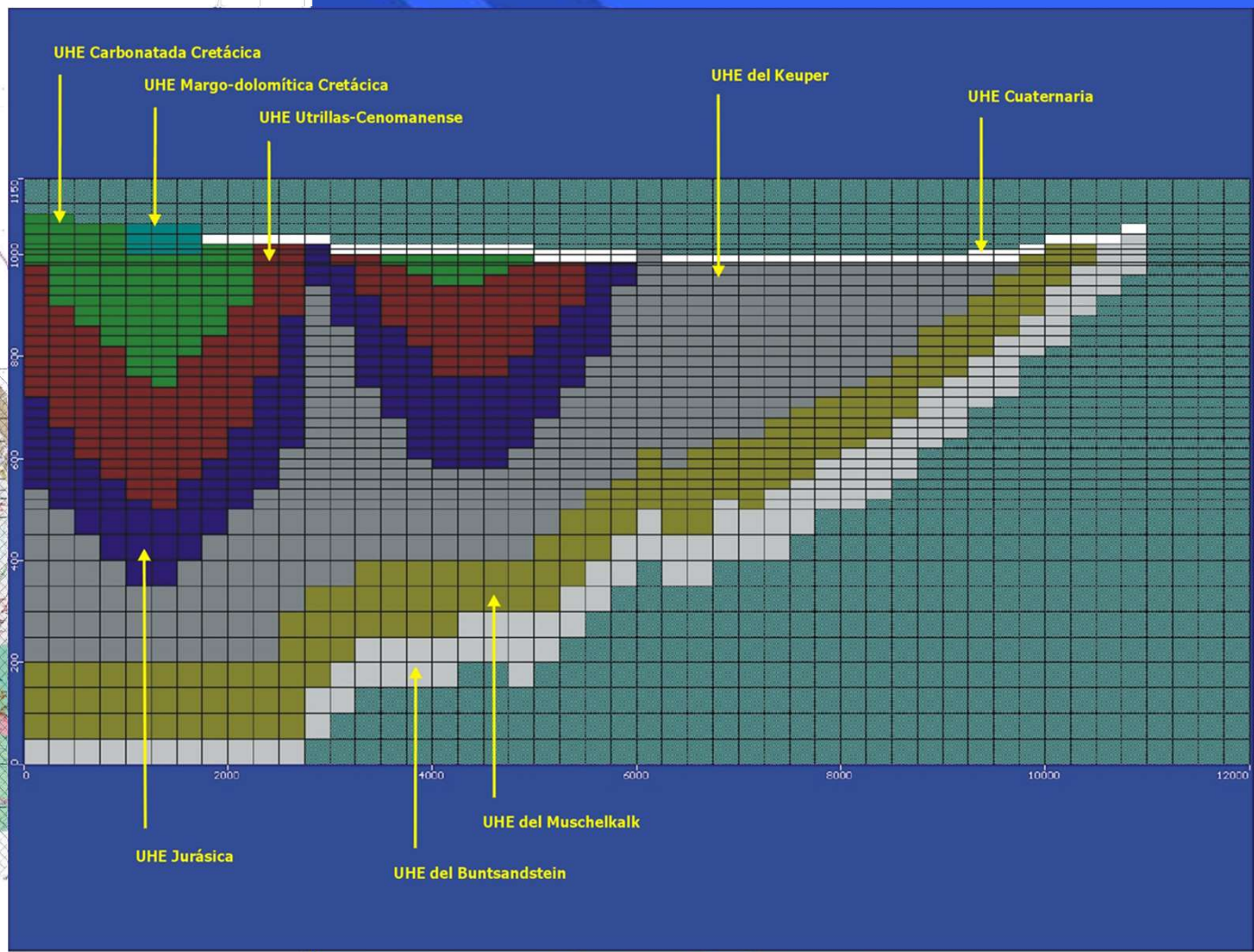
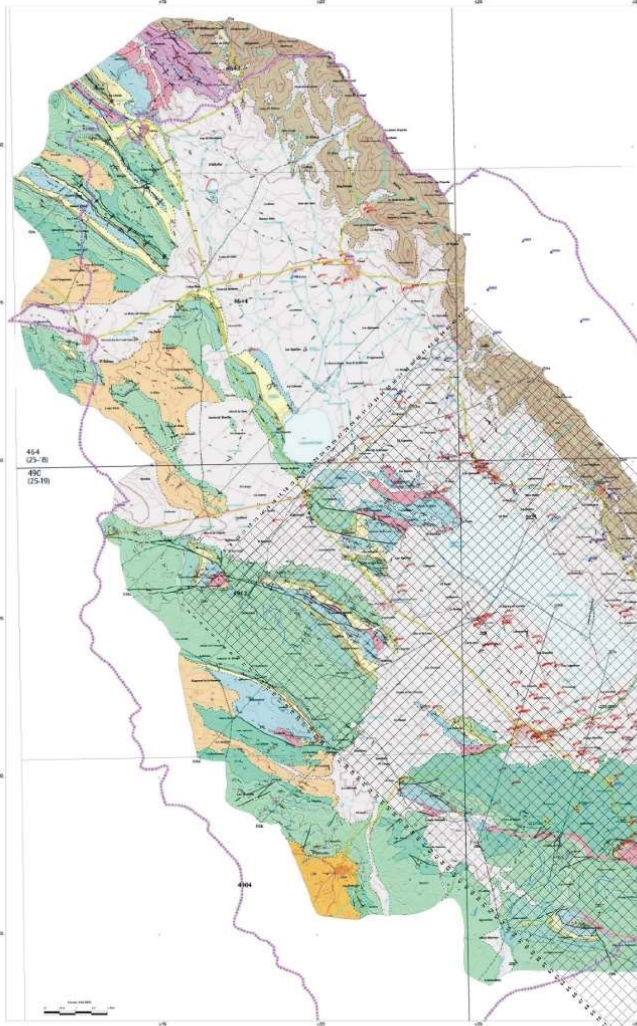
ANTONIO MARTÍNEZ COB (CSIC)



MAPA HIDROGEOLÓGICO DE LA CUENCA ENDORREICA DE GALLOCANTA







CUATERNARIO		CRETÁCICO		JURÁSICO		TRIÁSICO		PERMIANO		CARBÓNICO		DEVÓNICO	
Q4	Q3	C4	C3	J4	J3	T4	T3	P4	P3	C4	C3	D4	D3
Q4a	Q4b	C4a	C4b	J4a	J4b	T4a	T4b	P4a	P4b	C4a	C4b	D4a	D4b
Q4c	Q4d	C4c	C4d	J4c	J4d	T4c	T4d	P4c	P4d	C4c	C4d	D4c	D4d

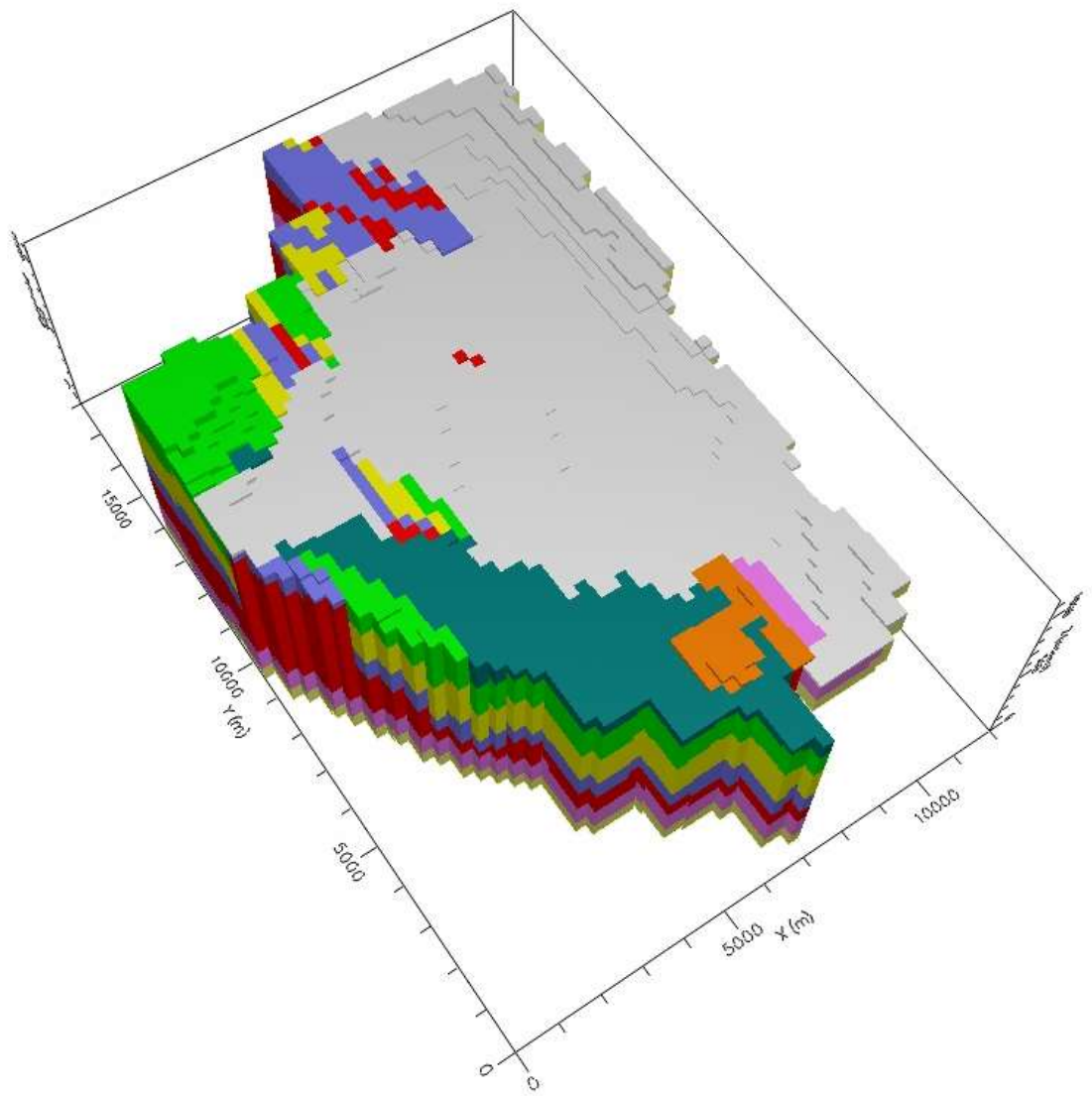
- LEYENDA**
- 11- Gravas cuarcíticas, arenas y limos silíceos.
 - 14- Arenillas roja con cantos y bloques cuarcíticos.
 - 15- Arenillas roja con bloques conglomeráticos silíceos y arena.
 - 12- Margas dolomíticas, dolomitas, calizas con sílex y dolomitas brechadas.
 - 16- Calizas y dolomitas.
 - 10- Calizas molibdas, margas y limos.
 - 9- Dolomitas y calizas.
 - 8- Margas, arenillas y calizas.
 - 7- Arenas conglomeráticas y arenillas, facies tuffitas.
 - 6- Dolomitas, calizas y margas (C. Cerasa). Libanotis.
 - 5- Dolomitas, brechas dolomíticas y arenillas (C. Cerasa de Sarnés) o -> dolomitas subterráneas - C. Sarnés.
 - 4- Arenillas y margas variadas, limos.
 - 3- Dolomitas, calizas, margas y arenillas.
 - 2- Conglomerados, arenillas y limos rojos.
 - 1- Cuarcitas, arenillas y arenas (C. Sarnés), Cuarcita Amorrucana.

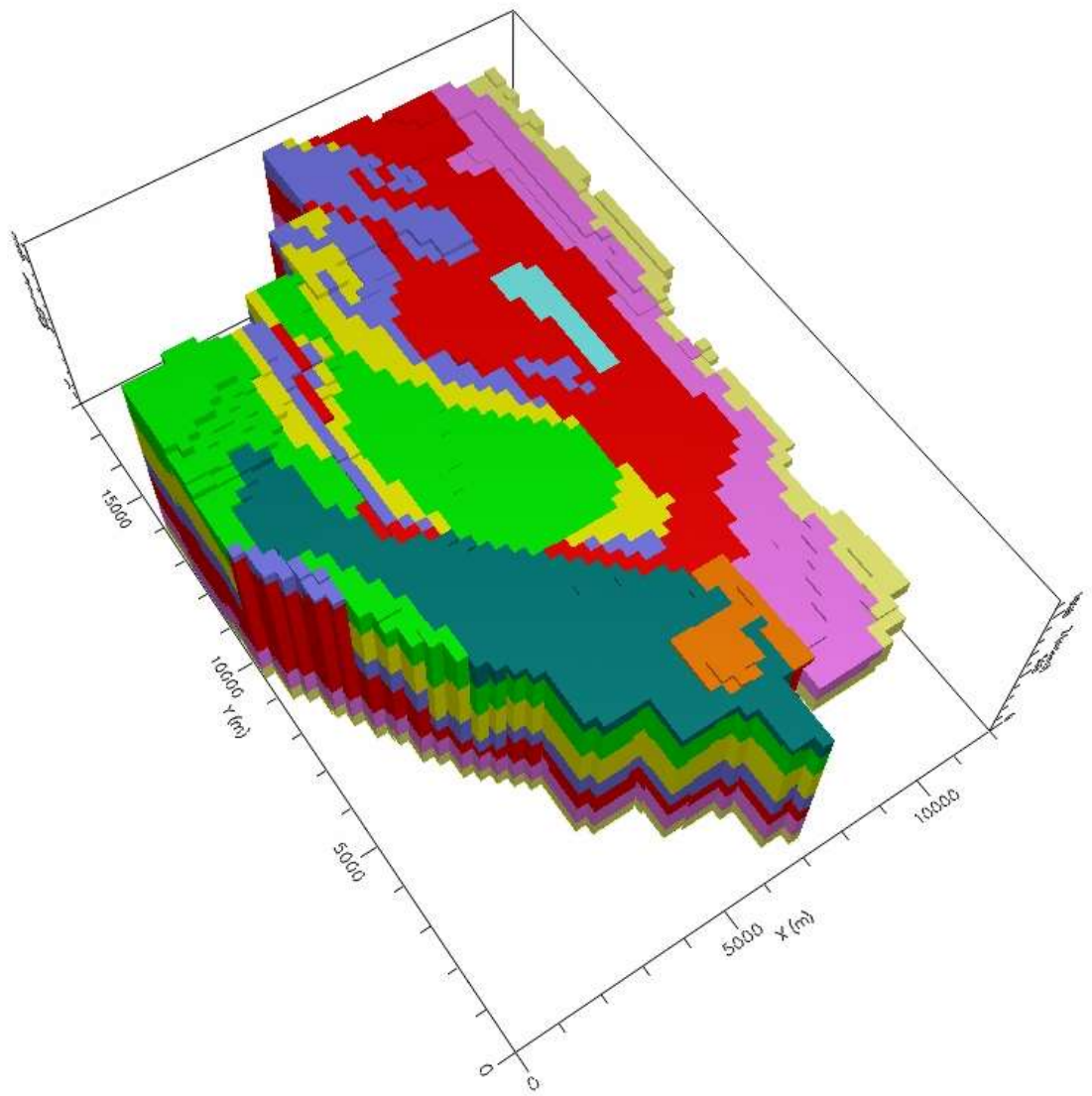
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE
CONFIGURACIÓN HIERARQUICA DEL TERRO

