



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**ACTUALIZACIÓN DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO
COPIAPÓ PARA EL ACUÍFERO ENTRE LA PUERTA Y ANGOSTURA**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

CRISTÓBAL ANDRÉS VARGAS DONOSO

PROFESOR GUÍA:
JULIO CORNEJO MORALES

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
CARLOS ESPINOZA CONTRERAS
RENÉ FIGUEROA LEIVA

SANTIAGO DE CHILE
JUNIO 2013

RESUMEN

El trabajo de título a realizar consiste en la actualización del modelo hidrogeológico existente, desarrollado por el SERNAGEOMIN (2011), para el acuífero de Copiapó en el tramo entre La Puerta y Angostura, III Región de Atacama.

Los recursos subterráneos en este sector han sufrido, en los últimos tiempos importantes descensos sostenidos en sus niveles. Ésto debido a los altos caudales de extracciones en el sector, comparado con la capacidad de recarga del acuífero.

Se tienen como objetivos del trabajo complementar el catastro de aguas subterráneas para la cuenca de Copiapó, con la información hidrométrica actual y caudales de demanda entregados por la empresa sanitaria Aguas Chañar y minera Candelaria. Con esto, recalibrar el modelo hidrogeológico para analizar el efecto de futuros proyectos o instalaciones de las entidades recién nombradas, además de los efectos generados por la pérdida de rendimiento de los pozos, en particular los pertenecientes a la empresa sanitaria Aguas Chañar. Para su realización, se revisarán proyectos anteriormente desarrollados para obtener datos y antecedentes del sector. Con un catastro de las demandas para los recursos subterráneos a la fecha, se complementará el modelo hidrogeológico.

Se espera obtener un balance más detallado de los recursos hídricos subterráneos del sector en estudio y un modelo que permita simular distintos escenarios para proyectos que se encuentran en discusión, para establecer medidas que permitan enfrentar la situación de escasez, mejorando la gestión de los recursos

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Aspectos generales.....	1
1.2. Objetivo general.....	2
1.3. Objetivos específicos	2
1.4. Metodología	2
2. REVISIÓN BILIOGRÁFICA.....	4
2.1. Estudios de recursos hídricos en Copiapó.....	4
2.1.1. Álamos y Peralta (1987)	4
2.1.2. Álamos y Peralta (1995)	5
2.1.3. GOLDER (2006)	5
2.1.4. DGA (2007).....	6
2.1.5. DICTUC (2010).....	7
2.1.6. SERNAGEOMIN (2011).....	8
2.1.7. DGA (2012).....	9
2.2. Otros antecedentes generales	9
2.2.1. Diagrama unifilar.....	9
2.2.2. Derechos y usos de aguas subterráneas.....	9
2.2.3. Usos de suelo	13
3. ZONA DE ESTUDIO.....	16
3.1. Aspectos generales.....	16
3.2. Clima.....	18
3.3. Hidrología.....	18
3.3.1. Precipitación	18
3.3.2. Fluviometría	21
3.3.3. Evaporación y temperatura.....	24
3.4. Hidrogeología.....	26
3.4.1. Geología de subsuperficie	26
3.4.2. Unidades hidrogeológicas.....	27
3.4.2.1. Acuíferos de gran importancia hidrogeológica	27
3.4.2.2. Acuíferos de media a baja importancia hidrogeológica	28
3.4.2.3. Acuíferos de baja importancia hidrogeológica en depósitos no consolidados a semiconsolidados	28
3.4.2.4. Acuíferos de baja a nula importancia hidrogeológica en roca	28
3.4.3. Propiedades hidrogeológicas.....	28
3.4.3.1. Transmisividad (T).....	28
3.4.3.2. Permeabilidad (K).....	36
3.4.3.3. Coeficiente de almacenamiento (S)	38
3.4.4. División administrativa del acuífero de Copiapó	39
3.4.5. Niveles de pozos.....	41

3.4.5.1.	Generalidades	41
3.4.5.2.	Análisis de información de niveles por sector.....	41
4.	MODELO DE SIMULACIÓN DE ACUÍFERO EN COPIAPÓ	54
4.1.	Aspectos generales.....	54
4.2.	Modelo conceptual	54
4.2.1.	Extensión areal del sistema de acuífero	54
4.2.2.	Esquema general del funcionamiento del acuífero	55
4.2.2.1.	Recargas	55
4.2.2.2.	Descargas	56
4.2.3.	Propiedades hidrogeológicas.....	57
4.3.	Idealización sistema físico hidrogeológico	58
4.3.1.	Área de modelación	58
4.3.2.	Discretización espacial y temporal.....	58
4.3.2.1.	Discretización espacial horizontal	58
4.3.2.2.	Discretización espacial vertical.....	58
4.3.2.3.	Discretización temporal	59
4.3.3.	Propiedades hidrogeológicas.....	60
4.3.4.	Condiciones de borde	61
4.3.5.	Recargas y descargas	64
4.3.5.1.	Recargas	64
4.3.5.2.	Descargas	65
4.4.	Calibración modelo numérico.....	69
4.5.	Balance hídrico en modelo numérico	80
5.	ESCENARIOS DE MODELACIÓN.....	87
5.1.	Aspectos generales.....	87
5.2.	Escenario 0	87
5.3.	Escenario 1	94
5.4.	Escenario 2	101
5.5.	Escenario 3	108
5.6.	Comparación de escenarios	115
6.	PÉRDIDA RENDIMIENTO EN POZOS DE EMPRESA SANITARIA	123
6.1.	Aspectos generales.....	123
6.2.	Caudales en pozos Piedra Colgada.....	124
6.3.	Demanda satisfecha por pozos Piedra Colgada	129
6.4.	Descensos en pozos Piedra Colgada	130
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
7.1.	Conclusiones	132
7.2.	Recomendaciones	134
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135

- ANEXO A – Diagrama Unifilar Río Copiapó
- ANEXO B – Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas Otorgados en la Cuenca del Río Copiapó
- ANEXO C – Programa Utilizado para la Modelación
- ANEXO D – Ajuste en Proceso de Calibración
- ANEXO E – Ajuste y Balance Hídrico en Escenario 0
- ANEXO F – Ajuste y Balance Hídrico en Escenario 1
- ANEXO G – Ajuste y Balance Hídrico en Escenario 2
- ANEXO H – Ajuste y Balance Hídrico en Escenario 3

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Derechos otorgados por año vigentes a la fecha	10
Figura 2.2 Caudal otorgado por año vigente a la fecha.....	10
Figura 2.3 Volumen total anual otorgado por año vigente a la fecha	11
Figura 2.4 Uso de derechos otorgados en el acuífero del río Copiapó	12
Figura 2.5 Uso de caudal otorgados en el acuífero del río Copiapó.....	13
Figura 2.6 Tipos de cultivo en el valle del río Copiapó	13
Figura 2.7 Sistemas de riego en el valle del río Copiapó	14
Figura 2.8 Tipos de cultivo y sistemas de riego por sector en el valle del río Copiapó ..	15
Figura 3.1 Distribución de alturas en zona de estudio.....	16
Figura 3.2 Ubicación estaciones meteorológicas	19
Figura 3.3 Mapa de isoyetas	20
Figura 3.4 Ubicación estaciones fluviométricas.....	22
Figura 3.5 Ubicación de estaciones de temperatura y evaporación	25
Figura 3.6 Basamento rocoso v/s cota de superficie.....	26
Figura 3.7 Transmisividad (m ² /día) extraídos de Uri Hammer y Asociados (1980)	31
Figura 3.8 Transmisividad (m ² /día) extraídos de Álamos y Peralta (1987).....	32
Figura 3.9 Transmisividad (m ² /día) extraídos de Álamos y Peralta (1994).....	33
Figura 3.10 Transmisividad (m ² /día) extraídos de Álamos y Peralta (1995).....	34
Figura 3.11 Sectorización del acuífero definidos por Álamos y Peralta (1987)	40
Figura 3.12 Ubicación pozos de monitoreo	46
Figura 3.13 Niveles de agua subterránea en Sector 1a	47
Figura 3.14 Niveles de agua subterránea en Sector 1b	48
Figura 3.15 Niveles de agua subterránea en Sector 2	49
Figura 3.16 Niveles de agua subterránea en Sector 3	50
Figura 3.17 Niveles de agua subterránea en Sector 4	51
Figura 3.18 Niveles de agua subterránea en Sector 5	52
Figura 3.19 Niveles de agua subterránea en Sector 6	53
Figura 4.1 Área de modelo.....	59
Figura 4.2 Conductividades hidráulicas iniciales	60
Figura 4.3 Coeficientes de almacenamiento	61
Figura 4.4 Condición tipo dren	62
Figura 4.5 Pozos de inyección	63
Figura 4.6 Zonas de recarga	65
Figura 4.7 Ubicación de pozos de bombeo	67
Figura 4.8 Ubicación de pozos de observación.....	70
Figura 4.9 Conductividades hidráulicas finales	71
Figura 4.10 Ajuste en proceso de calibración	72
Figura 4.11 Distribución niveles de agua subterránea en proceso de calibración.....	73
Figura 4.12 Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 3a).....	74
Figura 4.13 Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 3b).....	75
Figura 4.14 Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 4).....	76
Figura 4.15 Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 5).....	77
Figura 4.16 Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 6a).....	78
Figura 4.17 Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 6b).....	79
Figura 4.18 Esquema balance La Puerta – Angostura (l/s).....	86
Figura 4.19 Esquema balance La Puerta – Angostura (Mm ³ /año)	86
Figura 5.1 Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 3a).....	88

Figura 5.2 Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 3b).....	89
Figura 5.3 Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 4).....	90
Figura 5.4 Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 5).....	91
Figura 5.5 Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 6a).....	92
Figura 5.6 Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 6b).....	93
Figura 5.7 Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 3a).....	95
Figura 5.8 Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 3b).....	96
Figura 5.9 Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 4).....	97
Figura 5.10 Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 5).....	98
Figura 5.11 Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 6a).....	99
Figura 5.12 Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 6b).....	100
Figura 5.13 Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 3a).....	102
Figura 5.14 Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 3b).....	103
Figura 5.15 Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 4).....	104
Figura 5.16 Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 5).....	105
Figura 5.17 Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 6a).....	106
Figura 5.18 Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 6b).....	107
Figura 5.19 Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 3a).....	109
Figura 5.20 Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 3b).....	110
Figura 5.21 Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 4).....	111
Figura 5.22 Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 5).....	112
Figura 5.23 Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 6a).....	113
Figura 5.24 Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 6b).....	114
Figura 5.25 Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 3a).....	116
Figura 5.26 Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 3b).....	117
Figura 5.27 Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 4).....	118
Figura 5.28 Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 5).....	119
Figura 5.29 Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 6a).....	120
Figura 5.30 Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 6b).....	121
Figura 6.1 Caudal de bombeo en PC01 según profundidad de la bomba.....	125
Figura 6.2 Caudal de bombeo en PC02 según profundidad de la bomba.....	126
Figura 6.3 Caudal de bombeo en PC03 según profundidad de la bomba.....	127
Figura 6.4 Caudal de bombeo en PC04 según profundidad de la bomba.....	128
Figura 6.5 Descensos en pozos Piedra Colgada utilizando bombeos en Tabla 6.3.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 N° de derechos, caudal y volumen total otorgados vigentes a la fecha.....	9
Tabla 2.2 Caudales otorgados por sector vigentes a la fecha.....	11
Tabla 2.3 Volúmenes totales anuales otorgados por sector vigentes a la fecha.....	11
Tabla 3.1 Características generales de las subcuencas.....	17
Tabla 3.2 Estaciones meteorológicas.....	18
Tabla 3.3 Precipitación media mensual en estaciones rellenadas (mm).....	21
Tabla 3.4 Estaciones fluviométricas.....	21
Tabla 3.5 Gasto medio y producción específica en estaciones fluviométricas.....	23
Tabla 3.6 Gasto medio mensual (m ³ /s).....	23
Tabla 3.7 Estaciones de temperatura y evaporación.....	24
Tabla 3.8 Temperatura media mensual (°C).....	24
Tabla 3.9 Evaporación media mensual (mm).....	25
Tabla 3.10 Valores de transmisividad – Álamos y Peralta (1987).....	29
Tabla 3.11 Valores de transmisividad – SITAC (2006) y DICTUC (2010).....	35
Tabla 3.12 Valores de permeabilidad – DICTUC (2010).....	37
Tabla 3.13 Permeabilidades en límites entre sectores acuíferos del río Copiapó.....	38
Tabla 3.14 Valores coeficientes de almacenamiento.....	38
Tabla 3.15 Puntos que definen sectores del río Copiapó.....	39
Tabla 3.16 Pozos de observación cuenca río Copiapó.....	43
Tabla 4.1 Infiltraciones en el valle del río Copiapó (l/s).....	56
Tabla 4.2 Descarga del acuífero por vertientes (l/s).....	56
Tabla 4.3 Bombeos totales en valle del río Copiapó (l/s).....	57
Tabla 4.4 Rango transmisividad por sectores (m ² /día).....	57
Tabla 4.5 Recargas anuales (l/s).....	64
Tabla 4.6 Caudales de bombeo en acuífero del río Copiapó (l/s).....	66
Tabla 4.7 Caudales para producción de agua potable entre 1993 y 2008 (l/s).....	68
Tabla 4.8 Caudales para producción de agua potable actualizados a la fecha (l/s).....	69
Tabla 4.9 Balance hídrico en Sector 3.....	81
Tabla 4.10 Balance hídrico en Sector 4.....	82
Tabla 4.11 Balance hídrico en Sector 5.....	83
Tabla 4.12 Balance hídrico en Sector 6.....	84
Tabla 4.13 Balance hídrico entre La Puerta y Angostura.....	85
Tabla 6.1 Caudal y localización de pozos de Piedra Colgada.....	123
Tabla 6.2 Cotas de terreno, profundidades y bomba en pozos de Piedra Colgada.....	124
Tabla 6.3 Demanda satisfecha por pozos en Piedra Colgada (l/s) y (%).....	129

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Aspectos generales

El balance hídrico en el acuífero del río Copiapó ha sido un tema de interés en el área de los recursos hídricos, debido al contraste entre la importante suma de derechos de agua subterránea otorgados por la DGA, en comparación con la recarga hidrológica del sistema. Esta situación ha generado un sistema en desequilibrio, con descensos importantes en algunos sectores hidrogeológicos, lo que ha hecho disminuir la satisfacción de las demandas hídricas en la cuenca. El caudal otorgado en derechos de agua subterránea hoy supera los 17 m³/s, ésto producto de la presión generada por la creciente demanda de recursos en los años 80, debido a la expansión agrícola en el valle, y el estudio hidrogeológico del acuífero realizado por Álamos y Peralta (1987), el que establece un balance hídrico y valores de recarga para Copiapó en un período considerado húmedo.

Desde la década de los 90, el acuífero de Copiapó ha presentado descensos sostenidos, llegando hoy en día a convertirse en una situación crítica. Los mayores descensos se han detectado en el sector localizado entre Mal Paso y Copiapó, donde se encuentran los pozos de la empresa sanitaria Aguas Chañar y los pozos de la minera Candelaria. Esta situación deficitaria del acuífero, llevó a la DGA a limitar el otorgamiento de derechos de agua subterránea y decretar como “Zona de prohibición” aguas arriba de la ciudad de Copiapó y “Área de restricción” aguas abajo de la ciudad de Copiapó.

Se han realizado numerosos estudios dentro de la cuenca, para obtener valores más precisos y modelos más detallados del balance hídrico de los recursos subterráneos. La DGA (2010), establece que para satisfacer una demanda de agua subterránea sobre el acuífero de Copiapó del orden de 4,5 m³/s, requiere de consumir el volumen embalsado a tasas de 1,7 m³/s. De estos antecedentes, se concluye que el déficit hídrico de la cuenca del Copiapó sería del orden de un 30%. SERNAGEOMIN (2011) modeló el acuífero con todos los datos hasta el año 2007 de recargas y bombeos realizados, entre ellos los de la empresa sanitaria Aguas Chañar y de la minera Candelaria. Con esto se obtuvo una caracterización más detallada de los flujos subterráneos y del balance a la fecha, además de proyectar los niveles en los pozos hasta el año 2044.

Debido a la situación de urgencia que se tiene en Copiapó, es necesario actualizar el modelo existente realizado por SERNAGEOMIN (2011), con datos actuales entregados por la empresa sanitaria a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) y de la minería hasta el presente año. Con esto, establecer una manera de gestionar los recursos hídricos en la región, de manera de no mermar los rendimientos o caudales de producción (l/s/m) de los pozos de la empresa sanitaria, la que debido a esto, ha tenido que buscar nuevos pozos, arrendar derechos, solicitar traslado de derechos y pensar en la búsqueda de agua en otras fuentes como proyectos de desalinización o el trasvase de agua entre cuencas.

1.2. Objetivo general

Actualizar el modelo hidrogeológico desarrollado por SERNAGEOMIN (2011) para el acuífero de Copiapó en el tramo La Puerta-Angostura, con antecedentes más precisos de las demandas de agua potable y minería, considerando además, la información hidrológica y de niveles de agua subterránea de los últimos años.

1.3. Objetivos específicos

Actualizar el balance hídrico conceptual de la DGA en el tramo La Puerta-Angostura con información hidrométrica actual y complementar el catastro de aguas subterráneas para la cuenca de Copiapó, considerando la información de demanda de agua potable entregada por la empresa sanitaria Aguas Chañar a la SISA y la demanda minera en el valle, de acuerdo a los antecedentes disponibles en la DGA.

Re calibrar el modelo hidrogeológico existente de Copiapó entre La Puerta y Angostura, considerando las demandas actualizadas de agua potable, minería e información hidrométrica actual disponible.

Implementar escenarios para analizar el efecto en el balance hídrico de futuros proyectos e instalaciones de la empresa sanitaria y la minería. Estos para las situaciones del acuífero a 10, 15 y 20 años.

Evaluar el efecto de la pérdida de rendimiento en los pozos de la empresa sanitaria y otros que cuenten con información. Además, establecer una metodología para incorporar este efecto en el modelo hidrogeológico

1.4. Metodología

Revisar los estudios existentes para la cuenca de Copiapó en la DGA, poniendo especial énfasis en aquellos referentes a la modelación de aguas subterráneas. Entre estos se debe destacar el estudio y modelo realizado para SERNAGEOMIN (2011).

Generar el balance hídrico actualizado, haciendo un catastro de las demandas de aguas en el acuífero, producidos por los bombeos existentes por la empresa productora de agua potable y minería.

Usando la herramienta numérica comercial Visual MODFLOW, actualizar el modelo existente para el acuífero entre La Puerta y Angostura de la cuenca de Copiapó, para evaluar la situación de escasez hídrica en los distintos sectores del acuífero de Copiapó. Por otro lado, utilizar este insumo para la toma de decisiones en la cuenca respecto a la instalación de nuevos proyectos y los futuros niveles en ésta después de 10, 15 y 20 años.

Establecer una metodología que permita a un usuario de la DGA, modificar de manera simple el modelo numérico para la implementación de futuros escenarios de simulación referente a nuevas condiciones de bombeo y/o recargas al acuífero.

Generar curvas de rendimiento (Q específico v/s profundidad de la napa) del sector en que encuentran los pozos de la empresa sanitaria con información de pruebas de bombeos históricas y actuales. Con esto, asignar una serie de caudales que disminuyen junto al descenso del acuífero. La posible metodología corresponde a iterar el modelo hasta que la curva descenso v/s tiempo sea parecida a la iteración anterior.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Estudios de recursos hídricos en Copiapó

2.1.1. Álamos y Peralta (1987)

Análisis y Evaluación de los Recursos Hidrogeológicos. Valle del río Copiapó – III Región.

Éste se realizó debido a la creciente actividad agrícola en el sector producto de la llegada de la uva de mesa. Se observó que los recursos superficiales no eran capaces de satisfacer las demandas proyectadas para el riego, aumentando la superficie a regar de 8.000 Ha a 13.000 Ha. Por ello, a partir de los años 80, se procede a explotar la importante reserva subsuperficial que se tiene, perforando una cantidad importante de pozos a través de todo el valle.

La situación se tornó alarmante cinco años después, en el mes de Agosto, donde ya se tenían entregados aproximadamente 11.000 litros por segundo en derechos de explotación.

A la fecha de Febrero 1987, se estudia el uso de aguas subterránea producidas por los sectores de minería, agricultura y agua potable, arrojando un caudal continuo de explotación de 1,46 m³/s, lo que fue considerado como un valor bajo para los caudales subterráneos del sector. Cabe destacar que en los años 80, se tiene un período hidrológicamente húmedo para la cuenca de Copiapó, lo que produce que los niveles de agua en la napa llegasen a su máximo valor.

Dentro de las conclusiones que se presentan en el estudio, dirigido a la explotación de los recursos subterráneos de la cuenca, se tiene: La baja en los niveles de la napa se debe al relleno sedimentario, producto de sus altas permeabilidades, el desplazamiento subterráneo de las aguas hacia sectores más bajos del valle tiene un mayor efecto al producido por extracciones en pozos de bombeo.

Se obtuvo que la explotación del embalse subterráneo debe ser en forma más intensa; para un horizonte de explotación de 50 años, no se espera que los niveles desciendan en forma importante, incluso considerando condiciones hidrológicas extremadamente secas.

La hidrología del sector es un sistema acoplado entre los recursos hídricos superficiales y subterráneos, de manera que, si las explotaciones en el acuífero se producen con mayor intensidad, la napa freática desciende, produciendo una mayor infiltración desde el río al acuífero, por ello se tendrán usuarios del recurso superficial afectados. Sin embargo, se pueden restituir estos con aguas de bombeo desde pozos habilitados para este fin.

2.1.2. Álamos y Peralta (1995)

Análisis y Evaluación de los Recursos Hídricos en el valle del río Copiapó.

Estudio necesario para actualizar los datos anteriormente obtenidos sobre la cuenca en estudio y debido a la alarmante situación que se estaba generando en Copiapó Se estiman los caudales de explotación y los de recarga total, llegando a las conclusiones de que la situación es insostenible. Considera proyecciones con la expansión de la agricultura y las posibles variaciones en los caudales y tiempo de extracción para los pozos.

Estima los volúmenes embalsados en cada uno de los sectores, con sus respectivas cantidades de pozos y descensos que producen los bombeos. Estos últimos datos son comparados con el descenso histórico, paleando la crítica situación que se tiene a la fecha y estimando que un año hídrico húmedo producirá el relleno del acuífero por infiltración.

Tiene un registro histórico y un análisis bastante somero sobre las variaciones de niveles en el acuífero producto de la regulación multianual que presenta el acuífero con extensos años de sequías. Además se mencionan los descensos sostenidos que ha presentado el acuífero en el pasado y ascensiones producto de eventos importantes de precipitación los que recargan el acuífero a niveles próximos al superficial.

La situación hidrológica mostrada en el valle, presenta lapsos de 10 a 20 años de sequías. Considerando esto, el tratamiento al embalse subterráneo debe ser mediante un programa permanente de monitoreo y control.

Realiza todo un análisis sobre los volúmenes explotados para cada uno de los sectores del acuífero, además de la estimación del volumen embalsado en cada uno. Con esto obtiene proyecciones futuras advirtiendo sobre los posibles descensos a producirse.

Nombra los sectores en el acuífero que son más propensos de sufrir indicios de sobre-explotación y cuáles no. La decisión es tomada mediante los niveles históricos y la capacidad de los sectores para almacenar aguas, considerando dos casos, el conservador y el relajado, considerando coeficientes de almacenamiento de 5 y 10% respectivamente.

2.1.3. GOLDER (2006)

Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca del río Copiapó y Proposición de un modelo de Explotación Sustentable.

Realizado con el fin de obtener un escenario para el consumo sustentable de los recursos en la cuenca del río Copiapó.

Para el desarrollo de éste, se revisa la literatura existente sobre el sector para realizar de manera precisa la caracterización física de la cuenca, considerando su geología, hidrogeología e hidrología entre otros.

De la misma manera obtiene los valores estimativos de los recursos, tanto superficiales como subterráneos, realizando el correspondiente análisis, relleno y validación para los estadísticos entregados por los distintos organismos competentes en la región.

Para estimar el consumo total se consideran las tres actividades de mayor importancia: agricultura, minería y producción de agua potable. Mediante un catastro de los derechos de agua otorgados, se obtienen los aprovechamientos que poseen cada uno de estas actividades y la afectación que éstas producen.

Se generan modelos físicos conceptuales para la explotación sustentable de los recursos hídricos, además de un modelo para la gestión de los mismos. Estiman variaciones de los volúmenes almacenados considerando distintos escenarios: variando las extracciones, disminuyendo las pérdidas en el sistema y mejorando el almacenamiento de las aguas. También, se plantea la generación de fuentes artificiales de agua mediante el desarrollo de proyectos alternativos, entre ellos se nombran la desalinización de aguas del mar, bombardeo de nubes o atrapa nieblas.

Por otro lado, se plantean *planes de acción* para el manejo sustentable de los recursos hídricos del valle de Copiapó. Entre estas ideas se nombran el reforzar la capacidad de autogestión del recurso, sensibilizar a los actores relevantes para el uso de agua, aumentar la infiltración o aportes de agua a la cuenca y equilibrar volúmenes de aprovechamiento con niveles sustentables en el tiempo.

En conclusión, es un estudio bastante completo, con información del sector y de hidrología bastante completa hasta la fecha de realización, año 2006 aproximadamente, en el cual se postulan varias actividades a desarrollar de manera que la depresión en el acuífero del valle termine. Los planes corresponden a nuevos proyectos a desarrollar en la cuenca para aumentar las entradas de aguas, o a medidas que deban tomar los actores que aprovechan este recurso para el desarrollo de sus actividades, agricultura, minería y suministros de agua potable a la población.

2.1.4. DGA (2007)

Área de Restricción y Zona de Prohibición Acuífero del valle del río Copiapó.

El informe detalla las decisiones que se han tomado cronológicamente en Copiapó con relación al recurso hídrico. Se poseen antecedentes desde el año 1993, área en los que se decreta zona de prohibición y áreas excluidas para años puntuales.

Además posee un resumen bastante conciso y simple para entender de mejor forma la geografía del lugar, los ríos que son afluentes al Copiapó, quebradas que aportan recursos al acuífero, sectorización de la cuenca y localidad del embalse Lautaro junto a su cuenca aportante.

2.1.5. DICTUC (2010)

Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del río Copiapó.

Tiene una primera modelación para estimar los niveles de la napa subterránea en el acuífero dentro de la cuenca. Se utiliza la división de la cuenca definida en el estudio de Álamos y Peralta (1987), la que consiste en 6 secciones, cada una de las cuales presenta niveles piezométricos y comportamientos similares.

Mediante estadísticos pluviométricos y fluviométricos y curvas isoyetas, se estima los valores de precipitación media mensual y anual, y caudales medios mensuales y anuales. A su vez, se estima el valor de las extracciones por la minería, agricultura y producción de agua potable dentro del acuífero, utilizando datos de derechos de aguas entregados por la DGA. Además, se estima la evaporación mediante datos de temperatura.

Por otro lado, se poseen datos de niveles de pozos, información estratigráfica y pruebas de bombeo, datos solicitados a la DGA-III Región. Con éstos se establecen valores para parámetros hidrogeológicos: transmisividad, permeabilidad y coeficiente de almacenamiento, para las distintas secciones.

Con la información generada, se obtiene el balance hídrico del sector, y con esto la oferta hidrológica. Paralelamente se obtiene el volumen de agua embalsada dentro de los subsectores del acuífero a nivel mensual y anual, mediante la información de los pozos de observación. Finalmente, se tiene la curva acumulada para la variación del almacenamiento en el acuífero entre La Puerta y Angostura.

Se genera el modelo del acuífero mediante la utilización del programa AquaTool y se simulan distintos escenarios. Se obtienen los valores de la variación del volumen anual dentro del acuífero para obtener la variación total en [hm³] dentro del tiempo de simulación (años 2007-2043). En los resultados de la simulación, se observan los descensos sostenidos que ha mostrado el acuífero para el nivel de los pozos.

El valor más crítico se obtiene al mantener la situación actual, con una pérdida total de -1890 hm³. Otro escenario analizado corresponde a la reducción en un 30% para todos los usos, excepto el de agua potable, que se traslada del 4to sector al 5to, al 6to y a una combinación de ellos. Los resultados son iguales para un volumen de -966 hm³. De manera similar, se tiene otro escenario, donde la reducción se realiza sectorizada con los mismos traslados de agua potable, obteniéndose una reducción similar del volumen embalsado que el anterior. También se simula reduciendo sectorizadamente la demanda hídrica, en un caso para todos los usos y el otro sin efecto para el agua potable. Los valores obtenidos son -766 y -1018 hm³.

El caso que presentó mejores resultados, e incluso la solución a los descensos sostenidos en el acuífero corresponde a la reducción de la demanda hídrica en un 50%, presentando una condición de recarga con una variación del almacenamiento de 574 hm³ dentro del período simulado de 45 años. También se tienen los casos de reducción de 20% y 30%, con valores de -1164 hm³ y -585 hm³, respectivamente para el mismo tiempo.

2.1.6. SERNAGEOMIN (2011)

Modelo Hidrogeológico Cuenca del río Copiapó.

Corresponde al informe desarrollado para el modelo de aguas subterráneas en la cuenca del río Copiapó. Éste se divide en dos modelos: de la parte alta, correspondiente al sector aguas arriba del embalse Lautaro hasta La Puerta y el de la parte baja, desde La Puerta hasta Desembocadura.

La generación de este modelo radica en la acentuada sequía y la situación desértica que se ha intensificado en la cuenca del río Copiapó, además de la sobreexplotación de los recursos hídricos en el acuífero, lo que genera un escenario hídrico actual bastante complejo.

La primera parte del trabajo corresponde a una caracterización completa de la zona de estudio, dentro de los que se incluyen los ámbitos climáticos, hidrológicos, marco geológico e hidrogeología presente. Para cada uno de estos puntos, se realiza una revisión de antecedentes y un catastro de la información existente a la fecha.

De manera de estimar los parámetros de conductividad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento dentro de cada sector en la modelación, se consideran los valores obtenidos del estudio del SITAC (2009) y DICTUC (2010).

Además, este estudio contiene el catastro completo de los pozos de observación pertenecientes a la cuenca del río Copiapó con sus correspondientes niveles de pozos históricos. La mayor parte de los pozos posee una extensa cantidad de datos de información, datando gran cantidad de ellos desde los años 70.

Otro punto corresponde a los valores integrados para el modelo de la cuenca. Se encuentran estimaciones de la recarga, las infiltraciones que se producen producto de precipitaciones e infiltraciones por parte del río, las descargas como afloramientos y bombeos.

Presenta la calibración del modelo en régimen transiente para el período desde Enero 1993 hasta Diciembre del 2000, hasta obtener un valor de Normalized RMS (Root Mean Squared) aceptado, 0.449%, y validación entre Enero del 2001 y Diciembre del 2006, presentando un error de 1.128%.

Finalmente se evalúan distintos escenarios proyectados hasta el año 2041. El primero corresponde a continuar con la situación actual, el segundo a la utilización de derechos de aguas pertenecientes a la minera Caserones, el siguiente considerando Caserones, pero eliminando los bombeos de la empresa de agua potable para reemplazarla por otra fuente como desalinizar aguas del mar, y el último considerando la situación actual y eliminando los bombeos en los pozos correspondientes al abastecimiento de agua potable.

2.1.7. DGA (2012)

Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas otorgados en la Cuenca del río Copiapó.

Dentro de la información otorgada por la DGA para la actualización del modelo hidrogeológico, datos a utilizar como inputs para el desarrollo de este trabajo.

En la base de datos se encuentran los derechos provisionales y definitivos otorgados desde el año 1965 hasta la fecha presente. En el catastro se tienen los caudales otorgados en cada fecha y la cantidad de derechos que éstos significan. Además de la estimación del volumen total anual a extraer y en cuál sector del acuífero está, considerando la sectorización desde 1 al 6 desarrollado por la DGA.

2.2. Otros antecedentes generales

2.2.1. Diagrama unifilar

El diagrama unifilar desarrollado por el estudio desarrollado por DICTUC (2010) se presenta en el ANEXO A. En éste se pueden apreciar las carreteras presentes y sus puentes, canales en uso y sin uso, los ríos, predios y cruces de canales, además bocatomas, compuertas y estaciones fluviométricas pertenecientes a la DGA.

2.2.2. Derechos y usos de aguas subterráneas

En el trabajo realizado por DGA (2012) – Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en la Cuenca del río Copiapó, se identifican de forma oficial los derechos de aprovechamiento de tipo consuntivo, otorgados para cada sector del acuífero del río Copiapó. La información contenida en dicho trabajo corresponde a los números de derechos por año, los caudales otorgados y el volumen total anual otorgado, para cada sector y cuenca total.

En la Tabla 2.1 se muestra el caudal y volumen total anual correspondiente a derechos de aprovechamiento otorgados, tanto en derechos definitivos como provisionales vigentes a la fecha (Marzo, 2012).

Tabla 2.1
Nº de derechos, caudal y volumen total otorgados vigentes a la fecha

Año	Nº	Caudal (l/s)	Volumen Total Anual (hm³)
Derechos Definitivos	384	19.237	599,11
Derechos Provisionales	56	385	12,14
Total	440	19.622	611,25

Fuente: DGA (2012)

A continuación, se puede observar desglosada la información por año: el número de total derechos definitivos y provisionales de aprovechamiento constituidos y vigentes a

la fecha (Figura 2.1), caudales totales otorgados (Figura 2.2) y volúmenes totales anuales (Figura 2.3). La información se puede encontrar en la Tabla B.1 del ANEXO B.

Se observa en las figuras que, anterior a los años 80, la explotación hídrica subterránea dentro de la cuenca era casi nula. En el año 85 hasta el 87 se tiene un aumento importante dentro de la demanda hídrica, esto producto de la llegada de la uva de mesa para la actividad agrícola en el sector. A partir de los años 90 se disminuyen los derechos otorgados, producto de la Resolución DGA N° 193, donde se declara como zona de prohibición. Finalmente, después del año 2004 los derechos otorgados son casi nulos, para finalmente tres años después se declare área de restricción y prohibición en el acuífero del valle del río Copiapó mediante el Informe Técnico N° 122 de la DGA el 29 de mayo del 2007.

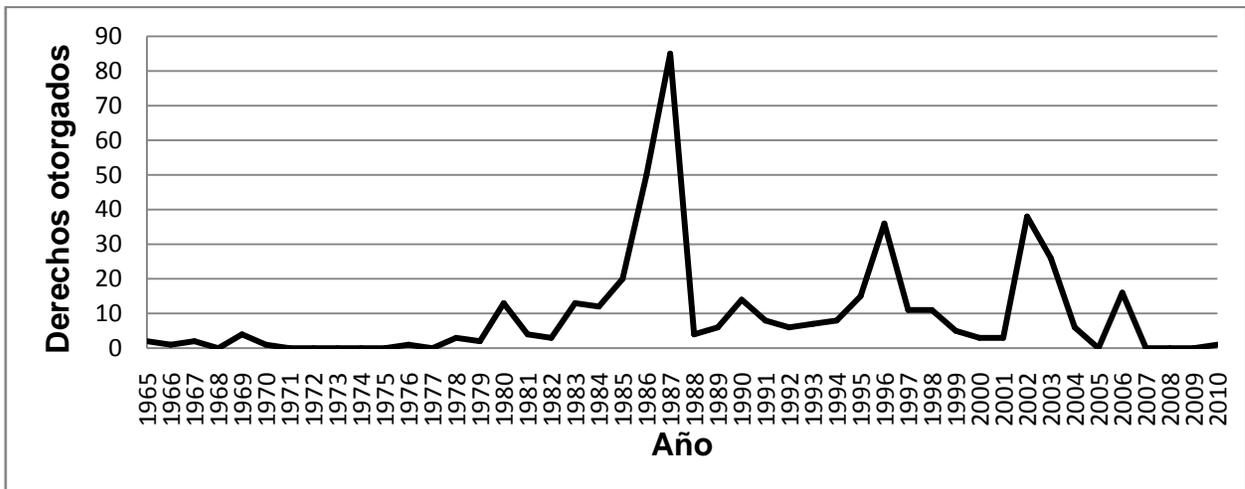


Figura 2.1
Derechos otorgados por año vigentes a la fecha
 Fuente: Elaboración Propia

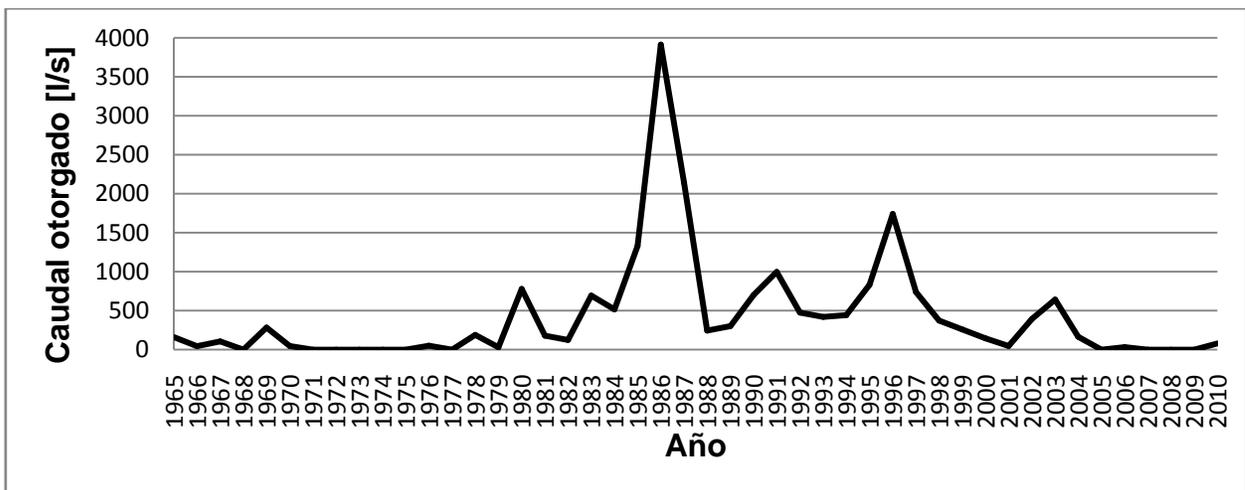


Figura 2.2
Caudal otorgado por año vigente a la fecha
 Fuente: Elaboración Propia

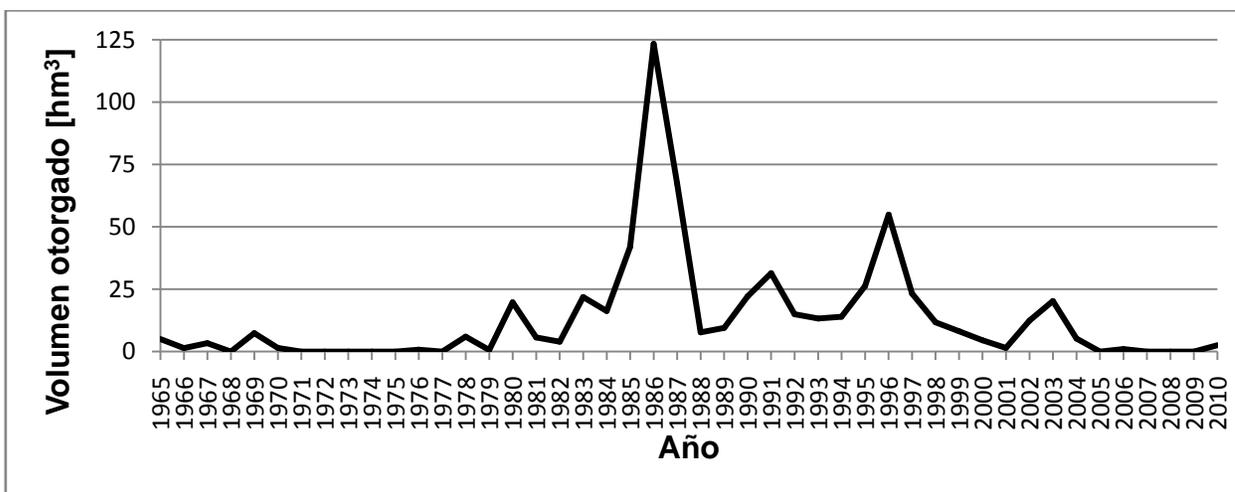


Figura 2.3
Volumen total anual otorgado por año vigente a la fecha

Dentro de la Tabla B.1 en el ANEXO B se muestra el desglose por año del número total de derechos de aprovechamiento, el caudal y volumen total anual otorgado por sector, considerando los derechos definitivos y provisionales.

Por otro lado, en la Tabla 2.2 y Tabla 2.3, se tienen los caudales por sector y volúmenes totales anuales vigentes a la fecha, respectivamente.

Tabla 2.2
Caudales otorgados por sector vigentes a la fecha

Sector	Definitivos (l/s)	Provisionales (l/s)	Totales (l/s)
Aguas Arriba Embalse Lautaro	2.187	-	2.187
Embalse Lautaro - La Puerta	3.380	-	3.380
La Puerta - Mal Paso	4.107	-	4.107
Mal Paso - Copiapó	4.115	-	4.115
Copiapó - Piedra Colgada	3.831	64	3.895
Piedra Colgada - Angostura	1.617	321	1.938
Total	19.237	385	19.622

Fuente: DGA (2012)

Tabla 2.3
Volúmenes totales anuales otorgados por sector vigentes a la fecha

Sector	Definitivos (hm³/año)	Provisionales (hm³/año)	Totales (hm³/año)
Aguas Arriba Embalse Lautaro	68,97	-	68,97
Embalse Lautaro - La Puerta	101,74	-	101,74
La Puerta - Mal Paso	129,26	-	129,26
Mal Paso - Copiapó	129,76	-	129,76
Copiapó - Piedra Colgada	119,39	2,02	120,41
Piedra Colgada - Angostura	50,98	10,12	61,10
Total	599,11	12,14	611,25

Fuente: DGA (2012)

Los datos de demandas de aguas subterráneas para cada uno de los sectores, se pueden observar en la Tabla B.2 del ANEXO B. Aquí se tiene para cada derecho su respectivo expediente, fecha de ingreso, peticionario, caudal solicitado y otorgado, coordenadas y volumen total anual otorgado, entre otros.

En el estudio realizado por DICTUC (2010), se tiene la recopilación y levantamiento de la información en terreno de manera de generar una base de datos con los derechos de aprovechamiento de las aguas pertenecientes al acuífero del río Copiapó. Los datos obtenidos para los usos corresponden a 434 registros obtenidos por SITAC (2008) y 209 por DICTUC (2010).

Del registro total de derechos se tiene un total de 483 aprobados, correspondientes a un caudal total de 17.754 l/s, valor levemente menor al estimado final por DGA (2012).

En la Figura 2.4 se presenta el porcentaje del número de los derechos otorgados de un total de 483 para todas las actividades. De la misma forma, en la Figura 2.5 se puede encontrar el caudal total otorgado para las mismas, considerando un total de 17.754 l/s.

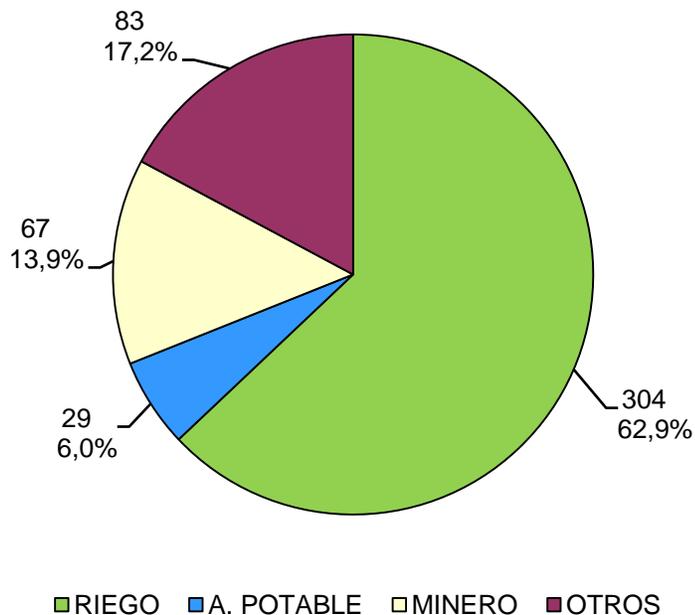


Figura 2.4
Uso de derechos otorgados en el acuífero del río Copiapó
Fuente: DICTUC (2010)

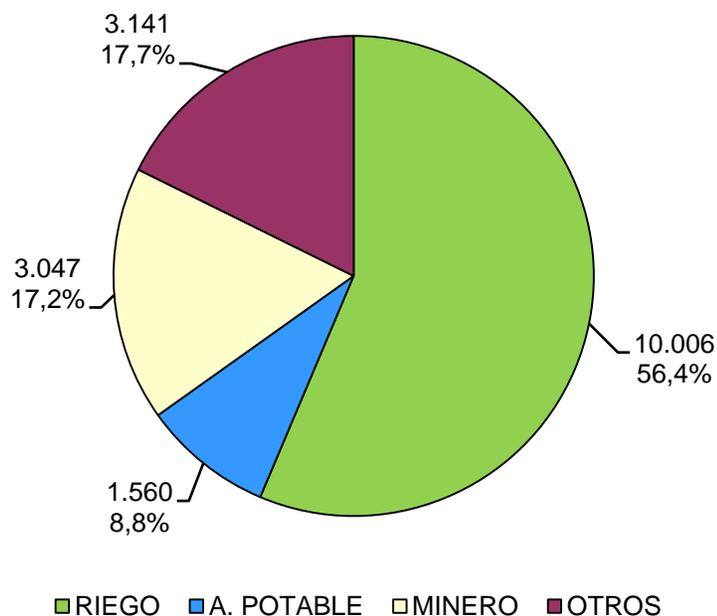


Figura 2.5
Uso de caudal otorgados en el acuífero del río Copiapó
 Fuente: Elaboración Propia

2.2.3. Usos de suelo

El levantamiento de la información para los predios fue realizado por el SITAC y DICTUC en el año 2008. En la cobertura se tiene un área cultivada de 12.753 Ha equivalentes a 2.073 predios dentro del valle. La distribución de cultivos se muestra en la Figura 2.6. Adicionalmente se tiene en la Figura 2.7 los porcentajes de los sistemas de riego presentes en los cultivos.

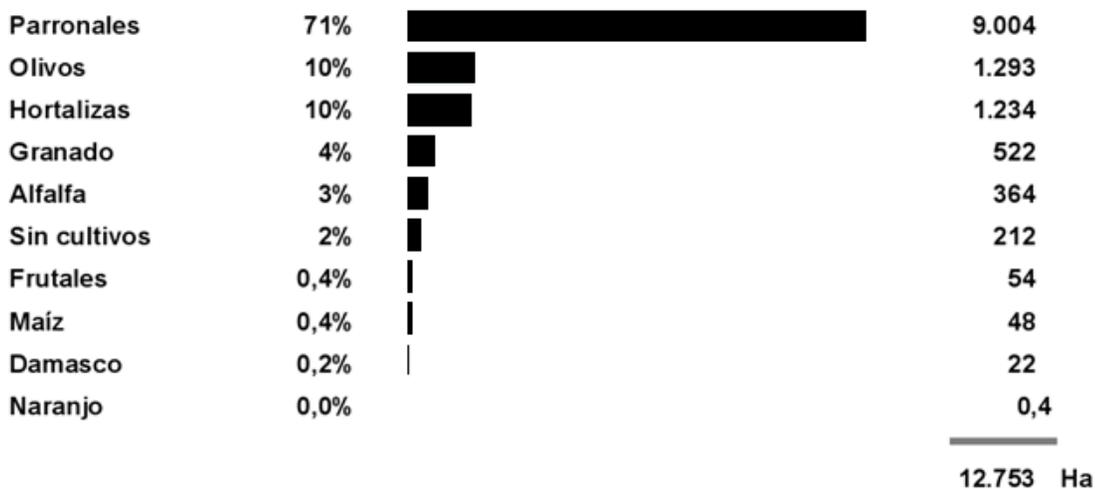


Figura 2.6
Tipos de cultivo en el valle del río Copiapó
 Fuente: DICTUC (2010)



Figura 2.7
Sistemas de riego en el valle del río Copiapó
 Fuente: DICTUC (2010)

Se observa el fuerte porcentaje que cubren los cultivos de parronales. Las importantes cifras que éstos presentan son producto de la llegada de la uva de mesa en los años 80, lo que impulsó la explotación de los recursos hídricos para la agricultura en el valle

El riego tecnificado se ha instalado con gran importancia. El goteo llega a cubrir aproximadamente el 90% del total de hectáreas cultivadas en la cuenca.

El detalle de la estadística de cultivos y sistemas de riego se presenta en la Figura 2.8 donde se desglosa por sector. Dentro de la categoría, "Otros" reúne los tipos de cultivos, alfalfa, frutales, maíz, damasco y naranjo.

La estadística por sector indica que los parronales son el tipo de cultivo que dominan en los sectores 1, 2 y 3, mientras que en los sectores más bajos de la cuenca, sector de desembocadura, coexisten otros tipos de cultivos, por ejemplo en el sector 6 el cultivo de los olivos corresponden al 87%.

Tipo de Riego en el Valle de Copiapó

	Aspersión	Ha	Goteo	Ha	Micro-Aspersión	Ha	Surco	Ha	Tendido	Ha	S/I	Ha	Total	Ha
Sector 1	5%	13	14%	1.571	33%	2	0%	0	0%	0	0%	0	12%	1.586
Sector 2	0%	0	21%	2.282	67%	5	0%	0	0%	0	0%	0	18%	2.287
Sector 3	0%	0	29%	3.184	0%	0	1%	1	0%	0	6%	12	25%	3.197
Sector 4	0%	0	5%	554	0%	0	98%	77	42%	465	11%	24	9%	1.119
Sector 5	0%	0	19%	2.106	0%	0	0%	0	21%	238	39%	82	19%	2.427
Sector 6	0%	0	12%	1.373	0%	0	1%	1	37%	410	44%	94	15%	1.878
S/I	95%	258	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	2%	258
		<u>271</u>		<u>11.070</u>		<u>7</u>		<u>79</u>		<u>1.114</u>		<u>212</u>		<u>12.753</u>

Tipo de Cultivos en el Valle de Copiapó

	Parronales	Ha	Olivos	Ha	Hortalizas	Ha	Granado	Ha	Otros	Ha	S/I	Ha	Total	Ha
Sector 1	17%	1.557	0%	0	0%	2	0%	0	5%	27	0%	0	12%	1.586
Sector 2	25%	2.282	0%	0	0%	5	0%	0	0%	0	0%	0	18%	2.287
Sector 3	35%	3.185	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	6%	12	25%	3.197
Sector 4	7%	606	6%	80	24%	294	0%	0	24%	116	11%	24	9%	1.119
Sector 5	15%	1.350	7%	89	32%	400	94%	490	3%	16	39%	82	19%	2.427
Sector 6	0%	24	87%	1.124	43%	533	6%	32	15%	71	44%	94	15%	1.878
S/I	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	53%	258	0%	0	2%	258
		<u>9.004</u>		<u>1.293</u>		<u>1.234</u>		<u>522</u>		<u>488</u>		<u>212</u>		<u>12.753</u>

Figura 2.8
Tipos de cultivo y sistemas de riego por sector en el valle del río Copiapó
 Fuente: DICTUC (2010)

3. ZONA DE ESTUDIO

3.1. Aspectos generales

La cuenca del río Copiapó se ubica entre los paralelos 26° 38' y 28° 38' latitud sur y entre los meridianos 70° 55' y 69° 00' longitud oeste, perteneciente a la Región de Atacama. En los límites se tienen las cuencas del río Salado al norte, del río Huasco al sur, la Cordillera de los Andes al este y el Océano Pacífico al oeste. El área aproximada de la cuenca es de 18.500 km². La zona de estudio se presenta en la Figura 3.1.

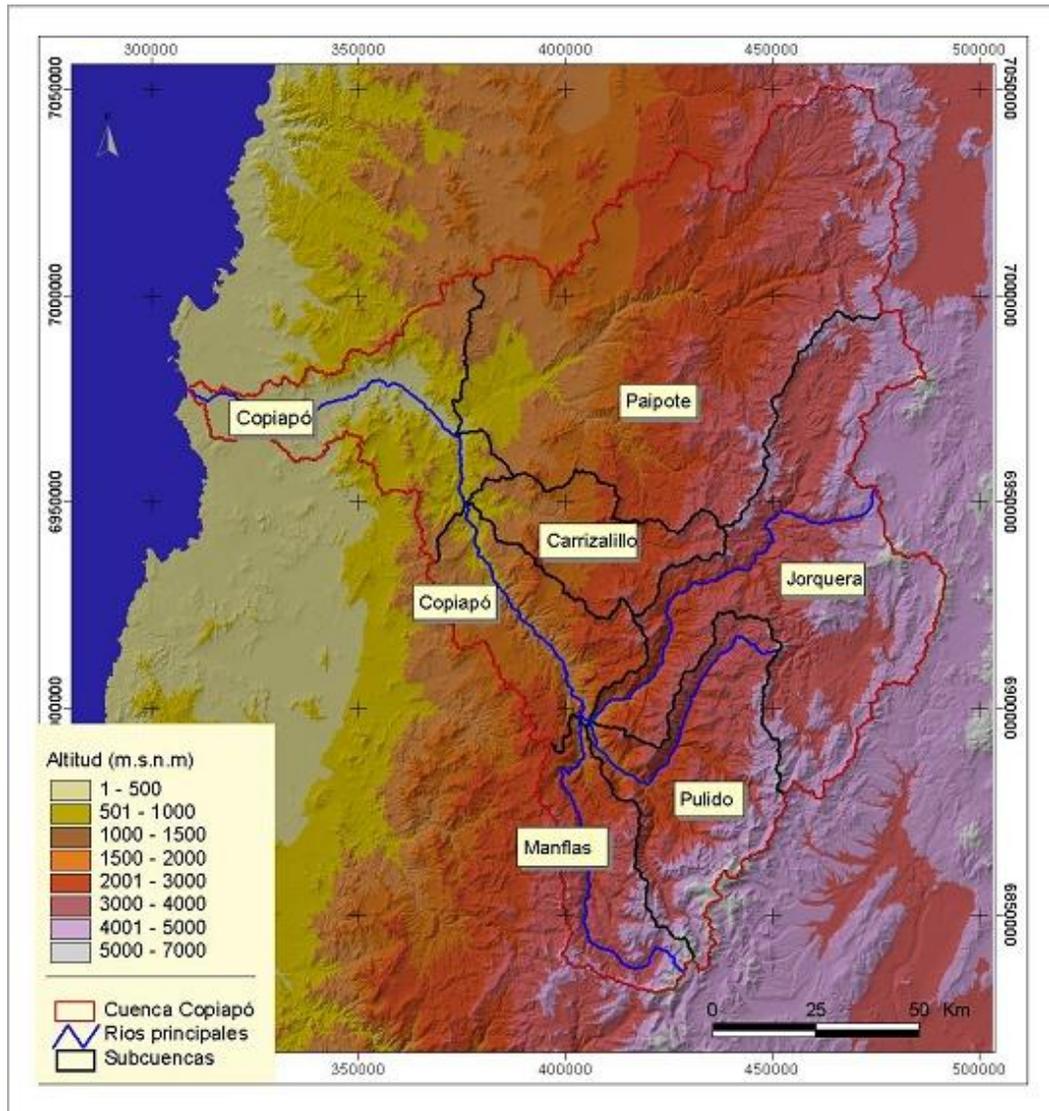


Figura 3.1
Distribución de alturas en zona de estudio
Fuente: Golder Associates (2006)

Los sectores poblados de mayor importancia pertenecientes a la cuenca del río Copiapó corresponden a la ciudad de Copiapó y Tierra Amarilla, con un total de 158.438 y 13.507 habitantes, respectivamente, de acuerdo al censo del año 2012. Las actividades

de mayor importancia corresponden a la minería, donde se incluye la Fundición Paipote perteneciente a CODELCO, minera Candelaria, entre otras; y la agricultura marcada por los cultivos frutales, viñas y hortalizas.

El río Copiapó se forma por los afluentes de los ríos Pulido y Jorquera en el sector de La Junta a una altura de 1.230 m.s.n.m., aguas abajo recibe aportes del río Manflas para luego seguir su desarrollo dirección NW hasta la confluencia de la Quebrada Paipote, 90 km aguas abajo, para finalmente desarrollar una curva suave en este punto y tomar curso oeste. La longitud del río Copiapó se estima en 162 km desde el sector de La Junta hasta su desembocadura en el mar.

En la Tabla 3.1 se muestran las características de las subcuencas pertenecientes a la cuenca del río Copiapó

Tabla 3.1
Características generales de las subcuencas

Subcuenca	Área (km ²)	%	Altura Min. (msnm)	Altura Máx. (msnm)	Altura promedio	Pendiente Promedio (%)
Río Manflas	1.205	7%	1.198	5.676	3.362	18,7
Río Pulido	2.042	11%	1.230	5.765	3.550	20,6
Río Jorquera	4.185	23%	1.228	6.050	3.797	16,6
Río Paipote	6.661	35%	441	5.291	2.566	12,8
Río Carrizalillo	1.117	6%	595	4.240	2.105	13,7
Río Copiapó (E. Lautaro - Paipote)	1.464	8%	582	3.926	1.715	13,9
Río Copiapó (Paipote – Desemb.)	1.862	10%	0	1.775	641	8,2
Total	18.536	100%	0	6.050	2.717	14,6

Fuente: Golder Associates (2006)

El río Pulido es el afluente con mayor aporte al río Copiapó debido a la existencia de dos sendos ventisqueros subafluentes, en los ríos Del Potro y Montosa.

Los aportes provenientes de la Quebrada Paipote, una cuenca de gran extensión que converge hacia el río Copiapó, se desprecian; superficialmente, producto del tamaño de la cuenca, los escurrimientos eventuales pueden ser relevantes, pero no afecta en ningún caso en términos de volúmenes para tiempos importantes; subterráneo, no se aprecia efecto producto de la quebrada aguas arriba y abajo en los niveles de pozo.

Producto de lo reciente, se afirma que sólo un tercio de la hoya hidrográfica es activa.

De acuerdo al estudio realizado por Álamos y Peralta (1987), con el fin de gestionar de mejor manera y explotar los recursos de manera sustentable, se divide el valle del río Copiapó en seis sectores de interés hidrogeológico desde el sector aguas arriba del embalse el Lautaro hasta Angostura, en los cuales se obtienen sectores que agrupan series de niveles de pozos con comportamientos similares.

- Sector N° 1: Aguas arriba del embalse Lautaro
- Sector N° 2: Embalse Lautaro – La Puerta
- Sector N° 3: La Puerta – Mal Paso
- Sector N° 4: Mal Paso – Copiapó
- Sector N° 5: Copiapó – Piedra Colgada
- Sector N° 6: Piedra Colgada – Angostura

3.2. Clima

La cuenca del río Copiapó es del tipo semiárido, la que presenta tres condiciones climáticas; desértico con nublados abundantes, presente en la zona costera hasta las proximidades de la ciudad de Copiapó y Vallenar producto del relieve; desértico marginal bajo, presenta mayores sequías y amplitudes térmicas dentro de la pampa intermedia; desértico marginal de altura, sector cordillerano con régimen térmico frío y mayores precipitaciones concentradas en los meses de mayo y agosto.

3.3. Hidrología

3.3.1. Precipitación

La información utilizada para caracterizar el régimen de precipitaciones, junto a su distribución espacial y temporal, corresponde a los datos procesados y actualizados en el estudio realizado por el DICTUC (2010). Se utilizaron 13 estaciones pluviométricas mostradas en la Tabla 3.2, mientras que en la Figura 3.2 se presentan las ubicaciones.

Tabla 3.2
Estaciones meteorológicas

Nº	Estación Meteorológica	Código BNA	UTM (WGS84)		Altitud (m.s.n.m.)
			Este	Norte	
P1	Caldera	03340001-2	319.889	7.004.743	15
P2	Canto de Agua	03701001-4	324.832	6.890.108	330
P3	Conay Albaricoque	03802006-4	391.477	6.796.399	1.600
P4	Copiapó	03450004-5	367.723	6.971.879	385
P5	El Totoral	03604001-7	307.153	6.911.671	150
P6	Elibor Campamento	03431004-1	381.881	6.933.193	750
P7	Hacienda Manflas	03421004-7	404.408	6.887.808	1.410
P8	Iglesia Colorada	03414002-2	413.312	6.884.641	1.550
P9	Jorquera en la Guardia	03404002-8	425.947	6.920.575	2.000
P10	Las Vegas	03210001-5	431.750	7.048.466	2.250
P11	Embalse Lautaro	03430006-2	401.647	6.904.993	1.110
P12	Los Loros	03430007-0	389.976	6.920.933	940
P13	Pastos Grandes	03441001-1	443.897	7.000.375	2.260

Fuente: DICTUC (2010) – SERNAGEOMIN (2011)

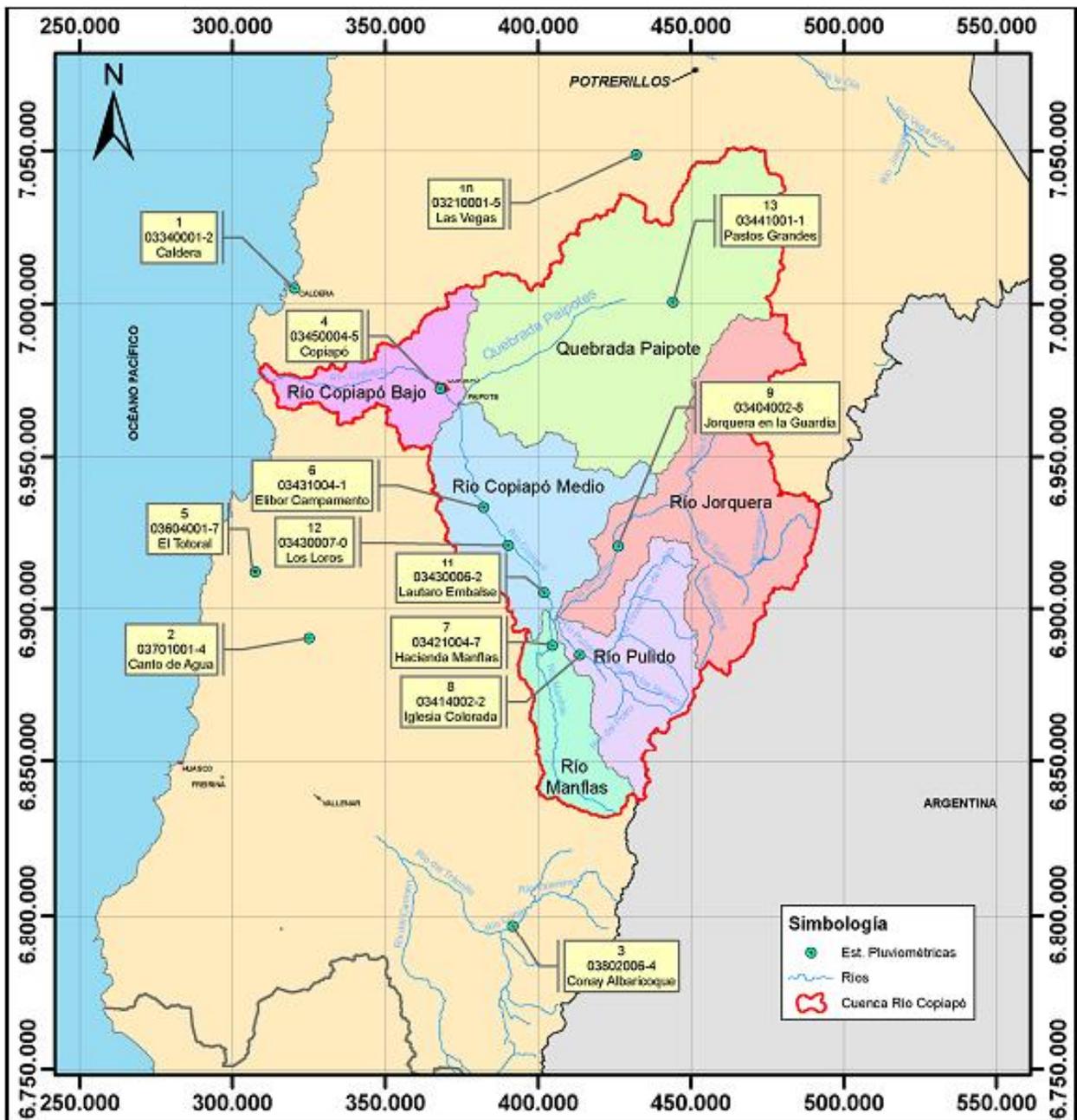


Figura 3.2
Ubicación estaciones meteorológicas
 Fuente: DICTUC (2010)

Los datos de precipitación media mensual rellenadas para las estaciones estudiadas se muestran en la Tabla 3.3. Se observa una concentración de los valores entre los meses de mayo y agosto, llegando hasta un 80% del total anual.

Mediante los valores medios mensuales, DICTUC (2010) obtiene el gradiente de precipitación media anual, que resulta en un valor promedio de 1 mm cada 70 metros.

Además, en base a este gradiente, en la Figura 3.3 se observa un mapa de isoyetas característico para la cuenca en estudio. A simple vista se puede observar las leves

precipitaciones que se producen en el sector costero y pampa intermedia, mientras que el valor en el sector cordillerano aumenta considerablemente producto del incremento en la altura del sector; sobre los 3.000 m.s.n.m.

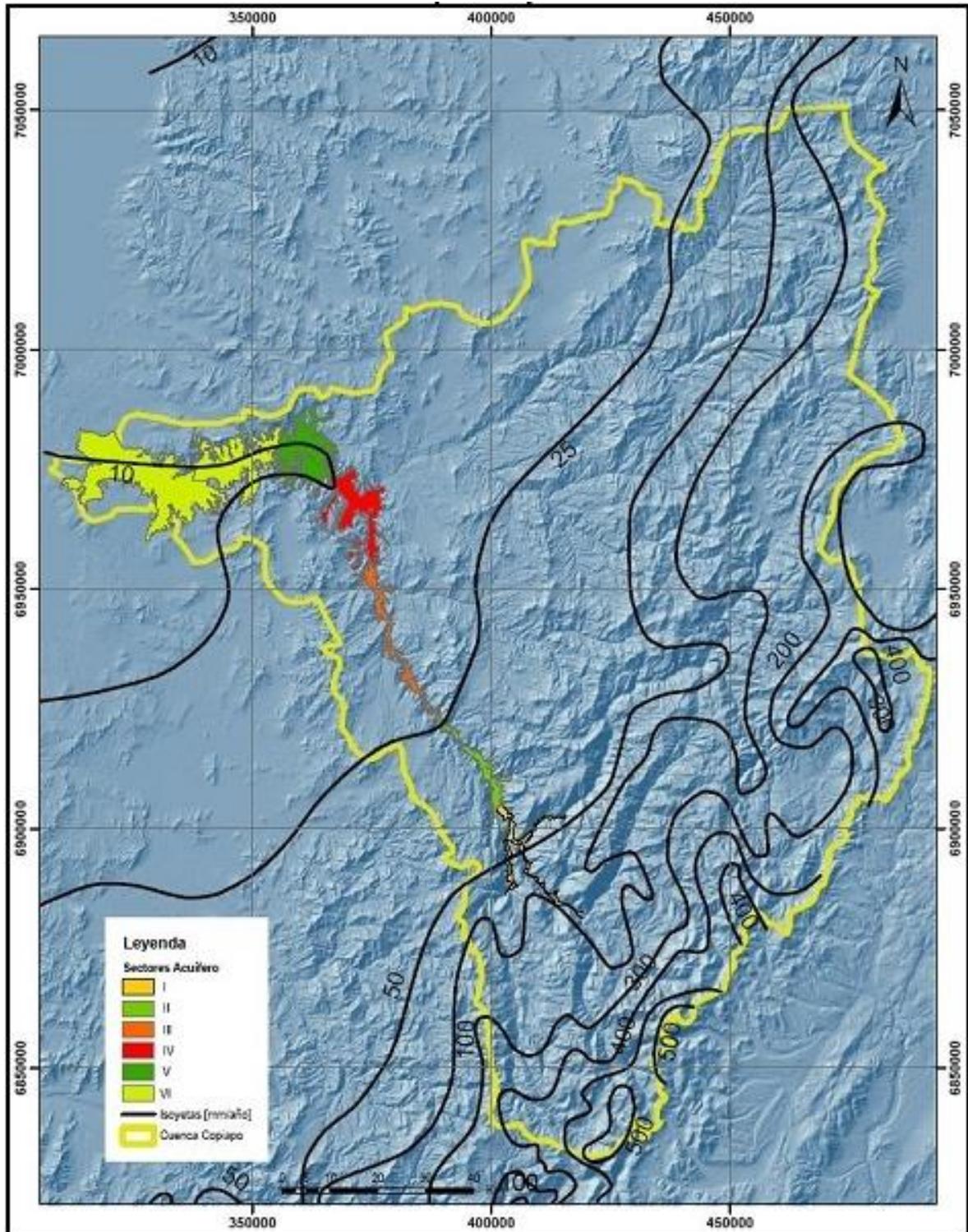


Figura 3.3
Mapa de isoyetas
Fuente: SERNAGEOMIN (2011)

Tabla 3.3
Precipitación media mensual en estaciones rellenadas (mm)

Nº	Altitud (msnm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año Cal	Año Hid
P1	15	0,0	0,0	0,4	0,4	1,3	5,3	4,9	5,1	0,5	0,0	0,0	0,0	18,0	17,6
P2	330	0,2	0,0	0,4	1,2	3,1	9,7	8,8	6,6	0,4	0,4	0,0	0,2	30,1	30,6
P3	1.600	0,1	1,8	2,6	3,1	8,5	26,1	19,8	14,0	0,5	0,0	0,8	1,0	57,6	64,8
P4	385	0,0	0,0	1,1	0,2	1,4	6,0	4,3	3,8	0,2	0,0	0,0	0,1	17,1	17,6
P5	150	0,2	0,0	0,7	0,9	3,0	10,1	7,6	5,0	0,3	0,3	0,0	0,0	28,3	28,9
P6	750	0,0	0,0	1,0	0,6	2,6	9,1	7,5	5,9	0,4	0,1	0,0	0,0	27,7	27,7
P7	1.410	0,2	0,2	1,9	2,9	4,8	13,3	10,2	10,3	1,0	0,6	0,0	0,1	44,9	44,7
P8	1.550	0,2	0,2	1,5	4,0	6,0	12,2	10,9	9,5	1,4	0,8	0,0	0,3	49,7	50,4
P9	2.000	0,2	1,4	3,2	3,5	6,4	13,3	7,3	7,6	2,8	1,3	0,1	0,3	48,7	47,9
P10	2.250	0,0	1,0	2,9	0,8	5,7	6,6	26,4	4,5	0,8	0,2	0,0	0,0	50,8	49,4
P11	1.110	0,3	0,4	2,7	2,4	4,2	8,9	8,1	8,8	1,5	0,3	0,2	0,2	35,0	36,8
P12	940	0,0	0,0	1,2	1,4	2,8	10,5	9,3	8,1	0,9	0,1	0,0	0,1	34,7	35,6
P13	2.260	0,0	1,6	3,2	1,8	3,4	8,9	9,8	4,8	2,3	0,7	0,0	0,2	35,4	36,3

Fuente: DICTUC (2010)

3.3.2. Fluviometría

Para describir el régimen de escurrimiento para la cuenca del río Copiapó, el estudio desarrollado por DICTUC (2010) cuenta con un catastro de 12 estaciones fluviométricas; las coordenadas y códigos BNA de éstas se muestran en la Tabla 3.4 y su ubicación en la Figura 3.4.

Tabla 3.4
Estaciones fluviométricas

Nº	Estación Fluviométrica	Código BNA	UTM (WGS84)	
			Este	Norte
F1	Río Copiapó en Angostura	03453001-7	317.937	6.976.386
F2	Río Copiapó en Mal Paso Aguas Arriba Canal	03434001-3	374.492	6.954.377
F3	Río Copiapó en Mal Paso Aguas Abajo Canal	03434003-K	374.894	6.955.304
F4	Río Copiapó en Ciudad de Copiapó	03450001-0	367.359	6.972.122
F5	Río Copiapó en Lautaro	03430001-1	401.673	6.904.738
F6	Río Copiapó en Pastillo	03430003-8	403.963	6.901.926
F7	Río Copiapó en La Puerta	03431001-7	388.794	6.923.493
F8	Río Copiapó en San Antonio	03430002-K	394.793	6.916.652
F9	Río Jorquera en Vertedero	03404001-K	405.776	6.897.200
F10	Canal Mal Paso después de Bocatoma	03434002-1	374.920	6.955.458
F11	Río Manflas en Vertedero	03421001-2	402.212	6.885.569
F12	Río Pulido en Vertedero	03414001-4	407.369	6.892.473

Fuente: DICTUC (2010) – SERNAGEOMIN (2011)

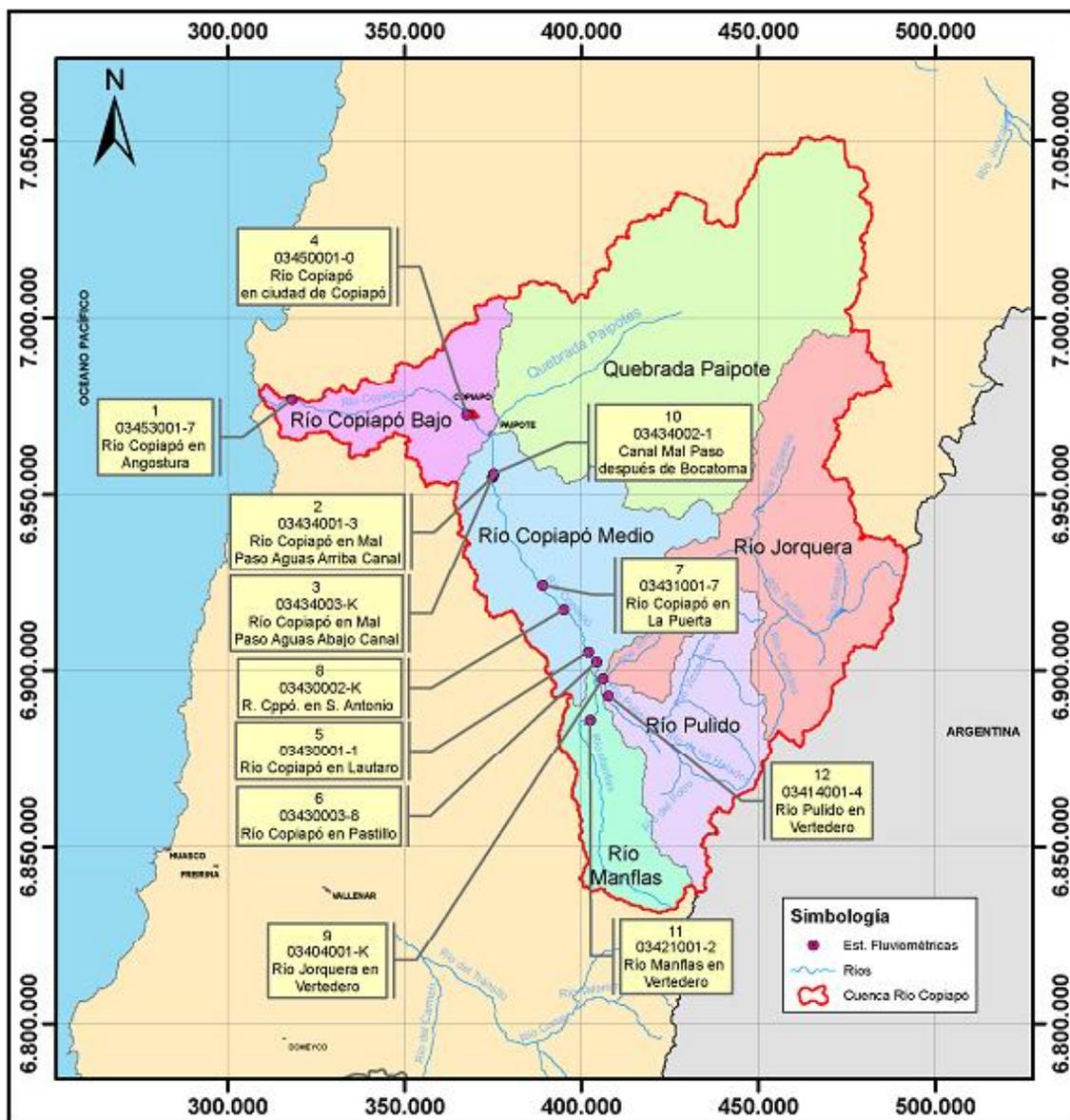


Figura 3.4
Ubicación estaciones fluviométricas
 Fuente: DICTUC (2010)

En modo complementario se presentan las características de drenaje para las estaciones mencionadas en la Tabla 3.5. Los valores corresponden a caudales medios registrados en las estaciones en condiciones no naturales o sobre-explotación, en el registro no considera los gastos en riego y evapotranspiración en las zonas de cultivo, por ello los caudales en los sectores más bajos se ven seriamente distorsionados.

Tabla 3.5
Gasto medio y producción específica en estaciones fluviométricas

Nº	Estación Fluviométrica	Superficie (km ²)	Gasto Medio (l/s)	Prod.Esp. (l/s/km ²)
F1	Río Copiapó en Angostura	18.400	441	0,02
F2	Río Copiapó en Mal Paso Aguas Arriba Canal	10.151	1.065	0,10
F3	Río Copiapó en Mal Paso Aguas Abajo Canal	10.157	985	0,10
F4	Río Copiapó en Ciudad de Copiapó	17.122	1.933	0,11
F5	Río Copiapó en Lautaro	7.478	1.292	0,17
F6	Río Copiapó en Pastillo	7.454	1.792	0,24
F7	Río Copiapó en La Puerta	8.333	2.405	0,29
F8	Río Copiapó en San Antonio	7.809	1.500	0,19
F9	Río Jorquera en Vertedero	4.207	722	0,17
F10	Canal Mal Paso después de Bocatoma	10.157	722	0,07
F11	Río Manflas en Vertedero	981	455	0,46
F12	Río Pulido en Vertedero	2.023	1.432	0,71

Fuente: DICTUC (2010)

En la Tabla 3.6, se presenta la distribución mensual promedio del gasto medio mensual de las estaciones estudiadas, planteadas en término del año hidrológico.

Tabla 3.6
Gasto medio mensual (m³/s)

Nº	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
F1	0,42	0,50	0,53	0,49	0,41	0,30	0,26	0,26	0,49	0,67	0,55	0,46
F2	1,21	1,23	1,30	1,16	1,03	1,05	1,08	1,11	1,45	1,80	1,20	1,22
F3	0,84	1,35	1,46	0,86	1,21	0,67	0,36	0,26	0,30	1,15	1,24	0,77
F4	1,33	1,45	1,44	1,58	1,27	1,02	1,05	0,95	1,78	2,34	1,88	1,62
F5	1,24	1,15	1,00	0,94	1,06	1,19	1,31	1,53	1,51	1,80	1,77	1,55
F6	1,84	1,92	2,01	2,00	2,06	1,92	1,87	1,91	2,48	2,80	2,48	1,94
F7	2,31	2,26	2,22	2,08	2,09	2,09	2,11	2,21	2,60	2,93	2,91	2,57
F8	1,45	1,29	1,33	1,26	1,28	1,50	1,77	2,12	2,78	2,99	1,75	1,66
F9	0,67	0,72	0,77	0,76	0,79	0,78	0,71	0,71	0,79	0,72	0,69	0,64
F10	0,80	0,85	0,75	0,68	0,67	0,64	0,66	0,68	0,76	0,74	0,74	0,78
F11	0,41	0,42	0,46	0,46	0,46	0,45	0,55	0,67	0,61	0,62	0,59	0,45
F12	1,47	1,33	1,24	1,16	1,07	0,97	0,93	1,11	1,91	2,70	2,30	1,74

Fuente: DICTUC (2010)

Se puede observar un comportamiento bastante uniforme durante el año, salvo en los meses de verano producto del deshielo en la cuenca del río Pulido. Además, se tiene el efecto regulador del embalse para las estaciones fluviométricas aguas abajo de éste.

Para estimar la oferta hídrica en el sector entre La Puerta y Angostura, se calcula la diferencia entre los caudales medios mensuales de las estaciones F7 y F1. Así se

obtiene el valor promedio de oferta hídrica correspondiente a 1,92 m³/s, con un valor mínimo de 1,59 m³/s y un máximo de 2,36 m³/s

3.3.3. Evaporación y temperatura

El valor promedio para estas variables se obtiene considerando la información existente para evaporación media mensual y temperatura de seis estaciones meteorológicas, dos de ellas ubicadas en las cercanías del sector sur de la cuenca y las otras dentro de la misma. En la Tabla 3.7 se presentan sus respectivas coordenadas y altitud, además la distribución espacial se puede apreciar en la Figura 3.5.

Tabla 3.7
Estaciones de temperatura y evaporación

Nº	Estación	Altitud (m.s.n.m.)	UTM (WGS84)	
			Este	Norte
1	Canto de Agua	330	324.832	6.890.108
2	Conay Albaricoque	1.600	391.477	6.796.399
3	Copiapó	385	367.723	6.971.879
4	Iglesia Colorada	1.550	413.312	6.884.641
5	Embalse Lautaro	1.110	401.647	6.904.993
6	Los Loros	940	389.976	6.920.933

Fuente: DICTUC (2010) – SERNAGEOMIN (2011)

En la Tabla 3.8 se observan los valores de temperatura media mensual, de la cual se puede destacar la baja variabilidad entre estaciones. Lo mismo sucede para las oscilaciones producto de la estaciones del año.

Tabla 3.8
Temperatura media mensual (°C)

Nº	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1	20,5	20,3	19,7	17,4	15,1	13,1	12,9	14,2	15,5	16,5	18,0	19,3	16,9
2	20,5	20,3	19,4	17,1	15,1	13,9	13,7	14,9	15,8	17,4	18,6	19,9	17,2
3	20,4	20,4	19,5	17,3	15,1	13,4	12,5	14,0	15,1	16,3	17,5	19,1	16,7
4	20,9	21,2	20,3	19,1	17,0	16,0	15,7	16,3	17,0	18,9	19,6	20,7	18,6
5	22,1	22,0	21,5	19,7	18,0	16,6	16,7	17,7	18,3	19,7	20,7	21,6	19,6
6	21,6	20,9	20,1	17,9	16,0	15,4	14,8	15,9	16,5	18,1	19,7	20,6	18,1
Prom	21,0	20,9	20,1	18,1	16,1	14,7	14,4	15,5	16,4	17,8	19,0	20,2	17,8

Fuente: DICTUC (2010)

Ahora, en la Tabla 3.9 se muestra la evaporación media mensual registrada. Producto de las altas temperaturas, los valores de evaporación superan ampliamente los valores de precipitaciones, por ello se puede afirmar que el agua precipitada, rápidamente se evapora y vuelve a la atmósfera

Tabla 3.9
Evaporación media mensual (mm)

Nº	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	195,3	179,2	176,7	141,0	89,9	60,0	65,1	71,3	93,0	124,0	138,0	161,2
2	325,5	291,2	294,5	249,0	217,0	189,0	192,2	217,0	222,0	285,2	306,0	337,9
3	217,0	190,4	173,6	123,0	89,9	84,0	77,5	102,3	132,0	139,5	165,0	186,0
4	399,9	364,0	365,8	306,0	269,7	267,0	251,1	291,4	300,0	353,4	381,0	412,3
5	325,5	282,8	269,7	204,0	173,6	150,0	158,1	195,3	219,0	272,8	297,0	325,5
6	350,3	399,6	285,2	213,0	164,3	135,0	145,7	170,5	210,0	279,0	312,0	344,1
Prom	302,3	267,9	260,9	206,0	167,4	147,5	148,3	174,6	196,0	242,3	266,5	294,5

Fuente: DICTUC (2010)

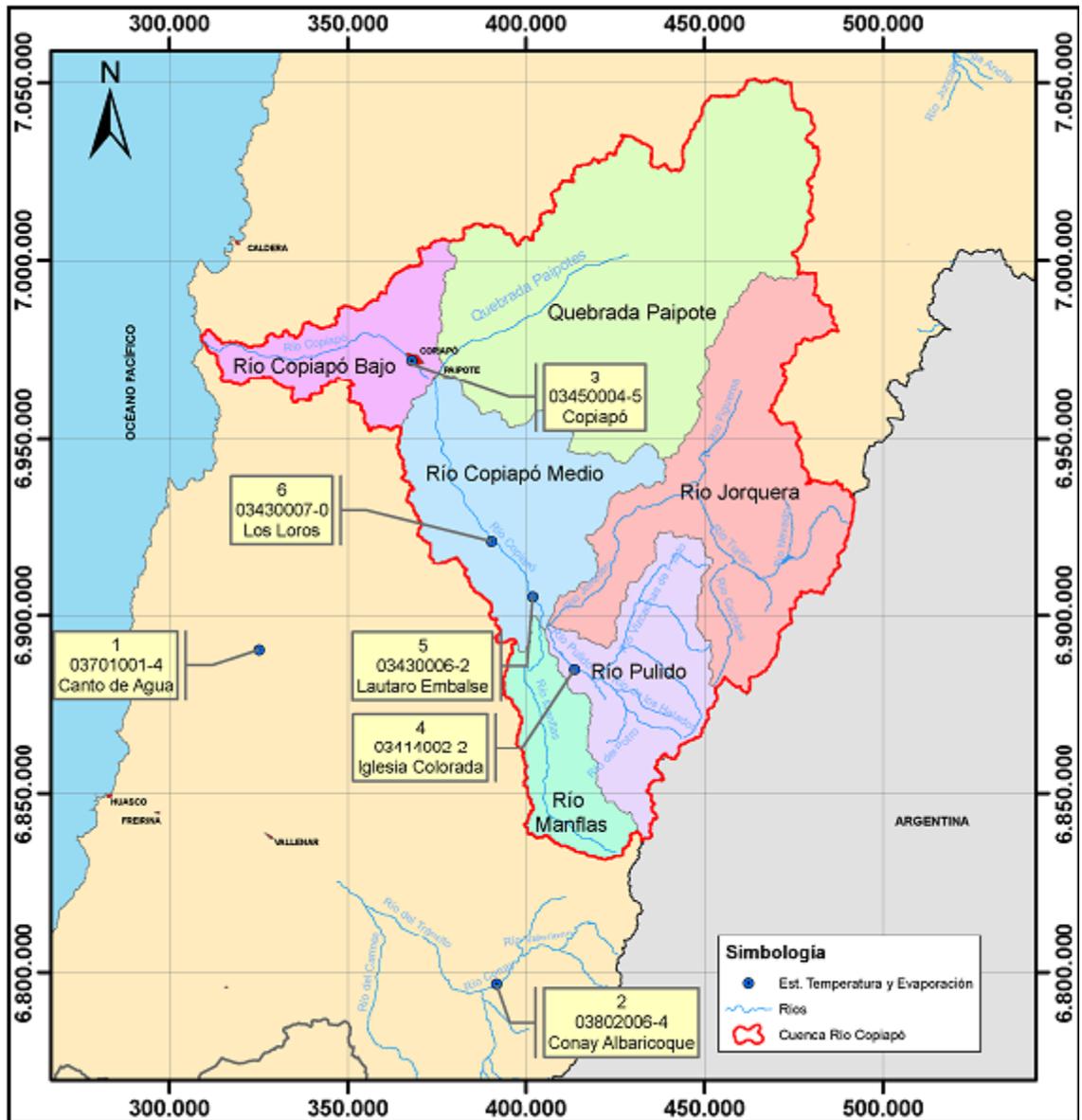


Figura 3.5
Ubicación de estaciones de temperatura y evaporación
Fuente: DICTUC (2010)

3.4. Hidrogeología

En el valle del río Copiapó, se pueden encontrar unidades geológicas con propiedades específicas que permiten experimentar recarga, almacenamiento y transmisión de aguas subterráneas: Depósito no consolidado y basamento rocoso indiferenciado (BRI), los que corresponden a las unidades rocosas que conforman los flancos y basamento rocoso en la región de estudio.

3.4.1. Geología de subsuperficie

En la Figura 3.6 se tiene el plano longitudinal a lo largo del valle del río Copiapó, donde se puede observar la profundidad del basamento. Se notan sectores en los cuales los espesores del relleno llegan hasta los 500-600 m y otros donde no supera los 200 m. Los sectores con menor espesor corresponden a Los Loros y Angostura.

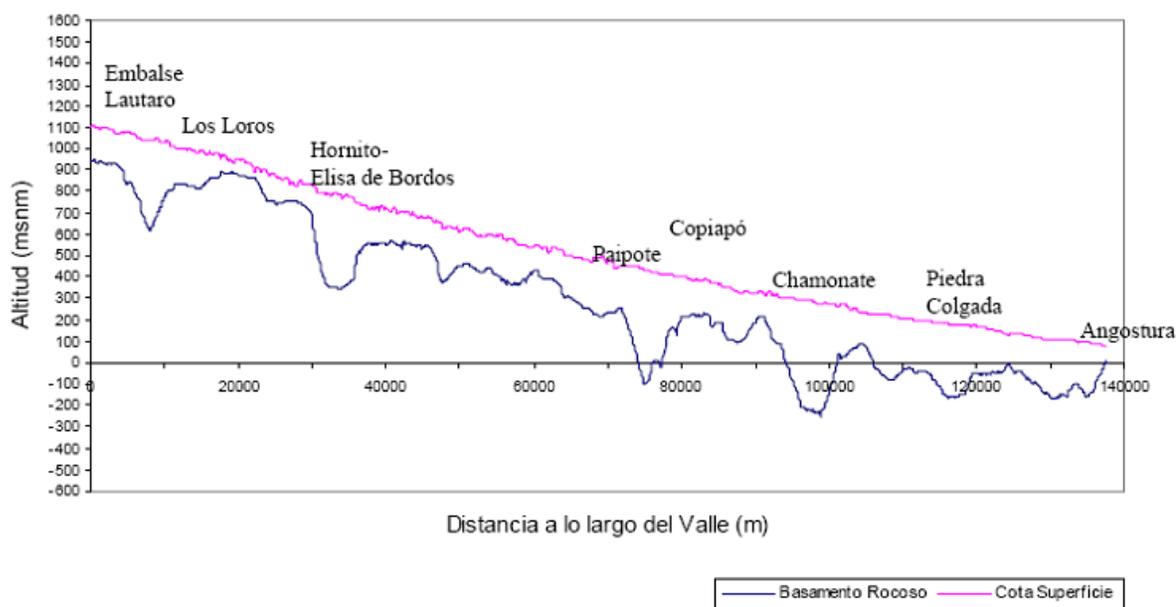


Figura 3.6
Basamento rocoso v/s cota de superficie

Fuente: DGA (2003)

La geometría del acuífero fue diseñado utilizando la información recopilada por SERNAGEOMIN mediante el método de resistividad eléctrica tipo transiente (TEM), sondajes eléctricos verticales (SEV), pozos profundos que penetran el basamento y perfiles gravimétricos del acuífero. De esta forma, se importan los datos al programa SURFER el que genera las curvas de nivel del fondo del acuífero.

Por otro lado, la estratigrafía se desarrolló empleando información de 100 pozos y norias con profundidades entre 6 y 170 m (DGA, 2003). No se observan porcentajes de arcillas mayores al 50%, por ello se descarta la presencia de estratos impermeables, y por la falta de continuidad entre estos estratos finos, se consideran que se comportan como bolsones de sedimento fino, permitiendo la consideración general del acuífero como un estrato mono-capa.

3.4.2. Unidades hidrogeológicas

Los *depósitos no consolidados* corresponden al relleno sedimentario. Éste se forma por secuencias mayoritariamente permeables y semipermeables con porosidad intergranular. Produce acuíferos potentes, continuos y extensos, radicados en depósitos granulares modernos: ripios, gravas, gravas arenosas, arenas fluviales y fluvioaluviales.

Las menores porosidades dentro de esta categoría se registran en depósitos macizos de flujo de barro y/o detritos y en secuencias fluviales y fluvioaluviales antiguas.

Esta unidad concentra el potencial hidrogeológico debido a sus características granulométricas y constantes hidráulicas, las que favorecen la recarga, transmisión y almacenamiento de importantes volúmenes de aguas subterránea, con calidad fisicoquímica adecuada, restringida vulnerabilidad a agentes contaminantes y efectiva capacidad de renovación.

El *basamento rocoso indiferenciado (BRI)*, son las rocas que constituyen los flancos y el basamento rocoso. Conformado por materiales, prácticamente impermeables, salvo una permeabilidad secundaria ligada a la alteración y/o fracturamiento superficial. Su capacidad de almacenamiento y transmisión se encuentra entre baja y nula.

Dentro de las unidades geológicas en estudio, se pueden describir sus características hidrogeológicas más relevantes. Se desglosan en 4 categorías según su importancia hidrogeológica: alta, media a baja, baja, y baja a nula.

3.4.2.1. Acuíferos de gran importancia hidrogeológica

Se ubican a lo largo y ancho del valle del río Copiapó y en las confluencias de éste con sus quebradas afluentes.

Este relleno sedimentario no consolidado, y con una eficaz interconexión entre acuíferos de muy buena calidad y fuentes de recarga, presenta un gran potencial de almacenamiento llegando a valores en el rango de los 0,16% y 15%, una transmisividad del orden de 1.000 a 20.000 m²/día y permeabilidades hidráulicas del orden de los 3-6x10⁻⁴ m/s. Presenta lentes de baja conductividad con valores de 2x10⁻⁵ m/s. Registros muy puntuales muestran valores de 10⁻⁵ y 10⁻⁷ m/s, con tasas de infiltración del orden de 10⁻² a 10⁻³ m/s

Según sondajes mecánicos, se alcanzan secuencias con 180 m de espesor. Además, en determinadas zonas se alcanzan profundidades de hasta 250-300 m y en otras valores mayores a los 300 m. Estos últimos, corresponden a “cubetas tectónicas” situadas en el valle del río Copiapó, en torno a grandes zonas de falla o sectores relacionados con la presencia de acuíferos en roca.