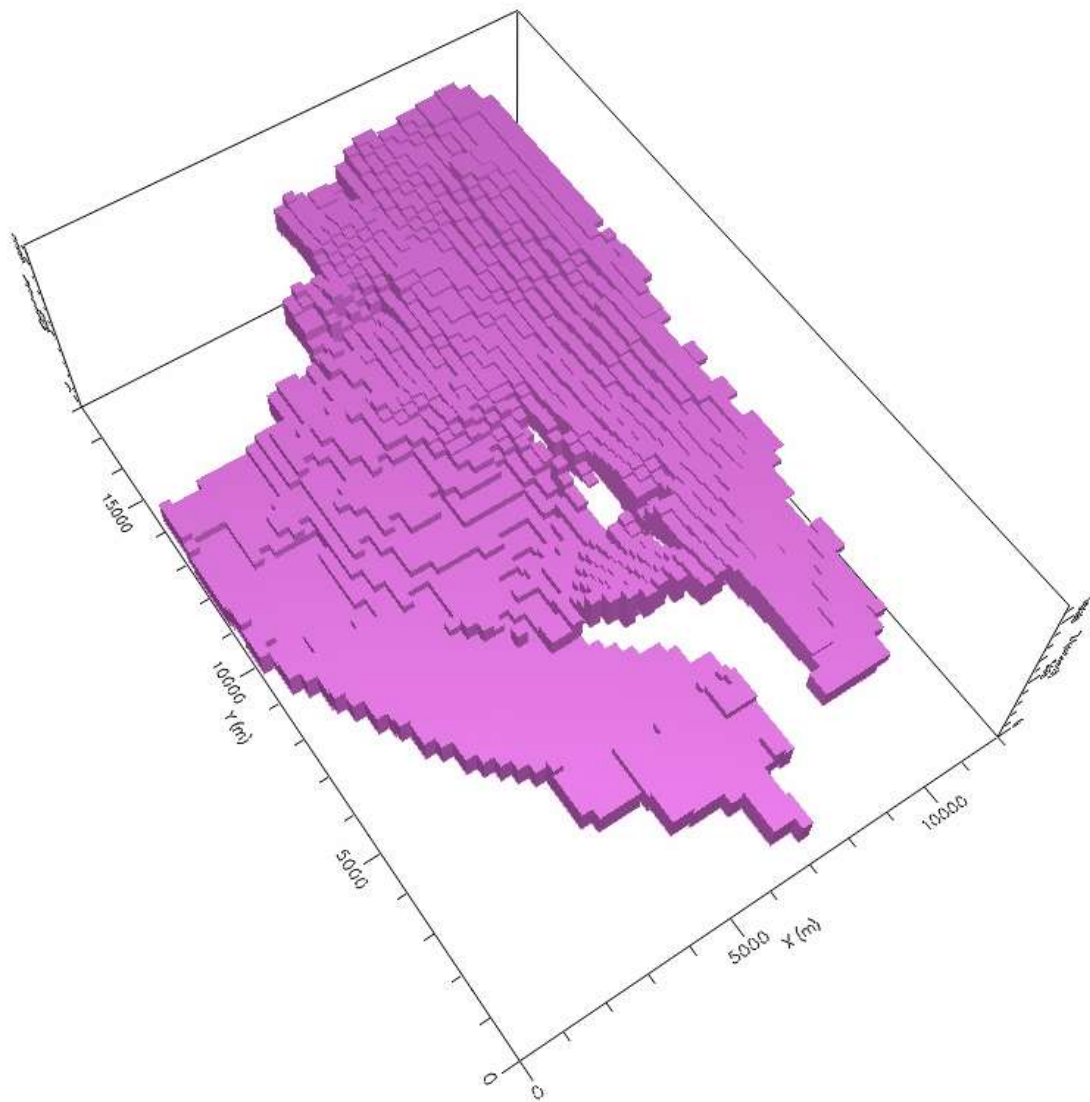
ESTABLECIMIENTO DE LAS NORMAS DE EXPLOTACIÓN DE LA LAGUNA CALIZADANTA Y LA DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN DE LA LAGUNA

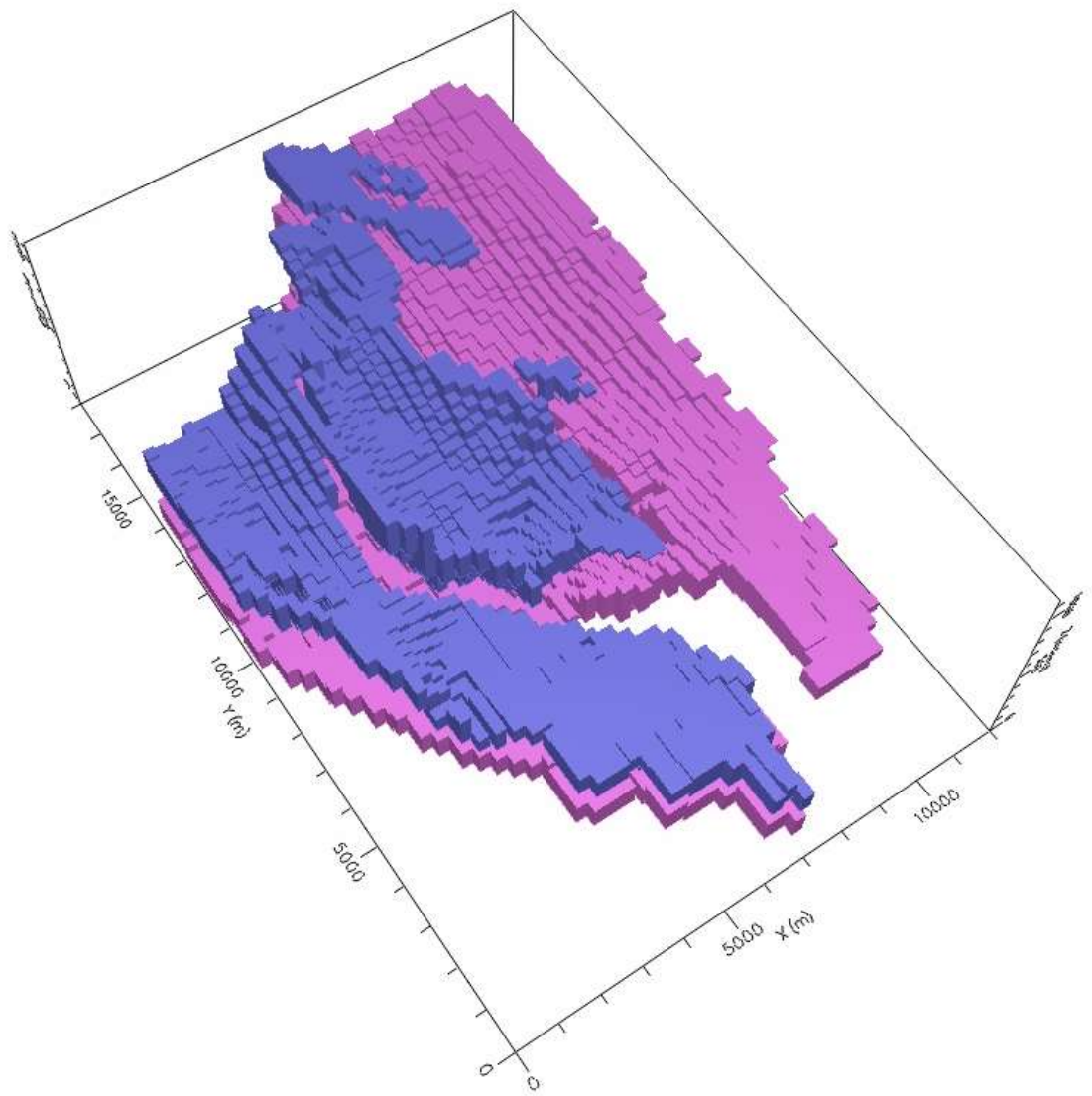
MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA DE CALIZADANTA

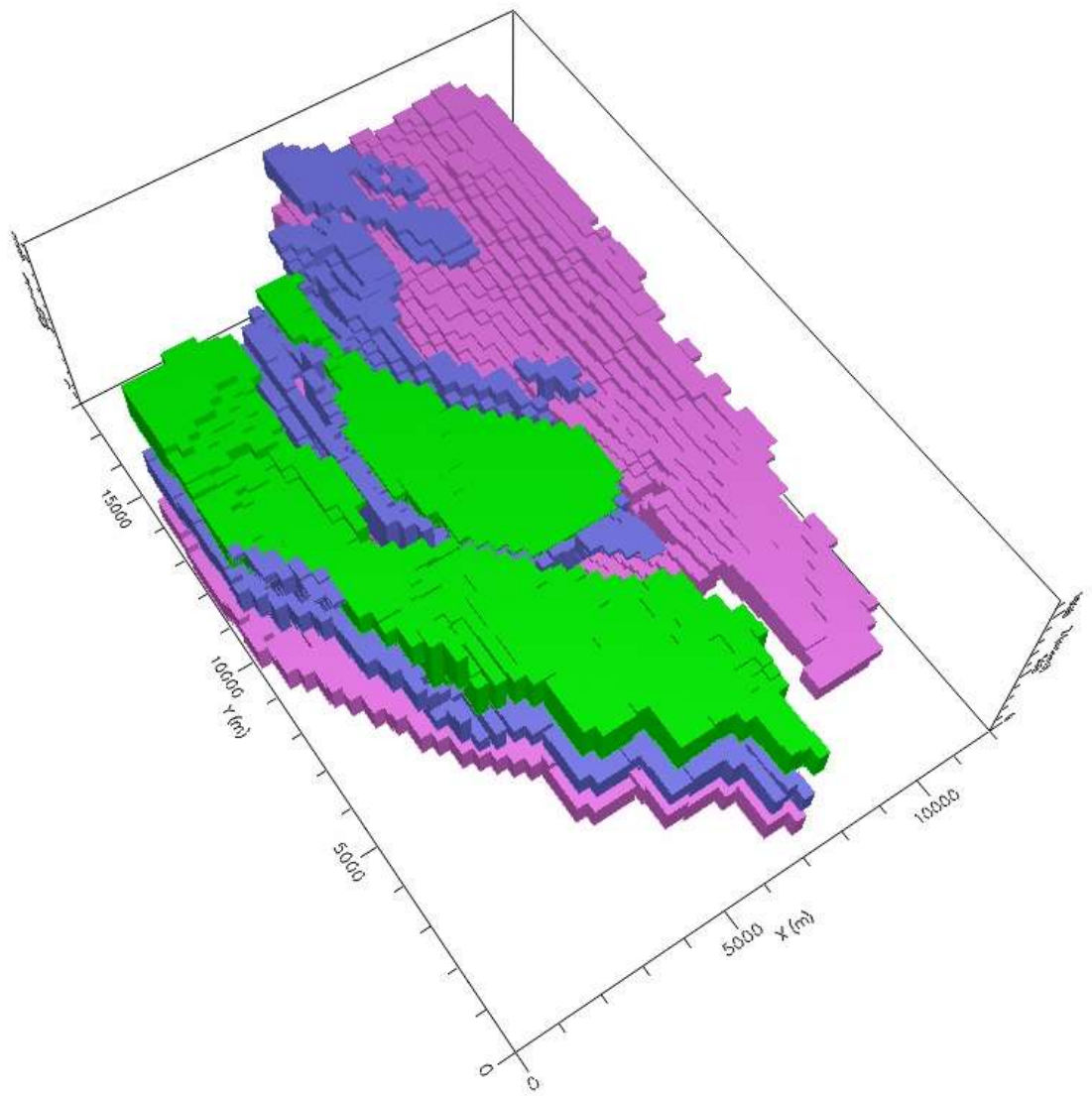
Figura 9.2. Malla adoptada

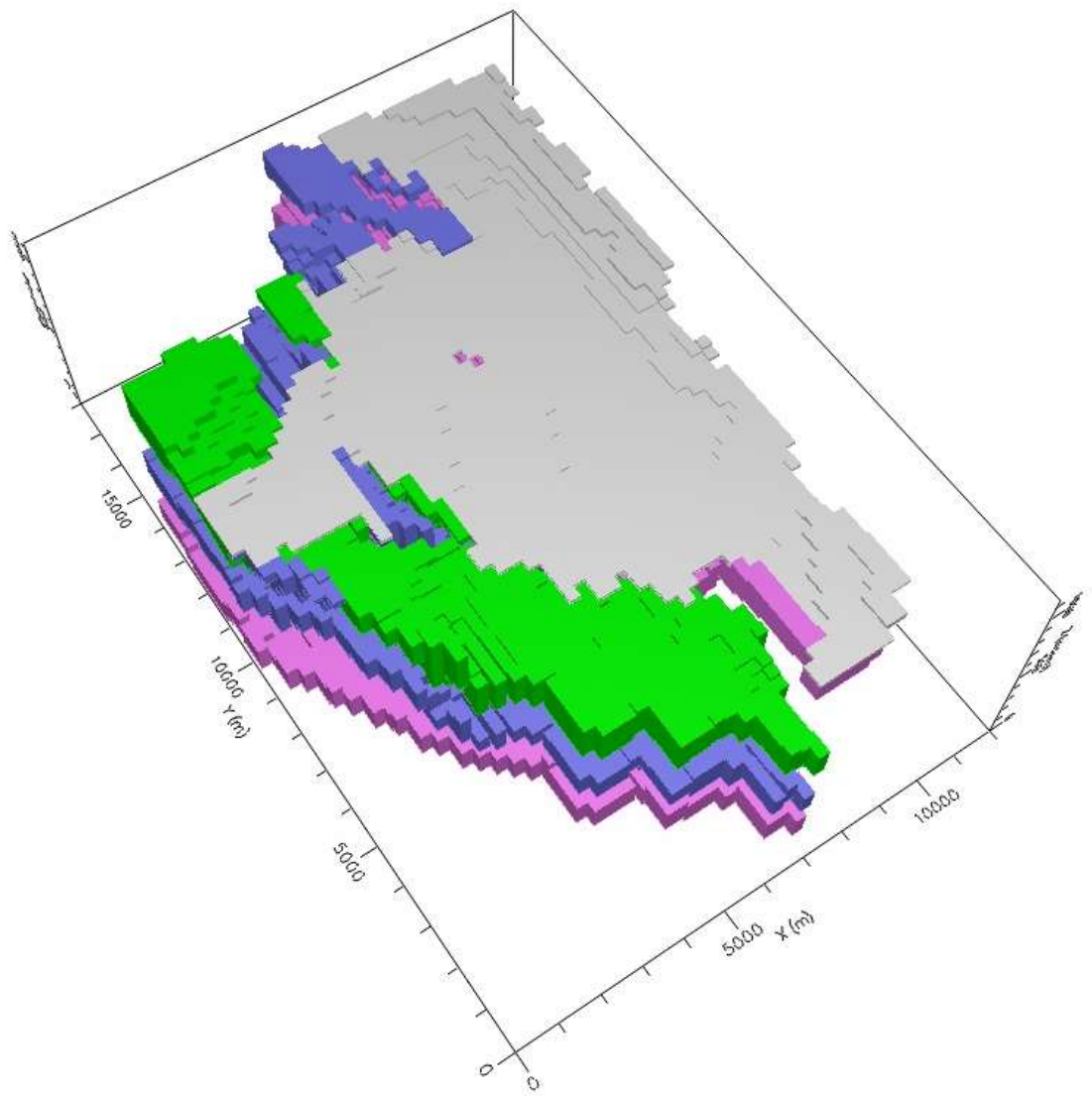












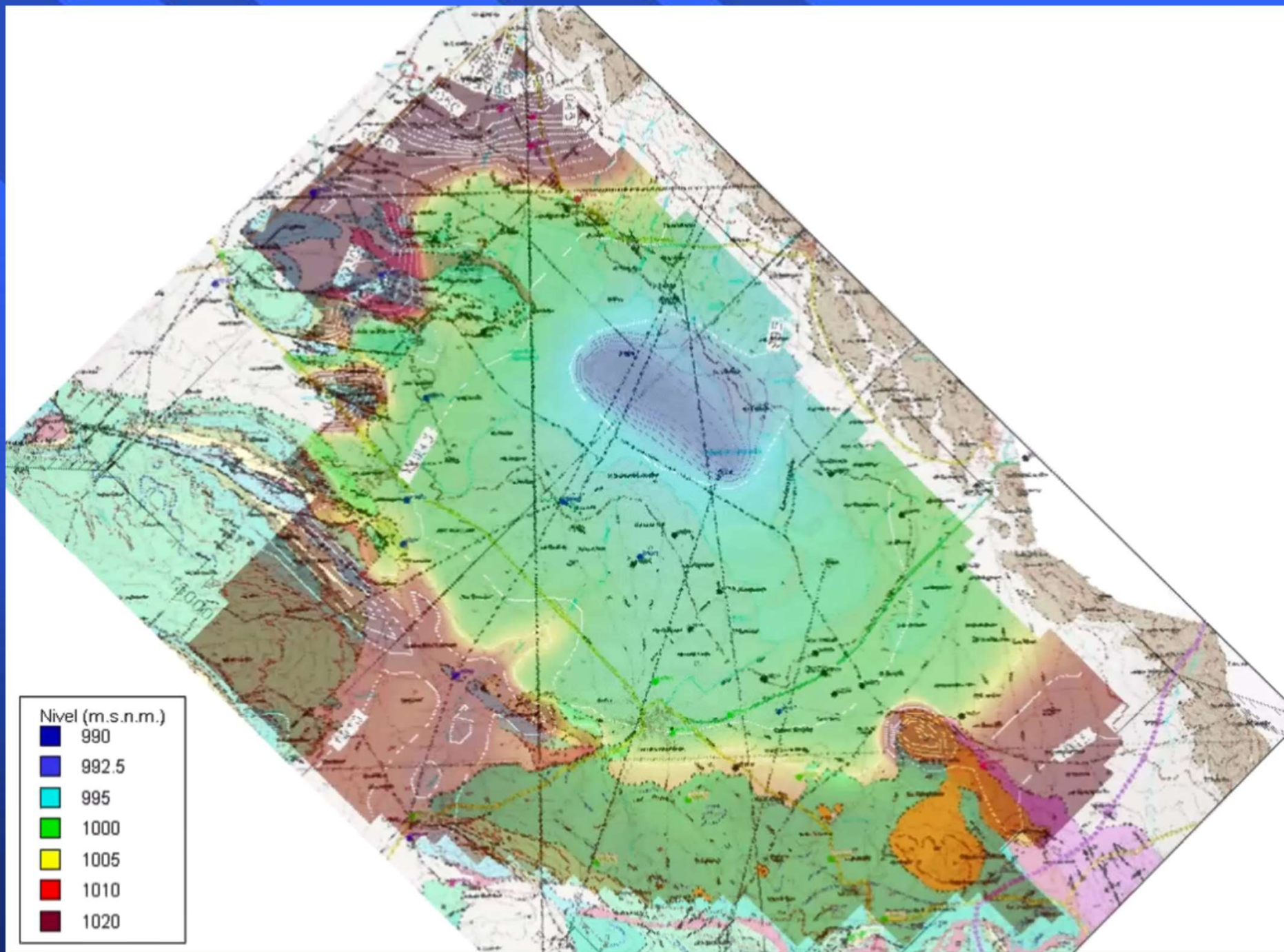
Ajuste en régimen permanente

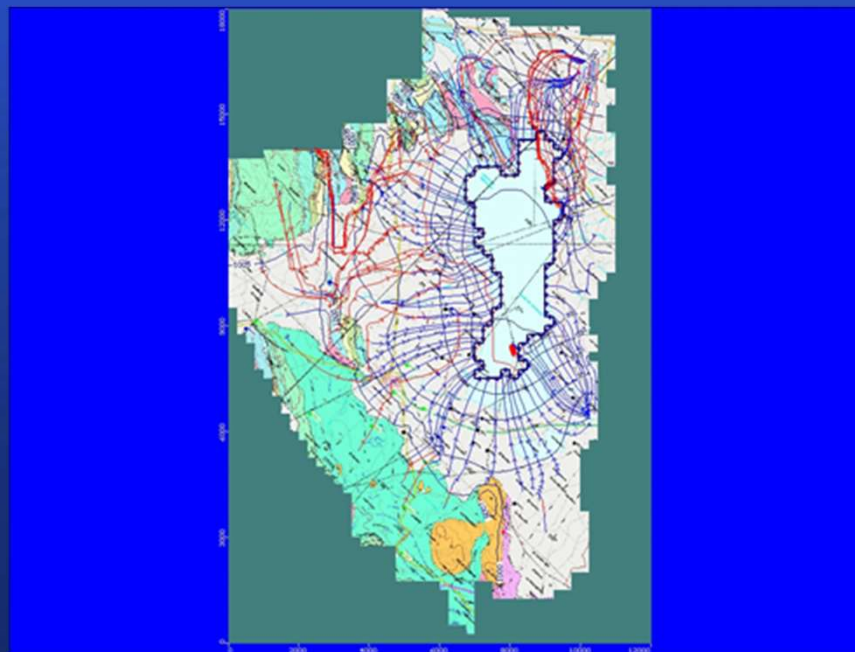
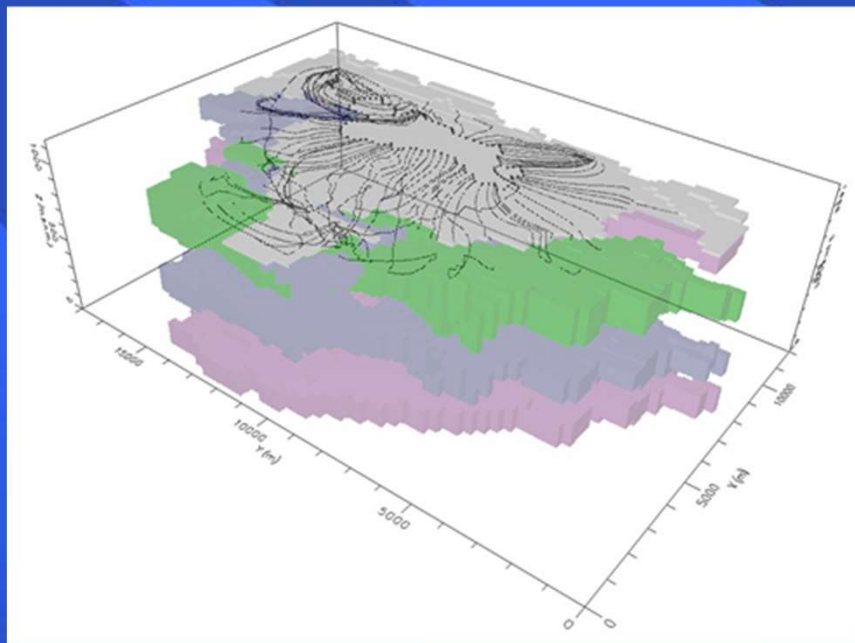
Se trataba de reproducir una situación hidrológica “media” en la Unidad Hidrogeológica.

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

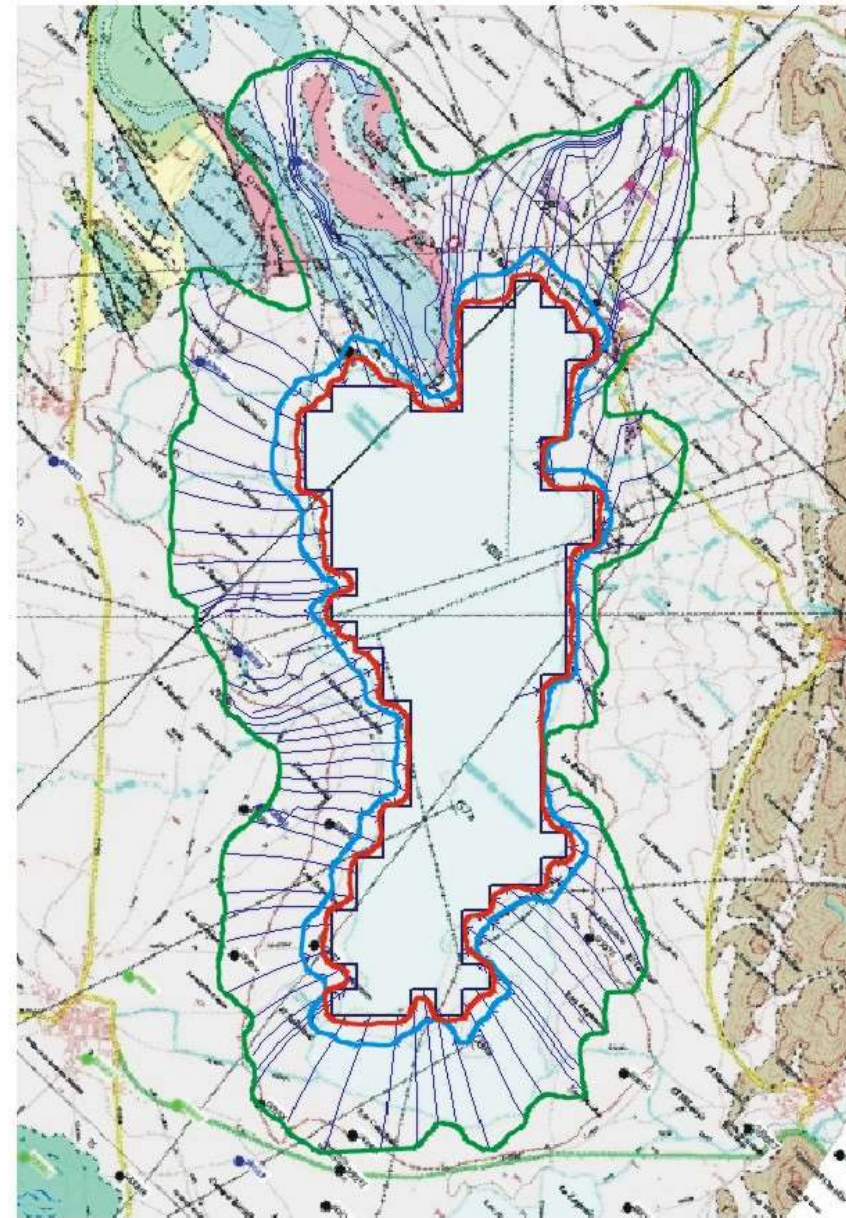
Una vez efectuado el ajuste en régimen transitorio, se recalibró el modelo en régimen permanente.