Producto de los extensos períodos de sequía, se han obtenido descensos en los niveles estáticos del orden de los 0,3 a 4,5 m/año. Debido a estos valores, y los espesores recién descritos, las aguas subterráneas podrían alcanzar tiempos de residencia entre los 30 y 200 años. En la parte baja, los tiempos predominantes corresponden a los presentes en el rango de los 80 y 160 años, y finalmente para los niveles más

profundos, especialmente en la parte baja del valle, podrían llegar a ser incluso aguas fósiles (mil o miles de años).

3.4.2.2. Acuíferos de media a baja importancia hidrogeológica

Depósito no consolidado, poroso y permeable, el que carece de continuidad en los procesos de recarga debido al efecto de repentinadas y esporádicas lluvias. Al agregar a estas características el escaso volumen que presentan estos acuíferos, se le confiere una importancia media a baja con respecto al resto de las unidades hidrogeológicas del valle.

3.4.2.3. Acuíferos de baja importancia hidrogeológica en depósitos no consolidados a semiconsolidados

Corresponden a los sectores en que se tiene: escasa capacidad de almacenar aguas, baja porosidad, baja permeabilidad, la presencia de abundantes finos intersticiales y el hecho de que gran parte de estos depósitos se encuentren cementados.

Se encuentran en áreas muy localizadas y/o de reducida extensión, generalmente apoyados sobre el basamento rocoso indiferenciado. Entre algunos sectores en los que se pueden localizar, se cuentan los conos de deyección y flujos de barro y/o detritos.

3.4.2.4. Acuíferos de baja a nula importancia hidrogeológica en roca

Constituido por material principalmente impermeable, rocas y depósitos con escasa a nula porosidad. Se incluyen las unidades rocosas que forman el flanco con el basamento rocoso indiferenciado del valle del río Copiapó, además de flujos de barro y detrito, depósitos fluviales y fluvioaluviales antiguos, y depósitos aluviales antiguos. Posibles acuíferos se encontrarían en roca porosa y/o fracturada con adecuada interconexión hidráulica, pero con escasa fuente de recarga.

3.4.3. Propiedades hidrogeológicas

Las propiedades hidrogeológicas de interés, corresponden a la: Transmisividad (T), permeabilidad (K) y coeficiente de almacenamiento (S).

A continuación se presenta la recopilación de antecedentes dentro de los estudios que existen para la cuenca del río Copiapó. Además se tiene la nueva información calculada por DICTUC (2010) mediante pruebas de bombeos en diversos pozos ubicados en el acuífero.

3.4.3.1. Transmisividad (T)

Característica hidráulica la cual mide la cantidad de agua por unidad de ancho que puede ser transmitida horizontalmente a través del espesor saturado del acuífero con un gradiente hidráulico unitario, igual a 1.

En el informe desarrollado por Álamos y Peralta (1987), se indica que los valores de la transmisividad oscilan entre 1.000 y 20.000 m²/d; valores más altos en los sectores de

Lautaro, El Yeso y Totoralillo; menores valores en los sectores de Villa María, Hornitos, La Puerta y Los Loros. En la Tabla 3.10 se puede observar en resumen los valores para los distintos sectores según el estudio.

Tabla 3.10
Valores de transmisividad – Álamos y Peralta (1987)

Sector	Transmisividad (m²/d)
Embalse Lautaro - Valle Hermoso	< 15.000 - 20.000
San Antonio - La Puerta	1.000 - 5.000
Elisa de Bordos	< 20.000
Elisa de Bordos - Jotabeche	1.000 - 5.000
Jotabeche - Nantoco	< 15.000 - 20.000
Tierra Amarilla - Paipote	1.000 - 5.000
San Fernando	< 15.000 - 20.000
Copiapó	1.000 - 10.000
Bodega	10.000 - 15.000
La Chimba - Piedra Colgada	1.000 - 5.000

Fuente: SERNAGEOMIN (2011)

En la zona de la confluencia del río Pulido con la cuenca del río Ramadillas, las transmisividades son medias a altas con valores entre los 400 y 500 m²/día, salvo en casos puntuales como el pozo WE-04 donde se tiene un valor de 55,7 m²/día. Cabe destacar que, producto de la influencia del acuífero inferior, roca basal alterada, se produce un descenso importante en los valores de transmisividad con respecto a otros sectores.

El rango entre 500 y 3.000 m²/día que se presenta en la zona de Iglesia Colorada, corresponden a valores de transmisividad medios altos a muy altos.

En la zona de La Junta se presentan valores de transmisividad medias altas a muy altas con valores entre los 800 y 10.000 m²/día. Bajo el embalse Lautaro los valores son muy altos, del orden de 1.000 a 20.000 m²/día.

Por otro lado DICTUC (2010), recopiló información de 4 estudios desarrollados en el sector del río Copiapó, entre éstos se presenta el estudio recién mencionado de Álamos y Peralta.

En las Figura 3.7 a la Figura 3.10, se muestran los valores recopilados para transmisividad en diagramas Box-Whisker, utilizados para caracterizar la gran variabilidad que se tiene en estos parámetros a través del valle. Los estudios corresponden a los siguientes.

- Uri Hammer y Asociados para Dirección de Riego – MOP (1980). Plan Maestro de Acción Inmediata para el Desarrollo de los Recursos de Agua y Suelo del Valle de Copiapó.

- Álamos y Peralta para DGA (1987). Análisis y Evaluación de los Recursos Hidrogeológicos del Valle del Río Copiapó.
- Álamos y Peralta para Cía. Minera Mantos Blancos (1994). Estudio Hidrogeológico General Sector Copiapó-Piedra Colgada.
- Álamos y Peralta para DGA (1995). Análisis y Evaluación de los Recursos Hídricos en el Valle del Río Copiapó.

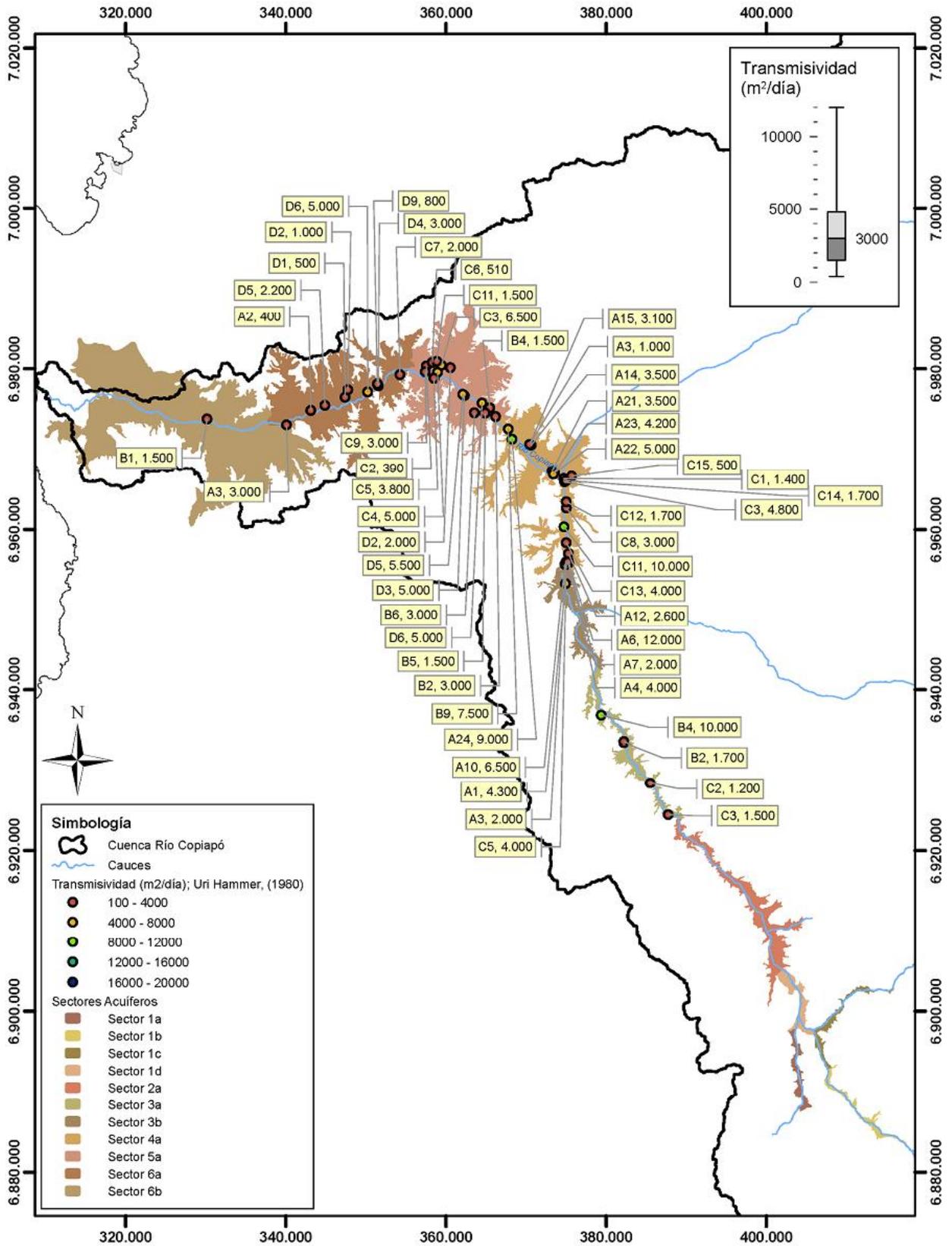
Adicionalmente, DICTUC (2010) realizó un análisis estratigráfico y pruebas de bombeo. Las pruebas de bombeo fueron realizadas sin pozos de observación, por ello se corrigieron las pérdidas de carga en el radio del pozo mediante la fórmula de Babbitt-Caldwell (Kresic, 1997).

Con los valores de carga corregidos, se utiliza el software AquiferTest v.4.2 para calibrar mediante el análisis de Theis, y de ésta forma obtener la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento para cada pozo.

En los pozos que no existe detalle de la prueba de bombeo, y se presenta la curva de agotamiento del acuífero, se estimó el parámetro mediante el uso de la fórmula de Razack & Huntley (1991).

Los valores para la parte alta fueron obtenidos del estudio “Modelo Hidrogeológico Cuenca Río Copiapó, Sector Ramadillas – La Puerta, Proyecto Caserones, SITAC (2009)”. Se determinaron directamente del análisis de pruebas de bombeo realizadas en los pozos e indirectamente por medio de la relación transmisividad con caudal específico obtenida del informe DGA (1987). Esta relación fue obtenida mediante la correlación entre las pruebas de bombeo y el caudal específico de más de 80 pozos pertenecientes al valle del río Copiapó. Los pozos corresponden a los comprendidos entre el WE-01 y ND-365.

En la Tabla 3.11 se observan los valores de transmisividad (T) calculados mediante las pruebas de bombeo y relación entre transmisividad y caudal específico, por parte del SITAC (2006) y DICTUC (2010).



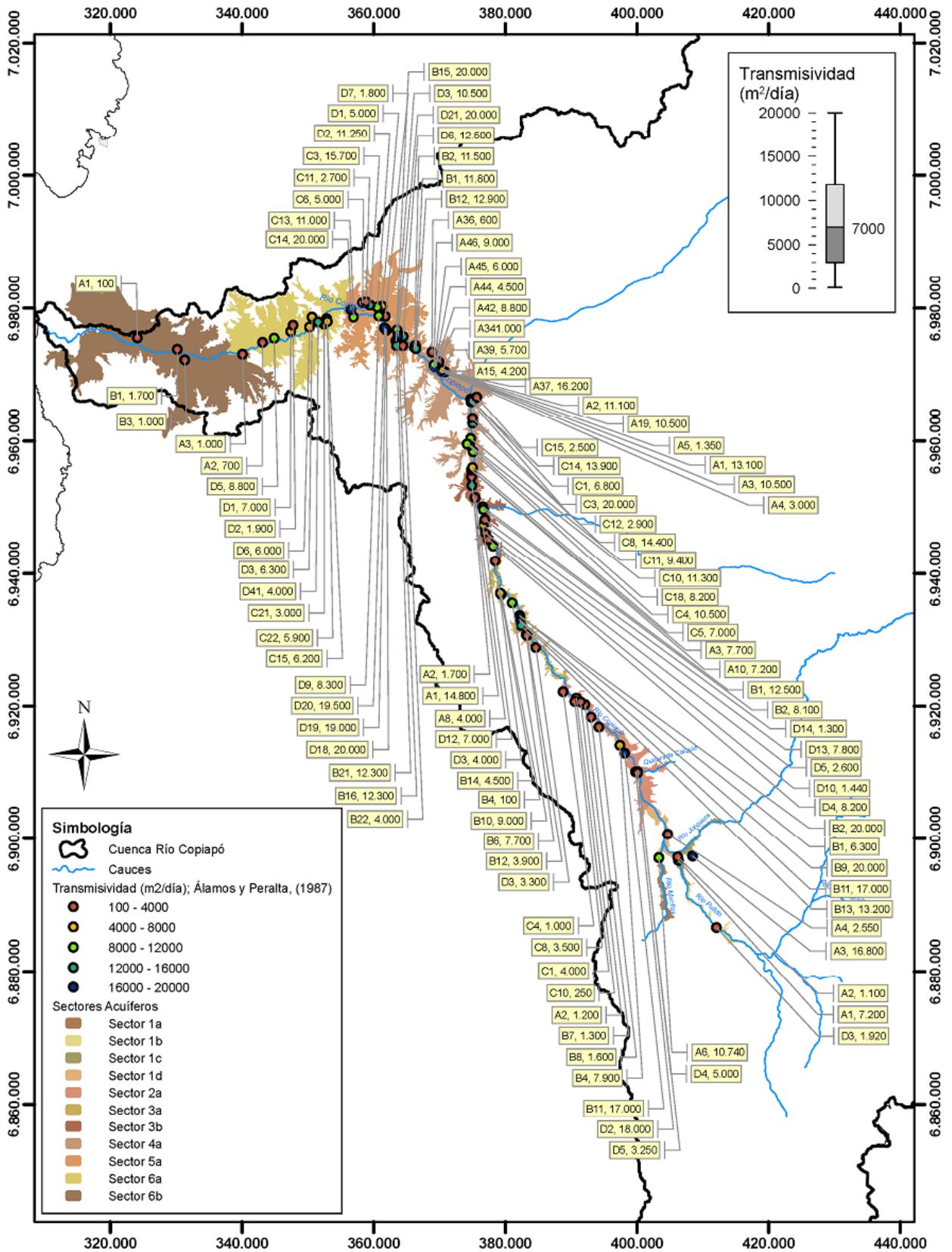


Figura 3.8
Transmisividad (m²/día) extraídos de Álamos y Peralta (1987)
 Fuente: DGA (2010)

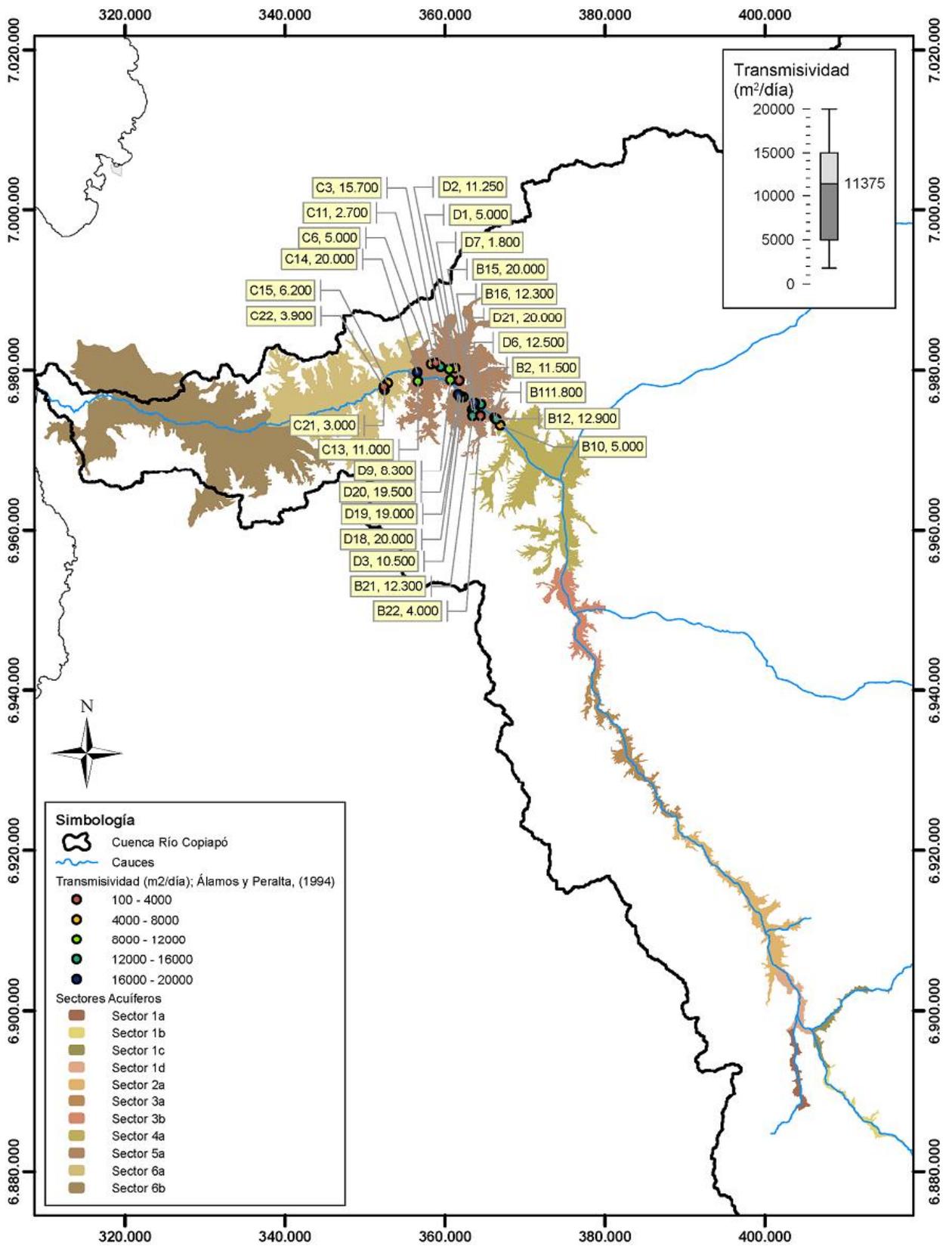


Figura 3.9
Transmisividad (m²/día) extraídos de Álamos y Peralta (1994)
 Fuente: DGA (2010)

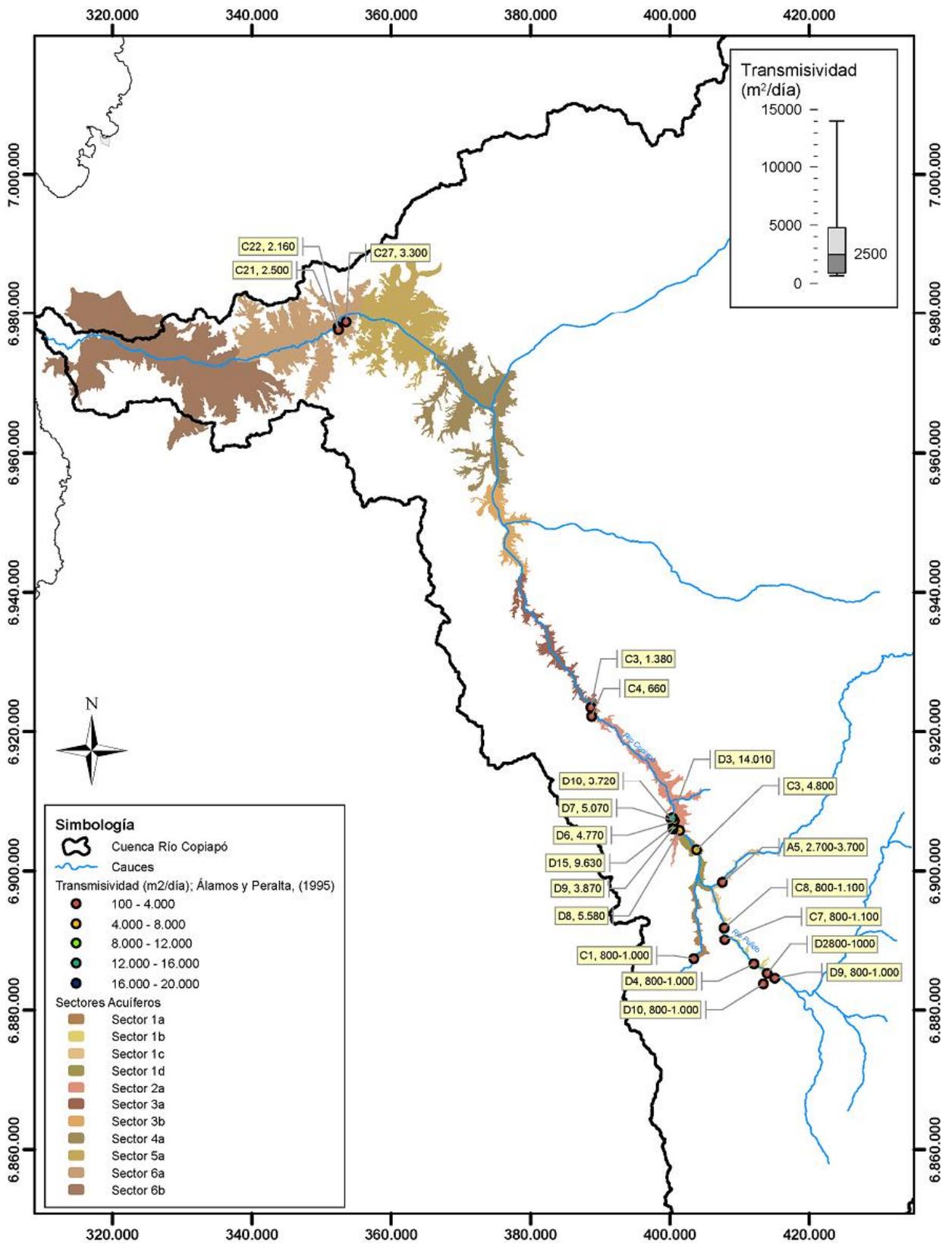


Figura 3.10
Transmisividad (m²/día) extraídos de Álamos y Peralta (1995)
 Fuente: DGA (2010)

Tabla 3.11
Valores de transmisividad – SITAC (2006) y DICTUC (2010)

Código	Sector	Transmisividad (m²/d)
WE-01	Río Ramadillas	303
WE-02	Río Ramadillas	56
WE-03	Río Ramadillas	447
WE-04	Río Pulido - Ramadillas	399
WEO-04	Río Pulido - Ramadillas	462
CCH-1	Iglesia Colorada	2.810
CCH-2	Iglesia Colorada	3.000
CCH-3	Iglesia Colorada	2.470
CCH-4	Iglesia Colorada	500
M-III-107	Jorquera	10.353
ND-305	Manflas	431
ND-326	Pulido	216
M-II-204	Pulido	2.381
ND-344	Pulido	803
M-III-097	San Antonio-Los Loros	1.266
M-III-051	Lautaro-San Antonio	3.435
M-III-168	Lautaro-San Antonio	561
ND-287	Lautaro-San Antonio	39.300
M-3-116	Lautaro-San Antonio	3.440
M-III-096	Lautaro-San Antonio	1.809
M-III-073	Lautaro-San Antonio	4.767
M-III-122	Lautaro-San Antonio	5.127
M-III-041	Lautaro-San Antonio	1.935
M-III-050	Lautaro-San Antonio	3.859
M-III-058	Lautaro-San Antonio	3.895
M-III-068	Lautaro-San Antonio	22.800
M-III-070	Lautaro-San Antonio	1.926
ND-229	Lautaro-San Antonio	1.073
M-3-115	Los Loros-La Puerta	6.452
ND-365	La Puerta-Mal Paso	5.758
ND-0302-282	Pulido	936
ND-0302-302	Pulido	565
ND-0302-287	La Junta	1.770
NR-0302-74	La Junta	427
ND-0302-229	La Junta	1.044
ND-0302-145	Paipote-La Brea	820
ND-0302-222	Paipote-La Brea	1.640
ND-0302-289	Lautaro-La Puerta	1.330
ND-0302-960	Lautaro-La Puerta	299

Tabla 3.11
Valores de transmisividad – SITAC (2006) y DICTUC (2010). Continuación

Código	Sector	Transmisividad (m²/d)
ND-0302-268	Lautaro-La Puerta	362
ND-0302-307	Lautaro-La Puerta	670
ND-0302-232	Pabellón-Mal Paso	1.097
ND-0302-272	Pabellón-Mal Paso	1.970
ND-0302-240	Pabellón-Mal Paso	642
ND-0302-364	Pabellón-Mal Paso	2.450
ND-0302-341	Pabellón-Mal Paso	10.900
ND-0302-313	Mal Paso-Copiapó	2.410
UA-0302-1(2)	Mal Paso-Copiapó	868
ND-0302-309	Copiapó-Piedra Colgada	3.820
ND-0302-288	Copiapó-Piedra Colgada	12.200
ND-0302-593	Copiapó-Piedra Colgada	1.170
ND-0302-635(2)	Piedra Colgada-Desembocadura	249
ND-0302-665	Copiapó-Piedra Colgada	149
ND-0302-594	Piedra Colgada-Desembocadura	1.590
ND-0302-603	Piedra Colgada-Desembocadura	513
ND-0302-329	Piedra Colgada-Desembocadura	997
ND-0302-599	Piedra Colgada-Desembocadura	289
ND-0302-577(1)	Piedra Colgada-Desembocadura	151
ND-0302-606(3)	Piedra Colgada-Desembocadura	143
ND-0302-606(2)	Piedra Colgada-Desembocadura	260
ND-0302-606(1)	Piedra Colgada-Desembocadura	101

Fuente: SITAC (2006) y DICTUC (2010)

3.4.3.2. Permeabilidad (K)

Se define como el cociente entre la transmisividad y el espesor saturado del acuífero. Este parámetro oscila entre los 10^{-4} y 2×10^{-3} m/s en el relleno sedimentario del río Copiapó (SERNAGEOMIN, 1999). Por otro lado, en limos y arcillas que se depositan en las zonas colindantes a los cauces durante las inundaciones, poseen valores bastante disminuidos, encontrándose entre los 10^{-6} y 10^{-5} m/s, y finalmente para los depósitos fluvioaluviales superficiales se pueden encontrar valores de 10^{-7} a 10^{-5} m/s.

Estos valores son los esperados para los rellenos sedimentarios (bolones grandes y pequeños, situados en la cabecera, hasta limo y arcilla que se depositan en las cercanías de la desembocadura) presentes en el valle (SERNAGEOMIN, 2011).

Los valores para la permeabilidad, junto a las respectivas coordenadas UTM de los pozos a los cuales se les realiza el análisis para la obtención del parámetro en estudio, se presentan la Tabla 3.12.

Tabla 3.12
Valores de permeabilidad – DICTUC (2010)

Código	UTM (WGS84)		Permeabilidad (m/d)
	Este	Norte	
ND-0302-282	414.742	6.884.195	17
ND-0302-302	407.563	6.895.221	19
ND-0302-287	401.580	6.904.987	21
NR-0302-74	400.839	6.905.251	27
ND-0302-229	400.365	6.909.931	15
ND-0302-145	399.689	6.910.781	22
ND-0302-222	399.487	6.911.477	25
ND-0302-289	397.907	6.914.045	27
ND-0302-960	394.758	6.916.883	4
ND-0302-268	391.678	6.920.439	9
ND-0302-307	391.188	6.920.839	46
ND-0302-232	387.303	6.924.263	20
ND-0302-272	385.282	6.928.292	39
ND-0302-240	383.922	6.929.192	15
ND-0302-364	382.300	6.932.605	33
ND-0302-341	376.523	6.945.164	300
ND-0302-313	374.579	6.965.575	63
UA-0302-1(2)	368.709	6.970.441	14
ND-0302-309	365.630	6.974.298	184
ND-0302-288	359.066	6.979.902	467
ND-0302-593	358.310	6.980.454	41
ND-0302-635(2)	356.199	6.980.927	5
ND-0302-665	354.433	6.979.671	5
ND-0302-594	348.465	6.975.698	119
ND-0302-603	346.948	6.975.670	34
ND-0302-329	344.562	6.976.016	24
ND-0302-599	339.518	6.974.302	19
ND-0302-577(1)	336.415	6.969.069	23
ND-0302-606(3)	324.080	6.975.085	3
ND-0302-606(2)	324.067	6.974.795	6
ND-0302-606(1)	323.235	6.974.626	2

Fuente: DICTUC (2010)

Para obtener la permeabilidad entre sectores, en el estudio del DICTUC (2010) se ajustaron los valores en base a los resultados obtenidos con las pruebas de bombeo y flujo de agua subterránea recopilado de los antecedentes. En la Tabla 3.13 se presentan las permeabilidades adoptadas.

Tabla 3.13
Permeabilidades en límites entre sectores acuíferos del río Copiapó

Límite Sector Acuífero	Permeabilidad (m/d)
1a - 1b	18,90
1b - 1c	14,50
1c - 1d	62,33
1d - 2a	20,96
2a - 3a	29,77
3a - 3b	75,93
3b - 4a	84,14
4a - 5a	184,45
5a - 6a	4,82
6a - 6b	18,94

Fuente: DICTUC (2010)

3.4.3.3. Coeficiente de almacenamiento (S)

Este parámetro corresponde al volumen de agua que el acuífero puede entregar o retener del depósito general por unidad de superficie del acuífero y por unidad de cambio en la componente normal a esa superficie. En un acuífero no confinado el coeficiente de almacenamiento se denomina como S_y y en el largo plazo puede ser aproximado a la porosidad efectiva.

Para la determinación del coeficiente de almacenamiento se cuenta con poca información. Dentro de los datos disponibles se tienen los valores adoptados por Álamos y Peralta (1987) entre 0,16% y 11%. Otro estudio de Álamos y Peralta (1995) indican valores medios de 0,5%, 10% y 15%. Debido a la naturaleza libre de los embalses subterráneos estudiados, se espera un valor del coeficiente entre 10% y 20%.

Dentro de los cálculos realizados por DGA (1995) y (2003), y SERNAGEOMIN (1999), se asume el valor 10%, como un estimado representativo y conservador.

En la Tabla 3.14 se observa un resumen de la información recopilada para el coeficiente de almacenamiento en el valle del río Copiapó

Tabla 3.14
Valores coeficientes de almacenamiento

Estudio	Coeficiente de Almacenamiento
Álamos y Peralta, 1987	0,16% - 11%
Álamos y Peralta, 1995	5%, 10%, 15%
DGA, 1995	10%
DGA, 2003	
SERNAGEOMIN, 1999	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.4. División administrativa del acuífero de Copiapó

El acuífero de la cuenca del río Copiapó se divide en 6 grandes sectores. Esto producto del estudio realizado por Álamos y Peralta para la DGA en el año 1987, debido a la necesidad de establecer la situación de los recursos en la cuenca y generar un modelo tanto de aguas superficiales como subterráneas, para así mejorar la gestión y explotación de recursos naturales de forma sustentable.

- Sector N° 1: Aguas arriba del embalse Lautaro
- Sector N° 2: Embalse Lautaro – La Puerta
- Sector N° 3: La Puerta – Mal Paso
- Sector N° 4: Mal Paso – Copiapó
- Sector N° 5: Copiapó – Piedra Colgada
- Sector N° 6: Piedra Colgada – Angostura

En la Figura 3.11 se tiene un mapa característico de la sectorización dentro del acuífero. Los puntos en los que se limitan los tramos se presentan en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15
Puntos que definen sectores del río Copiapó

Nombre	Código BNA	UTM (WGS84)		Tipo de Estación
		Este	Norte	
Río Manflas en vertedero	03421800-5	402.510	6.885.893	Calidad Superficial
Río Jorquera en vertedero	03404800-2	406.060	6.897.739	Calidad Superficial
Río Pulido en vertedero	03414800-7	407.600	6.892.980	Calidad Superficial
Río Copiapó en Lautaro	03430001-1	401.850	6.905.180	Fluviometría
Río Copiapó en La Puerta	03430804-7	389.169	6.924.018	Calidad Superficial
Río Copiapó en Mal Paso	03434800-6	375.120	6.955.863	Calidad Superficial
Ciudad Copiapó	03450001-0	367.579	6.972.680	Fluviometría
Río Copiapó Piedra Colgada	03451800-9	352.430	6.978.605	Calidad Superficial
Río Copiapó en Angostura	03453001-7	318.130	6.976.824	Fluviometría

Fuente: DGA (1995)

Esta división se realizó basándose fundamentalmente en análisis de diversa información: levantamiento hidrogeológico del valle, niveles de pozos, análisis químico de las aguas, aforos del río y vertientes, inventario de puntos acuíferos, prospecciones geofísicas, prospección mecánica, medición de niveles estáticos y conductividades, actualización de catastro de pozos y volúmenes bombeados. (SERNAGEOMIN, 2011)

Se procura que los límites entre sectores coincidan con una estación de control como lo son las fluviométricas o de calidad superficial.

Finalmente la minuta técnica DGA N°61 de 1997, con el fin de realizar una mejor gestión de cuenca y explotar los recursos hídricos de manera sustentable, definió que el valle del río Copiapó quedara dividido de acuerdo a la sectorización realizada por Álamos y Peralta (1987).

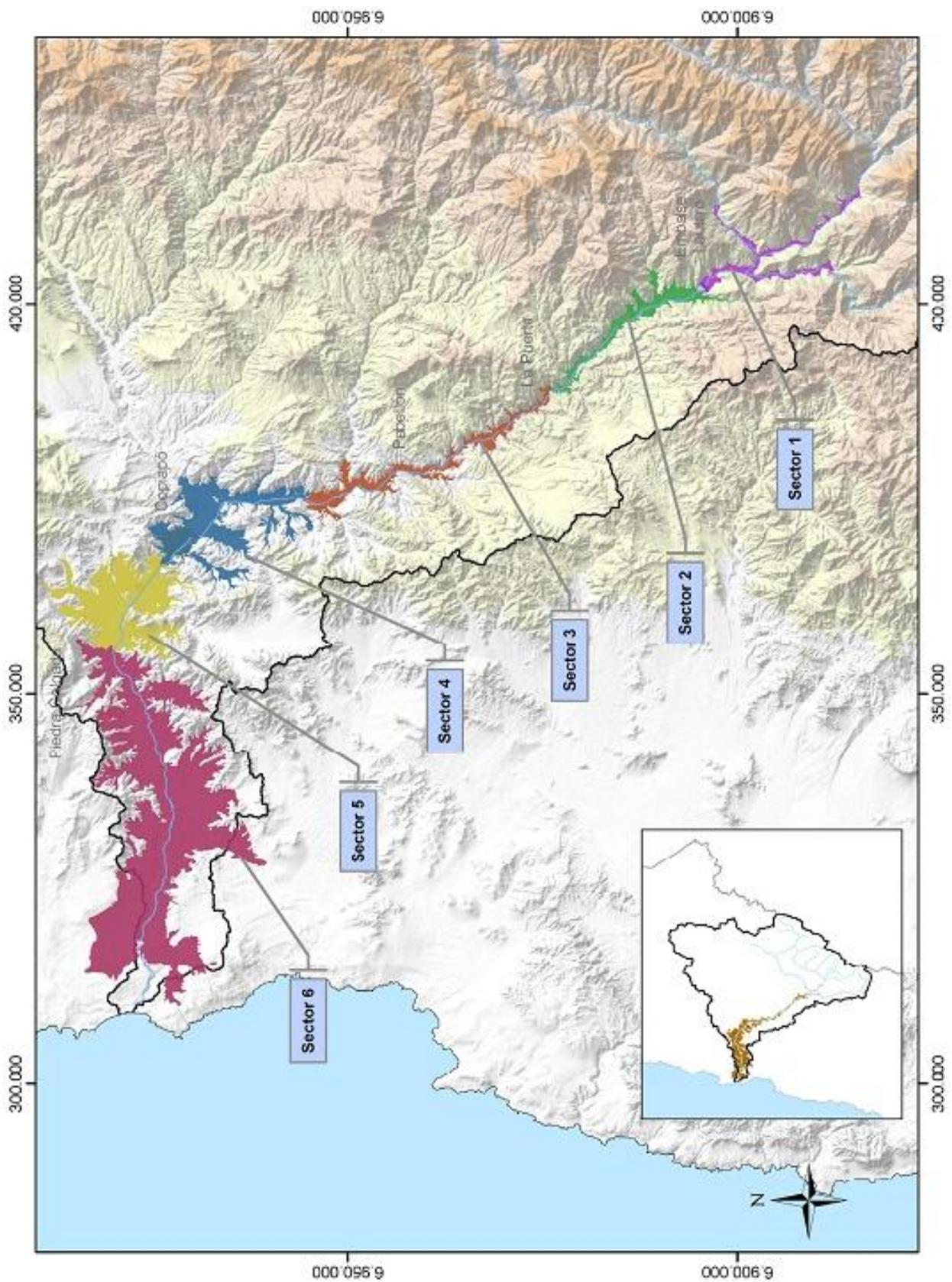


Figura 3.11
Sectorización del acuífero definidos por Álamos y Peralta (1987)
 Fuente: DICTUC (2010)

3.4.5. Niveles de pozos

3.4.5.1. Generalidades

Dentro de la información recopilada y unificada, se encuentra un total de 63 pozos de observación. Su información importante, como sus coordenadas, numeración, altitud, código BNA, entre otros, se presentan en la Tabla 3.16. Por otro lado, la ubicación de cada uno de los mismos puede ser observada en la Figura 3.12.

Generalmente, los registros se realizaron de manera mensual o quincenal. Se poseen mediciones que datan del año 1930, pero la mayor parte de las mediciones comienzan en la década de los 80. El período comprendido por el presente informe comprende desde Enero de 1970 hasta Diciembre de 2010. Las estaciones que se encuentran suspendidas son producto del secado de los pozos, aún así, no fueron reemplazados por nuevos pozos de monitoreo.

Entre las figuras y la figura, se pueden observar las cotas históricas observadas en las estaciones subterráneas de la DGA, junto a la sectorización realizada por Álamos y Peralta (1987). De manera de visualizar mejor los niveles de agua, se adopta una escala vertical de 350 m. Además, SERNAGEOMIN (2011) divide el sector 1 en dos subsectores; el primero, comprende altitudes entre 1000 y 1350 msnm; y el segundo, las cotas superiores al primer rango.

3.4.5.2. Análisis de información de niveles por sector

Sector 1

Corresponde al sector ubicado aguas arriba del embalse Lautaro, abarcando las subcuencas de los ríos Jorquera, Pulido y Manflas. Consta de 8 pozos de monitoreo. Como se indicó anteriormente, el sector se subdividió en dos subsectores para su mejor visualización.

En la Figura 3.13, se muestra la cota piezométrica de los niveles de aguas asociados en el Sector 1a. Las fluctuaciones observadas pueden ser producto de la estacionalidad.

En la Figura 3.14, se observa la cota piezométrica de los niveles de agua en el Sector 1B. De la misma forma que en el Sector 1A, las fluctuaciones pueden ser producto de la estacionalidad, pero con una tendencia a la profundización de los niveles.

En ambas figuras se puede observar para los períodos cercanos a los años 1997 y 1998, un ascenso en los niveles de aguas, lo que podría asociarse a los eventos de precipitación ocurridos durante el año 1997.

Sector 2

Corresponde al sector ubicado entre el embalse Lautaro y La Puerta. Consta de 7 pozos de monitoreo. En la Figura 3.15 se observan los niveles de las aguas subterráneas en los pozos del Sector 2, en los que se puede observar que éste se ha mantenido constante para el período analizado, lo que podría estar relacionado con la

regulación en el flujo de entrada subterránea, que produce el embalse hacia aguas abajo.

Sector 3

Corresponde al sector comprendido entre La Puerta y Mal Paso, cuyos niveles piezométricos se muestran en la Figura 3.16. Consta de 9 pozos de monitoreo. En dicha figura se observa a partir del año 1986 una tendencia a profundizar los niveles de agua, exceptuando los pozos Parcela 8 Nantoco y Canal Mal Paso, los que presentan un nivel relativamente parejo. En algunos pozos se pueden notar ascensos en las aguas para los años 1997 y 1998, ligados a eventos de precipitación ocurridos en el año 1997.

Sector 4

Corresponde al sector comprendido entre Mal Paso y Copiapó, cuyos niveles piezométricos se muestran en la Figura 3.17. Consta de 10 pozos de monitoreo. En dicha figura se puede notar un comportamiento similar entre los pozos analizados, presentando un ascenso en los niveles para el año 1984 y luego un descenso a partir del año 1990, producto de los altos caudales extraídos para satisfacer las demandas hídricas de las actividades de minería, agua potable y riego.

Sector 5

Corresponde al sector comprendido entre Copiapó y Piedra Colgada, cuyos niveles piezométricos se muestran en la Figura 3.18. Consta de 10 pozos de monitoreo. En dicha figura se puede notar un comportamiento similar entre pozos analizados, presentando un ascenso en los niveles para el año 1984 y luego un descenso a partir del año 1988, asociado a la misma razón que en el Sector 4, altos caudales de explotación. El efecto aquí es menor, producto del aumento en el volumen subterráneo.

Sector 6

Corresponde al sector ubicado entre el embalse Piedra Colgada y Angostura, cuyos niveles piezométricos se muestran en la Figura 3.19. Consta de 19 pozos de monitoreo. En dicha figura se observan los niveles de las aguas subterráneas en los pozos del sector 6, en los que se puede observar que el nivel se ha mantenido constante para el período analizado, asociado al gran volumen de almacenamiento que presenta el acuífero en este tramo, lo que amortigua las variaciones en el nivel freático producidas por extracciones y/o recarga.

Tabla 3.16
Pozos de observación cuenca río Copiapó

Nº	Código BNA	NOMBRE	WGS 84		Altitud	Desde	Hasta	Nº Datos	Sector
			UTM Este	UTM Norte					
1	03414005-7	Iglesia Colorada	414.758	6.884.116	1.600	10/11/1986	02/03/2010	215	1 A
2	03414004-9	Quebrada Seca	411.888	6.886.283	1.500	10/11/1986	02/03/2010	196	1 A
3	03421006-3	Hacienda Manflas	403.276	6.886.921	1.421	10/11/1986	02/03/2010	203	1 A
4	03421005-5	Hacienda Manflas (Manflas Antes)	403.714	6.891.839	1.298	10/11/1986	02/03/2010	200	1 B
5	03404003-6	Fundo Rodeo	407.450	6.898.067	1.250	10/11/1986	02/03/2010	142	1 B
6	03414003-0	Hostería Cabo de Hornos	406.121	6.896.100	1.240	27/02/1989	09/09/1997	68	1 B
7	03430012-7	Junta Manflas	403.592	6.898.054	1.195	27/02/1989	02/03/2010	175	1 B
8	03430013-5	Algarrobo La Virgen	403.892	6.902.277	1.151	10/11/1986	03/03/2010	202	1 B
9	03430014-3	Embalse Lautaro	401.541	6.904.757	1.111	10/11/1986	03/03/2010	98	2
10	03430008-9	Quebrada Calquis	400.071	6.910.157	1.071	28/05/1971	15/01/2010	273	2
11	03430011-9	Pueblo San Antonio	396.120	6.915.864	1.008	28/05/1971	03/03/2010	188	2
12	03430015-1	Fundo San Antonio	396.321	6.915.787	1.003	17/01/1989	27/02/1989	2	2
13	03430009-7	Vegas El Giro	394.750	6.916.908	988	28/05/1971	28/03/2002	228	2
14	03430010-0	Escuela 17 Los Loros	390.934	6.921.084	955	28/05/1971	03/03/2010	300	2
15	03431009-2	Fundo La Puerta	388.880	6.923.454	880	09/10/1974	15/01/2010	244	2
16	03431005-K	Hornitos	384.938	6.927.902	820	09/10/1974	12/02/1998	40	3
17	03431011-4	Hornitos (Rojas)	383.848	6.929.449	792	16/10/1986	04/03/2010	142	3
18	03431006-8	Planta Elisa de Bordos	382.038	6.933.530	748	09/10/1974	03/03/2010	282	3
19	03431007-6	Villa María - Hornitos	379.525	6.936.358	712	04/05/1975	04/03/2010	249	3
20	03431008-4	Pabellón	378.647	6.942.382	652	25/01/1979	04/03/2010	222	3
21	03431010-6	Quebrada Cerrillos	376.663	6.949.687	598	18/03/1963	15/01/2010	269	3
22	03431012-2	Quebrada Cerrillos Amancay	376.753	6.949.611	598	30/01/2006	04/03/2010	49	3
23	03434005-6	Parcela 8 Nantoco	374.747	6.952.915	549	09/06/1930	22/12/1999	267	3
24	03434006-4	Canal Mal Paso	374.819	6.955.219	528	10/11/1970	27/09/2002	248	3

Fuente: SERNAGEOMIN (2011)

Tabla 3.16
Pozos de observación cuenca río Copiapó. Continuación

Nº	Código BNA	NOMBRE	WGS 84		Altitud	Desde	Hasta	Nº Datos	Sector
			UTM Este	UTM Norte					
25	03434007-2	Fundo Palermo	374.637	6.958.930	496	14/10/1966	08/02/1994	225	4
26	03434008-0	Alcaparrosa	374.703	6.962.322	468	09/10/1974	28/09/2000	245	4
27	03434009-9	Punta Negra	374.491	6.965.730	443	09/10/1974	07/07/1994	198	4
28	03445001-3	Cruce Paipote	373.877	6.967.925	439	13/01/1973	06/09/1985	36	4
29	03450006-1	Pueblo San Fernando (Fundo el Sauce)	372.702	6.967.297	435	15/11/1966	26/07/2001	234	4
30	03450015-0	Pueblo San Fernando (Las Cañas)	372.237	6.968.087	429	21/10/1961	04/03/2010	313	4
31	03450005-3	Pueblo San Fernando A18	371.412	6.968.565	421	15/11/1966	11/01/2010	302	4
32	03450007-K	Plazuela Sierra Alta	370.146	6.970.207	405	14/11/1980	28/09/2000	214	4
33	03450017-7	Planta Castellón	368.046	6.970.092	402	09/06/1987	21/11/2001	124	4
34	03450009-6	Recinto Endesa	367.894	6.969.986	384	30/06/1930	30/12/1988	93	4
35	03450008-8	La Chimba	366.097	6.974.750	351	11/06/1930	18/04/1997	230	5
36	03450010-K	Fundo Renacer (Bodega)	363.495	6.975.201	336	10/10/1974	28/03/1989	69	5
37	03450012-6	Hacienda Bodega 1	363.064	6.976.128	330	17/01/1986	22/10/1996	123	5
38	03450016-9	Valle Dorado	362.222	6.975.250	324	11/06/1987	05/03/2010	176	5
39	03450014-2	Hacienda Bodega 2	361.534	6.978.565	313	10/01/1967	17/07/1985	131	5
40	03450013-4	Aeropuerto Copiapó	359.855	6.979.186	300	04/08/1974	13/12/1999	216	5
41	03451003-2	Hacienda Chamonate	358.407	6.980.840	290	10/10/1974	10/11/1995	189	5
42	03451005-9	Hacienda Toledo	356.977	6.979.347	288	11/11/1980	11/01/2010	225	5
43	03451010-5	Chamonate 14	356.598	6.981.231	282	18/05/1987	19/06/1995	95	5
44	03450011-8	Fundo Santa Luisa 2 (Vegas de Lo Aguirre)	371.097	6.978.976	267	10/05/1982	29/12/1988	73	5
45	03451004-0	Hacienda San Francisco	355.008	6.980.223	274	20/10/1980	05/03/2010	252	6
46	03451011-3	Piedra Colgada (13)	353.054	6.979.865	264	18/05/1987	11/01/2010	153	6
47	03451012-1	Noria Santelices	353.141	6.978.571	257	11/06/1987	05/03/2010	176	6
48	03451013-K	Fundo El Carmen 12	352.404	6.976.977	248	18/05/1987	23/02/1999	131	6

Fuente: SERNAGEOMIN (2011)

Tabla 3.16
Pozos de observación cuenca río Copiapó. Continuación

Nº	Código BNA	NOMBRE	WGS 84		Altitud	Desde	Hasta	Nº Datos	Sector
			UTM Este	UTM Norte					
49	03451006-7	Fundo San Juan	350.324	6.977.622	234	15/11/1966	05/03/2010	314	6
50	03451014-8	San Pedro (11)	345.612	6.977.245	213	18/05/1987	11/01/2010	154	6
51	03451007-5	Fundo San Pedro	345.647	6.977.211	212	10/02/1967	21/11/2001	253	6
52	03451015-6	Hacienda Perales 10	342.453	6.973.334	199	18/05/1987	22/05/2000	139	6
53	03451016-4	Hacienda Margarita (Matamoros)	341.198	6.975.125	188	14/02/1989	17/11/2003	115	6
54	03451008-3	Hacienda Margarita	340.994	6.974.020	189	11/06/1930	11/01/2010	320	6
55	03451017-2	Valle Fértil (7)	336.802	6.971.141	179	08/06/1987	05/03/2010	183	6
56	03451018-0	San Camilo (8)	335.566	6.971.869	164	18/05/1987	12/01/2010	180	6
57	03451019-9	San Camilo (6)	333.561	6.970.781	159	18/05/1987	05/03/2010	198	6
58	03451020-2	Punta Picazo (5)	332.380	6.973.062	148	18/05/1987	05/03/2010	197	6
59	03451021-0	Monte Amargo (2)	329.518	6.973.114	133	18/05/1987	05/03/2010	166	6
60	03453005-K	Hacienda María Isabel (4)	326.770	6.974.247	121	18/05/1987	05/03/2010	203	6
61	03453006-8	Hacienda María Isabel (3)	324.858	6.974.666	105	18/05/1987	05/03/2010	195	6
62	03453007-6	Hacienda María Isabel (1)	322.648	6.974.774	95	18/05/1987	05/03/2010	191	6
63	03451009-1	Hacienda María Isabel	330.824	6.972.334	89	15/07/1964	29/05/2001	55	6

Fuente: SERNAGEOMIN (2011)

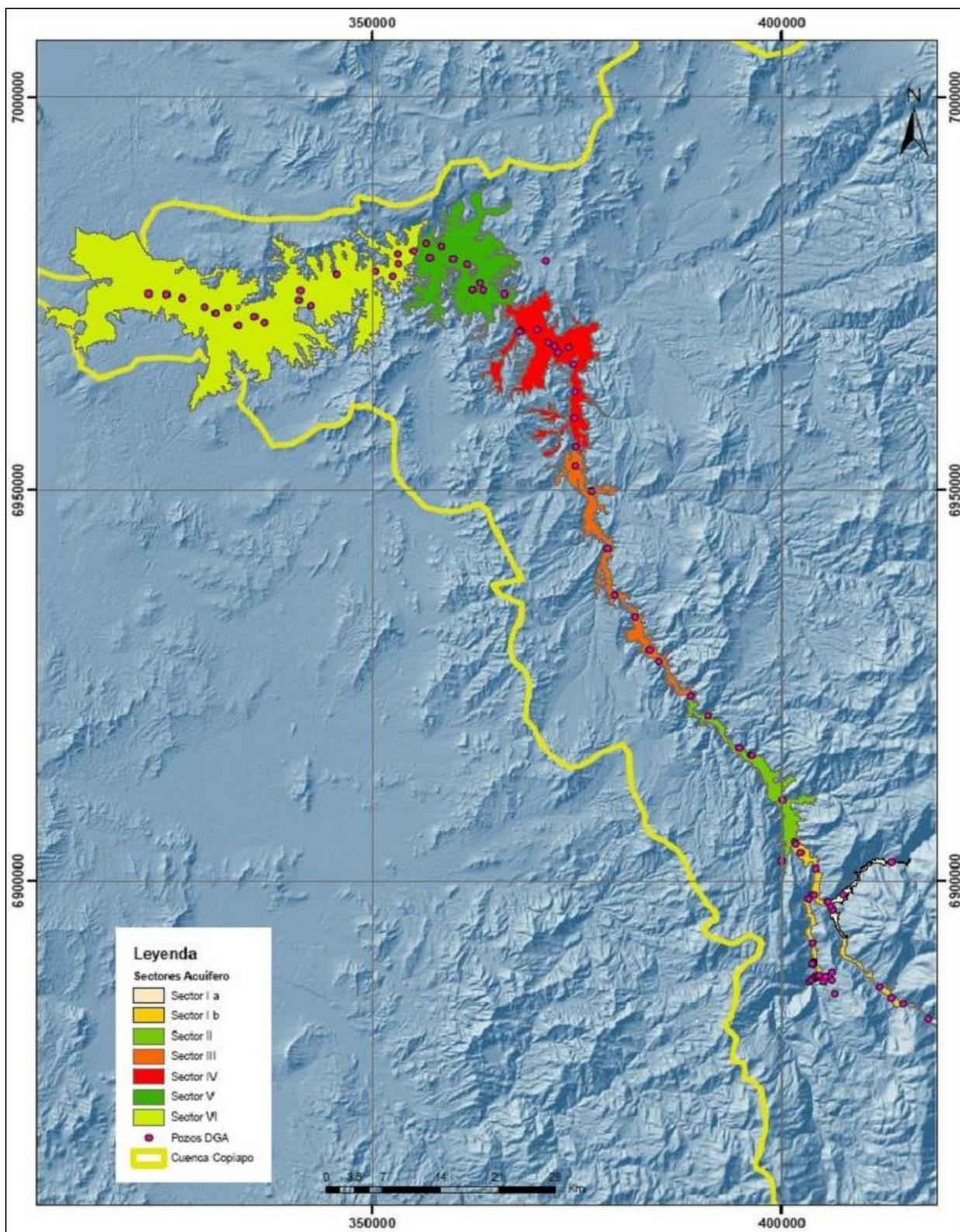


Figura 3.12
Ubicación pozos de monitoreo
 Fuente: SERNAGEOMIN (2011)

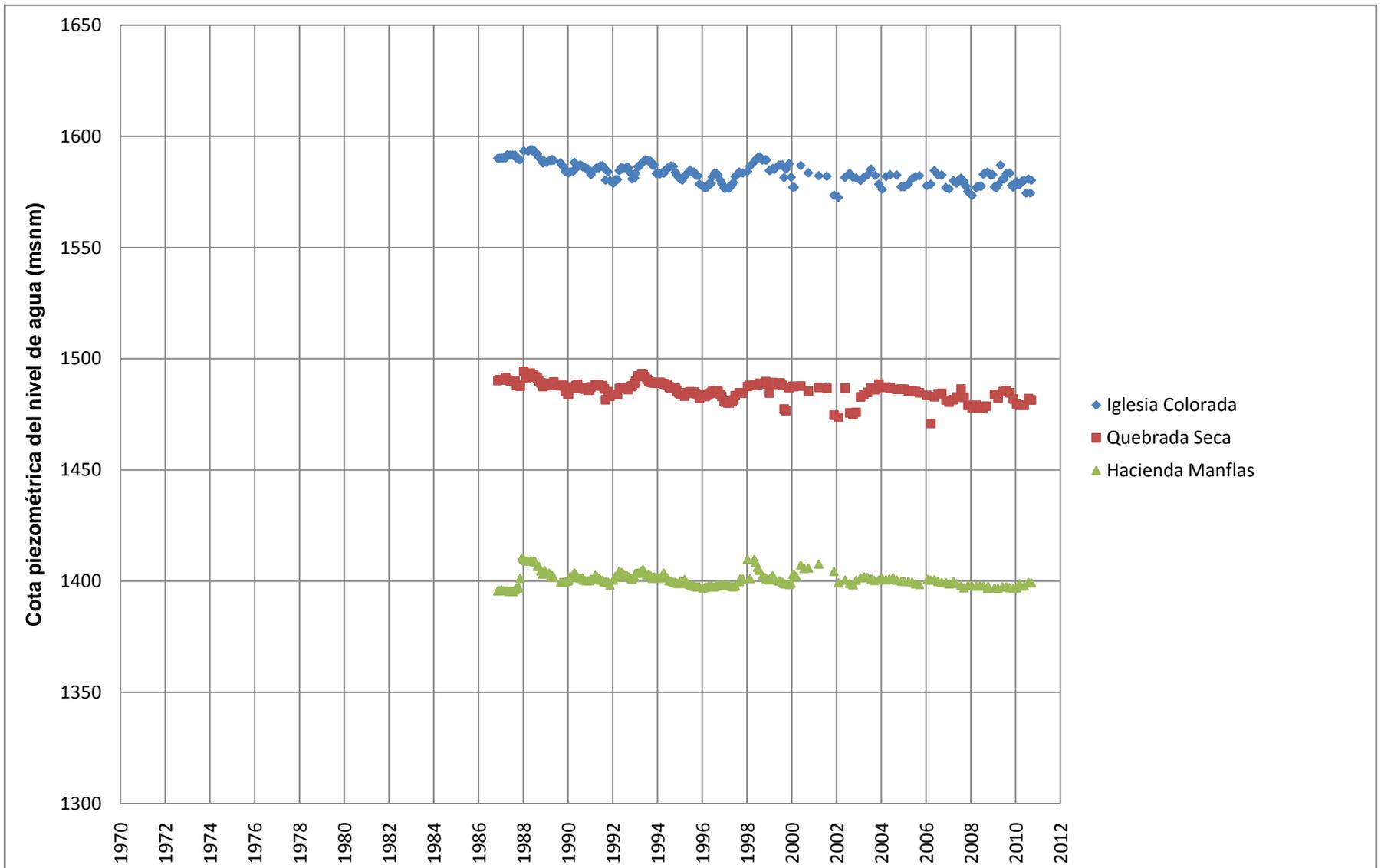


Figura 3.13
Niveles de agua subterránea en Sector 1a
 Fuente: Elaboración Propia

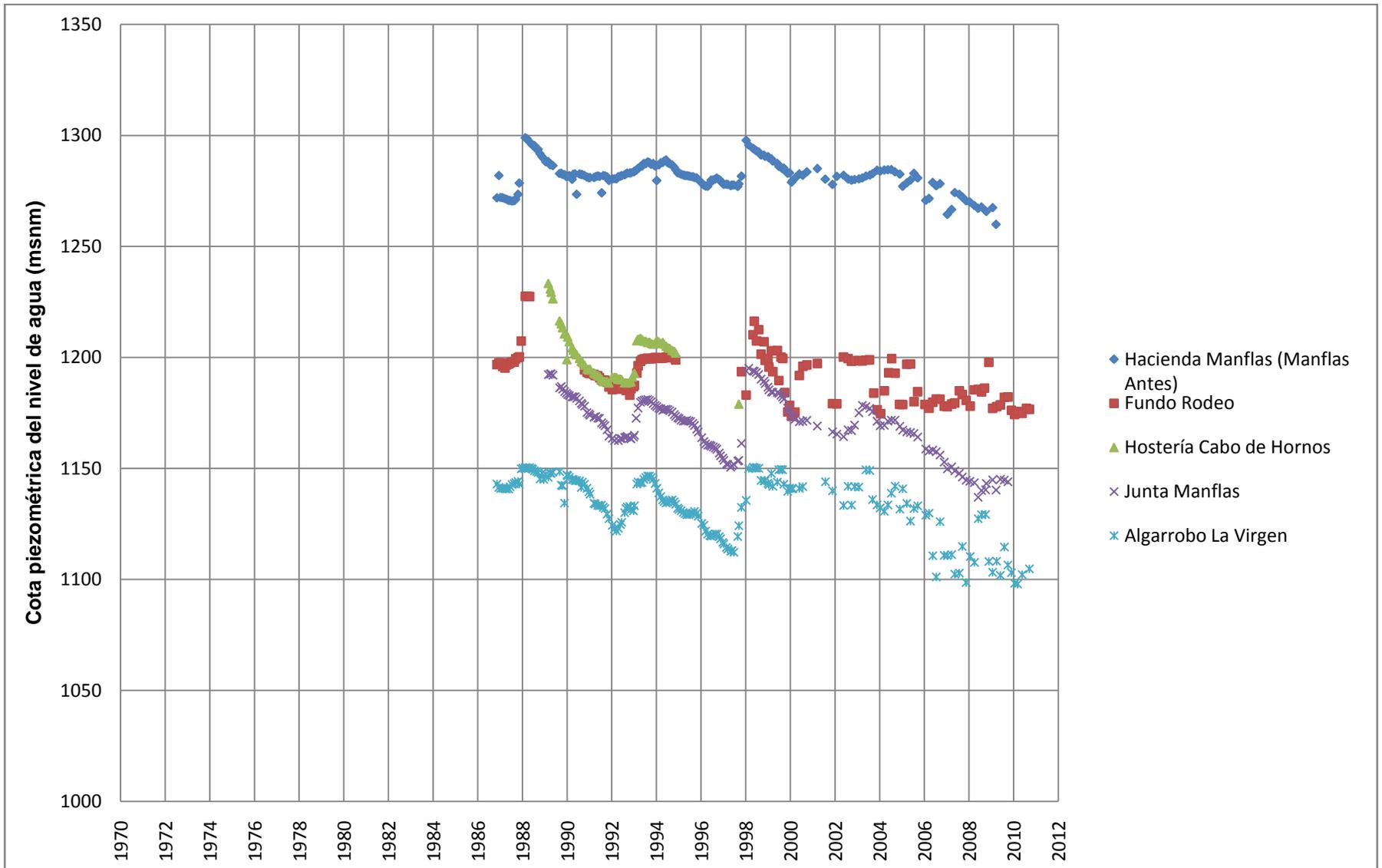


Figura 3.14
Niveles de agua subterránea en Sector 1b
 Fuente: Elaboración Propia

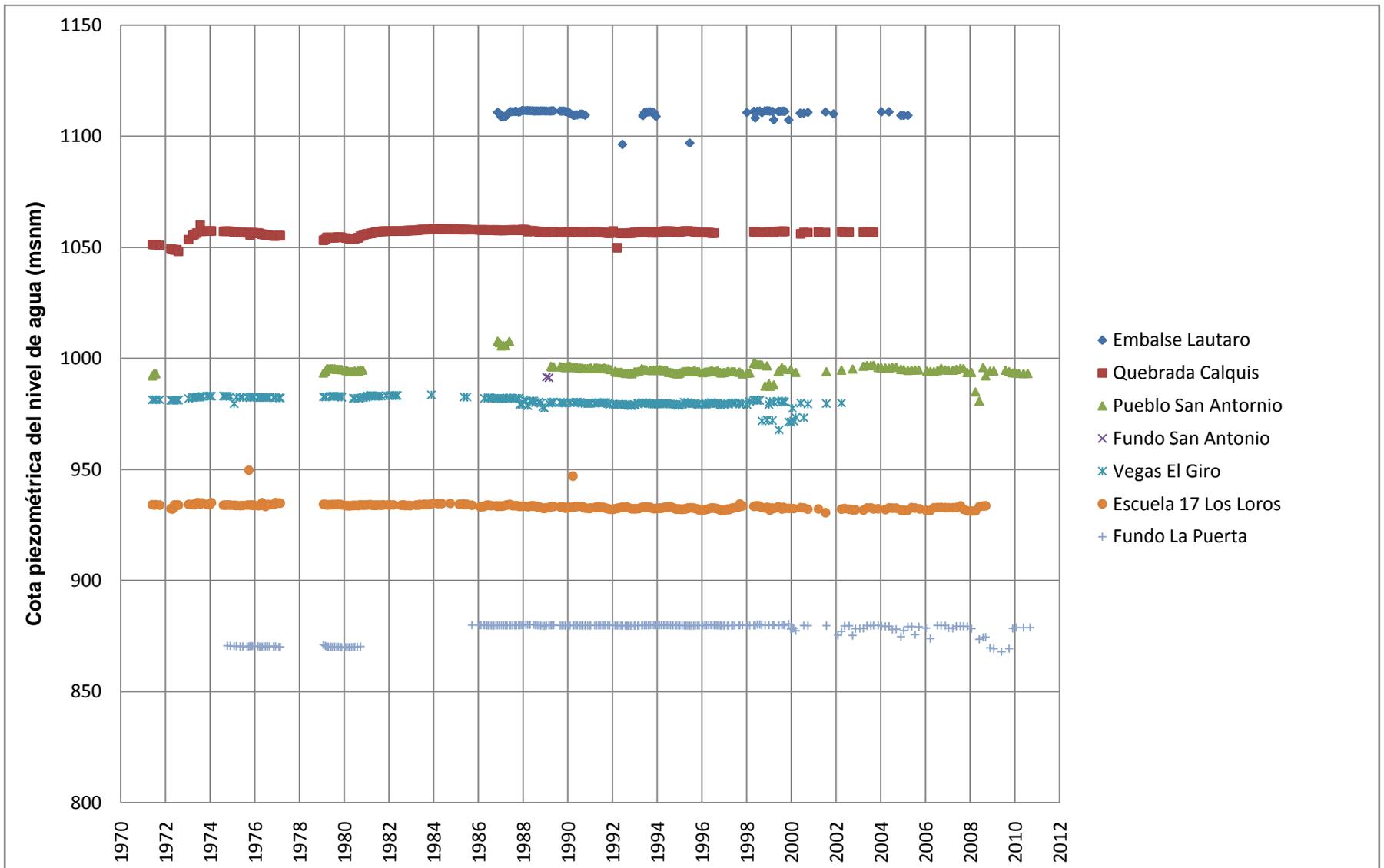


Figura 3.15
Niveles de agua subterránea en Sector 2
 Fuente: Elaboración Propia

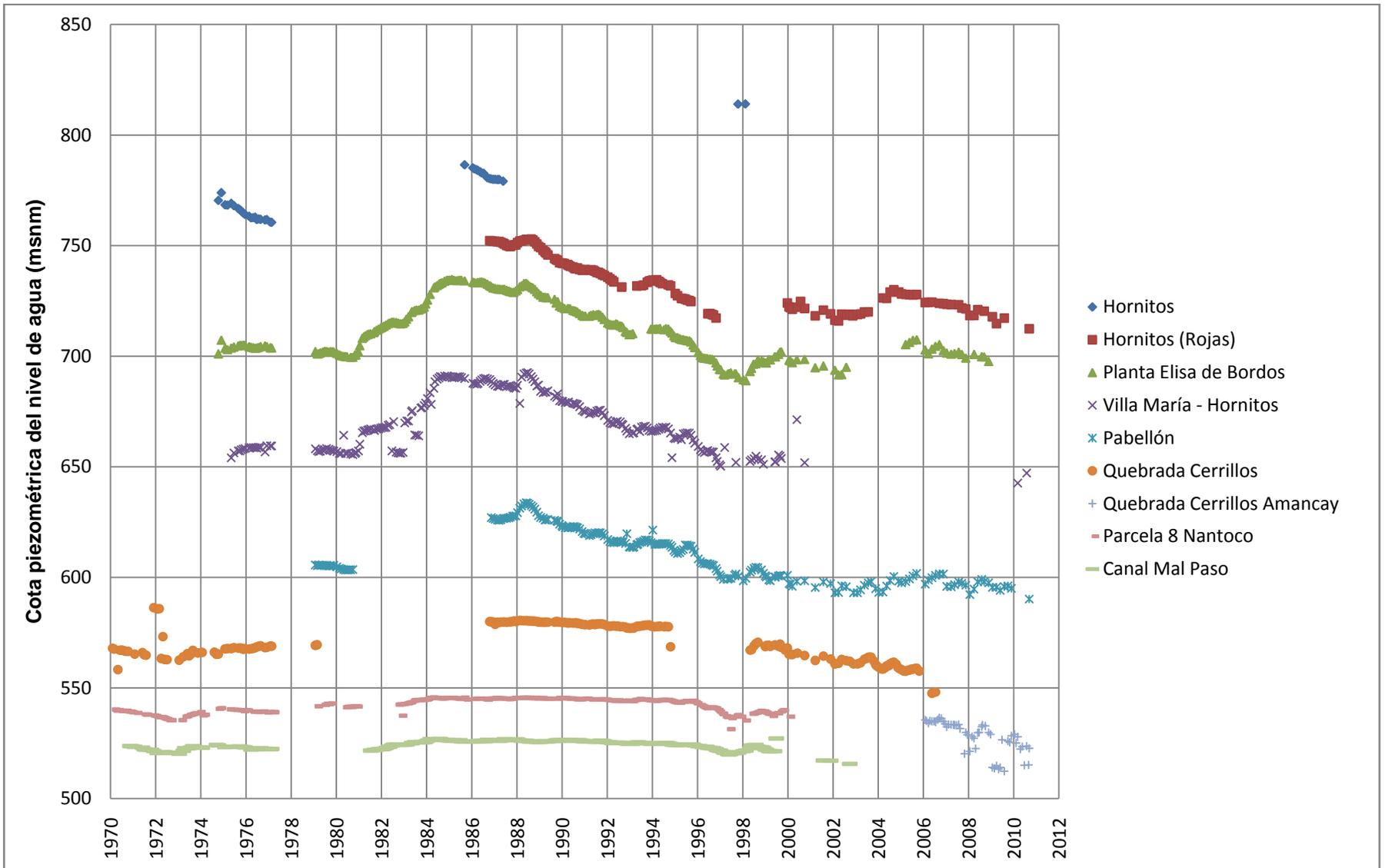


Figura 3.16
Niveles de agua subterránea en Sector 3
 Fuente: Elaboración Propia

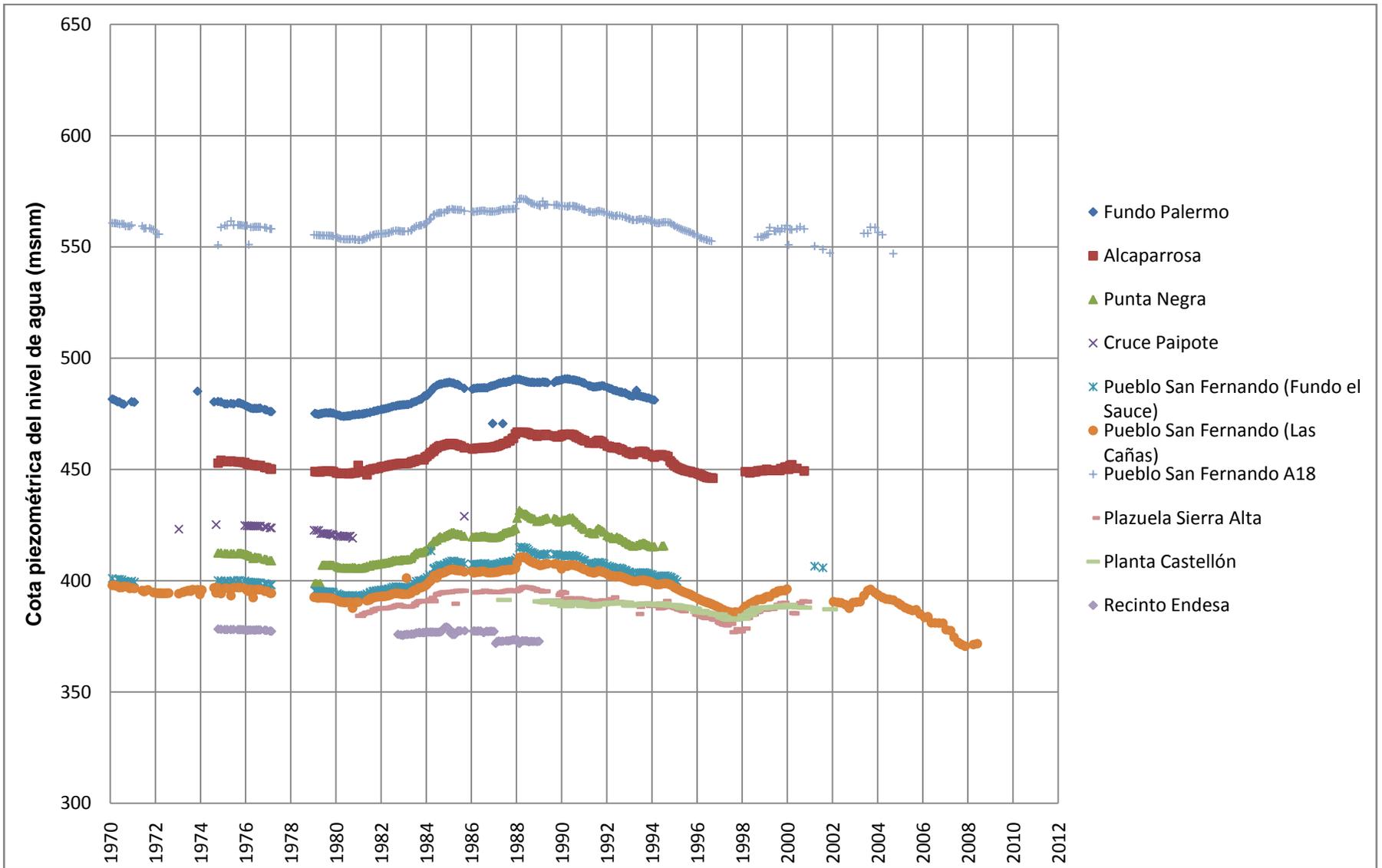


Figura 3.17
Niveles de agua subterránea en Sector 4
 Fuente: Elaboración Propia

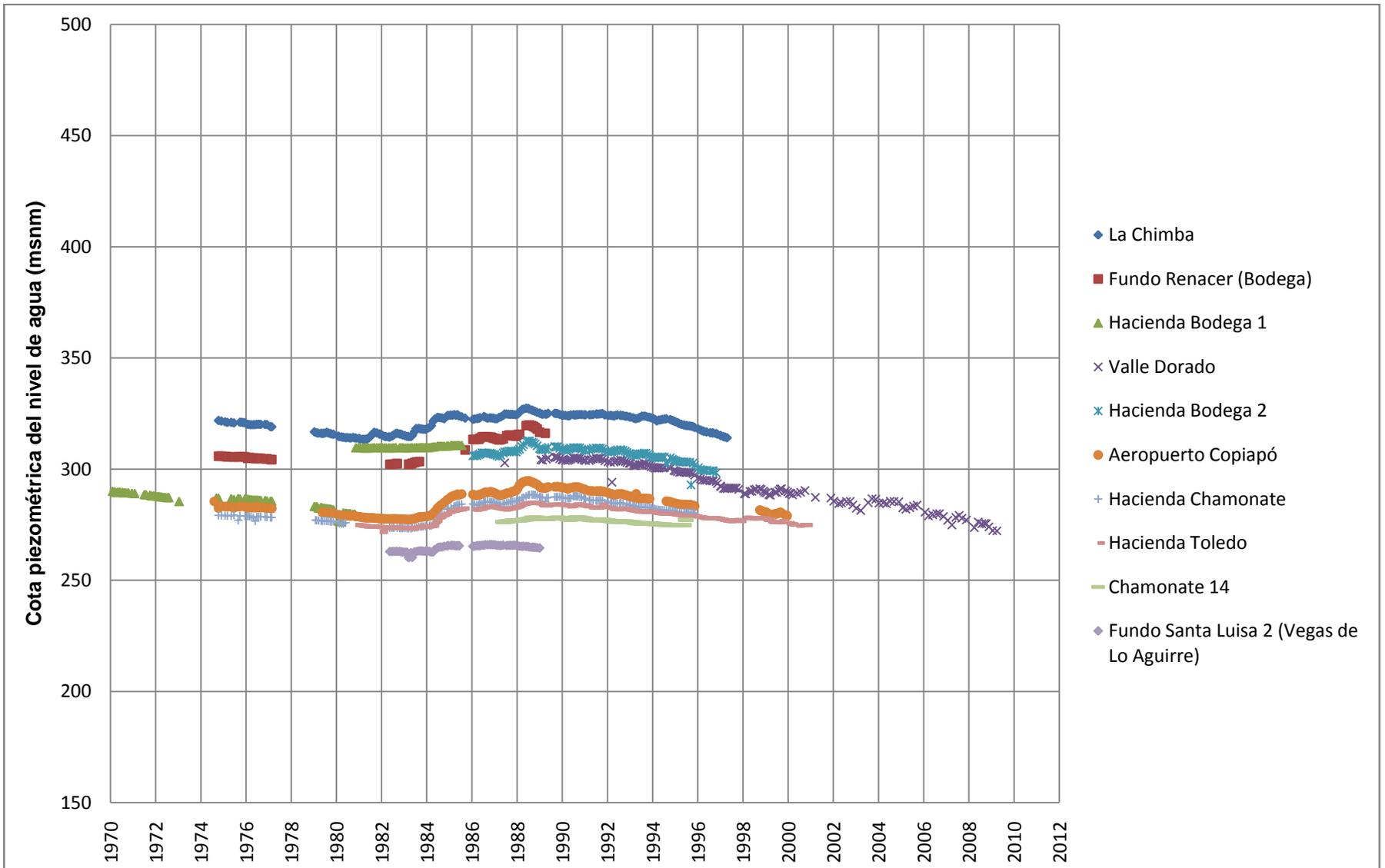


Figura 3.18
Niveles de agua subterránea en Sector 5
 Fuente: Elaboración Propia

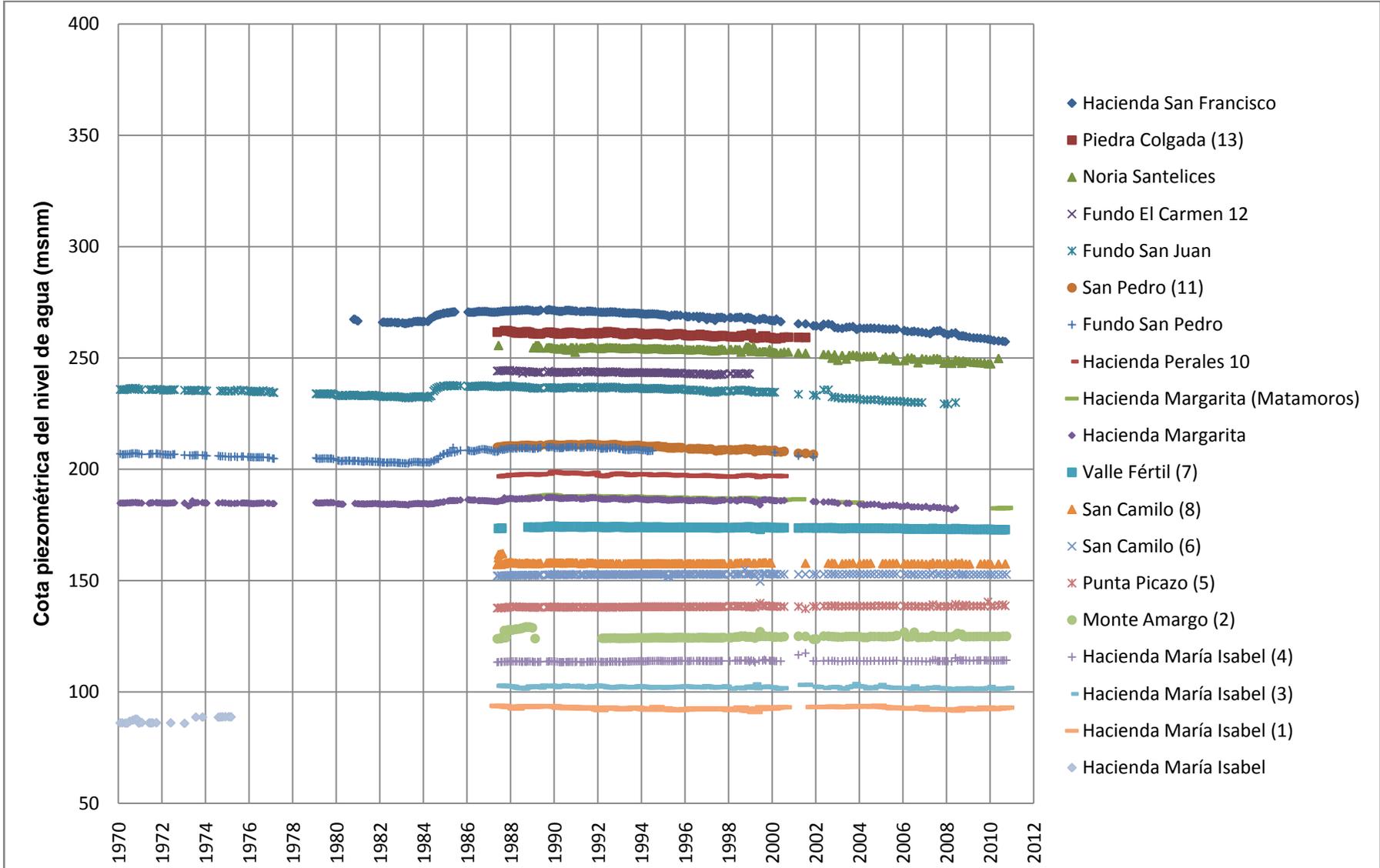


Figura 3.19
Niveles de agua subterránea en Sector 6
 Fuente: Elaboración Propia

4. MODELO DE SIMULACIÓN DE ACUÍFERO EN COPIAPÓ

4.1. Aspectos generales

La elaboración del modelo de simulación numérico incluye la definición dentro de la estructura del software de los límites de la zona de modelación, la discretización horizontal y vertical, la distribución espacial de parámetros hidrogeológicos, la asignación de condiciones de borde y la incorporación de las acciones externas al sistema modelado, lo que incluye las recargas y descargas.

Con base en la información disponible se ha supuesto que el sistema de aguas subterráneas en el valle del río Copiapó es un medio poroso tradicional, lo que permite utilizar herramientas clásicas en la modelación de este sistema como el programa MODFLOW, desarrollado por McDonald y Harbaugh pertenecientes al U.S.G.S. (1988).

En el caso particular de este estudio se utiliza el software Visual MODFLOW, el cual es una herramienta computacional muy útil y fácil de operar por sus características visuales y de manejo de datos.

Para completar la fase de modelación numérica se procede a calibrar y validar el modelo para un período de tiempo y escenario en el que se disponga de información suficiente.

4.2. Modelo conceptual

Describe el funcionamiento y características del sistema hidrogeológico que se desea analizar, a base de información disponible, la cual incluye: extensión o límites del acuífero, cantidad de estratos a utilizar en el posterior análisis, información de parámetros hidrogeológicos, descargas naturales y artificiales, así como la identificación de sectores y montos de recargas.

El modelo conceptual resultó de la incorporación de información geológica, hidrogeológica, hidrológica e hidrogeoquímica disponible, la que fue evaluada en conjunto para dar soporte técnico a las decisiones posteriores que se tomen durante la elaboración del modelo de simulación hidrogeológica.

4.2.1. Extensión areal del sistema de acuífero

La geomorfología del área del acuífero, así como su división en 6 sectores administrativos definidas por Álamos y Peralta (1987), se representa en la Figura 3.11.

La división se realizó con el fin de una mejor gestión de cuenca y explotar los recursos de manera sustentable. Los sectores identificados son los siguientes:

- Sector 1: Ríos Manflas, Jorquera, Pulido y Copiapó hasta Embalse Lautaro.
- Sector 2: Embalse Lautaro hasta La Puerta.
- Sector 3: La Puerta hasta Mal Paso.

- Sector 4: Mal Paso hasta Copiapó.
- Sector 5: Copiapó hasta Piedra Colgada.
- Sector 6: Piedra Colgada hasta Angostura.

El acuífero de la cuenca del río Copiapó está constituido principalmente por depósitos no consolidados, conformados por secuencias en su mayoría permeables a semipermeables con porosidad intergranular, los que desarrollan potentes, continuos y extensos niveles estratificados. En éstos se concentra el mayor potencial hidrogeológico, gracias a la capacidad de recarga, transmitir y almacenar grandes volúmenes de agua, producto de sus características granulométricas y constantes hidráulicas.

4.2.2. Esquema general del funcionamiento del acuífero

El balance hídrico del embalse subterráneo depende de términos que dan cuenta del aporte de agua a la napa (recargas), y los que dan cuenta a la extracción de aguas (descargas), ya sea de forma natural o artificial. Adicionalmente se considera el efecto del flujo subterráneo natural de entrada y salida del embalse.

4.2.2.1. Recargas

Resultados de diversos estudios han indicado que la mayor parte de la recarga es asociada a las pérdidas e infiltraciones que ocurren en canales y en el río, así como la producida por el riego.

Las recargas producidas por las infiltración desde el río Copiapó, se produce en sectores donde la profundidad del nivel estático, conjunto a la buena comunicación hidráulica entre la napa y el río, permite la infiltración de grandes caudales, siendo la principal fuente de recarga.

Producto del riego, se tiene la infiltración en los canales de riego, obtenida de la diferencia entre el caudal entrante a la bocatoma y la demanda hídrica con su respectiva evapotranspiración, y las infiltraciones producidas por el exceso de agua aplicada al riego.

Por otro lado, las recargas provenientes de quebradas laterales se consideran irrelevantes en el presente estudio, y la producida por precipitaciones se considera nula debido a que éstas son escasas y no alcanzan a llegar a la napa.

En la Tabla 4.1 se muestran los caudales infiltrados para cada sector del acuífero, así como el total en el valle del río Copiapó, separados según fuentes de aportes. Se puede obtener también que la mayor infiltración se produce en los sectores 1 y 2, mientras que en el sector 6 se obtienen los menores valores.

En la misma tabla se observa que en el Sector 2, se tiene las menores infiltraciones producidas por el río, lo que se debe a que en este sector, el fondo del acuífero se acerca a la superficie y produce los mayores afloramientos de la napa subterránea.

Tabla 4.1
Infiltraciones en el valle del río Copiapó (l/s)

Sector		Río	Canales	Riego	Total
1	Arriba Embalse Lautaro	923	97	56	1.076
2	Embalse Lautaro - La Puerta	20	52	94	166
3	La Puerta - Mal Paso	870	41	128	1.039
4	Mal Paso - Copiapó	331	27	325	683
5	Copiapó - Piedra Colgada	185	0	0	185
6	Piedra Colgada - Angostura	120	0	0	120
Total		2.449	217	603	3.269

Fuente: DICTUC (2010)

4.2.2.2. Descargas

El desembalse del acuífero subterráneo se produce de manera natural y artificial. La primera se debe a afloramientos de agua a través de vertientes localizados en el lecho del río Copiapó, y la segunda, producto de las extracciones de agua a través de pozos de bombeo.

Los afloramientos se originan cuando el agua no puede seguir escurriendo en forma subterránea, debido a que el nivel de terreno corta o interfiere con el nivel de saturación del acuífero. Valores obtenidos por DICTUC (2010) y DGA (2003) se presentan en la Tabla 4.2, lamentablemente para el primer estudio no se tiene información específica en qué lugar de cada sector se producen los afloramientos. Se observa una diferencia de 150 l/s para los valores de descarga.

Tabla 4.2
Descarga del acuífero por vertientes (l/s)

Sector		DICTUC (2010)	DGA (2003)
1	Arriba Embalse Lautaro	1.344	0
2	Embalse Lautaro - La Puerta	188	1.300
3	La Puerta - Mal Paso	0	75
4	Mal Paso - Copiapó	0	25
5	Copiapó - Piedra Colgada	0	90
6	Piedra Colgada - Angostura	12	203
Total		1.544	1.693

Fuente: DICTUC (2010)

Por otro lado, gracias al importante almacenamiento que presenta el acuífero en el valle del río Copiapó, diversas actividades recurren a éste para obtener el recurso hídrico. En el abastecimiento de agua potable, actividades industriales representadas esencialmente en concentradoras de minerales, y riego, los caudales necesarios son satisfechos fundamentalmente por pozos de bombeo ubicados, en gran parte, dentro de los Sectores 3 y 4 como se puede observar en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3
Bombesos totales en valle del río Copiapó (l/s)

Año	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6
1993	171	279	1.038	738	688	366
1994	235	384	1.207	881	781	416
1995	233	685	1.300	1.023	783	418
1996	310	604	1.391	1.092	825	430
1997	211	479	955	870	691	361
1998	89	56	464	442	416	217
1999	394	617	1.640	1.369	1.043	545
2000	201	252	964	878	670	351
2001	313	472	1.383	1.178	887	469
2002	242	443	1.011	979	757	395
2003	240	320	936	981	726	398
2004	298	439	1.300	1.137	872	456
2005	354	541	1.530	1.269	968	505
2006	341	505	1.496	1.216	925	484
2007	347	566	1.469	1.510	983	458
2008	353	627	1.538	1.228	917	477
2009	320	527	1.335	1.228	917	477
2010	338	647	1.531	1.220	917	477

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. Propiedades hidrogeológicas

La transmisividad representa la característica hidráulica que mide la cantidad de agua por unidad de ancho que puede ser transmitida horizontalmente a través del espesor saturado del acuífero con un gradiente unitario. Valores recopilados en el estudio realizado por SERNAGEOMIN (2010), se presentan en la Tabla 4.4. En ésta se muestran rangos de transmisividad para los sectores administrativos del acuífero.

Tabla 4.4
Rango transmisividad por sectores (m²/día)

Sector	Mínimo	Máximo	Promedio	Nº Datos
1	565	7.200	1.849	17
2	299	18.000	4.209	28
3	642	9.000	3.554	31
4	500	13.900	5.369	41
5	249	20.000	9.43	61
6	100	8.800	2.822	39

Fuente: SERNAGEOMIN (2010)

La permeabilidad se define como el cociente entre la transmisividad y el espesor saturado del acuífero. Los valores para los depósitos no consolidados del valle del río Copiapó fluctúa entre los valores 10^{-4} y 2×10^{-3} m/s, y en las áreas de inundación para las crecidas del río, oscila entre 10^{-6} y 10^{-5} m/s.

Para la determinación del coeficiente de almacenamiento se cuenta con poca información. Dentro de los datos disponibles se tienen los valores adoptados por Álamos y Peralta (1987) entre 0,16% y 11%. Otro estudio de Álamos y Peralta (1995) indican valores medios de 0,5%, 10% y 15%. Debido a la naturaleza libre de los embalses subterráneos estudiados, se espera un valor del coeficiente entre 10% y 20%. Esta información resumida se encuentra en la Tabla 3.14.

4.3. Idealización sistema físico hidrogeológico

4.3.1. Área de modelación

El área de modelación corresponde al Sector Bajo del sistema acuífero del río Copiapó para el tramo entre La Puerta y Angostura. La zona de interés para la modelación está contenida entre las coordenadas 6.889.800 – 6.993.800 Norte y 309.000 – 411.000 Este, DATUM WGS84.

Según la división administrativa del acuífero de Copiapó realizada por Álamos y Peralta (1987), el área de modelación del Modelo Sector Bajo abarca los sectores acuíferos del 3 al 6. Es importante mencionar que esta zonificación, no considera el comportamiento de los niveles en los pozos de observación, por lo que DICTUC en el año 2010 realizó una subdivisión dentro de los mismo sectores DGA, con el fin de obtener sectores que agrupen series de niveles de pozos con comportamiento similar.

La Figura 4.1 muestra el área para el Modelo del Sector Bajo según la subdivisión realizada por DICTUC (2010), donde; Sector 3 (DGA), se subdivide en Sector 3a (La Puerta – Pabellón) y Sector 3b (Pabellón – Mal Paso); Sectores 4 (DGA) y 5 (DGA) se mantienen (Mal Paso – Copiapó) y (Copiapó – Piedra Colgada); y Sector 6 (DGA) se subdivide en: Sector 6a (Piedra Colgada – Valle Fértil) y Sector 6b (Valle Fértil – Angostura). Además incluye la definición de las zonas activas e inactivas del mismo.

4.3.2. Discretización espacial y temporal

4.3.2.1. Discretización espacial horizontal

El modelo del Sector Bajo del sistema acuífero del valle del río Copiapó se discretiza mediante una malla de diferencias finitas con elementos regulares, cuyo tamaño es de 200 x 200 m², dando un total de 330 filas y 400 columnas.

4.3.2.2. Discretización espacial vertical

Para representar el sistema acuífero en sentido vertical, se considera el relieve superficial del terreno obtenido del modelo de elevación digital (DEM) del USGS y el basamento rocoso fue definido a partir de la información recopilada por SERNAGEOMIN para el estudio “Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca del Río Copiapó, con Énfasis en Cuantificación, Dinámica y Calidad Química de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos”. SERNAGEOMIN (En Desarrollo).

El sistema en profundidad, está integrado por un acuífero no confinado. El límite de separación entre la superficie y la roca está compuesto principalmente por estratos de carácter grueso a nivel superficial y a medida que desciende hacia el basamento varía de grueso a fino y nuevamente a grueso. Sin embargo, se define un acuífero mono-capa, puesto que los estratos finos identificados no corresponden a una clasificación de granulometría impermeable o a estructura impermeable.

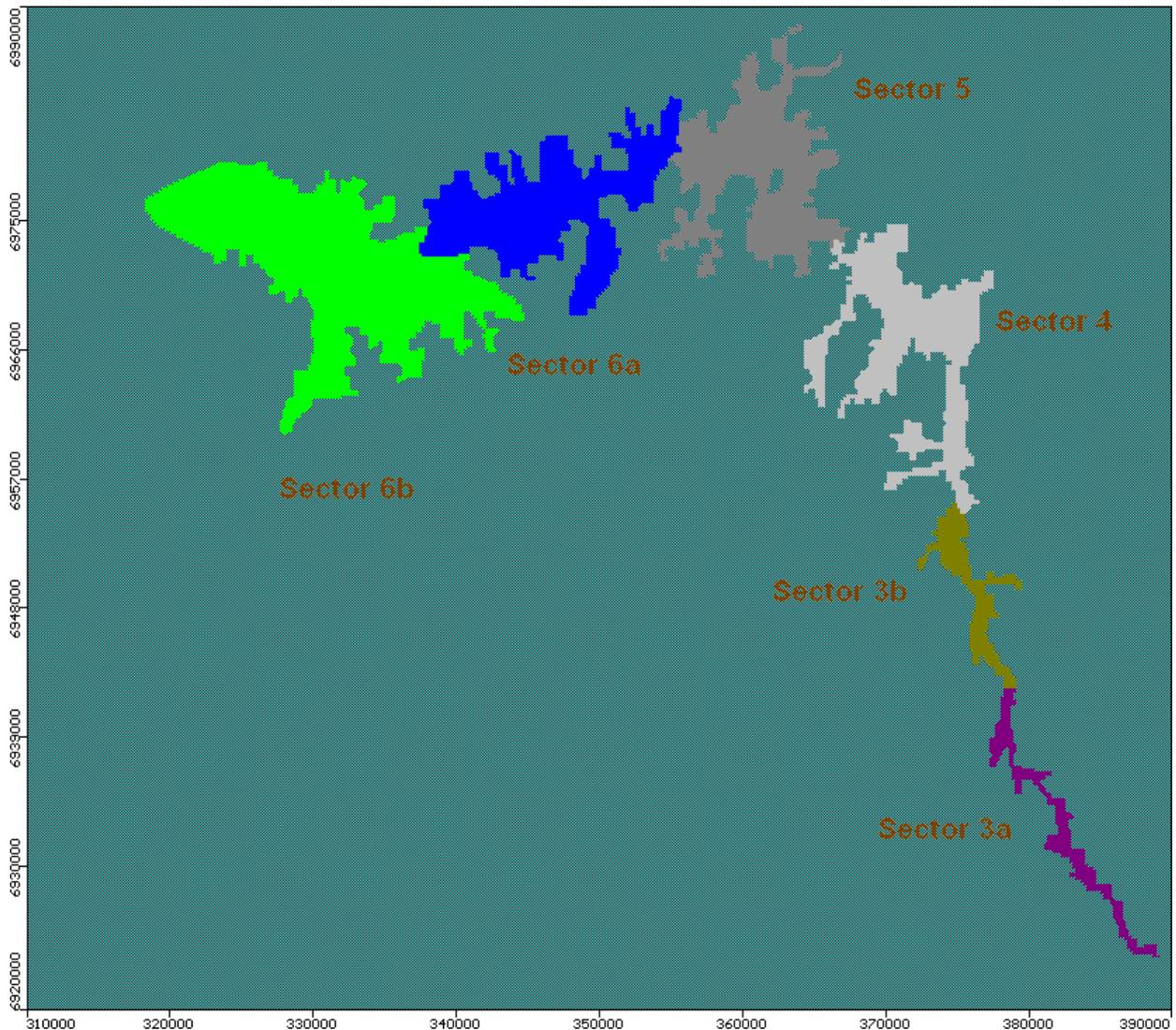


Figura 4.1

Área de modelo

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2.3. *Discretización temporal*

Temporalmente el Modelo Sector Bajo incorpora un período de 18 años, abarcando desde Enero de 1993 hasta Diciembre de 2010. En el período de simulación, la discretización temporal en intervalos o períodos de estrés, están determinados por reglas de bombeo y recargas, siendo estas variables distribuidas uniformemente en cada intervalo. Los 18 períodos de estrés poseen una frecuencia anual, y se dividen en 12 pasos de tiempo, correspondientes a pasos de cálculos internos del modelo.

4.3.3. Propiedades hidrogeológicas

La definición previa de los parámetros elásticos del sistema hidrogeológico implica la asignación de valores de conductividad hidráulica y de coeficiente de almacenamiento en la zona activa del área de modelación, es decir, los rectángulos dentro de la malla definida en el área de modelación, en los cuales es posible tener el flujo de un líquido a través de sus elementos.

Los valores iniciales para los parámetros recién mencionados son los obtenidos en el Modelo Sector Bajo desarrollado por SERNAGEOMIN (2011). La calibración de éste comprende el período entre Enero de 1993 y Diciembre de 1999.

La distribución inicial de la conductividad hidráulica y del coeficiente de almacenamiento se presenta en las Figura 4.2 y Figura 4.3, respectivamente. Los colores representan un valor diferente para las propiedades hidrogeológicas, las que posteriormente serán calibradas para obtener el ajuste entre los niveles de aguas subterráneas y simuladas.

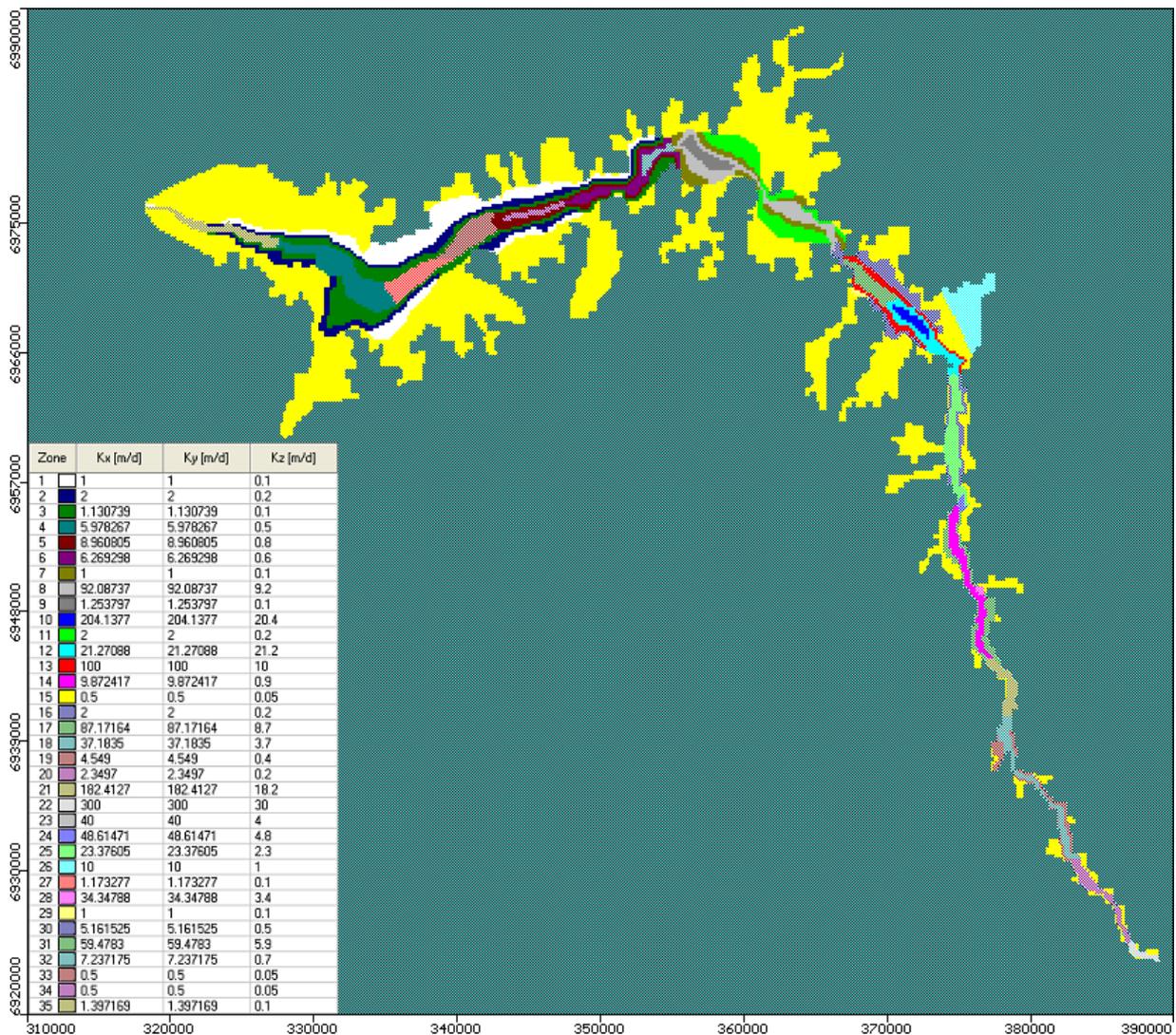


Figura 4.2
Conductividades hidráulicas iniciales
 Fuente: Elaboración Propia

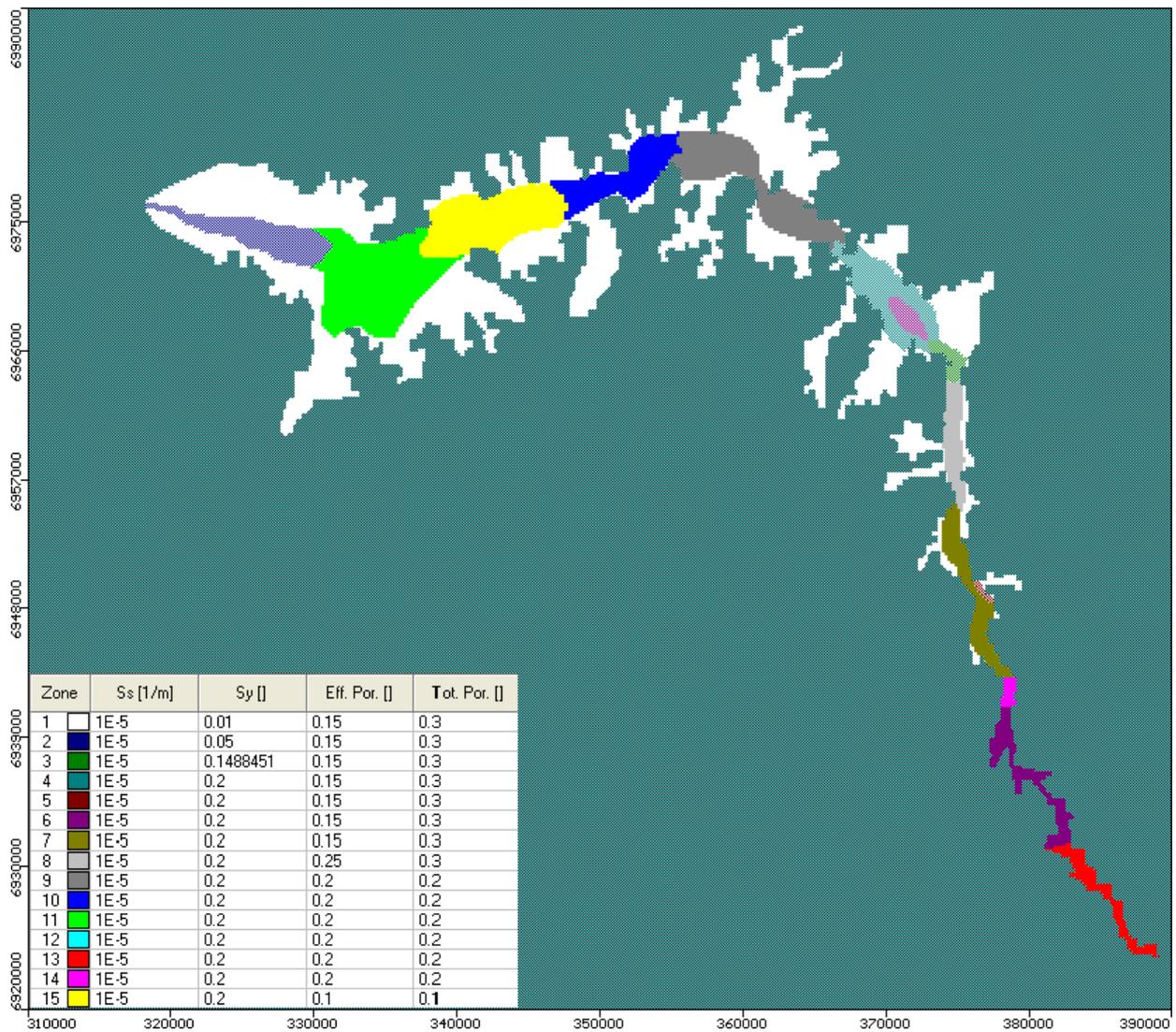


Figura 4.3
Coefficientes de almacenamiento
 Fuente: Elaboración Propia

4.3.4. Condiciones de borde

Las condiciones de borde corresponden a sectores dentro del área del modelo, en los cuales es posible identificar características que pueden ser estimadas de manera independiente y que constituyen la base del proceso de modelación. Desde un punto de vista matemático existen tres tipos de condiciones de borde; Dirichlet, primer tipo; Neumann, segundo tipo; y Cauchy, tercer tipo.

La primera condición de borde corresponde a puntos o sectores cuyo nivel de energía o nivel de agua es conocido a priori. Un ejemplo corresponde a la conexión hidráulica entre el nivel de agua de un río con un acuífero. El supuesto principal de este tipo de condición es que el efecto del río sobre el acuífero se traduce de manera instantánea.

La condición de borde de segundo tipo se asigna en aquellos sectores en los cuales se produce una recarga o descarga cuyo monto es conocido e independiente de los

niveles de energía en el acuífero, como es el caso de la recarga por precipitación o riego.

Finalmente la condición de tercer tipo, está asociada a sistemas en los cuales la recarga es dependiente del nivel de energía en el acuífero. Un ejemplo es el caso de un río cuyo nivel de agua afecta directamente al nivel en el acuífero, pero a diferencia del primer tipo, el cambio se produce de manera gradual y no instantánea. También se puede considerar como un dren, el cual drena las aguas subterráneas cuando los niveles de agua en el acuífero se encuentren sobre el nivel de terreno.

De manera de representar el funcionamiento de los cauces superficiales, se agrega una condición tipo dren en el Modelo Sector Bajo. Para este caso particular, no se considera la recarga específica proveniente de la infiltración a través del lecho del cauce. Los parámetros relevantes para esta condición corresponden a la conductancia del lecho y el nivel de terreno del mismo en la celda

En la Figura 4.4 se observa la red fluviométrica a través del desarrollo de la cuenca.

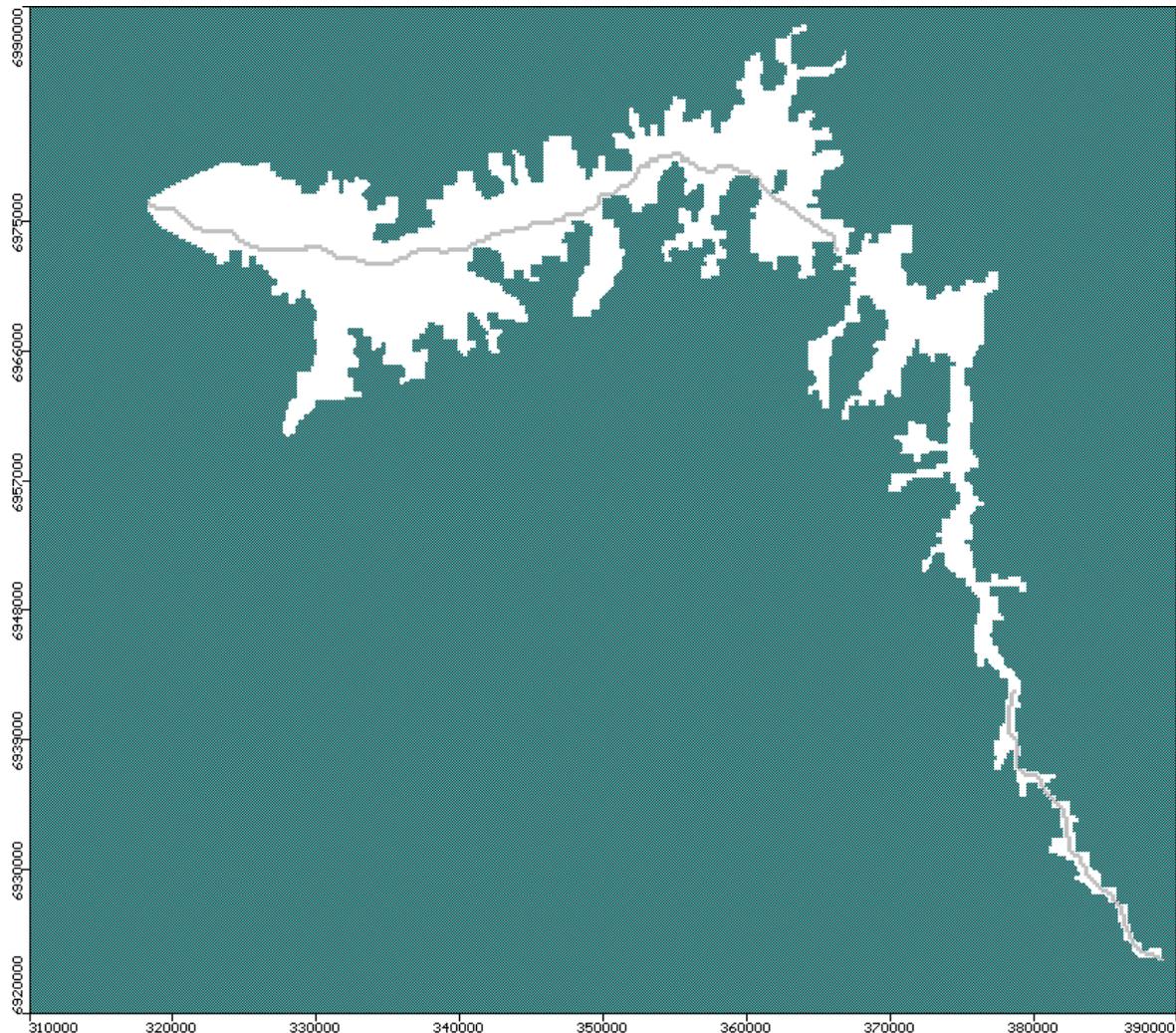


Figura 4.4
Condición tipo dren
Fuente: Elaboración Propia

El flujo de entrada subterráneo proveniente del sector alto se representa mediante tres pozos de inyección en el sector de La Puerta, los cuales ingresan al modelo, en conjunto, un flujo constante de 50 l/s durante la simulación.

Estos pozos de inyección se presentan en la Figura 4.5, en el sector de La Puerta, en la parte alta del área de modelación



Figura 4.5

Pozos de inyección

Fuente: Elaboración Propia

Para operar el modelo en régimen transiente, se define la condición inicial del nivel de aguas subterráneas en el área de modelación mediante la interpolación de los niveles en los pozos de observación para el período de Enero de 1993.

4.3.5. Recargas y descargas

4.3.5.1. Recargas

Para determinar las recargas sobre el sistema acuifero se dispone de las tasas de recarga del estudio GEOHIDROLOGIA para DGA (2011), utilizadas en la extensión del Modelo Sector Bajo de SERNAGEOMIN (2011). Los valores estimados para las recargas son incorporados al modelo considerando un valor anual para cada período de estrés como se muestra en la Tabla 4.5.

En la Figura 4.6 se puede observar la distribución de las zonas de recarga asignadas en los diferentes sectores del modelo. Cabe mencionar que las zonas sin recarga, incoloras, son sectores de muy baja permeabilidad.

Tabla 4.5
Recargas anuales (l/s)

Año	Zonas de Recarga (l/s)					
	Sector 3a	Sector 3b	Sector 4	Sector 5	Sector 6a	Sector 6b
1993	548,0	677,0	775,4	319,8	122,4	21,3
1994	450,1	578,0	723,8	195,6	17,1	0,3
1995	430,3	544,3	713,0	224,1	9,2	0,3
1996	396,1	502,7	651,9	156,2	1,7	0,3
1997	508,0	599,9	776,5	464,9	241,6	78,7
1998	745,8	807,5	1.013,9	939,1	617,4	187,7
1999	480,2	645,8	803,8	107,6	21,6	0,5
2000	435,8	574,5	661,3	174,8	2,5	0,5
2001	493,8	638,8	798,0	208,8	37,7	0,3
2002	513,9	651,5	746,7	255,9	76,7	10,3
2003	646,0	730,8	961,4	626,3	323,5	67,4
2004	463,8	616,6	754,4	150,7	22,0	0,5
2005	480,6	594,0	826,5	254,8	38,5	0,1
2006	445,9	566,1	755,5	191,2	19,6	0,3
2007	428,6	538,6	708,7	205,2	11,4	0,3
2008	423,3	566,4	707,5	114,3	6,3	0,4
2009	412,4	514,8	696,9	176,1	1,7	0,2
2010	387,6	477,6	664,6	162,5	5,0	0,3

Fuente: SERNAGEOMIN (2011)

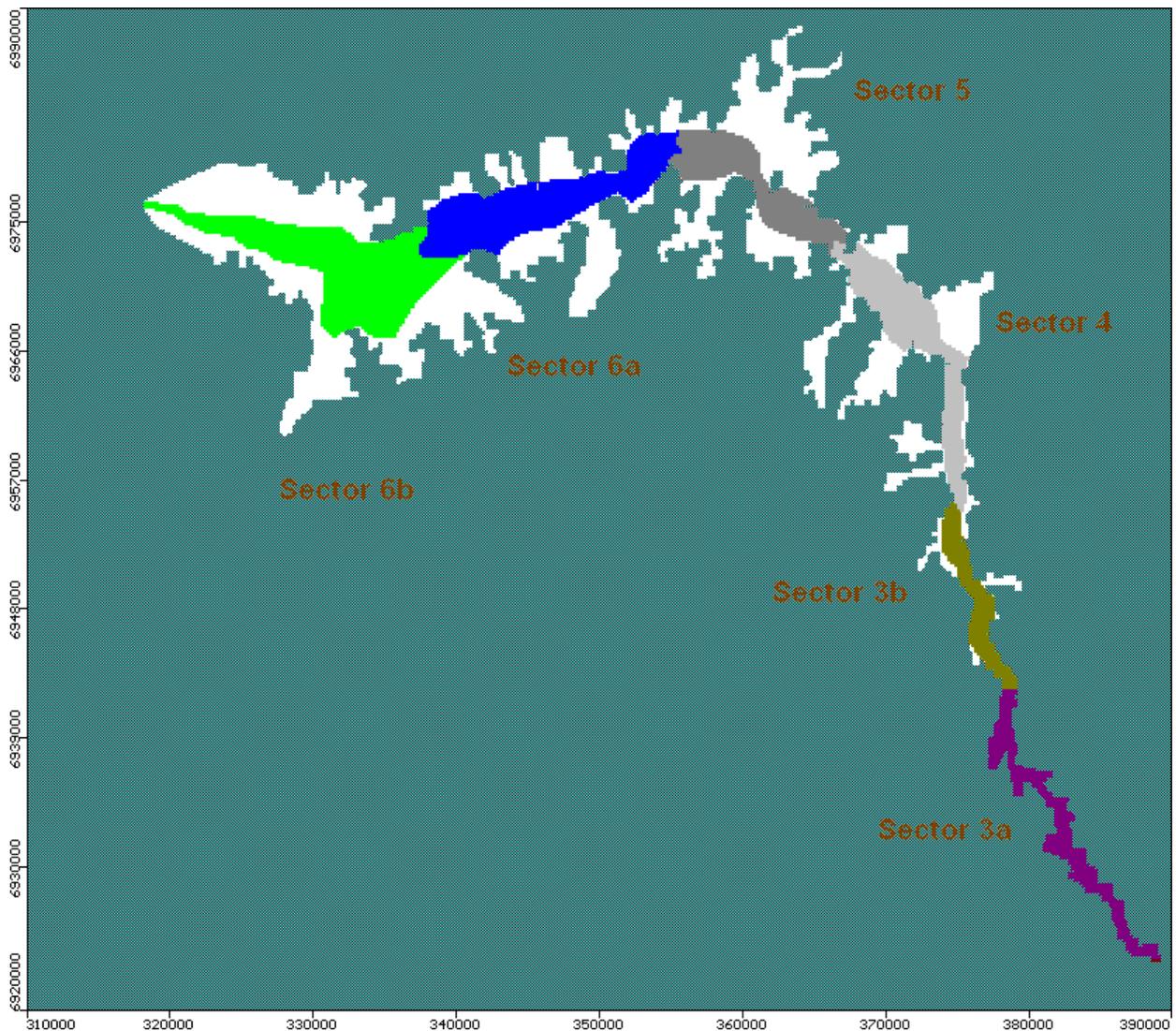


Figura 4.6
Zonas de recarga
 Fuente: Elaboración Propia

4.3.5.2. Descargas

El catastro de pozos de bombeo en el valle del río Copiapó realizado por DICTUC en el año 2010, es utilizado para estimar las tasas de bombeo para los pozos incluidos en el modelo de simulación, según el tipo de uso de cada pozo. Además se complementa el catastro con información de construcción y bombeo de nuevos pozos, entregada por la empresa sanitaria Aguas Chañar, para el período entre los años 2007 y 2011.

Para efectos del modelo de simulación hidrogeológico, el bombeo total desde los sectores en estudio entre los años 1993 y 2006, ha sido determinado como parte de la operación del modelo AQUATOOL desarrollado por DICTUC. Para el período restante hasta el año 2010, se utiliza el mismo estudio, pero se actualiza con información actual de bombeo entregada por la empresa sanitaria Aguas Chañar.

La información de bombeos para pozos de riego y otros usos (Minería, Industria y Agua Potable), se muestra en la Tabla 4.6. Por otro lado, la ubicación de los pozos de bombeo utilizados en el Modelo Sector Bajo del valle del río Copiapó pueden ser localizados en la Figura 4.7.

Tabla 4.6
Caudales de bombeo en acuífero del río Copiapó (l/s)

Año	Descargas por Usos (l/s)		
	Riego	Otro	Total
1993	2.196	414	2.610
1994	2.815	470	3.285
1995	2.937	586	3.523
1996	3.079	657	3.736
1997	2.326	551	2.877
1998	1.198	341	1.539
1999	3.741	856	4.597
2000	2.313	550	2.863
2001	3.191	736	3.927
2002	2.523	620	3.143
2003	2.459	582	3.041
2004	3.050	715	3.765
2005	3.479	793	4.272
2006	3.361	759	4.120
2007	3.662	847	4.509
2008	3.402	1.114	4.516
2009	3.200	1.110	4.309
2010	3.386	1.277	4.663

Fuente: Elaboración Propia

En la categoría “Otros Usos”, se consideran las extracciones producidas por la minería e industria como las demandas proyectadas por DICTUC (2010) para los años presentados anteriormente. Para el agua potable, de la misma forma se adoptan los valores entregados por DICTUC (2010) para el período entre los años 1993 y 2006 y se actualiza la información con datos actuales para los años posteriores.

Finalmente en las Tabla 4.7 y Tabla 4.8, se aprecian los caudales asignados en los pozos destinados a la producción de agua potable en el modelo realizado por SERNAGEOMIN (2011), para el período entre los años 1993 y 2006 conjunto con datos rellenados para los años 2007-2008, y el catastro actualizado de los pozos construidos en los últimos años y vigentes a la fecha, respectivamente.

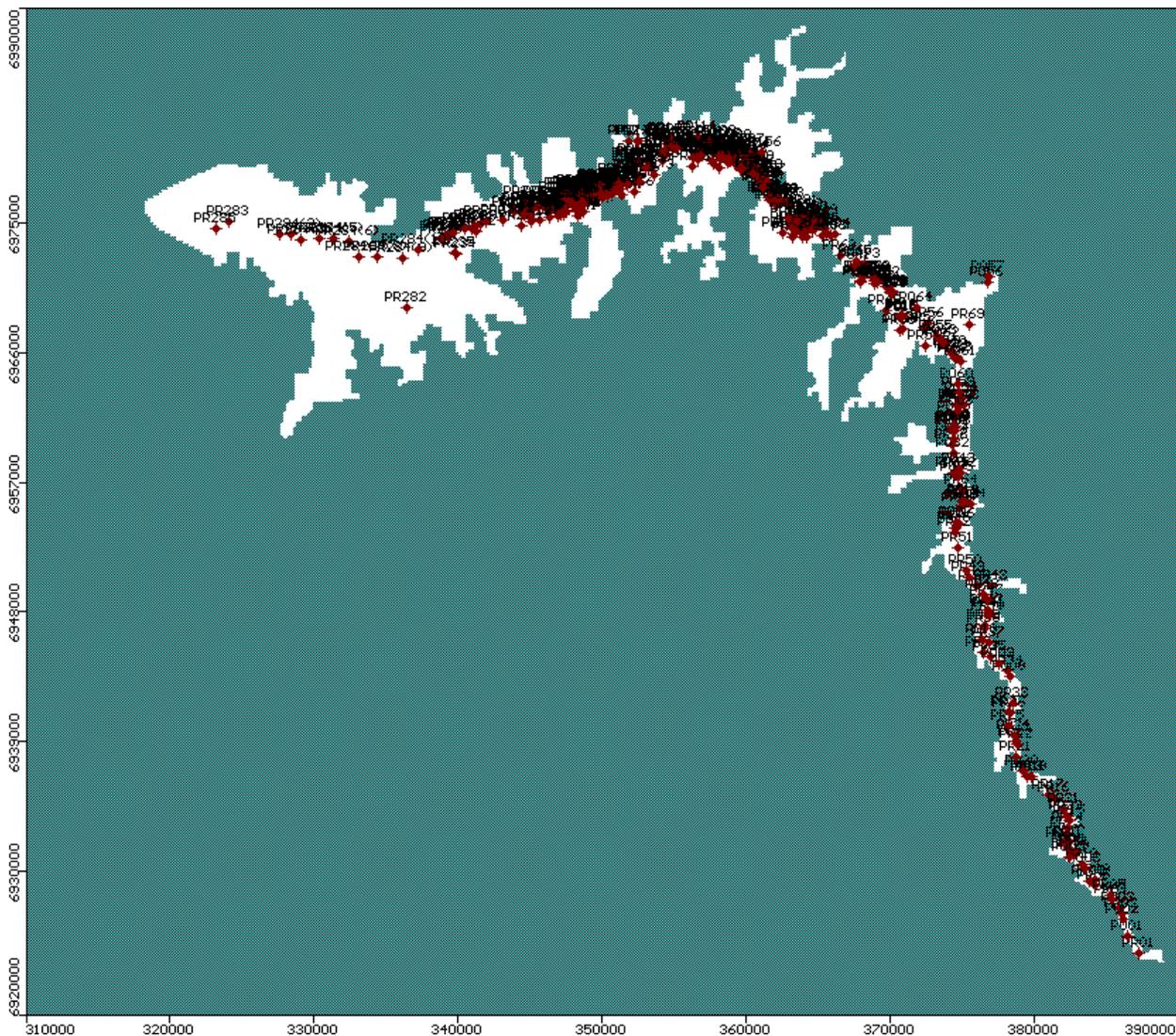


Figura 4.7
Ubicación de pozos de bombeo
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.7
Caudales para producción de agua potable entre 1993 y 2008 (l/s)

Pozo	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
PO11	0	0	0	0	0	5	12	8	10	8	8	10	11	10	5	0
PO12	0	0	0	11	10	5	14	9	11	10	10	11	12	12	6	0
PO13	9	10	12	11	10	5	14	9	11	10	10	11	12	12	6	0
PO14	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8	8	10	11	10	5	0
PO15	0	0	15	14	12	7	17	11	14	12	12	14	15	15	7	0
PO16	0	0	15	14	12	7	17	11	14	12	12	14	15	15	7	0
PO17	0	0	15	14	12	7	17	11	14	12	12	14	15	15	7	0
PO18	0	0	15	14	12	7	17	11	14	12	12	14	15	15	7	0
PO20	7	8	9	8	7	4	10	7	9	7	7	8	9	9	4	0
PO21	0	0	0	0	0	0	10	7	9	7	7	8	9	9	4	0
PO22	7	8	9	8	7	4	10	7	9	7	7	8	9	9	4	0
PO23	7	8	9	8	7	4	10	7	9	7	7	8	9	9	4	0
PO24	4	4	5	5	4	2	6	4	5	4	4	5	5	5	3	0
PO25	4	4	5	5	4	2	6	4	5	4	4	5	5	5	3	0
PO26	4	4	5	5	4	2	6	4	5	4	4	5	5	5	3	0
PO27	4	4	5	5	4	2	6	4	5	4	4	5	5	5	3	0
PO28	4	4	5	5	4	2	6	4	5	4	4	5	5	5	3	0
PO29	0	0	0	0	0	5	14	9	11	10	10	11	12	12	6	0
PO30	4	5	6	6	5	3	7	4	6	5	5	6	6	6	3	0
PO31	9	10	12	11	10	5	14	9	11	10	10	11	12	12	6	0
PO33	7	8	9	8	7	4	10	7	9	7	7	8	9	9	4	0
PO34	8	9	11	10	8	5	12	8	10	8	8	10	11	10	5	0
PO35	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0
PO66	28	31	31	32	27	16	40	25	34	29	21	33	37	35	17	0
PO87	15	17	16	10	4	2	6	4	5	4	4	5	5	5	3	0

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4.7 los datos destacados en color azul corresponden a información extraída directamente del modelo desarrollado por SERNAGEOMIN (2011) y los de color amarillo a información rellena en el presente estudio.

En el año 2007 los bombeos en estos pozos se consideran como la mitad del caudal entregado el año anterior, para proceder a la desactivación final de ellos.

A partir del año 2008 se considera que estos pozos dejan de funcionar en el modelo y funciona la nueva batería de pozos para el suministro de agua potable en la cuenca del río Copiapó presentada a continuación.

Tabla 4.8
Caudales para producción de agua potable actualizados a la fecha (l/s)

Pozo	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
CE01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	58
CE02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	80
CR01	0	0	0	0	0	0	0	10	2	0	0	0
NA01	0	0	0	0	0	0	80	70	55	39	24	8
NA06	70	66	63	60	46	37	32	41	53	36	24	3
PC01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	92	89
PC02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	85
PC03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	77
PC04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
PN01	0	0	0	0	0	0	0	75	56	38	19	0
PS06	0	0	0	0	0	0	0	90	71	51	32	12
PS09	0	0	0	0	0	0	0	15	7	1	0	0
PS10	0	0	0	0	0	0	0	90	79	68	57	46
PS11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	76	72
PS12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
SM05	0	0	0	0	0	0	0	0	50	43	36	29
SM06	0	0	0	0	0	0	0	0	40	31	21	12
SM07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	40	30
VI06	0	0	0	0	0	0	55	50	45	40	35	30
VI07	0	0	0	0	0	0	70	62	54	45	37	29
VI08	0	0	0	0	0	0	0	20	12	4	0	0
VI09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	40	30

Fuente: Elaboración Propia

En la información para la nueva batería de pozos de la empresa sanitaria (Tabla 4.8), se presenta el año de construcción del pozo destacado en color verde y con rojo el año en que éste se seca y queda en desuso, si fuese el caso.

Para el llenado en la información de caudales, se tiene información entregada por la empresa productora destacada con color gris y con color naranja valores obtenidos interpolando linealmente los caudales de bombeos.

Para el caso de pozos sin información suficiente, se utilizan otros criterios para satisfacer la demanda estimada para el uso de agua potable dentro de la cuenca en los años de estudio.

4.4. Calibración modelo numérico

Para efectos de este análisis se considera que los resultados obtenidos para el modelo hidrológico, tasas de recargas simuladas por GEOHIDROLOGIA para DGA (2011) y descargas estimadas por DICTUC (2010), se encuentran adecuadamente calibradas y validadas.

También se considera que los resultados obtenidos por SERNAGEOMIN (2011) para los coeficientes de almacenamiento de los distintos sectores, son valores válidos y disponibles para integrar en el modelo hidrogeológico actual.

En el caso del modelo de simulación hidrogeológico, su calibración considera la modificación de las propiedades hidrogeológicas del sistema acuífero modelado, permitiendo que los valores de niveles de agua en los pozos de la red de monitoreo sean adecuadamente reproducidos. El ajuste entre los valores simulados y medidos se mide a través de diversos indicadores de bondad de ajuste, siendo el indicador más utilizado el error NRMS (Normalized Root Mean Square).

La calibración del Modelo Sector Bajo se realiza en régimen transiente para el período comprendido desde Enero de 1993 y Diciembre 2010, considerando las condiciones de borde indicadas en las Figura 4.4 y Figura 4.5, y la recarga en la Tabla 4.5, para lo cual se dispuso de 40 puntos con información medida de niveles de agua subterránea. La ubicación de los pozos de observación se muestra gráficamente en la Figura 4.8.

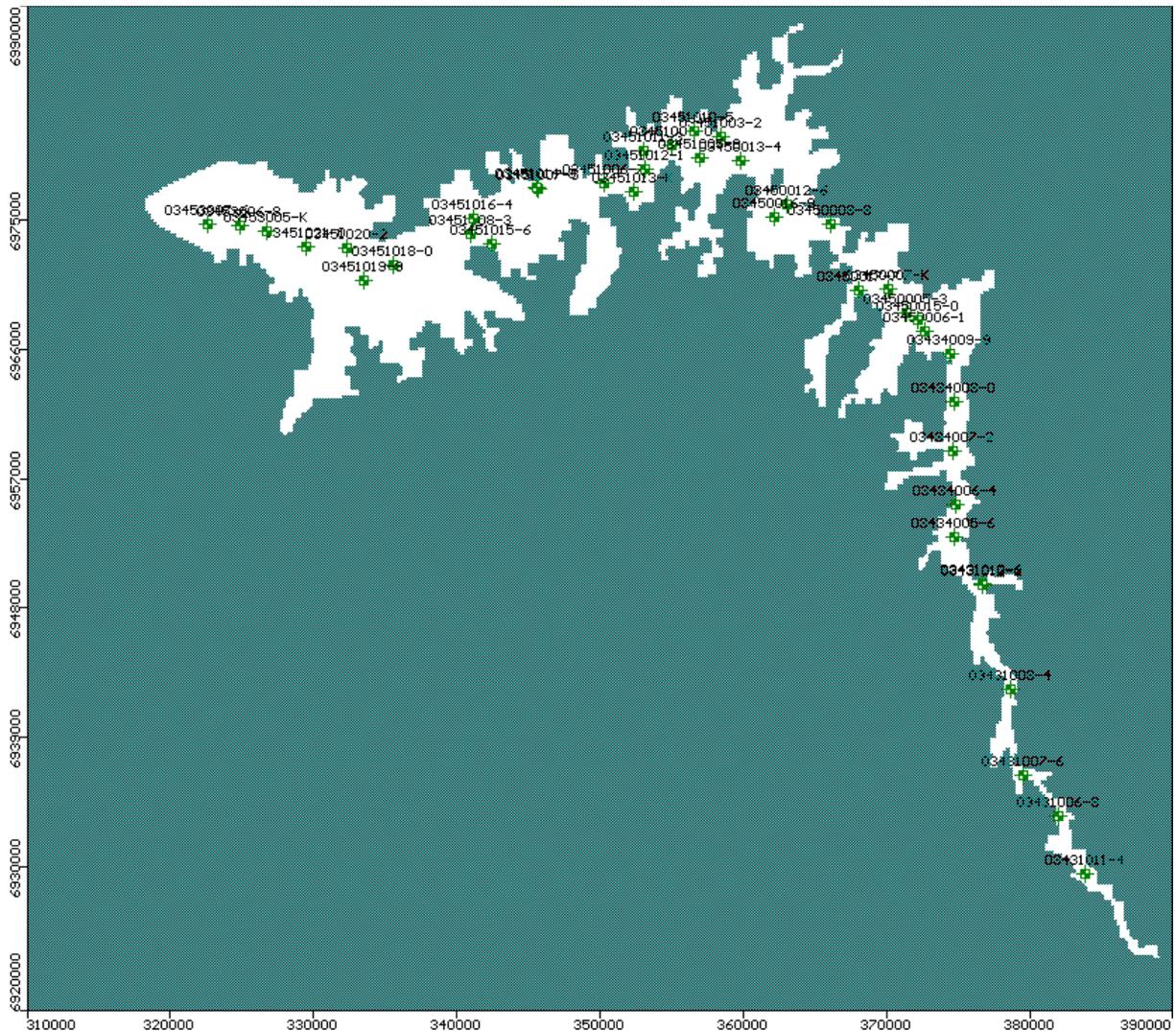


Figura 4.8
Ubicación de pozos de observación
Fuente: Elaboración Propia

Durante la calibración del modelo hidrogeológico se modifican los valores de conductividad hidráulica hasta conseguir que los valores medidos y simulados en los niveles de agua de los 40 pozos de observación se ajusten de la mejor forma. En la Figura 4.9 se presentan gráficamente los resultados finales de conductividad hidráulica para el área de modelación. Los valores de los parámetros hidrogeológicos mencionados se encuentran en el orden de los datos obtenidos en pruebas de terreno y métodos indirectos en el acuífero del valle del río Copiapó.

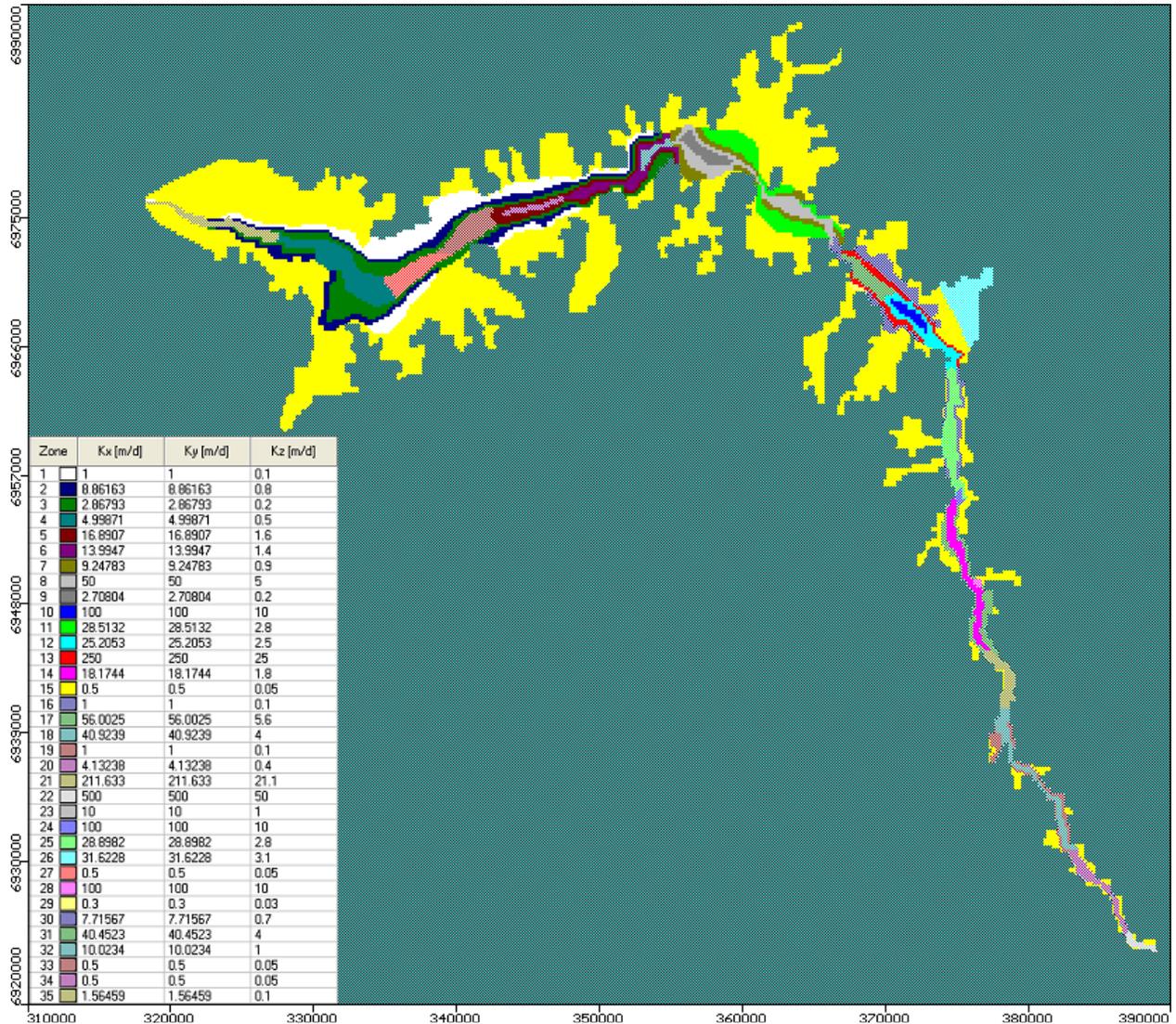


Figura 4.9
Conductividades hidráulicas finales
 Fuente: Elaboración Propia

Al finalizar el proceso de calibración mediante el proceso de prueba y error, se obtiene un ajuste satisfactorio entre los valores simulados y los **3.334** medidos en la red de monitoreo. El indicador utilizado, error NRMS alcanza un valor global de **0.490%**, lo que se considera adecuado para la calibración en condiciones de régimen transiente.

La comparación gráfica entre los valores de niveles de agua calculado y obtenidos se puede observar en la Figura 4.10.

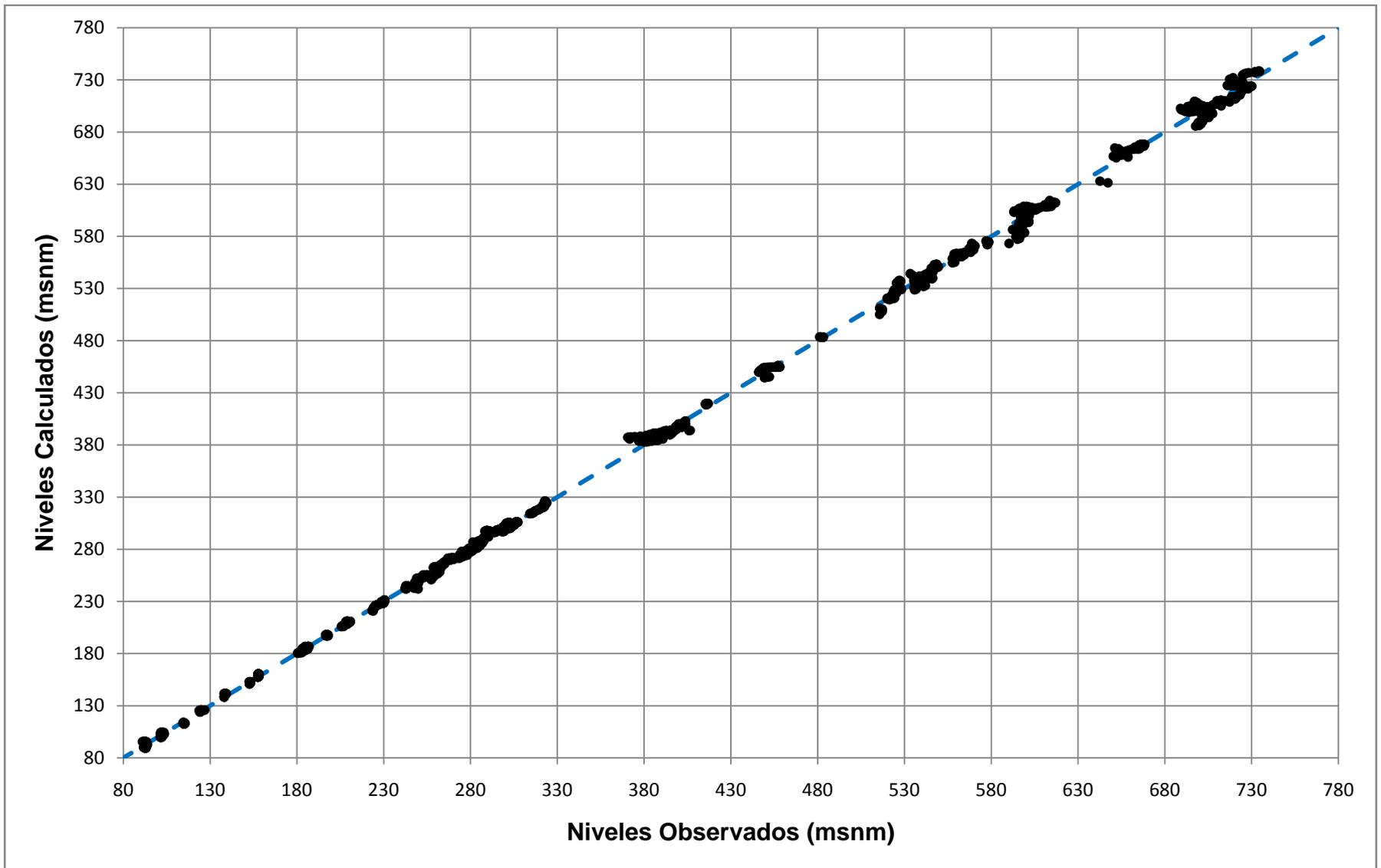


Figura 4.10
Ajuste en proceso de calibración
Fuente: Elaboración Propia

Se puede ver una línea punteada de pendiente unitaria que conecta dos extremos del gráfico. En el caso de producirse una calibración perfecta, los puntos debiesen alinearse sobre ésta, sin embargo se observa una porción de los puntos sobre y otra por debajo, esto debido al grado de exactitud de los datos disponibles y por tratarse de un sistema a modelar aproximado.

En la Figura 4.11 se presentan los niveles de agua al final de la etapa de calibración, donde se puede observar, gracias a las líneas equipotenciales que el flujo de aguas subterráneas se produce en dirección al punto de la salida del valle del río Copiapó.

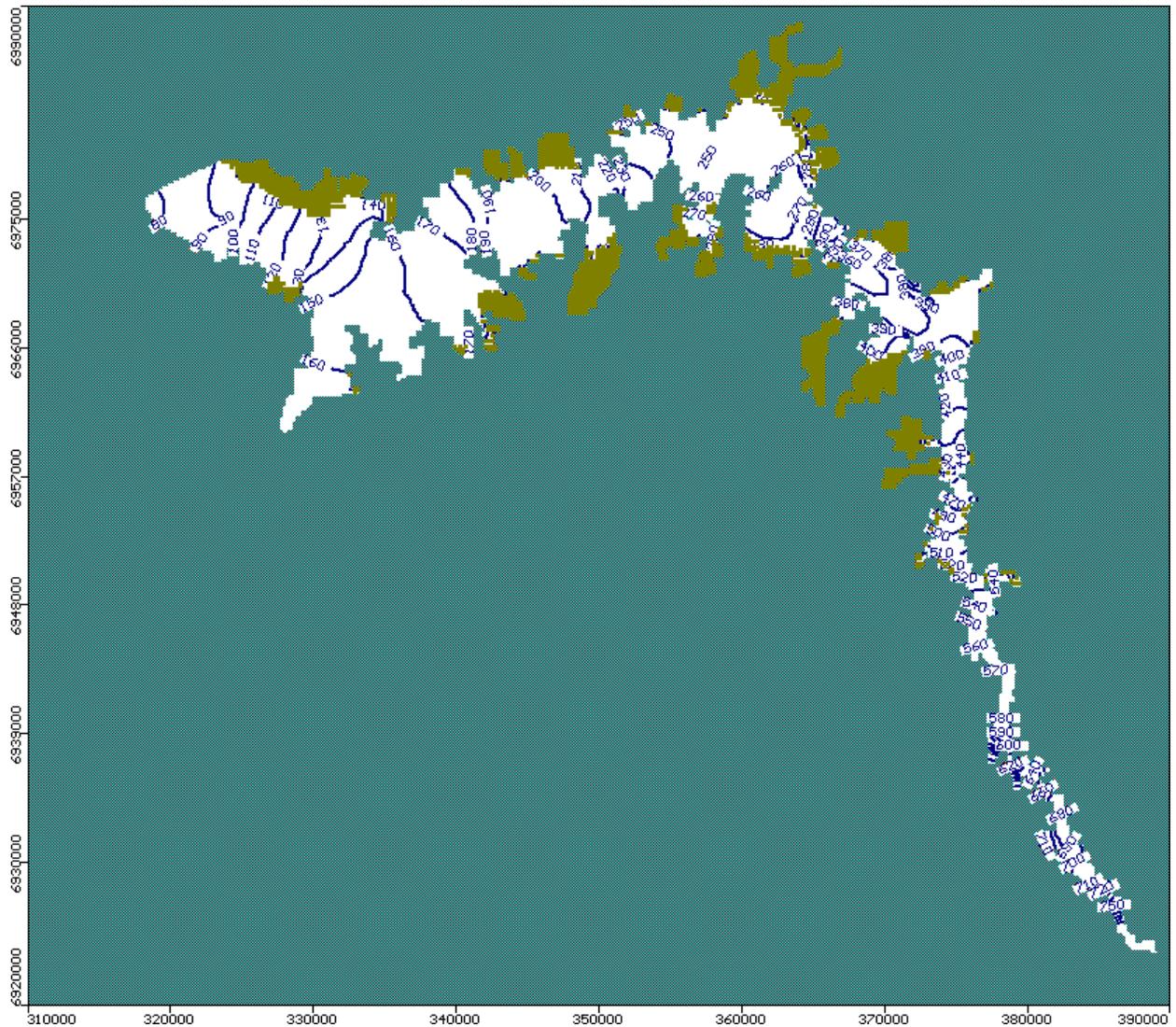


Figura 4.11
Distribución niveles de agua subterránea en proceso de calibración
Fuente: Elaboración Propia

Para observar la calibración final en el modelo, para la sectorización del modelo definida en la Figura 4.1, se muestran entre las Figura 4.12 y Figura 4.17, un pozo de monitoreo representativo a cada uno de los sectores.

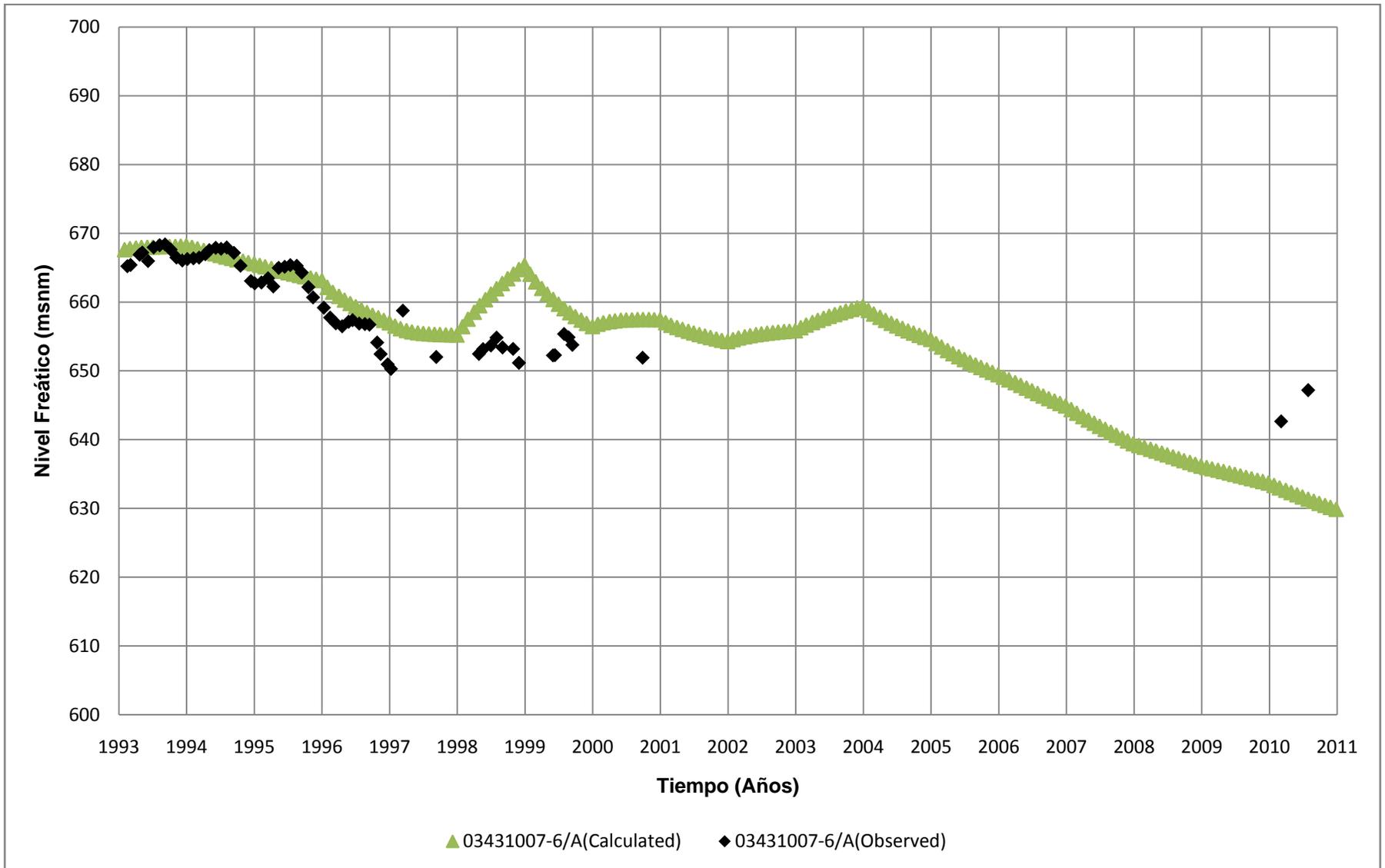


Figura 4.12
Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 3a)
 Fuente: Elaboración Propia

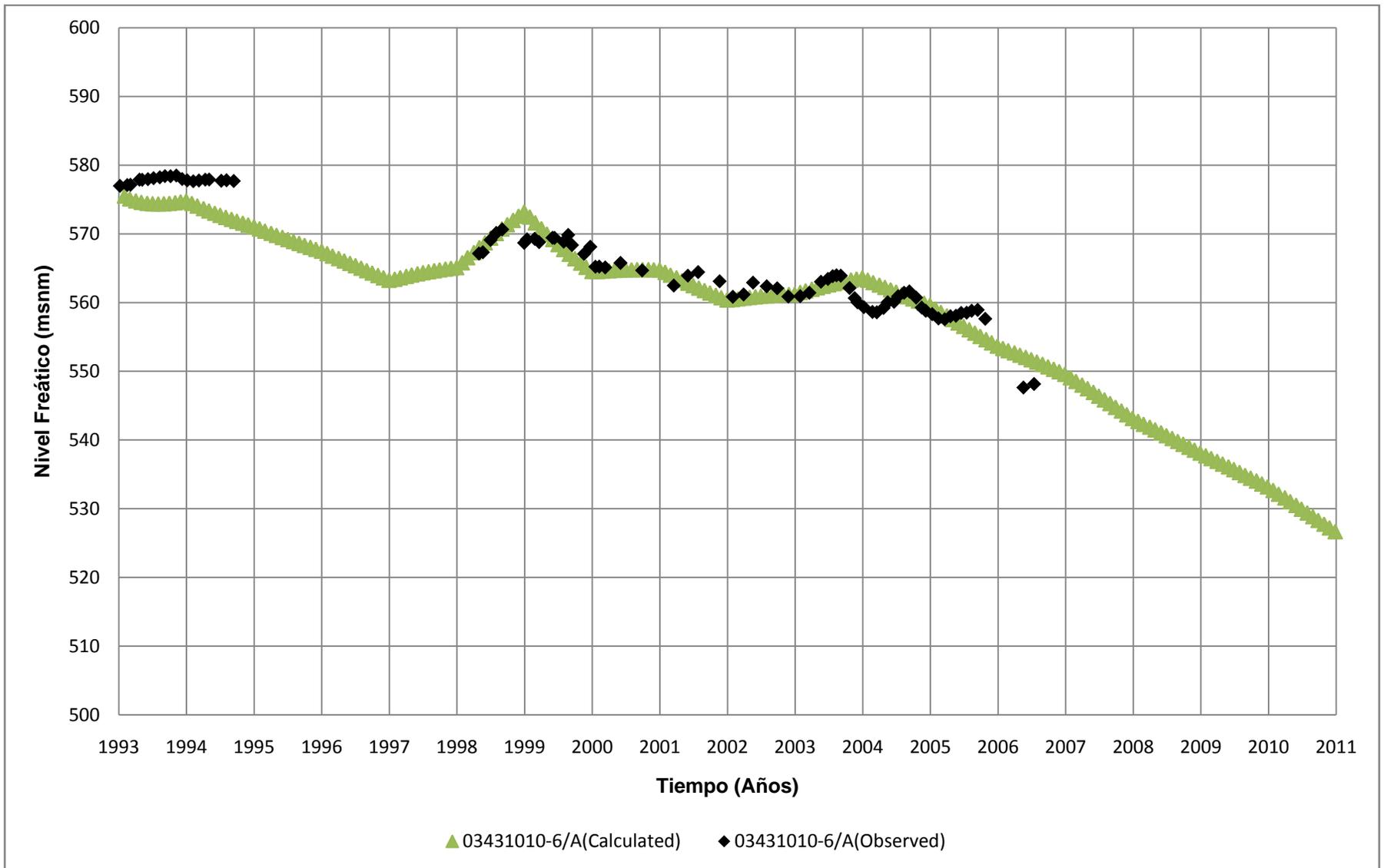


Figura 4.13
Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 3b)
 Fuente: Elaboración Propia

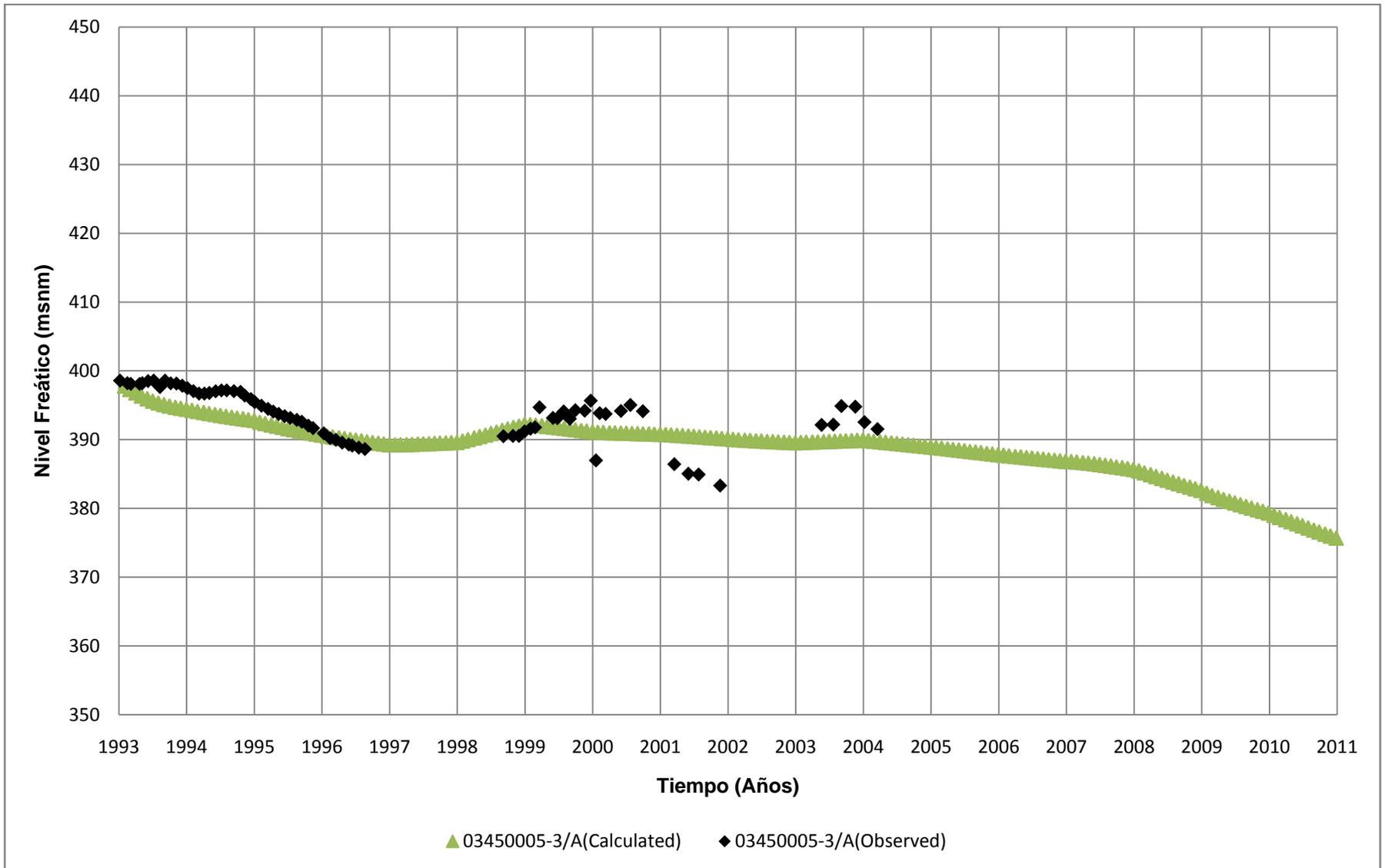


Figura 4.14
Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 4)
 Fuente: Elaboración Propia

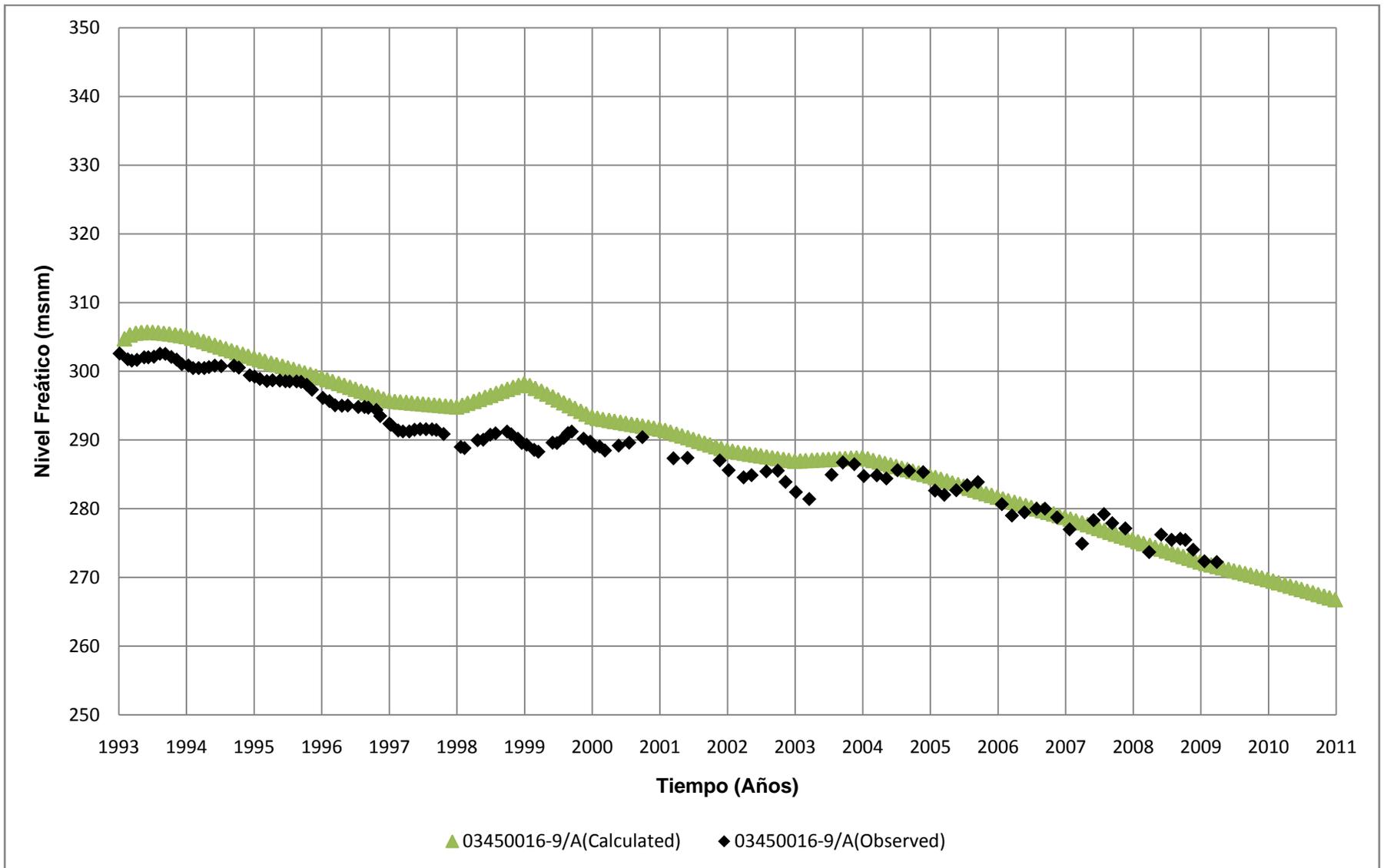


Figura 4.15
Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 5)
 Fuente: Elaboración Propia

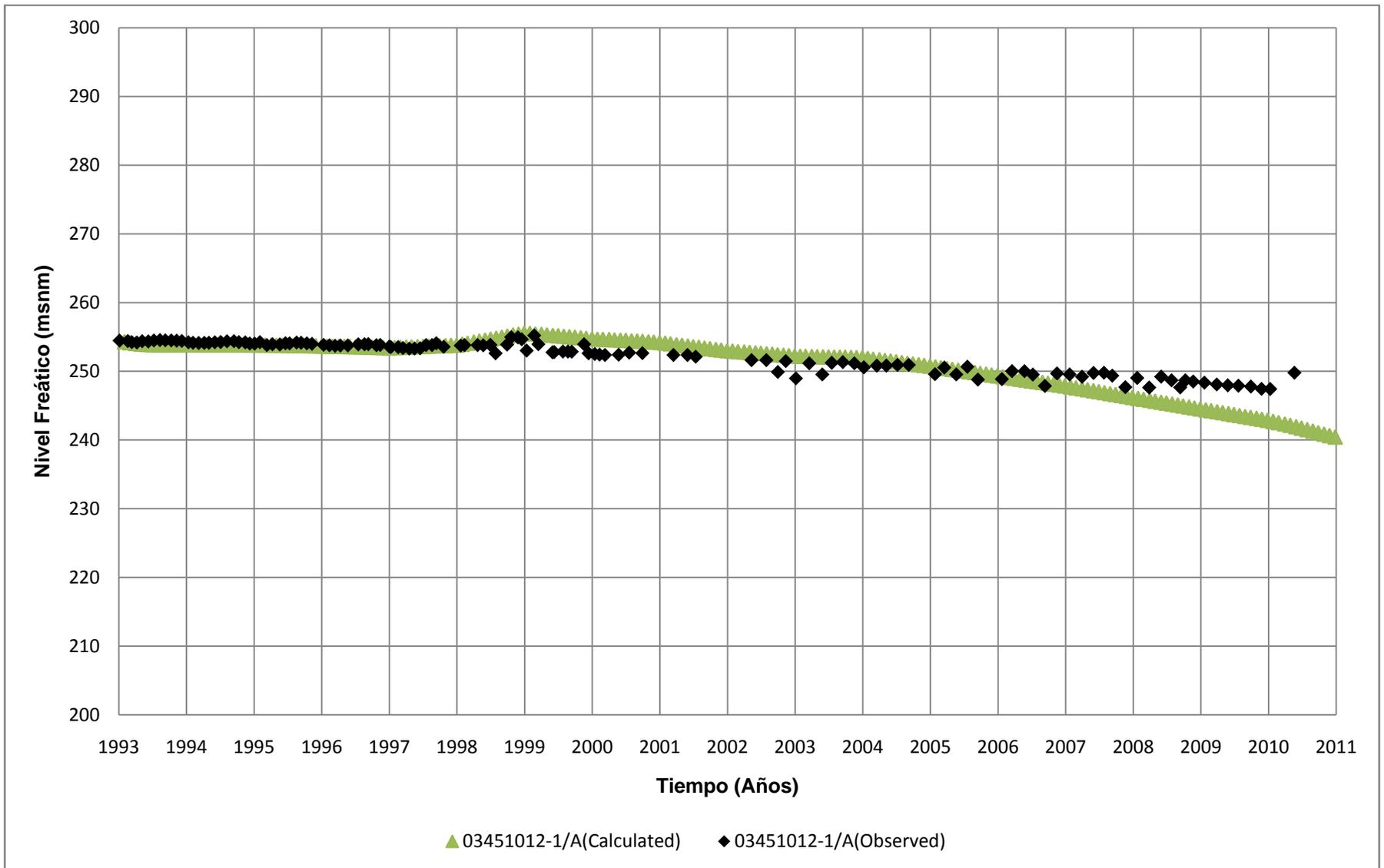


Figura 4.16
Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 6a)
 Fuente: Elaboración Propia

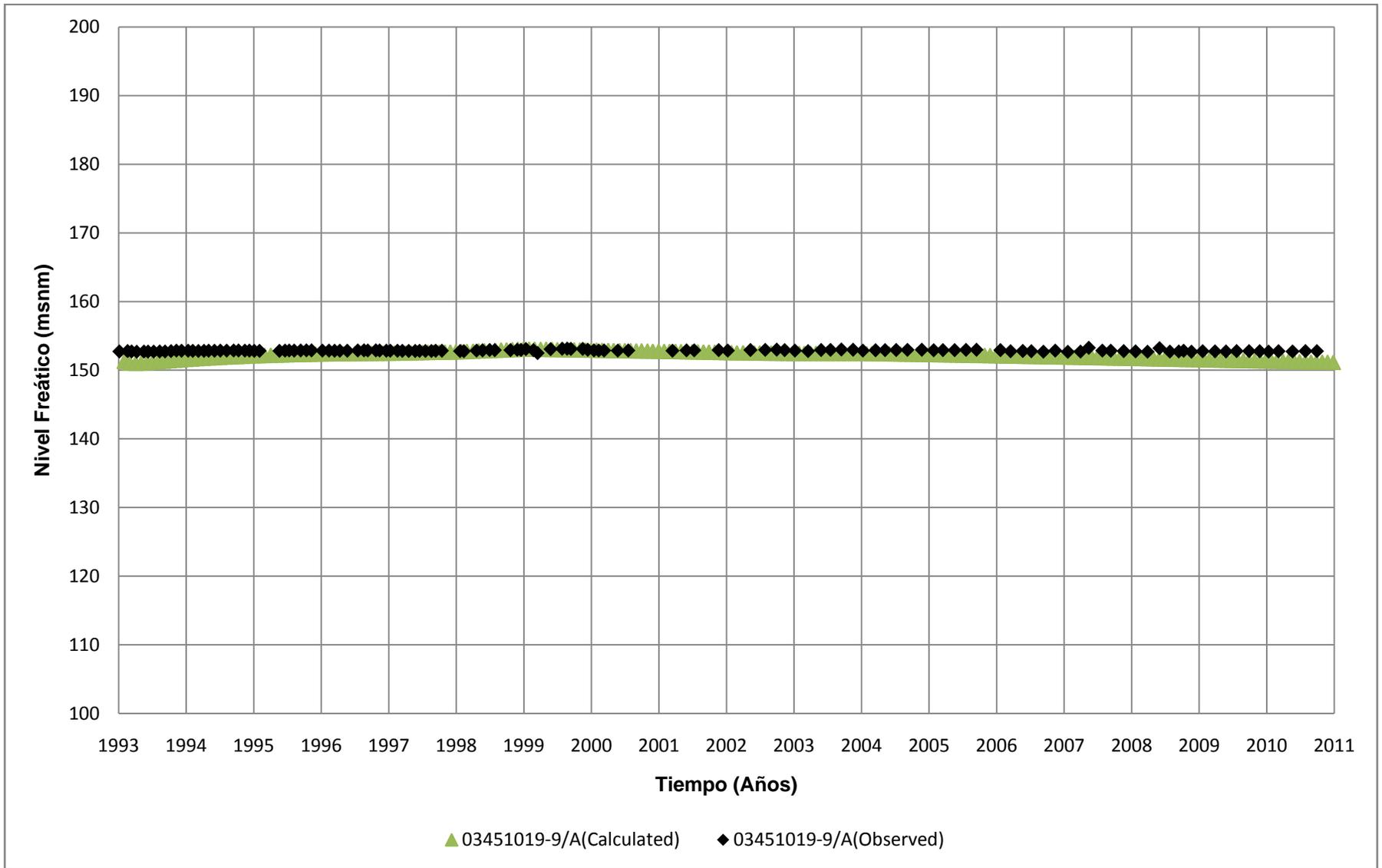


Figura 4.17
Niveles medidos y simulados en proceso de calibración (Sector 6b)
 Fuente: Elaboración Propia

Se observa un comportamiento similar en los niveles simulados para los Sectores 3a y 3b, presentando fuertes fluctuaciones a través de los años. El ajuste obtenido para la subdivisión alta del Sector 3, resulta satisfactorio para los datos medidos en los primeros años de la simulación. Por otro lado, la parte baja del Sector 3, presenta un muy buen ajuste para los datos de niveles entre los años 1998 y 2006.

Para el Sector 4, se puede observar dentro de la calibración una porción de los datos medidos sobre, y otros por debajo de los niveles simulados. Aún así, la tendencia entre ambos datos se mantiene, por ello se acepta la calibración en este sector.

Los niveles medidos para el Sector 5 presentan pequeñas oscilaciones que no se observan en los niveles simulados. A pesar de esto, los valores se ajustan de buena manera, encontrándose pequeñas diferencias de altura para los primeros años de modelación, y valores muy próximos para datos desde el año 2004.

En los Sectores 6a y 6b no se observan grandes variaciones en los niveles medidos y simulados, esto se puede deber al gran volumen que posee el acuífero en este sector. Ambas subdivisiones se ajustan de excelente manera en la modelación, salvo para los últimos años en el Sector 6a donde hay una caída en los niveles que se contrarrestan con los reales valores medidos en el pozo de monitoreo.

Por último, dentro del ANEXO D se presentan los niveles observados y calculados en los pozos de observación utilizados en el proceso de calibración. Éstos se encuentran ordenados desde mayor a menor altura.

4.5. Balance hídrico en modelo numérico

Una vez calibrado el modelo, se utiliza la herramienta Zone Budget para obtener los flujos de salida, entrada y almacenamiento del sistema acuífero, y por tanto el balance hídrico del sistema. La información resumida de los sectores acuíferos 3 al 6, además del balance hídrico total, se presentan en las Tabla 4.9 a Tabla 4.13 para el período entre los años 1993 y 2010.

Se observa en las tablas que las salidas de agua dentro del sistema acuífero son menores a las entradas en los sectores para los siguientes períodos.

- Sector 3 en los años 1993, 1998 y 2003
- Sector 4 en los años 1993 y 1998
- Sector 5 en los años 1998 y 2003
- Sector 6 en los años 1998 y 2003

En el Sector 6, no se tiene variación en el almacenamiento para el año 1997.

Para al acuífero total, se observan valores de recarga en el acuífero para los años 1998 y 2003, de igual manera como en los Sectores 5 y 6.

El esquema resumido del balance hídrico con valores promedio (1993 – 2010) entre La Puerta y Angostura en las Figura 4.18 y Figura 4.19, para (l/s) y ($Mm^3/año$).

Tabla 4.9
Balance hídrico en Sector 3

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	1.224	50	818	0	251	1.274	1.070	205
1994	1.028	50	1.207	0	235	1.078	1.442	-364
1995	974	50	1.300	0	224	1.024	1.523	-499
1996	898	50	1.391	0	249	948	1.640	-692
1997	1.107	50	955	0	249	1.157	1.204	-47
1998	1.553	50	464	0	261	1.603	724	878
1999	1.125	50	1.640	0	280	1.175	1.920	-744
2000	1.010	50	964	0	260	1.060	1.223	-164
2001	1.132	50	1.383	0	265	1.182	1.648	-466
2002	1.165	50	1.011	0	260	1.215	1.271	-56
2003	1.376	50	936	0	269	1.426	1.205	221
2004	1.080	50	1.300	0	265	1.130	1.565	-436
2005	1.074	50	1.530	0	256	1.124	1.785	-661
2006	1.011	50	1.496	0	269	1.061	1.764	-703
2007	967	50	1.622	0	252	1.017	1.875	-858
2008	989	50	1.513	0	236	1.039	1.749	-710
2009	927	50	1.427	0	220	977	1.647	-670
2010	865	50	1.504	0	198	915	1.701	-787

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.10
Balance hídrico en Sector 4

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	775	251	731	0	250	1.027	981	46
1994	724	235	873	0	262	959	1.135	-176
1995	713	224	1.013	0	260	937	1.274	-337
1996	652	249	1.083	0	262	901	1.345	-444
1997	777	249	863	0	266	1.025	1.129	-104
1998	1.014	261	438	0	274	1.274	712	562
1999	804	280	1.359	0	287	1.083	1.646	-562
2000	661	260	872	0	283	921	1.155	-234
2001	798	265	1.169	0	286	1.063	1.456	-392
2002	747	260	972	0	285	1.006	1.257	-251
2003	961	269	974	0	284	1.230	1.259	-28
2004	754	265	1.129	0	288	1.020	1.417	-398
2005	827	256	1.260	0	286	1.082	1.546	-464
2006	756	269	1.207	0	284	1.024	1.491	-467
2007	708	252	1.304	0	270	960	1.574	-614
2008	707	236	1.454	0	259	943	1.714	-771
2009	696	220	1.435	0	249	916	1.684	-768
2010	664	198	1.545	0	237	862	1.782	-920

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.11
Balance hídrico en Sector 5

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	320	250	688	0	216	569	903	-334
1994	195	262	781	0	188	458	969	-512
1995	224	260	783	0	170	484	953	-469
1996	157	262	824	0	154	419	977	-559
1997	465	266	691	0	152	731	843	-111
1998	939	274	416	0	174	1.213	590	624
1999	108	287	1.043	0	128	394	1.171	-777
2000	175	283	670	0	122	458	793	-335
2001	209	286	897	0	111	496	1.008	-512
2002	256	285	757	0	110	541	867	-326
2003	626	284	726	0	122	911	847	63
2004	150	288	872	0	99	439	971	-533
2005	254	286	968	0	95	540	1.063	-523
2006	191	284	925	0	84	475	1.009	-535
2007	205	270	976	0	76	475	1.052	-577
2008	114	259	899	0	64	373	964	-590
2009	176	249	854	0	61	425	915	-489
2010	162	237	896	0	81	399	976	-577

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.12
Balance hídrico en Sector 6

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	143	216	366	125	0	359	491	-132
1994	17	188	415	117	0	205	532	-327
1995	9	170	418	110	0	180	528	-348
1996	2	154	430	106	0	156	536	-380
1997	320	152	361	112	0	472	472	0
1998	805	174	217	136	0	979	353	625
1999	22	128	545	120	0	151	665	-514
2000	3	122	351	115	0	126	465	-340
2001	38	111	469	111	0	149	580	-431
2002	87	110	395	103	0	197	498	-301
2003	391	122	398	104	0	513	502	11
2004	22	99	456	100	0	122	556	-434
2005	38	95	505	96	0	133	601	-469
2006	20	84	484	94	0	104	577	-473
2007	12	76	522	90	0	88	613	-525
2008	7	64	484	88	0	71	572	-501
2009	2	61	456	85	0	63	541	-478
2010	5	81	577	83	0	86	660	-574

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.13
Balance hídrico entre La Puerta y Angostura

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Almacenamiento (l/s)
	Recargas	Flujos Subterráneos	Caudal Bombeo	Caudal Drenes	Flujos Subterráneos			
1993	2.463	50	2.603	125	0	2.513	2.728	-215
1994	1.964	50	3.277	117	0	2.014	3.394	-1.380
1995	1.921	50	3.513	110	0	1.971	3.624	-1.653
1996	1.709	50	3.728	106	0	1.759	3.834	-2.075
1997	2.669	50	2.870	112	0	2.719	2.982	-263
1998	4.310	50	1.535	136	0	4.360	1.671	2.689
1999	2.059	50	4.587	120	0	2.109	4.707	-2.598
2000	1.849	50	2.857	115	0	1.899	2.971	-1.072
2001	2.178	50	3.918	111	0	2.228	4.029	-1.802
2002	2.254	50	3.135	103	0	2.304	3.238	-934
2003	3.354	50	3.034	104	0	3.404	3.138	267
2004	2.007	50	3.757	100	0	2.057	3.857	-1.800
2005	2.193	50	4.263	96	0	2.243	4.359	-2.116
2006	1.977	50	4.111	94	0	2.027	4.205	-2.178
2007	1.892	50	4.424	90	0	1.942	4.515	-2.573
2008	1.817	50	4.351	88	0	1.867	4.438	-2.572
2009	1.801	50	4.171	85	0	1.851	4.257	-2.406
2010	1.696	50	4.521	83	0	1.746	4.604	-2.858

Fuente: Elaboración Propia

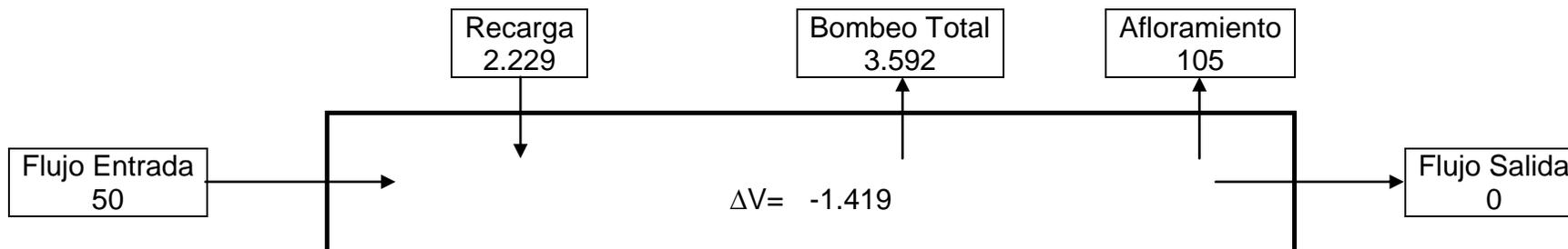


Figura 4.18
Esquema balance La Puerta – Angostura (l/s)
 Fuente: Elaboración Propia

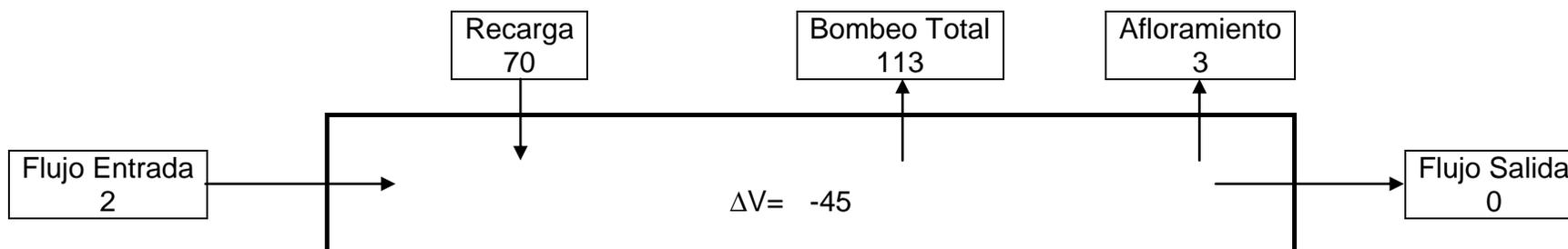


Figura 4.19
Esquema balance La Puerta – Angostura (Mm³/año)
 Fuente: Elaboración Propia

5. ESCENARIOS DE MODELACIÓN

5.1. Aspectos generales

Una vez calibrado el modelo de simulación hidrogeológica, se utiliza para la evaluación de distintos escenarios de extracción en los recursos de agua subterránea en la cuenca del río Copiapó. Gracias a esto, se obtiene el balance hídrico en los distintos sectores en estudio y los niveles calculados en los pozos de observación, lo que permite evaluar las consecuencias de los cambios en los parámetros de operación.

Los escenarios futuros analizados permiten estudiar los impactos producidos sobre los niveles de agua y caudales de aguas subterráneas en la zona, producto de las actividades de la minería y producción de agua potable. Los escenarios a modelar son:

- Escenario 0, representa la situación de explotación de riego proyectada por DICTUC (2010), y agua potable actual sostenida en el tiempo para el período entre 2011 y 2030.
- Escenario 1, representa la utilización de los derechos de agua subterránea de la minera Caserones y utilización de los pozos de bombeo correspondientes al abastecimiento de agua potable.
- Escenario 2, representa la utilización de los derechos de agua subterránea de la minera Caserones y eliminación de los pozos de bombeo correspondientes al abastecimiento de agua potable.
- Escenario 3, representa la eliminación de los derechos de agua subterránea de la minera Caserones y eliminación de los pozos de bombeo correspondientes al abastecimiento de agua potable.

5.2. Escenario 0

Para poder constatar los niveles simulados en los diferentes escenarios de extracción futuros, se genera el escenario base, el que representa la situación de explotación proyectada en el tiempo para el período entre los años 2011 y 2030.

Para simular las extracciones artificiales de aguas subterráneas de este escenario, se incorporan las tasas de bombeos para el riego y otros usos, proyectadas por DICTUC (2010) para los años 2011 a 2030, mientras que los bombeos producidos por la empresa sanitaria corresponde a información actualizada en el presente trabajo hasta el año 2012 y luego sostenida para el período 2013 y 2030.

La recarga introducida corresponde a la obtenida del programa AQUATOOL por DICTUC (2010) para los años 1977 a 2006, incorporándola al escenario base para los años 2011 a 2030.

Entre las Figura 5.1 y Figura 5.6, se muestran los niveles simulados en el Escenario 0, para un pozo de monitoreo representativo de cada sector del acuífero.