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.

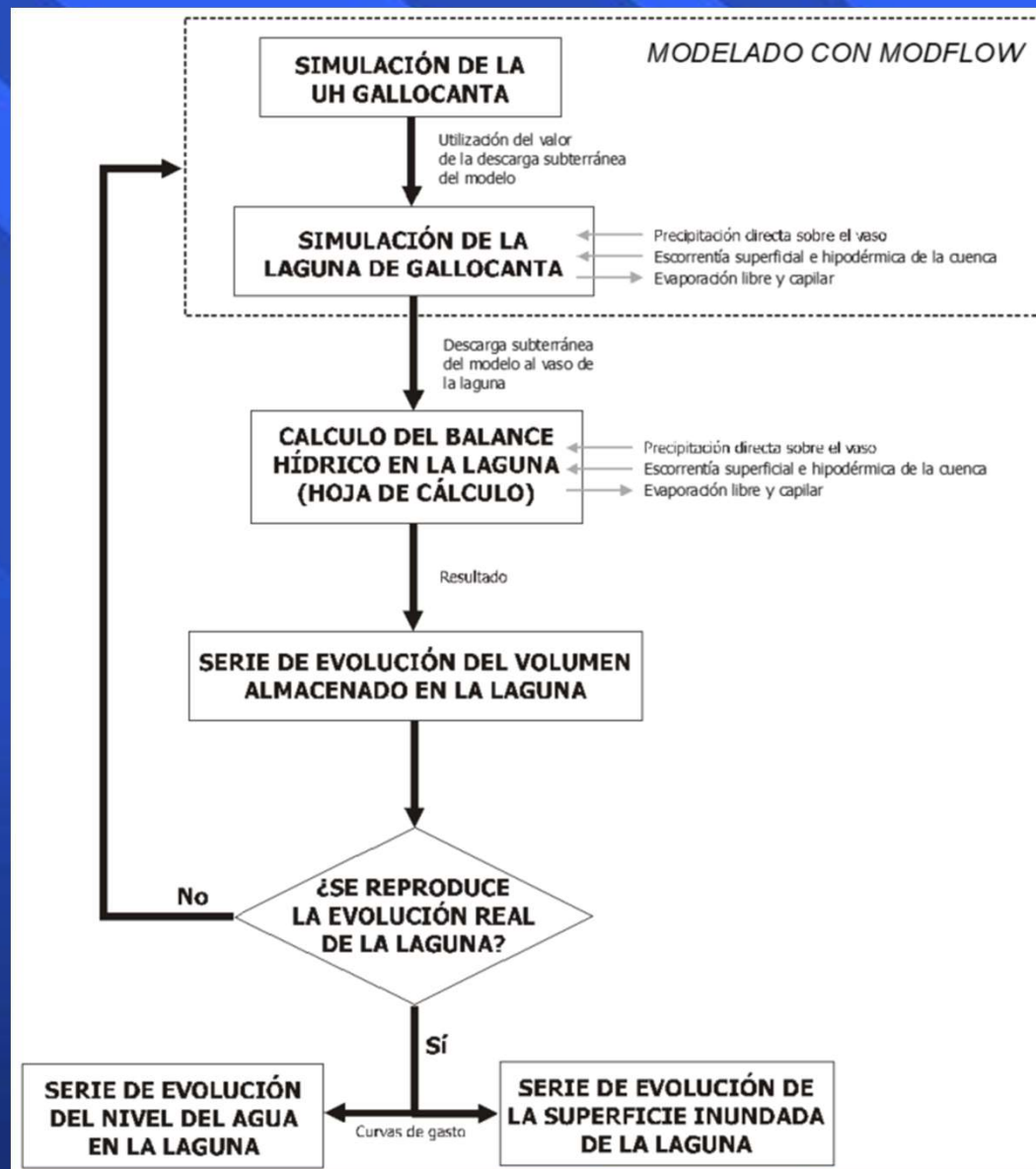
Objetivo prioritario

- Evoluciones piezométricas en puntos de control representativos.

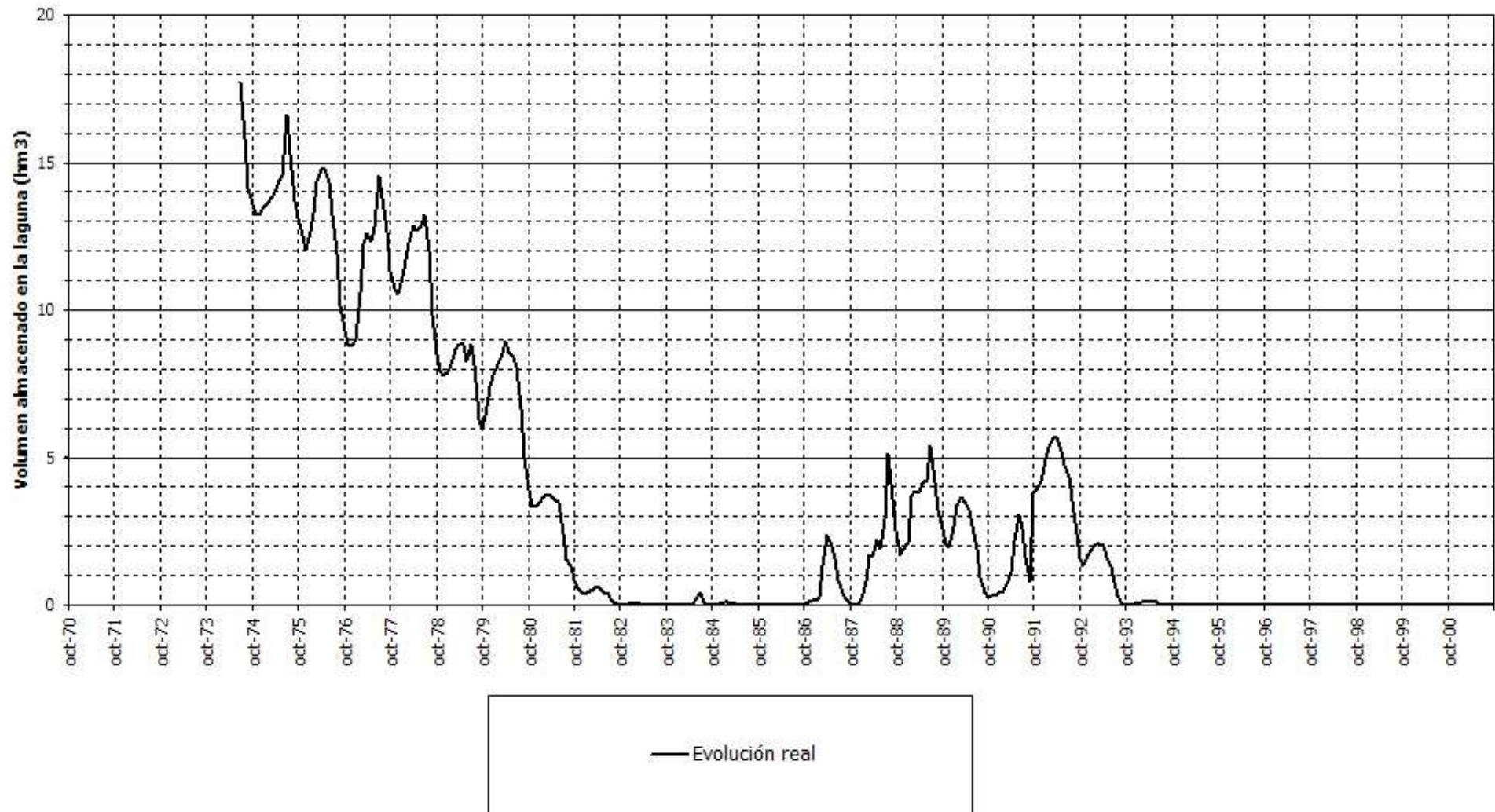
Objetivo secundario

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

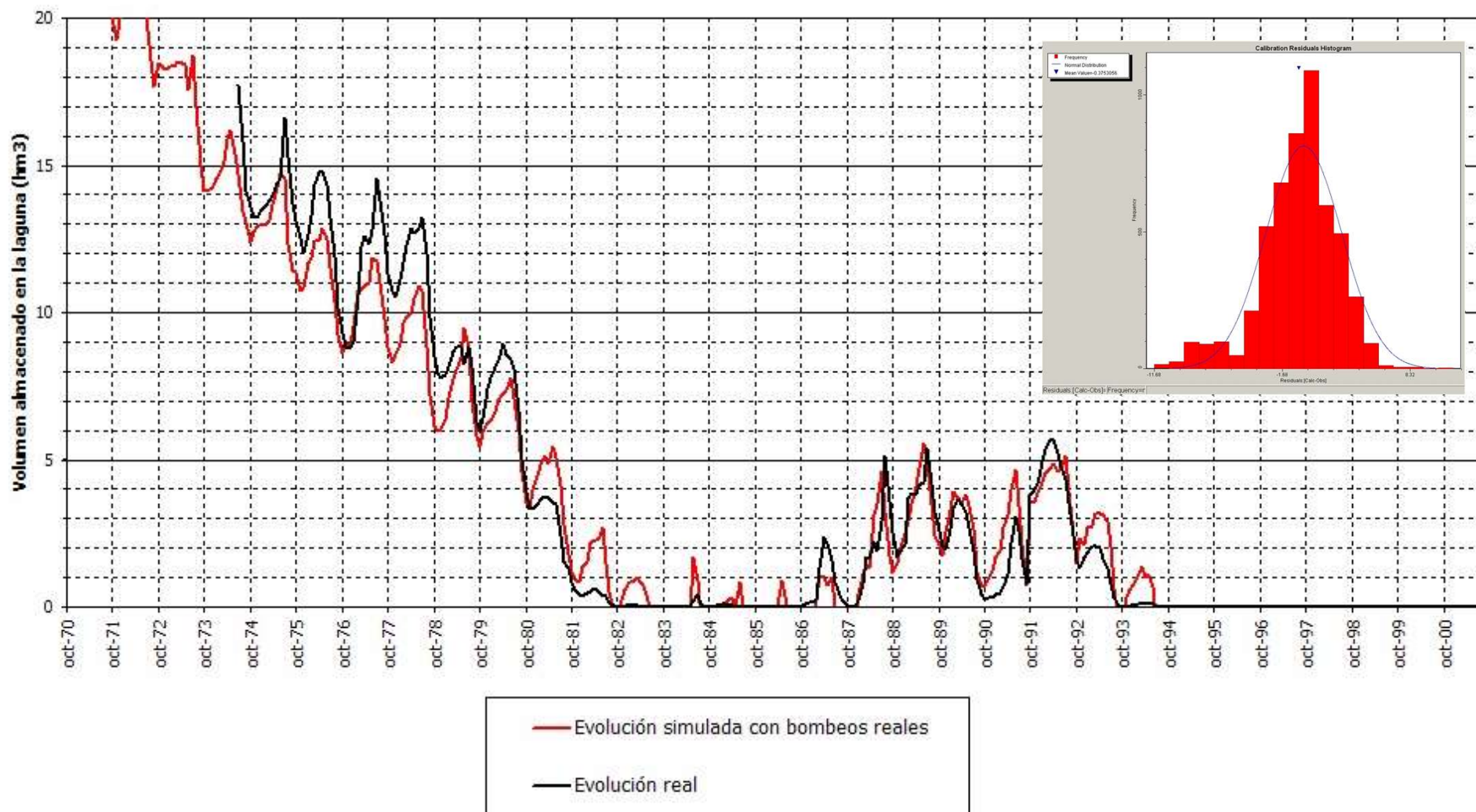
- Parámetros hidrogeológicos (permeabilidad, almacenamiento).
- Condiciones iniciales (piezometría, volumen de agua en la laguna).
- Series de aportaciones hídricas (recarga, aportaciones externas).
- Simulación hidrogeológica de la laguna (dren, evaporación).