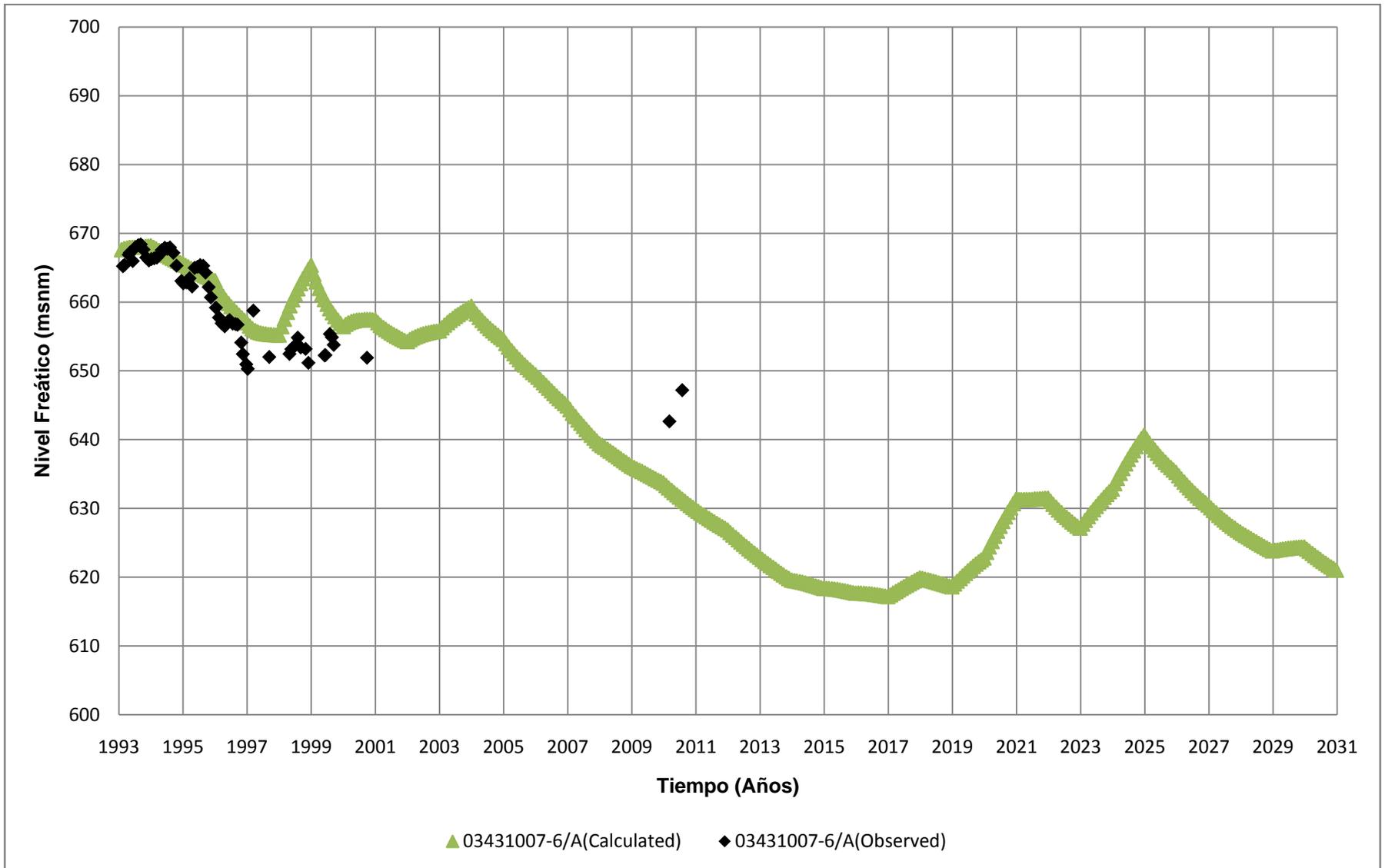


Figura 5.1
Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 3a)
 Fuente: Elaboración Propia

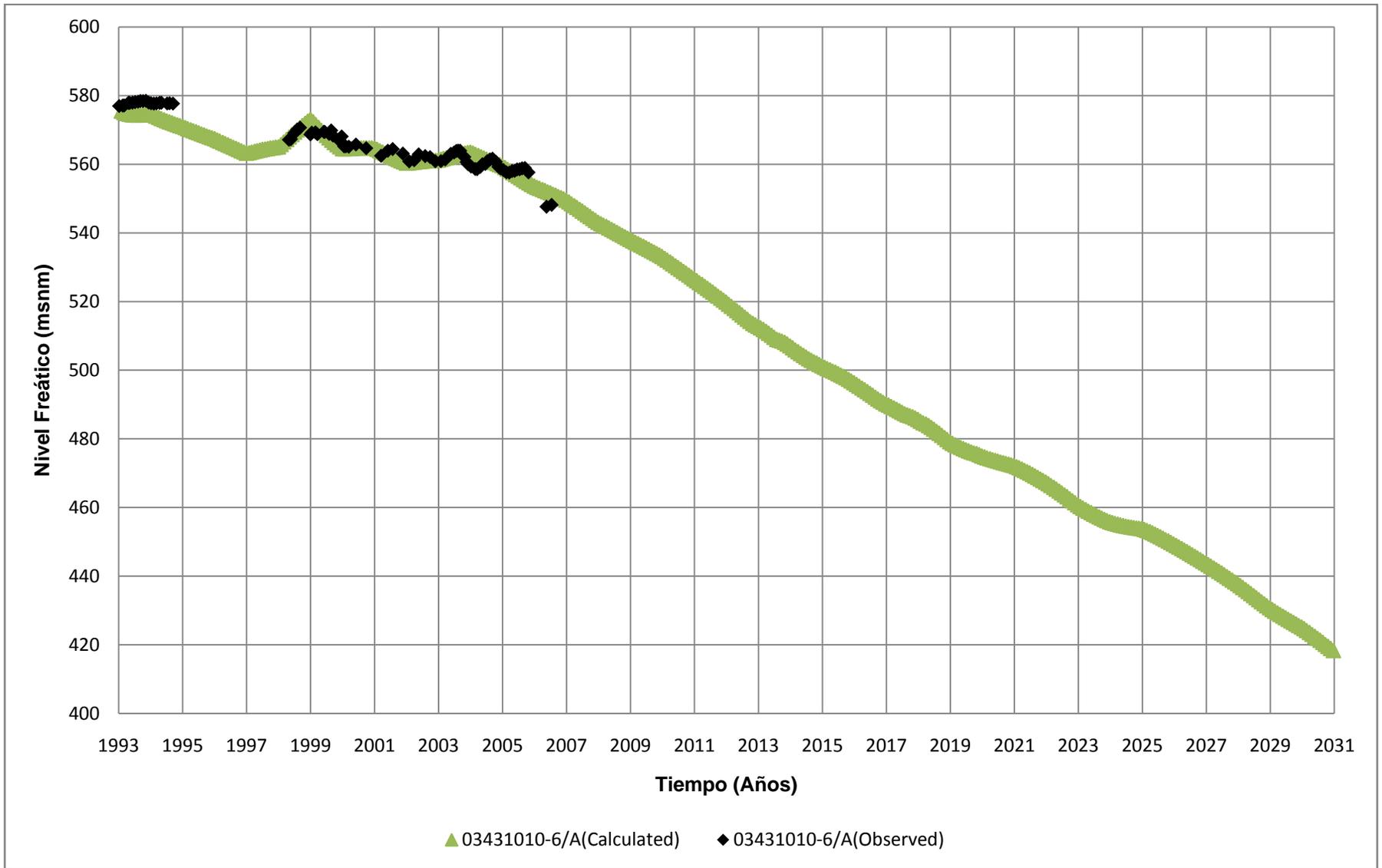


Figura 5.2
Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 3b)
 Fuente: Elaboración Propia

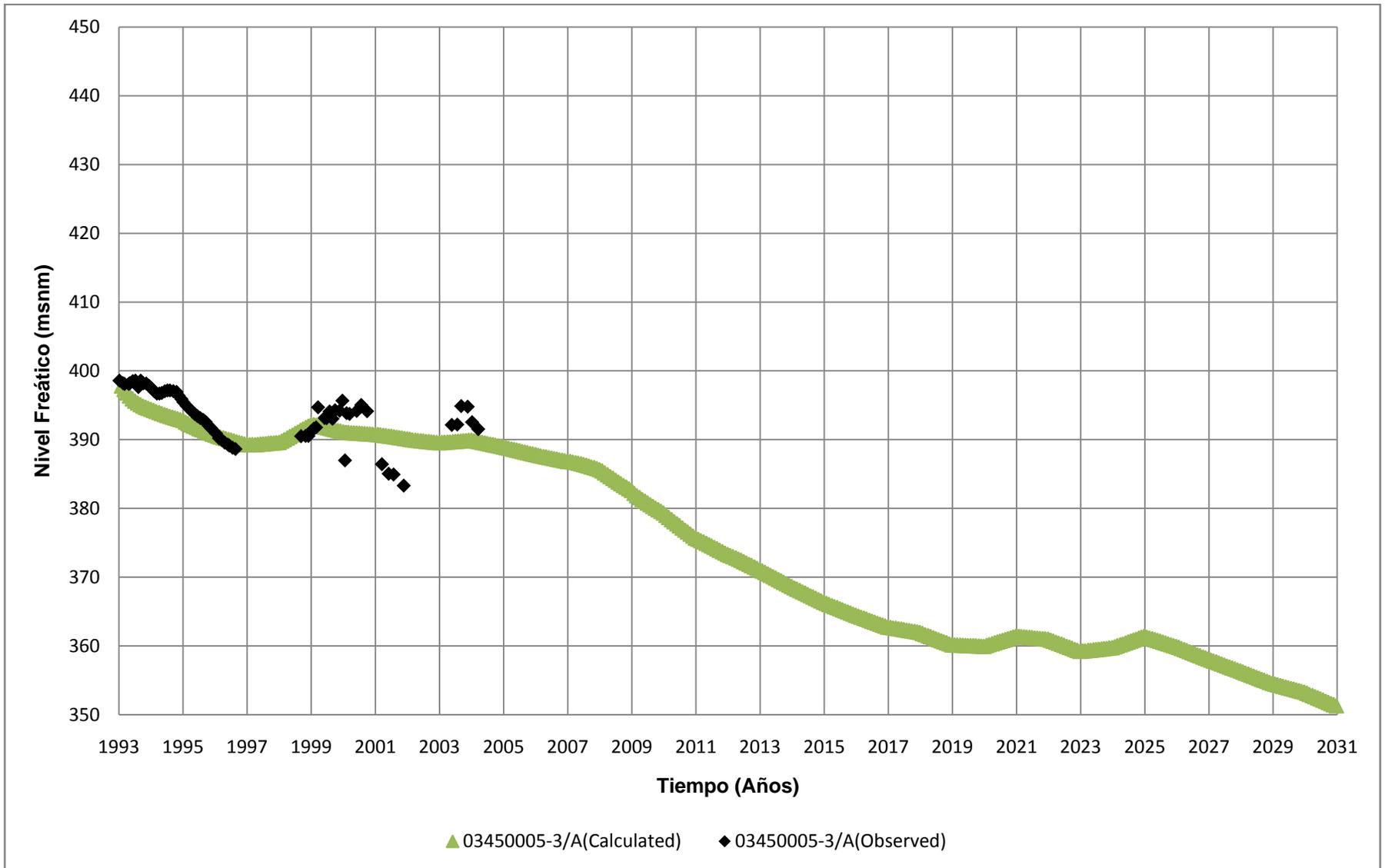


Figura 5.3
Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 4)
 Fuente: Elaboración Propia

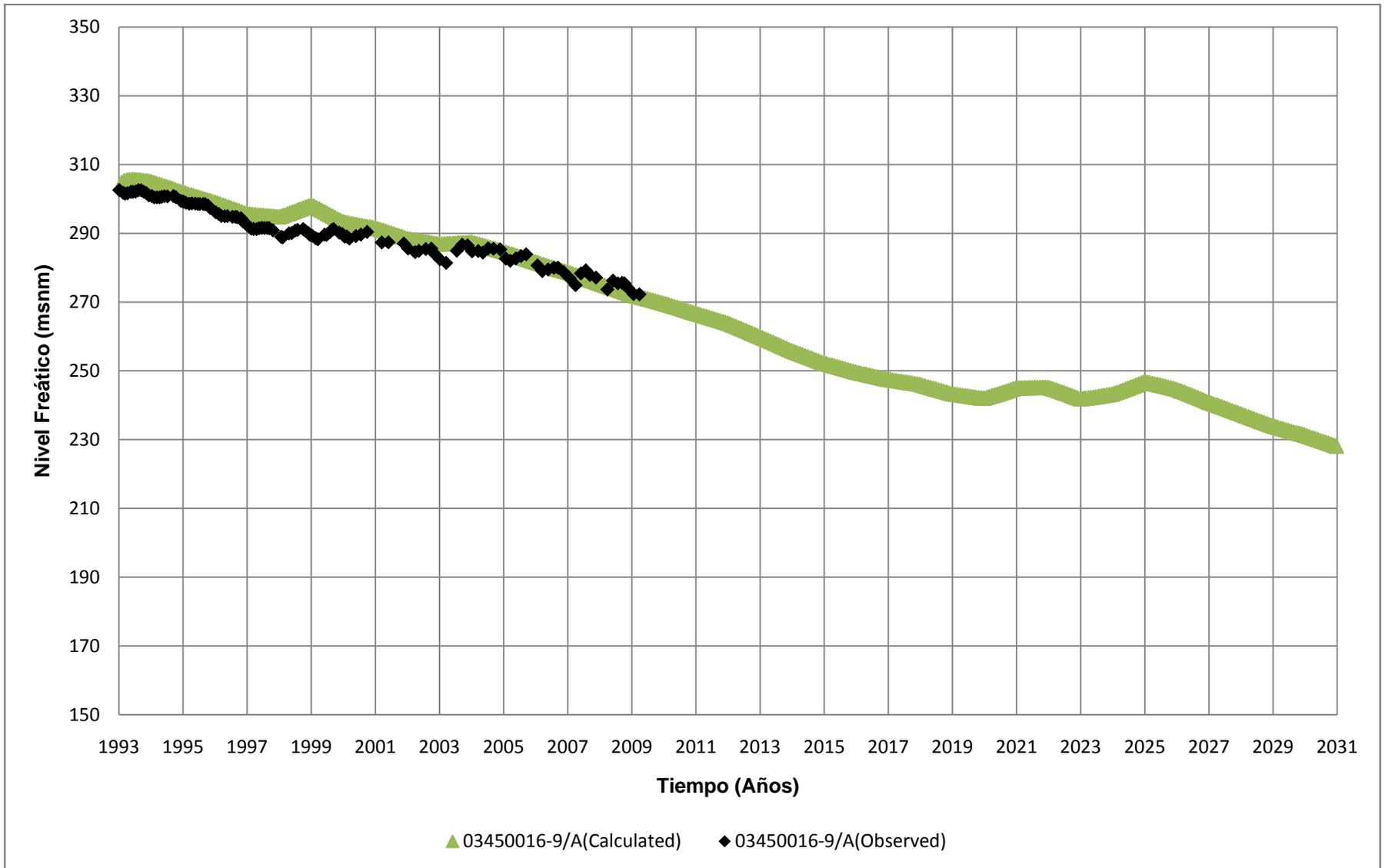


Figura 5.4
Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 5)
 Fuente: Elaboración Propia

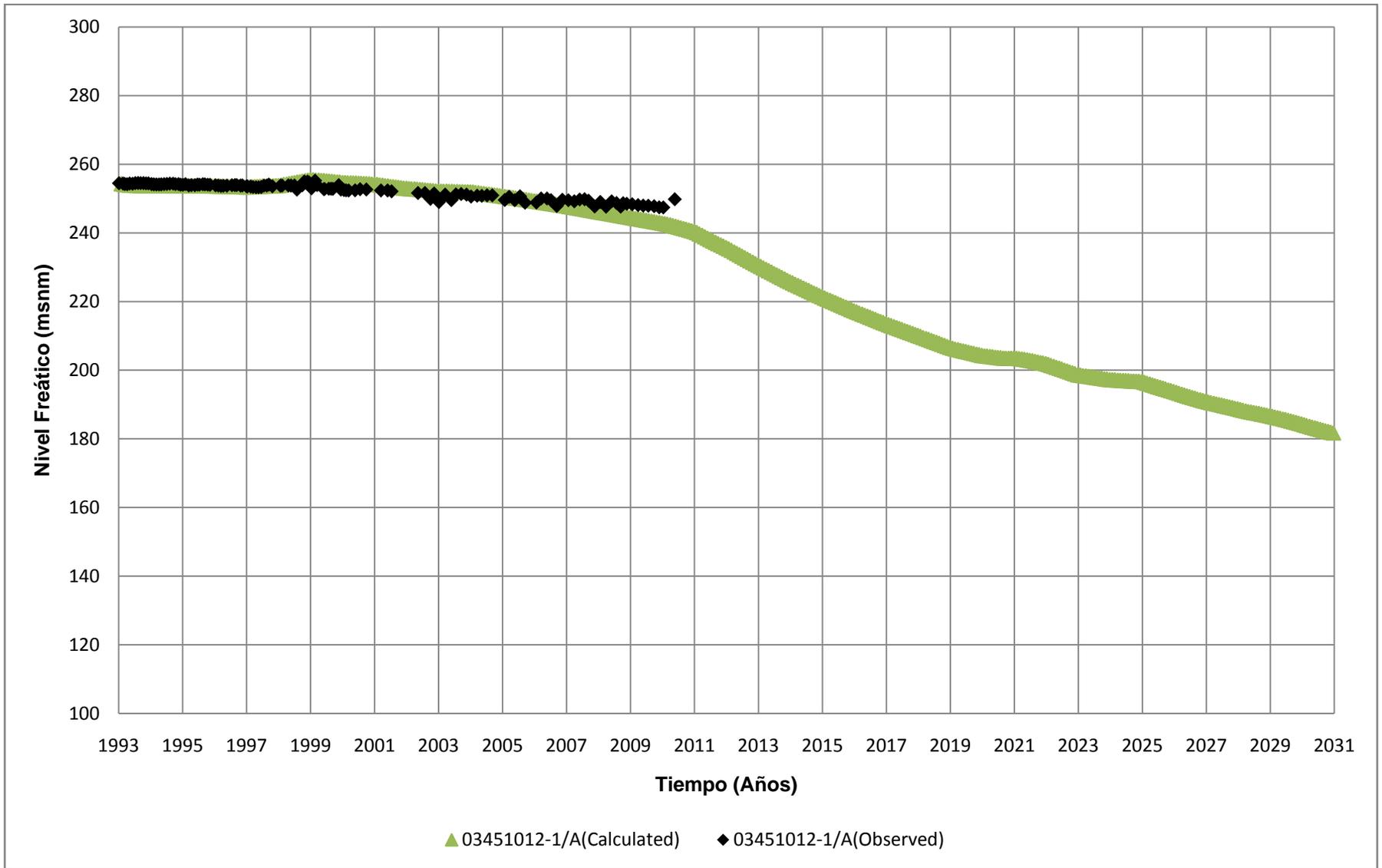


Figura 5.5
Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 6a)
 Fuente: Elaboración Propia

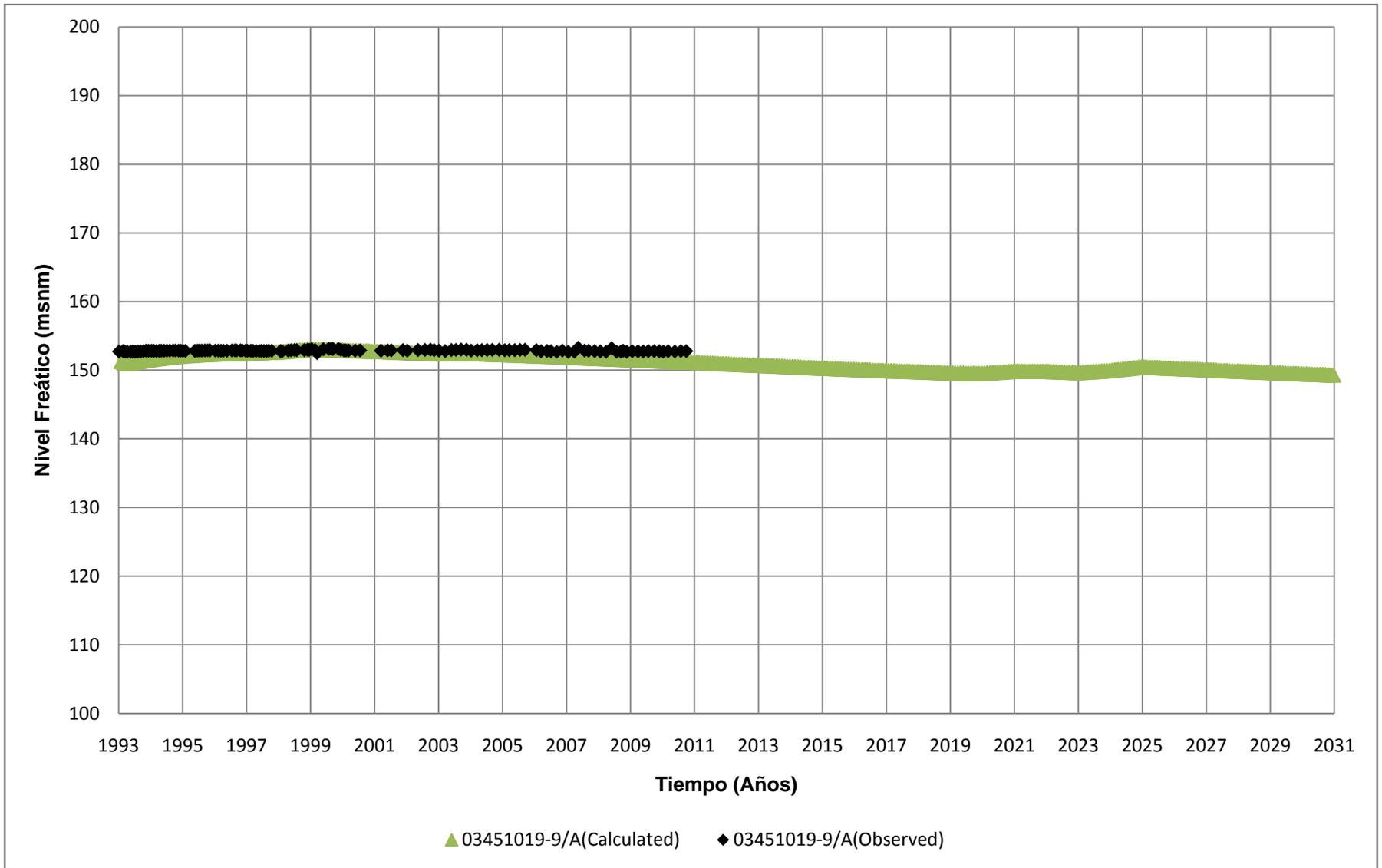


Figura 5.6
Niveles medidos y simulados en Escenario 0 (Sector 6b)
 Fuente: Elaboración Propia

Para el sector más alto del modelo, se puede observar una oscilación importante en el nivel freático para el Escenario 0. Esto puede ser debido a la baja capacidad de almacenamiento que el acuífero posee en este tramo.

En los Sectores 3b, 4 y 5, los pozos mantienen la misma tendencia a profundizar sus niveles, como se produce en los últimos años del proceso de calibración. Para los últimos sectores, se observan pequeñas recargas en el acuífero para los años 2021 y 2025, atribuible a que se esperan importantes precipitación en esas fechas.

En el Sector 6a, se observa una importante caída en los niveles desde el año 2011, contradiciéndose con la baja variabilidad presentada en el proceso de calibración. La razón de esta incongruencia es que, a partir del año 2011, los bombeos realizados por los pozos de Piedra Colgada destinados a la producción de agua potable, sostienen sus bombeos de 300 l/s aproximados, invariables hasta el año 2030

Para el sector bajo de la cuenca, no se aprecian importantes variaciones en los niveles, debido a la gran capacidad de almacenamiento que posee el acuífero en este sector.

En el ANEXO E se presentan los niveles simulados en el Escenario 0 de todos los pozos de observación utilizados en la calibración del modelo, y los balances hídricos en los sectores administrativos del acuífero.

5.3. Escenario 1

Representa la utilización de los derechos de agua subterránea de la minera Caserones, los cuales se encuentran ubicados en el sector alto de la cuenca del río Copiapó. La minera Caserones cuenta con derechos de aguas subterráneas del orden de 1000 l/s, de los cuales requiere el uso de 580 l/s para sus operaciones. De los 580 l/s mencionados, 200 l/s corresponden a derechos de agua subterránea que anteriormente eran utilizados para riego.

En este escenario se representa la utilización de los derechos de agua subterránea de la minera Caserones en el sector alto de la cuenca, a través de la disminución en la recarga en el sector bajo. Así, la explotación de los derechos se aprecia como un menor flujo subterráneo pasante desde el sector alto al bajo de la cuenca.

Las extracciones artificiales incorporadas en este escenario corresponden a las tasas de bombeo y otros usos, proyectadas por DICTUC (2010) para los años 2011 a 2030 y los bombeos de la empresa sanitaria correspondiente a información actualizada en el presente trabajo hasta el año 2012 y sostenida para el período 2013 y 2030.

La recarga corresponde a valores obtenidos por el programa AQUATOOL por DICTUC (2010) para el período comprendido entre los años 2011 y 2030, a los que se le restaron 380 l/s de manera de incorporar la utilización de los derechos de agua subterránea de la minera Caserones, traducida en una pérdida en la recarga.

Entre las Figura 5.7 y Figura 5.12, se muestran los niveles simulados en el Escenario 1, para un pozo de monitoreo representativo de cada sector del acuífero.

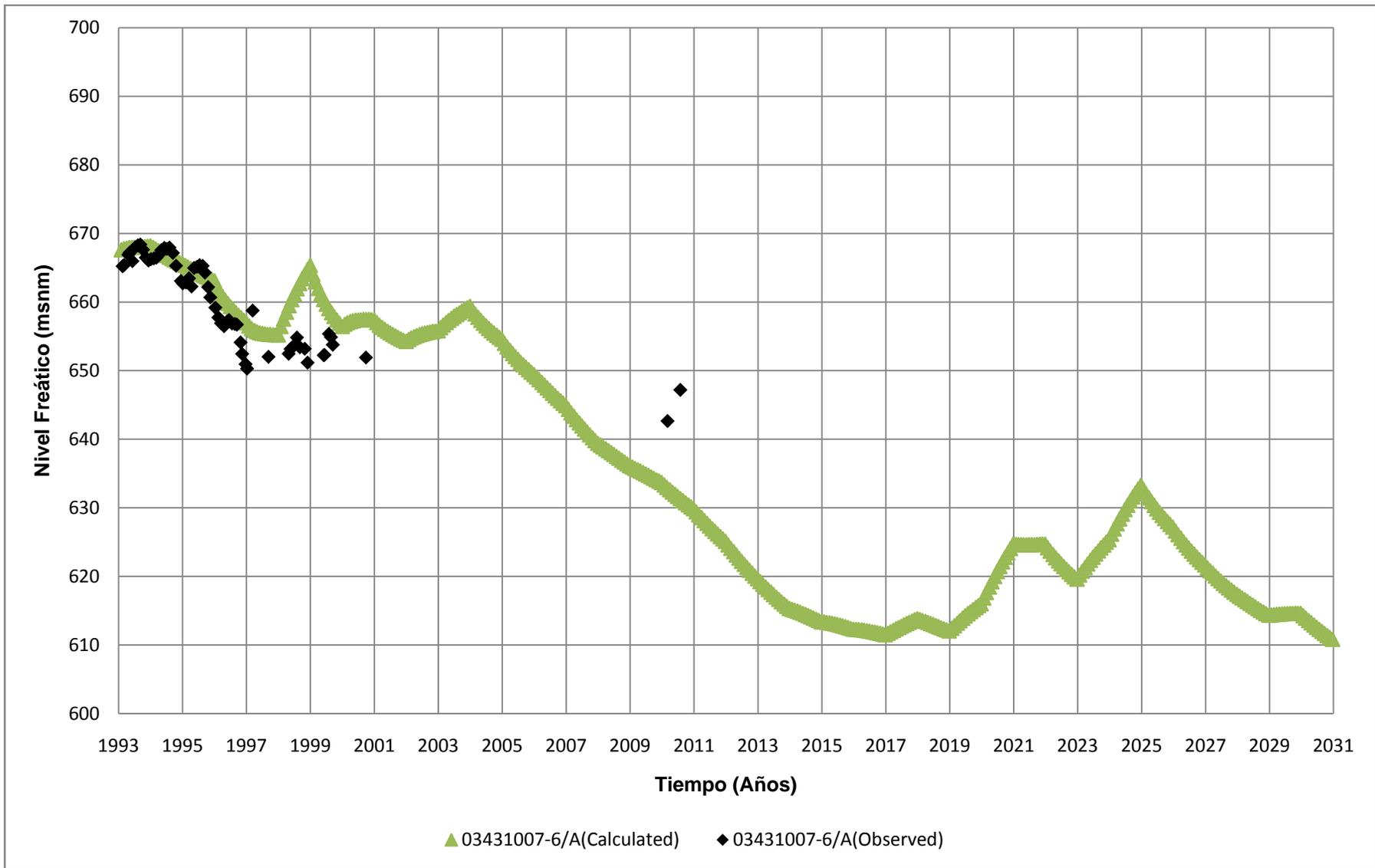


Figura 5.7
Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 3a)
 Fuente: Elaboración Propia

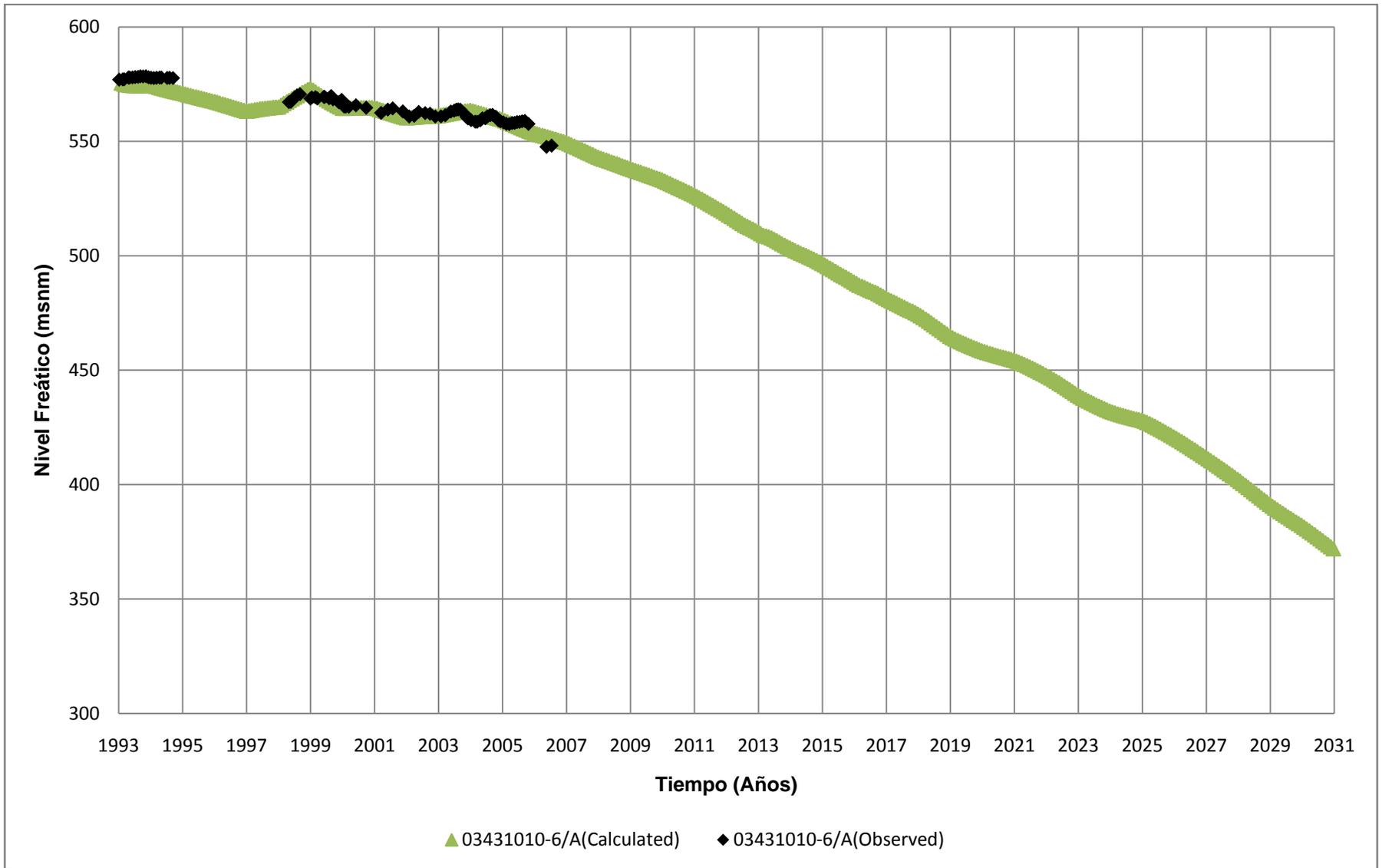


Figura 5.8
Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 3b)
 Fuente: Elaboración Propia

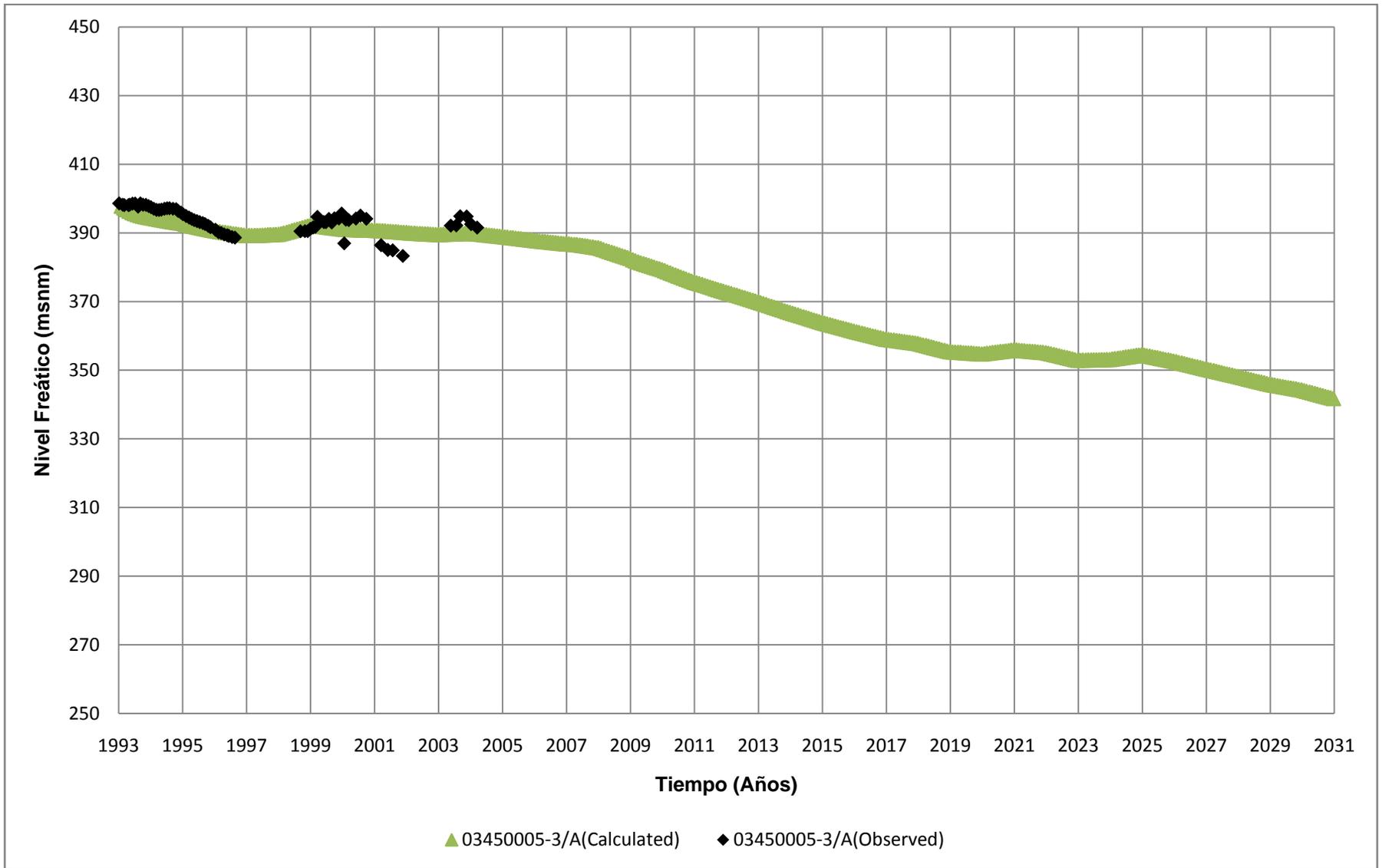


Figura 5.9
Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 4)
 Fuente: Elaboración Propia

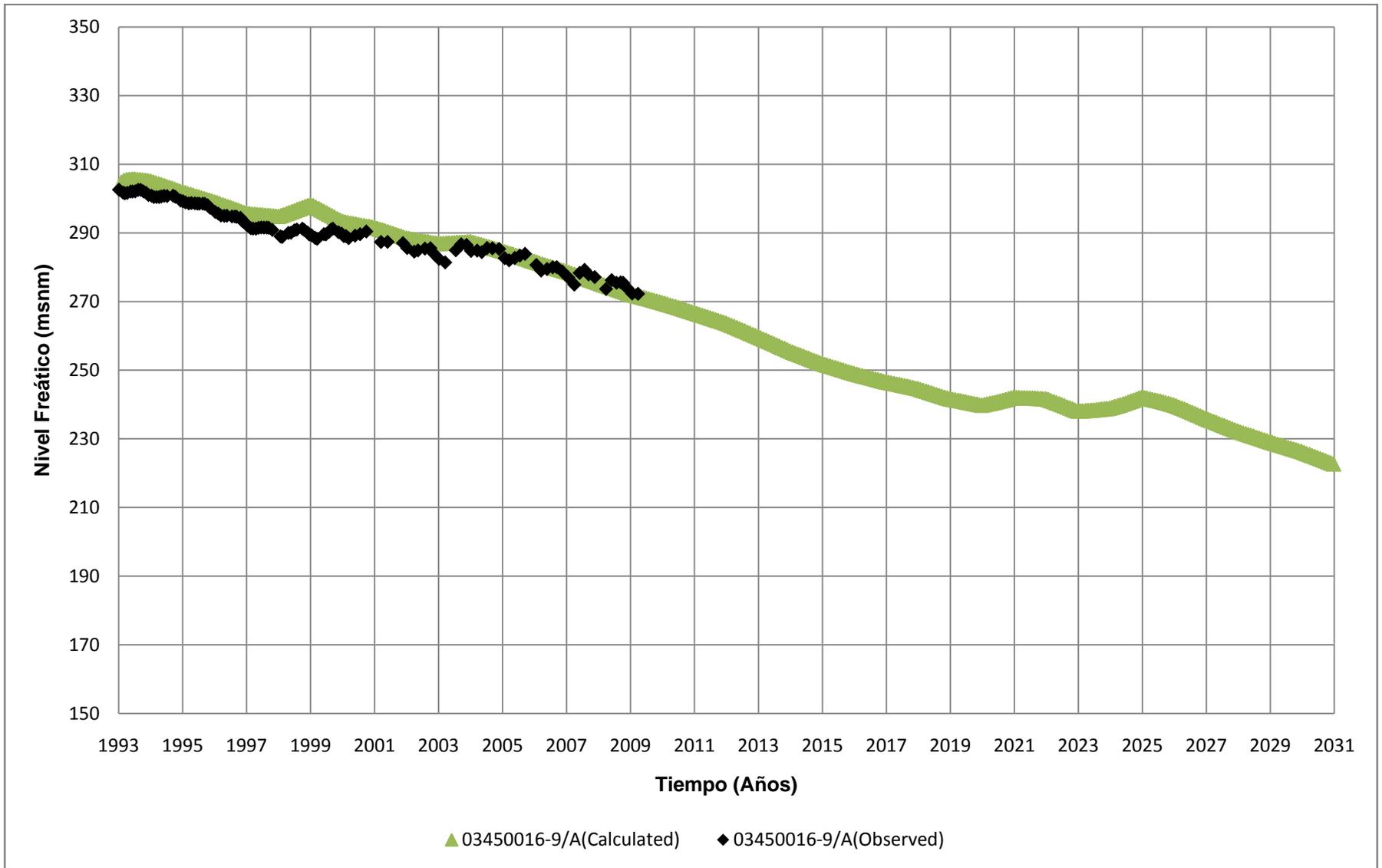


Figura 5.10
Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 5)
 Fuente: Elaboración Propia

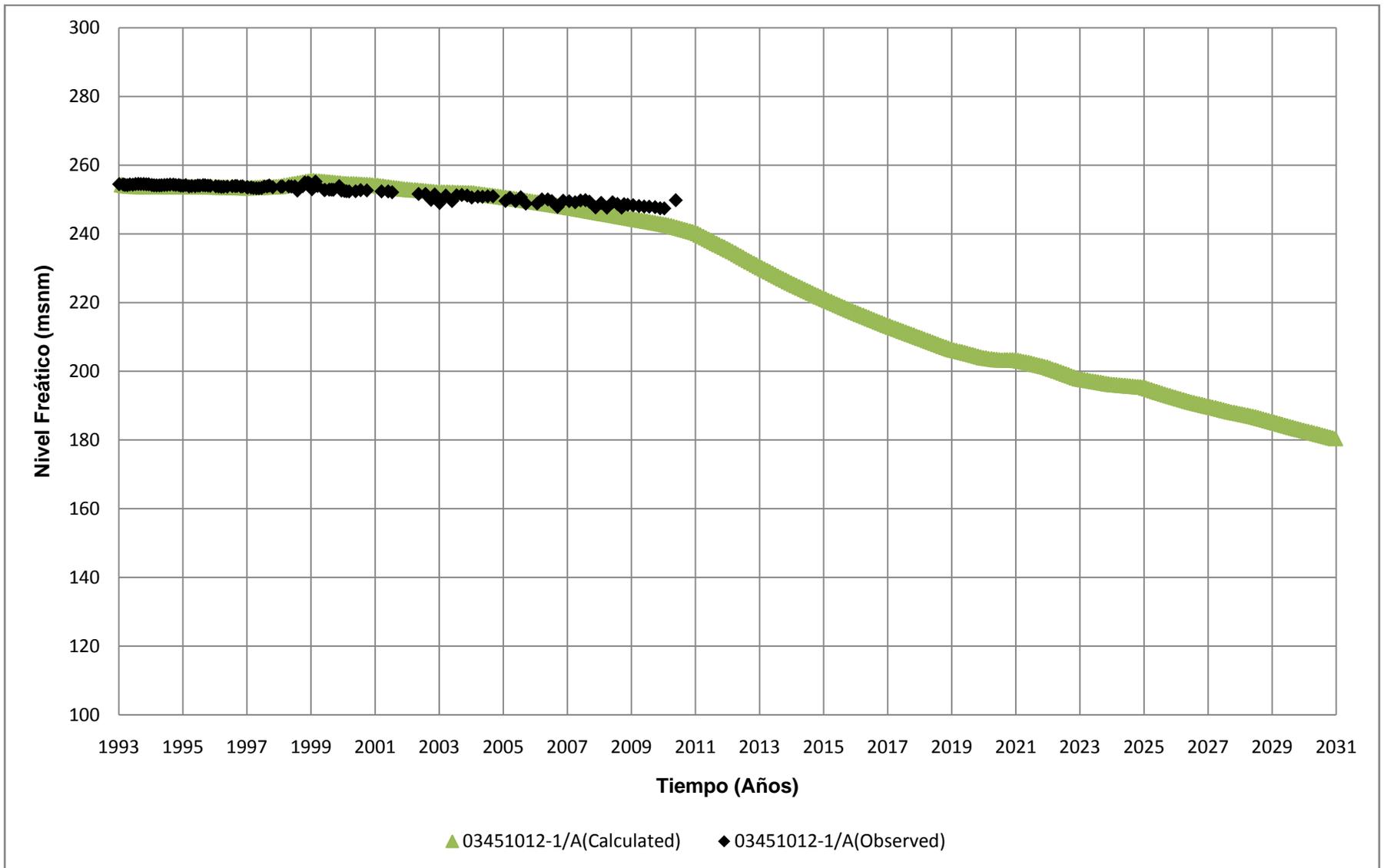


Figura 5.11
Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 6a)
 Fuente: Elaboración Propia

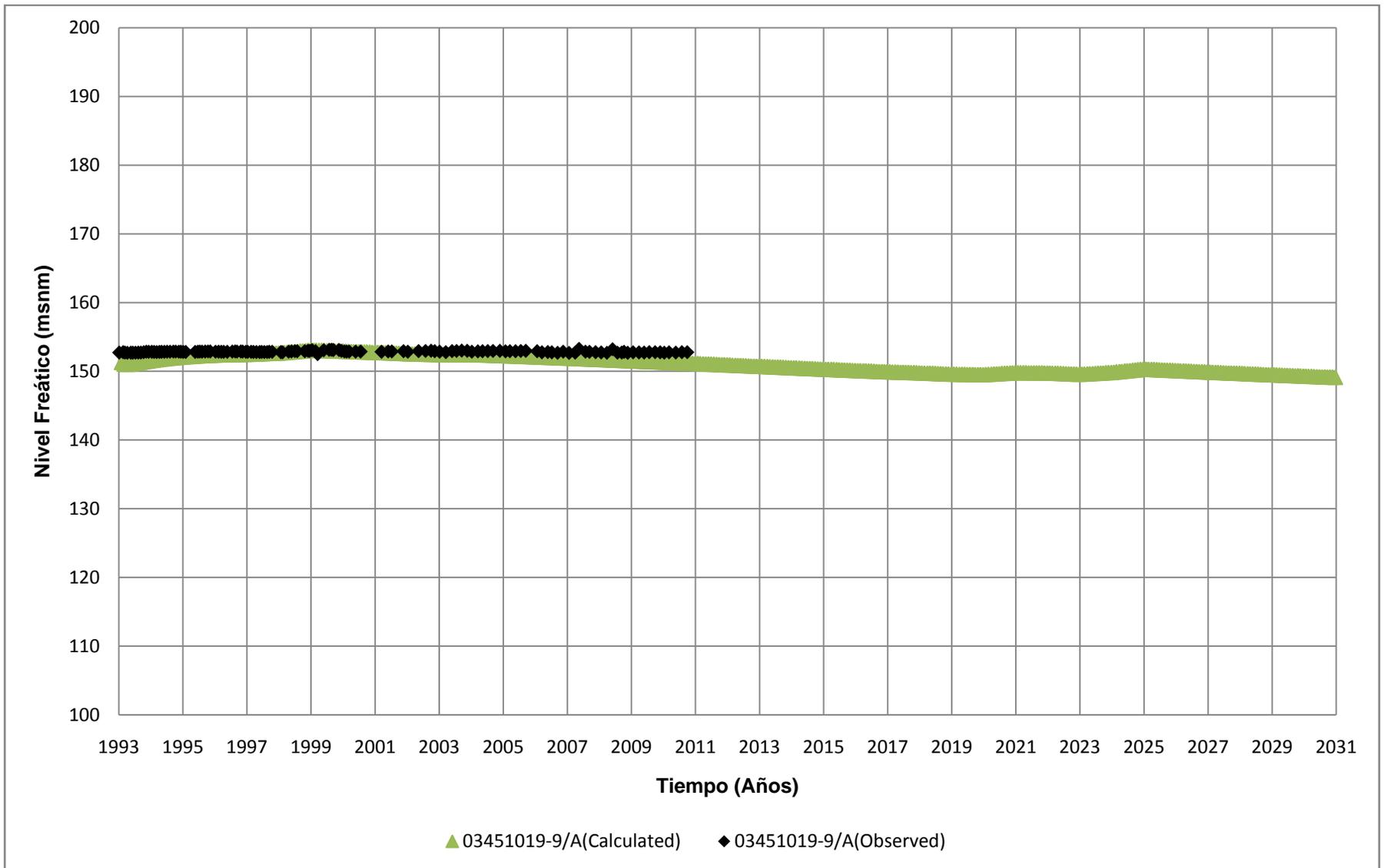


Figura 5.12
Niveles medidos y simulados en Escenario 1 (Sector 6b)
 Fuente: Elaboración Propia

Lo que diferencia los Escenario 1 y Escenario 0, es la adición del proyecto Caserones en el último, lo que se traduce en una disminución en el valor de recarga para los sectores del acuífero. Por esto, el efecto general producido en los niveles, es un mayor descenso para el período de los años 2011 al 2030.

El mayor descenso en el acuífero se producen en el Sector 3b, presentando un descenso acumulado de más de 40 metros al final del año 2030.

En los Sectores 3a, 4 y 5, no se tiene un efecto muy grave, encontrándose diferencias de no más de 10 metros en comparación a los niveles en los mismo sectores para el Escenario 0.

La diferencia de niveles en el Sector 6 para los Escenarios 0 y 1, es mínima en el sector alto e imperceptible en el bajo, producto de los volúmenes que éstos poseen.

En el ANEXO F se presentan los niveles simulados en el Escenario 1 de todos los pozos de observación utilizados en la calibración del modelo, y los balances hídricos en los sectores administrativos del acuífero.

5.4. Escenario 2

Corresponde al escenario de utilización de los derechos de aguas subterráneas de la minera Caserones y la eliminación de los pozos de bombeo correspondientes a la empresa productora de agua potable, en todos los sectores del acuífero del río Copiapó.

El efecto de la utilización de los derechos de agua subterránea de la minera Caserones en el sector alto de la cuenca, se incorpora como una pérdida en la recarga en todos los sectores del modelo, debido al menor flujo subterráneo pasante entre el sector alto y bajo de la cuenca.

Las extracciones artificiales incorporadas en este escenario corresponden a las tasas de bombeo y otros usos, proyectadas por DICTUC (2010) para los años 2011 a 2030 y se eliminan los pozos de bombeo correspondientes a la empresa sanitaria responsable del abastecimiento de agua potable en el sector bajo de la cuenca.

La recarga utilizada corresponde a la obtenida en el Escenario 1, en el cual se restan 380 l/s, correspondiente al uso de aguas por parte de la minera Candelaria, a los valores de recarga obtenidos mediante el programa AQUATOOL por DICTUC (2010) para el período comprendido entre los años 2011 y 2030.

Entre las Figura 5.13 y Figura 5.18, se muestran los niveles simulados en el Escenario 2, para un pozo de monitoreo representativo de cada sector del acuífero.

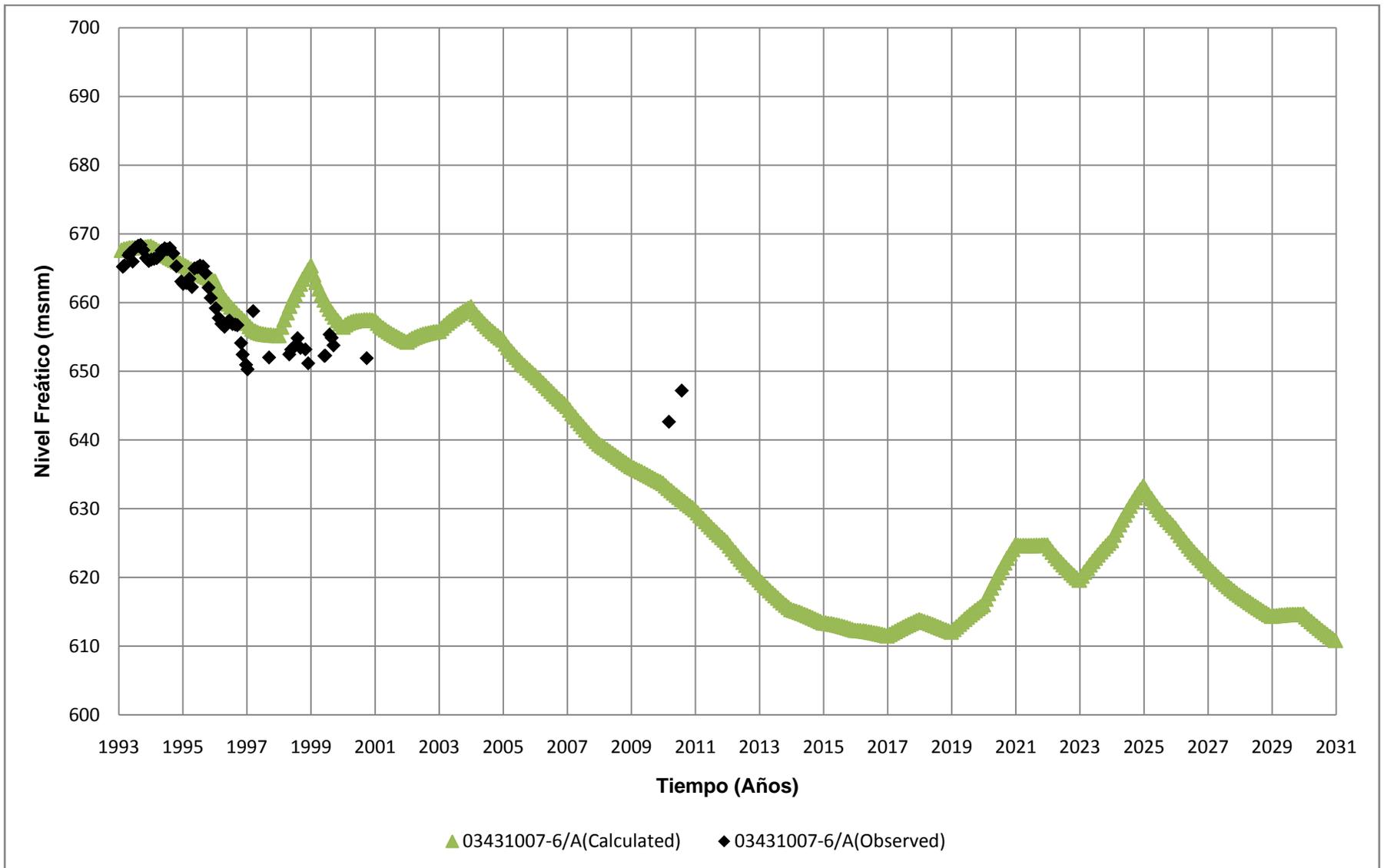


Figura 5.13
Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 3a)
 Fuente: Elaboración Propia

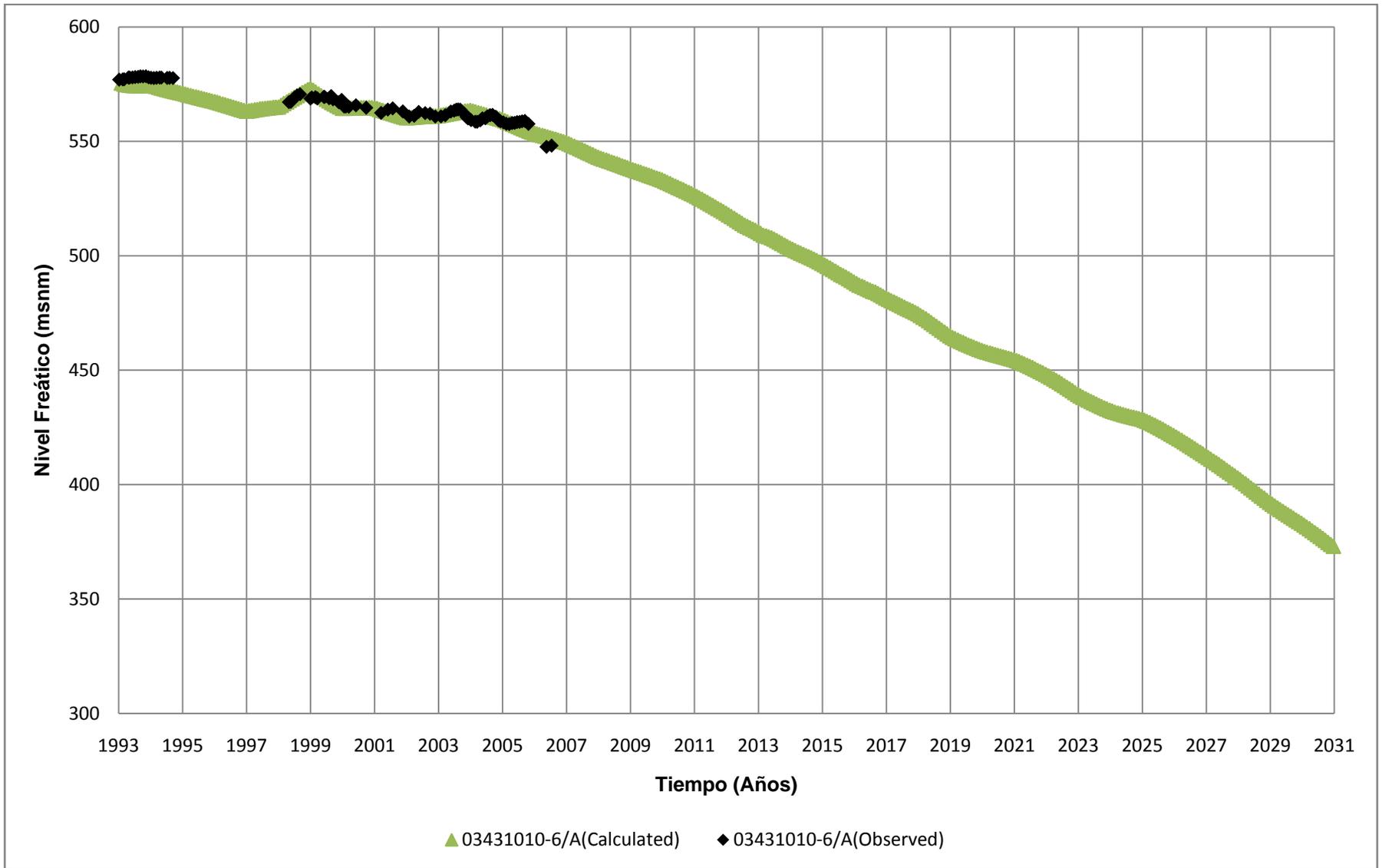


Figura 5.14
Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 3b)
 Fuente: Elaboración Propia

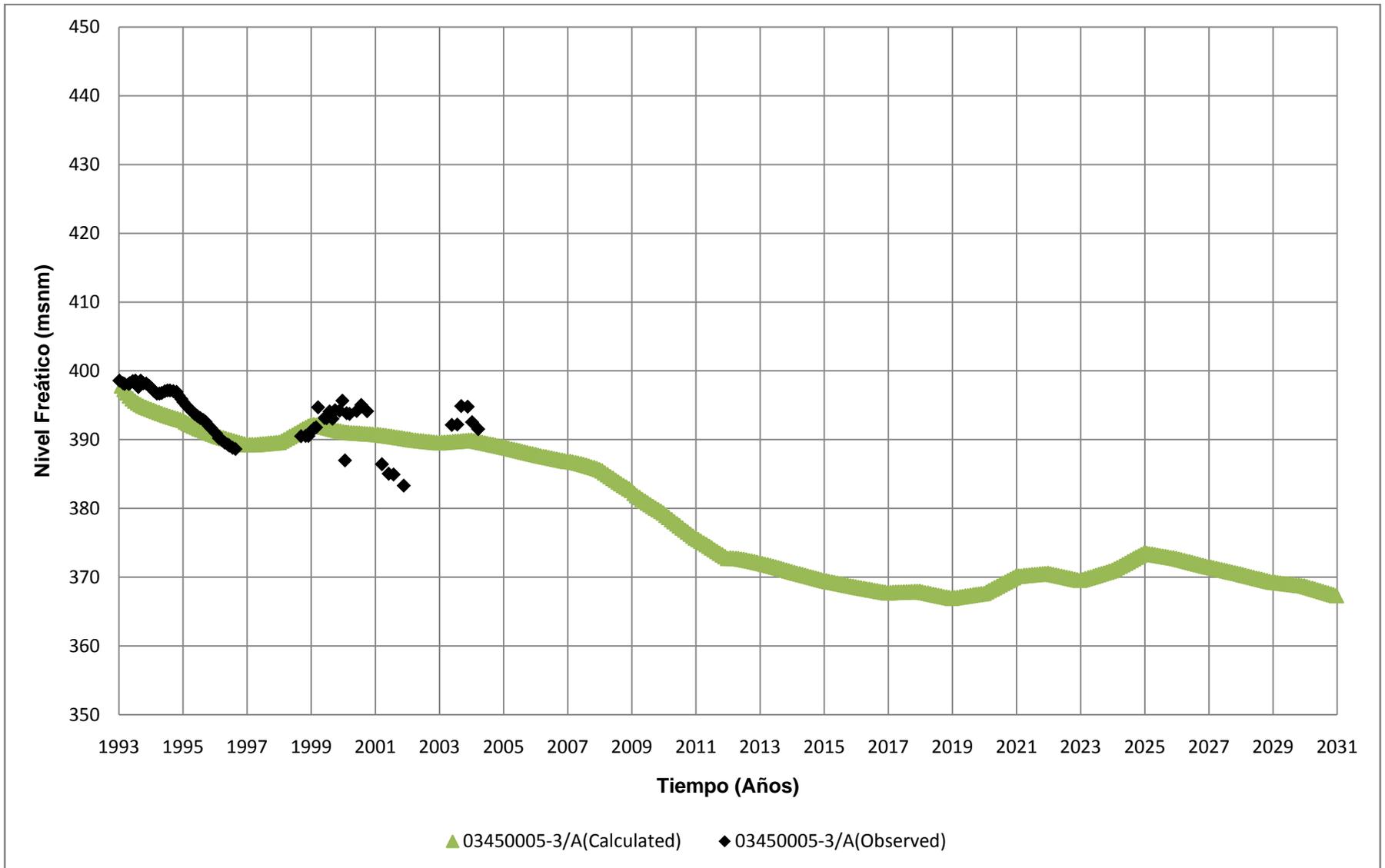


Figura 5.15
Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 4)
 Fuente: Elaboración Propia

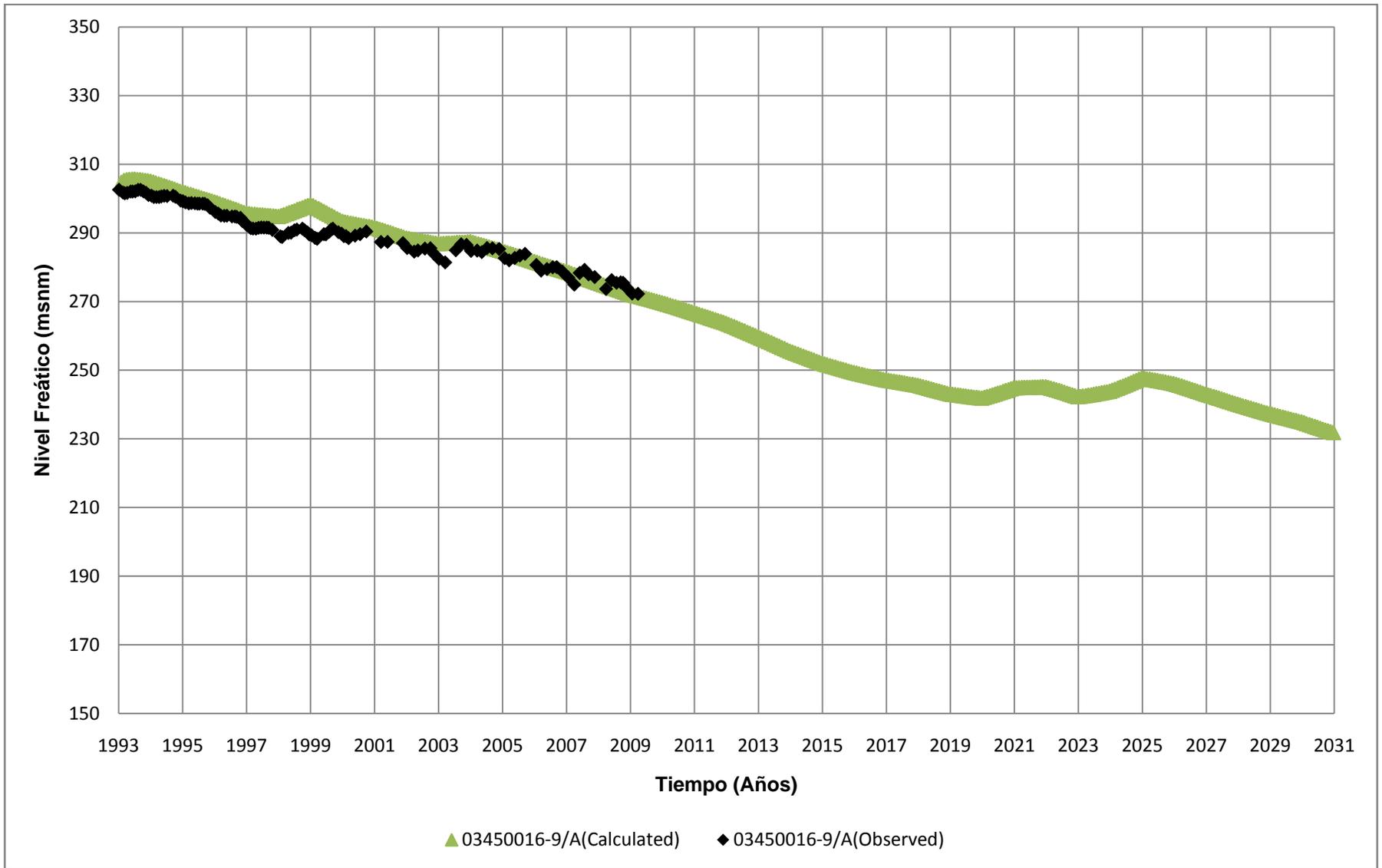


Figura 5.16
Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 5)
 Fuente: Elaboración Propia

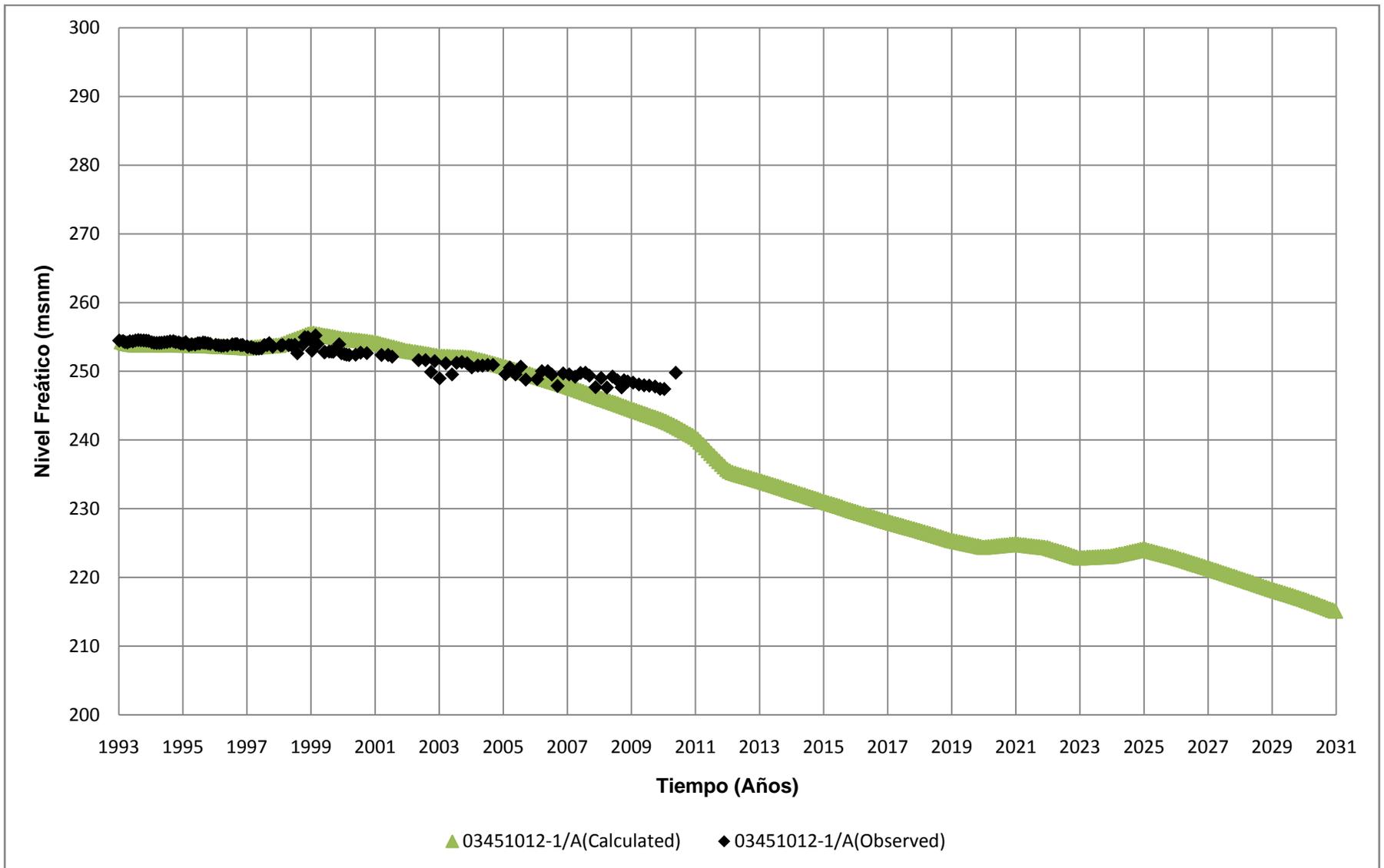


Figura 5.17
Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 6a)
 Fuente: Elaboración Propia

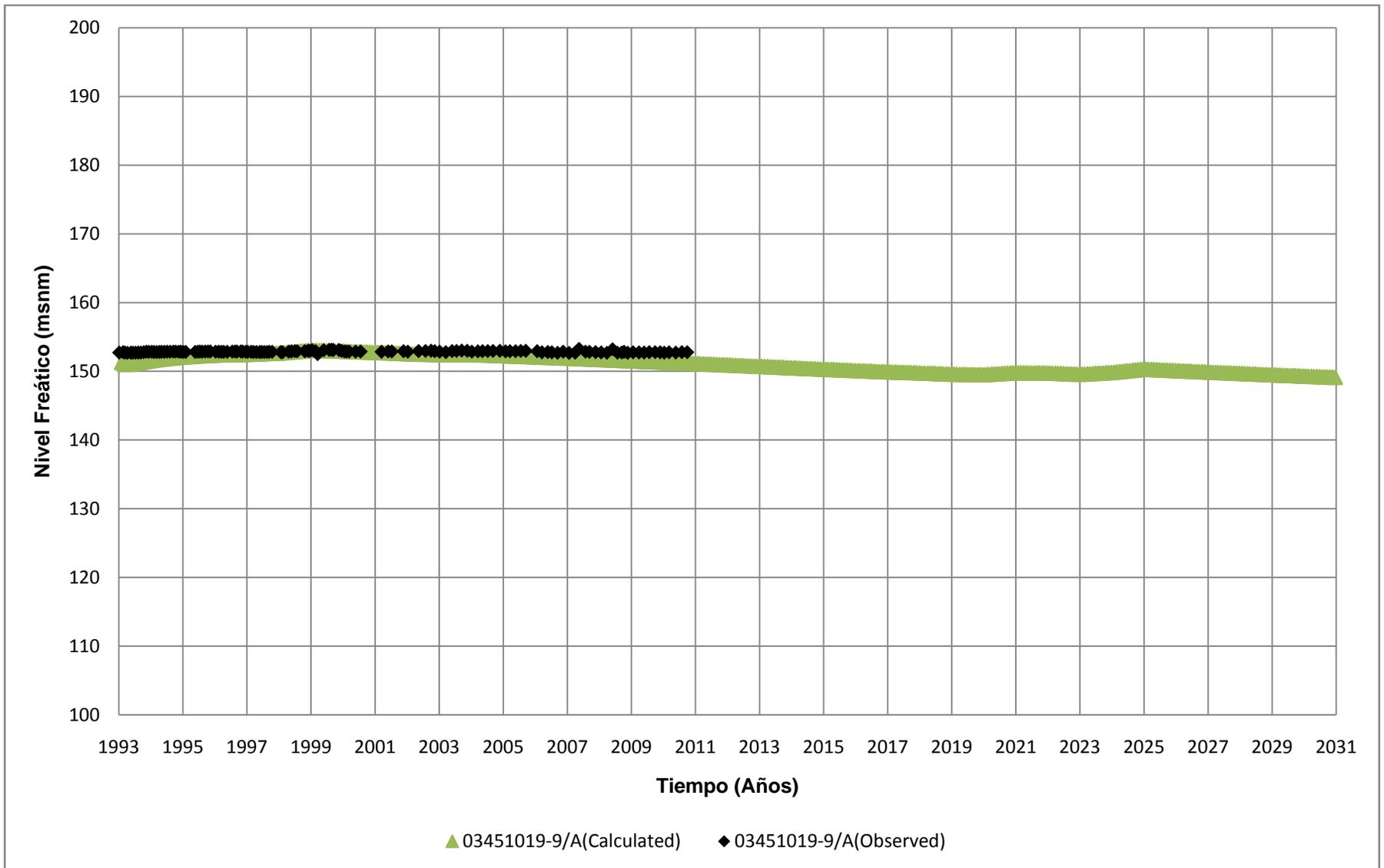


Figura 5.18
Niveles medidos y simulados en Escenario 2 (Sector 6b)
 Fuente: Elaboración Propia

El Escenario 2, corresponde a la adición del proyecto Caserones en el Escenario 0, lo que afecta directamente la recarga en el acuífero del valle, y la eliminación de los pozos destinados a la producción de agua potable, localizados en los Sectores 4 y 6a.

Para el Sector 3, se observan mayores descensos en comparación con el Escenario 0, mostrando una diferencia no mayor a 10 metros en la parte alta, y una diferencia máxima de aproximadamente 40 metros en la parte baja.

En los Sectores 4 y 6a, en los cuales se concentran los pozos de bombeo, se tiene importantes ascensos en el nivel freático, presentando una diferencia de hasta 20 metros en el primero, y hasta el doble para el segundo.

El Sector 5 muestra un leve ascenso en el nivel de su agua, al encontrarse entre los Sectores 4 y 6a, encargados de la producción del agua potable para la población de la cuenca, mientras que en el Sector 6b el efecto en la napa es imperceptible debido al volumen que éste presenta.

En el ANEXO G se presentan los niveles simulados en el Escenario 2 de todos los pozos de observación utilizados en la calibración del modelo, y los balances hídricos en los sectores administrativos del acuífero.

5.5. Escenario 3

Corresponde a la eliminación de los pozos de bombeo asociados al abastecimiento del agua potable en el acuífero del río Copiapó. A diferencia del Escenario 2, no se considera el uso de los derechos de agua subterránea de la minera Caserones.

Las extracciones artificiales incorporadas en este escenario corresponden a las tasas de bombeo y otros usos, proyectadas por DICTUC (2010) para los años 2011 a 2030 y se eliminan los pozos de bombeo utilizados para el abastecimiento de agua potable en el sector bajo de la cuenca.

La recarga introducida corresponde a la obtenida del programa AQUATOOL por DICTUC (2010) para los años 1977 a 2006, incorporándola al escenario 3 para los años 2011 a 2030.

Entre las Figura 5.19 y Figura 5.24, se muestran los niveles simulados en el Escenario 3, para un pozo de monitoreo representativo de cada sector del acuífero.

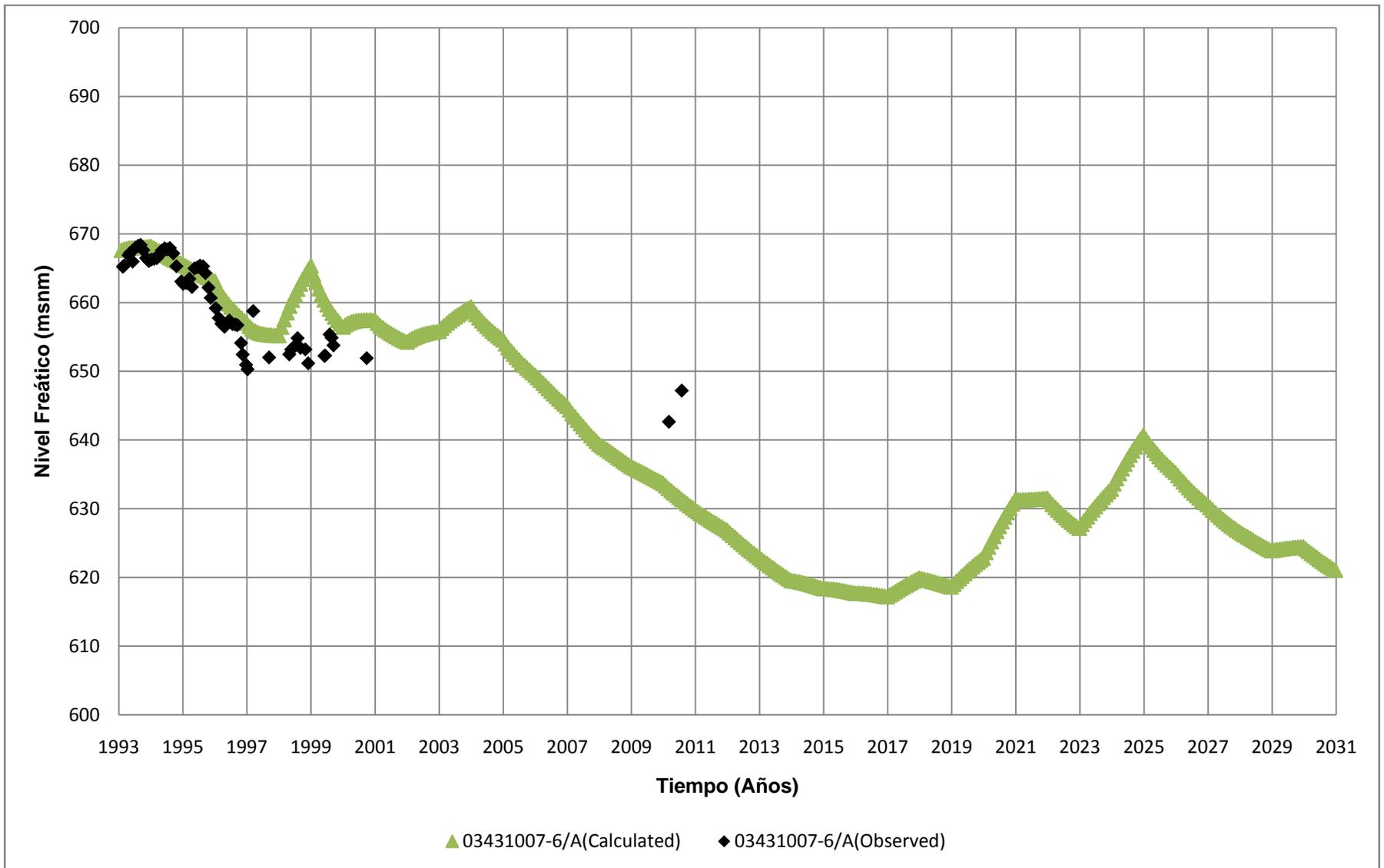


Figura 5.19
Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 3a)
 Fuente: Elaboración Propia

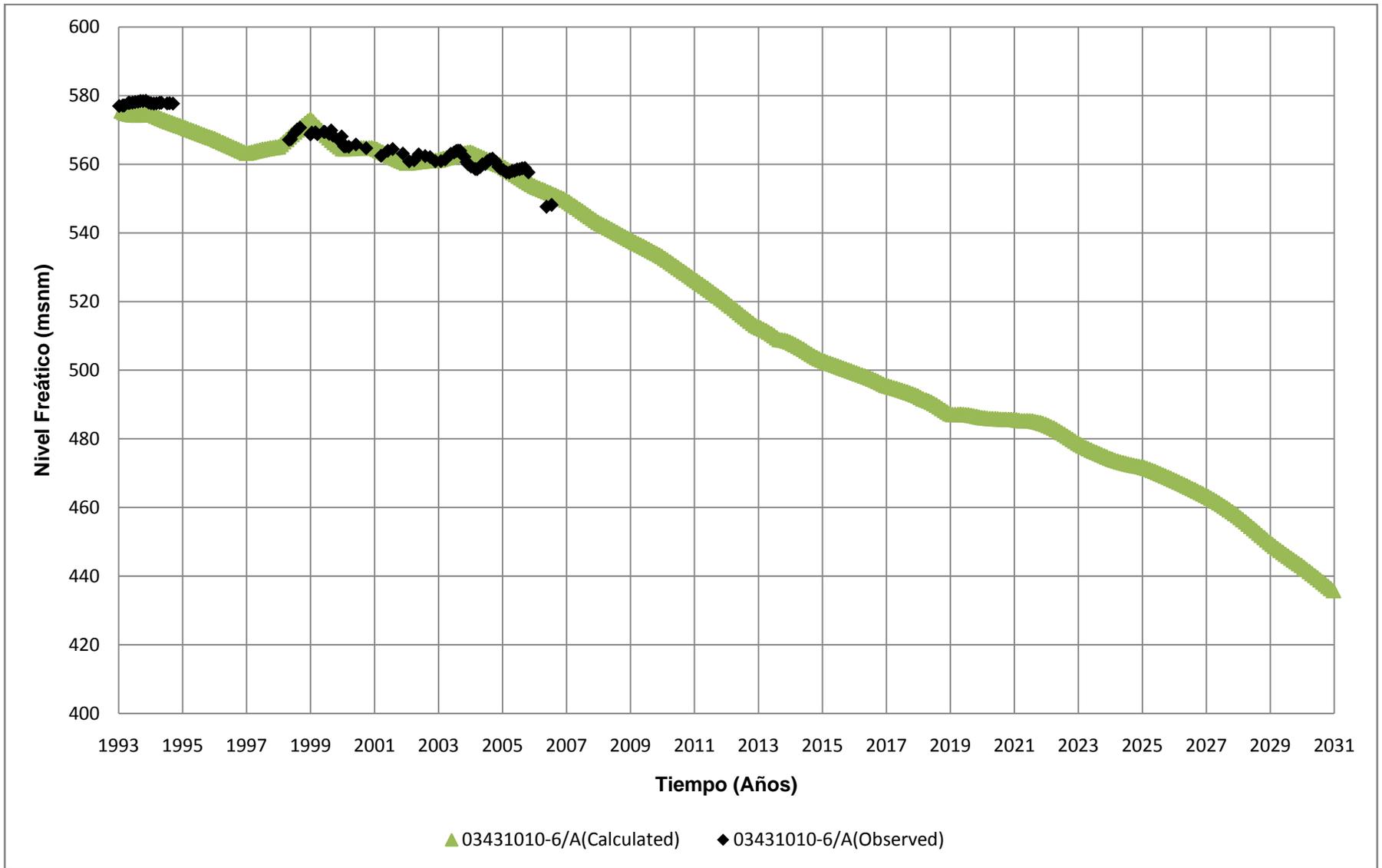


Figura 5.20
Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 3b)
 Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.21
Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 4)
 Fuente: Elaboración Propia

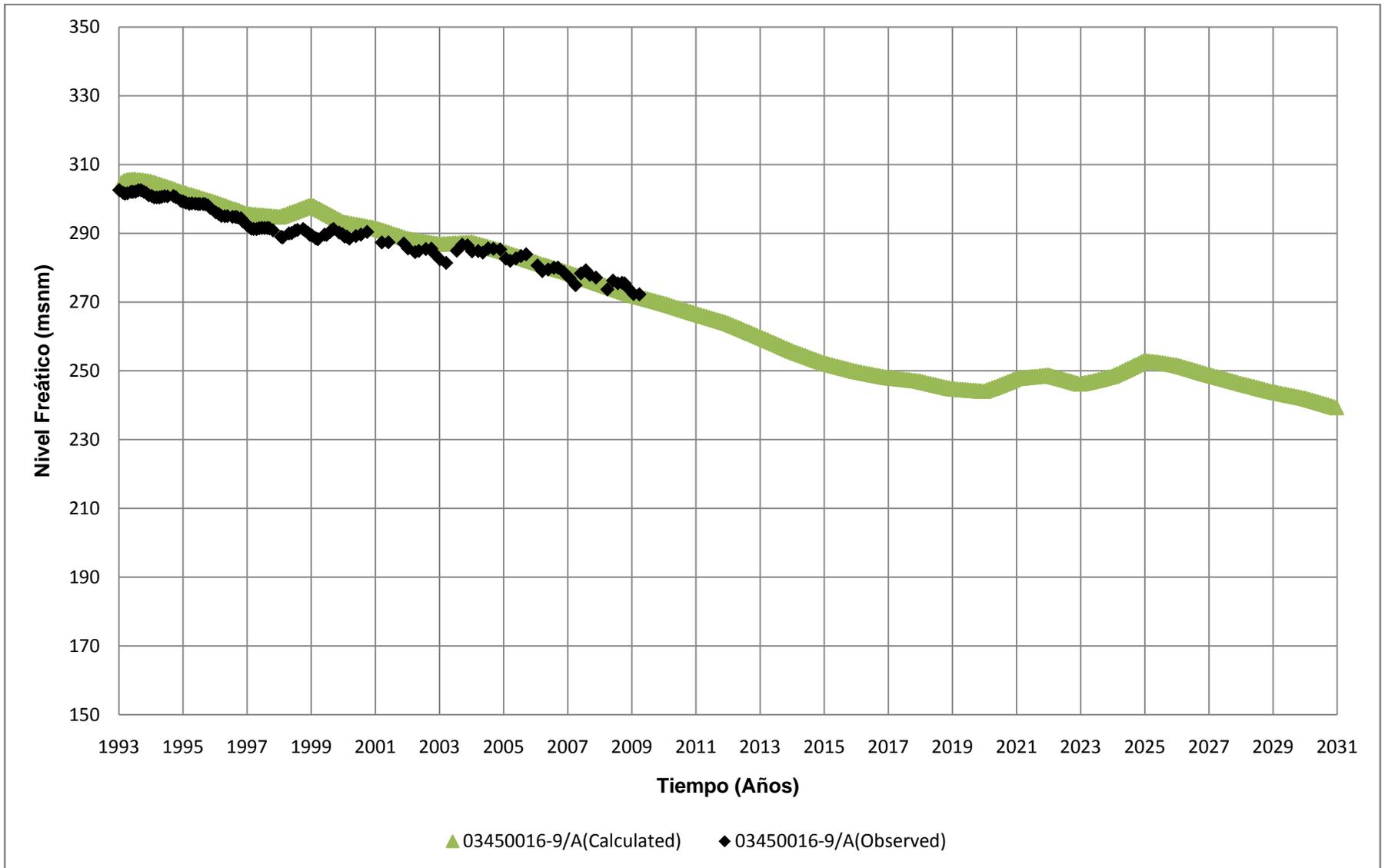


Figura 5.22
Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 5)
 Fuente: Elaboración Propia

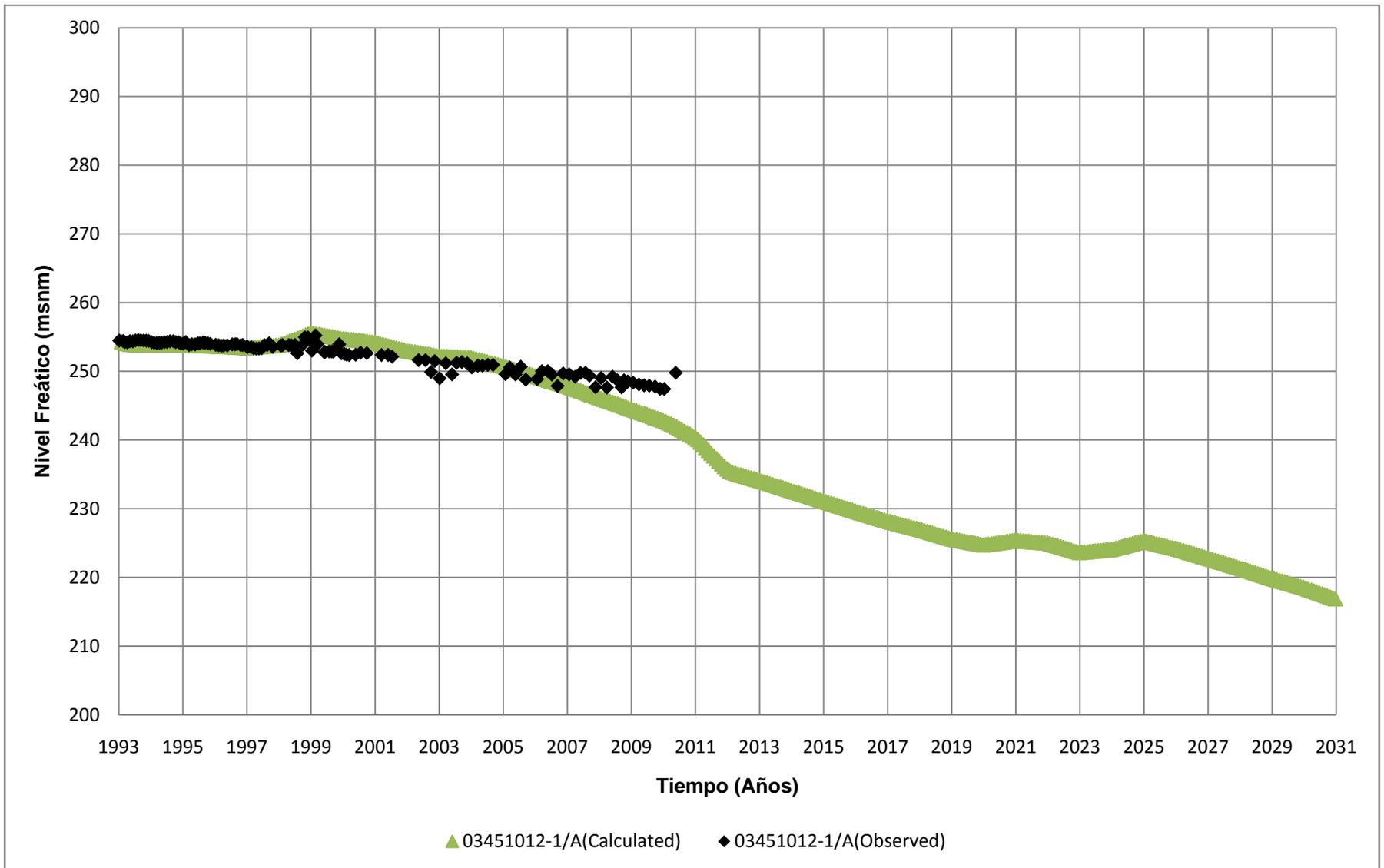


Figura 5.23
Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 6a)
 Fuente: Elaboración Propia

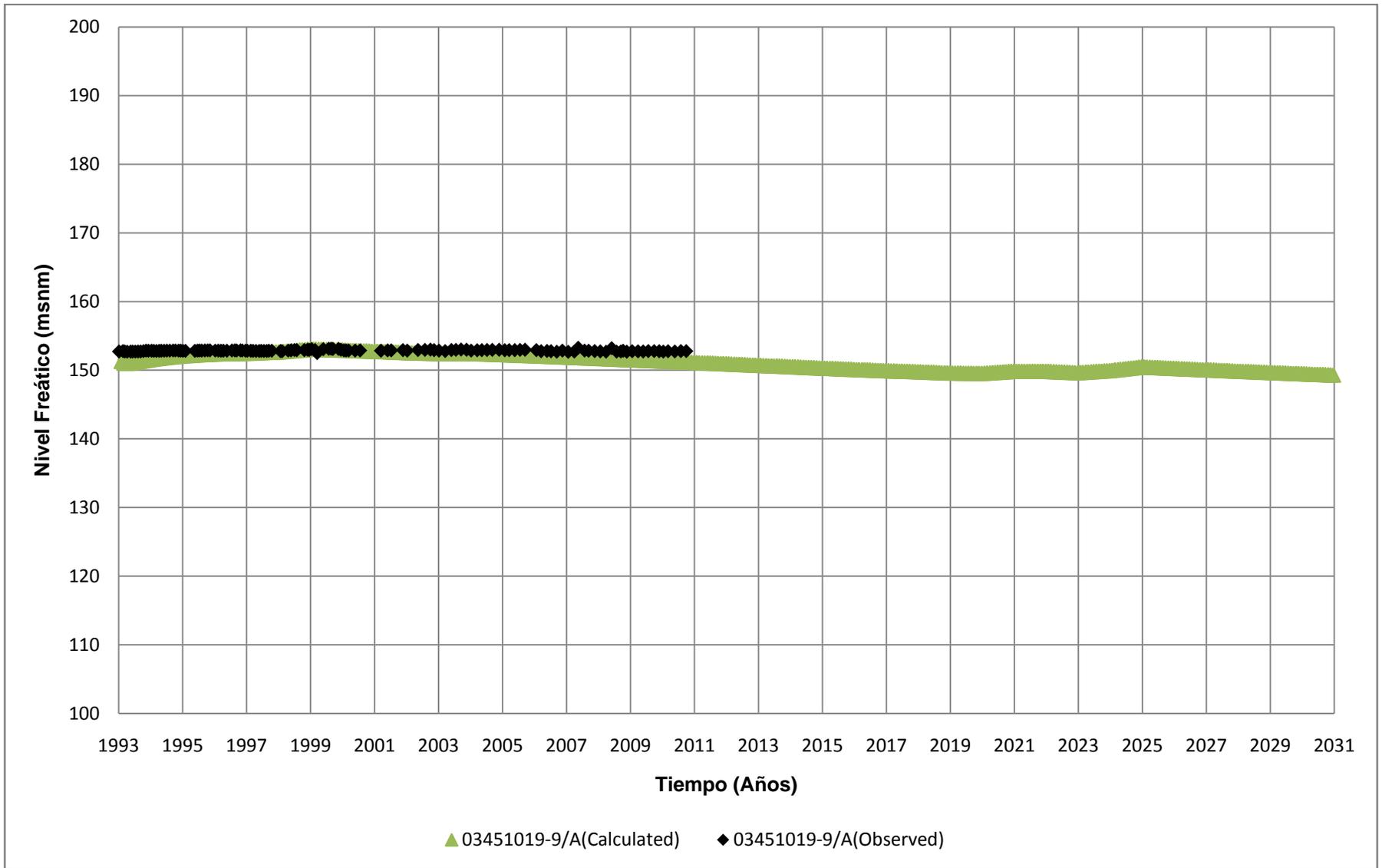


Figura 5.24
Niveles medidos y simulados en Escenario 3 (Sector 6b)
 Fuente: Elaboración Propia

Finalmente al Escenario 3 se le eliminan los pozos destinados a la producción de agua potable, y no se considera la puesta en marcha del proyecto Caserones, por ello las recargas son las mismas que en el Escenario 0.

Los cambios recién mencionados para el Escenario 3, no producen variación para los niveles en los Sectores 3a ni 6b, correspondientes al más alto y más bajo de la cuenca, respectivamente. Esto se puede deber a lo alto y distanciado que se encuentra el primero de los sectores donde se tienen los bombeos, y el segundo por el volumen que posee.

Los ascensos más importantes se producen en los Sectores 4 y 6a, llegando a valores de aproximadamente 30 y 40 metros, respectivamente. Esto producto de que entre ambos, se posee casi la totalidad del caudal destinado para el agua potable.

Por otro lado, los niveles en el Sector 5 ascienden un máximo de 10 metros, mientras que en Sector 3b llegan hasta 20 metros. Este efecto es producto del aumento de los niveles de agua en los sectores donde se elimina la producción de agua potable.

En el ANEXO H se presentan los niveles simulados en el Escenario 3 de todos los pozos de observación utilizados en la calibración del modelo, y los balances hídricos en los sectores administrativos del acuífero.

5.6. Comparación de escenarios

Entre las Figura 5.25 y Figura 5.30 se presenta la comparación de los niveles simulados para los escenarios, en los pozos representativos para cada sector de la zona de estudio, de manera de apreciar simplemente el efecto relativo entre las distintas condiciones de extracción artificial de agua subterránea y recarga aplicados al Modelo Sector Bajo de la cuenca del río Copiapó.