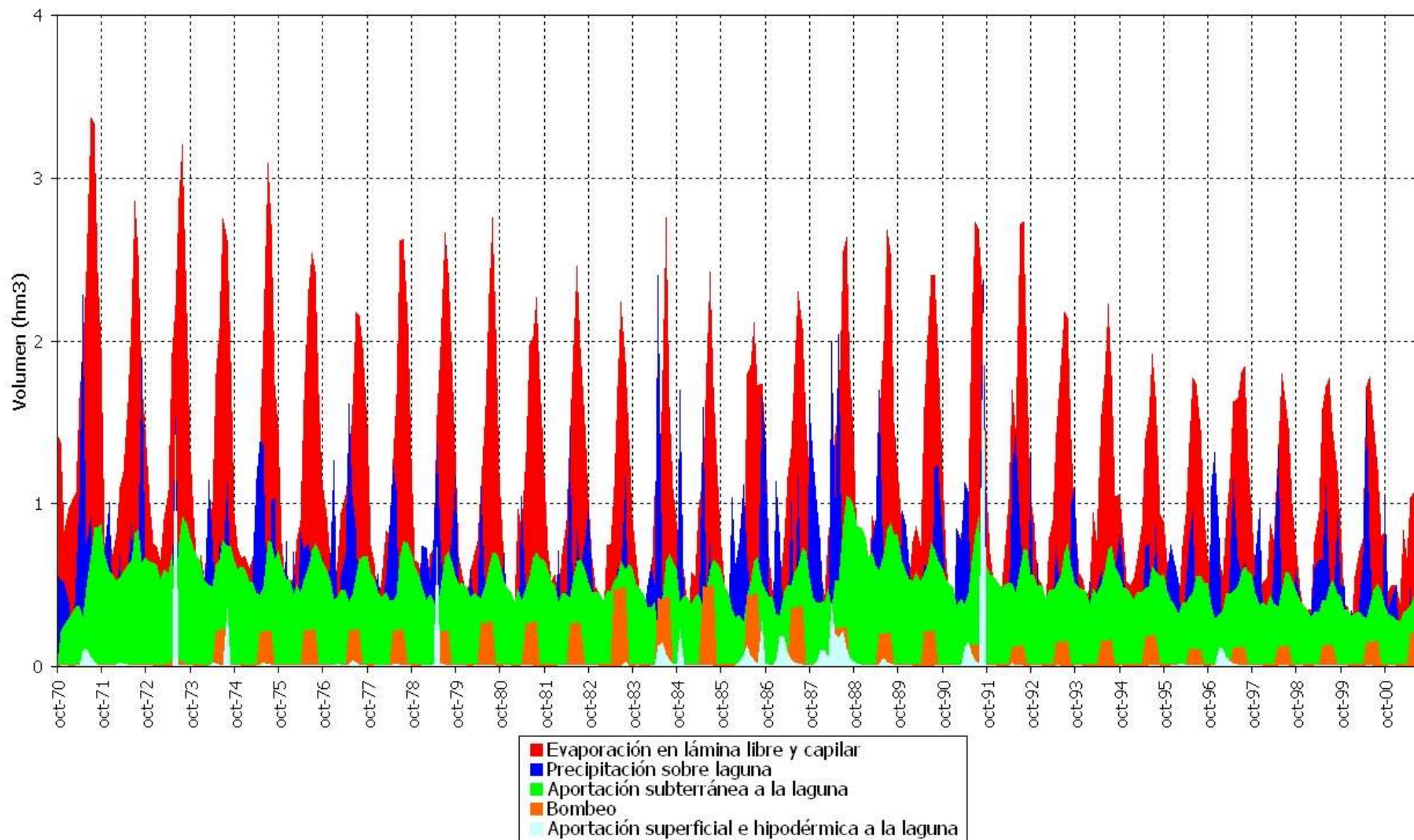
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



Términos mensuales del balance hídrico



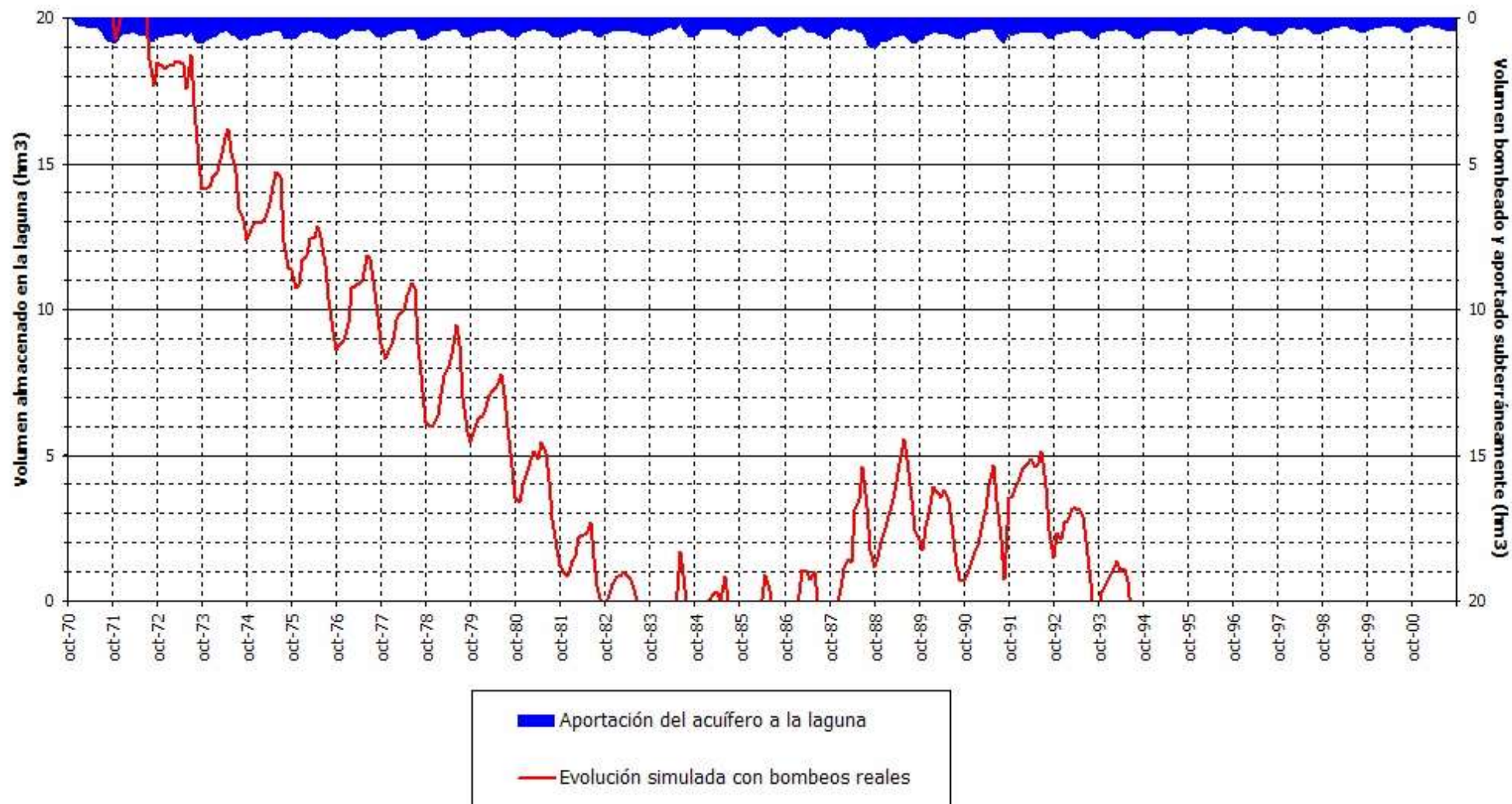
Simulación del régimen natural (sin bombeos)

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.

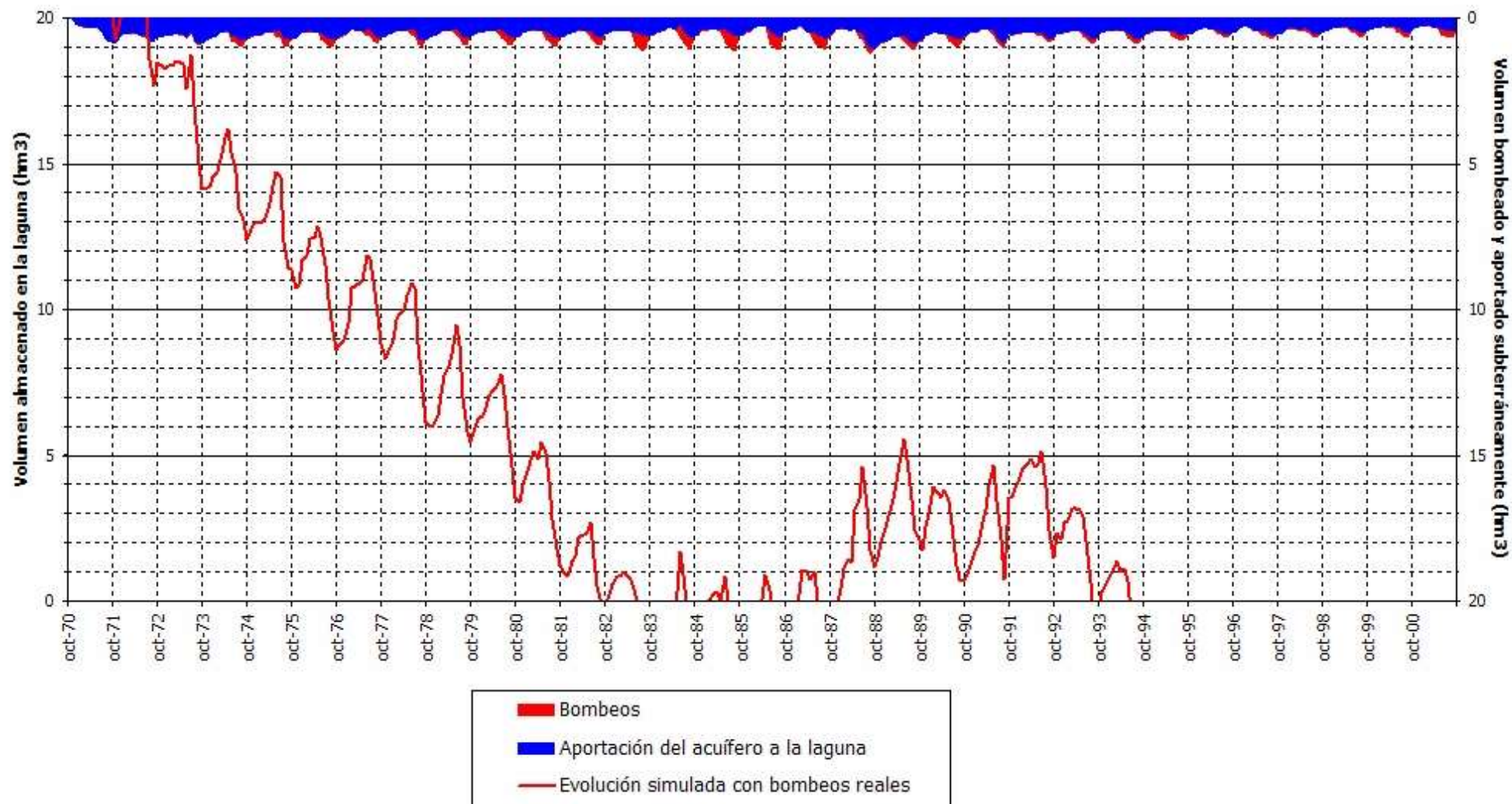
Esta simulación dio respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿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?.

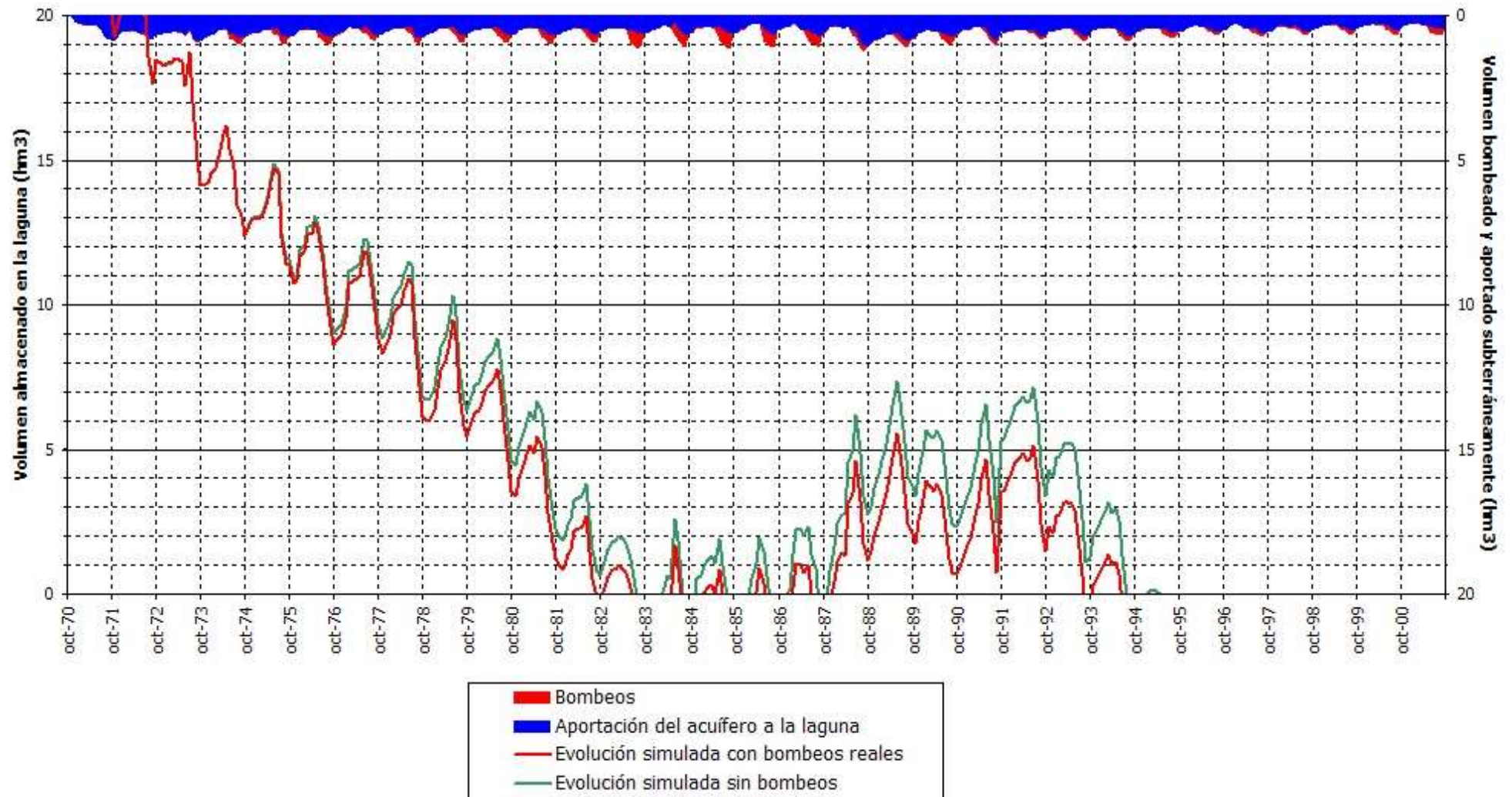
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



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.

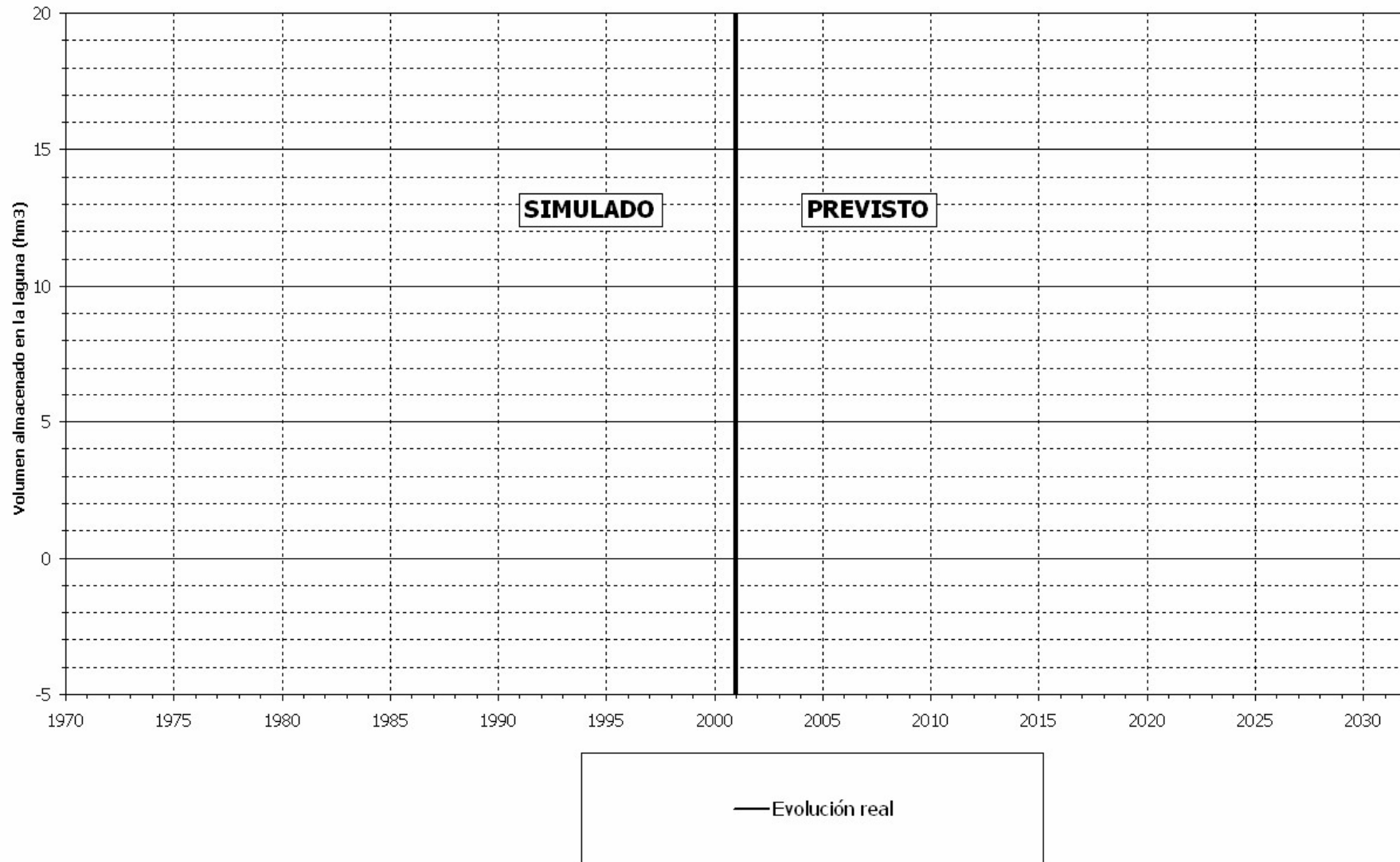
Para ello se simuló un periodo adicional de otros 31 años (hasta 2032) en los que se suponía que las entradas al sistema serían las mismas que entre 1970 y 2001.

Los escenarios simulados fueron los siguientes:

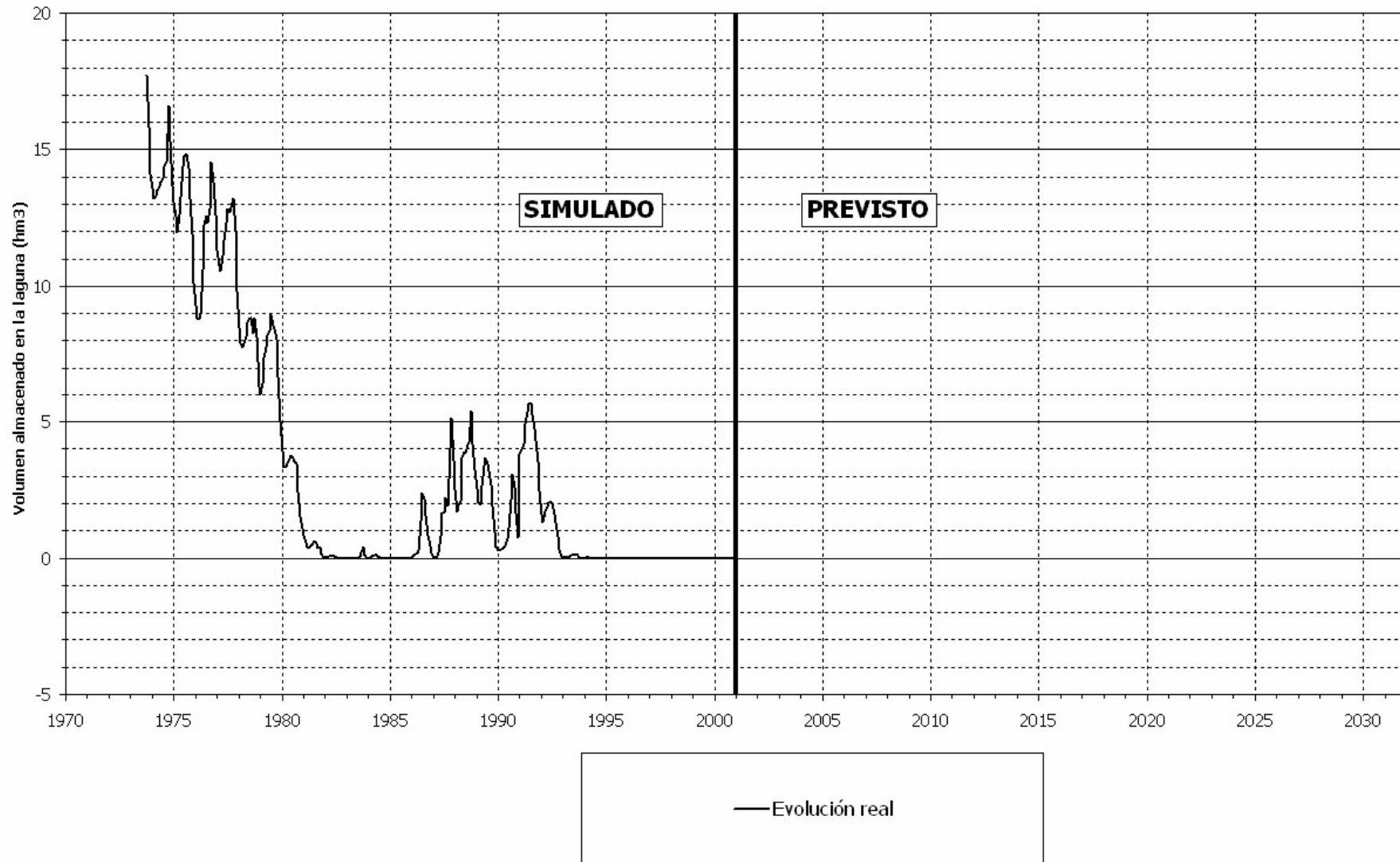
Periodo 1970-2001	Periodo 2001-2032
Con bombeo	Con bombeo *
Con bombeo	Sin bombeo
Sin bombeo	Sin bombeo

** Serie de extracciones igual al periodo anterior*

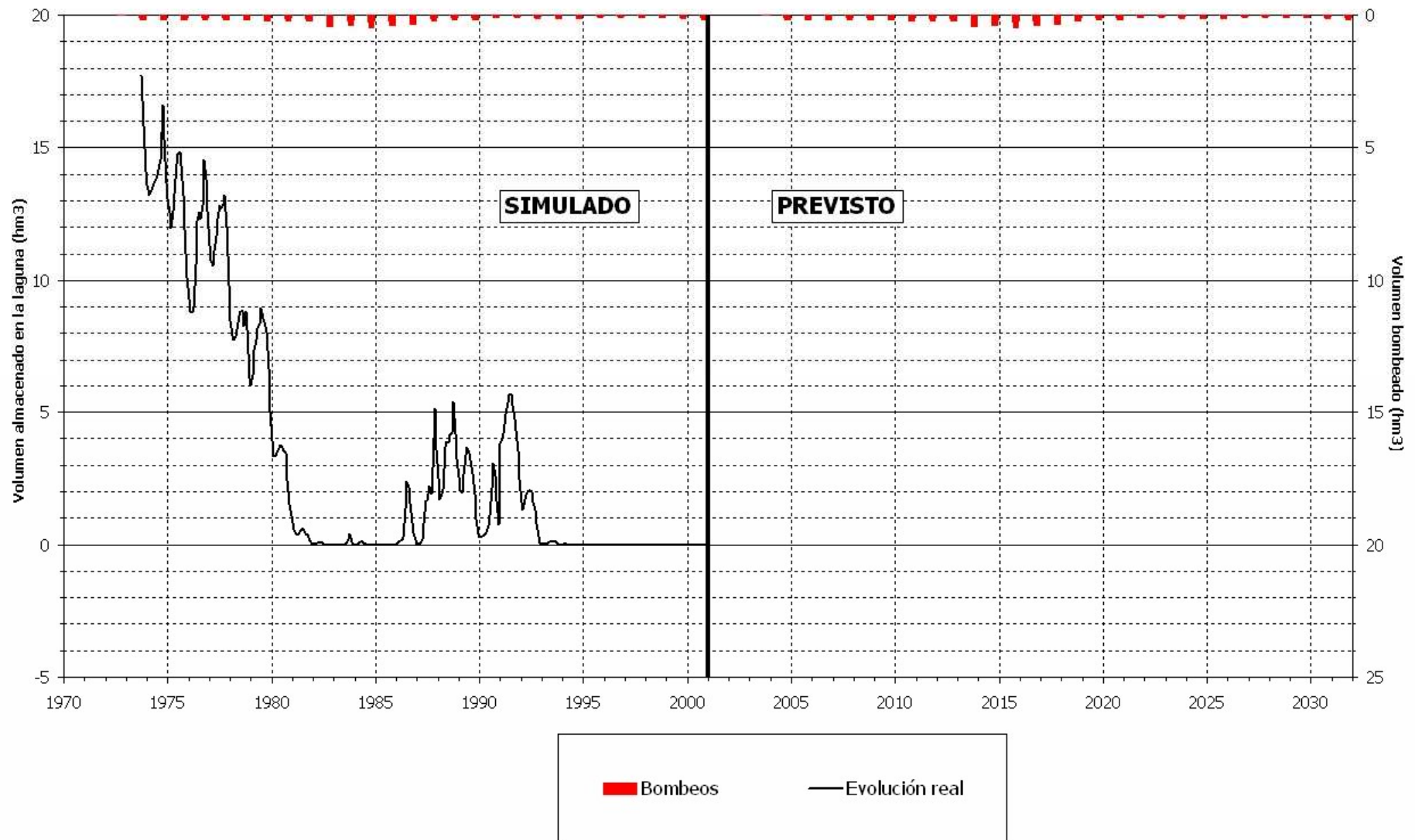
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