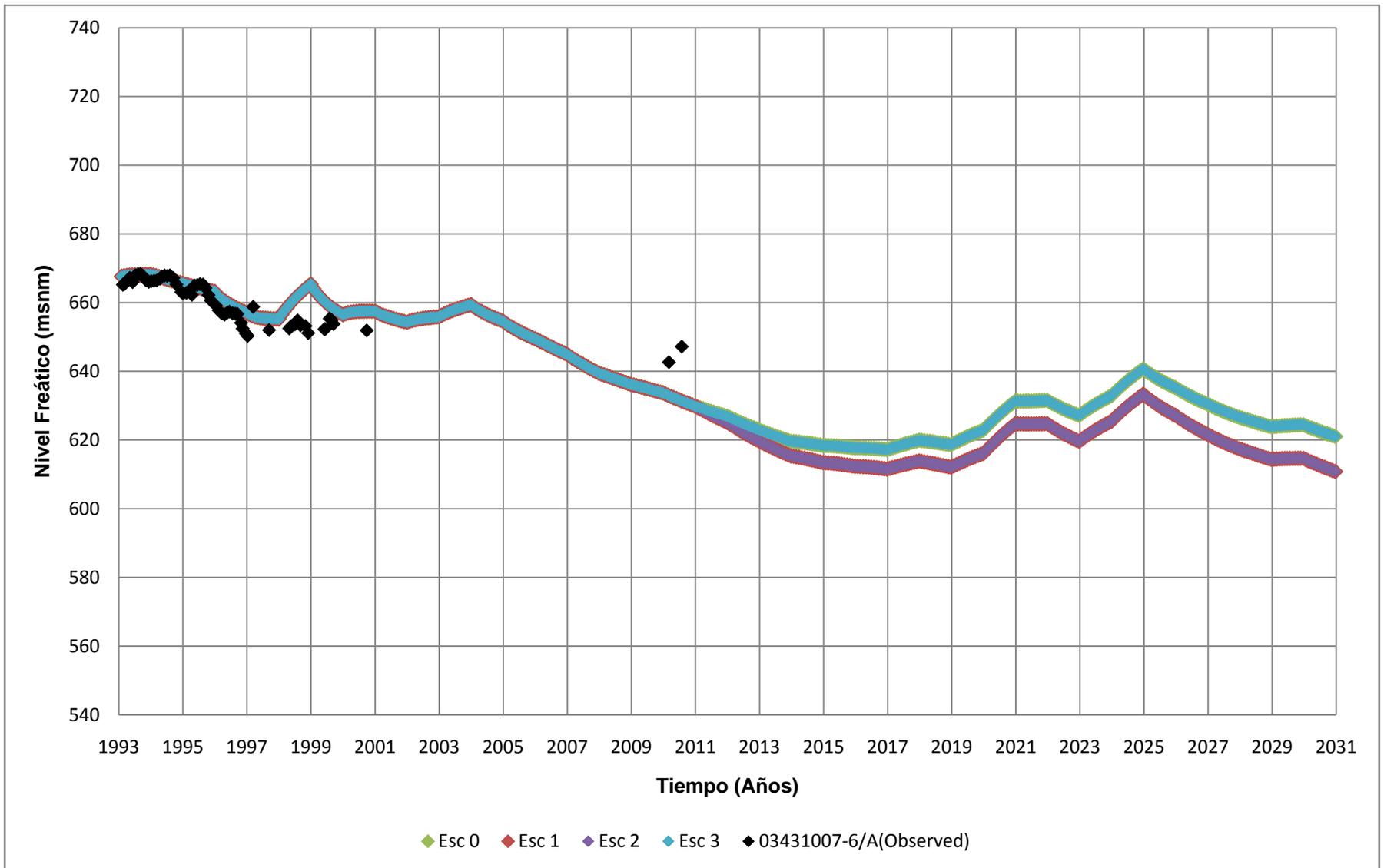


Figura 5.25
Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 3a)
 Fuente: Elaboración Propia

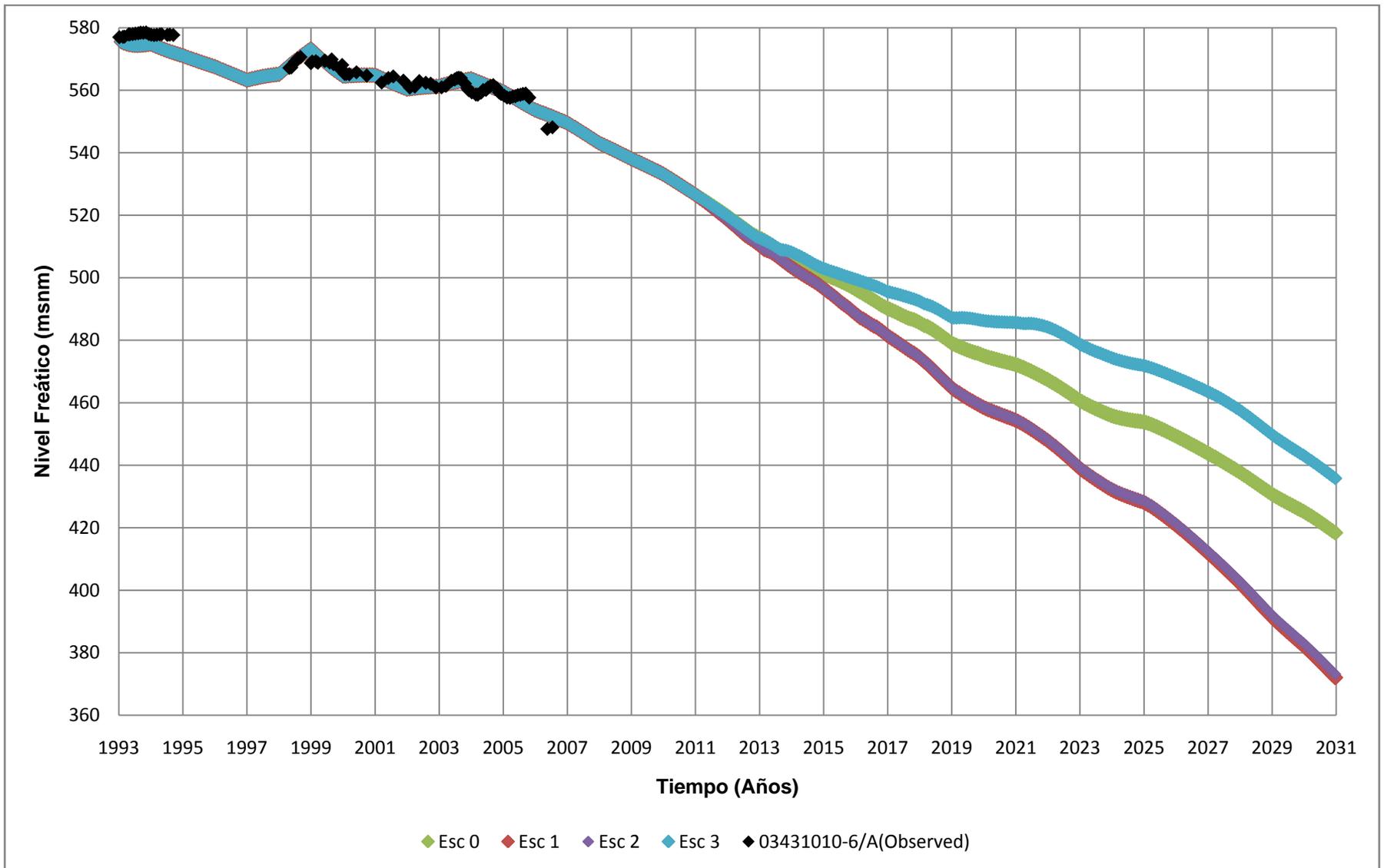


Figura 5.26
Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 3b)
 Fuente: Elaboración Propia

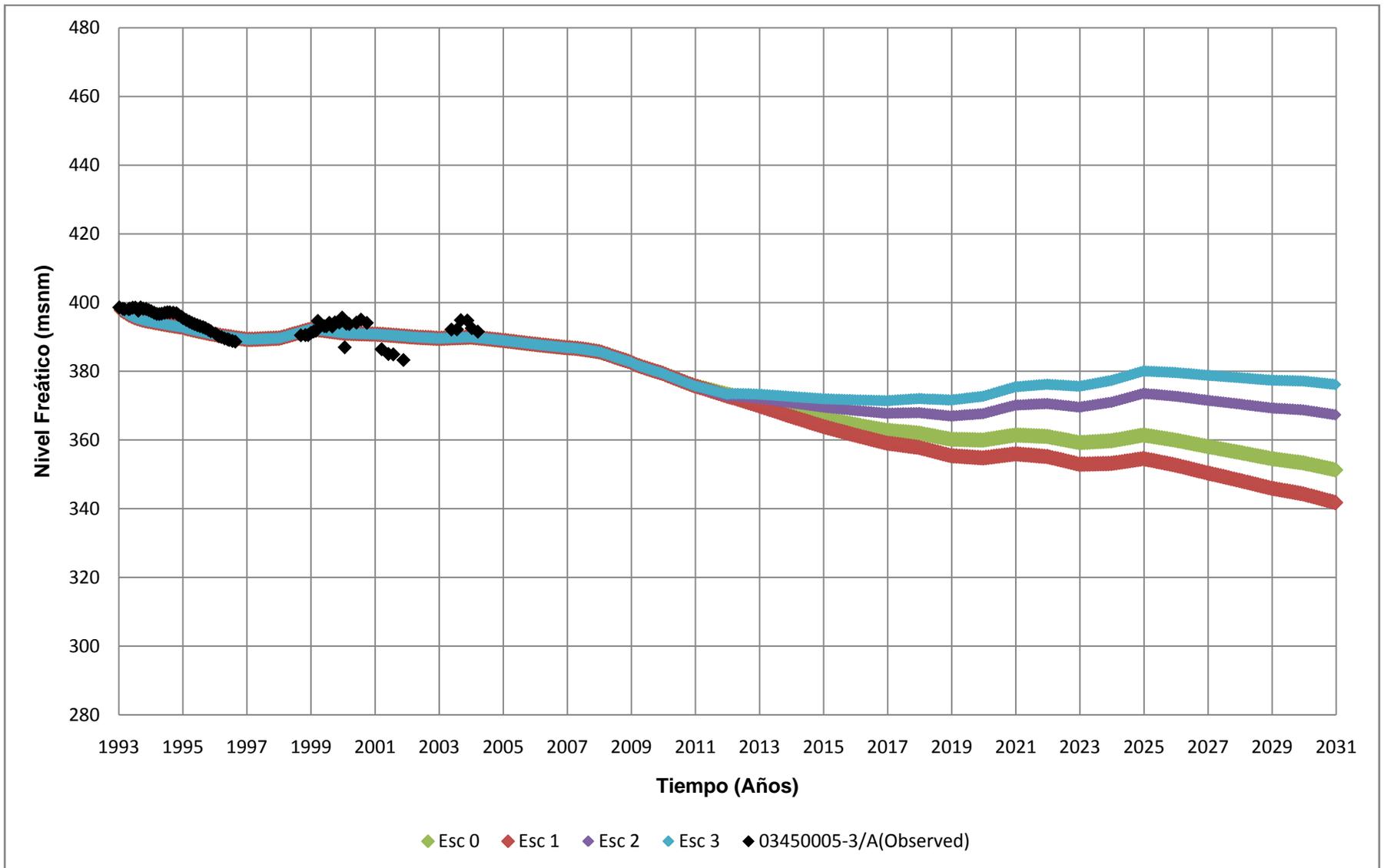


Figura 5.27
Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 4)
 Fuente: Elaboración Propia

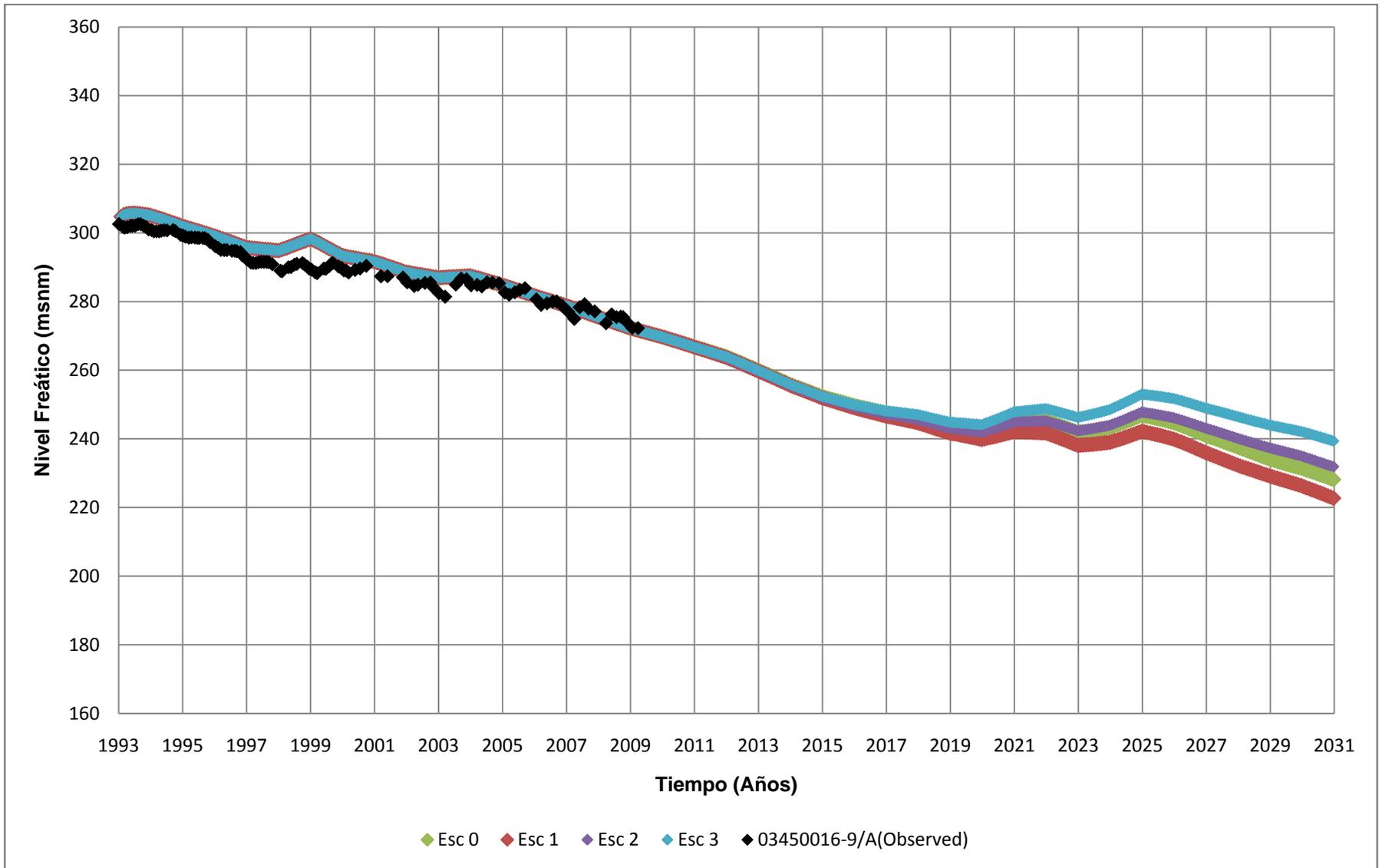


Figura 5.28
Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 5)
 Fuente: Elaboración Propia

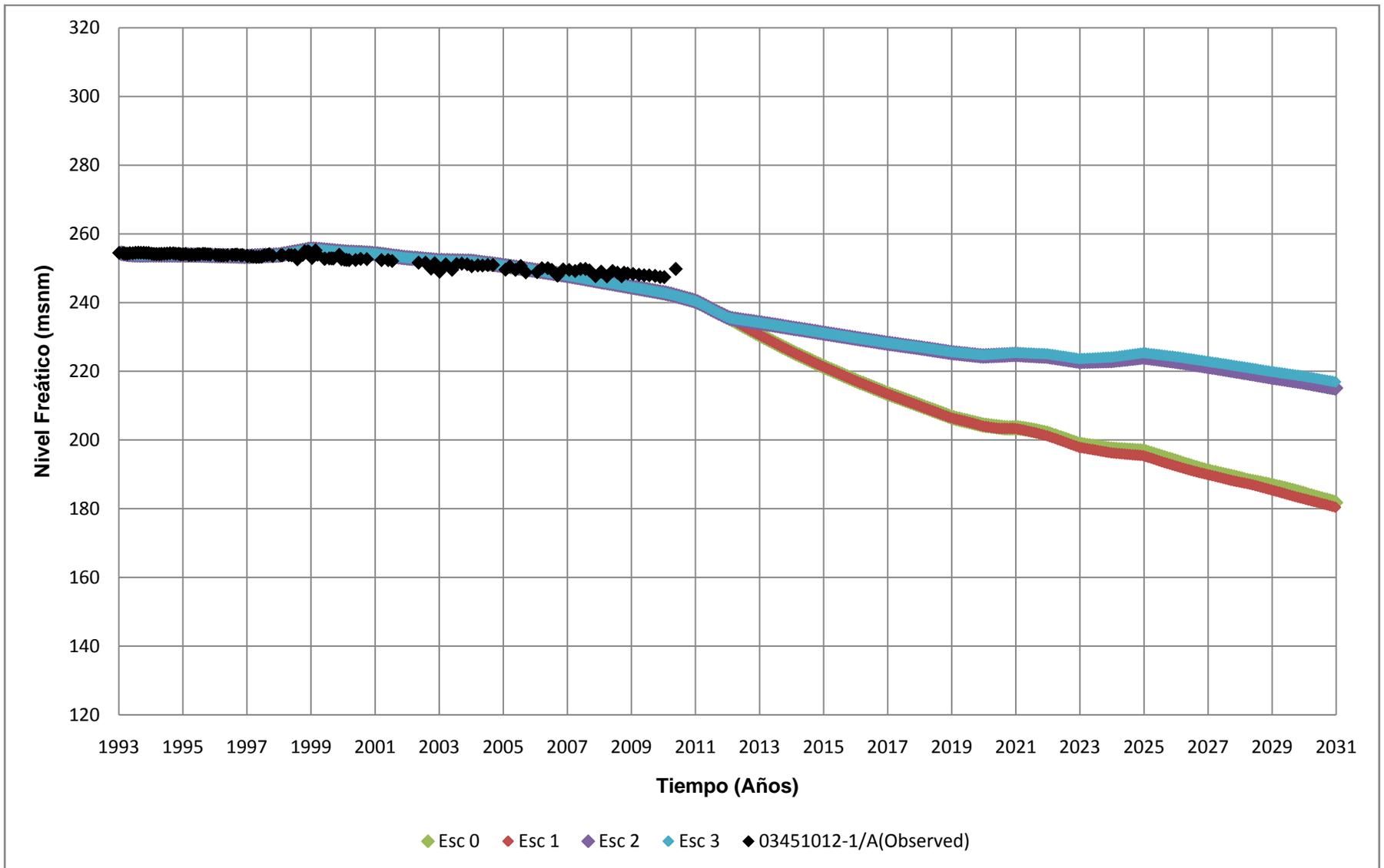


Figura 5.29
Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 6a)
 Fuente: Elaboración Propia

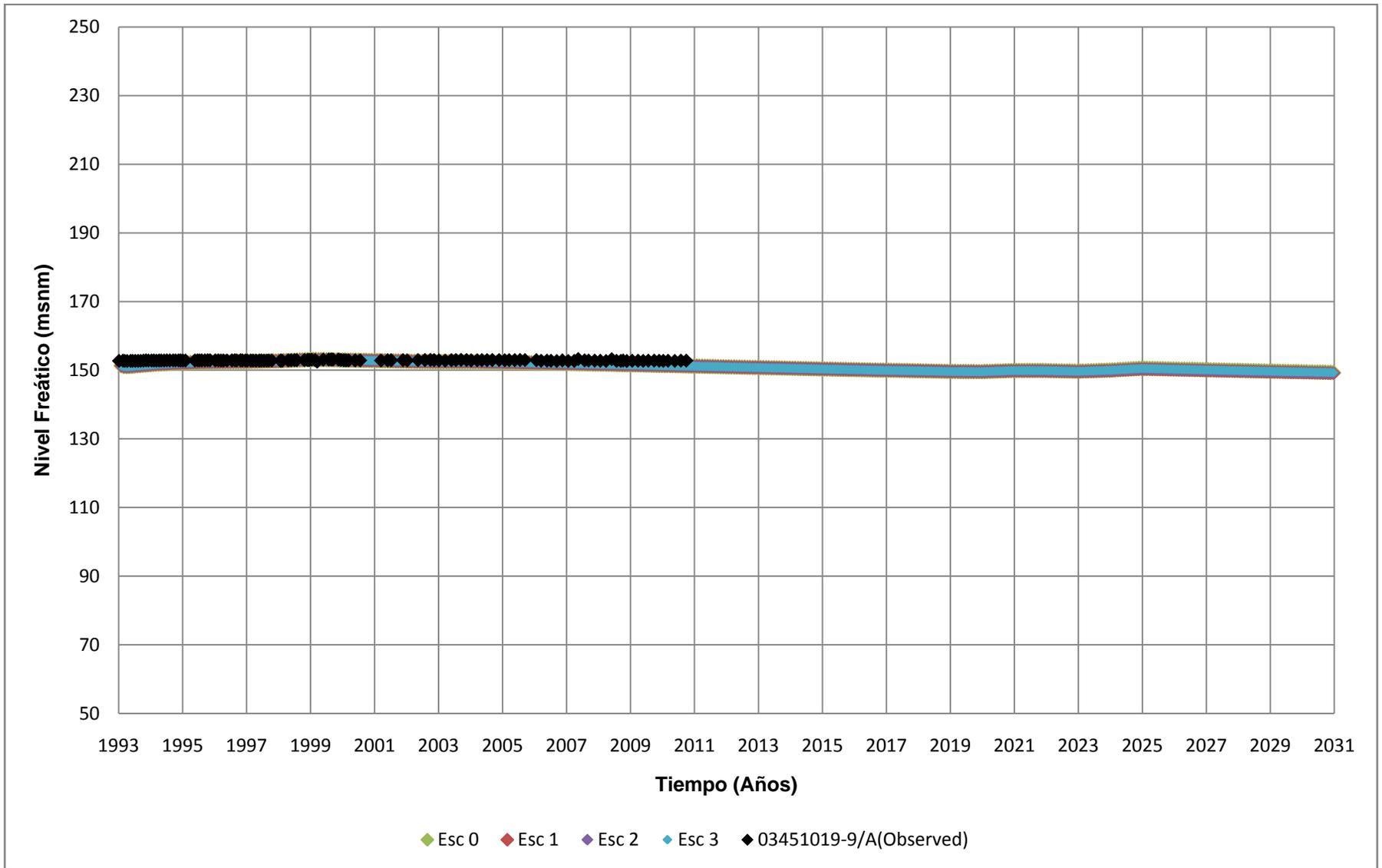


Figura 5.30
Comparación de niveles simulados en escenarios (Sector 6b)
 Fuente: Elaboración Propia

Dentro de los resultados se observa que el Escenario 1 presenta los mayores descensos, lo que es concordante, al ser éste el más desfavorable, producto de las extracciones de agua subterránea, relacionadas con la empresa abastecedora de agua potable y el proyecto minero Caserones. Por otro lado, el Escenario 3 utiliza el menor volumen almacenado en el acuífero, debido a la eliminación de las extracciones recién mencionadas.

Los niveles en el Sector 3a que presentan un mayor descenso con respecto al Escenario 0, corresponden a los escenarios en los cuales la recarga disminuye producto del proyecto Caserones. Además, se observa que el Escenario 3 (sin pozos de agua potable) replica los resultados del Escenario 0, por ello, el efecto en la eliminación de estas extracciones, es imperceptible en el parte más alta de la cuenca.

En el Sector 3b, los Escenarios 1 y 2 presentan niveles bastante similares. Como en ambos la recarga es la misma, no así las extracciones de agua potable, se tiene el efecto de las recargas como forzante en los descensos en esta parte del acuífero. Los ascensos presentados por el Escenario 3, corresponden a la disminución en la descarga del sistema.

Para los Sectores 4 y 5, se observa un ascenso en los niveles del Escenario 2, en comparación al Escenario 1. Se concluye que las extracciones en los pozos de agua potable, tienen un efecto regulador en los niveles, mayor al presentado por la recarga.

En el Sector 6a, las diferencias entre los niveles de los Escenarios 0 y 1, y 2 y 3, son mínimas, y son producto de la variación en la recarga debido a Caserones. Ahora, para observar el efecto en la disminución de las descargas, se observa que los niveles obtenidos entre los Escenarios 1 y 2, presentan una diferencia de casi 40 metros para el año 2031. Con lo anterior se afirma que los niveles en este sector, son regulados por las extracciones, y no por la recarga.

Finalmente, la diferencia entre escenarios para el Sector 6b es imperceptible, producto del volumen que éste posee.

6. PÉRDIDA RENDIMIENTO EN POZOS DE EMPRESA SANITARIA

6.1. Aspectos generales

El programa Visual MODFLOW, no incorpora el efecto de la pérdida de rendimiento en los pozos de bombeo producido por el descenso del acuífero. Esto se traduce en que el caudal extraído desde una bomba, es indiferente al espesor de la capa saturada que se posea sobre la misma. Por ejemplo, si se desea extraer un caudal de 1 m³/s, éste se va a extraer en su totalidad, y de forma continua, independiente si se tiene una capa saturada de agua de 1 o 1.000 metros sobre la bomba.

Lo recién descrito escapa al comportamiento general que se obtiene en terreno, donde, a medida que más se profundiza la napa, menor es el caudal que se puede extraer desde el terreno.

Para analizar el efecto en la pérdida de rendimiento de pozos de la empresa sanitaria Aguas Chañar, se utilizan cuatro pozos localizados en el sector de Piedra Colgada, aguas abajo de la conexión entre los sectores DGA 5 y 6.

De manera de observar el comportamiento en el caudal bombeado en los pozos producto del descenso de la napa, se utiliza la condición tipo Dren incorporada al programa Visual MODFLOW con una conductancia extremadamente alta, de manera que el caudal que entre a la celda sea drenado inmediatamente. Con esto, se obtiene la cantidad de agua drenada por las celdas en las que se localizan los pozos de Piedra Colgada.

En el modelo se corre el Escenario 0 para tres profundidades distintas de las condiciones dren: 45, 60 y 75 metros, y se obtienen los caudales drenados. Las profundidades de los mismos se miden desde la cota de terreno para cada pozo.

El estudio de pérdida de rendimiento de pozos se realiza para el período comprendido entre Enero 2011 y Diciembre 2030.

En las Tabla 6.1 y Tabla 6.2, se tiene información de los pozos de Piedra Colgada. Dentro de ellas están: caudal bombeado para el año 2011 y localización, dentro de la primera; y cota de terreno, cota de nivel para las profundidades de los drenes y cota a la que se encuentra la bomba, para la segunda.

Tabla 6.1
Caudal y localización de pozos de Piedra Colgada

Pozo	Caudal año 2011 (l/s)	Coordenadas UTM (m)		Datum
		Norte	Este	
PC01	90	6.980.108	353.946	WGS84
PC02	85	6.979.718	353.442	WGS84
PC03	80	6.979.547	353.492	WGS84
PC04	75	6.979.628	353.497	WGS84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.2
Cotas de terreno, profundidades y bomba en pozos de Piedra Colgada

Pozo	Cota (msnm)				
	Terreno	Dren 1	Dren 2	Dren 3	Bomba
PC01	271,6	226,6	211,6	196,6	175,6
PC02	268,5	223,5	208,5	193,5	168,5
PC03	266,5	221,5	206,5	191,5	170,5
PC04	268,5	223,5	208,5	193,5	168,5

Fuente: Elaboración Propia

Producto de la cercanía entre los pozos PC02 y PC04, éstos se encuentran dentro de la misma celda en el modelo hidrogeológico. Por ello, se considera que el pozo PC04 comienza sus bombeos el año 2011, siendo que en realidad lo hace el año 2012.

6.2. Caudales en pozos Piedra Colgada

Para obtener los caudales posibles a extraer hasta el año 2030 en cada pozo de Piedra Colgada, se observa el comportamiento que tienen los caudales drenados para las distintas profundidades de la condición de dren y la columna de agua que posee la bomba sobre ella en cada período de estrés. Con ambos datos, se proyecta el caudal a extraer a través del pozo para la “situación real”.

En las Figura 6.1 a Figura 6.4, se pueden observar los regímenes de caudales que se pueden obtener en cada pozo de Piedra Colgada. Las tres primeras series corresponden a los valores obtenidos por la condición de Dren para las profundidades de 45, 60 y 75 metros, y la última a los valores proyectados como recién se explicó, según la profundidad a la que fue diseñada la bomba.

El pozo que presenta mejor comportamiento corresponde al PC01, el cual según los resultados entregados por el modelo, es capaz de entregar el caudal requerido para todo el período en el que se realiza el estudio de pérdida de rendimiento, salvo para el año 2030, correspondiente al último.

Los pozos PC02 y PC04 entregan un caudal bastante satisfactorio para el primer año, pero éste descende de forma importante para los años siguientes, llegando en ambos casos, a valores menores al 50% del caudal de diseño para el tercer año. También se aprecian iguales variaciones a través del tiempo, esto debido a encontrarse dentro la misma celda en el modelo. Los caudales para el PC02 son mayores, ya que el caudal total extraído se divide proporcionalmente según el caudal de diseño de cada pozo. Con esto se obtiene que la demanda porcentual satisfecha por cada uno de los pozos sea la misma.

El pozo PC03 logra entregar la totalidad de caudal de diseño para los primeros cuatro años. Luego mantiene importantes bombeos hasta el año 2025, otorgando caudales mayores al 50% del caudal total requerido en el pozo, finalizando con un caudal aproximado del 25% para el último año de modelación.

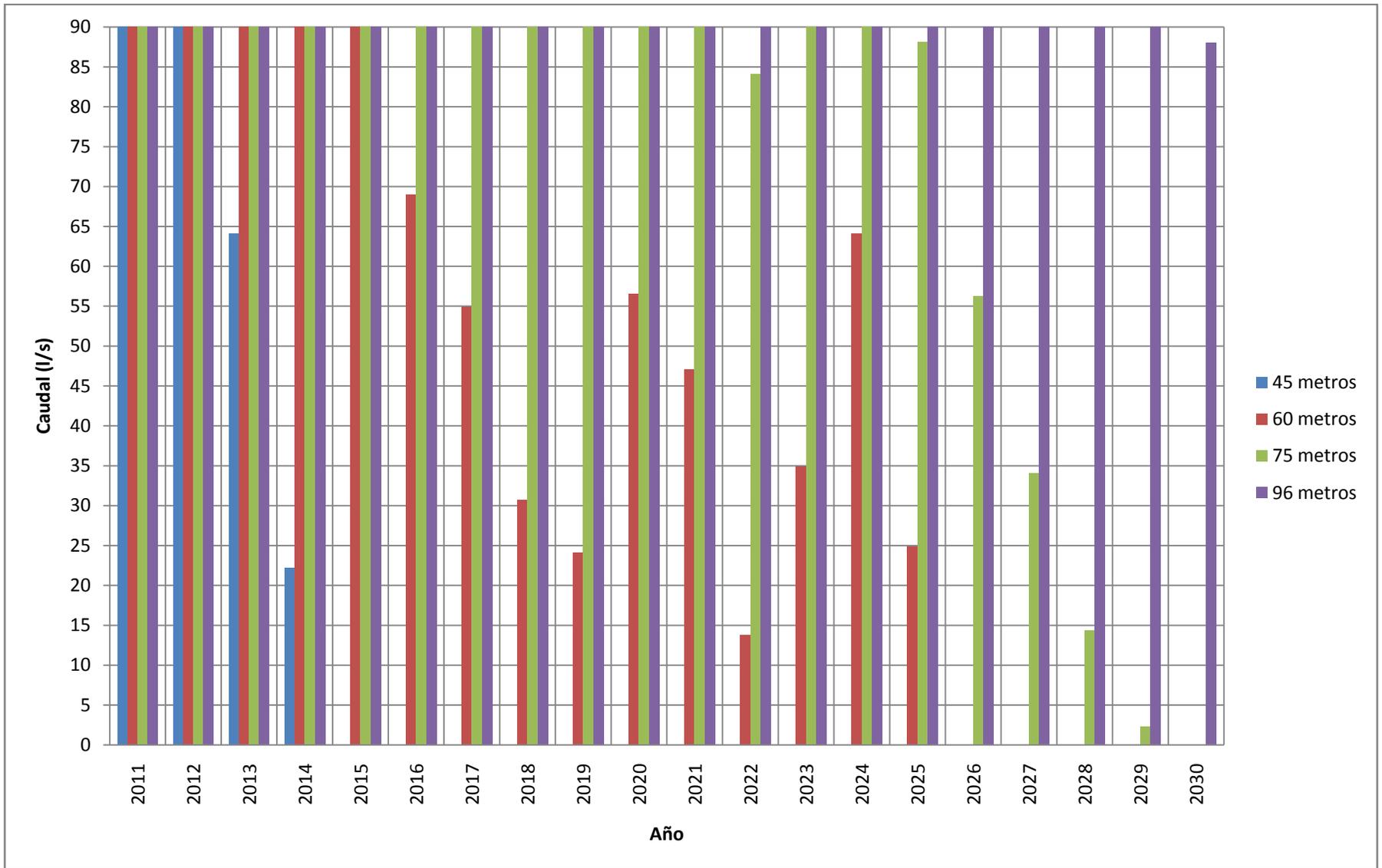


Figura 6.1
Caudal de bombeo en PC01 según profundidad de la bomba
 Fuente: Elaboración Propia

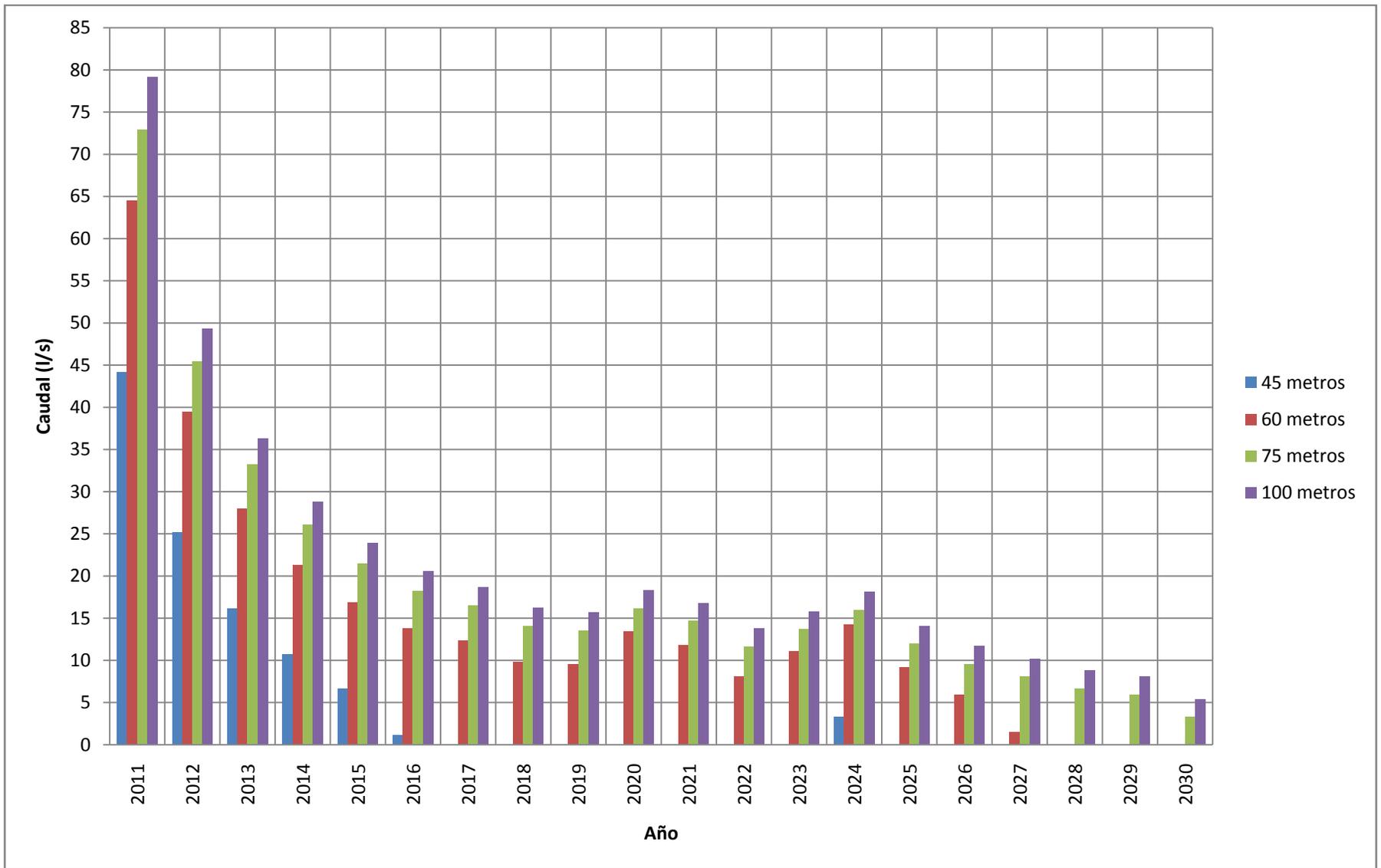


Figura 6.2
Caudal de bombeo en PC02 según profundidad de la bomba
 Fuente: Elaboración Propia

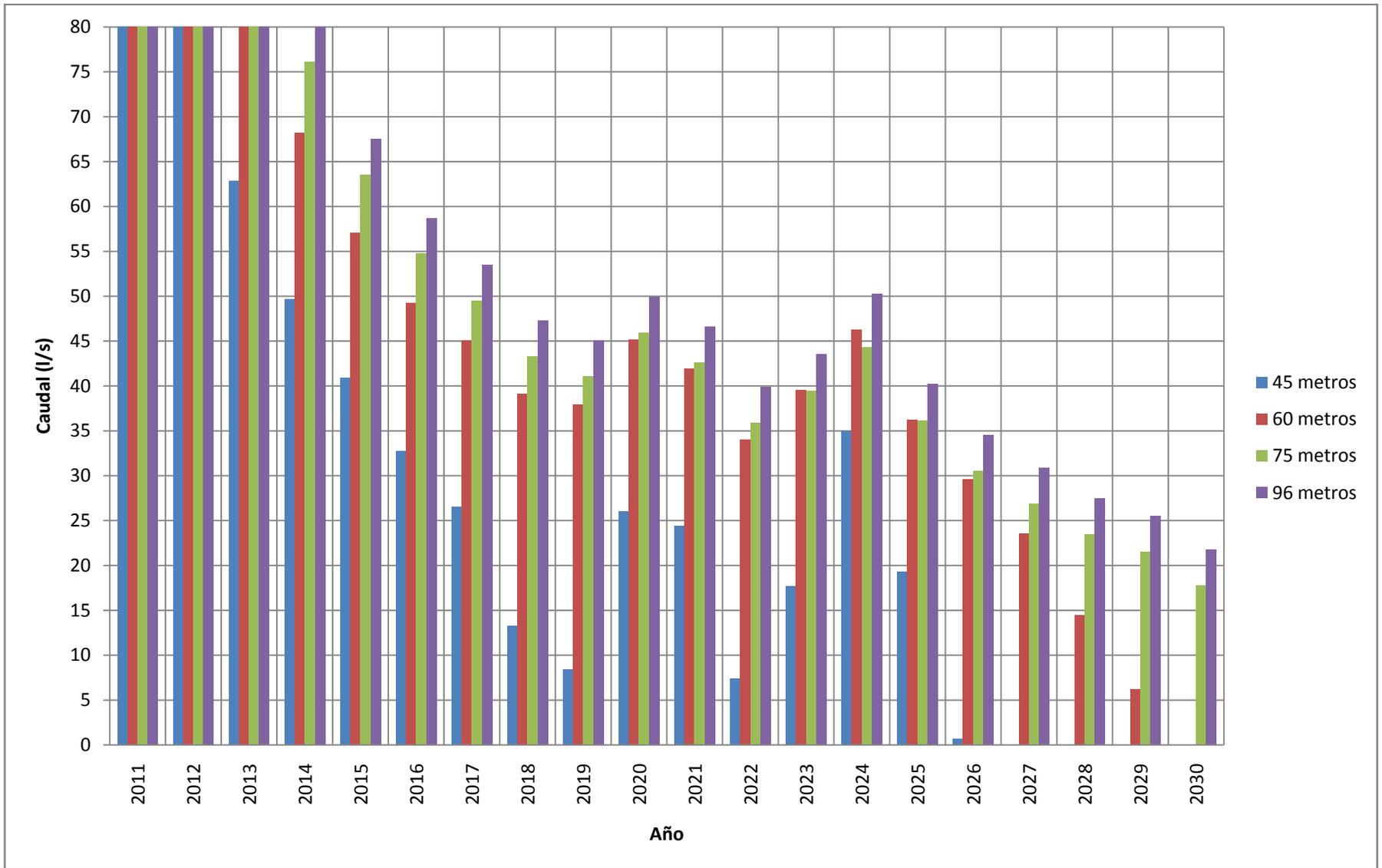


Figura 6.3
Caudal de bombeo en PC03 según profundidad de la bomba
 Fuente: Elaboración Propia

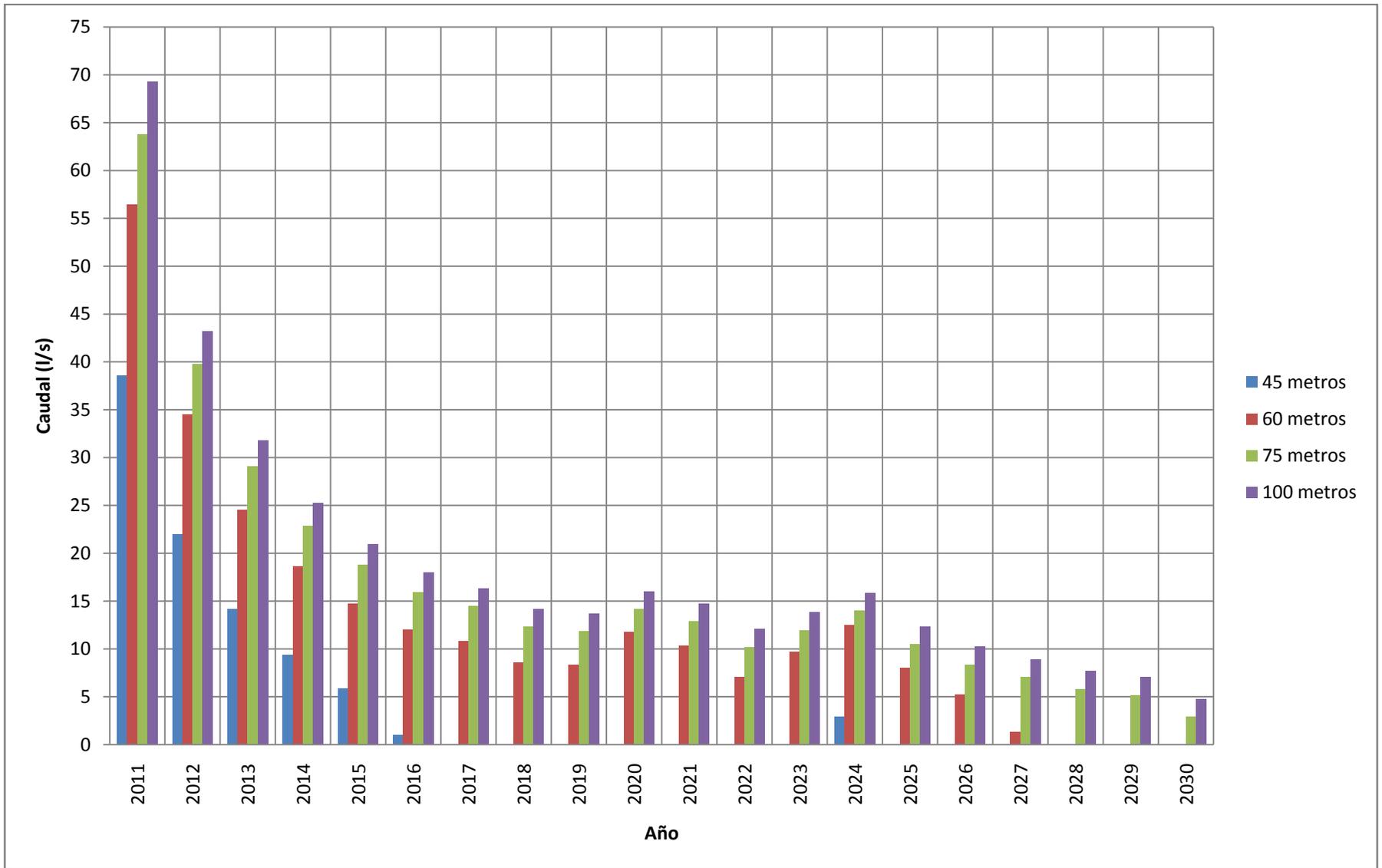


Figura 6.4
Caudal de bombeo en PC04 según profundidad de la bomba
 Fuente: Elaboración Propia

6.3. Demanda satisfecha por pozos Piedra Colgada

Como se puede observar en la Tabla 6.1, los pozos de Piedra Colgada satisfacen un total de 330 l/s de la demanda total de agua subterránea destinada al abastecimiento de agua potable en la región de Copiapó.

La demanda satisfecha en litros por segundo, y porcentaje según caudal de diseño para cada uno de los pozos, se presenta a continuación en la Tabla 6.3. Para estos resultados se considera la pérdida de rendimiento producto del descenso de la napa.

Tabla 6.3
Demanda satisfecha por pozos en Piedra Colgada (l/s) y (%)

Año	PC01		PC02		PC03		PC04		Total	
2011	90	100%	79	93%	80	100%	69	93%	318	97%
2012	90	100%	49	58%	80	100%	43	58%	262	80%
2013	90	100%	36	43%	80	100%	32	43%	238	72%
2014	90	100%	29	34%	80	100%	25	34%	224	68%
2015	90	100%	24	28%	68	84%	21	28%	202	61%
2016	90	100%	21	24%	59	73%	18	24%	187	57%
2017	90	100%	19	22%	53	67%	16	22%	179	54%
2018	90	100%	16	19%	47	59%	14	19%	168	51%
2019	90	100%	16	18%	45	56%	14	18%	164	50%
2020	90	100%	18	21%	50	62%	16	21%	174	53%
2021	90	100%	17	20%	47	58%	15	20%	168	51%
2022	90	100%	14	16%	40	50%	12	16%	156	47%
2023	90	100%	16	19%	44	54%	14	19%	163	49%
2024	90	100%	18	21%	50	63%	16	21%	174	53%
2025	90	100%	14	17%	40	50%	12	17%	157	47%
2026	90	100%	12	14%	35	43%	10	14%	147	44%
2027	90	100%	10	12%	31	39%	9	12%	140	42%
2028	90	100%	9	10%	27	34%	8	10%	134	41%
2029	90	100%	8	9%	26	32%	7	9%	131	40%
2030	88	98%	5	6%	22	27%	5	6%	120	36%

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de los resultados arrojados por los pozos de Piedra Colgada, se aprecia que los pozos PC02 y PC04, tienen una disminución importante para el caudal posible a extraer entre los años 2011 y 2014, llegando a satisfacer tan solo un tercio de la demanda por cada uno. El año 2014, los pozos PC01 y PC03 entregan aproximadamente el 75% del caudal satisfecho por esta batería de pozos, aumentando hasta el 90% al año 2030.

Para los valores totales entregado, se observa un descenso brusco en los valores de la demanda satisfecha hasta el año 2015. Los años siguientes presentan leves variaciones, manteniendo la demanda cercana al 50% hasta el año 2025.

6.4. Descensos en pozos Piedra Colgada

Los caudales posibles a extraer desde los pozos de Piedra Colgada se introducen al modelo hidrogeológico calibrado y se obtienen los niveles freáticos dentro de los pozos de bombeo, de manera de observar el efecto que éstos tienen en el acuífero del valle del río Copiapó, en comparación al efecto obtenido en el Escenario 0.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa la comparación entre los niveles simulados dentro de los pozos de bombeo para el período desde Enero 1993 y Diciembre 2030, y los niveles calculados en el pozos de observación 03451011-3 para el Escenario 0 dentro del mismo período. Se selecciona este pozo de monitoreo por la cercanía que posee al sector de Piedra Colgada.

Los niveles obtenidos en los pozos de bombeo, poseen comportamientos y descensos bastante similares, salvo en el período entre los años 2011 y 2012, donde los niveles en los pozos PC02 y PC04 escapan al comportamiento que se mantiene en los otros años.

Al comparar los niveles obtenidos en el pozo de monitoreo para el Escenario 0, y los obtenidos en los pozos de bombeo, se observa una mayor profundización en la napa freática para el primer caso. Esto se debe a que en el mismo, los bombeos extraídos en Piedra Colgada corresponden a los caudales para el año 2011 sostenidos hasta el 2030, mientras que los otros consideran la pérdida de rendimiento en los pozos.

La diferencia entre los descensos obtenidos para el caso que considera la pérdida de rendimiento y el que no, llega a ser 25 metros para el último año de modelación. Comparativamente, no hay una diferencia importante entre los niveles de ambos casos hasta el año 2014, luego de esta fecha se pierde toda similitud.

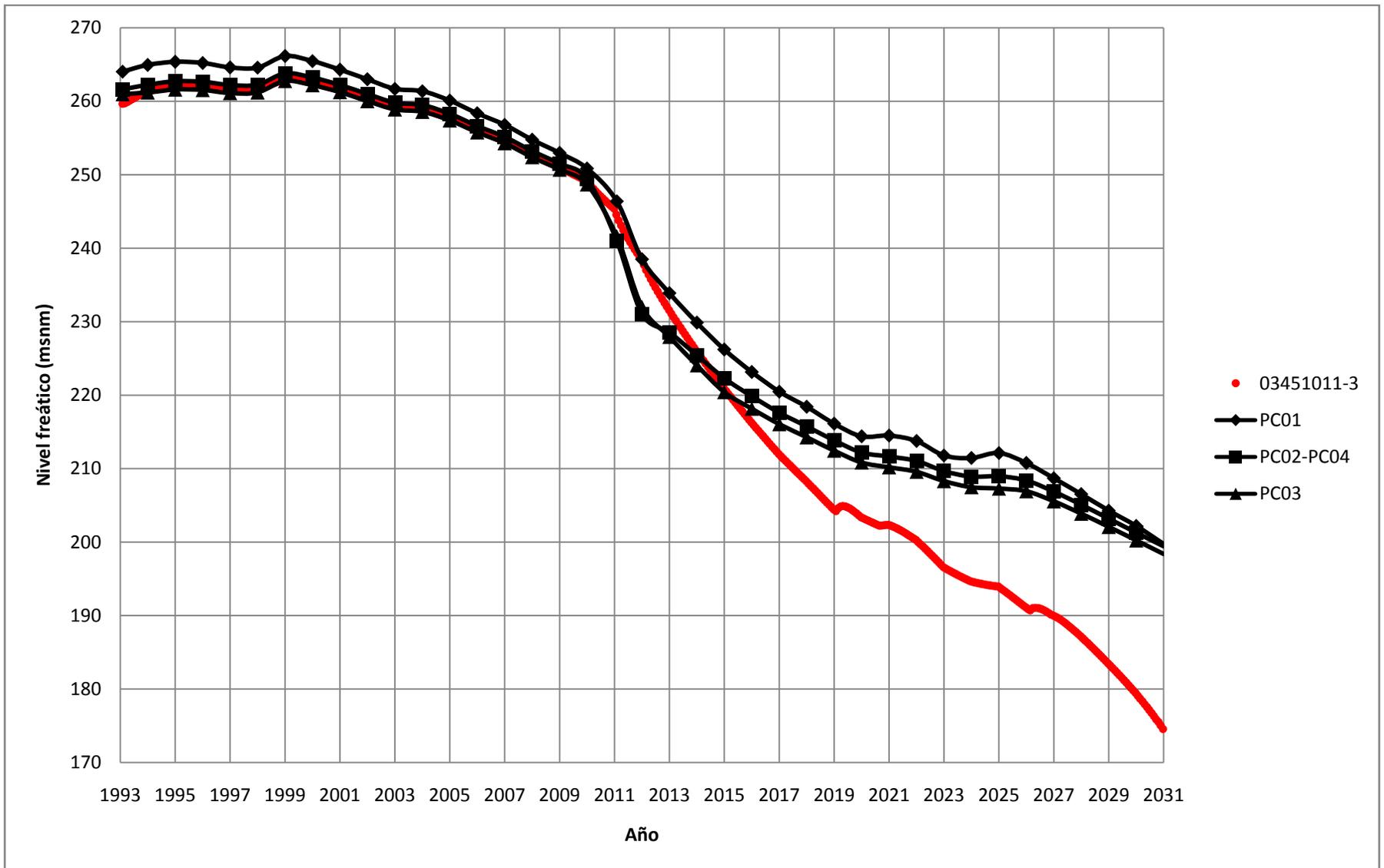


Figura 6.5
Descensos en pozos Piedra Colgada utilizando bombes en Tabla 6.3
 Fuente: Elaboración Propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

A partir del modelo existente del acuífero del río Copiapó, se logra obtener un modelo de simulación hidrogeológica con información actualizada para el tramo entre La Puerta y Angostura.

Los datos disponibles recopilados a la fecha permiten integrar nueva información al modelo conceptual el que ha sido base para el desarrollo del modelo numérico y hace posible la recalibración del modelo sector bajo, utilizando para ello la herramienta comercial Visual MODFLOW.

En el proceso de calibración se utilizó información del balance hídrico para las recargas y descargas en el sistema, obtenida mediante el programa AQUATOOL en el estudio realizado por DICTUC (2010). Éstos se consideran adecuadamente calibrados y validados.

Se calibra el modelo en régimen transiente para el período comprendido entre Enero 1993 y Diciembre 2010 mediante el proceso de prueba y error, variando los valores de conductividad hidráulica hasta llegar a un resultado satisfactorio, y posteriormente mejorar el ajuste utilizando la herramienta PEST incorporada en el programa. Para comparar valores medidos y calculados por el modelo, se consideran 40 pozos de observación de los niveles de agua subterránea. Se aceptan los valores de coeficiente de almacenamiento iniciales, por la leve variación que producen y los antecedentes disponibles que avalan este valor. Al finalizar la calibración, se obtiene un NRMS de 0.490%, lo que se considera como adecuado para una calibración en régimen transiente.

El balance hídrico anual de los distintos sectores del modelo muestran que las salidas son mayores que las entradas de agua, salvo en años puntuales donde los valores de recarga son mayores que el promedio, produciendo un leve período de recarga del acuífero: en el Sector 3 en los años 1993, 1998 y 2003, en el Sector 4 en los años 1993 y 1998, y en los Sectores 5 y 6 en los años 1998 y 2003.

Se utilizó el Modelo del Sector Bajo para evaluar cuatro escenarios futuros y conocer los cambios en el sistema acuífero debido a diferentes condiciones de extracción de recursos hídricos subterráneos en la cuenca del río Copiapó. Los resultados mostraron que en todos los casos se presentan diferentes descensos del nivel freático, obteniéndose para el Escenario 1 los mayores descensos, lo que es concordante, al ser éste el más desfavorable, con mayores extracciones de aguas subterráneas, producto de la empresa abastecedora de agua potable y la minera Caserones.

Mediante la comparación entre los niveles obtenidos para los Escenarios 0 y 3 en el Sector 3a, se considera como imperceptible el efecto de la eliminación de los pozos destinados a la producción de agua potable en éste, debido a que se replican los niveles obtenidos para ambos casos.

Producto de la igualdad de valores que presentan los niveles obtenidos en el Sector 3b para los Escenarios 1 y 2, se tiene el efecto de la disminución de la recarga como forzante en el descenso en esta parte del acuífero.

Para los Sectores 4 y 5, se observa un ascenso en los niveles del Escenario 2, en comparación al Escenario 1. Por ello, se concluye que las extracciones en los pozos de agua potable, tienen un efecto regulador en los niveles, mayor al presentado por la recarga.

En el Sector 6a, al comparar los niveles en los escenarios producto de la disminución en la recarga debido a Caserones, éstos presentan una variación mínima. Luego, comparando escenarios donde las descargas disminuyen, se obtienen diferencias de hasta 40 metros. Por ello, se afirma que los niveles en este sector, son regulados por las extracciones, y no por la recarga.

Para evaluar los escenarios futuros, se consideran válidos los caudales de bombeos para riego y otros usos proyectados por DICTUC (2010) en el período entre los años 2011 y 2030. Para producción de agua potable se asume la información actualizada hasta el año 2012, invariable en el tiempo. Se comparan los valores de bombeos ingresados en el sistema con el caudal total obtenido en el balance hídrico del modelo, concluyendo que los bombeos se satisfacen en su totalidad para todo el período de modelación al aplicar la herramienta Rewetting de Visual MODFLOW 4.2.

Se observa una diferencia importante entre la información de recarga de DICTUC (2010) y la información de recarga obtenida por la empresa consultora GEOHIDROLOGIA para DGA (2011), utilizada en la Extensión del Modelo Sector Bajo de SERNAGEOMIN (2011). Las nuevas recargas proporcionadas por DGA, son en todos los sectores y durante todo el período de simulación, mayores a las recargas utilizadas anteriormente, teniendo sus mayores variaciones en el Sector 5.

Al considerar la pérdida de rendimiento en los pozos producto del descenso del nivel freático, se implementan de manera más próxima a la realidad las extracciones posibles a obtener en los pozos de bombeo dentro del modelo hidrogeológico. En los resultados se tiene que los pozos PC02 y PC04, no pueden extraer más del 30% de su caudal de diseño a los pocos años de puestos en marcha. Por otro lado, se aprecia que aproximadamente el 75% del caudal satisfecho por los pozos en Piedra Colgada son aportados por los pozos PC01 y PC03.

Con los resultados finales de caudales obtenidos por la batería de pozos en Piedra Colgada, se puede considerar que se satisface más del 50% de la demanda de las extracciones en este sector hasta el año 2025, disminuyendo hasta aproximadamente un 35% para el año 2030. Gracias a esto, es posible proyectar la construcción de pozos en otros sectores de la cuenca que suplan este déficit esperado.

Al comparar los descensos obtenidos producto de la implementación de la pérdida de rendimiento en los pozos de agua potable, con los descensos al considerar un bombeo constante e invariable en el tiempo, se obtienen diferencias en las profundidades del nivel freático de hasta 25 metros. Esta divergencia en los resultados puede ser reflejada en decisiones erradas dentro del manejo integrado del recurso hídrico en la cuenca.

7.2. Recomendaciones

Mantener esta herramienta actualizada con la última información que se vaya generando durante los próximos años.

La información disponible de los pozos de bombeo en el acuífero del río Copiapó es insuficiente, en especial para el sector acuífero número 6, y poco confiable. Se recomienda un catastro completo de estos pozos con información de su ubicación y una estimación lo más precisa de los caudales de bombeo históricos en los sectores.

En la red de monitoreo de aguas subterráneas, se constataron pequeños problemas con las cota de collar de los pozos de observación. Se recomienda mejorar la precisión en el levantamiento de cotas de terreno en los pozos de observación, para precisar con mayor fidelidad la profundidad del nivel freático en el acuífero del río Copiapó.

Se recomienda realizar pruebas de bombeo por parte de la empresa encargada al abastecimiento de agua potable de la región, en sectores que se tenga y/o desee adquirir derechos de agua para suplir la disminución en los caudales que han presentado los pozos, producto de los descensos sostenidos en el acuífero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álamos y Peralta. (1987). Análisis y Evaluación de los Recursos Hidrogeológicos. Valle del Río Copiapó - III Región.

Álamos y Peralta. (1995). Análisis y Evaluación de los Recursos Hídricos en el Valle del Río Copiapó.

DGA. (2003). Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Copiapó.

DGA. (2007). Área de Restricción y Zona de Prohibición Acuífero del Valle del Río Copiapó.

DGA. (2009). Actualización de la Modelación del Acuífero del Valle del Río Copiapó, Tramo La Puerta – Angostura.

DGA. (2012). Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas Otortados en la Cuenca del Río Copiapó.

DICTUC. (2010). Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del Río Copiapó. Dirección General de Aguas.

Golder Associates S.A. (2006). Diagnóstico de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Copiapó y Proposición de un Modelo de Explotación Sustentable.

SERNAGEOMIN. (2011). Modelo Hidrogeológico Cuenca del Río Copiapó. Dirección General de Aguas.

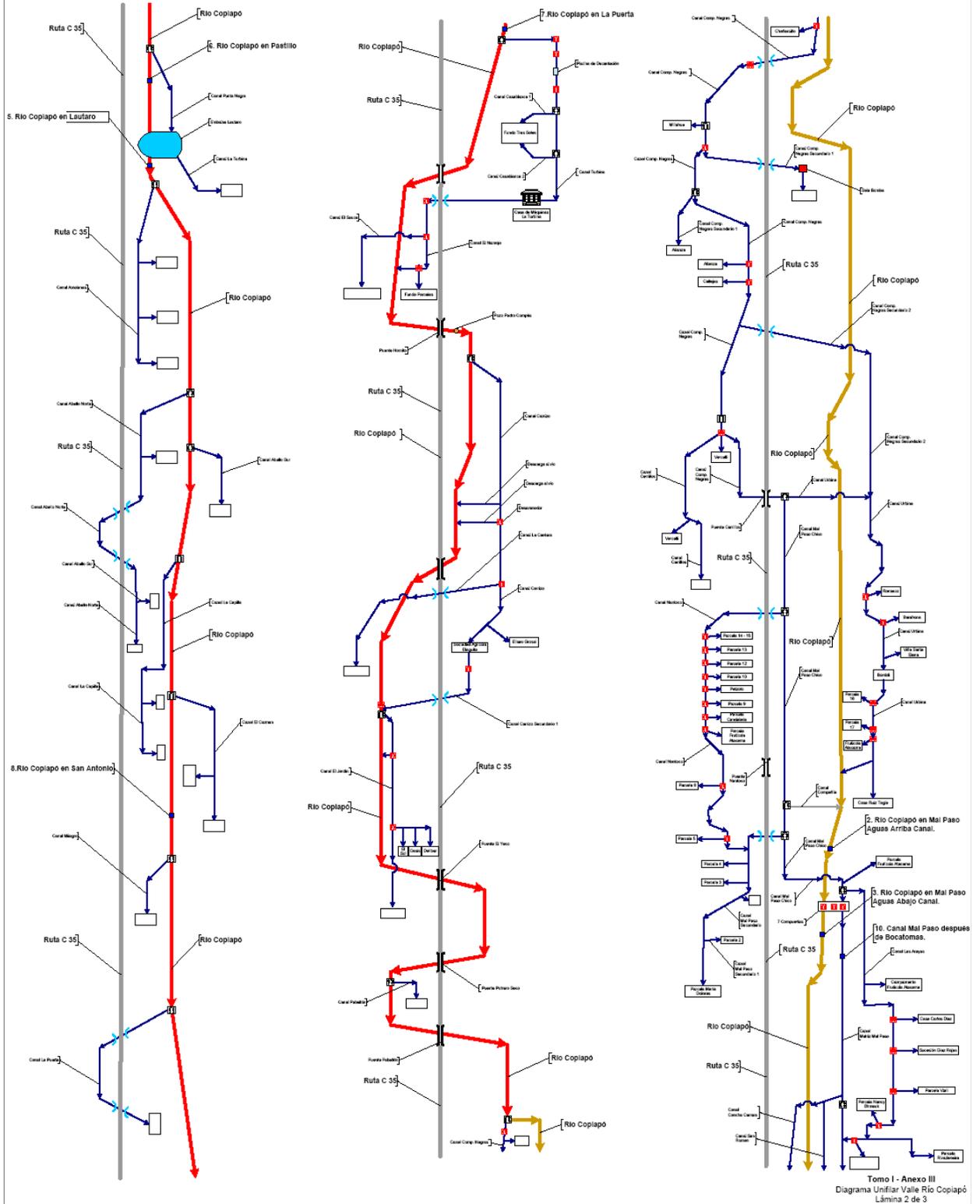
SERNAGEOMIN. (En Desarrollo). Evaluación Hidrogeológica de la Cuenca del Río Copiapó, con Énfasis en Cuantificación, Dinámica y Calidad Química de los Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos.

SITAC. (2009). Modelo Hidrogeológico Cuenca Río Copiapó, Sector Ramadillas – La Puerta, Proyecto Caserones.

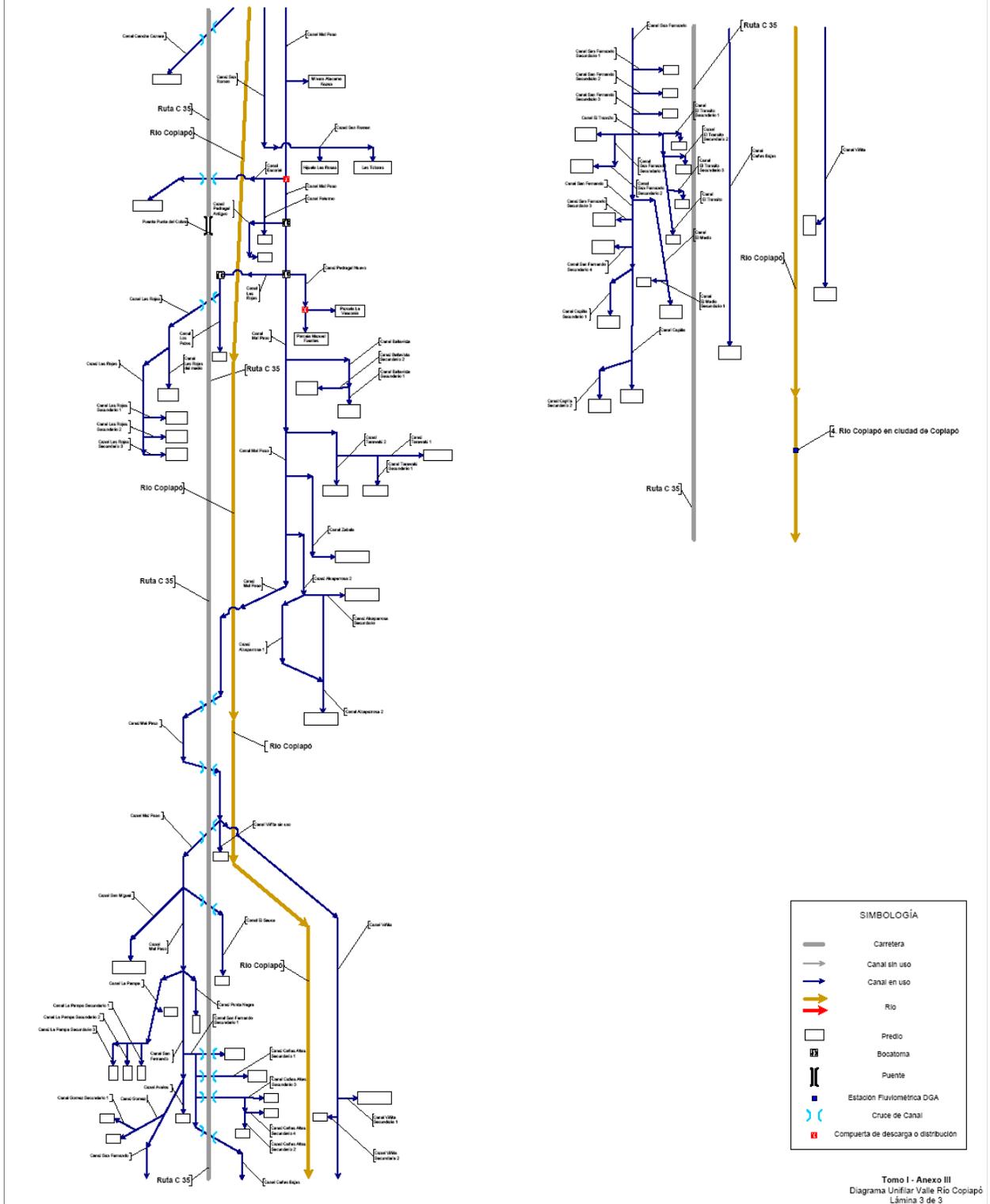
ANEXO A

**Diagrama Unifilar Río Copiapó
DICTUC (2010)**

TOMO I - ANEXO III - DIAGRAMA UNIFILAR VALLE RÍO COPIAPÓ



TOMO - ANEXO III - DIAGRAMA UNIFILAR VALLE RÍO COPIAPÓ



ANEXO B

Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas Otorgados en la Cuenca del Río Copiapó

Tabla B.1
Derechos, caudal y volumen total anual otorgado vigente a la fecha

Año	Nº	Caudal (l/s)	Volumen Total Anual (m3/año)
1965	2	160	5.045.760
1966	1	45	1.419.120
1967	2	106	3.342.816
1969	4	284	7.408.888
1970	1	47	1.482.192
1976	1	50	770.000
1978	3	189	5.969.760
1979	2	30	623.360
1980	13	780	19.739.352
1981	4	179	5.644.944
1982	3	125	3.942.000
1983	13	694	21.885.984
1984	12	516	16.272.576
1985	20	1.330	41.942.880
1986	50	3.913	123.400.368
1987	85	2.141	67.521.730
1988	4	245	7.726.320
1989	6	301	9.492.336
1990	14	702	22.138.272
1991	8	997	31.441.392
1992	6	475	14.979.600
1993	7	421	13.276.656
1994	8	443	13.954.680
1995	15	833	26.274.218
1996	36	1.741	54.897.869
1997	11	739	23.289.336
1998	11	373	11.747.160
1999	5	259	8.152.056
2000	3	144	4.541.184
2001	3	46	1.456.963
2002	38	394	12.432.437
2003	26	643	20.287.109
2004	6	165	5.215.108
2006	16	32	1.009.152
2010	1	80	2.522.880
TOTAL	440	19.622	611.246.458

Fuente: DGA (2010)

Tabla B.2
Derechos de aguas subterránea vigentes a la fecha.
(Definitivos y provisionales),

Año	AGUAS ARRIBA EMBALSE LAUTARO			EMBALSE LAUTARO-LA PUERTA			LA PUERTA-MAL PASO			MAL PASO-COPIAPÓ			COPIAPÓ-PIEDRA COLGADA			PIEDRA COLGADA- ANGOSTURA			TOTAL ACUÍFERO		
	Nº	Caudal (l/s)	Volumen Total Anual (m3/año)	Nº	Caudal (l/s)	Volumen Total Anual (m3/año)	Nº	Caudal (l/s)	Volumen Total Anual (m3/año)	Nº	Caudal (l/s)	Volumen Total Anual (m3/año)	Nº	Caudal (l/s)	Volumen Total Anual (m3/año)	Nº	Caudal (l/s)	Volumen Total Anual (m3/año)	Nº	Caudal (l/s)	Volumen Total Anual (m3/año)
1965																2	160	5.045.760	2	160	5.045.760
1966									1	45	1.419.120								1	45	1.419.120
1967				1	70	2.207.520				1	36	1.135.296							2	106	3.342.816
1969							1	16	246.208				2	200	5.015.360	1	68	2.147.320	4	284	7.408.888
1970										1	47	1.482.192							1	47	1.482.192
1976													1	50	770.000				1	50	770.000
1978																3	189	5.969.760	3	189	5.969.760
1979							1	10	315.360				1	20	308.000				2	30	623.360
1980				3	310	4.907.520	4	119	3.744.632	1	34	1.078.000	4	279	8.808.000	1	38	1.201.200	12	690	19.739.352
1981				1	62	1.955.232	1	37	1.166.832	1	20	630.720	1	60	1.892.160				4	179	5.644.944
1982							1	35	1.103.760	2	90	2.838.240							4	215	3.942.000
1983				2	160	5.045.760	2	97	3.058.992	5	192	6.054.912	4	245	7.726.320				13	694	21.885.984
1984				3	128	4.036.608	2	70	2.207.520	1	40	1.261.440	5	208	6.559.488	1	70	2.207.520	12	516	12.272.576
1985	2	165	5.203.440	6	420	13.245.120	6	415	13.087.440	3	110	3.468.960	3	220	6.937.920				20	1.33	41.942.880
1986	11	800	25.228.800	10	843	26.584.848	12	1.020	32.166.720	7	330	10.406.880	10	920	29.013.120				50	3.913	123.400.368
1987	3	240	7.568.640	10	454	14.317.344	7	559	17.628.624	7	269	8.483.184	55	494	15.581.938	3	125	3.942.000	85	2.141	67.521.730
1988										2	105	3.311.280	2	140	4.415.040				4	245	7.726.320
1989	3	81	2.554.416	1	100	3.153.600	1	20	630.720							1	100	3.153.600	6	301	9.492.336
1990	1	24	756.864				5	317	9.996.912	3	21	662.256	4	260	8.199.360	1	80	2.522.880	14	702	22.138.272
1991	1	100	3.153.600							6	837	26.395.632	1	60	1.892.160				8	997	31.441.392
1992				2	160	5.045.760				2	110	3.468.960	1	130	4.099.680	1	75	2.365.200	6	475	14.979.600
1993	1	59	1.844.856	1	26	819.936	1	32	993.384	4	305	9.618.480							7	421	13.276.656
1994	2	86	2.696.328				3	157	4.951.152	1	80	2.522.880	1	48	1.513.728	1	72	2.270.592	8	443	13.954.680
1995	2	79	2.483.460	3	266	8.388.576	5	257	8.104.752	2	54	1.702.944	2	130	4.099.680	1	47	1.494.806	15	833	26.274.218
1996	9	450	14.191.200	4	286	9.003.528	4	182	5.752.166	10	529	16.682.544	7	193	6.089.602	2	101	3.178.829	36	1.741	54.897.869
1997	1	40	1.261.440	1	36	1.135.296	4	302	9.508.104	1	90	2.838.240	1	25	788.400	3	246	7.757.856	11	739	23.289.336
1998	2	64	2.018.304				4	133	4.194.288	4	96	3.011.688				1	80	2.522.880	11	373	11.747.160
1999							3	173	5.455.728	1	18	567.648	1	68	2.128.680				5	259	8.152.056
2000				1	40	1.261.440				1	54	1.702.944				1	50	1.576.800	3	144	4.541.184
2001	1	> 1	6.307	1	18	567.648				1	28	883.008							3	46	1.456.963
2002										5	175	5.518.800	6	28	870.394	27	192	6.043.244	38	394	12.432.437
2003							1	54	1.702.944	4	400	12.614.400	6	99	3.134.678	15	90	2.835.086	26	643	20.287.109
2004							1	21	662.256							5	144	4.552.852	6	165	5.215.108
2006				1	2	63.072	1	2	63.072				9	18	567.648	5	10	315.360	16	32	1.009.152
2010							1	80	2.522.880										1	80	2.522.880
TOTAL	39	2.187	68.967.655	51	3.381	101.738.808	71	4.107	129.264.446	77	4.115	129.760.648	127	3.895	120.411.355	75	1.938	61.103.546	440	19.622	611.246.458

Fuente: DGA (2012)

SECTOR 1, AGUAS ARRIBA EMBALSE LAUTARO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-805848		ALFONSO PROHENS ARIAS			45,00		R	6.897.190	406.180	A	183	13-05-85		1.419.120
2	NR-0302-75	08-03-01	COMUNIDAD INDIGENA COLLA COMUNA DE COPIA	0,20		0,20		R	6.941.790	442.760	A	304	25-06-01		1.425.427
3	ND-0302-994	06-08-80	ALFONSO PROHENS ARIAS	60,00		55,00		R	6.900.640	404.670	A	246	02-07-86		3.159.907
4	ND-0302-1002	19-11-84	ALFONSO PROHENS ARIAS	70,00		60,00		R	6.903.000	403.820	A	284	24-07-86		5.052.067
5	ND-0302-1015	19-01-85	ALFONSO PROHENS ARIAS	80,00		60,00		R	6.902.888	403.558	A	321	18-08-86		6.944.227
6	ND-0302-973	25-03-85	AGRICOLA MANFLAS LIMITADA	120,00		120,00		R	6.897.320	408.440	A	278	28-06-85		10.728.547
7	ND-0302-1380	18-07-85	EMPRESAS CABO DE HORNO S.A.	80,00		80,00		R	6.895.679	406.692	A	111	02-03-87		13.251.427
8	ND-0302-1380	18-07-85	EMPRESAS CABO DE HORNO S.A.	80,00		80,00		R	6.895.605	406.708	A	111	02-03-87		15.774.307
9	ND-0302-1380	18-07-85	EMPRESAS CABO DE HORNO S.A.	80,00		80,00		R	6.896.437	406.384	A	111	02-03-87		18.297.187
10	ND-0302-996	21-08-85	ALFONSO PROHENS ARIAS	100,00		100,00		R	6.897.292	406.099	A	247	02-07-86		21.450.787
11	ND-0302-1001	25-10-85	AGRO 7 AMIGOS S.A.	80,00		80,00		R	6.897.060	403.330	A	295	01-08-86		23.973.667
12	ND-0302-1004	24-12-85	LINCOYAN CRUZ AROSTICA	110,00		100,00		R	6.886.760	411.930	A	333	26-08-86		27.127.267
13	ND-0302-1020	24-06-86	SOCIEDAD INVERSIONES BESTU LTDA.	95,00		80,00		R	6.884.500	415.230	A	410	27-10-86		29.650.147
14	ND-0302-1021	25-06-86	SOCIEDAD INVERSIONES BESTU LTDA.	95,00		50,00		R	6.885.230	413.950	A	411	27-10-86		31.226.947
15	ND-0302-1019	25-07-86	LINCOYAN CRUZ AROSTICA	100,00		95,00		R	6.886.000	413.070	A	409	24-10-86		34.222.867
16	ND-0302-1022	11-10-86	SOCIEDAD AGRICOLA MANFLAS LTDA.	80,00		80,00		R	6.887.340	403.450	A	412	27-10-86		36.745.747
17	ND-0302-1028	18-10-86	SOCIEDAD AGRICOLA MANFLAS LTDA.	60,00		40,00		R	6.891.940	403.970	A	498	24-11-86		38.007.187
18	ND-0302-55	05-05-88	AGRO 7 AMIGOS S.A.	100,00		100,00		R	6.895.610	403.800	A	89	21-02-91		41.160.787
19	ND-0302-57	10-05-88	TURISMO Y HOTELES CABO DE HORNO S.A.	30,00		24,00		R	6.895.942	406.539	A	209	19-03-90		41.917.651
20	ND-0302-86	16-09-88	EMPRESAS CABO DE HORNO S.A.	20,00		20,00		R	6.890.771	407.772	A	210	01-06-89		42.548.371
21	ND-0302-86	16-09-88	EMPRESAS CABO DE HORNO S.A.	31,00		31,00		R	6.891.505	407.698	A	210	01-06-89		43.525.987
22	ND-0302-86	16-09-88	EMPRESAS CABO DE HORNO S.A.	30,00		30,00		R	6.891.692	407.760	A	210	01-06-89		44.472.067
23	ND-0302-223	24-12-90	MARIA TERESA PROHENS ESPINOSA Y OTROS	90,00		90,00		R			A	415	24-06-96		47.310.307
24	ND-0302-252	02-05-91	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	100,00		60,00		R	6.887.999	410.957	A	525	25-07-96		49.202.467
25	ND-0302-252	02-05-91	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	100,00		27,00		R	6.889.172	409.957	A	586	07-12-94		50.053.939
26	ND-0302-282	03-03-92	SOCIEDAD AGRICOLA IGLESIA COLORADA LTDA.	100,00		20,00		R	6.887.110	411.440	A	550	31-07-96		50.684.659
27	ND-0302-283	03-03-92	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	58,50		58,50		R	6.886.990	411.560	A	537	17-12-93		52.529.515
28	ND-0302-302	19-10-92	EMPRESAS CABO DE HORNO S.A.	70,00		58,50		R	6.892.200	407.930	A	422	16-09-94		54.374.371
29	ND-0302-303	21-10-92	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	100,00		54,00		R	6.887.432	411.304	A	244	29-03-96		56.077.315
30	ND-0302-305	26-10-92	AGRICOLA MANFLAS LIMITADA	60,00		45,00		R	6.890.100	404.200	A	520	22-09-95		57.496.435
31	ND-0302-305	26-10-92	AGRICOLA MANFLAS LIMITADA	50,00		33,75		R	6.891.460	404.140	A	520	22-09-95		58.560.775
32	ND-0302-325	24-06-93	EMPRESAS CABO DE HORNO S.A.	9,00		9,00		R	6.894.770	407.150	A	81	25-01-96		58.844.599
33	ND-0302-326	24-06-93	EMPRESAS CABO DE HORNO S.A.	80,00		40,00		R	6.891.850	407.780	A	174	01-04-97		60.106.039
34	ND-0302-344	28-06-93	SOCIEDAD AGRICOLA IGLESIA COLORADA LTDA.	36,00		36,00		R	6.884.575	414.650	A	301	26-04-96		61.241.335

SECTOR 1, AGUAS ARRIBA EMBALSE LAUTARO															
Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
35	ND-0302-347	28-06-93	SOC. AGRICOLA SAN SEBASTIAN LTDA.	40,00		40,00		R	6.887.875	411.155	A	426	28-06-96		62.502.775
36	ND-0302-350	28-06-93	SOCIEDAD AGRICOLA IGLESIA COLORADA LTDA.	100,00		81,00		R	6.885.960	413.100	A	296	26-04-96		65.057.191
37	ND-0302-372	30-06-93	FERNANDO PROHENS ESPINOSA	60,00		60,00		R	6.897.340	406.330	A	691	25-09-96		66.949.351
38	ND-0302-381	30-06-93	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	80,00		29,00		R	6.890.250	408.530	A	534	26-05-98		67.863.895
39	ND-0302-381	30-06-93	EMPRESAS CABO DE HORNOS S.A.	80,00		35,00		R	6.890.250	408.530	A	534	26-05-98		68.967.655

SECTOR 2, EMBALSE LAUTARO - LA PUERTA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-13	28-08-74	ALFONSO PROHENS ARIAS	100,00		100,00	576.000	R	6.907.560	400.370	A	271	01-08-80		576.000
2	UA-0302-26	12-03-80	COMUNIDAD INDIGENA COLLA COMUNA DE COPIA	65,00		60,00		R	6.915.720	396.580	A	241	10-06-87		2.468.160
3	UA-0302-18	21-04-80	ALFONSO KONG LOPEZ	90,00		62,00		R	6.915.590	396.810	A	52	18-02-81		4.423.392
4	UA-0302-28	25-09-80	NOELIA DEL CARMEN GROSSI GUAITA Y OTROS	120,00		120,00		R	6.910.100	399.800	A	340	10-09-80		8.207.712
5	UA-0302-8	20-09-83	SOC. AGRICOLA SACRAMENTO Y CIA LTDA.	25,00		25,00		R	6.921.459	391.022	A	164	23-05-84		8.996.112
6	UA-0302-10	19-02-85	ALFONSO PROHENS ARIAS	100,00		100,00		R	6.908.020	400.430	A	448	06-11-86		12.149.712
7	UA-0302-24	22-03-85	DOMINGO EDUARDO GUGGIANA GUGGIANA	30,00		30,00		R	6.915.850	395.820	A	179	09-05-85		13.095.792
8	UA-0302-24	22-03-85	DOMINGO EDUARDO GUGGIANA GUGGIANA	80,00		80,00		R	6.915.400	396.050	A	180	09-05-85		15.618.672
9	UA-0302-4	23-10-85	SOC. CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQUERA	130,00		120,00		R	6.907.120	400.650	A	391	15-10-86		19.402.992
10	UA-0302-805847		SUCESION HERIBERTO PESENTI LATORRE			70,00		R	6.916.860	394.200	A	494	20-11-86		21.610.512
11	UA-0302-809227		CIA. AGRICOLA GANADERA HORNITO S.A.			70,00		R			A	344	20-04-67		23.818.032
12	UA-0302-805765		ALFONSO PROHENS ARIAS			90,00	547.200	R	6.923.440	388.650	A	391	08-10-80		24.365.232
13	NR-0302-105	07-04-86	REID HENDERSON DORN HANDSHY	60,00		60,00		R	6.916.960	394.600	A	705	17-08-87		26.257.392
14	NR-0302-63	01-10-99	PEDRO COMPAS RIVERA	45,00		40,00		R			A	294	30-06-00		27.518.832
15	NR-0302-74	21-11-00	VIRGILIO VALLEJOS ABARCA	45,00		18,00		R			A	515	09-11-01		28.086.480
16	ND-0302-960	16-11-05	ANTONIO SQUEO FARRUGIA	2,00		2,00		R	6.917.197	394.944	A	10	29-05-06	4º T	28.149.552
17	ND-0302-1042	05-11-79	ALFONSO PROHENS ESPINOZA Y OTROS	80,00		70,00		R	6.922.170	388.770	A	247	11-06-87		30.357.072
18	ND-0302-922	14-01-80	JAIME PROHENS ESPINOSA Y OTROS	70,00		70,00		R	6.918.830	393.110	A	157	10-06-83		32.564.592
19	ND-0302-934	18-01-80	REID HENDERSON DORN	90,00		90,00		R	6.918.087	393.946	A	632	30-12-83		35.402.832
20	ND-0302-946	18-06-80	MINISTERIO DE EDUCACION	23,00		23,00		AP	6.921.300	391.300	A	8	12-01-84		36.128.160
21	ND-0302-1027	03-05-83	SENDOS III REGION	15,00		15,00		AP	6.921.190	390.840	A	497	24-11-86		36.601.200
22	ND-0302-964	07-12-83	COMPAÑIA DE PRODUCTOS ALIMENTOS Y SERVICIO	100,00		80,00		I	6.912.920	398.120	A	151	23-04-85		39.124.080
23	ND-0302-958	16-03-84	SOC. CONST. DEL PACIFICO JORQUERA HNOS. LT	100,00		80,00		R	6.905.750	401.400	A	376	14-11-84		41.646.960
24	ND-0302-979	22-06-84	SOCIEDAD CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQ	100,00		100,00		R	6.909.980	400.100	A	467	26-11-85		44.800.560
25	ND-0302-993	03-07-84	ALFONSO PROHENS ARIAS	140,00		128,00		R	6.907.480	400.140	A	256	11-07-86		48.837.168
26	ND-0302-977	17-07-84	CORPORA TRESMONTES S.A.	100,00		100,00		I	6.905.990	400.470	A	395	30-09-85		51.990.768
27	ND-0302-968	17-08-84	FRUTICOLA Y EXPORTADORA ATACAMA LIMITADA	30,00		30,00		I	6.914.100	397.410	A	157	24-04-85		52.936.848
28	ND-0302-1045	06-02-85	SOC. CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQUERA	120,00		77,00		R	6.905.610	401.320	A	83	23-02-87		55.365.120
29	ND-0302-1034	18-03-85	SERGIO ROQUE GROSSI TORNINI	45,00		19,00		R			A	15	09-01-87		55.964.304
30	ND-0302-1379	09-04-85	ALBERTO PESENTI OVIEDO Y OTROS	80,00		80,00		R	6.906.970	400.470	A	227	23-06-86		58.487.184
31	ND-0302-1007	19-04-85	JAIME PROHENS ESPINOSA	55,00		55,00		R	6.920.020	391.950	A	301	04-08-86		60.221.664
32	ND-0302-1039	20-05-85	SOCIEDAD AGRICOLA EL FUERTE Y COMPAÑIA LT	40,00		26,00		R	6.921.510	389.430	A	163	06-04-87		61.041.600
33	ND-0302-991	11-06-85	COMPAÑIA DE ALIMENTOS Y SERVICIOS CORPOR	100,00		75,00		I	6.920.700	390.540	A	96	25-02-86		63.406.800
34	ND-0302-998	02-07-85	CODELPA LTDA	120,00		100,00		R	6.910.130	400.100	A	294	30-07-86		66.560.400

SECTOR 2, EMBALSE LAUTARO - LA PUERTA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
35	ND-0302-1032	21-10-85	DOMINGO GUGGIANA RIVERA	100,00		100,00		R	6.913.456	398.355	A	515	15-12-86		69.714.000
36	ND-0302-1048	18-02-86	LEONIDAS ARTURO GODOY NEIRA	25,00		25,00		R	6.912.740	397.770	A	207	08-05-87		70.502.400
37	ND-0302-1046	25-11-86	ANTONIO JIRON CARLINI	25,00		8,00		R	6.920.025	391.995	A	84	23-02-87		70.754.688
38	ND-0302-1036	02-12-86	JOSE MANUEL VELASCO CESARI	20,00		9,00		R	6.920.800	391.270	A	136	17-03-87		71.038.512
39	ND-0302-1056	22-05-87	SOCIEDAD CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQU	150,00		100,00		R	6.909.532	400.561	A	391	30-09-87		74.192.112
40	ND-0302-65	05-07-88	ALBERTO PESENTI OVIEDO	100,00		100,00		R	6.906.370	400.490	A	249	26-06-89		77.345.712
41	ND-0302-210	04-10-90	SOCIEDAD AGRICOLA RIO ESCONDIDO LTDA.	100,00		100,00		R	6.921.430	389.550	A	444	08-07-96		80.499.312
42	ND-0302-218	20-11-90	SOCIEDAD AGRICOLA RIO ESCONDIDO LTDA.	200,00		67,50		R	6.921.080	390.220	A	475	12-07-96		82.627.992
43	ND-0302-220	20-12-90	SOCIEDAD AGRICOLA RIO ESCONDIDO LTDA.	100,00		100,00		R	6.921.440	389.460	A	437	08-07-96		85.781.592
44	ND-0302-221	20-12-90	PEDRO COMPAS RIVERA	40,00		40,00		R	6.921.300	390.580	A	404	16-09-92		87.043.032
45	ND-0302-222	20-12-90	EXPORTADORA RIO BLANCO LTDA.	120,00		120,00		R	6.911.220	399.230	A	28	23-01-92		90.827.352
46	ND-0302-229	24-12-90	SOCIEDAD AGRICOLA UNI AGRI COPIAPO LTDA.	130,00		76,00		R	6.910.296	400.533	A	349	25-07-95		93.224.088
47	ND-0302-268	06-08-91	CARMEN DEL ROSARIO OLIVARES	26,00		26,00		R	6.920.640	391.430	A	475	10-11-93		94.044.024
48	ND-0302-287	08-04-92	SOCIEDAD AGRICOLA UNI AGRI COPIAPO LTDA.	100,00		100,00		R	6.910.720	399.360	A	514	22-09-95		97.197.624
49	ND-0302-289	21-04-92	FRUTICOLA Y EXPORTADORA ATACAMA LIMITADA	90,00		90,00		I	6.914.190	397.740	A	256	14-06-95		100.035.864
50	ND-0302-382	30-06-93	ENDRAOS NICOLAS PATIÑO	18,00		18,00		R	6.906.300	391.940	A	350	16-05-96		100.603.512
51	ND-0302-374	01-01-97	JAIME PROHENS ESPINOSA	55,00		36,00		R	6.920.250	392.095	A	379	11-06-97		101.738.808

SECTOR 3, LA PUERTA - MAL PASO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-19	02-06-80	THEO LINGUA BUZZETI	60,00		37,00		R	6.955.640	374.840	A	53	18-02-81		1.166.832
2	UA-0302-23	13-05-83	COMUNIDAD INDIGENA COLLA COMUNA DE COPIA	30,00		30,00		M			A	59	07-02-85		2.112.912
3	UA-0302-5	24-09-84	SOCIEDAD AGRICOLA EL INCA LTDA.	120,00		60,00		R	6.949.260	376.630	A	434	28-10-85		4.005.072
4	UA-0302-12	18-04-86	INMOBILIARIA LOS ALERCES LIMITADA	60,00		60,00		AP			A	83	08-02-95		5.897.232
5	UA-0302-25	22-04-86	JOSE PIAZZOLI SALA Y OTROS	38,00		35,00		R	6.952.426	374.789	A	364	23-09-86		7.000.992
6	UA-0302-803387		SOC.DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LTDA			105,00		R	6.937.010	379.240	A	515	07-08-90		10.312.272
7	UA-0302-805201		SOC.AGRICOLA EL SOL DE COPIAPO LTDA.			60,00		R	6.932.140	382.360	A	168	03-05-85		12.204.432
8	UA-0302-805764		COMPAÑIA EXPLOTADORA DE MINAS SAN ANDRES			10,00		M	6.933.640	382.150	A*	417	05-11-79		12.519.792
9	UA-0302-805838		ISIDORO QUIROGA MORENO			21,00		R	6.933.940	382.220	A	263	29-07-80		13.182.048
10	UA-0302-805851		LUIS PEPPI PORFIRI Y OTRO			38,00		R	6.933.010	382.160	A	331	02-09-80		14.380.416
11	UA-0302-809213		JUSTINO CASTILLO RIVERA	16,00		16,00	246.208	R			A	242	16-07-69		14.626.624
12	UA-0302-809275		SOC. DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LTD			31,74	1.001.000	R	6.936.880	379.360	A	68	12-03-80		15.627.624
13	UA-0302-805838		ISIDORO QUIROGA MORENO			28,00		R	6.933.940	382.220	A	263	29-07-80		16.510.632
14	NR-0302-1	19-06-87	PEDRO CHIAPPA ARANDA Y OTROS	84,20		65,00		R			A	414	26-10-87		18.560.472
15	NR-0302-45	21-03-97	COMUNIDAD MAGGI-YAÑEZ Y OTRA	30,00		30,00		R	6.952.770	375.321	A	210	28-05-98		19.506.552
16	NR-0302-54	09-07-98	EDGARDO HUMBERTO LABRA TELLO Y OTROS Y C	28,00		28,00		R	6.955.374	375.100	A	350	04-09-98		20.389.560
17	ND-0302-987	21-11-05	JULIO CESAR MORALES NEYRA	2,00		2,00		R	6.954.331	406.619	A	11	29-05-06	4º T	20.452.632
18	ND-0302-939	15-02-80	RODRIGO JAVIER MORENO PROHENS	60,00		55,00		R	6.945.230	377.420	A	517	07-11-83		22.187.112
19	ND-0302-937	27-02-80	SOCIEDAD GUILLERMO ROJAS SAEZ Y COMPAÑIA	70,00		42,00		R	6.931.620	382.550	A	603	14-12-83		23.511.624
20	ND-0302-920	02-04-80	SOCIEDAD AGRICOLA CHAÑARCILLO LTDA.	90,00		35,00		R	6.941.245	378.520	A	511	15-12-82		24.615.384
21	ND-0302-947	06-07-80	JUAN FERNANDO SILVA	10,00		10,00		R	6.954.150	374.670	A	91	07-03-84		24.930.744
22	ND-0302-1041	28-07-80	SOC AGRICOLA 7 AMIGOS Y OTROS	50,00		50,00		R	6.939.580	378.710	A	78	18-02-87		26.507.544
23	ND-0302-956	14-08-80	SOCIEDAD AGRICOLA CHAÑARCILLO LTDA.	60,00		60,00		R	6.941.910	378.460	A	354	25-10-84		28.399.704
24	ND-0302-990	18-07-84	SOCIEDAD PROCESADORA EL BRONCE LIMITADA	100,00		100,00		M			A	347	20-08-85		31.553.304
25	ND-0302-965	22-07-84	MARIA LUISA CORREA LARRAIN	90,00		80,00		R	6.946.230	376.960	A	218	28-05-85		34.076.184
26	ND-0302-967	22-07-84	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	120,00		85,00		R	6.944.200	378.160	A	202	17-05-85		36.756.744
27	ND-0302-1006	18-10-84	CIA. EXPLORADORA Y EXPLOTADORA MINERA CH	100,00		75,00		M	6.949.580	376.680	A	288	28-07-86		39.121.944
28	ND-0302-1382	24-03-85	MANUEL JORQUERA MONTERO	120,00		100,00		R			A	387	10-10-86		42.275.544
29	ND-0302-1382	24-03-85	MANUEL JORQUERA MONTERO	120,00		120,00		R			A	387	10-10-86		46.059.864
30	ND-0302-1384	03-06-85	MILENA RONSECCO PINCHETTI Y OTROS	140,00		140,00		R	6.950.100	376.590	A	106	05-03-86		50.474.904
31	ND-0302-1010	03-08-85	SOCIEDAD AGRICOLA DEL INCA LTDA.	100,00		100,00		R	6.932.780	382.210	A	310	07-08-86		53.628.504
32	ND-0302-1030	17-08-85	SOCIEDAD PROCESADORA EL BRONCE LTDA.	70,00		70,00		M	6.947.190	376.610	A	513	12-12-86		55.836.024
33	ND-0302-1030	17-08-85	SOCIEDAD PROCESADORA EL BRONCE LTDA.	70,00		70,00		M	6.947.390	376.640	A	513	12-12-86		58.043.544
34	ND-0302-995	02-09-85	SOCIEDAD AGRICOLA DEL INCA LTDA.	80,00		80,00		R	6.930.740	383.170	A	271	18-07-86		60.566.424

SECTOR 3, LA PUERTA - MAL PASO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
35	ND-0302-1044	18-10-85	ADOLFO MUÑOZ MUÑOZ	40,00		23,00		R	6.929.190	384.400	A	82	23-02-87		61.291.752
36	ND-0302-1023	04-11-85	SOCIEDAD PROCESADORA EL BRONCE LTDA.	100,00		100,00		R	6.948.170	376.880	A	413	27-10-86		64.445.352
37	ND-0302-1029	06-11-85	MANUEL JORQUERA MONTERO	80,00		80,00		R	6.928.450	385.500	A	439	06-11-86		66.968.232
38	ND-0302-1038	04-12-85	SOCIEDAD PROCESADORA EL COBRE LIMITADA	100,00		100,00		R	6.948.450	376.900	A	138	17-03-87		70.121.832
39	ND-0302-1037	05-12-85	SOCIEDAD CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQUERA	100,00		95,00		R	6.953.510	374.460	A	73	18-02-87		73.117.752
40	ND-0302-1052	06-01-86	AGRICOLA AMANCAY LTDA.	100,00		110,00		R	6.949.940	376.960	A	208	08-05-87		76.586.712
41	ND-0302-1381	01-03-86	OSCAR PROHENS ESPINOSA	50,00		50,00		R	6.930.650	383.270	A	314	13-08-86		78.163.512
42	ND-0302-1066	02-07-86	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	80,00		80,00		R	6.935.560	381.030	A	421	18-05-90		80.686.392
43	ND-0302-1058	24-04-87	SOCIEDAD CONSTRUCTORA DEL PACIFICO JORQUERA	120,00		116,00		R	6.945.380	376.200	A	393	30-09-87		84.344.568
44	ND-0302-50	08-04-88	ALFONSO PROHENS ARIAS	60,00		60,00		R	6.927.180	386.010	A	507	24-07-90		86.236.728
45	ND-0302-56	09-05-88	CARLOS ELIACER TORRES PEDREROS	20,00		20,00		R	6.928.700	384.730	A	232	16-06-89		86.867.448
46	ND-0302-135	21-04-89	SOC. AGRICOLA SACRAMENTO Y CIA LTDA.	60,00		40,00		R	6.946.800	376.420	A	388	04-05-90		88.128.888
47	ND-0302-159	22-09-89	LUIS MODESTO PEPPI PORFIRI Y OTROS	32,00		32,00		R			A	673	04-12-90		89.138.040
48	ND-0302-215	09-11-90	AGRICOLA SANTA FE S.A.	100,00		31,50		R	6.932.520	382.740	A	347	16-08-93		90.131.424
49	ND-0302-240	24-01-91	ELISEO ALFREDO GROSSI GUAITA	80,00		63,00		R	6.929.970	383.770	A	898	16-11-99		92.118.192
50	ND-0302-231	29-01-91	SUCESION DAVID DEL CURTO LIBERA (DELIBER S.	100,00		49,00		I	6.931.290	382.680	A	212	25-05-94		93.663.456
51	ND-0302-231	29-01-91	SUCESION DAVID DEL CURTO LIBERA (DELIBER S.	50,00		50,00		I	6.931.870	382.450	A	212	25-05-94		95.240.256
52	ND-0302-232	31-01-91	ALFONSO PROHENS ESPINOSA	85,00		85,00		R	6.924.700	387.500	A	252	14-06-95		97.920.816
53	ND-0302-239	22-02-91	FRUTICOLA Y EXPORTADORA ATACAMA LIMITADA	90,00		58,00		I	6.951.830	375.370	A	554	24-11-94		99.749.904
54	ND-0302-244	25-03-91	NICASIO TORRES ALFARO	28,00		25,00		R	6.929.200	384.130	A	350	25-07-95		100.538.304
55	ND-0302-272	22-07-91	FRUTICOLA Y EXPORTADORA ATACAMA LIMITADA	90,00		85,50		I	6.952.920	374.620	A	397	18-06-97		103.234.632
56	ND-0302-272	22-07-91	FRUTICOLA Y EXPORTADORA ATACAMA LIMITADA	90,00		80,00		I	6.952.720	374.710	A	397	18-06-97		105.757.512
57	ND-0302-290	24-04-92	DELIBER S.A.	80,00		74,00		I	6.929.650	383.740	A	172	19-05-95		108.091.176
58	ND-0302-291	08-05-92	AGRICOLA SANTA SAVINA LTDA.	85,00		45,00		R	6.955.564	375.040	A	1157	24-11-98		109.510.296
59	ND-0302-296	22-06-92	SOCIEDAD AGRICOLA EL FUERTE Y CIA. LTDA.	14,40		14,40		R	6.954.600	374.860	A	191	11-03-96		109.964.414
60	ND-0302-296	22-06-92	SOCIEDAD AGRICOLA EL FUERTE Y CIA. LTDA.	25,00		25,00		R	6.954.430	375.020	A	191	11-03-96		110.752.814
61	ND-0302-301	05-10-92	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRI COPIAPO LTDA.	80,00		30,00		R	6.951.710	375.290	A	416	29-04-98		111.698.894
62	ND-0302-316	17-03-93	DAVID DIAZ IBACETA	13,00		13,00		R	6.934.590	382.320	A	673	27-11-95		112.108.862
63	ND-0302-340	27-05-93	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	70,00		54,00		R	6.935.720	380.580	A	530	10-10-03		113.811.806
64	ND-0302-341	27-05-93	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	90,00		40,00		I	6.945.590	376.580	A	874	29-10-99		115.073.246
65	ND-0302-342	28-05-93	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	90,00		60,00		I	6.945.760	376.400	A	467	10-07-97		116.965.406
66	ND-0302-365	30-05-93	SOCIEDAD AGRICOLA AMANCAY LTDA.	80,00		80,00		R	6.950.280	376.070	A	861	11-11-96		119.488.286
67	ND-0302-368	30-05-93	OSCAR PROHENS ESPINOSA	100,00		76,00		R	6.929.700	380.910	A	466	10-07-97		121.885.022
68	ND-0302-339	28-06-93	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	80,00		80,00	2.522.880	R	6.936.897	380.094	A	82	21-04-10		124.407.902

SECTOR 3, LA PUERTA - MAL PASO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
69	ND-0302-339	28-06-93	DEL NORTE EXPORTADORA FRUTICOLA LIMITADA	80,00		21,00		R	6.937.760	378.670	A	352	13-09-04		125.070.158
70	ND-0302-364	30-06-93	SUCESION DAVID DEL CURTO LIBERA (DELIBER S.	80,00		70,00		I	6.933.880	381.920	A	123	08-02-99		127.277.678
71	ND-0302-366	30-06-93	AGRO 7 AMIGOS S.A.	63,00		63,00		R	6.940.440	378.140	A	1001	31-12-96		129.264.446

SECTOR 4, MAL PASO - COPIAPO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-17	19-03-74	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA - ENAMI	18,00		18,00		M			A	61	27-01-86		567.648
2	UA-0302-17	19-03-74	COMUNIDAD INDIGENA COLLA COMUNA DE COPIA	32,00		32,00		M			A	61	27-01-86		1.576.800
3	UA-0302-7	03-06-80	COMPAÑIA MINERA SAN JOSE LTDA.	20,00		20,00		M	6.959.520	374.200	A	45	03-02-82		2.207.520
4	UA-0302-22	01-04-81	COMPAÑIA MINERA OJOS DEL SALADO S.A.	20,00		20,00		M	6.958.110	374.184	A	361	26-10-81		2.838.240
5	UA-0302-27	03-09-81	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA	30,00		30,00		M	6.967.320	373.250	A	304	11-08-87		3.784.320
6	UA-0302-27	03-09-81	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA	30,00		30,00		M	6.967.090	373.560	A	304	11-08-87		4.730.400
7	UA-0302-27	03-09-81	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA	30,00		30,00		M	6.966.890	373.410	A	304	11-08-87		5.676.480
8	UA-0302-1	03-05-85	AGUAS CHAÑAR S.A.	35,00		35,00		AP	6.970.818	369.107	A	960	11-11-02		6.780.240
9	UA-0302-1	03-05-85	AGUAS CHAÑAR S.A.	35,00		35,00		AP			A	960	11-11-02		7.884.000
10	UA-0302-1	03-05-85	AGUAS CHAÑAR S.A.	35,00		35,00		AP	6.970.920	369.026	A	960	11-11-02		8.987.760
11	UA-0302-1	03-05-85	AGUAS CHAÑAR S.A.	35,00		35,00		AP	6.970.926	368.905	A	960	11-11-02		10.091.520
12	UA-0302-1	03-05-85	AGUAS CHAÑAR S.A.	35,00		35,00		AP			A	960	11-11-02		11.195.280
13	M-3-035		EMPRESA NACIONAL DE MINERIA			36,00		M	6.966.011	378.878	A*	23	01-09-67		12.330.576
14	UA-0302-805841		PATRICIO BUSTAMANTE FERDINAND Y OTRO			34,18	1.078.000	R	6.966.680	374.300	A	220	30-06-80		13.408.576
15	UA-0302-809203		VICTOR GHIGLINO NOLLI			45,00		R	6.957.000	375.300	A	281	01-04-66		14.827.696
16	UA-0302-809232		ENAMI			47,00		M	6.966.610	375.740	A	129	12-08-70		16.309.888
17	NR-0302-108	04-07-86	FISCO DE CHILE, CARABINEROS DE CHILE	130,00		130,00		R	6.955.830	375.310	A	150	23-02-87		20.409.568
18	NR-0302-98	21-08-86	ANTONIO VERSALOVIC OSTOJIC	60,00		60,00		R	6.969.335	370.415	A	344	26-08-88		22.301.728
19	NR-0302-111	26-12-86	COMPAÑIA MINERA OJOS DEL SALADO S.A.	45,00		45,00		M			A	69	03-03-88		23.720.848
20	NR-0302-46	03-07-97	OCTAVIO VALLEJO BUSCHMANN	18,00		18,00		R	6.968.300	370.575	A	248	13-07-99		24.288.496
21	NR-0302-57	06-04-99	MIGUEL GONZALO MOLL ARCE	80,00		54,00		R			A	123	29-03-00		25.991.440
22	NR-0302-72	08-09-00	SOCIEDAD AGRICOLA SANTA MARGARITA LTDA.	28,00		28,00		R			A	178	25-04-01		26.874.448
23	ND-0302-1383	16-04-80	SENDOS III REGION	60,00		60,00		AP	6.970.613	370.354	A	393	17-10-86		28.766.608
24	ND-0302-978	16-04-80	EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ATACAMA	40,00		40,00		AP	6.956.041	375.306	A	435	28-10-85		30.028.048
25	ND-0302-978	16-04-80	EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE ATACAMA	40,00		40,00		AP			A	435	28-10-85		31.289.488
26	ND-0302-1383	16-04-80	SENDOS III REGION	60,00		60,00		AP	6.970.561	370.199	A	393	17-10-86		33.181.648
27	ND-0302-1383	16-04-80	SENDOS III REGION	60,00		60,00		AP	6.970.541	370.264	A	393	17-10-86		35.073.808
28	ND-0302-1383	16-04-80	SENDOS III REGION	60,00		60,00		AP	6.970.555	370.334	A	393	17-10-86		36.965.968
29	ND-0302-925	27-06-80	COMPAÑIA MINERA AGUSTINA	20,00		15,00		M	6.957.000	375.305	A	275	01-08-83		37.439.008
30	ND-0302-936	09-07-80	RAUL CASTELLON MARTINEZ	20,00		17,00		AP	6.970.428	368.228	A	593	13-12-83		37.975.120
31	ND-0302-928	04-08-80	JUAN CALLEGARI MARIOTTI	80,00		80,00		R	6.969.292	369.893	A	321	25-08-83		40.498.000
32	ND-0302-924	18-11-80	SOCIEDAD MINERA LA CONDESA	50,00		40,00		M	6.970.180	369.358	A	304	23-08-83		41.759.440
33	ND-0302-951	03-02-81	SOCIEDAD MINERA CONTRACTUAL PROVIDENCIA	50,00		40,00		M	6.970.390	368.980	A	215	09-07-84		43.020.880
34	ND-0302-923	27-03-81	ANGEL REVELLO VALENCIA Y OTROS	40,00		40,00		R	6.967.950	370.970	A	248	28-07-83		44.282.320

SECTOR 4, MAL PASO - COPIAPO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
35	ND-0302-912	21-07-81	CIA MINERA Y COMERCIAL HOCHSCHILD S.A.	70,00		70,00		M	6.972.560	367.780	A	43	01-02-82		46.489.840
36	ND-0302-962	26-05-84	SENDOS III REGION	30,00		30,00		AP	6.973.380	368.865	A	53	05-02-85		47.435.920
37	ND-0302-997	18-06-85	SERVICIO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (SEN	70,00		40,00		AP	6.971.268	368.192	A	279	24-07-86		48.697.360
38	ND-0302-1040	17-09-85	UNIVERSIDAD DE ATACAMA	100,00		10,00		R	6.972.150	367.630	A	74	18-02-87		49.012.720
39	ND-0302-8	20-02-87	JEANNE MARIE DELARD GAETE	100,00		87,00		R	6.959.970	374.570	A	377	11-10-91		51.756.352
40	ND-0302-1057	02-04-87	ENAMI	24,00		24,00		M	6.955.990	375.020	A	417	26-10-87		52.513.216
41	ND-0302-1047	20-07-87	ARNALDO PAPAPIETRO LOCATELLI	70,00		15,00		R	6.966.850	372.730	A	292	24-07-87		52.986.256
42	ND-0302-64	04-07-88	SOCIEDAD CID Y CID LTDA.	10,00		2,50		R	6.972.165	368.495	A	17	05-01-90		53.065.096
43	ND-0302-91	04-10-88	CESAR OSVALDO MIRANDA LARA	15,00		6,50		R	6.970.180	368.775	A	456	05-06-90		53.270.080
44	ND-0302-124	04-04-89	ALDO RENE CICARDINI MORALES	30,00		12,00		R	6.968.320	371.940	A	225	22-03-90		53.648.512
45	ND-0302-158	08-09-89	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA	150,00		150,00		M	6.961.236	374.682	A	26	22-01-91		58.378.912
46	ND-0302-162	05-10-89	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA	150,00		150,00		M	6.961.164	374.591	A	26	22-01-91		63.109.312
47	ND-0302-169	08-11-89	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA	150,00		150,00		M	6.961.156	374.516	A	26	22-01-91		67.839.712
48	ND-0302-170	08-11-89	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA	150,00		150,00		M	6.960.967	374.737	A	26	22-01-91		72.570.112
49	ND-0302-183	13-03-90	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA CANDELARIA	150,00		150,00		M	6.960.967	374.589	A	26	22-01-91		77.300.512
50	ND-0302-199	22-05-90	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	150,00		45,00		M	6.957.995	375.113	A	414	22-09-92		78.719.632
51	ND-0302-233	13-02-91	COMPAÑIA MINERA OJOS DEL SALADO S.A.	150,00		135,00		M	6.958.305	375.042	A	453	29-10-93		82.976.992
52	ND-0302-235	19-02-91	SOC AGRICOLA EL HUERTO LTDA.	10,00		10,00		R	6.971.620	369.120	A	516	07-12-93		83.292.352
53	ND-0302-246	19-04-91	EMSSAT S.A.	100,00		100,00		AP	6.968.502	370.786	A	625	07-11-03		86.445.952
54	ND-0302-247	19-04-91	AGUAS CHAÑAR S.A.	80,00		80,00		AP	6.957.930	375.070	A	477	11-11-93		88.968.832
55	ND-0302-246	19-04-91	EMSSAT S.A.	100,00		100,00		AP	6.968.512	370.899	A	625	07-11-03		92.122.432
56	ND-0302-247	19-04-91	AGUAS CHAÑAR S.A.	80,00		80,00		AP	6.970.500	370.299	A	477	11-11-93		94.645.312
57	ND-0302-246	19-04-91	EMSSAT S.A.	100,00		100,00		AP	6.968.551	370.825	A	625	07-11-03		97.798.912
58	ND-0302-246	19-04-91	EMSSAT S.A.	100,00		100,00		AP	6.968.459	370.849	A	625	07-11-03		100.952.512
59	ND-0302-256	30-04-91	COMINOR INGENIERIA Y PROYECTOS S. A.	100,00		100,00		M	6.962.730	374.810	A	44	24-01-96		104.106.112
60	ND-0302-256	30-04-91	COMINOR INGENIERIA Y PROYECTOS S. A.	100,00		100,00		I	6.962.730	375.310	A	44	24-01-96		107.259.712
61	ND-0302-264	08-07-91	COMPAÑIA CONTRACTUAL MINERA OJOS DEL SAL	60,00		40,00		M	6.961.454	374.766	A	549	31-07-96		108.521.152
62	ND-0302-284	03-03-92	DISTRIBUIDORA DE AGUAS VIÑITA AZUL LTDA.	70,00		65,00		R	6.968.060	371.365	A	569	25-11-92		110.570.992
63	ND-0302-285	18-03-92	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA - ENAMI	80,00		80,00		M	6.966.322	374.678	A	317	01-08-94		113.093.872
64	ND-0302-295	11-06-92	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	120,00		36,00		R	6.967.500	373.430	A	373	28-07-95		114.229.168
65	ND-0302-297	08-07-92	S.A. CEMENTERIO PARQUE DE COPIAPO SOC.	20,00		18,00		R	6.971.599	368.210	A	437	18-08-95		114.796.816
66	ND-0302-298	20-07-92	BENILOP SFEIR ABORACHET	80,00		80,00		R	6.962.665	375.031	A	586	23-08-96		117.319.696
67	ND-0302-307	02-11-92	SOC. AGRICOLA SACRAMENTO Y CIA LTDA.	10,00		10,00		R	6.970.180	368.775	A	243	29-03-96		117.635.056
68	ND-0302-308	02-11-92	COMINOR INGENIERIA Y PROYECTOS S. A.	200,00		90,00		I	6.958.015	374.700	A	226	17-04-97		120.473.296

SECTOR 4, MAL PASO - COPIAPÓ

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
69	ND-0302-313	29-12-92	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA - ENAMI	80,00		50,00		M	6.966.168	374.637	A	240	29-03-96		122.050.096
70	ND-0302-315	04-02-93	EMPRESA NACIONAL DE MINERIA - ENAMI	110,00		17,00		M	6.972.053	368.158	A	884	17-09-98		122.586.208
71	ND-0302-319	26-03-93	I. MUNICIPALIDAD DE TIERRA AMARILLA	108,00		30,00		R	6.959.368	374.697	A	353	23-05-96		123.532.288
72	ND-0302-324	23-06-93	EMSSAT S.A.	20,00		9,00		AP	6.968.780	371.240	A	293	26-04-96		123.816.112
73	ND-0302-327	24-06-93	SOC.CONTRACTUAL MINERA SAN JOAQUIN.	30,00		4,50		M	6.964.230	374.690	A	305	25-03-98		123.958.024
74	ND-0302-331	24-06-93	ANIBAL PEREZ PEREZ Y OTROS	40,00		40,00		R	6.971.220	368.235	A	446	08-07-96		125.219.464
75	ND-0302-386	01-07-93	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	80,00		34,00		I	6.971.661	377.135	A	126	10-02-98		126.291.688
76	ND-0302-386	01-07-93	SOCIEDAD PUNTA DEL COBRE S.A.	80,00		40,00		I	6.971.224	378.997	A	126	10-02-98		127.553.128
77	ND-0302-318	19-03-96	AGUAS CHAÑAR S.A.	80,00		70,00		AP	6.956.110	375.297	A	445	08-07-96		129.760.648

SECTOR 5, COPIAPÓ - PIEDRA COLGADA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-21	08-02-80	VASANGEL S.A CHILE Y CIA. LIMITADA	90,00		60,00		R	6.979.188	358.425	A	108	30-03-81		1.892.160
2	UA-0302-6	24-12-84	COMUNIDAD INDIGENA COLLA COMUNA DE COPIA	120,00		90,00		R	6.975.750	364.500	A	284	04-07-85		4.730.400
3	UA-0302-802924		RAFAEL MULET BOU	80,00		80,00		R	6.977.032	361.975	A	397	08-10-80		7.253.280
4	UA-0302-805789		RENATO PORCILE RISI	20,00		20,00	308.000	R	6.977.850	361.450	A	285	08-08-79		7.561.280
5	UA-0302-805840		SOC EMILIO SILVA Y CIA LTDA			29,30	924.000	R	6.977.540	361.800	A	181	06-06-80		8.485.280
6	UA-0302-807903		SOC.VASANGEL S.A. CHILE Y CIA.LTDA.			90,00		R	6.978.620	356.930	A	270	01-08-80		11.323.520
7	UA-0302-809197		JUAN DIAZ DIAZ Y OTRO	50,00		50,00	770.000	R	6.980.250	361.280	A	222	21-09-76		12.093.520
8	UA-0302-809216		GABRIELA PORCILE	80,00		80,00	1.231.040	R	6.981.073	358.176	A	279	01-09-69		13.324.560
9	UA-0302-802925		RAFAEL MULET BOU	80,00		80,00		R	6.977.095	361.777	A	397	08-10-80		15.847.440
10	UA-0302-811815		Loreto Viviana Grossi Galeb	8,33		8,33		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		16.110.135
11	UA-0302-811806		Sergo Grossi Tornini	4,17		4,17		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		16.241.640
12	UA-0302-811806		José Mauricio Rosales	4,17		4,17		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		16.373.145
13	UA-0302-811798		Delci Grossi Tornini	8,33		8,33		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		16.635.840
14	UA-0302-811804		Jorge Armando Soto Díaz	8,33		8,33		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		16.898.535
15	UA-0302-811803		Daniel Ricardo Álvarez Aspee	4,17		4,17		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		17.030.040
16	UA-0302-811814		Carlos Iván Ruiz Dettori	8,34		8,34		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		17.293.050
17	UA-0302-811776		Víctor Hugo Lutz Castro	10,00		10,00		R	6.979.550	358.940	A	1907	09-09-87		17.608.410
18	NR-0302-109	17-09-86	SOCIEDAD AGRICOLA PICHINCHA LIMITADA	62,00		62,00		R			A	714	21-08-87		19.563.642
19	NR-0302-109	17-09-86	SOCIEDAD AGRICOLA PICHINCHA LIMITADA	44,00		44,00		R			A	714	21-08-87		20.951.226
20	NR-0302-18	02-10-95	RENATO PORCILE RISSI	70,00		63,00		R	6.980.735	359.560	A	279	24-06-03		22.937.994
21	ND-0302-848	09-08-05	LUIS ALBERTO LAMPEREIN ALARCON	2,00		2,00		R	6.979.766	360.321	A	3	29-05-06	4º T	23.001.066
22	ND-0302-849	09-08-05	PATRICIA VERONICA MANRIQUEZ ALVAREZ	2,00		2,00		R	6.979.680	360.205	A	4	29-05-06	4º T	23.064.138
23	ND-0302-869	13-09-05	JACQUELINE ISABEL ESCOBAR GALLARDO	2,00		2,00		R	6.979.325	360.814	A	7	29-03-06	4º T	23.127.210
24	ND-0302-909	24-10-05	JUAN ADRIAN BENAVIDES VARGAS	2,00		2,00		R	6.979.994	356.578	A	8	29-05-06	4º T	23.190.282
25	ND-0302-1024	24-11-05	CAMILO FERNANDO AGUIRRE ERAZO	2,00		2,00		R	6.979.225	353.211	A	12	29-05-06	4º T	23.253.354
26	ND-0302-1254	15-12-05	GINO PAOLO VECCHIOLA ARELLANO	2,00		2,00		R	6.979.406	359.512	A	13	29-05-06	4º T	23.316.426
27	ND-0302-1256	16-12-05	AGROFARMACOS LTDA.	2,00		2,00		R	6.979.654	359.155	A	14	29-05-06	4º T	23.379.498
28	ND-0302-1257	16-12-05	DANIEL RICARDO ALVAREZ ASPEE	2,00		2,00		R	6.979.513	359.735	A	15	29-05-06	4º T	23.442.570
29	ND-0302-1258	16-12-05	DANIEL RICARDO ALVAREZ ASPEE	2,00		2,00		R	6.979.654	359.145	A	16	29-05-06	4º T	23.505.642
30	ND-0302-938	27-02-80	GUILLERMO ROJAS SAEZ	50,00		50,00		R	6.975.810	363.970	A	610	19-12-83		25.082.442
31	ND-0302-963	16-04-80	SERVICIO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (SEN	60,00		60,00		AP	6.974.510	366.110	A	101	19-03-85		26.974.602
32	ND-0302-963	16-04-80	SERVICIO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (SEN	70,00		70,00		AP	6.974.000	366.320	A	101	19-03-85		29.182.122
33	ND-0302-932	15-07-80	JOSE VERGOTTINI VERGOTTINI Y OTROS	50,00		50,00		R	6.980.900	358.850	A	292	12-08-83		30.758.922
34	ND-0302-949	24-08-80	FERNANDO SANTELICES LOYOLA	25,00		25,00		R	6.978.250	352.850	A	87	06-03-84		31.547.322

SECTOR 5, COPIAPÓ - PIEDRA COLGADA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
35	ND-0302-935	09-09-80	SOC. AGRIC. CHAMONATE LTDA.	50,00		50,00		R	6.978.790	360.680	A	374	20-09-83		33.124.122
36	ND-0302-948	20-09-80	MANUEL ANTONIO RIVADENEIRA SARRIA	15,00		15,00		R	6.972.920	367.415	A	86	06-03-84		33.597.162
37	ND-0302-919	20-02-81	FRANCISCO MARIO PORCILE RISI	95,00		95,00		R	6.978.509	352.670	A	18	28-01-83		36.593.082
38	ND-0302-952	13-03-81	FRANCISCO VALENZUELA NARANJO Y OTROS	75,00		75,00		R	6.974.360	363.460	A	121	10-04-84		38.958.282
39	ND-0302-952	13-03-81	FRANCISCO VALENZUELA NARANJO Y OTROS	75,00		43,00		R	6.974.570	363.540	A	121	10-04-84		40.314.330
40	ND-0302-957	05-06-81	SOCIEDAD GUSTAVO MORALES Y HNOS LTDA	50,00		50,00		R	6.980.147	356.889	A	358	29-10-84		41.891.130
41	ND-0302-1008	03-05-83	SENDOS III REGION	70,00		60,00		AP	6.973.920	366.420	A	303	05-08-86		43.783.290
42	ND-0302-999	03-07-85	ANA MARIA FIGARI BARRERA	100,00		100,00		R	6.976.344	363.583	A	280	24-07-86		46.936.890
43	ND-0302-992	02-08-85	SOCIEDAD AGRICOLA VALLE DORADO LTDA.	120,00		120,00		R	6.974.700	362.780	A	239	30-06-86		50.721.210
44	ND-0302-1060	03-09-85	ANA MARIA FIGARI BARRERA Y OTROS	100,00		60,00		R	6.975.160	365.480	A	51	17-02-88		52.613.370
45	ND-0302-1031	02-10-85	DOMINGO GUGGIANA GUGGIANA	80,00		80,00		R	6.975.080	363.400	A	451	07-11-86		55.136.250
46	ND-0302-1031	02-10-85	DOMINGO GUGGIANA GUGGIANA	80,00		80,00		R	6.974.800	363.730	A	451	07-11-86		57.659.130
47	ND-0302-1005	25-10-85	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRI COPIAPO LTDA.	120,00		100,00		R	6.976.811	362.084	A	297	01-08-86		60.812.730
48	ND-0302-1005	25-10-85	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRI COPIAPO LTDA.	120,00		120,00		R	6.977.248	361.593	A	297	01-08-86		64.597.050
49	ND-0302-1009	11-11-85	SOCIEDAD AGRICOLA UNI-AGRO COPIAPO LTDA.	120,00		120,00		R	6.976.908	361.676	A	304	05-08-86		68.381.370
50	ND-0302-1016	26-12-85	AGRICOLA SANTA TERESA LTDA.	60,00		40,00		R	6.974.340	364.450	A	422	31-10-86		69.642.810
51	ND-0302-1062	06-02-86	SOCIEDAD AGRICOLA ROSAEX LTDA.	80,00		80,00		R	6.978.206	352.646	A	426	10-11-88		72.165.690
52	ND-0302-1003	12-04-86	JUAN PATRICIO ROJAS SAEZ	100,00		100,00		R	6.975.320	365.020	A	296	01-08-86		75.319.290
53	ND-0302-27	07-09-87	AGRICOLA LA CANTERA	80,00		80,00		R	6.977.829	361.645	A	481	19-06-90		77.842.170
54	ND-0302-49	08-04-88	PEDRO ALDO GROSSI TORNINI	100,00		50,00		R	6.978.400	361.570	A	263	03-04-90		79.418.970
55	ND-0302-84	07-09-88	UNIVERSIDAD DE ATACAMA	100,00		50,00		R	6.974.882	365.648	A	21	09-01-90		80.995.770
56	ND-0302-108	10-01-89	MARIA TERESA PONCE ARIAS Y OTROS	80,00		80,00		R	6.979.618	357.840	A	298	10-04-90		83.518.650
57	ND-0302-145	15-06-89	SOCIEDAD AGRICOLA UNI AGRI COPIAPO LTDA.	60,00		60,00		R	6.976.966	361.866	A	31	23-01-91		85.410.810
58	ND-0302-253	10-05-91	GUILLERMO CONCHA BUSTOS	50,00		48,00		R	6.979.160	360.060	A	301	25-07-94		86.924.538
59	ND-0302-258	31-05-91	CARLOS IVAN RUIZ DETTORI	60,00		49,00		R	6.979.160	359.890	A	71	25-01-96		88.469.802
60	ND-0302-270	16-08-91	MARIO PORCILE RISI Y OTROS	130,00		130,00		R	6.980.250	355.370	A	241	07-07-92		92.569.482
61	ND-0302-288	08-04-92	HECTOR MARTINOVIC OLIVOS	50,00		50,00		R	6.979.650	359.300	A	807	29-12-95		94.146.282
62	ND-0302-292	11-05-92	DOMINGO EDUARDO GUGGIANA GUGIANNNA	80,00		67,50		R	6.979.800	356.900	A	135	08-02-99		96.274.962
63	ND-0302-309	05-11-92	VECCHIOLA S.A.	21,60		21,60		M	6.974.725	365.464	A	82	25-01-96		96.956.140
64	ND-0302-314	25-03-93	SOC AGR SAN FRANCISCO SA.	100,00		80,00		R	6.980.130	360.550	A	513	22-09-95		99.479.020
65	ND-0302-335	25-06-93	ADIB ASSED MERLEZ QUINTAR	30,00		28,00		R	6.980.550	355.430	A	69	25-01-96		100.362.028
66	ND-0302-356	28-06-93	XIMENA ISABEL MORENO PROHENS	90,00		72,00		R	6.976.560	362.950	A	228	29-03-96		102.632.620
67	ND-0302-357	28-06-93	MARIA ANGELICA ARAYA ROJAS	10,00		10,00		R	6.975.230	364.600	A	371	31-05-96		102.947.980
68	ND-0302-361	28-06-93	ERNESTO DEL CARMEN GUERRA GONZALEZ	4,00		4,00		R	6.980.000	358.870	A	190	11-03-96		103.074.124

SECTOR 5, COPIAPÓ - PIEDRA COLGADA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
69	ND-0302-380	30-06-93	SERGIO ROQUE GROSSI TORNINI	8,50		8,50		R	6.978.230	361.480	A	122	02-02-96		103.342.180
70	ND-0302-332	01-01-97	FISHER SOUTH AMERICA S.A.	30,00		25,00		I	6.974.920	356.300	A	252	21-04-97		104.130.580
71	5º TRANS.		Ricardo Vallejos Choydeng	6,00		6,00		R	6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		104.319.796
72	M-3-061		GUILLERMO STEIN Y OTROS	120,00		120,00		R	6.979.229	356.542	A	243	17-07-69		108.104.116
73	5º TRANS.		Eleodoro Neyra Tamblay	6,00		6,00		R	6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		108.293.332
74	5º TRANS.		José Antonio Pérez Alcota	6,00		6,00		R	6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		108.482.548
75	5º TRANS.		Cítricos Uni Agri LTDA	6,00		6,00		R	6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		108.671.764
76	5º TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	6,00		6,00		R	6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		108.860.980
77	5º TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	6,00		6,00		R	6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		109.050.196
78	5º TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	6,00		6,00		R	6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		109.239.412
79	5º TRANS.		Manuel Jesús Castro Vergara	6,00		6,00		R	6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		109.428.628
80	5º TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	6,00		6,00		R	6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		109.617.844
81	5º TRANS.		SOC AGR Los Troncos S.A.	6,00		6,00		R	6.974.859	364.879	A	1907	09-09-87		109.807.060
82	5º TRANS.		Guillermo Rojas Sáez	60,00		60,00		R	6.975.519	365.280	A	1907	09-09-87		111.699.220
83	5º TRANS.		Carlos Enrique Vallejo Cortés	1,33		1,33		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		111.741.163
84	5º TRANS.		María Inés Catalano Gómez	1,75		1,75		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		111.796.351
85	5º TRANS.		Carmen Azucena Naciff Catalán	1,75		1,75		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		111.851.539
86	5º TRANS.		Flavio Alejandro Naciff Catalán	1,75		1,75		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		111.906.727
87	5º TRANS.		Propietario Parcela 22	8,33		8,33		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.169.422
88	5º TRANS.		SOC Constructora Sergio Del Pero LTDA	8,33		8,33		AP	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.432.116
89	5º TRANS.		Guillermo Segundo Concha Bustos	5,33		5,33		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.600.203
90	5º TRANS.		Claudio Andrés Concha Grossi	3,00		3,00		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.694.811
91	5º TRANS.		Héctor Martínovic Olivos	8,34		8,34		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.957.822
92	5º TRANS.		Humberto Alejandro Campillay Vitali	0,92		0,92		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		112.986.835
93	5º TRANS.		Humberto Alejandro Campillay Vitali	5,42		5,42		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		113.157.760
94	5º TRANS.		María Inés Catalano Gómez	0,50		0,50		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		113.173.528
95	5º TRANS.		Carmen Azucena Naciff Catalán	0,50		0,50		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		113.189.296
96	5º TRANS.		Flavio Alejandro Naciff Catalán	0,50		0,50		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		113.205.064
97	5º TRANS.		Jean Pierre Naciff Catalán	0,50		0,50		R	6.976.680	362.300	A	1907	09-09-87		113.220.832
98	5º TRANS.		Compañía Contractual Minera Candelaria	4,17		4,17		M	6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		113.352.337
99	5º TRANS.		AGR Los Girasoles LTDA	6,70		6,70		R	6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		113.563.628
100	5º TRANS.		Compañía Contractual Minera Candelaria	6,70		6,70		M	6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		113.774.919
101	5º TRANS.		Alberto Y Jaime Pesenti Oviedo	6,34		6,34		R	6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		113.974.858
102	5º TRANS.		Phelps Dodge Minig Service Inc.	6,70		6,70		M	6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		114.186.149

SECTOR 5, COPIAPÓ - PIEDRA COLGADA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
103	5º TRANS.		María Inés Catalano Gómez	15,00		15,00		R	6.979.550	358.940	A	1907	09-09-87		114.659.189
104	5º TRANS.		Phelps Dodge Minig Service Inc.	6,70		6,70		M	6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		114.870.480
105	5º TRANS.		Phelps Dodge Minig Service Inc.	6,70		6,70		M	6.979.143	359.878	A	1907	09-09-87		115.081.771
106	5º TRANS.		Juan Adrián Benavides Vargas	5,00		5,00		R	6.979.550	358.940	A	1907	09-09-87		115.239.451
107	5º TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	15,00		15,00		R	6.979.550	358.940	A	1907	09-09-87		115.712.491
108	5º TRANS.		Agrovinificadora Sol Naciente S.A.	15,00		15,00		R	6.979.550	358.940	A	1907	09-09-87		116.185.531
109	5º TRANS.		SOC AGR V y C LTDA	10,00		10,00		R	6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		116.500.891
110	5º TRANS.		SOC AGR V y C LTDA	10,00		10,00		R	6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		116.816.251
111	5º TRANS.		Propietario Parcela 41	10,00		10,00		R	6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		117.131.611
112	5º TRANS.		Compañía Contractual Minera Candelaria	5,00		5,00		M	6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		117.289.291
113	5º TRANS.		Iván Manuel Rodríguez Godoy	5,00		5,00		R	6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		117.446.971
114	5º TRANS.		Compañía Contractual Minera Candelaria	10,00		10,00		M	6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		117.762.331
115	5º TRANS.		Propietario Parcela 44	10,00		10,00		R	6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		118.077.691
116	5º TRANS.		Julio César Morales Neira	10,00		10,00		R	6.977.850	361.450	A	1907	09-09-87		118.393.051
117	ND-0302-578	03-04-01	MARCELO DEPETRIS DEFLORIAN	10,00		1,00		R	6.980.834	352.680	A(prov)	1	11-03-03		118.424.587
118	ND-0302-587	04-04-01	WILLIAMS GONZALEZ BOSOM	6,00		6,00		R	6.981.116	355.022	A(prov)	41	10-12-02		118.613.803
119	ND-0302-591	04-04-01	JOAQUIN OLATE FREDDES	20,00		5,00		R	6.979.547	352.695	A(prov)	25	18-11-02		118.771.483
120	ND-0302-579	04-04-01	VILMA ELIANA ROJAS ALFARO	5,00		1,60		R	6.979.200	352.324	A(prov)	5	22-08-02		118.821.941
121	ND-0302-598	04-04-01	DOMINGA INES SUAREZ SALAZAR	12,00		3,00		R	6.979.435	352.405	A(prov)	26	18-11-02		118.916.549
122	ND-0302-625	24-05-01	AGRICOLA SAN ESTEBAN LTDA.	85,00		10,00		R	6.978.549	352.657	A(prov)	18	24-03-03		119.231.909
123	ND-0302-637	07-06-01	SOCIEDAD AGRICOLA DEL NORTE S.A.	50,00		10,00		R	6.980.721	355.063	A(prov)	36	18-11-02		119.547.269
124	ND-0302-654	09-07-01	ARIO HUMBERTO LAFERTTE VIDELA	2,00		2,00		R	6.979.356	352.617	A(prov)	40	18-11-02		119.610.341
125	ND-0302-658	24-07-01	OSCAR IVAN AGUIRRE ERAZO	25,00		10,00		R	6.978.658	353.887	A(prov)	20	08-09-03		119.925.701
126	ND-0302-665	16-08-01	CAPEL LTDA.	10,00		10,00		I	6.979.991	354.657	A(prov)	12	11-03-03		120.241.061
127	ND-0302-681	25-10-01	FERNANDO CARDENAS CONTRERAS	15,00		5,40		R	6.979.120	353.649	A(prov)	27	08-09-03		120.411.355

SECTOR 6, PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA															
Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
1	UA-0302-11	03-08-64	MARIA TERESA ECHEGARAY AGUIRRE Y OTROS	70,00		47,40		R	6.977.130	350.240	A	500	04-09-95		1.494.806
2	UA-0302-805790		COMUNIDAD INDIGENA COLLA COMUNA DE COPIAPO Y OTROS			29,30	924.000	R	6.975.620	345.270	A	277	04-10-78		2.418.806
3	UA-0302-805795		C.O.R.A.(RESERVA FUNDO SAN PEDRO)			70,00		R			A	240	10-08-78		4.626.326
4	UA-0302-805798		MARIA PROHENS ARIAS			90,00		R			A	240	10-08-78		7.464.566
5	UA-0302-805821		MARIA PROHENS ARIAS			38,09	1.201.200	R	6.975.320	345.400	A	70	13-03-80		8.665.766
6	UA-0302-809179		CIA AGR Y GANADERA HORNITO S.A.	80,00		80,00		R	6.977.400	347.750	A	363	25-03-65		11.188.646
7	UA-0302-809245		ALEJANDRO NOEMI HUERTA			68,09	2.147.320	R	6.978.123	351.416	A	16	17-01-69		13.335.966
8	UA-0302-809179		CIA AGR Y GANADERA HORNITO S.A.	80,00		80,00		R	6.977.360	348.800	A	363	25-03-65		15.858.846
9	NR-0302-43	04-11-96	MANUEL EDUARDO JORQUERA GRENET	120,00		120,00		R			A	32	22-01-97		19.643.166
10	NR-0302-44	04-11-96	MANUEL EDUARDO JORQUERA GRENET	80,00		80,00		R			A	4	05-01-98		22.166.046
11	NR-0302-92	09-10-03	ELISEO ALFREDO GROSSI GUAITA	45,00		45,00		R	6.973.181	340.060	A	219	23-04-04		23.585.166
12	NR-0302-92	09-10-03	ELISEO ALFREDO GROSSI GUAITA	60,00		60,00		R	6.973.262	340.030	A	219	23-04-04		25.477.326
13	ND-0302-843	28-07-05	PABLO ANTONIO DIAZ SANGUINO	2,00		2,00		R	6.977.619	351.028	A	1	29-05-06	4º T	25.540.398
14	ND-0302-844	29-07-05	OSVALDO EDUARDO ROJOS PIFFAUT	2,00		2,00		R	6.977.327	350.864	A	2	29-05-06	4º T	25.603.470
15	ND-0302-851	12-08-05	JOSE DOMINGO ALUCEMA LOPEZ	2,00		2,00		R			A	5	29-05-06	4º T	25.666.542
16	ND-0302-868	13-09-05	HERBERT PAUL COSTE ESCOLA	2,00		2,00		R	6.976.168	347.568	A	6	29-05-06	4º T	25.729.614
17	ND-0302-931	08-11-05	GONZALO RODRIGO GAZU CERVIÑO RADOVIC	2,00		2,00		R	6.975.253	341.791	A	9	29-05-06	4º T	25.792.686
18	ND-0302-950	08-10-83	CAMILA AGUIRRE VDA DE ECHEGARAY	70,00		70,00		R	6.973.800	330.170	A	85	06-03-84		28.000.206
19	ND-0302-1043	19-08-85	SOC. AGRIC. V Y C LTDA.	100,00		80,00		R	6.974.300	343.800	A	197	30-04-87		30.523.086
20	ND-0302-1043	19-08-85	SOC. AGRIC. V Y C LTDA.	100,00		30,00		R	6.973.800	330.170	A	197	30-04-87		31.469.166
21	ND-0302-1043	19-08-85	SOC. AGRIC. V Y C LTDA.	100,00		15,00		R	6.974.590	344.460	A	197	30-04-87		31.942.206
22	ND-0302-9	03-03-87	DELICY PIAZZOLI CABRERA	100,00		100,00		R	6.975.400	343.570	A	50	21-02-89		35.095.806
23	ND-0302-154	07-08-89	JUAN JOSE DIEGUEZ MANFREDINI	80,00		80,00		R	6.977.570	352.450	A	288	10-04-90		37.618.686
24	ND-0302-275	02-10-91	JAIME MORENO PROHENS	90,00		75,00		R	6.977.360	348.800	A	286	29-07-92		39.983.886
25	ND-0302-293	15-05-92	FRANCISCO HAWAS ECHIBURU	90,00		54,00		R	6.976.764	348.154	A	462	10-07-97		41.686.830
26	ND-0302-293	15-05-92	FRANCISCO HAWAS ECHIBURU	90,00		72,00		R	6.976.862	348.876	A	462	10-07-97		43.957.422
27	ND-0302-311	03-12-92	GONZALO MORENO PROHENS	100,00		72,00		R	6.976.317	344.790	A	608	27-12-94		46.228.014
28	ND-0302-312	28-12-92	LUIS ALEJANDRO YAÑEZ GARCIA	30,00		10,80		R	6.976.958	348.682	A	625	02-09-96		46.568.603
29	ND-0302-329	24-06-93	GONZALO MORENO PROHENS	90,00		90,00		R	6.976.475	345.220	A	416	24-06-96		49.406.843
30	ND-0302-336	28-06-93	SERGIO RUIZ-TAGLE HUMERES	90,00		50,00		R	6.976.850	346.200	A	268	18-05-00		50.983.643
31	ND-0302-574	29-03-01	JULIO CESAR MORALES NEYRA	90,00		10,00		R	6.975.757	346.585	A(prov)	2	22-08-02		51.299.003
32	ND-0302-577	03-04-01	OSCAR EDUARDO CABRERA CORTES	10,00		4,00		R	6.969.502	336.719	A(prov)	4	22-08-02		51.425.147
33	ND-0302-581	04-04-01	GUILLERMO DEL CARMEN CASTILLO LUNA	10,00		2,80		R	6.976.157	348.779	A(prov)	6	22-08-02		51.513.448
34	ND-0302-582	04-04-01	LUIS FERNANDO COLLARTE RODRIGUEZ	15,00		3,80		R	6.972.126	336.291	A(prov)	7	22-08-02		51.633.285

SECTOR 6, PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
35	ND-0302-584	04-04-01	GUILLERMO DAVIU ESCOLA	25,00		10,00		R	6.975.866	347.345	A(prov)	2	11-03-03		51.948.645
36	ND-0302-585	04-04-01	JUAN ADOLFO DIAZ CAMPILLAY	10,00		3,50		R	6.976.067	349.912	A(prov)	8	22-08-02		52.059.021
37	ND-0302-586	04-04-01	NATIMAN JESUS FLORES DIAZ	15,00		10,00		R	6.975.849	347.126	A(prov)	9	22-08-02		52.374.381
38	ND-0302-589	04-04-01	NELSO ENRIQUE MONARDEZ ARREDONDO	5,00		5,00		R	6.976.158	348.569	A(prov)	23	18-11-02		52.532.061
39	ND-0302-592	04-04-01	OSCAR RODOLFO EDUARD ORELLANA TORO	15,00		4,00		R	6.976.618	348.893	A(prov)	10	22-08-02		52.658.205
40	ND-0302-594	04-04-01	ARNALDO OMAR PIZARRO ALVAREZ	5,00		5,00		R	6.976.018	348.689	A(prov)	12	22-08-02		52.815.885
41	ND-0302-596	04-04-01	VERONICA DEL CARMEN RIVERA GUERRA	5,00		3,50		R	6.976.586	348.228	A(prov)	13	22-08-02		52.926.261
42	ND-0302-597	04-04-01	SERGIO RUBILAR LUFFI	5,00		3,00		R	6.976.706	348.711	A(prov)	14	22-08-02		53.020.869
43	ND-0302-599	04-04-01	JOSE MANUEL VALLEJO GODOY	20,00		3,90		R	6.974.644	339.727	A(prov)	27	18-11-02		53.143.859
44	ND-0302-600	04-04-01	RAFAEL VICTOR DAVIU ESCOLA Y OTROS	15,00		8,00		R	6.976.296	347.701	A(prov)	28	18-11-02		53.396.147
45	ND-0302-601	04-04-01	CESAR DEL ROSARIO VALDIVIA JERALDO	20,00		4,00		R	6.975.966	347.589	A(prov)	29	28-11-03		53.522.291
46	ND-0302-602	04-04-01	CRISTIAN SEPULVEDA VILLAGRAN Y OTR	10,00		4,00		R	6.976.229	348.494	A(prov)	29	18-11-02		53.648.435
47	ND-0302-603	04-04-01	JORGE JAVIER VALDIVIA JERALDO	20,00		5,00		R	6.976.013	347.193	A(prov)	30	28-11-03		53.806.115
48	ND-0302-606	04-04-01	BRUNO LUIGI COMINETTI PALINI	18,00		18,00		R	6.974.962	323.448	A(prov)	16	30-08-02		54.373.763
49	ND-0302-607	04-04-01	SOC. MEDICA Y COMERCIAL LA PIRAMIDE LTDA.	20,00		4,83		R	6.977.759	350.832	A(prov)	30	18-11-02		54.526.082
50	ND-0302-608	04-04-01	SOCIEDAD MEDICA Y COMERCIAL MEDANES LTDA	20,00		8,30		R	6.977.500	350.524	A(prov)	17	30-08-02		54.787.831
51	ND-0302-609	04-04-01	OSVALDO EDDIE CARVAJAL GALLARDO	6,00		5,40		R	6.977.102	348.988	A(prov)	18	30-08-02		54.958.125
52	ND-0302-606	04-04-01	BRUNO LUIGI COMINETTI PALINI	29,00		29,00		R	6.975.118	324.279	A(prov)	16	30-08-02		55.872.669
53	ND-0302-606	04-04-01	BRUNO LUIGI COMINETTI PALINI	17,00		17,00		R	6.975.446	324.288	A(prov)	16	30-08-02		56.408.781
54	ND-0302-611	10-04-01	FERNANDO ENRIQUE PIZARRO JARA	12,00		5,50		R	6.979.195	346.652	A(prov)	31	18-11-02		56.582.229
55	ND-0302-613	16-04-01	CLAUDIO ALEJANDRO CONSTANZO OVIEDO	20,00		5,50		R	6.977.273	350.649	A(prov)	19	30-08-02		56.755.677
56	ND-0302-614	17-04-01	JULIO ERNESTO SANTANDER NOEMI	60,00		10,00		R	6.976.911	348.703	A(prov)	20	30-08-02		57.071.037
57	ND-0302-617	23-04-01	HUMBERTO RICARDO PRADO MORALES	5,00		2,00		R	6.976.656	348.204	A(prov)	5	11-03-03		57.134.109
58	ND-0302-631	28-05-01	ALIRO TORRES QUEIROLO Y OTROS	15,00		5,00		R	6.976.714	349.206	A(prov)	7	11-03-03		57.291.789
59	ND-0302-635	29-05-01	MANUEL EDUARDO JORQUERA GRENET	100,00		10,00		R	6.978.061	350.148	A(prov)	8	11-03-03		57.607.149
60	ND-0302-635	29-05-01	MANUEL EDUARDO JORQUERA GRENET	100,00		10,00		R	6.978.493	350.023	A(prov)	8	11-03-03		57.922.509
61	ND-0302-636	05-06-01	ALBA DEL CARMEN PIZARRO IRELAND	5,00		3,00		R	6.977.936	351.950	A(prov)	35	18-11-02		58.017.117
62	ND-0302-638	08-06-01	JUAN RAMON OMON PINTO	7,00		2,80		R	6.976.361	348.634	A(prov)	9	11-03-03		58.105.418
63	ND-0302-639	08-06-01	MARIO ERIQUE ROBLES	20,00		6,60		R	6.976.111	347.745	A(prov)	10	11-03-03		58.313.556
64	ND-0302-640	08-06-01	HERNAN ABRAHAM CARVAJAL GALLARDO	10,00		5,60		R	6.977.280	348.945	A(prov)	37	18-11-02		58.490.157
65	ND-0302-641	08-06-01	GUILLERMINA DEL CARM VERASAY FUENTES	10,00		4,00		R	6.974.683	339.892	A(prov)	38	18-11-02		58.616.301
66	ND-0302-650	29-06-01	MARIANA REGINA MAYORGA MARCOS	20,00		5,00		R	6.977.334	349.615	A(prov)	39	18-11-02		58.773.981
67	ND-0302-655	13-07-01	NANCY ELIANA CORREA PIZARRO	20,00		2,00		R	6.977.827	349.937	A(prov)	11	11-03-03		58.837.053
68	ND-0302-657	24-07-01	JUAN ANIBAL DIAZ DIAZ	10,00		2,50		R	6.977.367	348.711	A(prov)	17	11-03-03		58.915.893

SECTOR 6, PIEDRA COLGADA - ANGOSTURA

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	Peticionario	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³)	Uso	UTM Norte (m)	UTM Este (m)	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Ley Nº 20.017	Volumen Total Anual Acumulado (m³)
69	ND-0302-669	28-08-01	MARIA EUGENIA CUBILLO ESPINOZA	45,00		10,00		R	6.978.395	351.405	A(prov)	13	11-03-03		59.231.253
70	ND-0302-670	29-08-01	SOCIEDAD ARAVENA NOEMI Y CIA. LTDA.	20,00		7,00		R	6.977.599	350.957	A(prov)	14	11-03-03		59.452.005
71	ND-0302-671	30-08-01	LILIANA DE LOURDES BORDOLI BOWN	10,00		8,00		R	6.977.740	351.233	A(prov)	15	11-03-03		59.704.293
72	ND-0302-672	30-08-01	WOLFGANG ALFRED HELMUT GRIEM	10,00		5,00		R	6.977.754	351.472	A(prov)	16	11-03-03		59.861.973
73	ND-0302-675	07-09-01	ARAYA HERMANOS LTDA.	90,00		10,00		R	6.977.709	349.148	A(prov)	1	15-01-04		60.177.333
74	ND-0302-683	02-11-01	SOCIEDAD AGRICOLA V Y C	53,00		10,00		R	6.976.405	345.800	A(prov)	3	06-05-04		60.492.693
75	ND-0302-684	02-11-01	SOCIEDAD AGRICOLA V Y C	80,00		19,37		R	6.974.935	340.645	A(prov)	4	06-05-04		61.103.546

ANEXO C

Programa Utilizado para la Modelación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

C.	PROGRAMA UTILIZADO PARA LA MODELACIÓN	C.2
C.1.	Introducción	C.2
C.2.	MODFLOW (Modular Finite Difference Groundwater Flow Model)	C.2
C.2.1.	Descripción del MODFLOW	C.2
C.2.2.	Entradas y salidas del MODFLOW	C.3
C.2.3.	Modelo matemático del MODFLOW	C.3
C.2.4.	Evolución del MODFLOW	C.6
C.3.	Visual MODFLOW.....	C.8
C.3.1.	Descripción del Visual MODFLOW	C.8
C.3.2.	Evolución del Visual MODFLOW	C.9
C.3.3.	Fortalezas y debilidades de Visual MODFLOW	C.10

C. PROGRAMA UTILIZADO PARA LA MODELACIÓN

C.1. Introducción

La simulación del agua subterránea que fluye a través de los acuíferos y unidades geológicas es una herramienta clave para la predicción, manejo y control de los recursos hídricos. En la actualidad existen diversos programas comerciales que permiten realizar la modelación de los flujos subterráneos.

El objetivo de la implementación de un modelo numérico de aguas subterráneas en el valle del río Copiapó, es contar con una herramienta confiable para predecir el comportamiento de los niveles de aguas subterráneas, ante diversos escenarios de explotación futura de los recursos hídricos en esta cuenca.

Para lograr el objetivo anteriormente mencionado, se utiliza la herramienta computacional comercial Visual MODFLOW, la cual es una interfaz gráfica que facilita y permite visualizar el ingreso de datos y los resultados del procesamiento de los mismos en el MODFLOW. Este software basado en diferencias finitas, es mundialmente utilizado para la simulación del flujo de agua subterránea en tres dimensiones tanto en medios porosos tradicionales como en no tradicionales, como roca fracturada. El Visual MODFLOW está diseñado para el uso de hidrogeólogos experimentados y requiere de información que debe provenir de estudios hidrogeológicos tradicionales. A continuación, se presenta una descripción de los programas anteriormente mencionados.

C.2. MODFLOW (Modular Finite Difference Groundwater Flow Model)

C.2.1. Descripción del MODFLOW

El modelo MODFLOW simula en tres dimensiones el flujo subterráneo en medios porosos y utiliza una estructura modular que permite entender mejor el modelo y modificarlo si es necesario.

Fue desarrollado por el Servicio Geológico de los EE.UU. a mediados de la década de los 70 y se encuentra desarrollado en el código FORTRAN. Utiliza el método de diferencias finitas para resolver un sistema de ecuaciones basadas en la fórmula de Darcy, que explica el movimiento de un fluido en un medio poroso saturado (McDonald M., y Harbaugh W., 1988). Simula también las condiciones estacionarias. Los ejes principales de conductividad hidráulica se alinean con las coordenadas direccionales, asumiendo que el agua tiene densidad constante. Se evalúa la derivada temporal utilizando la aproximación diferencial.

Los pozos, los ríos, los drenes, la evapotranspiración y la recarga son simulados como condiciones de borde y son representados como elementos, donde se conoce el nivel de energía o nivel de agua. Los acuíferos se representan por aproximación tridimensional. Los nodos de esta aproximación pueden cambiar de confinados a no confinados y recíprocamente, en el desarrollo del proceso informático.

La estructura modular consiste en un programa principal y una serie de subrutinas independientes llamadas módulos. Los módulos están agrupados en paquetes. Cada paquete se encarga de una característica específica del sistema hídrico que es simulado, como flujos de ríos o flujos hacia drenajes, o de un método específico de resolución de la ecuación lineal que describe el flujo del sistema. La división del programa en módulos permite al usuario examinar características específicas del modelo independientemente. También se facilita el desarrollo de nuevas capacidades, ya que los nuevos paquetes pueden ser añadidos al programa sin modificar los paquetes existentes.

C.2.2. Entradas y salidas del MODFLOW

Los datos de entrada del programa son los parámetros hidrogeológicos del acuífero, las condiciones de borde y las condiciones iniciales. El ingreso es realizado desde archivos de texto con los datos en un orden predefinido. La entrada de datos corresponde con la estructura de la malla. Muchos usuarios utilizan programas separados para discretizar los datos en la forma requerida. Sin embargo, estos programas no se incluyen como parte del MODFLOW.

La salida primaria del modelo es el nivel de agua en cada nodo. En adición, se calcula un balance hídrico y el flujo en cada celda del modelo se almacena en un archivo. Los programas soporte que se utilizan para analizar y presentar la salida, no están incluidos en el MODFLOW.

C.2.3. Modelo matemático del MODFLOW

El modelo tridimensional del agua subterránea de densidad constante a través de un material de medio poroso se puede describir por la ecuación diferencial parcial Ec. C.1.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad \text{Ec. C.1}$$

Donde:

- K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} : conductividad hidráulica [L/T]
- W : excitaciones adicionales del sistema, como recarga o bombes [L³/T]
- S_s : almacenamiento específico [L⁻¹]
- h : carga hidráulica o nivel de agua [L]

En general K_{xx}, K_{yy}, K_{zz} pueden ser funciones del espacio y W puede ser función del tiempo y del espacio. La ecuación que describe el flujo de agua subterránea en condiciones de no-equilibrio, en un medio heterogéneo y anisotrópico, siempre que los ejes de coordenadas estén alineados con los ejes principales de conductividad hidráulica.

La Ec. C.1 junto con las condiciones de borde de flujo y/o niveles de agua y las condiciones iniciales de borde, constituyen la representación matemática del sistema de flujo de aguas subterráneas. Para resolver esta ecuación, el MODFLOW utiliza el método de diferencias finitas, donde el sistema continuo descrito por la ecuación es reemplazado por un set finito de puntos discretos en el espacio y en el tiempo, y las

derivadas parciales son reemplazadas por términos calculados de la diferencia en valores de carga hidráulica en esos puntos. El proceso lleva a sistemas simultáneos de ecuaciones de diferencias algebraicas lineales; su solución entrega valores de carga en puntos y tiempos específicos. Estos valores constituyen una aproximación a la distribución continua de cargas hidráulicas variando en el tiempo que entregaría la solución analítica de la ecuación diferencial parcial del flujo.

C.2.3.1. Discretización temporal y espacial

Un sistema acuífero real es representado por medio de un arreglo de bloques llamados celdas, cuyas ubicaciones se describen en términos de filas, columnas y capas como se puede observar en la Figura C.1.

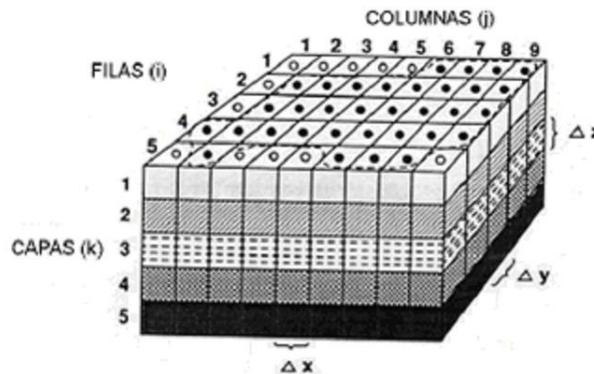


Figura C.1
Discretización espacial de un sistema acuífero
 Fuente: USGS

Dentro de cada celda hay un punto llamado nodo, en el cual se calcula la carga (h). El MODFLOW define la configuración de celdas respecto a la ubicación de los nodos (bloque centrado). En la Figura C.2 se presenta la esquematización gráfica de un sistema de celdas de bloque centrado.

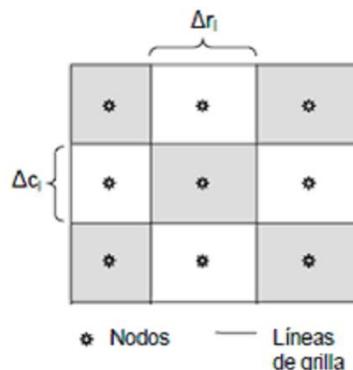


Figura C.2
Sistema de celda de bloque centrado
 Fuente: USGS

El tiempo es discretizado en períodos de tiempos definidos por el usuario, los que a la vez se subdividen en pasos de tiempo de longitud creciente, definidos según una progresión geométrica en la que el usuario también define el factor multiplicador.

C.2.3.2. Ecuaciones de diferencias finitas

La ecuación de flujo del agua subterránea en forma de diferencias finitas se obtiene al aplicar la ecuación de continuidad en una celda. Considerando que la densidad del agua se mantiene constante se obtiene la Ec. C.2, la cual es análoga a la Ec. C.1.

$$\sum Q_i = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \Delta V_c \quad \text{Ec. C.2}$$

Donde:

Q_i : tasas de flujo entrando y/o saliendo de la celda [L^3T^{-1}]

S_s : almacenamiento específico en la formulación de diferencias finitas [L^{-1}]

ΔV_c : volumen de la celda [L^3]

Δh_t : variación de la carga en un intervalo de tiempo Δt [L]

En caso del flujo entrando en la celda i, j, k en la dirección de la fila, desde $i, j-1, k$ (Figura C.3), ésta se expresa según se muestra en la Ec. C.3, Ec. C.4 y Ec. C.5.

$$q_{i,j-1/2,k} = KR_{i,j-1/2,k} \Delta c_i \Delta v_k \frac{h_{i,j-1,k} - h_{i,j,k}}{\Delta r_{j-1/2}} \quad \text{Ec. C.3}$$

$$q_{i,j-1/2,k} = CR_{i,j-1/2,k} (h_{i,j-1,k} - h_{i,j,k}) \quad \text{Ec. C.4}$$

$$CR_{i,j-1/2,k} = KR_{i,j-1/2,k} \frac{\Delta c_i \Delta v_k}{\Delta r_{j-1/2}} \quad \text{Ec. C.5}$$

Donde

$h_{i,j,k}$: carga hidráulica o nivel de agua en el nodo i,j,k [L]

$q_{i,j-1/2,k}$: descarga volumétrica entre las caras i,j,k e $i,j-1,k$ [L^3T^{-1}]

$KR_{i,j-1/2,k}$: permeabilidad en la dirección de la fila entre nodos i,j,k e $i,j-1,k$ [LT^{-1}]

$\Delta c_i \Delta v_k$: área de la cara de la celda normal a la dirección del flujo [L^2]

$\Delta r_{j-1/2}$: distancia entre los nodos i,j,k e $i,j-1,k$ [L]

$CR_{i,j-1/2,k}$: conductancia en la fila i y estrato k entre los nodos $i,j-1,k$ e i,j,k [L]

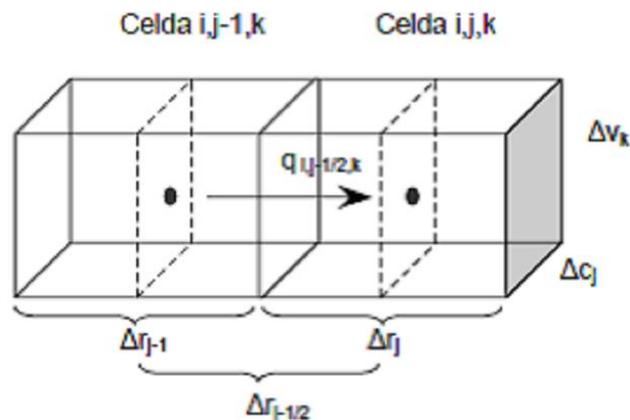


Figura C.3

Flujo entrando a la celda i, j, k desde la celda $i, j-1, k$

Fuente: USGS

En la Figura C.4 se muestra un esquema de una celda de diferencias finitas y los índices utilizados para identificar a sus seis celdas vecinas.

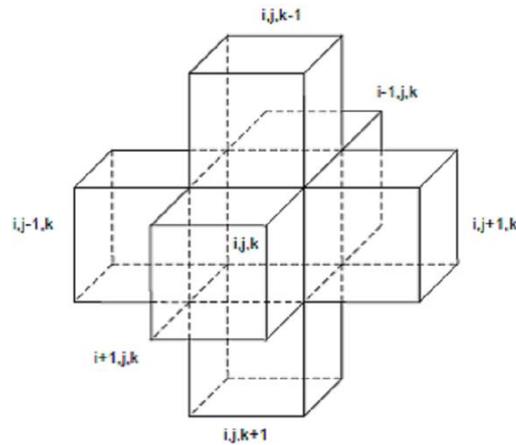


Figura C.4
Celda i,j,k e índices utilizados para sus seis celdas vecinas
Fuente: USGS

C.2.4. Evolución del MODFLOW

El programa de modelación de flujos subterráneos MODFLOW desde su creación ha ido evolucionando con el tiempo, a continuación se presentan algunas de las principales modificaciones e incorporaciones de nuevos paquetes que se le han realizado al programa para mejorar su funcionamiento

C.2.4.1. MODFLOW 88

El flujo subterráneo es simulado utilizando una aproximación de diferencias finitas de bloque centrado. Las capas pueden ser simuladas como confinadas, no confinadas o una combinación ambas. Las ecuaciones de diferencias finitas pueden ser resueltas utilizando los algoritmos de cálculo Strongly Implicit Procedure (SIP) o Slice-Successive Overrelaxation (SOR).

C.2.4.2. MODFLOW 96

Los cálculos de balance fueron modificados para duplicar la precisión. La exactitud de estos cálculos eran a veces sensibles en el modelo original, cuando una grilla de 100.000 o más celdas era utilizada o también cuando se utilizaba una conductancia grande.

C.2.4.3. MODFLOW 2000

Además de simular el flujo de agua subterránea, el alcance de MODFLOW-2000 fue ampliado para incorporar capacidades relacionadas como el transporte de contaminantes y la estimación de parámetros.

Para incorporar la solución de múltiples ecuaciones relacionadas, una cuarta entidad de modularización se añadió y se le llamo *Proceso*. Un Proceso es una parte del código

que soluciona una ecuación fundamental por un método numérico especificado. Por ejemplo, la solución de la ecuación del flujo subterráneo usando el método de diferencias finitas, ahora se le llama proceso Ground Water Flow (GWF). El Proceso de GWF incluye todos los aspectos a solucionar de la ecuación de flujo, incluyendo la formulación de las ecuaciones de diferencia finita, entrada de datos, solución de las ecuaciones simultáneas resultantes y la salida de datos.

C.2.4.4. MODFLOW 2005

El principal cambio de MODFLOW-2005, fue la incorporación de una aproximación diferente para manejar datos internos. Los módulos de FORTRAN son usados para declarar los datos que pueden ser compartidos por subrutinas. Esto permite que los datos puedan ser compartidos sin usar argumentos de subrutinas. Como consecuencia de la utilización de módulos FORTRAN, un cambio en la terminología de MODFLOW ha sido realizado. A las subrutinas de MODFLOW al principio se les llamaba Módulos, en el MODFLOW 2005 el término Módulo ha sido sustituido por Subrutina.

MODFLOW-2005 emplea módulos de FORTRAN para almacenar y compartir datos. Cada paquete incluye uno o varios módulos de FORTRAN que declaran los datos compartidos para ese paquete. Los módulos son diseñados de modo que los datos de múltiples grillas puedan ser simultáneamente definidos. El soporte de múltiples grillas hace posible incorporar el refinamiento de la grilla local en el MODFLOW (Mehl y Hill, 2004).

Se introdujo una nueva complejidad cuando la posibilidad de refinamiento de grilla local (LGR, Local Grid Refinement) se añadió a MODFLOW. El LGR requiere que los datos sean definidos para múltiples grillas, al menos una grilla regional para el área entera modelada y una grilla refinada que contiene un subconjunto del área modelada. Las grillas regionales y refinadas deben tener datos definidos. En la Figura C.5 se presenta un esquema de lo recién descrito.

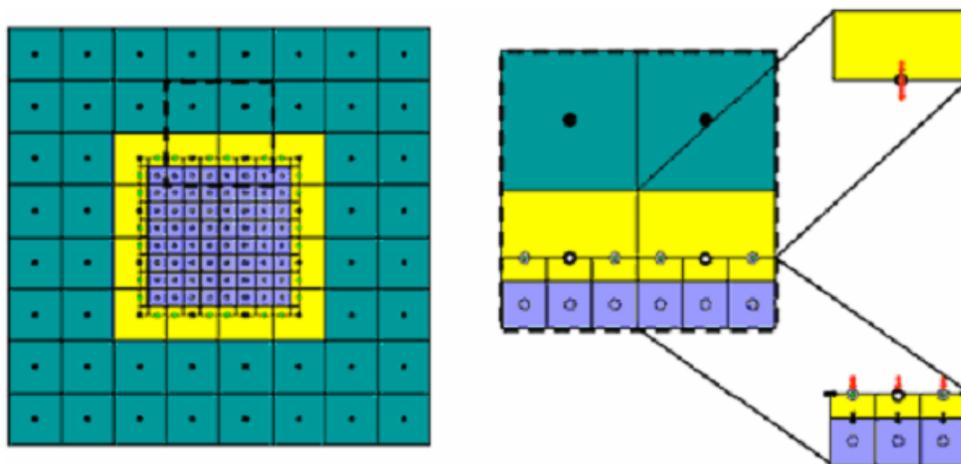


Figura C.5
Esquema de refinamiento local de grilla de diferencias finitas
Fuente: USGS

C.3. Visual MODFLOW

C.3.1. Descripción del Visual MODFLOW

Es uno de los programas de modelación de aguas subterráneas más utilizados en todo el mundo. El Visual MODFLOW es una interfaz gráfica comercializada actualmente por Schlumberger Water Services, que facilita y permite visualizar el ingreso de datos y los resultados del procedimiento de los mismos en el MODFLOW.

Su interfaz gráfica se divide en tres módulos separados: Input, Run y Output, asociados a las opciones de ingreso de parámetros, de ejecutar el programa y de desplegar los resultados de simulación, respectivamente.

C.3.1.1. Módulo Input

El módulo Input permite el ingreso de información para la construcción del modelo. Se representa el área de interés en un arreglo de celdas rectangulares horizontales (filas y columnas) y estratos verticales (capas o estratos), pudiendo ajustar las dimensiones de filas y columnas. A cada celda, en las distintas capas, se le puede definir como activa o inactiva (permeable o impermeable), asignar valores de propiedades de flujo y/o transporte, condiciones de borde (río, dren, carga constante, carga general, recarga, evapotranspiración y barrera horizontal de flujo) y condiciones iniciales (carga inicial, concentraciones iniciales).

Es posible importar superficies, tanto aquellas que definen la geometría del acuífero como las condiciones iniciales, desde distintos formatos (ASCII, GRID). Considera también el ingreso de pozos de extracción, inyección y observación, y el cálculo de balances en zonas definidas por el usuario. La discretización temporal se realiza en períodos de tiempo, lo que a su vez se dividen en pasos de tiempo definidos según una progresión geométrica.

C.3.1.2. Módulo Run

El módulo Run permite escoger entre distintas estimaciones de carga inicial, definir el número de pasos de tiempo dentro de un período de tiempo y su razón geométrica (multiplicador de paso de tiempo), elegir entre distintos algoritmos de cálculo y ajustar los criterios de convergencia, definir tipos de estratos (confinados, no confinados) y distintas condiciones de anisotropía.

C.3.1.3. Módulo Output

El módulo Output permite la visualización de los resultados de la simulación como series de tiempo de los niveles calculados y de la superficie freática (altitud y/o profundidad) para distintos períodos de tiempo. Entrega la serie de balances hídricos en los sectores predefinidos (Zone Budget) y dispone de distintas herramientas para controlar la calibración manual del modelo (gráficos de series de tiempo y dispersión de cargas calculadas vs. observadas, parámetros estadísticos de calibración, entre otros).

Los archivos creados por MODFLOW son almacenados en formato ASCII para permitir a usuarios avanzados generar su propia base de datos de los archivos generados por Visual MODFLOW, antes de reemplazarlos o modificarlos manualmente.

C.3.2. Evolución del Visual MODFLOW

El programa Visual MODFLOW se ha actualizado con el objetivo de brindar a los usuarios instrumentos más eficientes para la construcción y el análisis de los modelos de aguas subterráneas. A continuación se presentan algunas de las actualizaciones más importantes en las últimas versiones de Visual MODFLOW

C.3.2.1. Visual MODFLOW 3.0

Soporta la nueva versión del MODFLOW 2000, para controlar las simulaciones de flujo de aguas subterráneas, pero aún no soporta todas las nuevas capacidades de análisis del MODFLOW 2000, como el proceso de observación, sensibilidad y estimación de parámetros. Sin embargo, soporta el PEST; programa de estimación de parámetros.

También soporta el algoritmo de cálculo AMG (Algebraic Multigrid Solver Package) incorporado en el MODFLOW 2000. El AMG cuenta con algunas ventajas que otros algoritmos de cálculo disponibles para MODFLOW 2000 no cuentan, por ejemplo, puede resolver problemas con grillas grandes (mayor a 40.000 celdas) y/o un campo de conductividad hidráulica sumamente variable. El solucionador AMG es de 2 a 25 veces más rápido que el PCG2 (Preconditioned Conjugate-Gradient Package) del MODFLOW, pero requiere de 3 a 8 veces mayor capacidad de memoria que el PCG2.

C.3.2.2. Visual MODFLOW 3.1

Soporta el paquete MODFLOW-SURFACT, el cual es una poderosa herramienta que ha sido desarrollada para resolver muchas de las limitaciones del código estándar del MODFLOW del USGS. MODFLOW-SURFACT utiliza métodos numéricos especiales y poderosos algoritmos de cálculo para evitar los problemas de convergencia causados por las celdas secas.

El Visual MODFLOW 3.1 permite asignar nombres descriptivos a cada zona de recarga y asignar flujo de recarga a las celdas en cualquier estrato del modelo. Esto permite usar la condición de borde de recarga como una condición de borde de flujo específica en otros estratos que no sea el estrato superior o el primer estrato activo superior.

C.3.2.3. Visual MODFLOW 4.0

Incorpora la optimización de pozos de bombeo utilizando el programa MGO (Modular Groundwater Optimizer). El MGO se utiliza para optimizar la ubicación de pozos de bombeo y/o inyección y su respectivo caudal, buscando minimizar o maximizar algún criterio específico.

Esta nueva versión del Visual MODFLOW incorpora el análisis predictivo usando el PEST-ASP, el cual es similar al Goal Programming. El usuario puede pedir al programa que minimice o maximice una respuesta específica del sistema (Ej.: el nivel de agua en

el acuífero o la concentración de aguas subterráneas) a través del ajuste de parámetros del modelo, seleccionados dentro de los límites dados. Usando el análisis predictivo, el modelador es capaz de sustituir el análisis de sensibilidad tradicional de ensayo y error.

C.3.2.4. Visual MODFLOW 4.1

Implementa el SEAWAT del USGS, el cual permite la modelación de flujo de densidad variable, como la modelación de problemas de intrusión de agua de mar. SEAWAT combina un código de flujo (MODFLOW) con un código de transporte de contaminantes (MT3DMS) para formar un solo programa que soluciona las ecuaciones de flujo y transporte de contaminantes. El programa formula ecuaciones de flujo que usan la conservación de masa, en vez de la conservación de volumen (MODFLOW-2000).

El Visual MODFLOW 4.1 incluye el algoritmo de cálculo SAMG (Algebraic Multigrid Methods for Systems Package) desarrollado por el Instituto de SCAI FRAUHOFFER en Alemania. Este algoritmo de cálculo demostró ser de 3 a 11 veces más rápido que el tradicional PCG para modelos de tamaño medio, y aún más rápido para modelos grandes que contienen un millón de celdas o más.

En la nueva versión del Visual MODFLOW, el algoritmo de cálculo GMG (Geometric Multigrid Solver Package) del USGS ha sido integrado con el MODFLOW 2000 y el SEAWAT 2000. En contraste con el algoritmo de cálculo AMG, el precondicionamiento en GMG está basado en el método de la multigrilla geométrica. El GMG ha demostrado que reduce enormemente el tiempo de ejecución del modelo, comparado con otros algoritmos de cálculo que utilizan una cantidad similar de memoria.

C.3.2.5. Visual MODFLOW 4.2

Incorpora el paquete MIKE 11, el cual es una herramienta versátil para la modelación de las condiciones de borde de ríos, lagos o embalses, irrigación de canales y otros sistemas hídricos, permitiendo la interconexión de flujo superficial – flujo subterráneo.

C.3.3. Fortalezas y debilidades de Visual MODFLOW

La representación gráfica de la modelación facilita el ingreso de los datos y de la visualización de resultados de los mismos. Al ser un modelo cuasi tridimensional, Visual MODFLOW está capacitado para representar de una manera más realista los problemas modelados.

Una de las más grandes debilidades de Visual MODFLOW, producto de su formulación numérica, es la imposibilidad de restaurar celdas secas producidas durante el proceso de cálculo. Esto lleva a cometer errores de cálculos al momento de cuantificar caudales de extracción o direcciones de flujos.

La resolución numérica al utilizar el método de diferencias finitas trabaja mejor con acuíferos rectangulares o prismáticos y de composición uniforme, por lo que la modelación de acuíferos irregulares o curvos, con propiedades de anisotropía y heterogeneidad es difícil de resolver mediante esta metodología.

Para paliar el error en las estimaciones de caudales de bombeo producto del secado, y posterior desactivación de las celdas donde se producen extracciones de aguas subterráneas, se utiliza la herramienta *Rewetting* incorporada dentro del programa. Ésta se utiliza activando la configuración estándar para las opciones de mojado de las celdas, y se condiciona al modelo a mantener una mínima capa saturada de agua en el fondo de la celda, de modo que cuando el nivel de la napa llegue al basamento de la celda, ésta se mantenga activa conjunto a las extracciones en la misma.

La ventaja se presenta al no permitir que el acuífero se recupere, o presente comportamientos que escapen a lo esperado producto de la desactivación de celdas en las cuales se poseen bombeos.

A su vez, esta condición, permite que el nivel freático descienda de manera ilimitada, sin condicionarse por la potencia del acuífero en la celda, llegando a niveles más bajo que el basamento rocoso. Además produce problemas de estabilidad en el modelo, generando en algunos casos problemas de convergencia en la solución del modelo.

En la Figura C.6 se presenta la configuración aplicada a la herramienta *Rewetting* para mantener las celdas activas durante todo el proceso de modelación. En el caso de que el modelo en el proceso de modelación no converja, se procede a disminuir el espesor de la capa saturada.