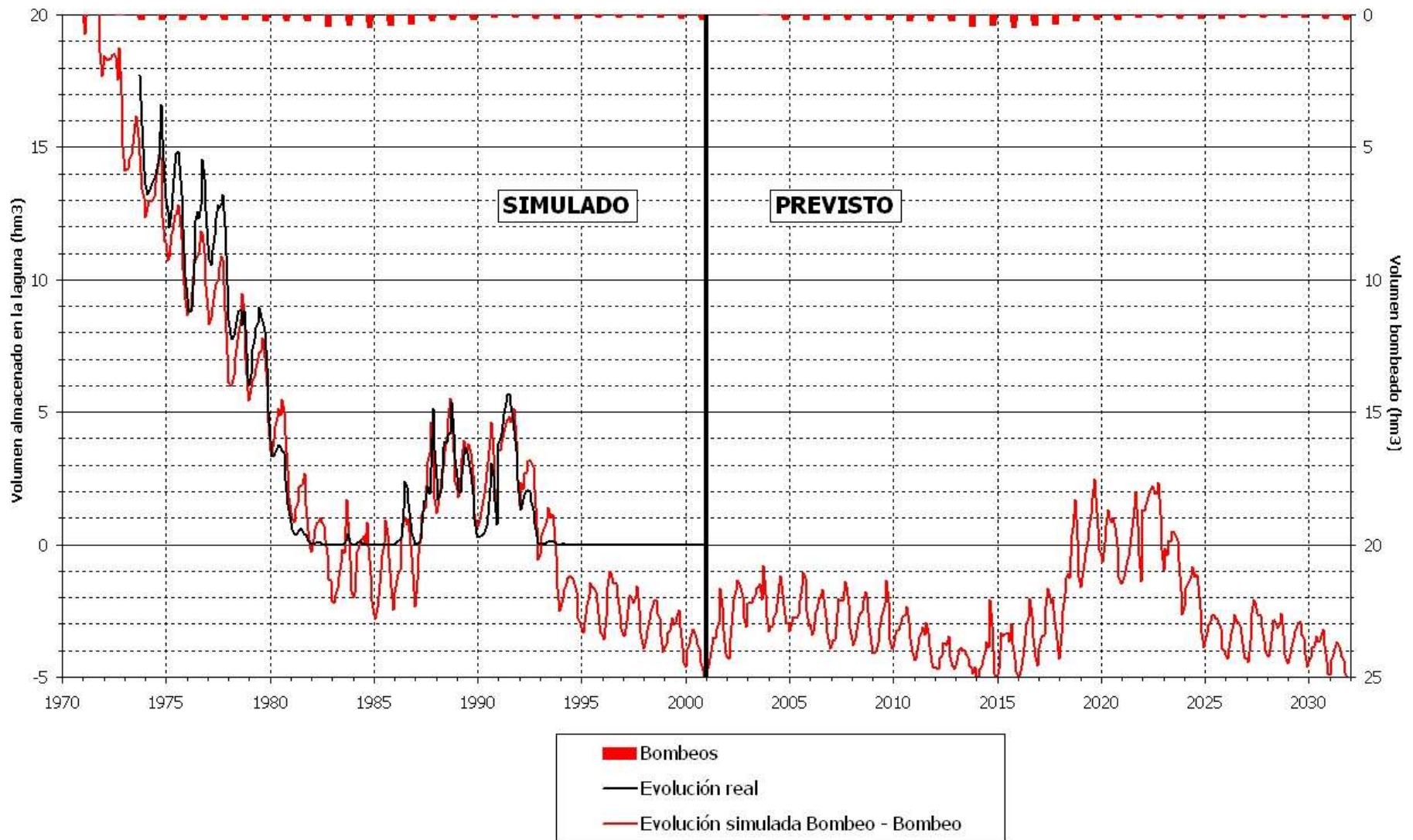
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



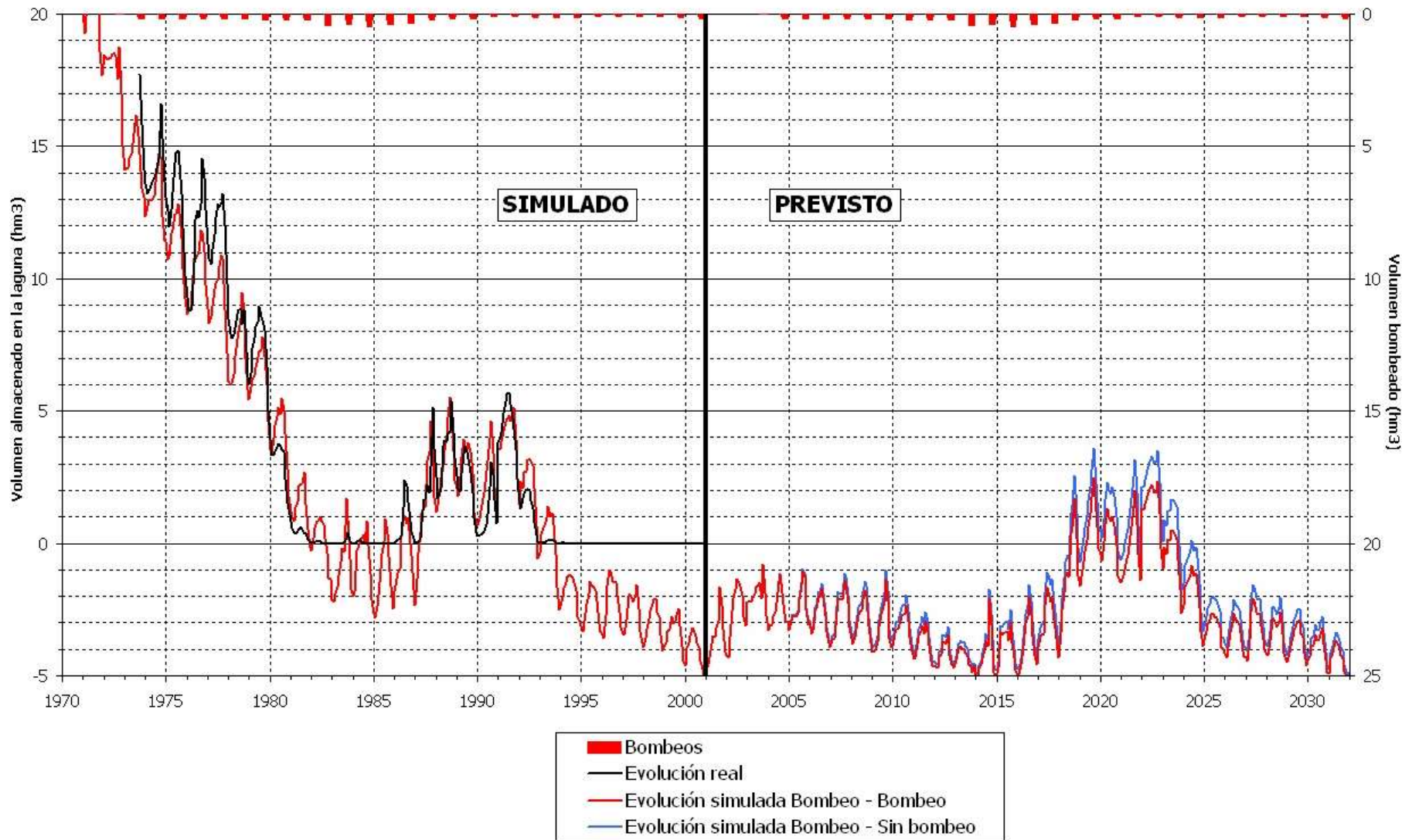
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



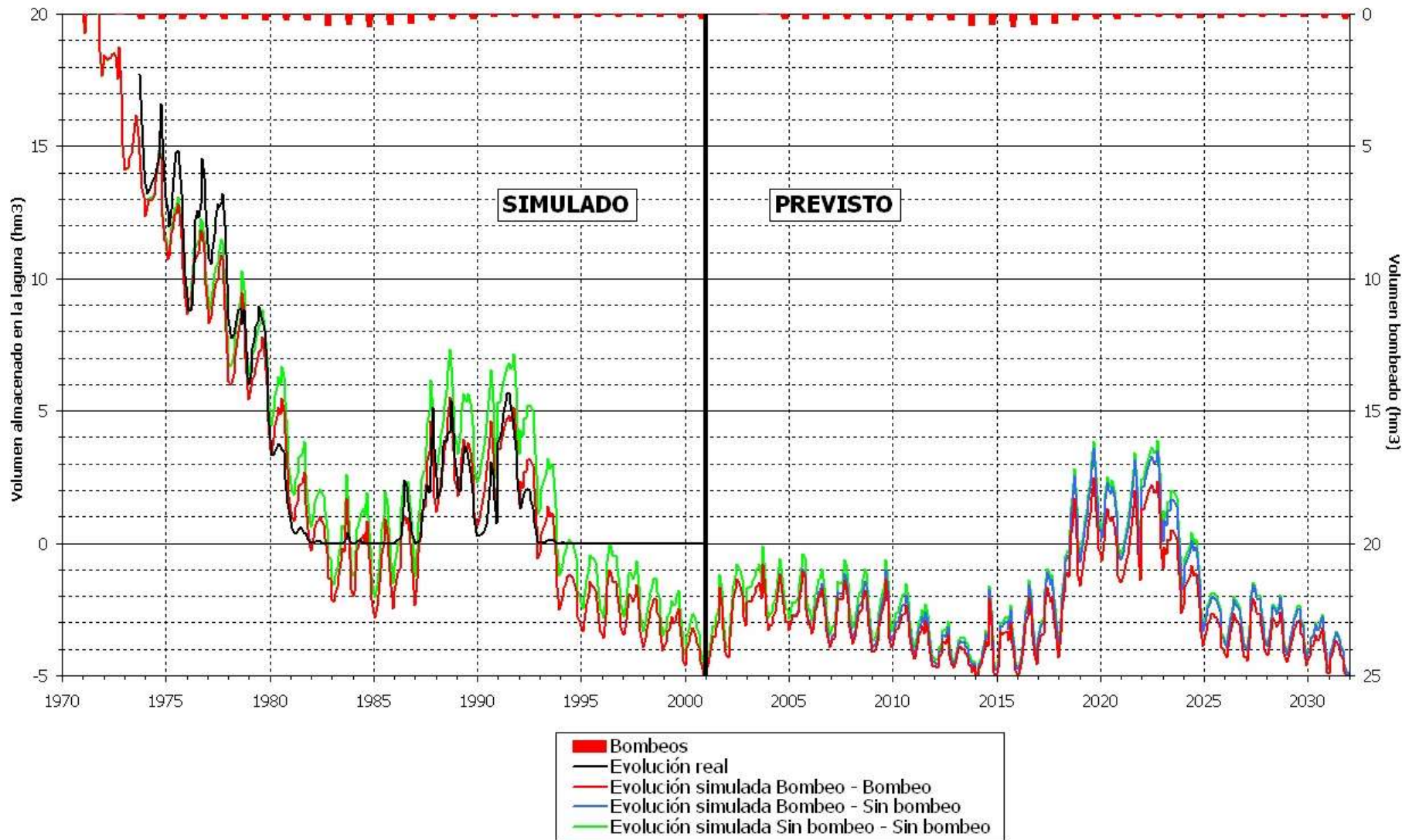
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



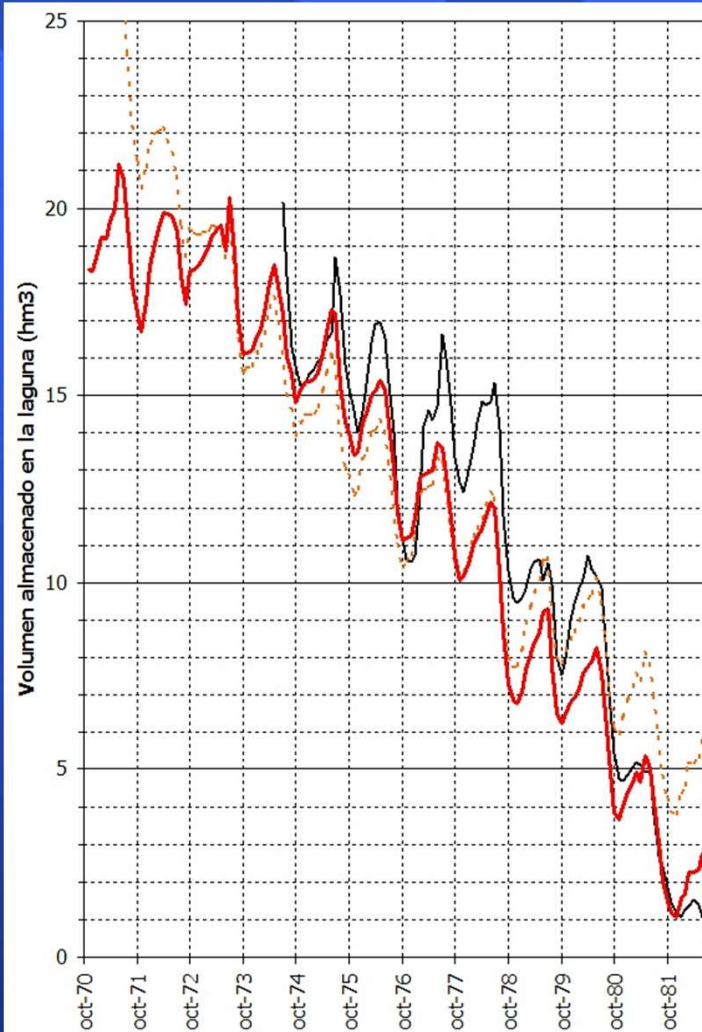
Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta