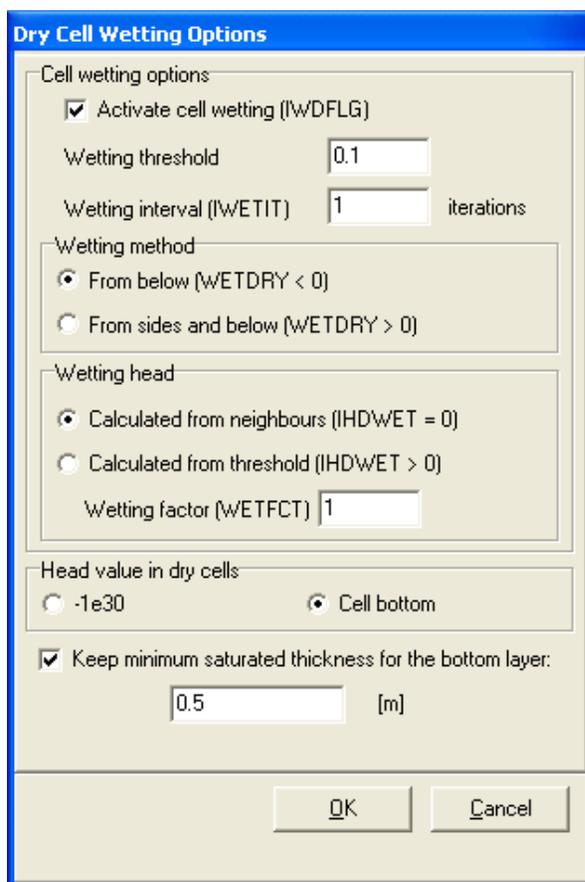


Figura C.6
Configuración de herramienta rewetting
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO D

Ajuste en Proceso de Calibración

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura D.1 Niveles medidos y simulados en pozo 03431011-4.....	D.1
Figura D.2 Niveles medidos y simulados en pozo 03431006-8.....	D.2
Figura D.3 Niveles medidos y simulados en pozo 03431007-6.....	D.3
Figura D.4 Niveles medidos y simulados en pozo 03431008-4.....	D.4
Figura D.5 Niveles medidos y simulados en pozo 03431010-6.....	D.5
Figura D.6 Niveles medidos y simulados en pozo 03431012-2.....	D.6
Figura D.7 Niveles medidos y simulados en pozo 03434005-6.....	D.7
Figura D.8 Niveles medidos y simulados en pozo 03434006-4.....	D.8
Figura D.9 Niveles medidos y simulados en pozo 03434007-2.....	D.9
Figura D.10 Niveles medidos y simulados en pozo 03434008-0.....	D.10
Figura D.11 Niveles medidos y simulados en pozo 03434009-9.....	D.11
Figura D.12 Niveles medidos y simulados en pozo 03450006-1.....	D.12
Figura D.13 Niveles medidos y simulados en pozo 03450015-0.....	D.13
Figura D.14 Niveles medidos y simulados en pozo 03450005-3.....	D.14
Figura D.15 Niveles medidos y simulados en pozo 03450007-K.....	D.15
Figura D.16 Niveles medidos y simulados en pozo 03450017-7.....	D.16
Figura D.17 Niveles medidos y simulados en pozo 03450008-8.....	D.17
Figura D.18 Niveles medidos y simulados en pozo 03450012-6.....	D.18
Figura D.19 Niveles medidos y simulados en pozo 03450016-9.....	D.19
Figura D.20 Niveles medidos y simulados en pozo 03450013-4.....	D.20
Figura D.21 Niveles medidos y simulados en pozo 03451003-2.....	D.21
Figura D.22 Niveles medidos y simulados en pozo 03451005-9.....	D.22
Figura D.23 Niveles medidos y simulados en pozo 03451010-5.....	D.23
Figura D.24 Niveles medidos y simulados en pozo 03451004-0.....	D.24
Figura D.25 Niveles medidos y simulados en pozo 03451011-3.....	D.25
Figura D.26 Niveles medidos y simulados en pozo 03451012-1.....	D.26
Figura D.27 Niveles medidos y simulados en pozo 03451013-K.....	D.27
Figura D.28 Niveles medidos y simulados en pozo 03451006-7.....	D.28
Figura D.29 Niveles medidos y simulados en pozo 03451007-5.....	D.29
Figura D.30 Niveles medidos y simulados en pozo 03451014-8.....	D.30
Figura D.31 Niveles medidos y simulados en pozo 03451015-6.....	D.31
Figura D.32 Niveles medidos y simulados en pozo 03451008-3.....	D.32
Figura D.33 Niveles medidos y simulados en pozo 03451016-4.....	D.33
Figura D.34 Niveles medidos y simulados en pozo 03451018-0.....	D.34
Figura D.35 Niveles medidos y simulados en pozo 03451019-9.....	D.35
Figura D.36 Niveles medidos y simulados en pozo 03451020-2.....	D.36
Figura D.37 Niveles medidos y simulados en pozo 03451021-0.....	D.37
Figura D.38 Niveles medidos y simulados en pozo 03453005-K.....	D.38
Figura D.39 Niveles medidos y simulados en pozo 03453006-8.....	D.39
Figura D.40 Niveles medidos y simulados en pozo 03453007-6.....	D.40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla D.1 Balance hídrico en Sector 3.....	D.41
Tabla D.2 Balance hídrico en Sector 4.....	D.42
Tabla D.3 Balance hídrico en Sector 5.....	D.43
Tabla D.4 Balance hídrico en Sector 6.....	D.44
Tabla D.5 Balance hídrico entre La Puerta y Angostura	D.45

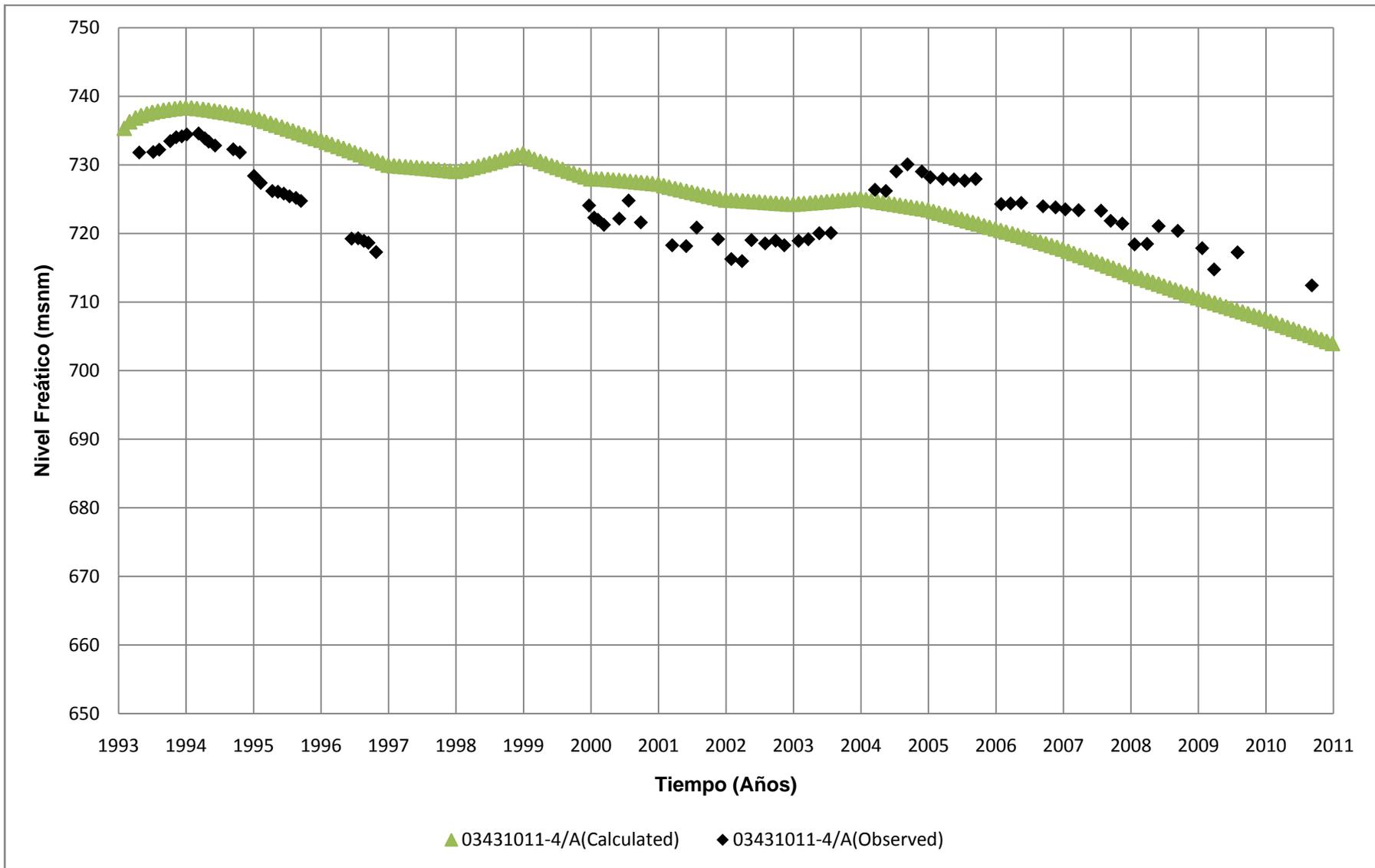


Figura D.1
Niveles medidos y simulados en pozo 03431011-4
 Fuente: Elaboración Propia

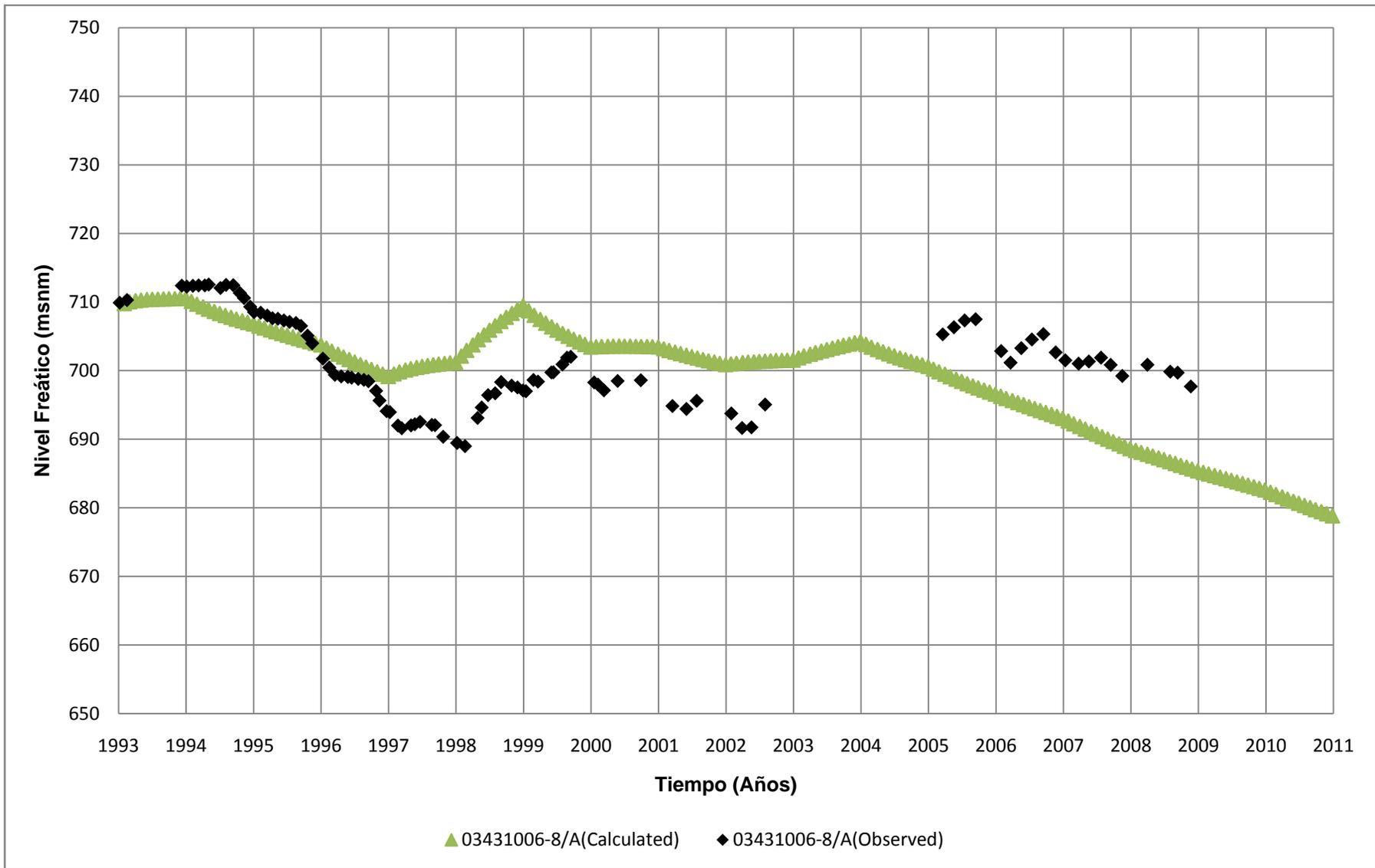


Figura D.2
Niveles medidos y simulados en pozo 03431006-8
 Fuente: Elaboración Propia

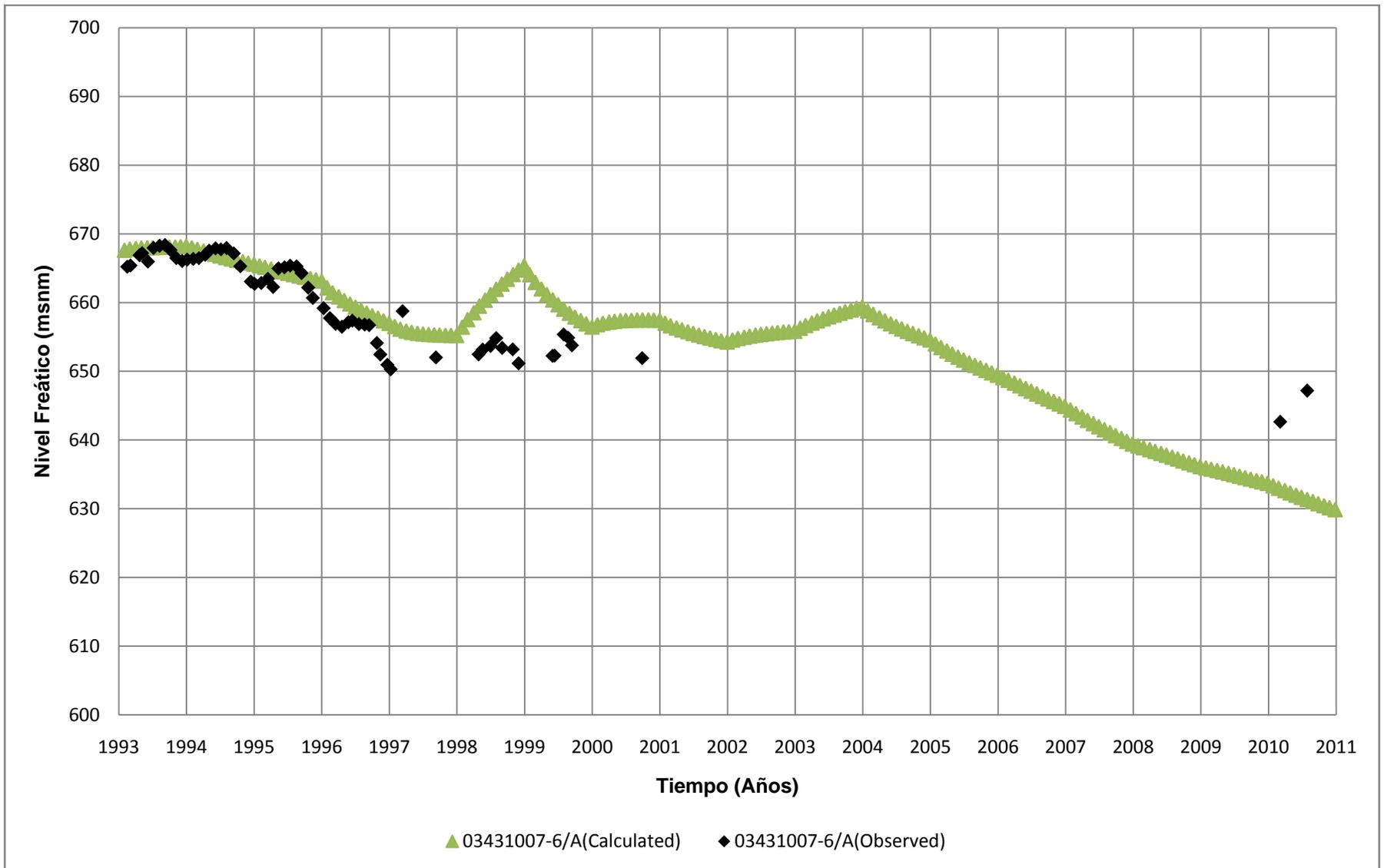


Figura D.3
Niveles medidos y simulados en pozo 03431007-6
 Fuente: Elaboración Propia

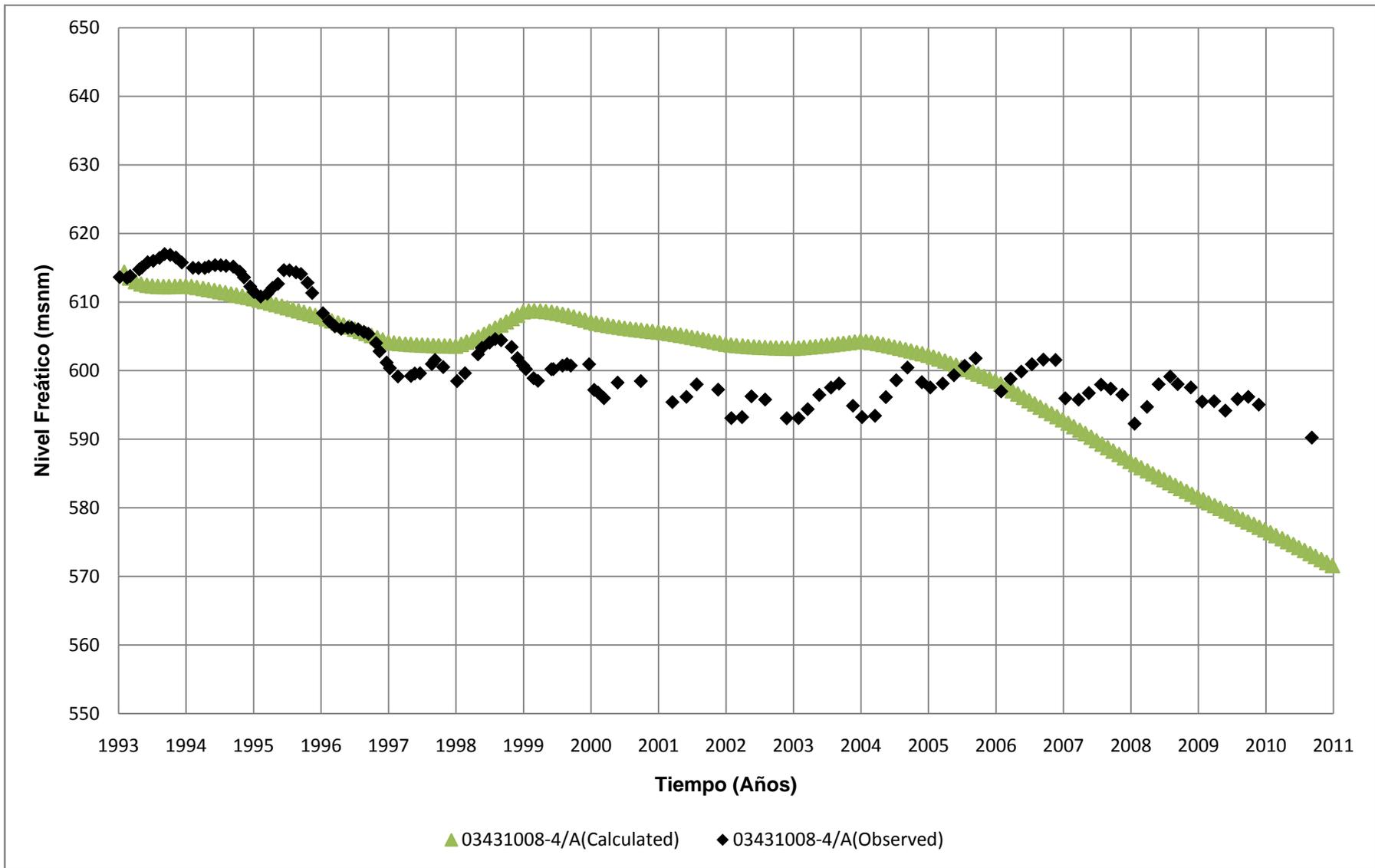


Figura D.4
Niveles medidos y simulados en pozo 03431008-4
 Fuente: Elaboración Propia

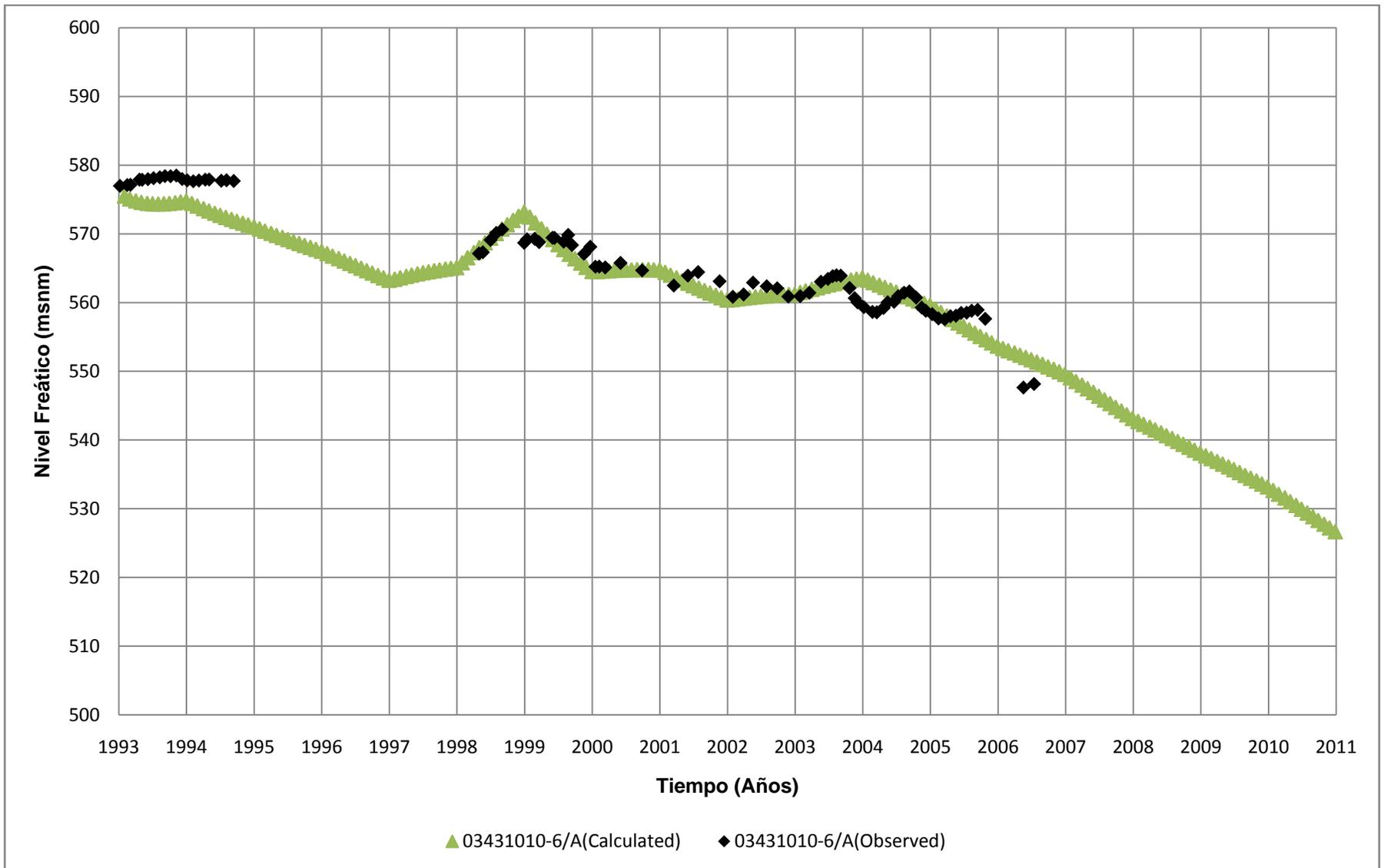


Figura D.5
Niveles medidos y simulados en pozo 03431010-6
 Fuente: Elaboración Propia

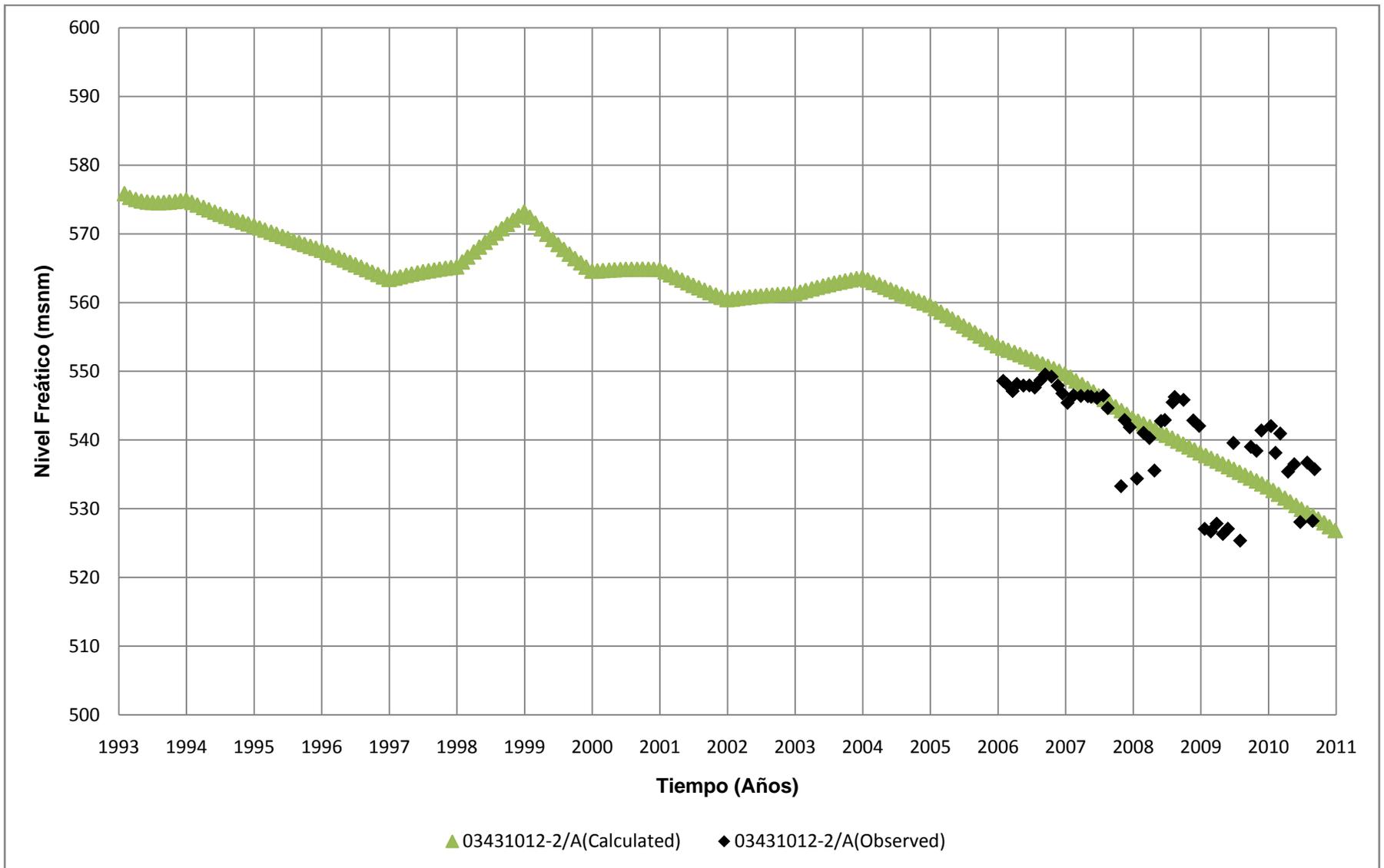


Figura D.6
Niveles medidos y simulados en pozo 03431012-2
 Fuente: Elaboración Propia

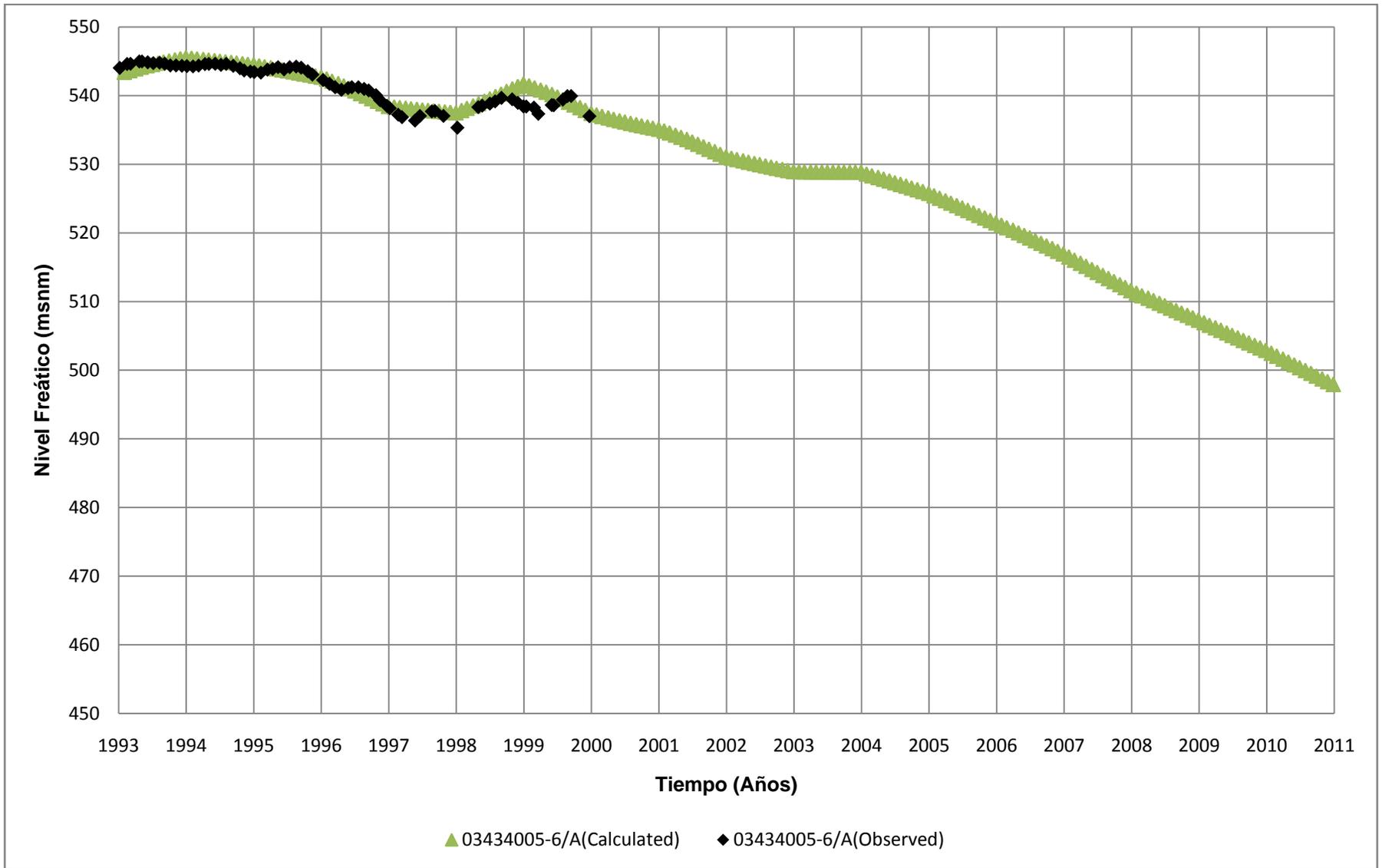


Figura D.7
Niveles medidos y simulados en pozo 03434005-6
 Fuente: Elaboración Propia

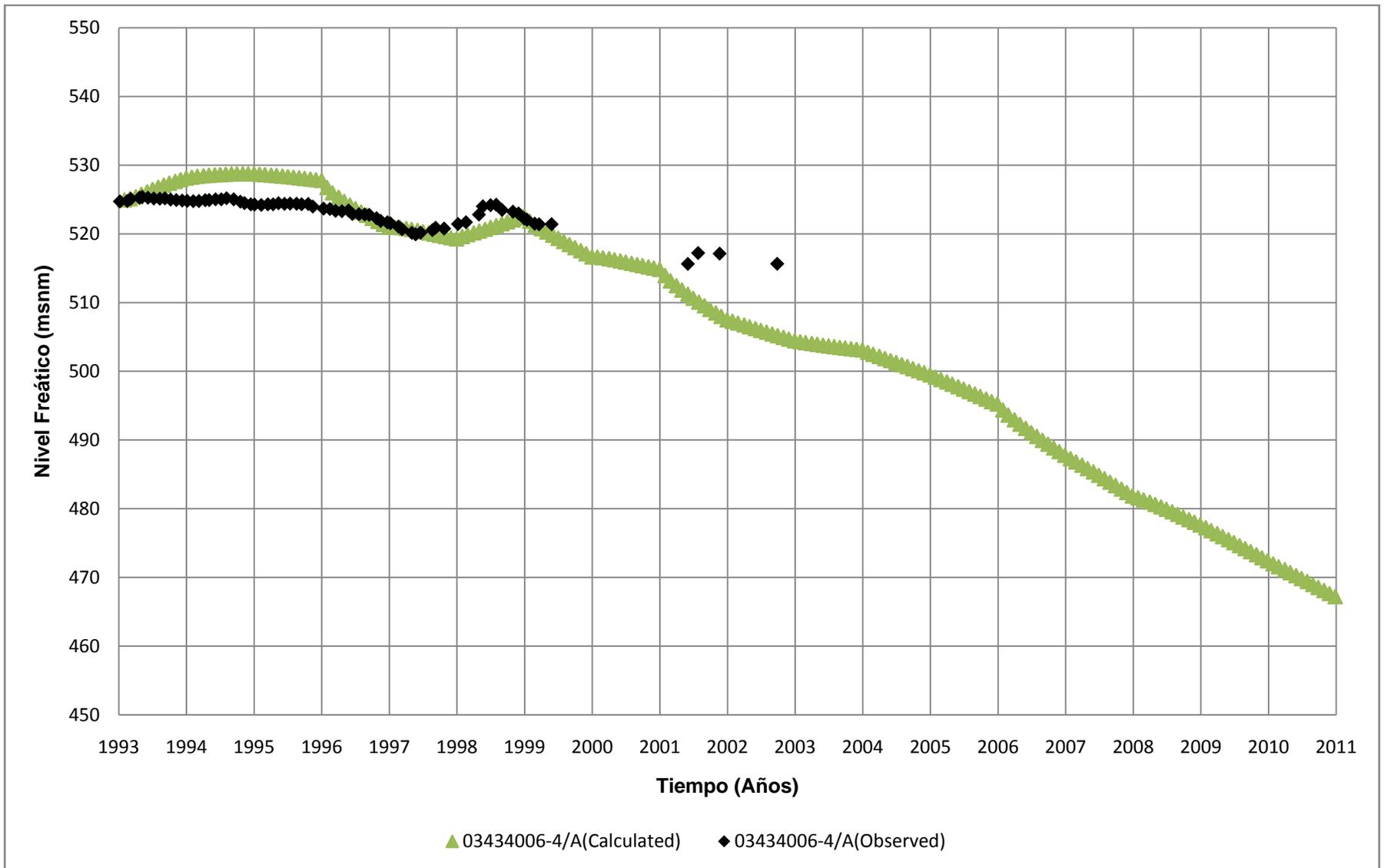


Figura D.8
Niveles medidos y simulados en pozo 03434006-4
 Fuente: Elaboración Propia

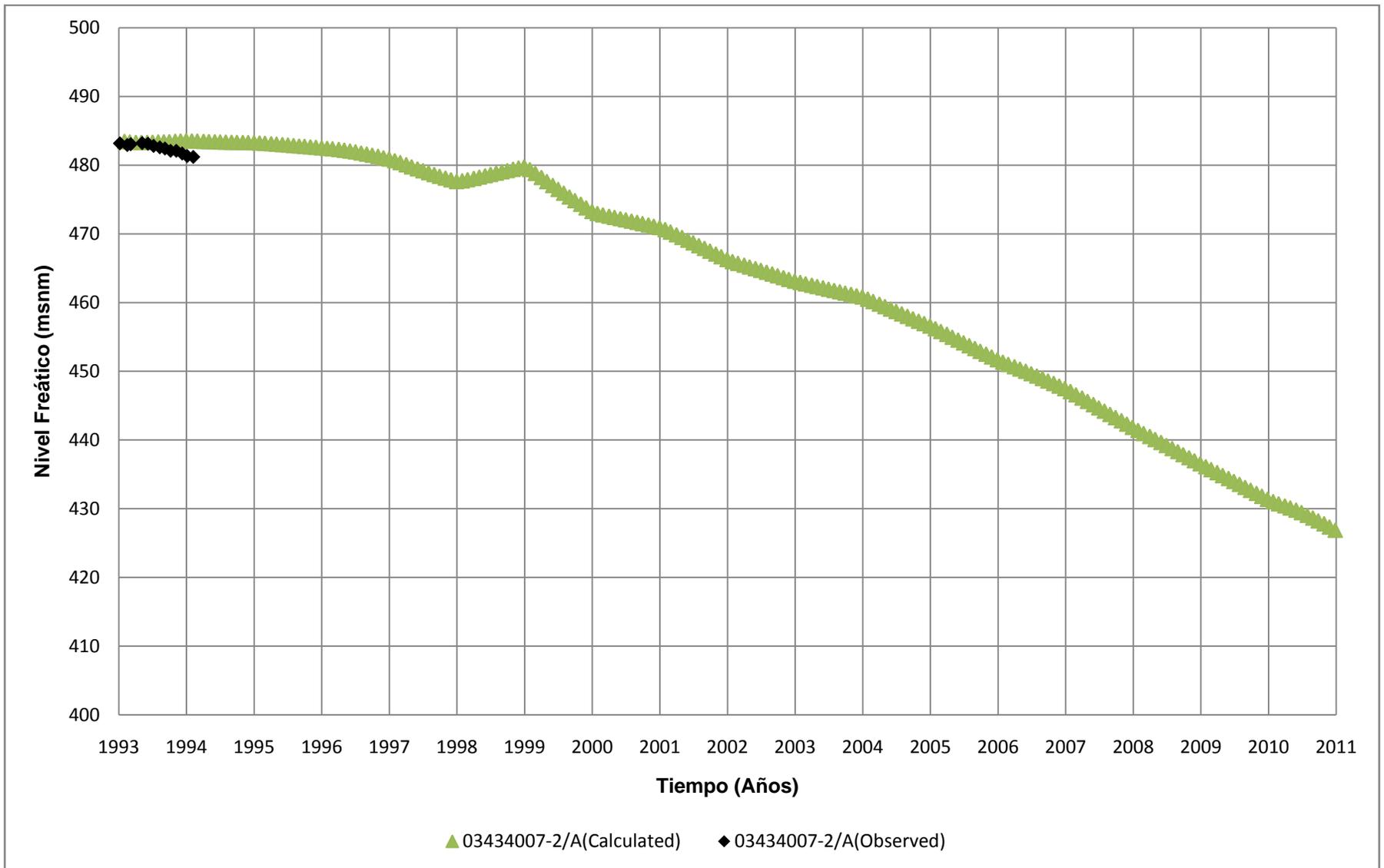


Figura D.9
Niveles medidos y simulados en pozo 03434007-2
 Fuente: Elaboración Propia

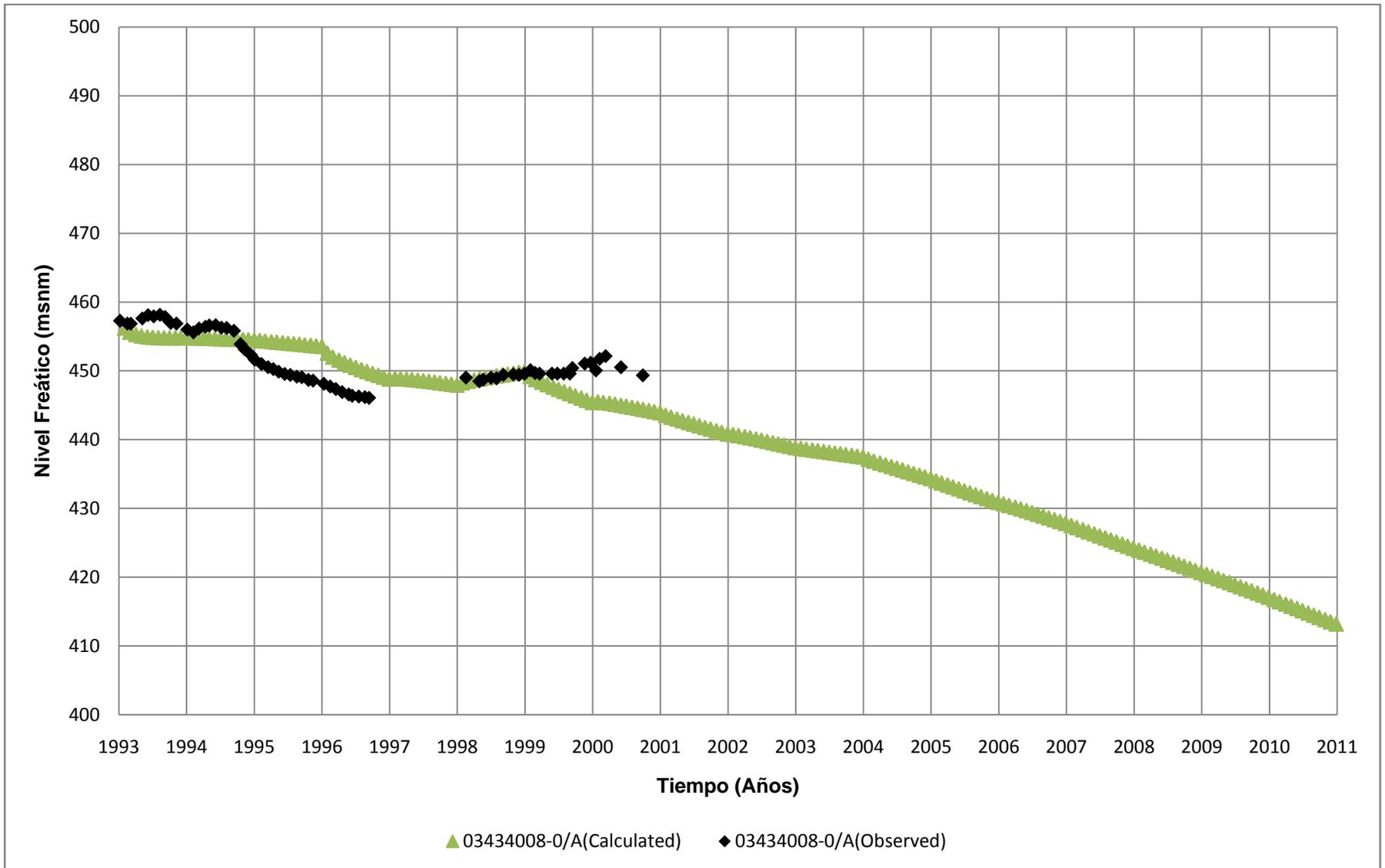


Figura D.10
Niveles medidos y simulados en pozo 03434008-0
 Fuente: Elaboración Propia

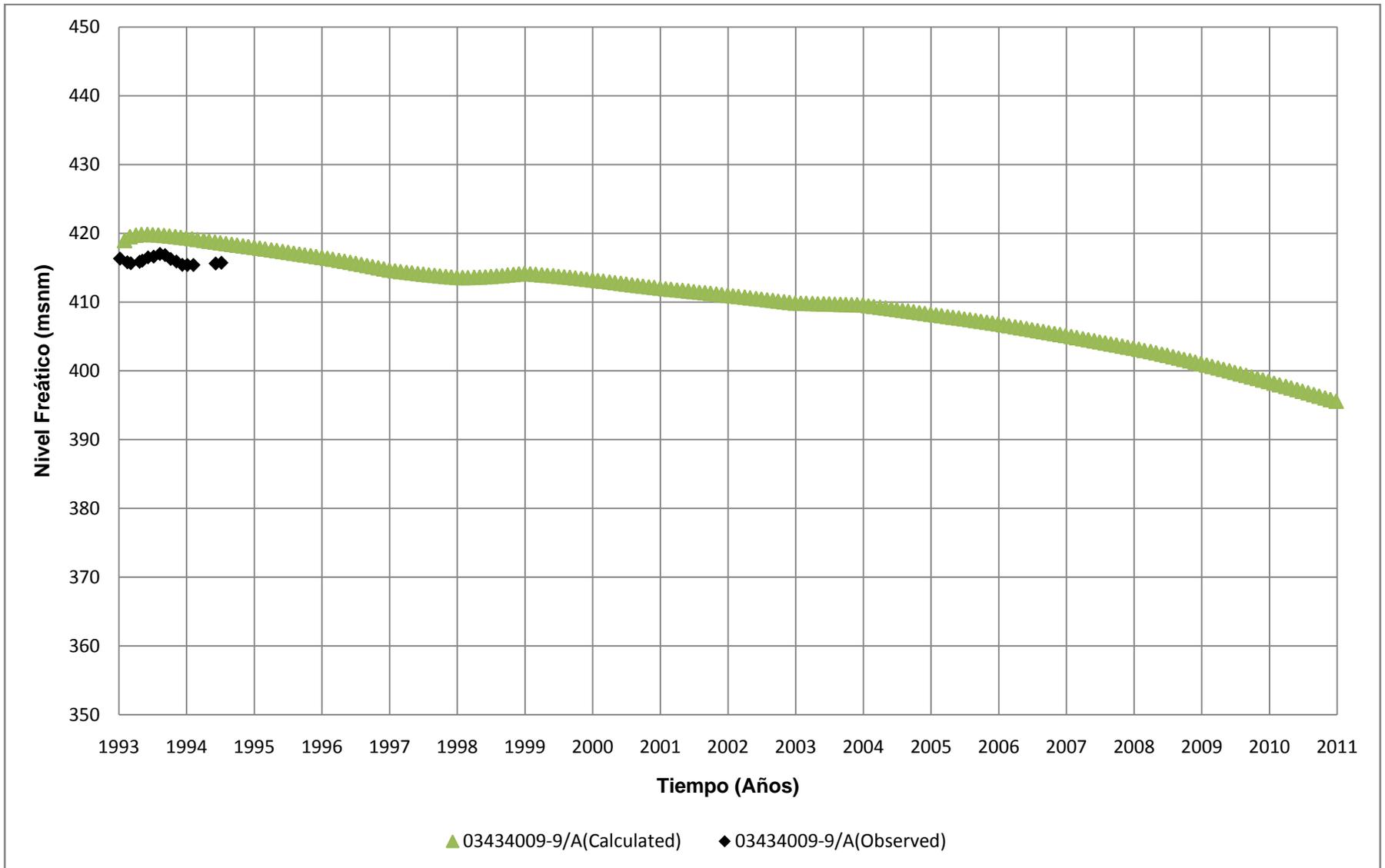


Figura D.11
Niveles medidos y simulados en pozo 03434009-9
 Fuente: Elaboración Propia

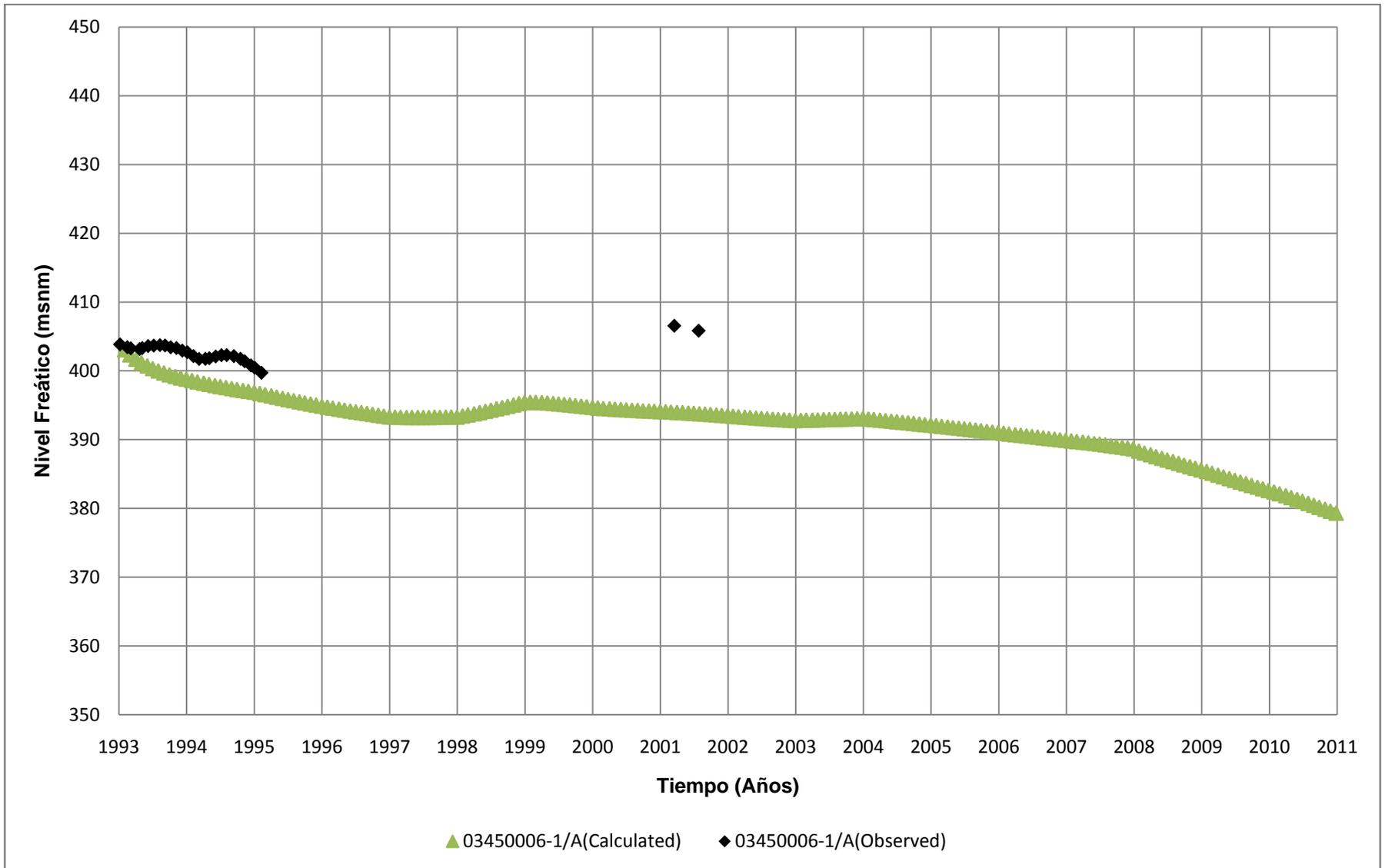


Figura D.12
Niveles medidos y simulados en pozo 03450006-1
 Fuente: Elaboración Propia

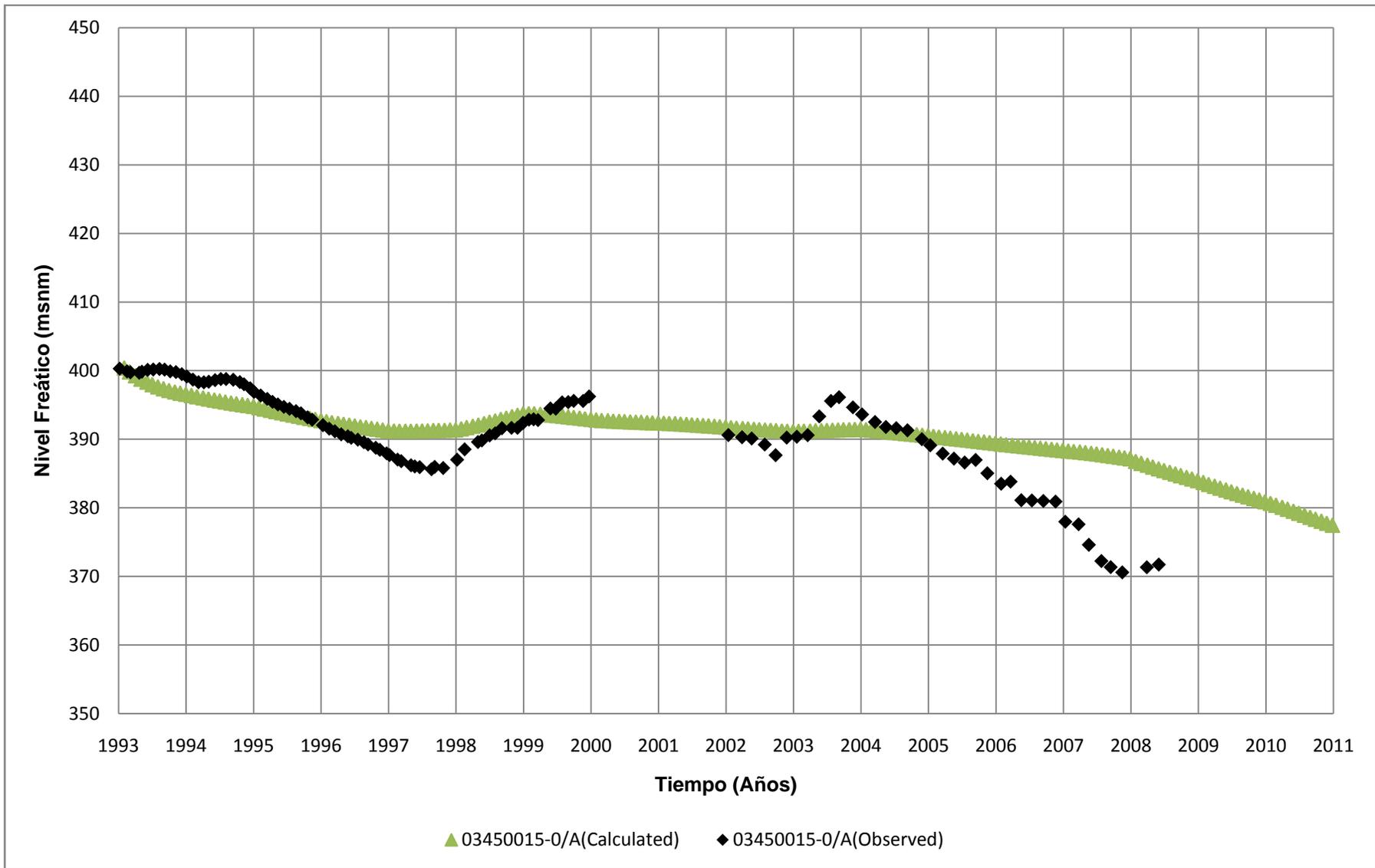


Figura D.13
Niveles medidos y simulados en pozo 03450015-0
 Fuente: Elaboración Propia

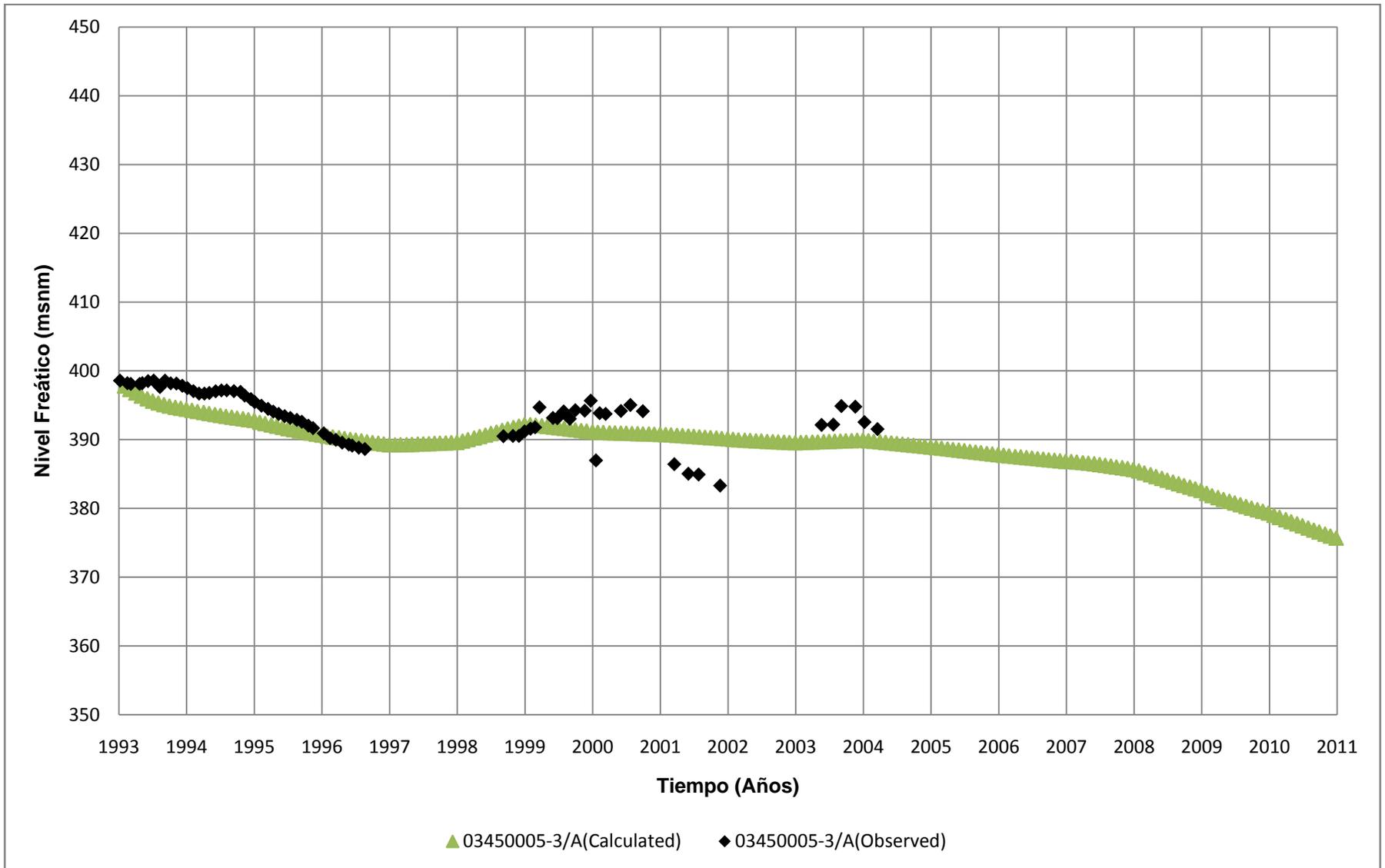


Figura D.14
Niveles medidos y simulados en pozo 03450005-3
 Fuente: Elaboración Propia

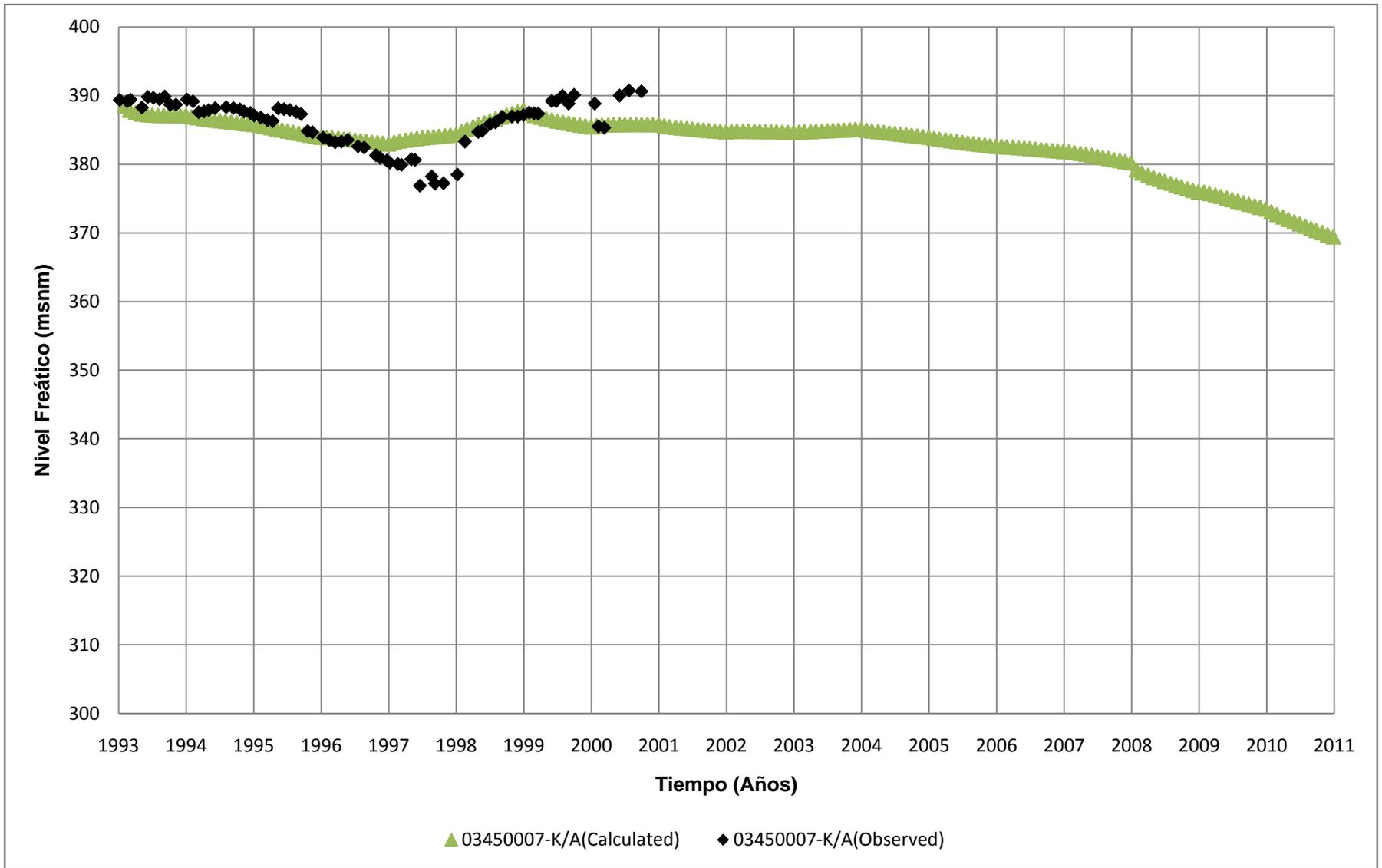


Figura D.15
Niveles medidos y simulados en pozo 03450007-K
 Fuente: Elaboración Propia

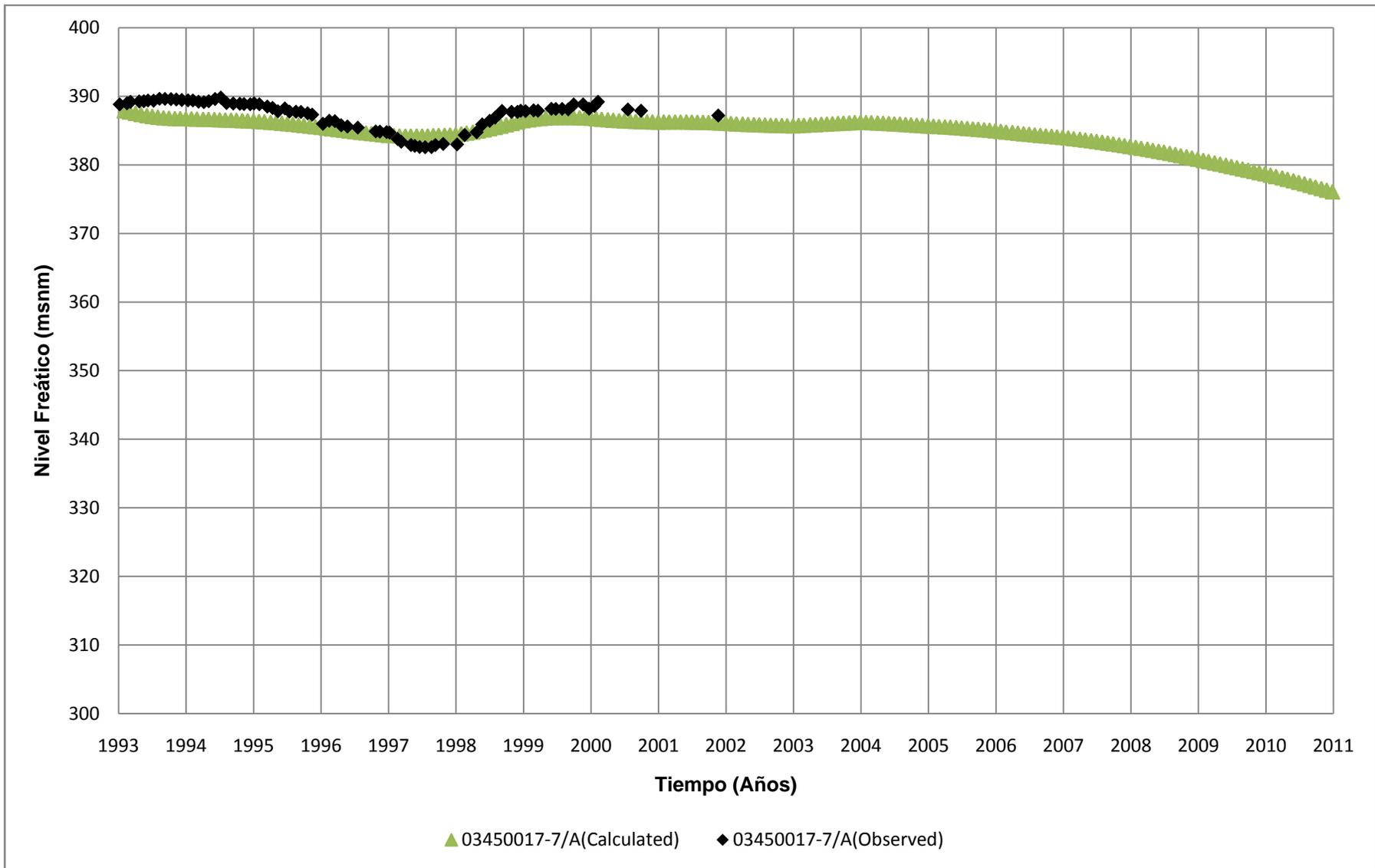


Figura D.16
Niveles medidos y simulados en pozo 03450017-7
 Fuente: Elaboración Propia

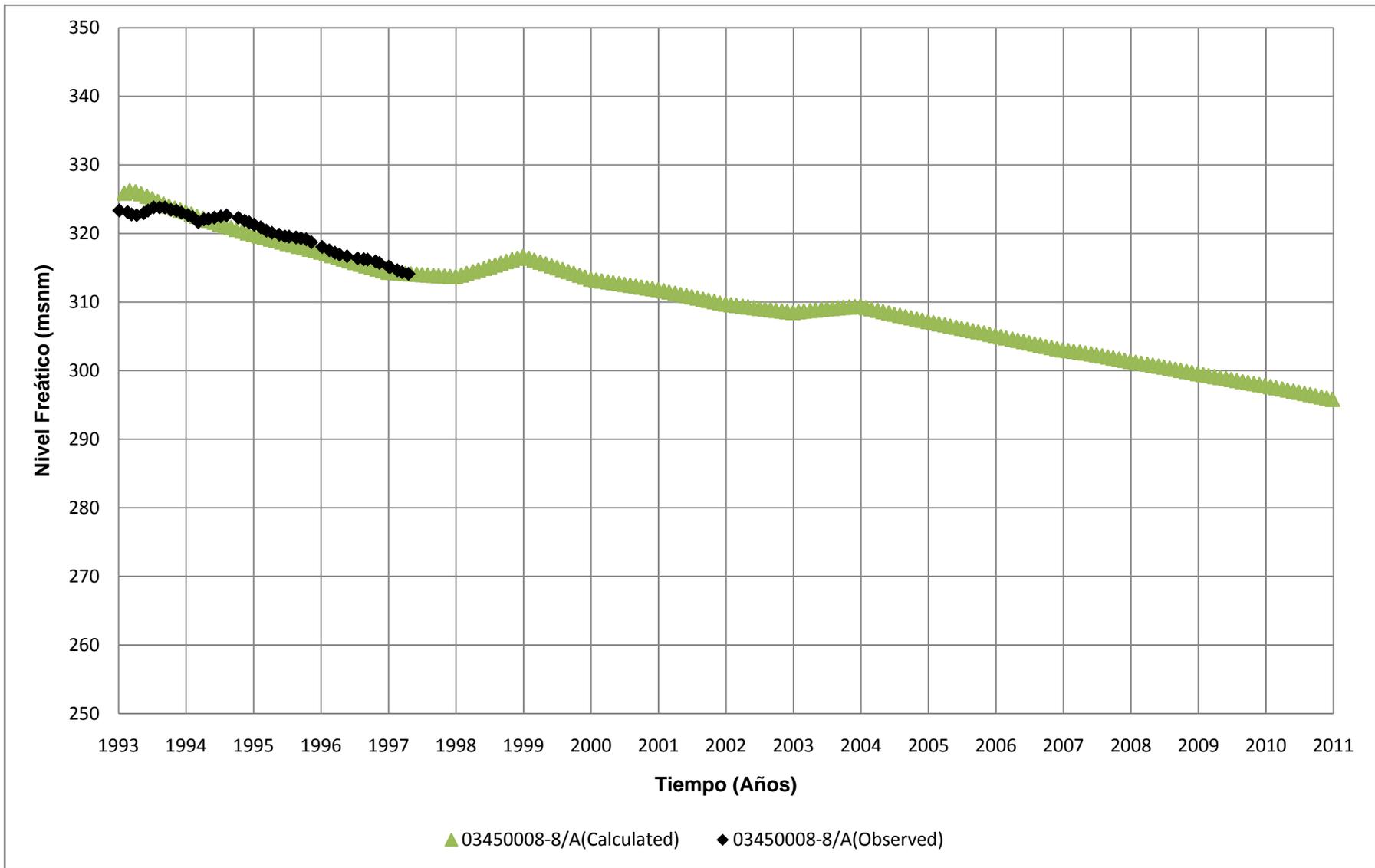


Figura D.17
Niveles medidos y simulados en pozo 03450008-8
 Fuente: Elaboración Propia

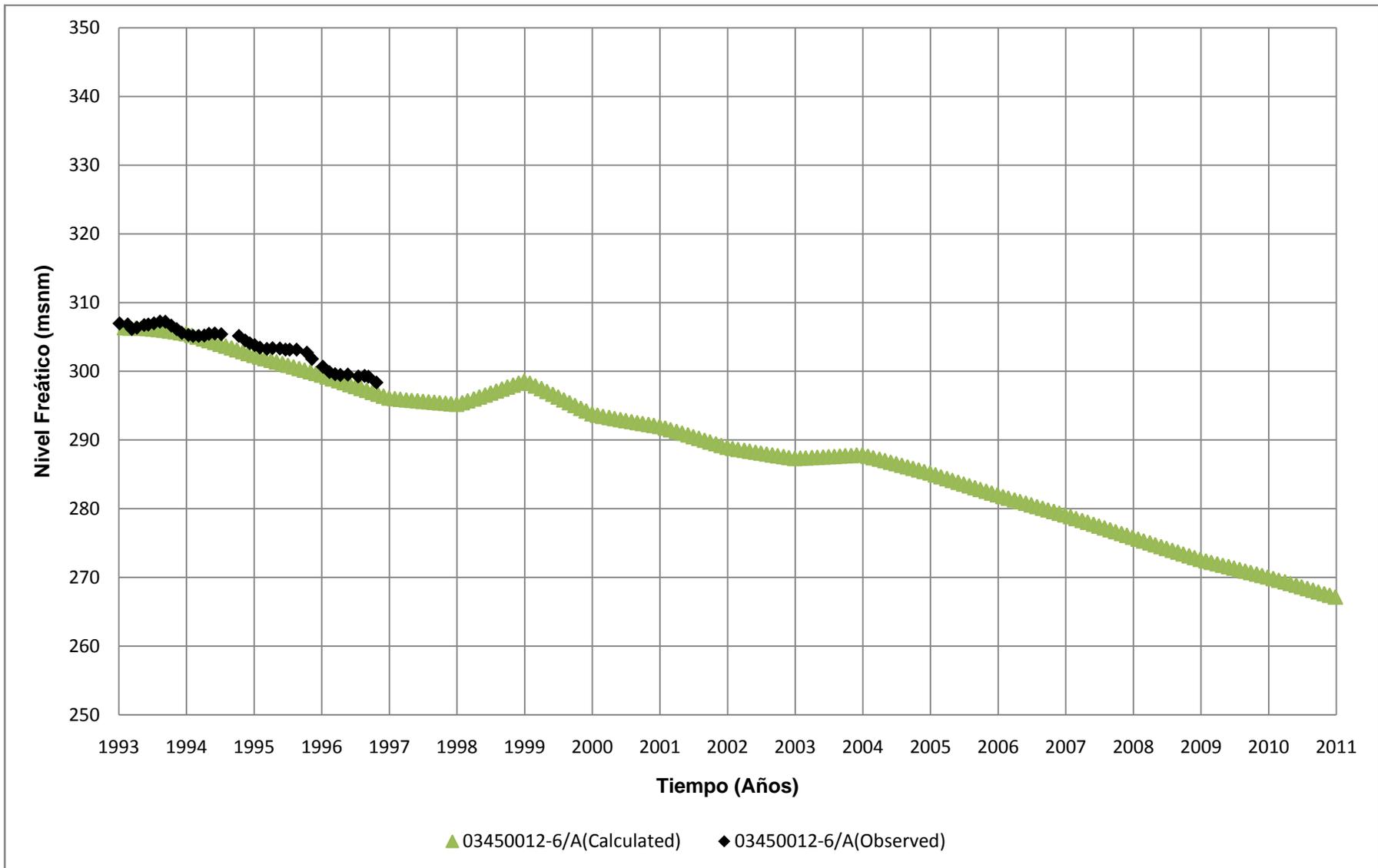


Figura D.18
Niveles medidos y simulados en pozo 03450012-6
Fuente: Elaboración Propia

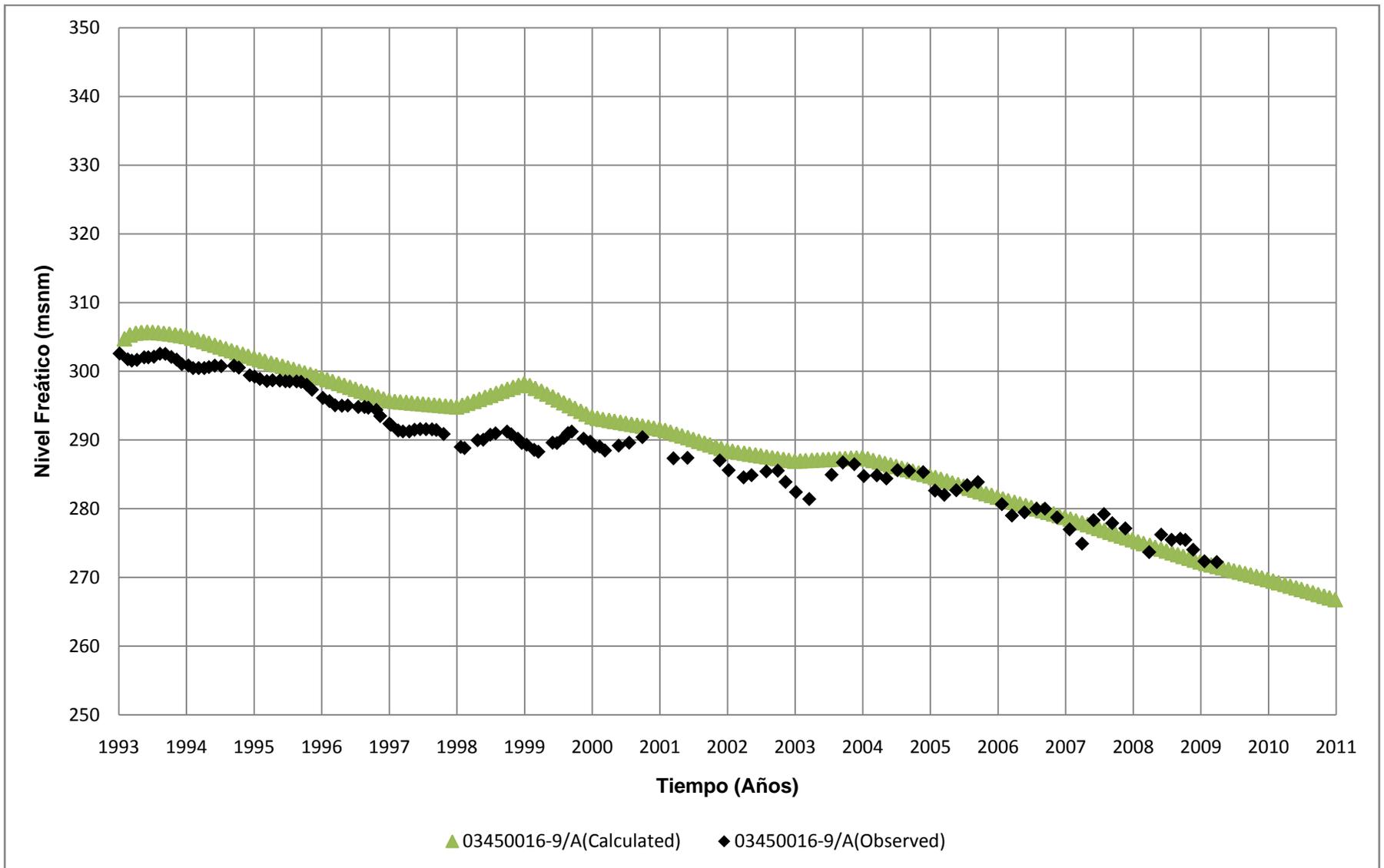


Figura D.19
Niveles medidos y simulados en pozo 03450016-9
 Fuente: Elaboración Propia

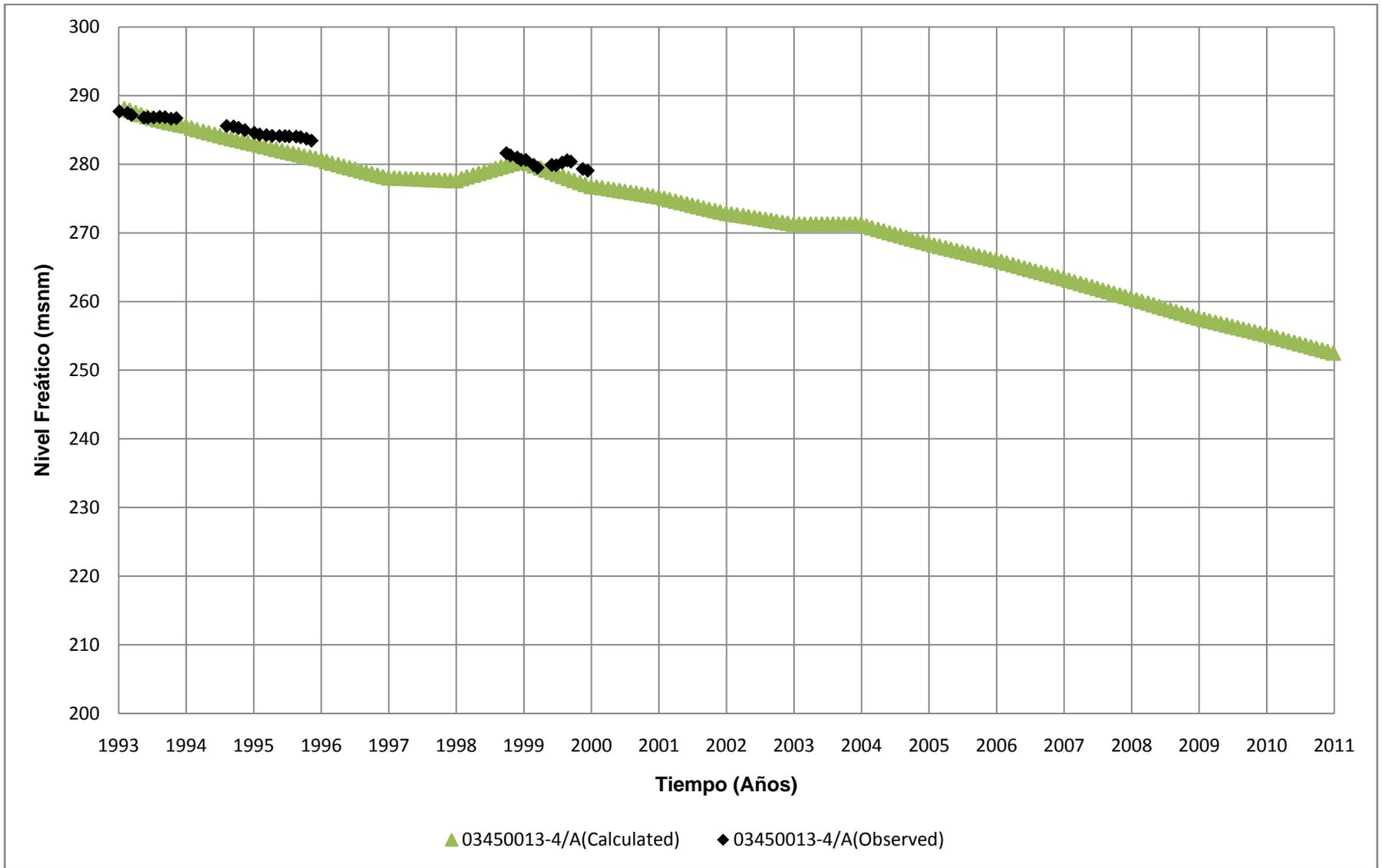


Figura D.20
Niveles medidos y simulados en pozo 03450013-4
 Fuente: Elaboración Propia

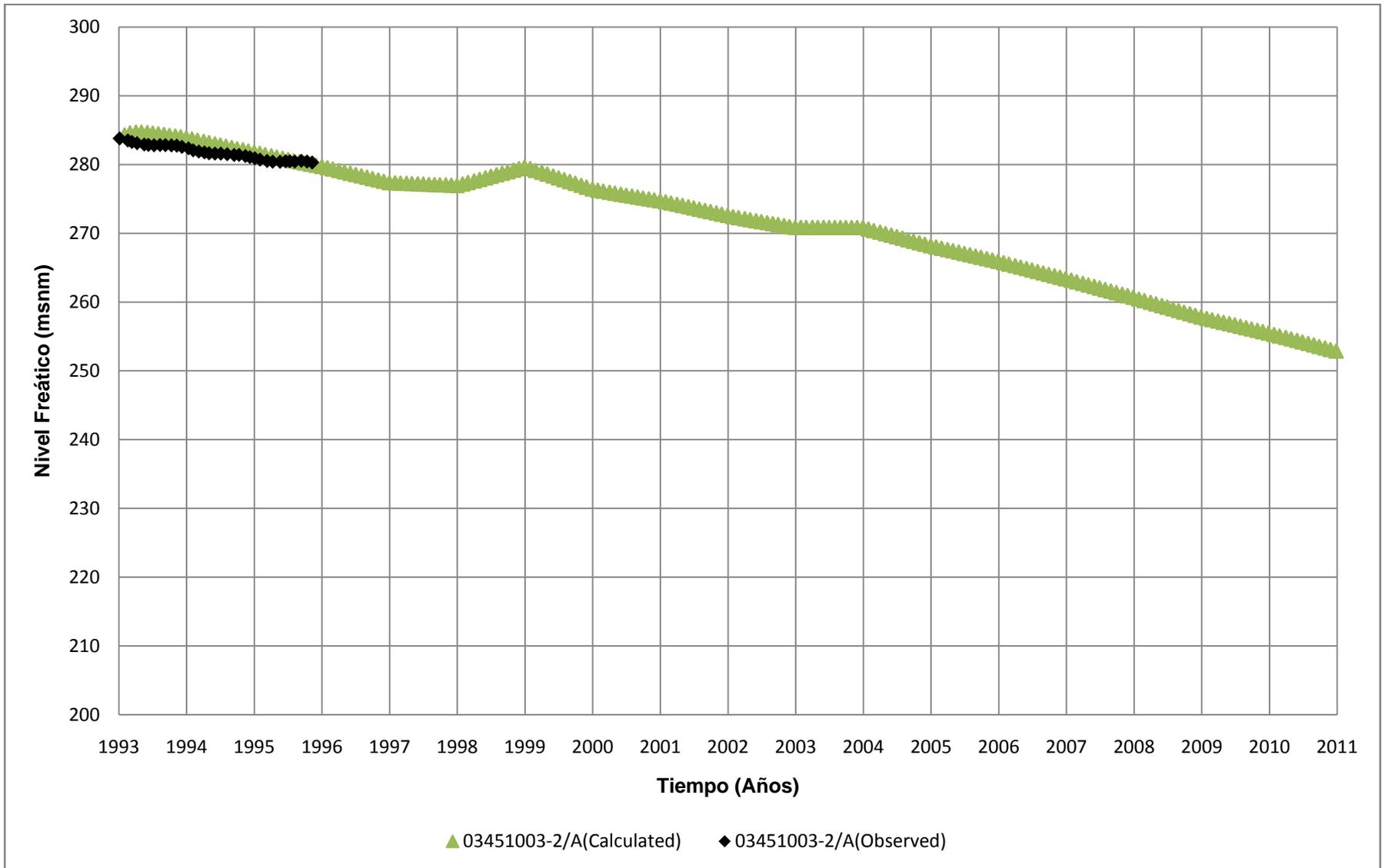


Figura D.21
Niveles medidos y simulados en pozo 03451003-2
 Fuente: Elaboración Propia

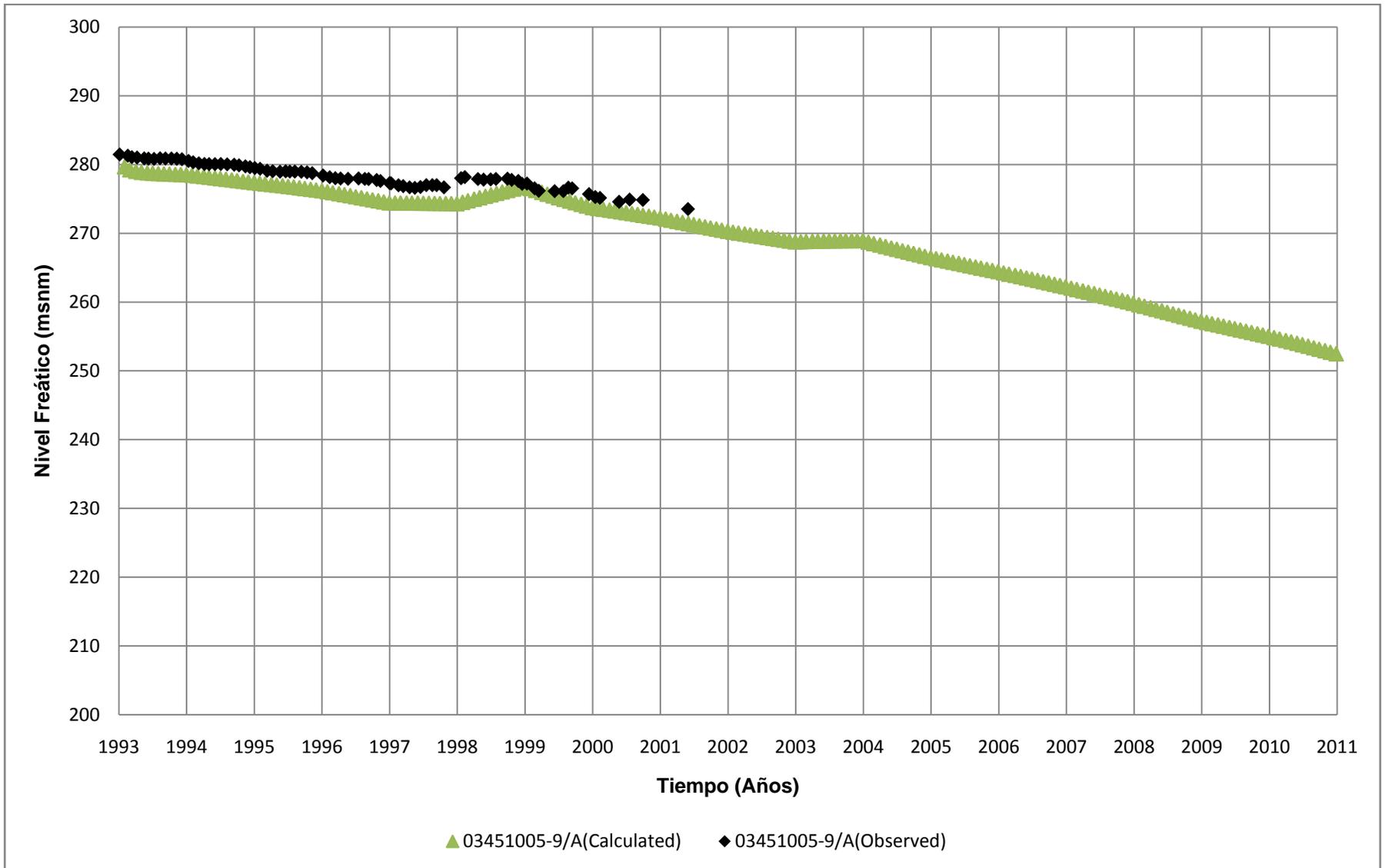


Figura D.22
Niveles medidos y simulados en pozo 03451005-9
 Fuente: Elaboración Propia

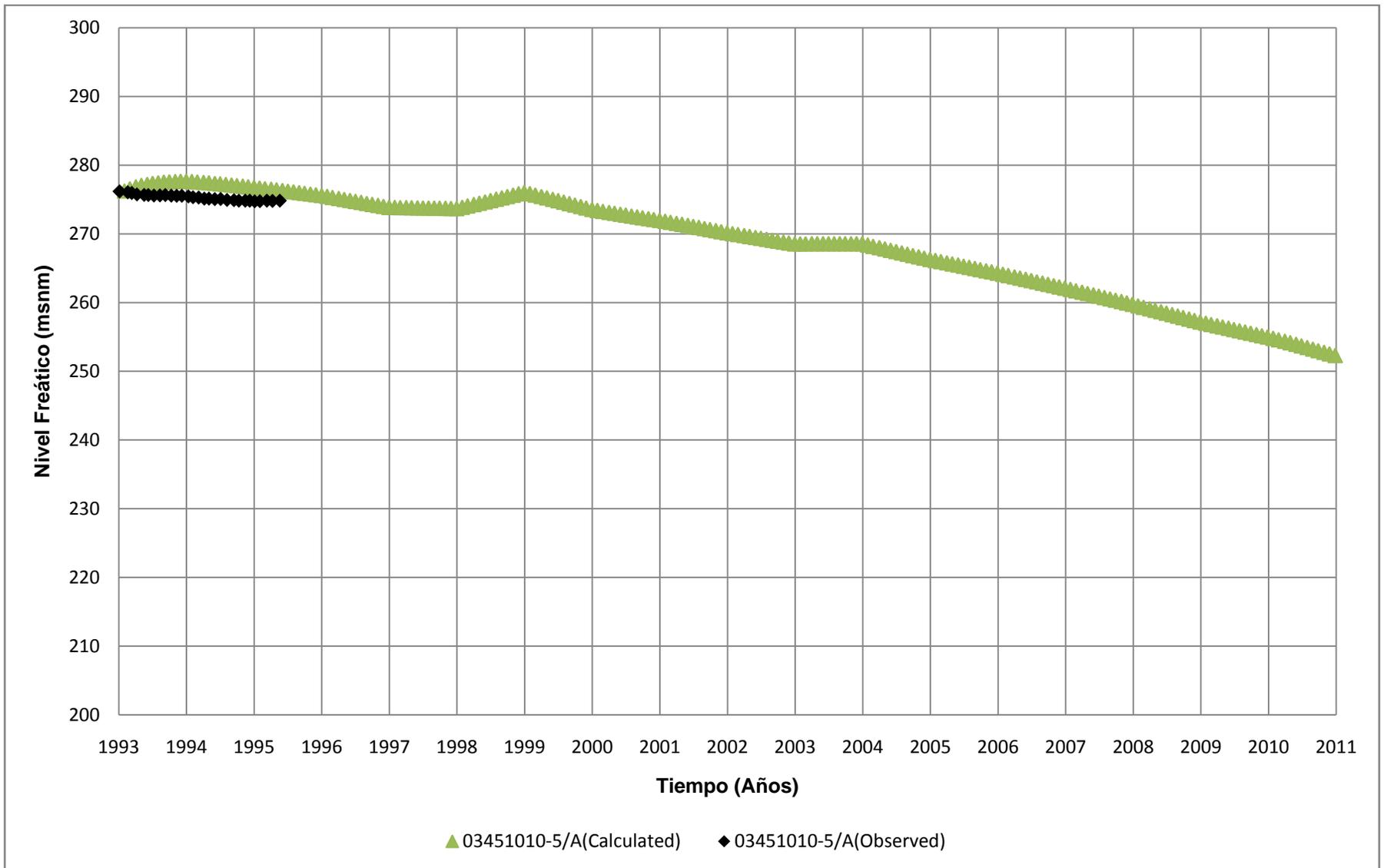


Figura D.23
Niveles medidos y simulados en pozo 03451010-5
 Fuente: Elaboración Propia

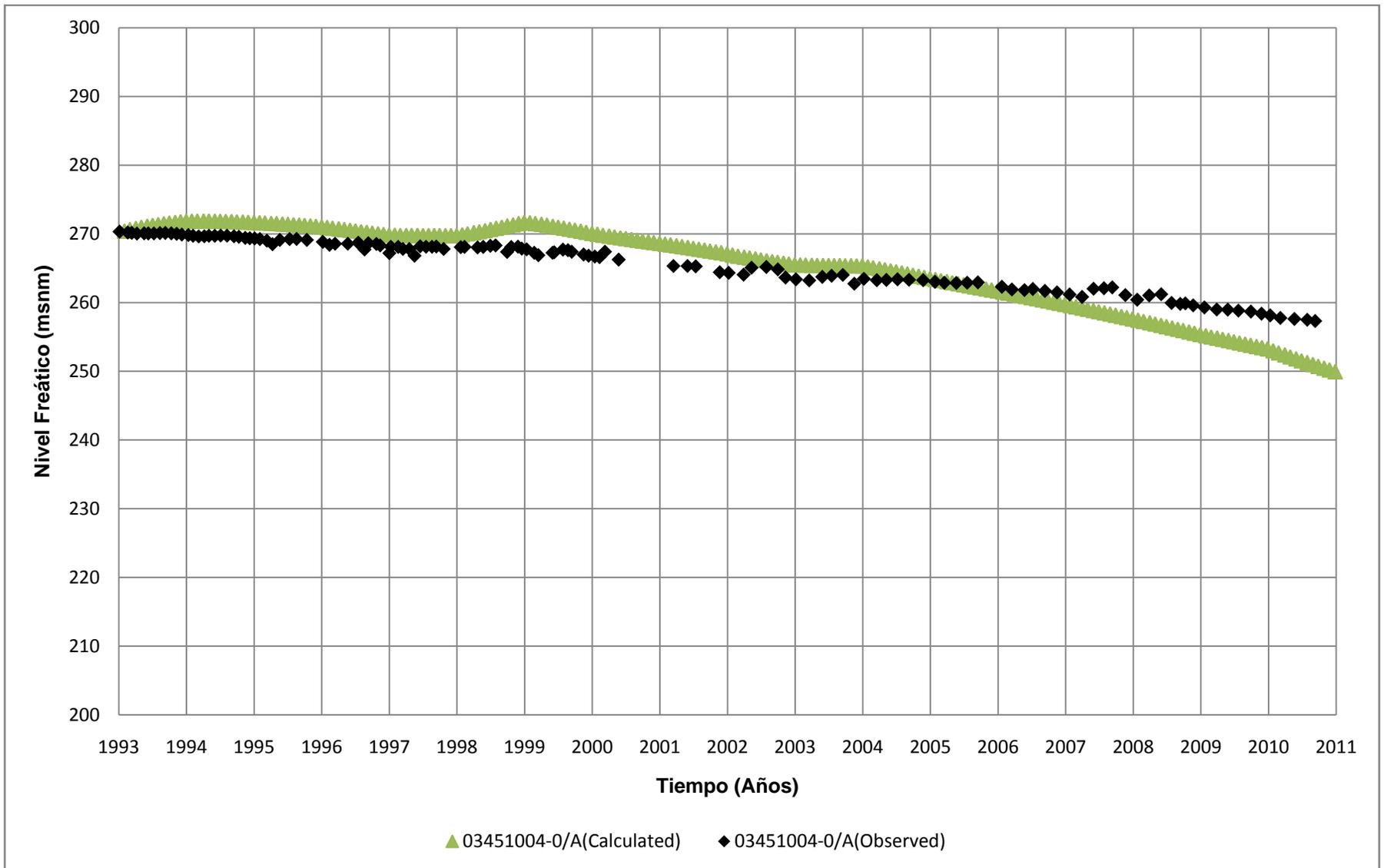


Figura D.24
Niveles medidos y simulados en pozo 03451004-0
 Fuente: Elaboración Propia

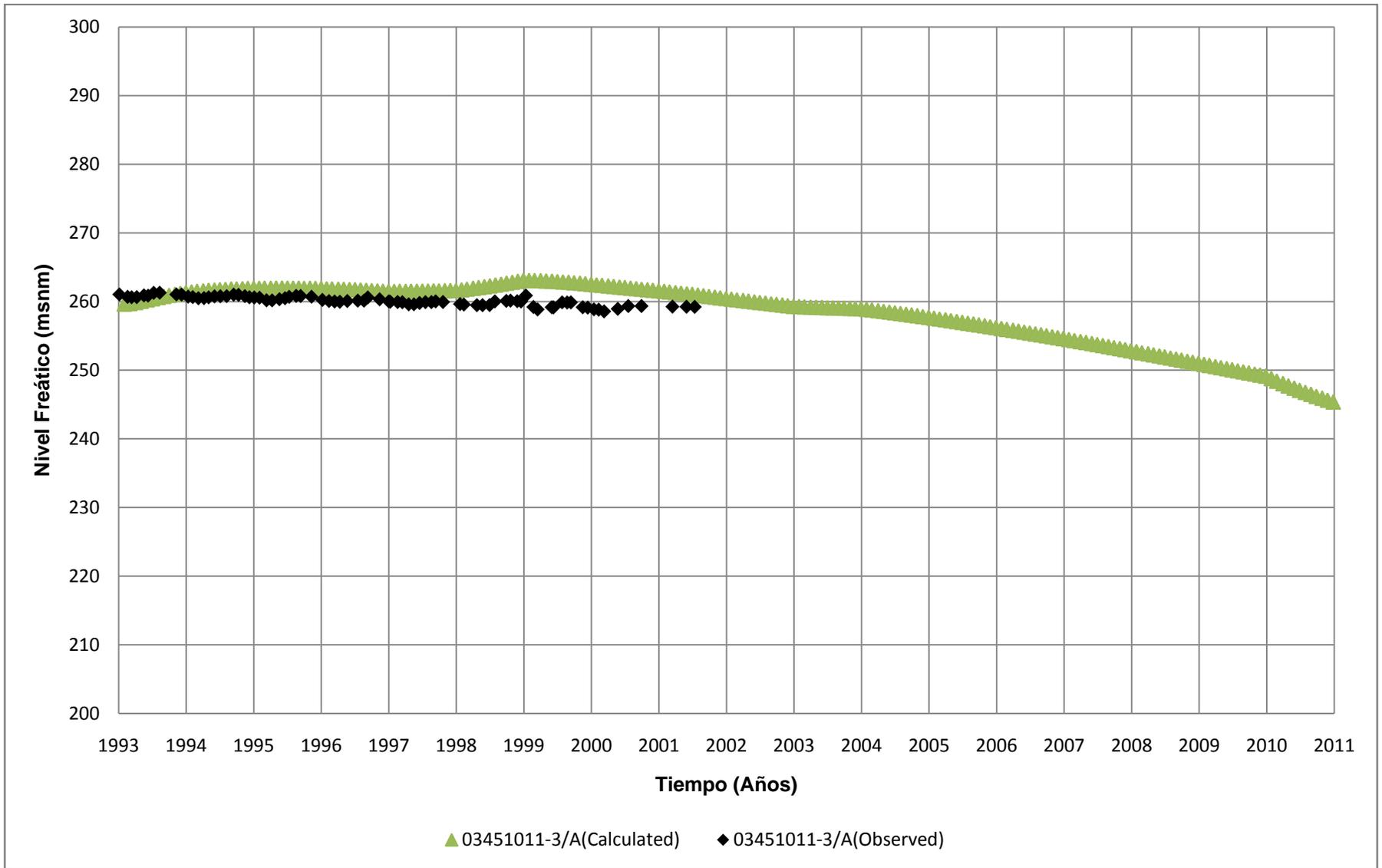


Figura D.25
Niveles medidos y simulados en pozo 03451011-3
 Fuente: Elaboración Propia

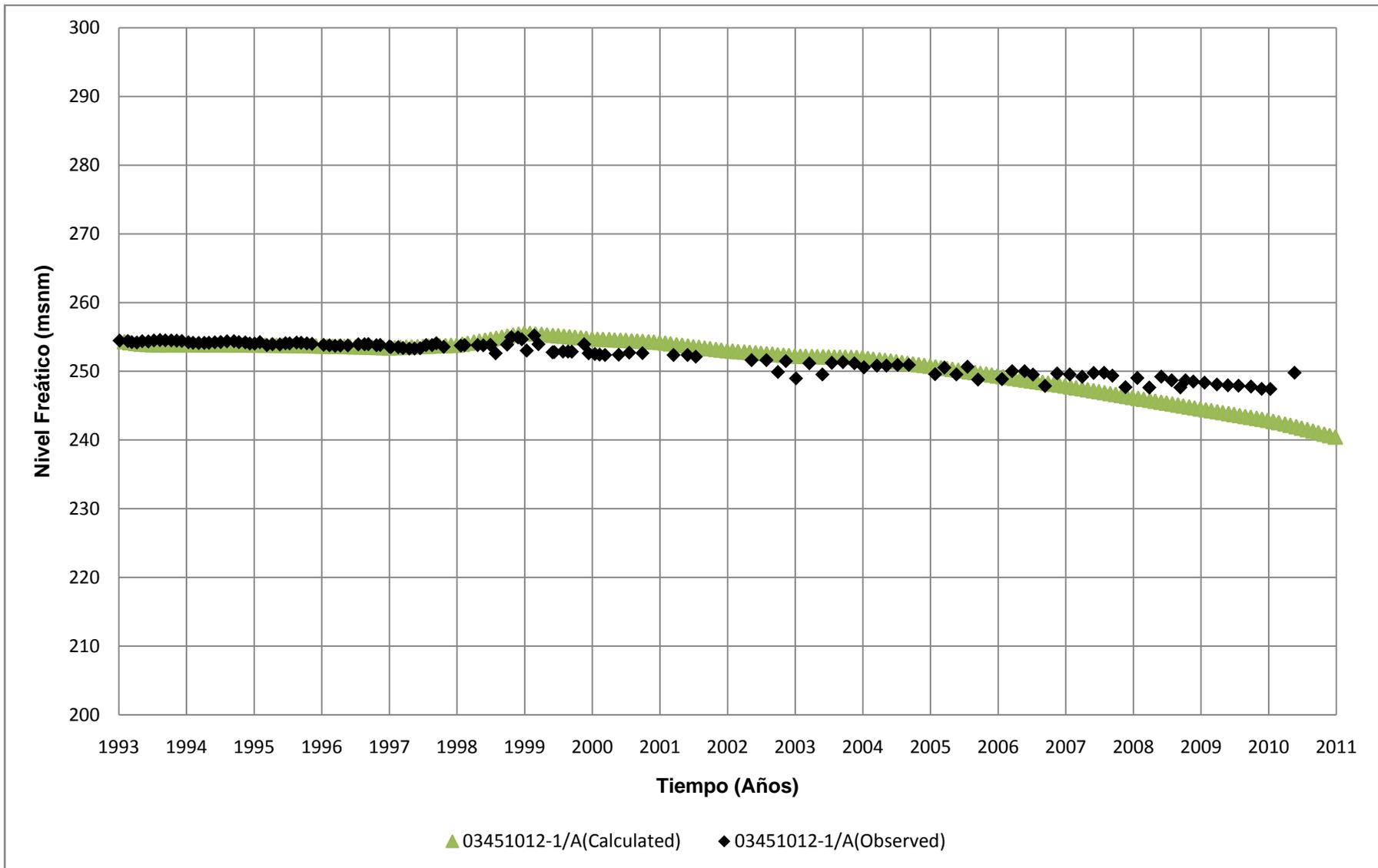


Figura D.26
Niveles medidos y simulados en pozo 03451012-1
 Fuente: Elaboración Propia

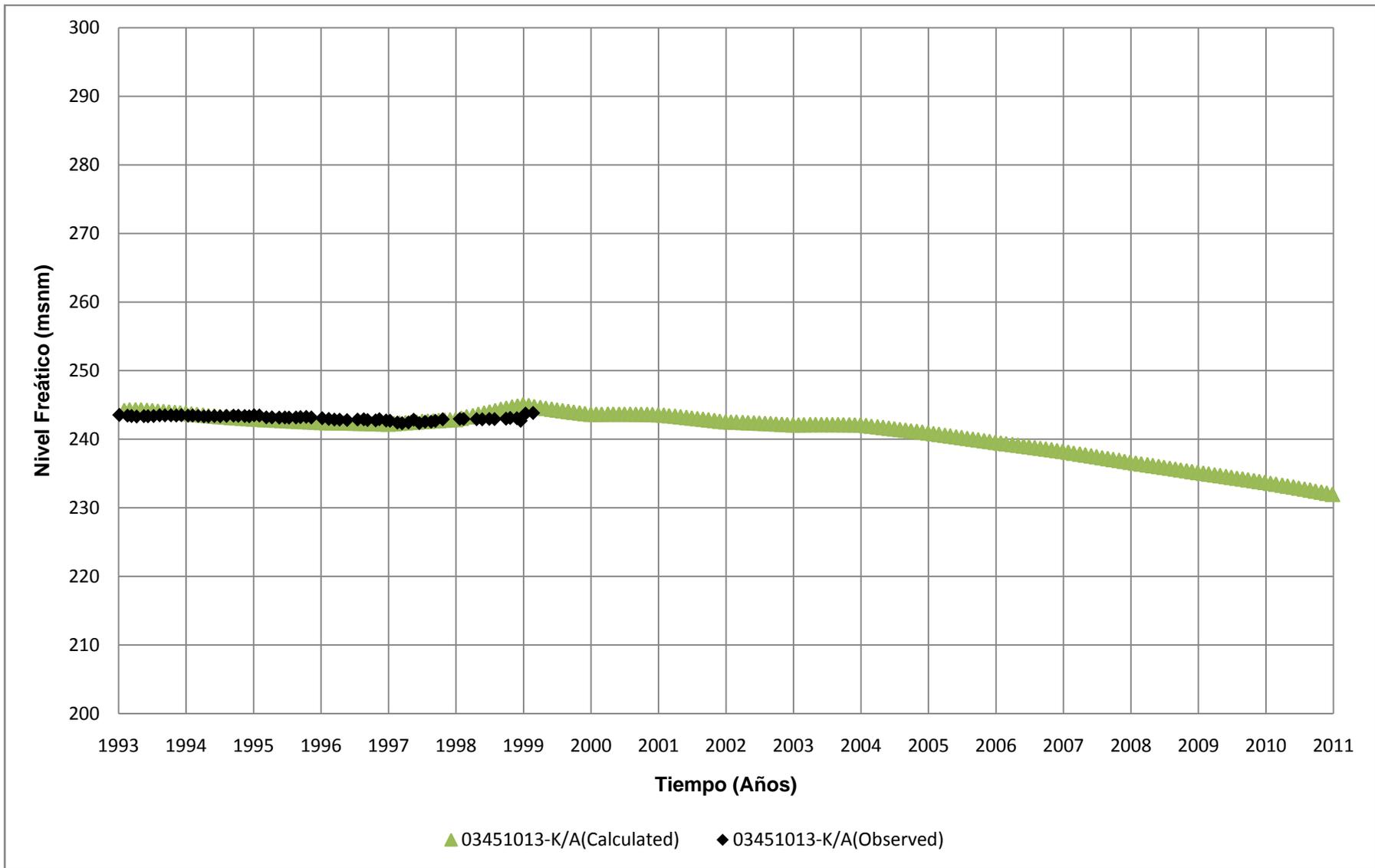


Figura D.27
Niveles medidos y simulados en pozo 03451013-K
 Fuente: Elaboración Propia