Evolución del volumen de agua en la laguna de Gallocanta

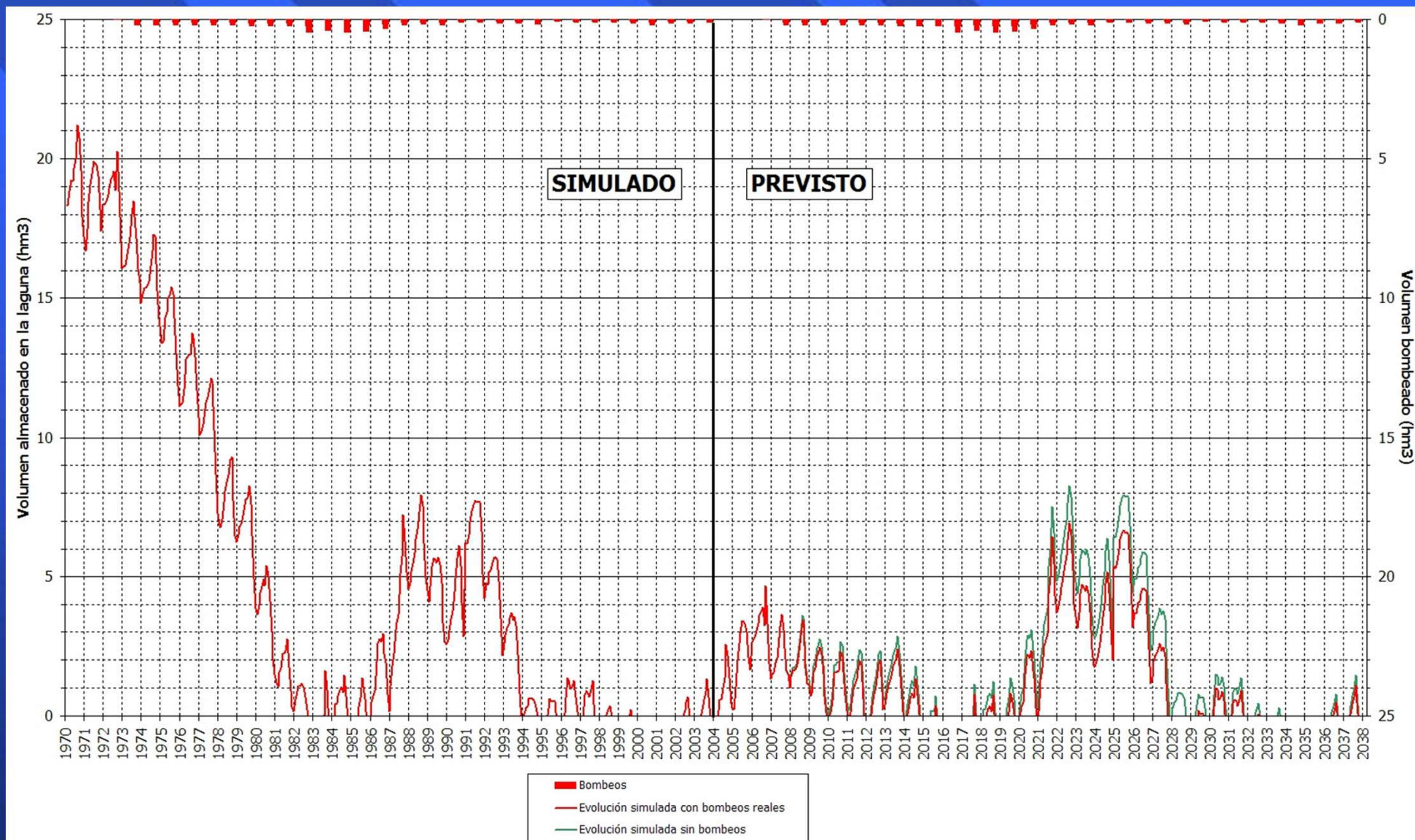


Recalibración para la serie 1970-2004

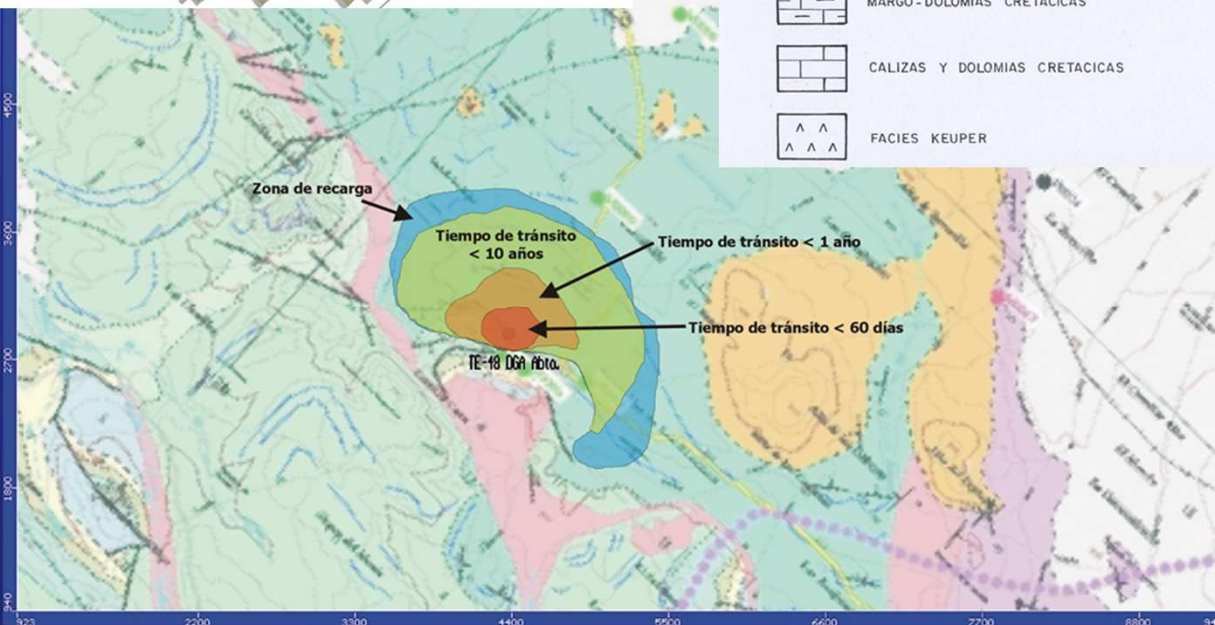
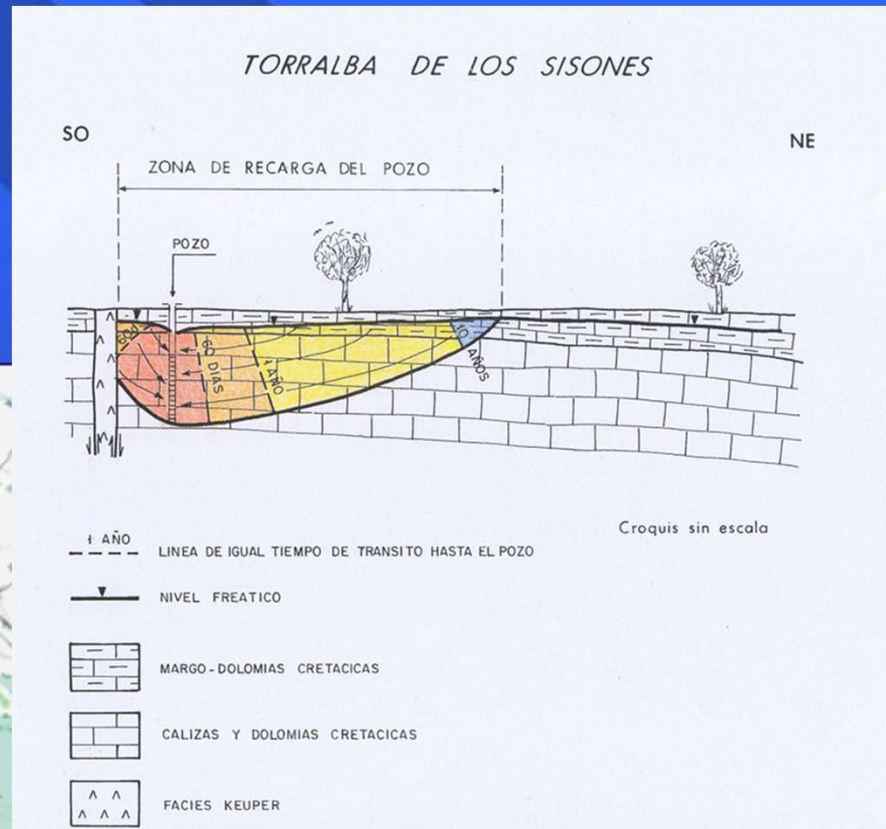
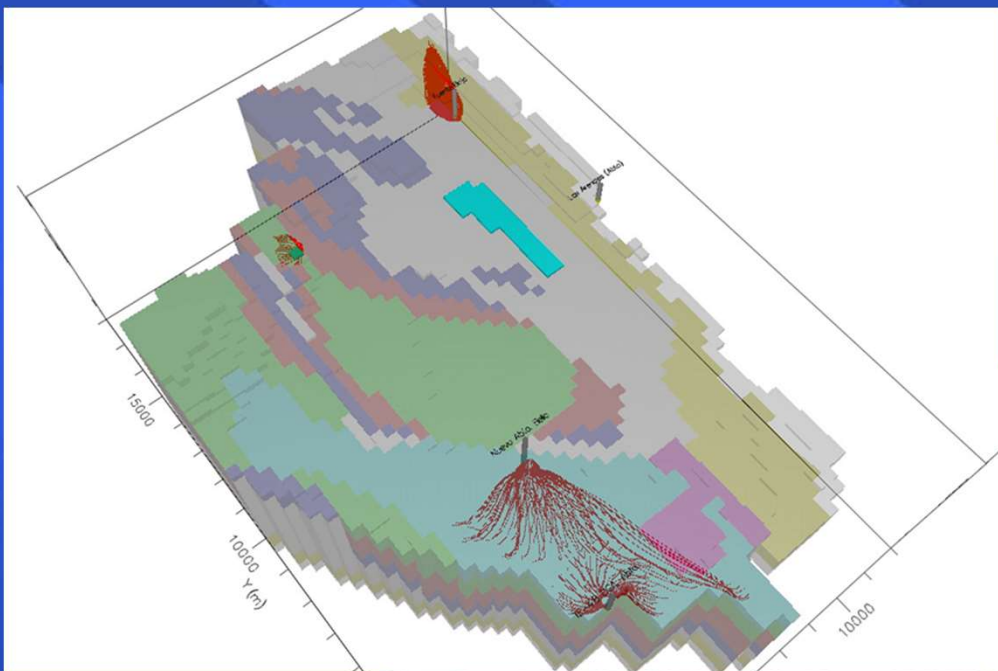


		CON BOMBEOS	SIN BOMBEOS
ENTRADAS	Infiltración de las precipitaciones	1.6	1.6
	Infiltración de las aportaciones externas	2.8	2.8
	Escorrentía superficial e hipodérmica a la laguna	0.3	0.3
	Precipitación directa sobre la laguna	5.8	5.8
TOTAL		10.5	10.5
SALIDAS	Evaporación directa y capilar en la laguna	11.9	12.4
	Bombeos	0.9	
	TOTAL	12.8	12.4
VARIACIÓN EN EL ALMACENAMIENTO		-2.3	-1.9
<i>Unidades en hm3/año</i>			

— Evolución real
 - - - Evolución sin recalibrar
 — Evolución simulada con bombeos reales

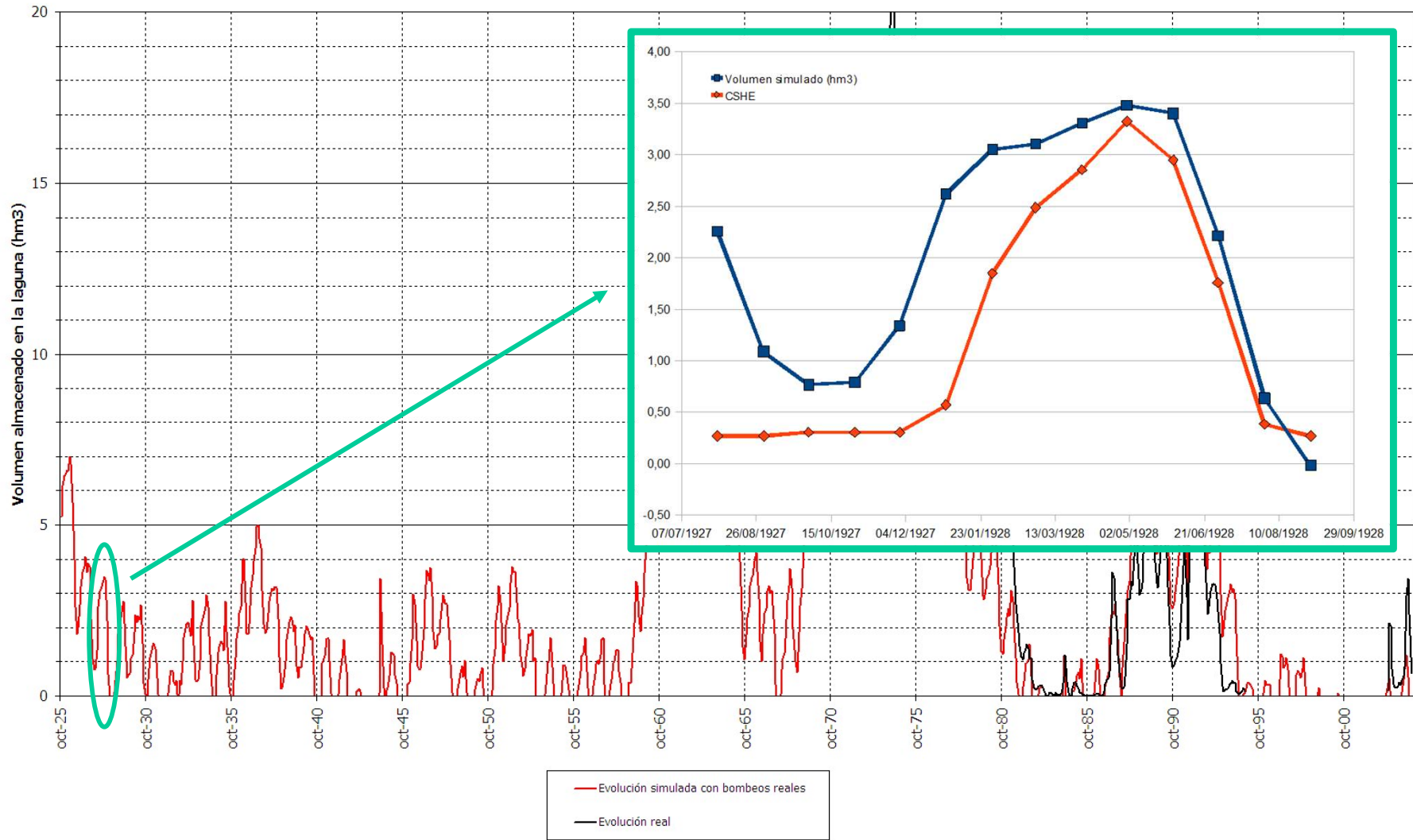


Perímetros de protección de captaciones



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***