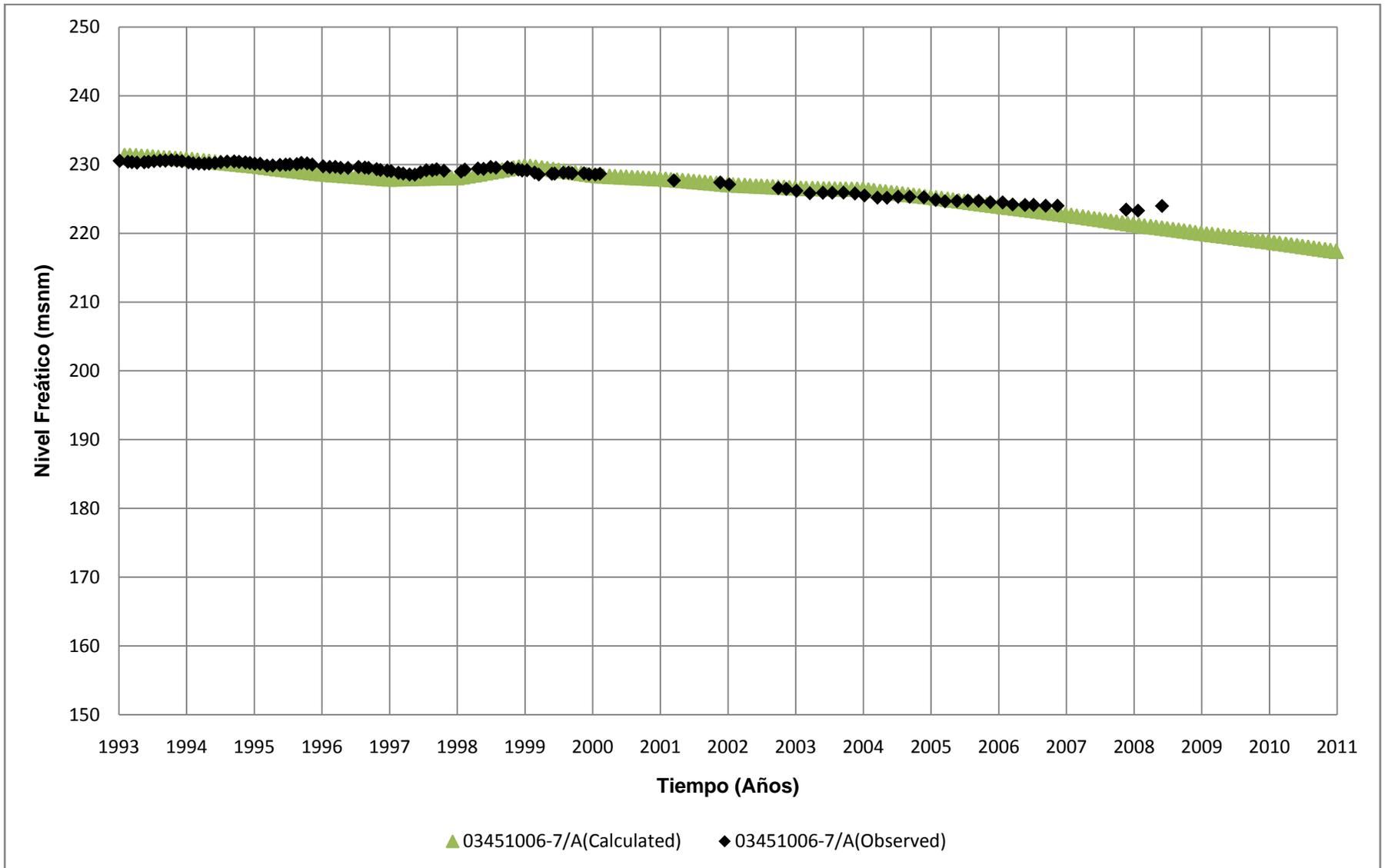


Figura D.28
Niveles medidos y simulados en pozo 03451006-7
 Fuente: Elaboración Propia

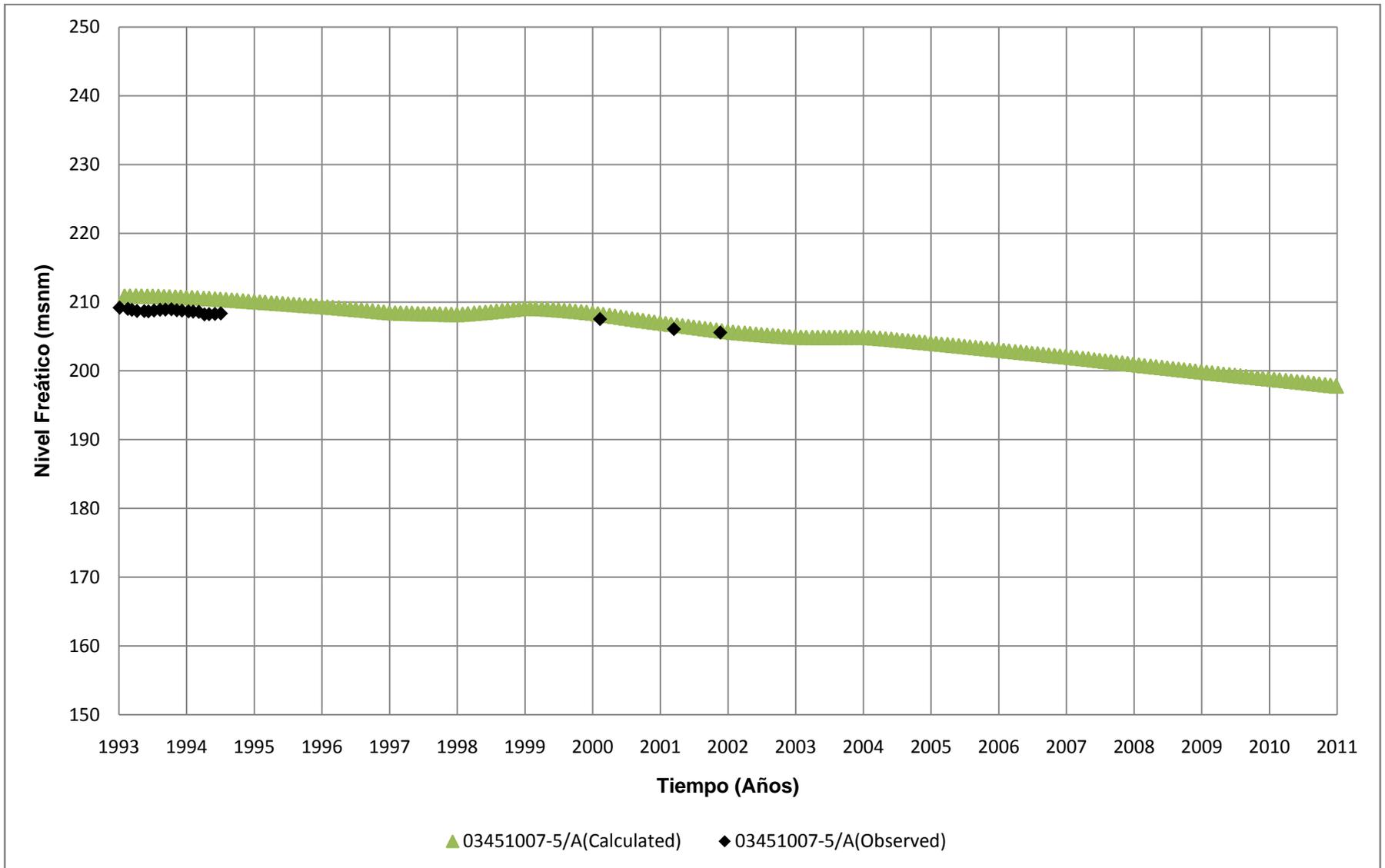


Figura D.29
Niveles medidos y simulados en pozo 03451007-5
 Fuente: Elaboración Propia

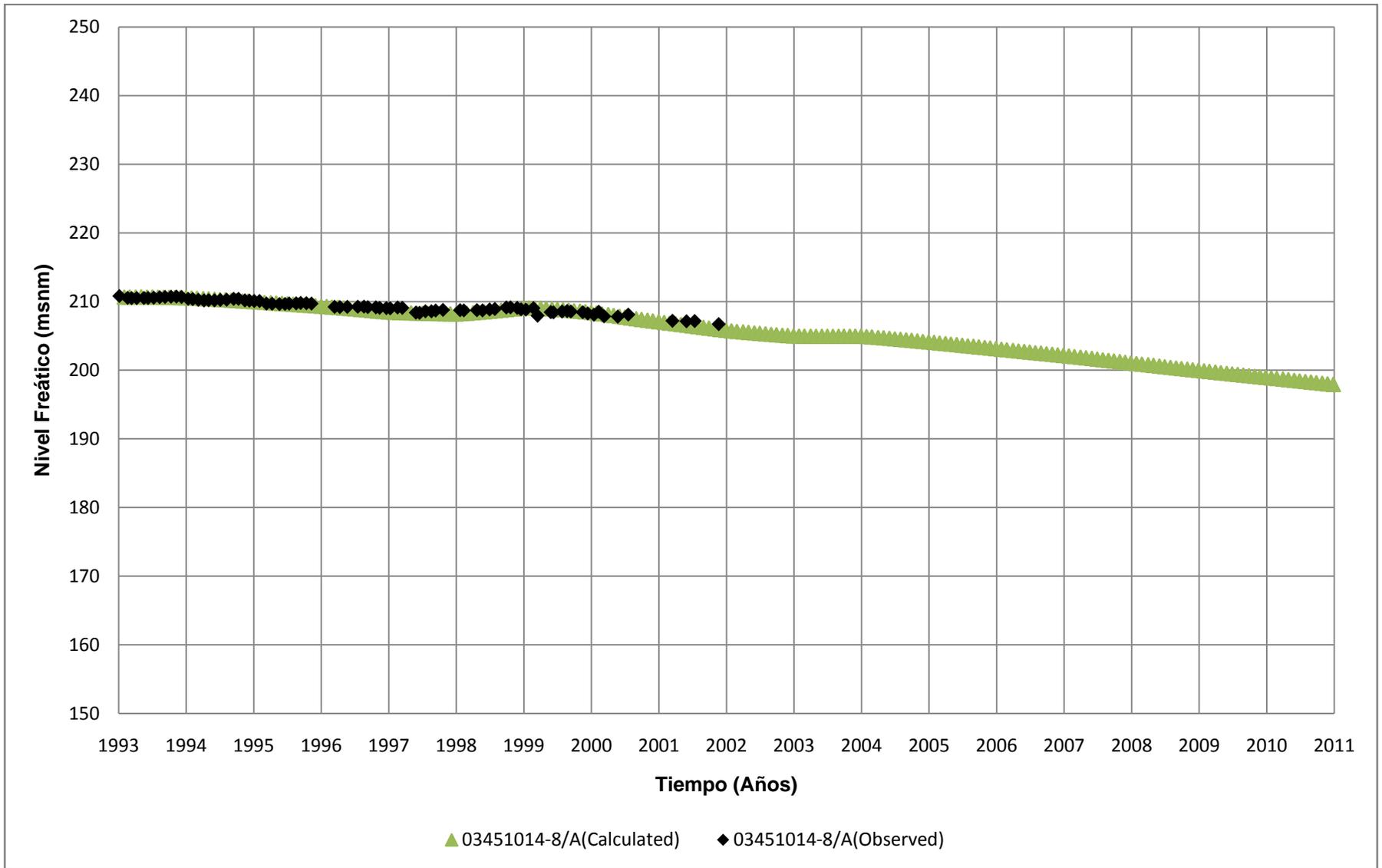


Figura D.30
Niveles medidos y simulados en pozo 03451014-8
 Fuente: Elaboración Propia

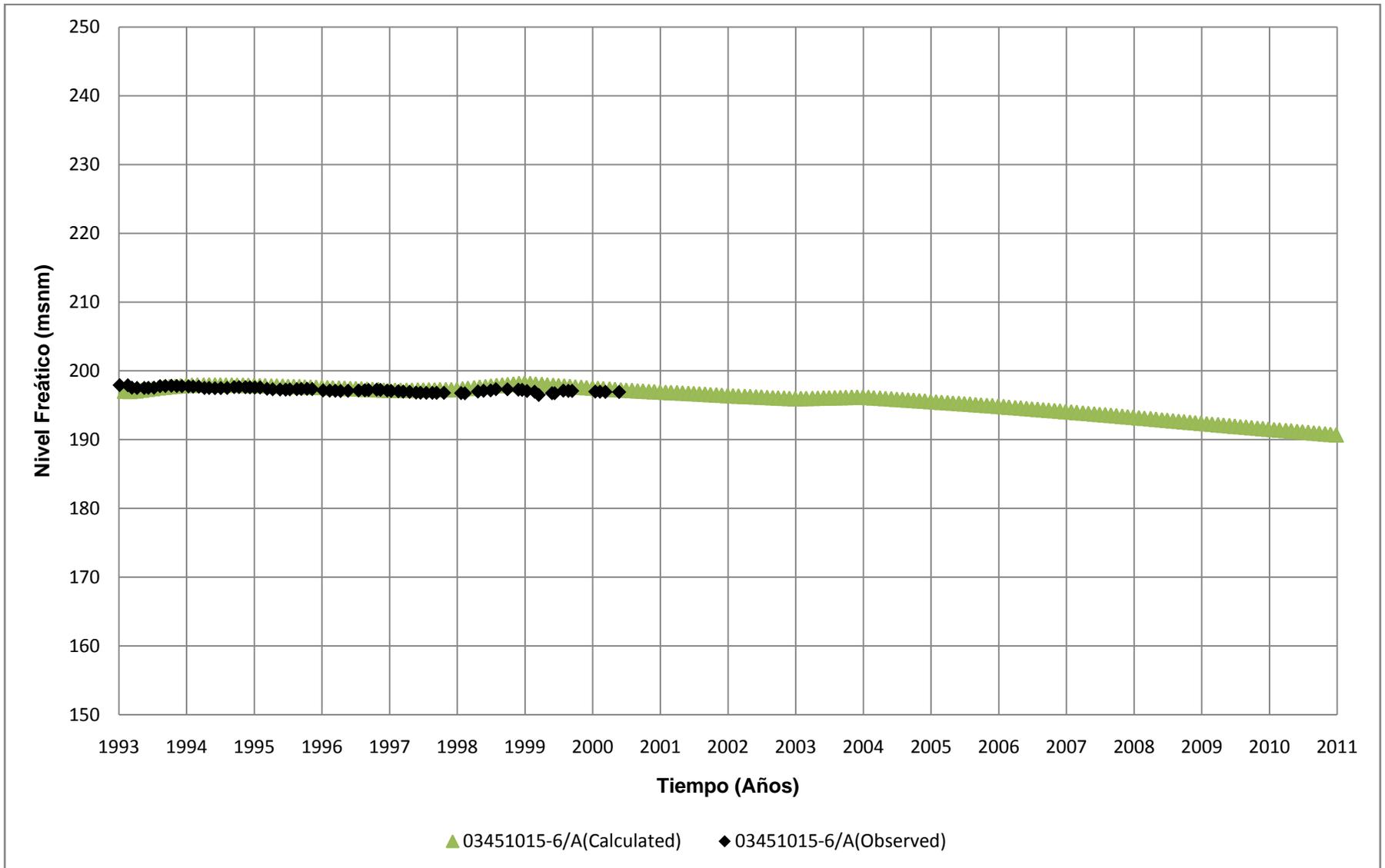


Figura D.31
Niveles medidos y simulados en pozo 03451015-6
 Fuente: Elaboración Propia

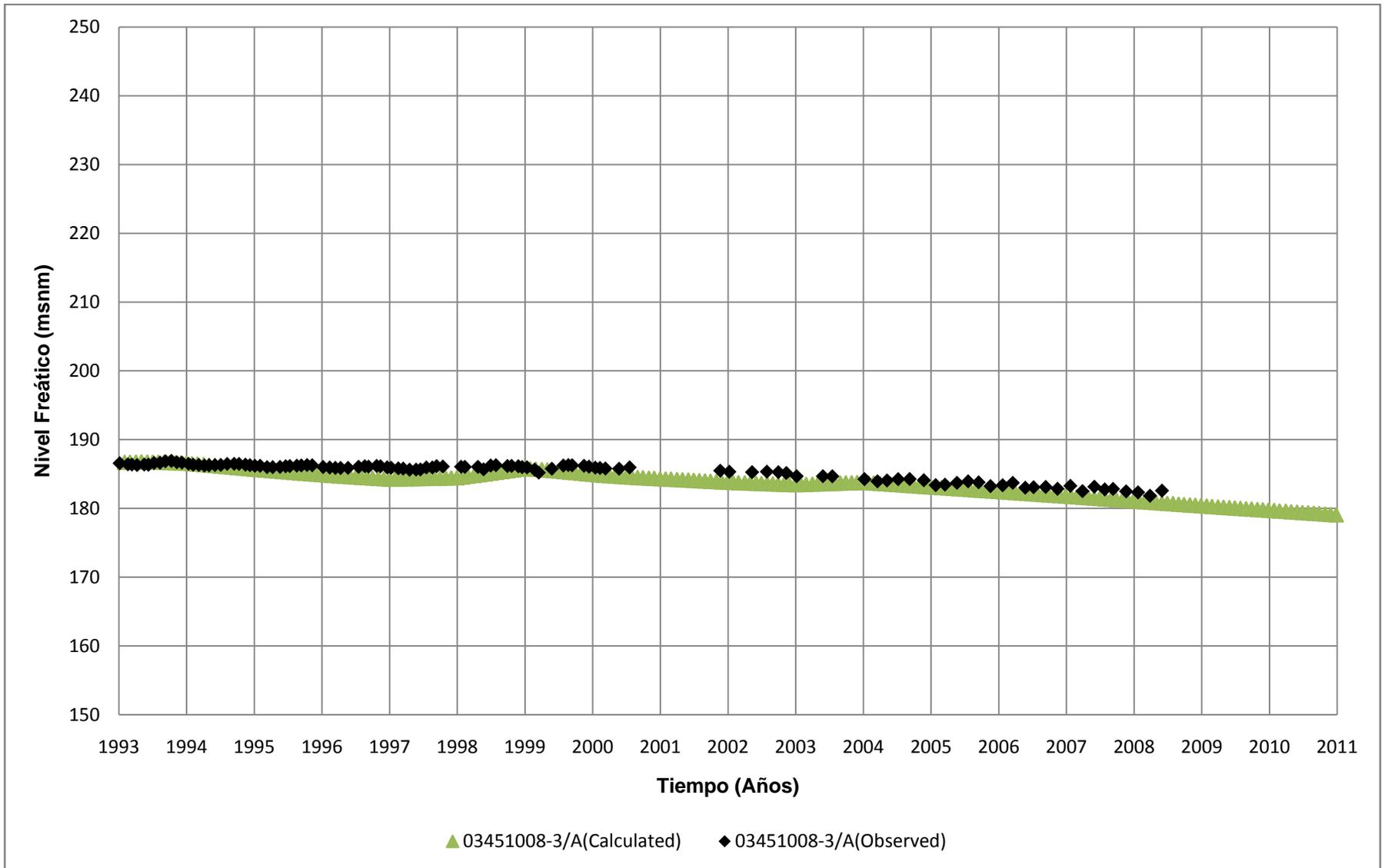


Figura D.32
Niveles medidos y simulados en pozo 03451008-3
 Fuente: Elaboración Propia

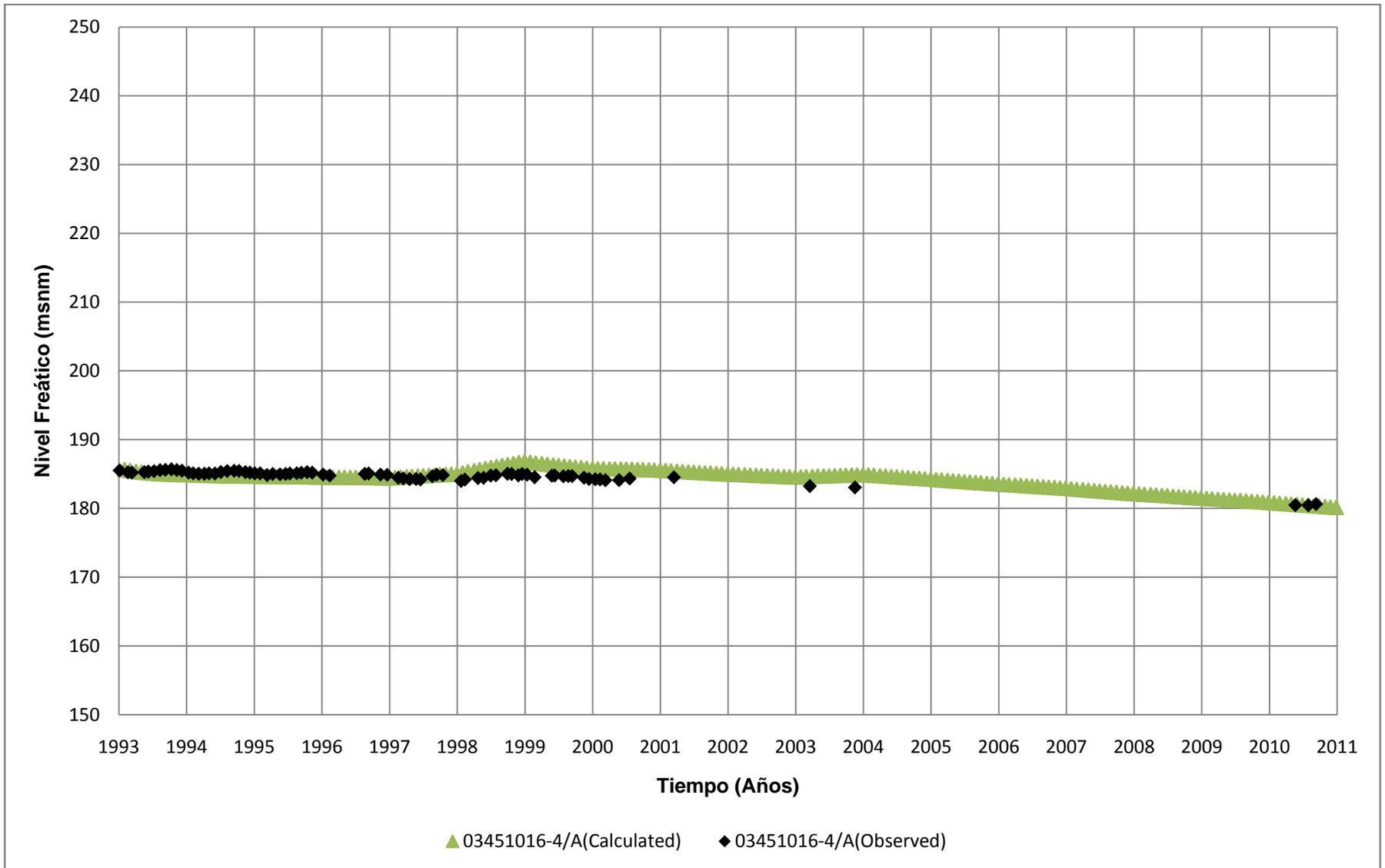


Figura D.33
Niveles medidos y simulados en pozo 03451016-4
 Fuente: Elaboración Propia

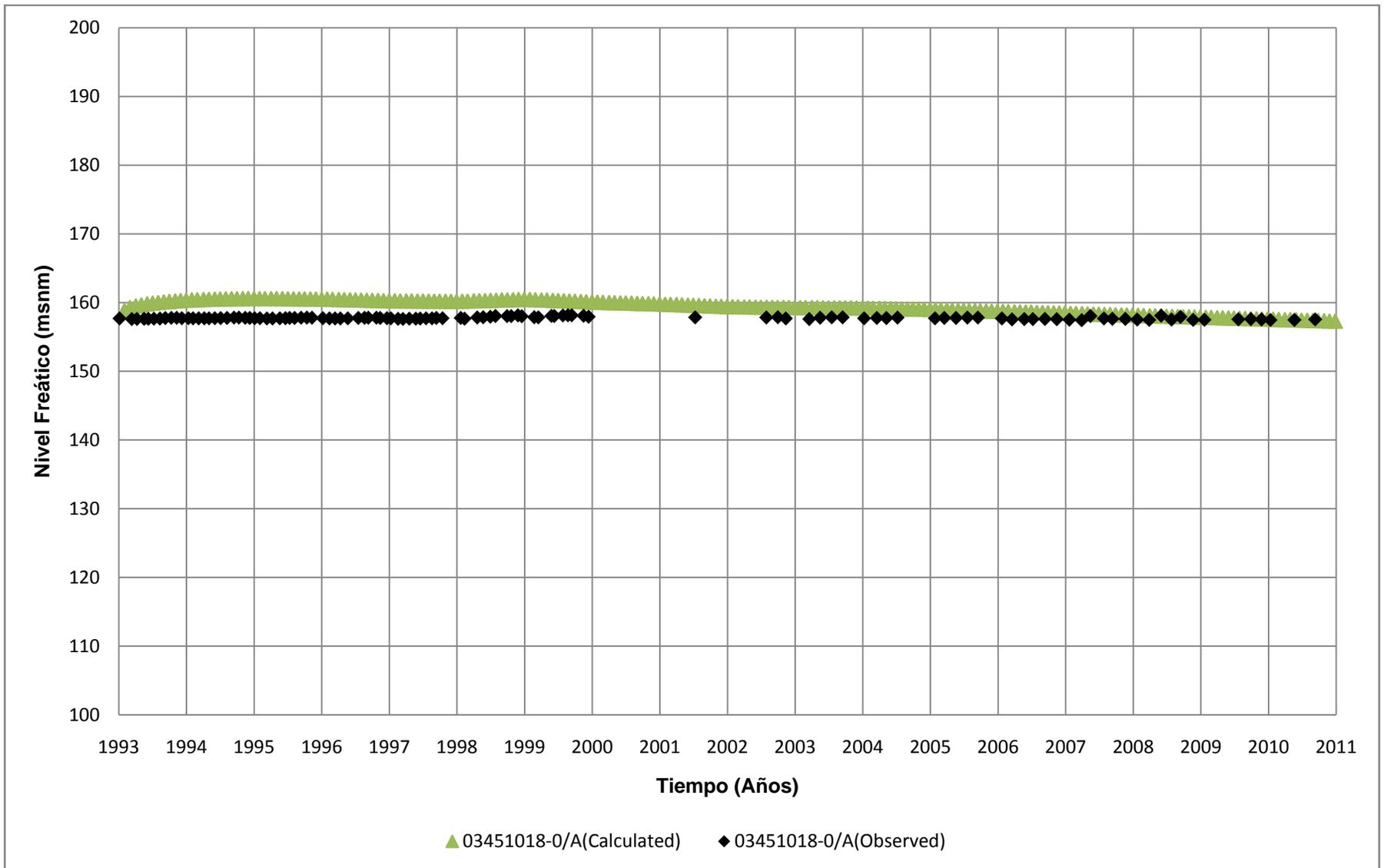


Figura D.34
Niveles medidos y simulados en pozo 03451018-0
 Fuente: Elaboración Propia

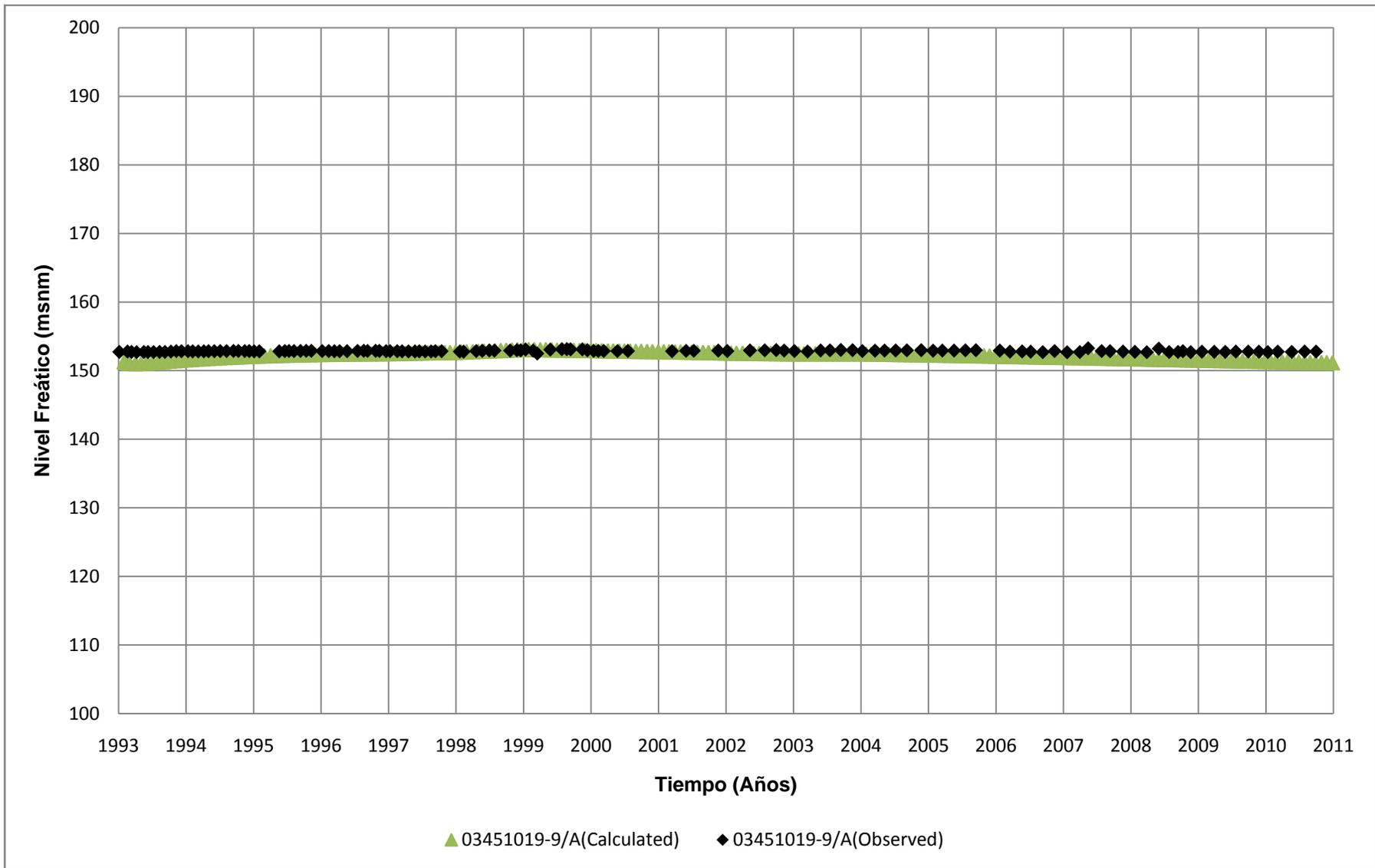


Figura D.35
Niveles medidos y simulados en pozo 03451019-9
Fuente: Elaboración Propia

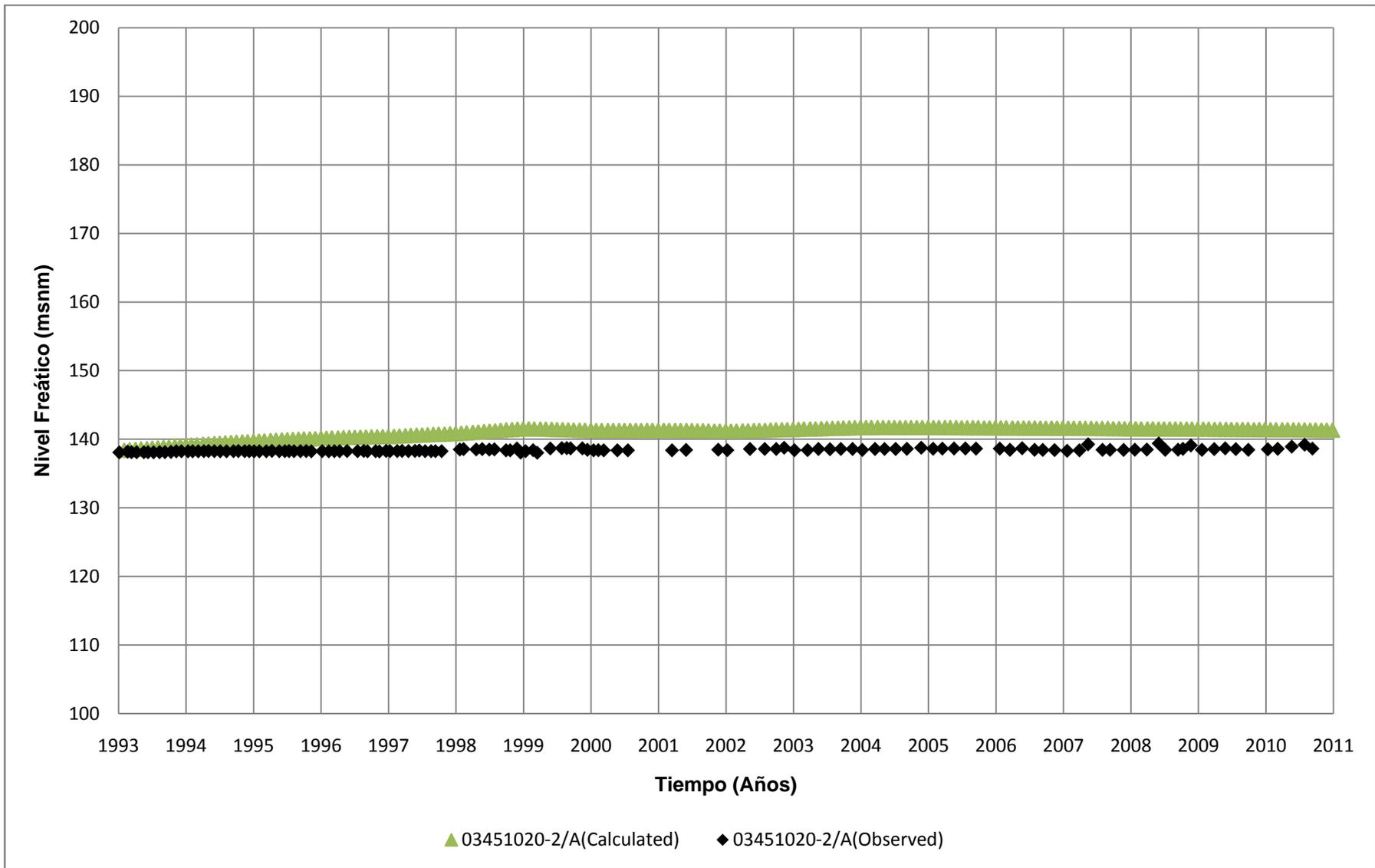


Figura D.36
Niveles medidos y simulados en pozo 03451020-2
 Fuente: Elaboración Propia

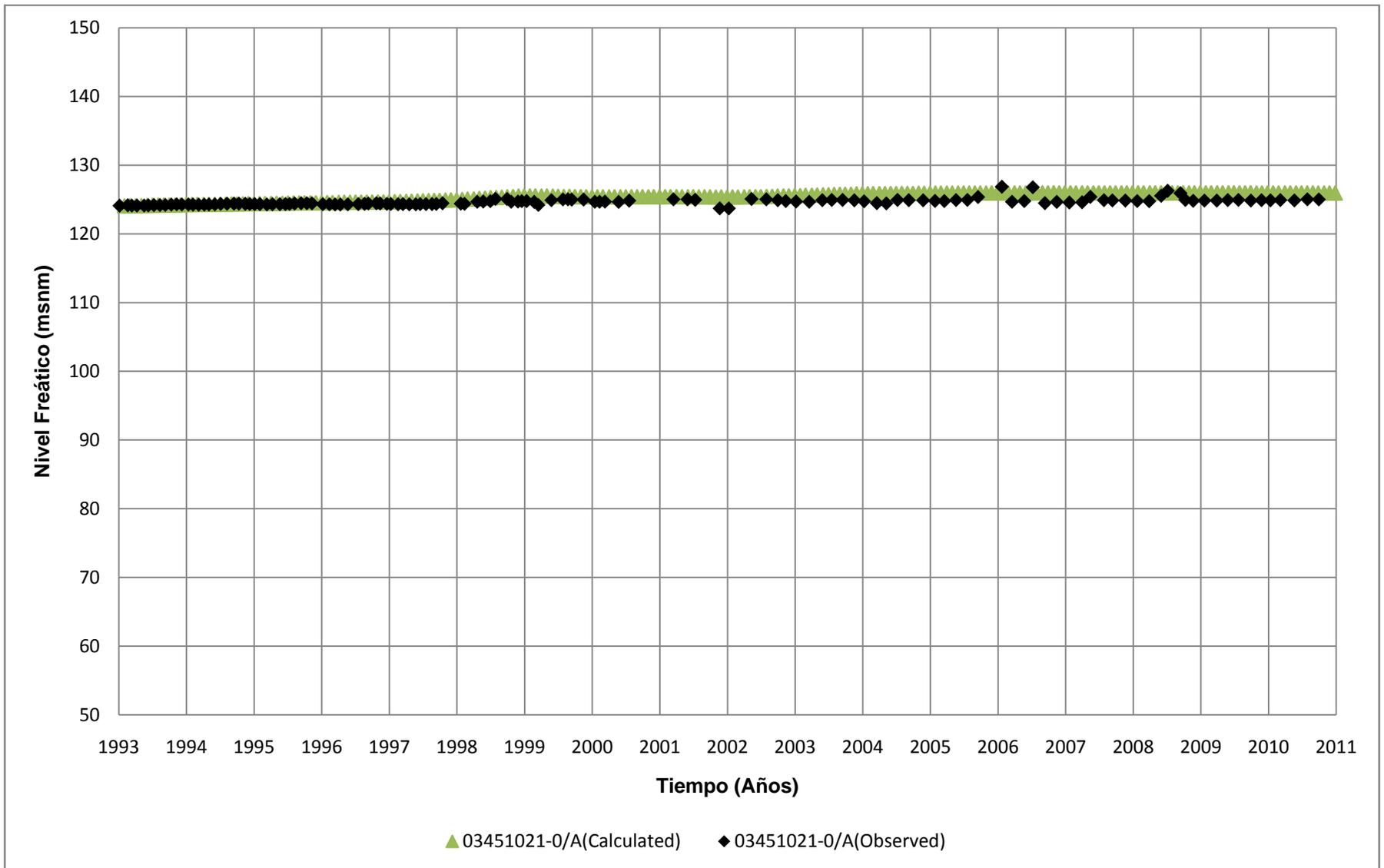


Figura D.37
Niveles medidos y simulados en pozo 03451021-0
 Fuente: Elaboración Propia

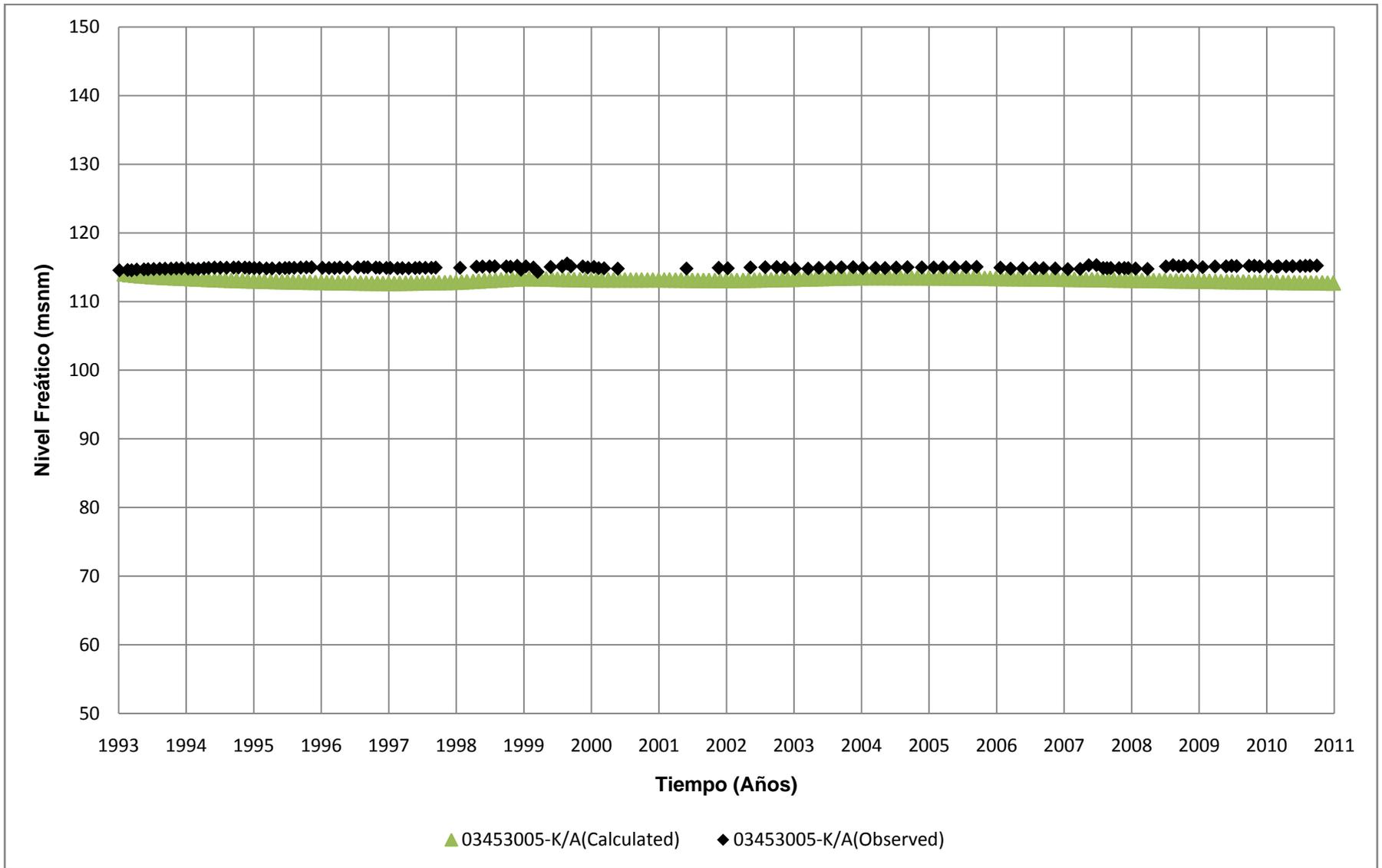


Figura D.38
Niveles medidos y simulados en pozo 03453005-K
Fuente: Elaboración Propia

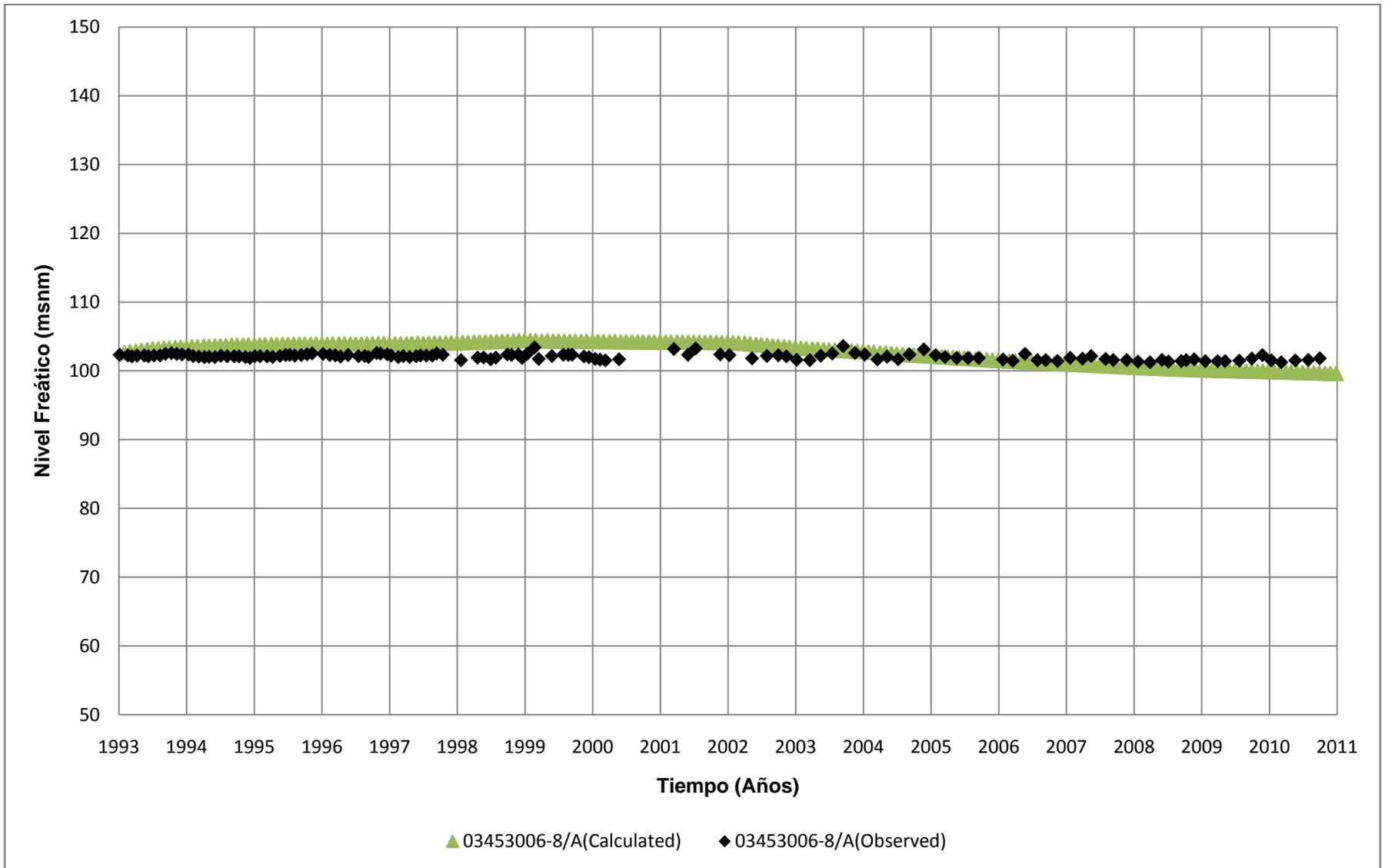


Figura D.39
Niveles medidos y simulados en pozo 03453006-8
 Fuente: Elaboración Propia

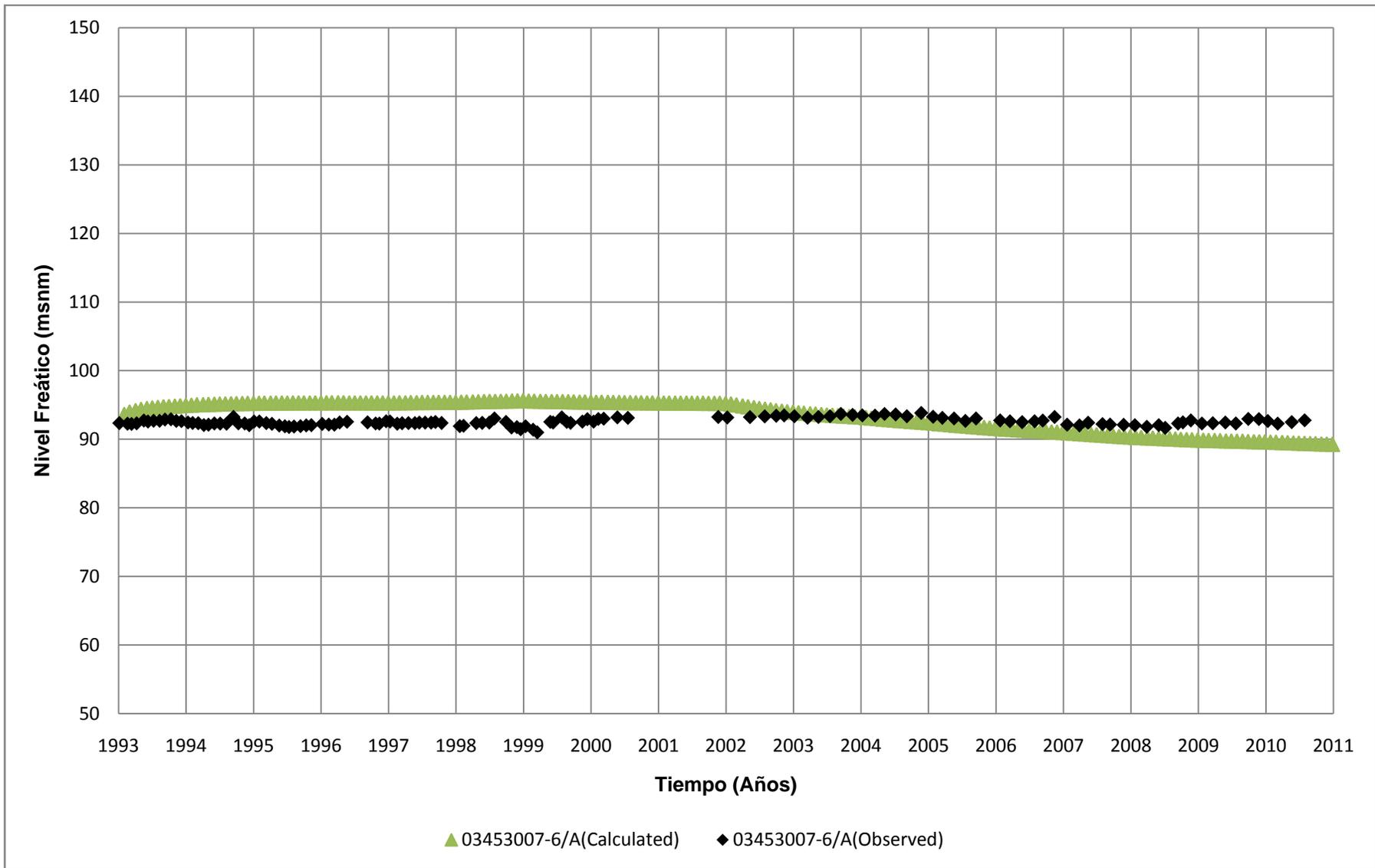


Figura D.40
Niveles medidos y simulados en pozo 03453007-6
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla D.1
Balance hídrico en Sector 3

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	1.224	50	818	0	251	1.274	1.070	205
1994	1.028	50	1.207	0	235	1.078	1.442	-364
1995	974	50	1.300	0	224	1.024	1.523	-499
1996	898	50	1.391	0	249	948	1.640	-692
1997	1.107	50	955	0	249	1.157	1.204	-47
1998	1.553	50	464	0	261	1.603	724	878
1999	1.125	50	1.640	0	280	1.175	1.920	-744
2000	1.010	50	964	0	260	1.060	1.223	-164
2001	1.132	50	1.383	0	265	1.182	1.648	-466
2002	1.165	50	1.011	0	260	1.215	1.271	-56
2003	1.376	50	936	0	269	1.426	1.205	221
2004	1.080	50	1.300	0	265	1.130	1.565	-436
2005	1.074	50	1.530	0	256	1.124	1.785	-661
2006	1.011	50	1.496	0	269	1.061	1.764	-703
2007	967	50	1.622	0	252	1.017	1.875	-858
2008	989	50	1.513	0	236	1.039	1.749	-710
2009	927	50	1.427	0	220	977	1.647	-670
2010	865	50	1.504	0	198	915	1.701	-787

Fuente: Elaboración Propia

Tabla D.2
Balance hídrico en Sector 4

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	775	251	731	0	250	1.027	981	46
1994	724	235	873	0	262	959	1.135	-176
1995	713	224	1.013	0	260	937	1.274	-337
1996	652	249	1.083	0	262	901	1.345	-444
1997	777	249	863	0	266	1.025	1.129	-104
1998	1.014	261	438	0	274	1.274	712	562
1999	804	280	1.359	0	287	1.083	1.646	-562
2000	661	260	872	0	283	921	1.155	-234
2001	798	265	1.169	0	286	1.063	1.456	-392
2002	747	260	972	0	285	1.006	1.257	-251
2003	961	269	974	0	284	1.230	1.259	-28
2004	754	265	1.129	0	288	1.020	1.417	-398
2005	827	256	1.260	0	286	1.082	1.546	-464
2006	756	269	1.207	0	284	1.024	1.491	-467
2007	708	252	1.304	0	270	960	1.574	-614
2008	707	236	1.454	0	259	943	1.714	-771
2009	696	220	1.435	0	249	916	1.684	-768
2010	664	198	1.545	0	237	862	1.782	-920

Fuente: Elaboración Propia

Tabla D.3
Balance hídrico en Sector 5

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	320	250	688	0	216	569	903	-334
1994	195	262	781	0	188	458	969	-512
1995	224	260	783	0	170	484	953	-469
1996	157	262	824	0	154	419	977	-559
1997	465	266	691	0	152	731	843	-111
1998	939	274	416	0	174	1.213	590	624
1999	108	287	1.043	0	128	394	1.171	-777
2000	175	283	670	0	122	458	793	-335
2001	209	286	897	0	111	496	1.008	-512
2002	256	285	757	0	110	541	867	-326
2003	626	284	726	0	122	911	847	63
2004	150	288	872	0	99	439	971	-533
2005	254	286	968	0	95	540	1.063	-523
2006	191	284	925	0	84	475	1.009	-535
2007	205	270	976	0	76	475	1.052	-577
2008	114	259	899	0	64	373	964	-590
2009	176	249	854	0	61	425	915	-489
2010	162	237	896	0	81	399	976	-577

Fuente: Elaboración Propia

Tabla D.4
Balance hídrico en Sector 6

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	143	216	366	125	0	359	491	-132
1994	17	188	415	117	0	205	532	-327
1995	9	170	418	110	0	180	528	-348
1996	2	154	430	106	0	156	536	-380
1997	320	152	361	112	0	472	472	0
1998	805	174	217	136	0	979	353	625
1999	22	128	545	120	0	151	665	-514
2000	3	122	351	115	0	126	465	-340
2001	38	111	469	111	0	149	580	-431
2002	87	110	395	103	0	197	498	-301
2003	391	122	398	104	0	513	502	11
2004	22	99	456	100	0	122	556	-434
2005	38	95	505	96	0	133	601	-469
2006	20	84	484	94	0	104	577	-473
2007	12	76	522	90	0	88	613	-525
2008	7	64	484	88	0	71	572	-501
2009	2	61	456	85	0	63	541	-478
2010	5	81	577	83	0	86	660	-574

Fuente: Elaboración Propia

Tabla D.5
Balance hídrico entre La Puerta y Angostura

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Almacenamiento (l/s)
	Recargas	Flujos Subterráneos	Caudal Bombeo	Caudal Drenes	Flujos Subterráneos			
1993	2.463	50	2.603	125	0	2.513	2.728	-215
1994	1.964	50	3.277	117	0	2.014	3.394	-1.380
1995	1.921	50	3.513	110	0	1.971	3.624	-1.653
1996	1.709	50	3.728	106	0	1.759	3.834	-2.075
1997	2.669	50	2.870	112	0	2.719	2.982	-263
1998	4.310	50	1.535	136	0	4.360	1.671	2.689
1999	2.059	50	4.587	120	0	2.109	4.707	-2.598
2000	1.849	50	2.857	115	0	1.899	2.971	-1.072
2001	2.178	50	3.918	111	0	2.228	4.029	-1.802
2002	2.254	50	3.135	103	0	2.304	3.238	-934
2003	3.354	50	3.034	104	0	3.404	3.138	267
2004	2.007	50	3.757	100	0	2.057	3.857	-1.800
2005	2.193	50	4.263	96	0	2.243	4.359	-2.116
2006	1.977	50	4.111	94	0	2.027	4.205	-2.178
2007	1.892	50	4.424	90	0	1.942	4.515	-2.573
2008	1.817	50	4.351	88	0	1.867	4.438	-2.572
2009	1.801	50	4.171	85	0	1.851	4.257	-2.406
2010	1.696	50	4.521	83	0	1.746	4.604	-2.858

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO E

Ajuste y Balance Hídrico en Escenario 0

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura E.1 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431011-4	E.1
Figura E.2 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431006-8	E.2
Figura E.3 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431007-6	E.3
Figura E.4 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431008-4	E.4
Figura E.5 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431010-6	E.5
Figura E.6 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431012-2	E.6
Figura E.7 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03434005-6	E.7
Figura E.8 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03434006-4	E.8
Figura E.9 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03434007-2	E.9
Figura E.10 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03434008-0	E.10
Figura E.11 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03434009-9	E.11
Figura E.12 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450006-1	E.12
Figura E.13 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450015-0	E.13
Figura E.14 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450005-3	E.14
Figura E.15 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450007-K.....	E.15
Figura E.16 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450017-7	E.16
Figura E.17 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450008-8	E.17
Figura E.18 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450012-6	E.18
Figura E.19 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450016-9	E.19
Figura E.20 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450013-4	E.20
Figura E.21 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451003-2	E.21
Figura E.22 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451005-9	E.22
Figura E.23 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451010-5	E.23
Figura E.24 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451004-0	E.24
Figura E.25 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451011-3	E.25
Figura E.26 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451012-1	E.26
Figura E.27 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451013-K.....	E.27
Figura E.28 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451006-7	E.28
Figura E.29 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451007-5	E.29
Figura E.30 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451014-8	E.30
Figura E.31 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451015-6	E.31
Figura E.32 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451008-3	E.32
Figura E.33 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451016-4	E.33
Figura E.34 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451018-0	E.34
Figura E.35 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451019-9	E.35
Figura E.36 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451020-2	E.36
Figura E.37 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451021-0	E.37
Figura E.38 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03453005-K.....	E.38
Figura E.39 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03453006-8	E.39
Figura E.40 Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03453007-6	E.40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla E.1 Balance hídrico en Sector 3 – Escenario 0	E.41
Tabla E.2 Balance hídrico en Sector 4 – Escenario 0	E.42
Tabla E.3 Balance hídrico en Sector 5 – Escenario 0	E.43
Tabla E.4 Balance hídrico en Sector 6 – Escenario 0	E.44
Tabla E.5 Balance hídrico entre La Puerta y Angostura – Escenario 0.....	E.45

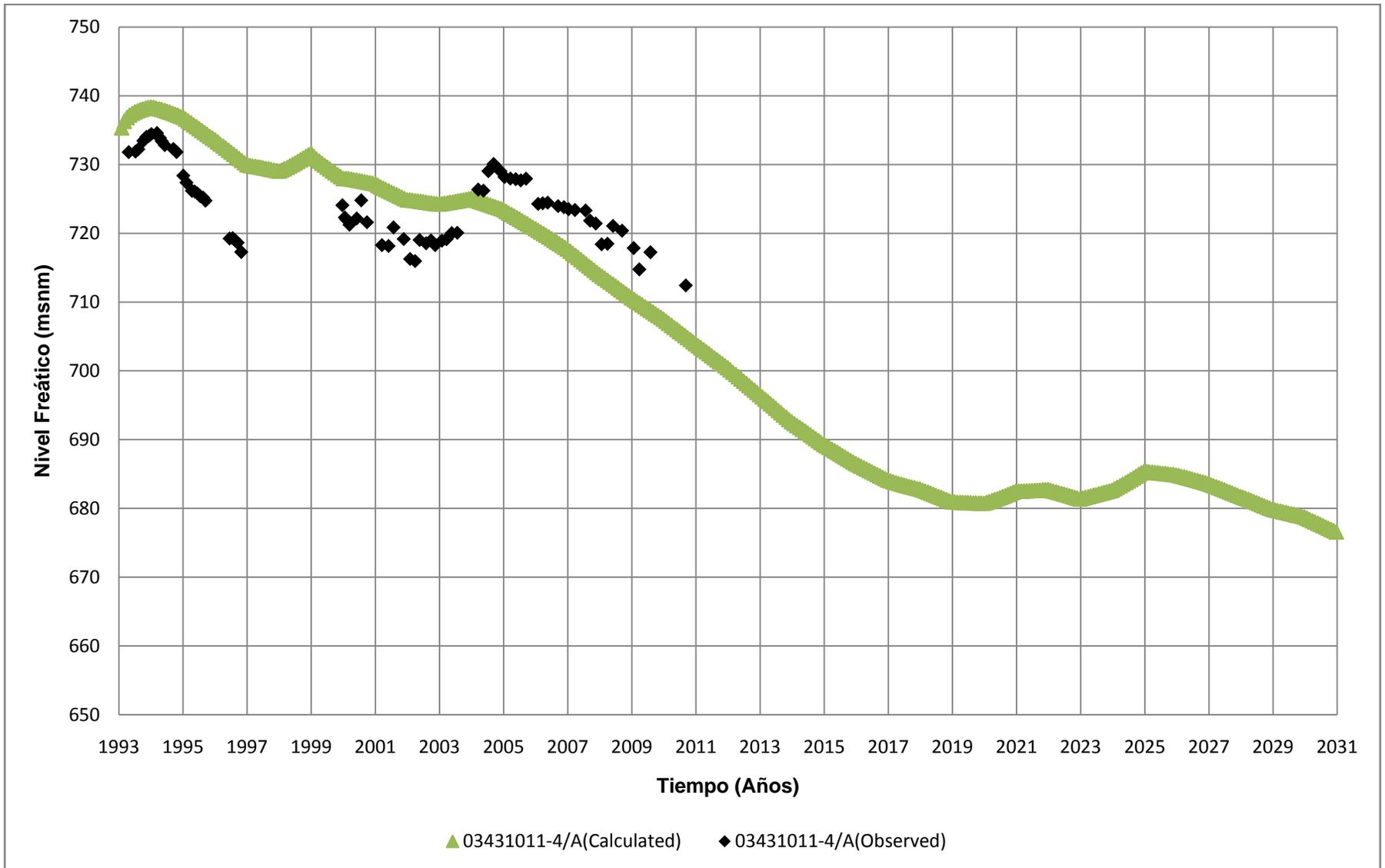


Figura E.1
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431011-4
 Fuente: Elaboración Propia

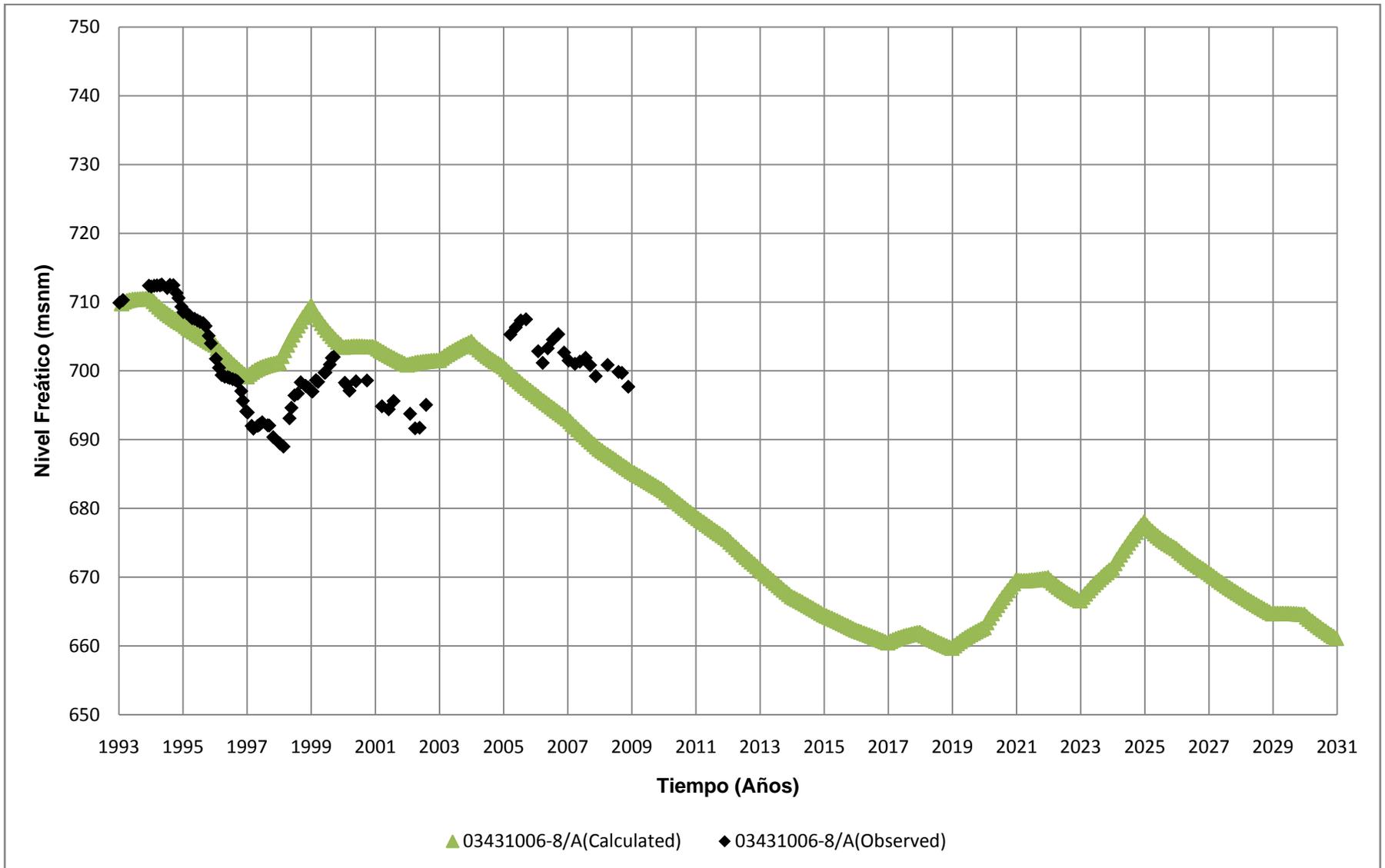


Figura E.2
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431006-8
 Fuente: Elaboración Propia

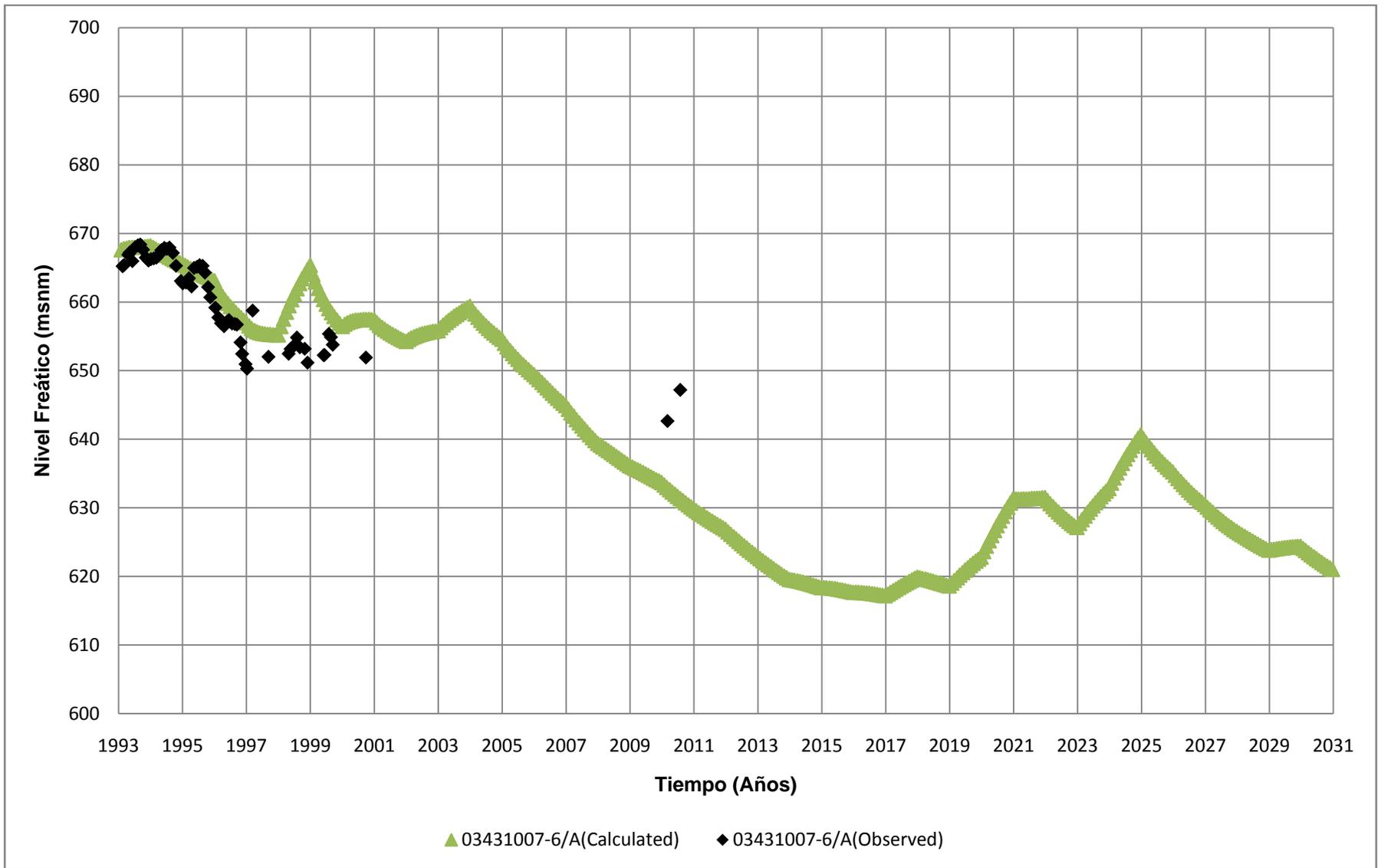


Figura E.3
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431007-6
 Fuente: Elaboración Propia

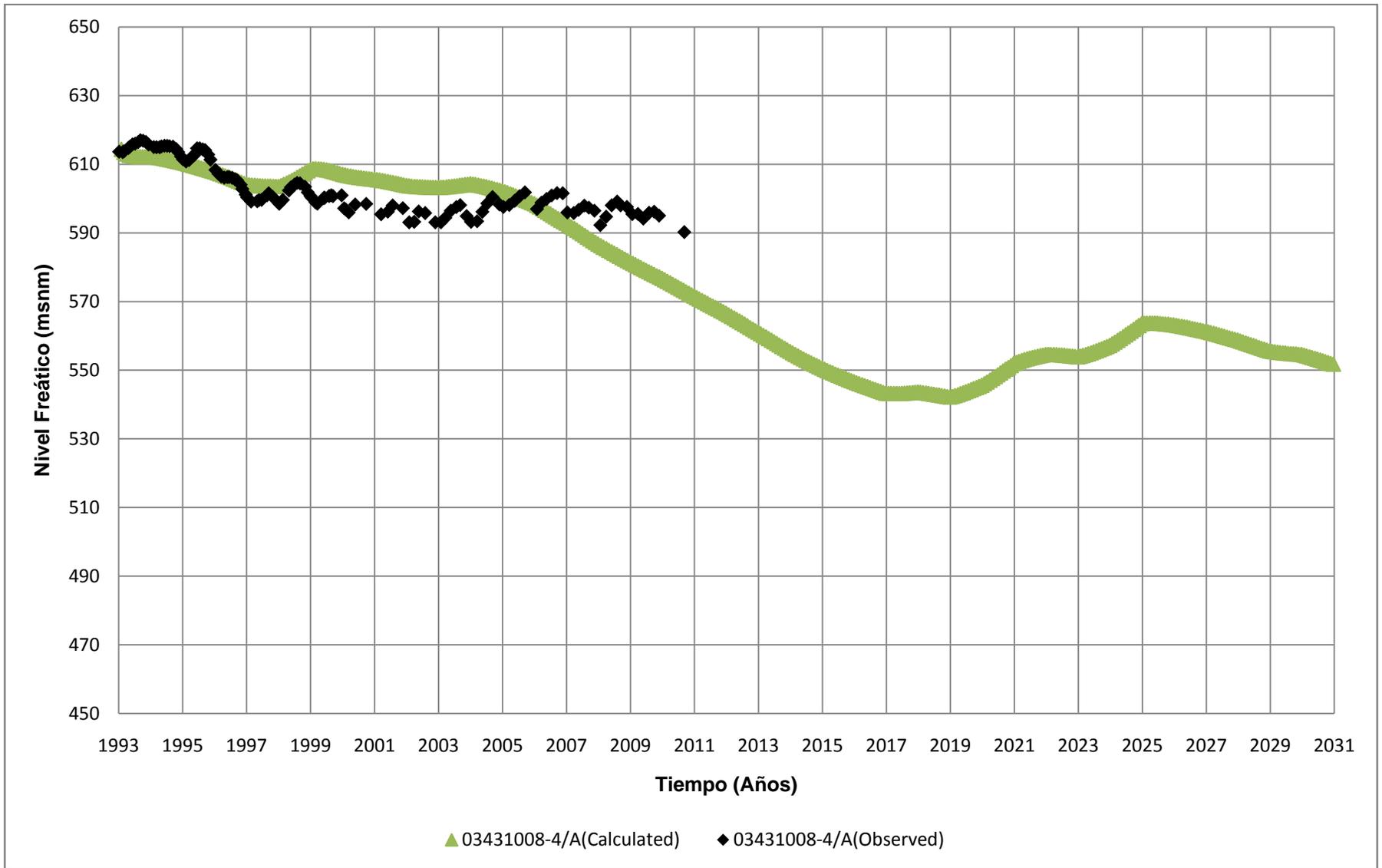


Figura E.4
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431008-4
 Fuente: Elaboración Propia

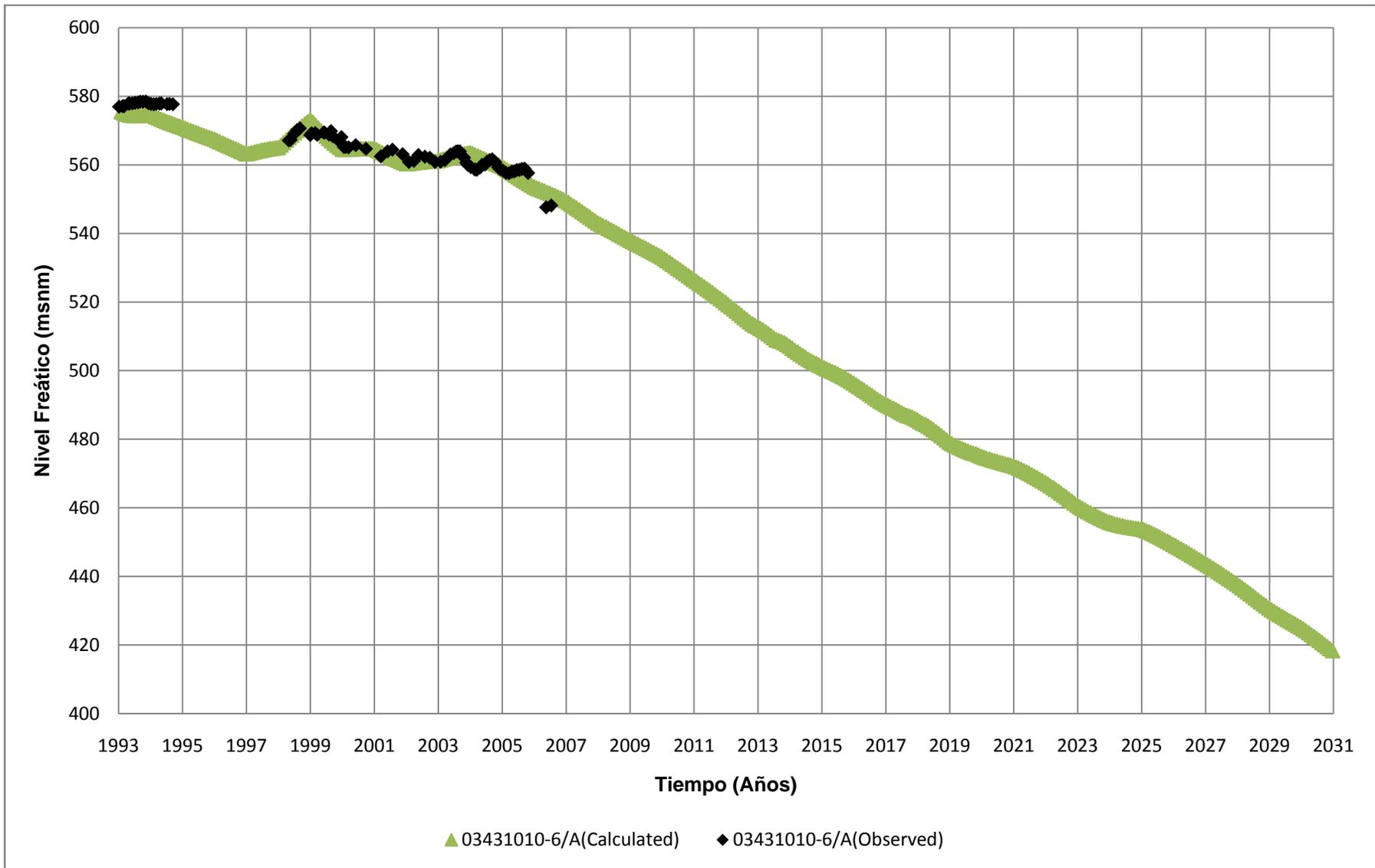


Figura E.5
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431010-6
 Fuente: Elaboración Propia

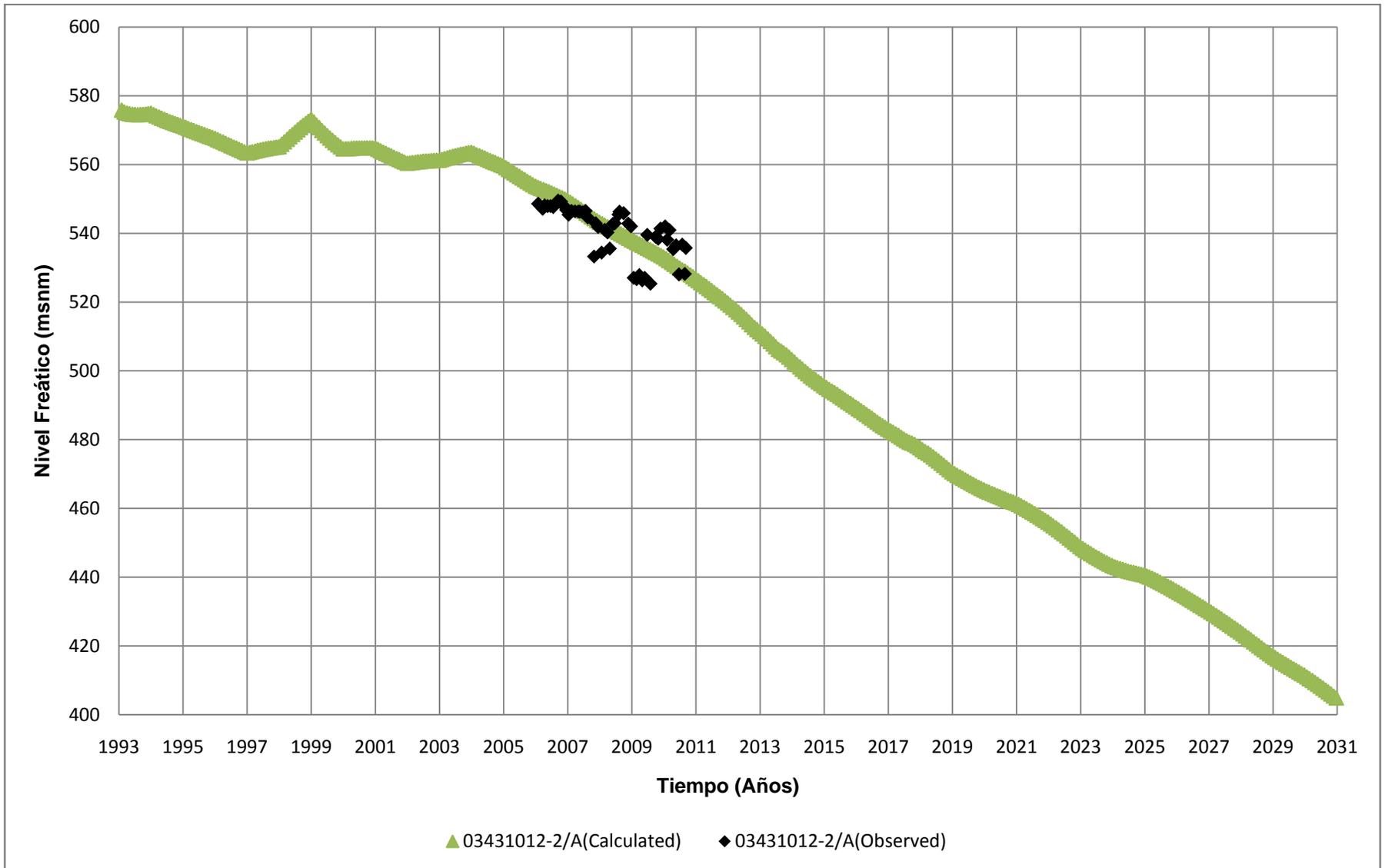


Figura E.6
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03431012-2
 Fuente: Elaboración Propia

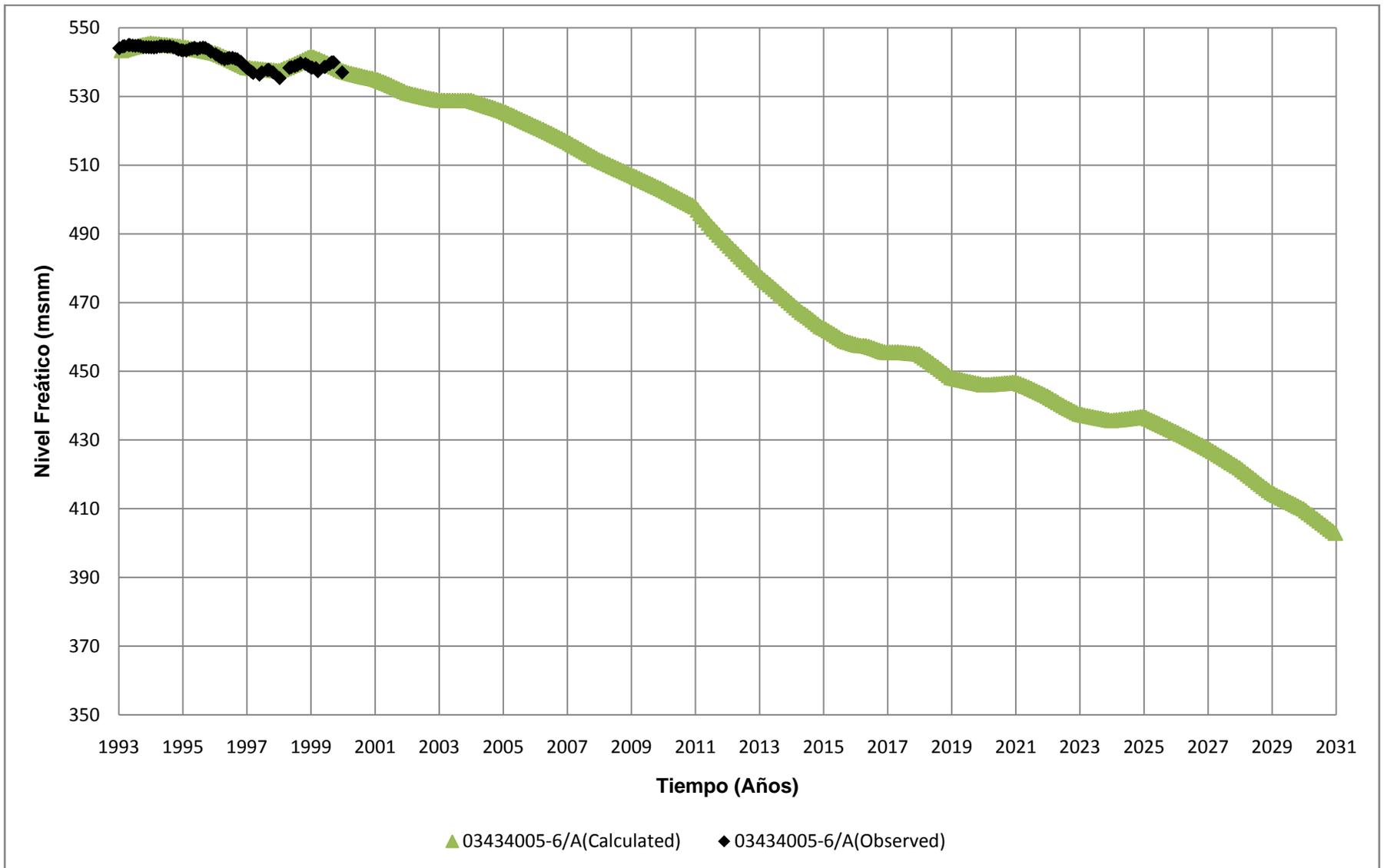


Figura E.7
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03434005-6
 Fuente: Elaboración Propia

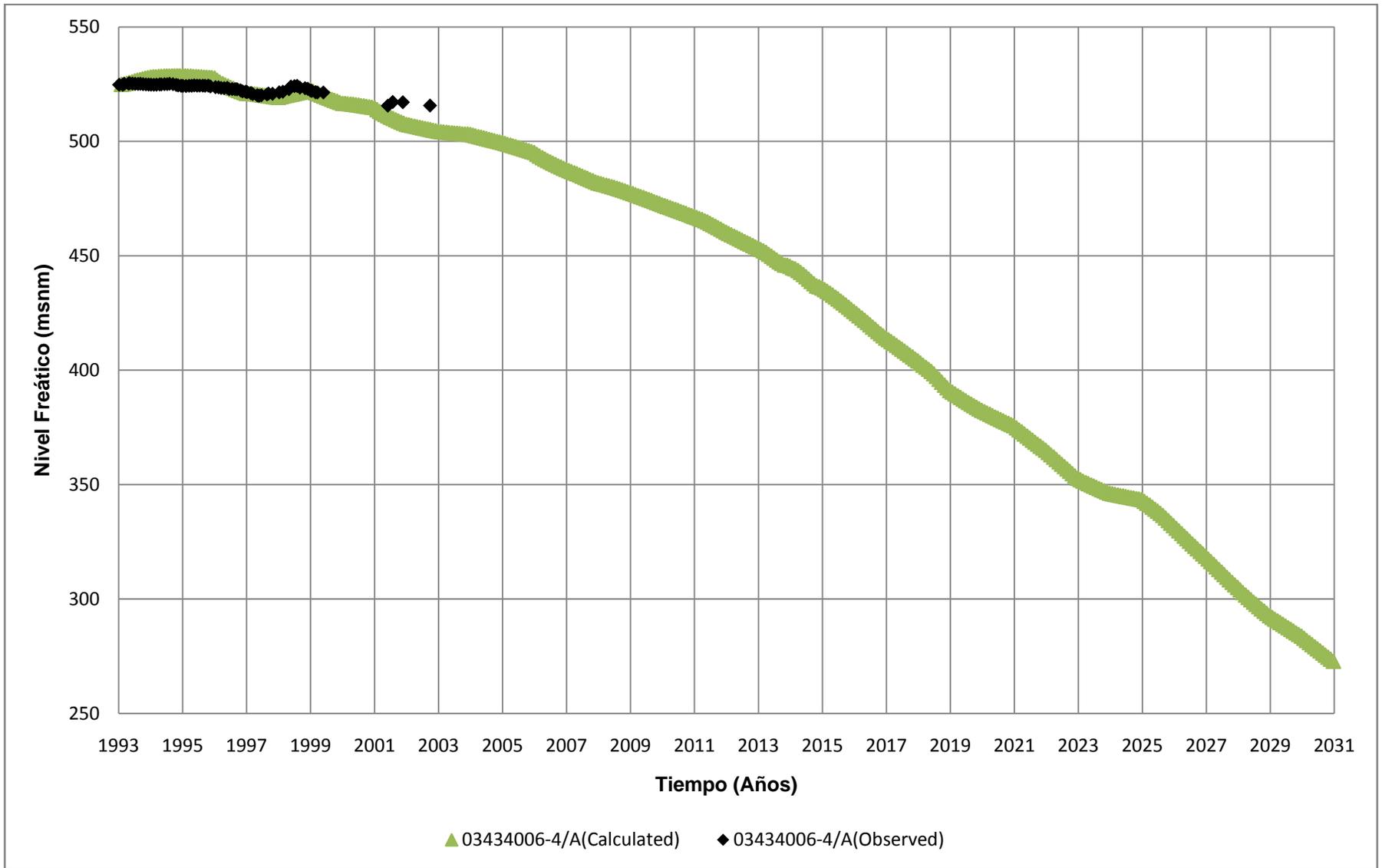


Figura E.8
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03434006-4
 Fuente: Elaboración Propia

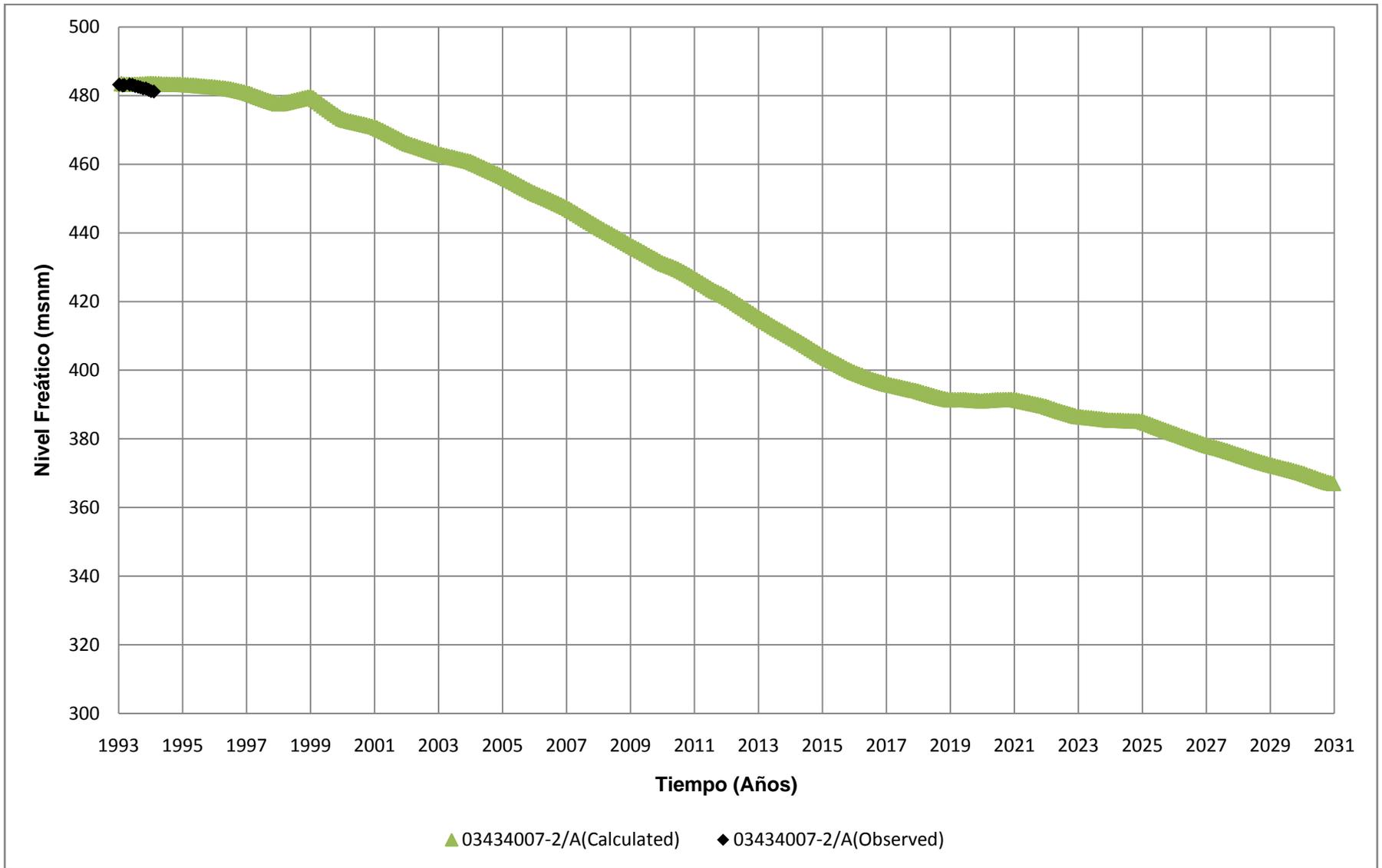


Figura E.9
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03434007-2
 Fuente: Elaboración Propia

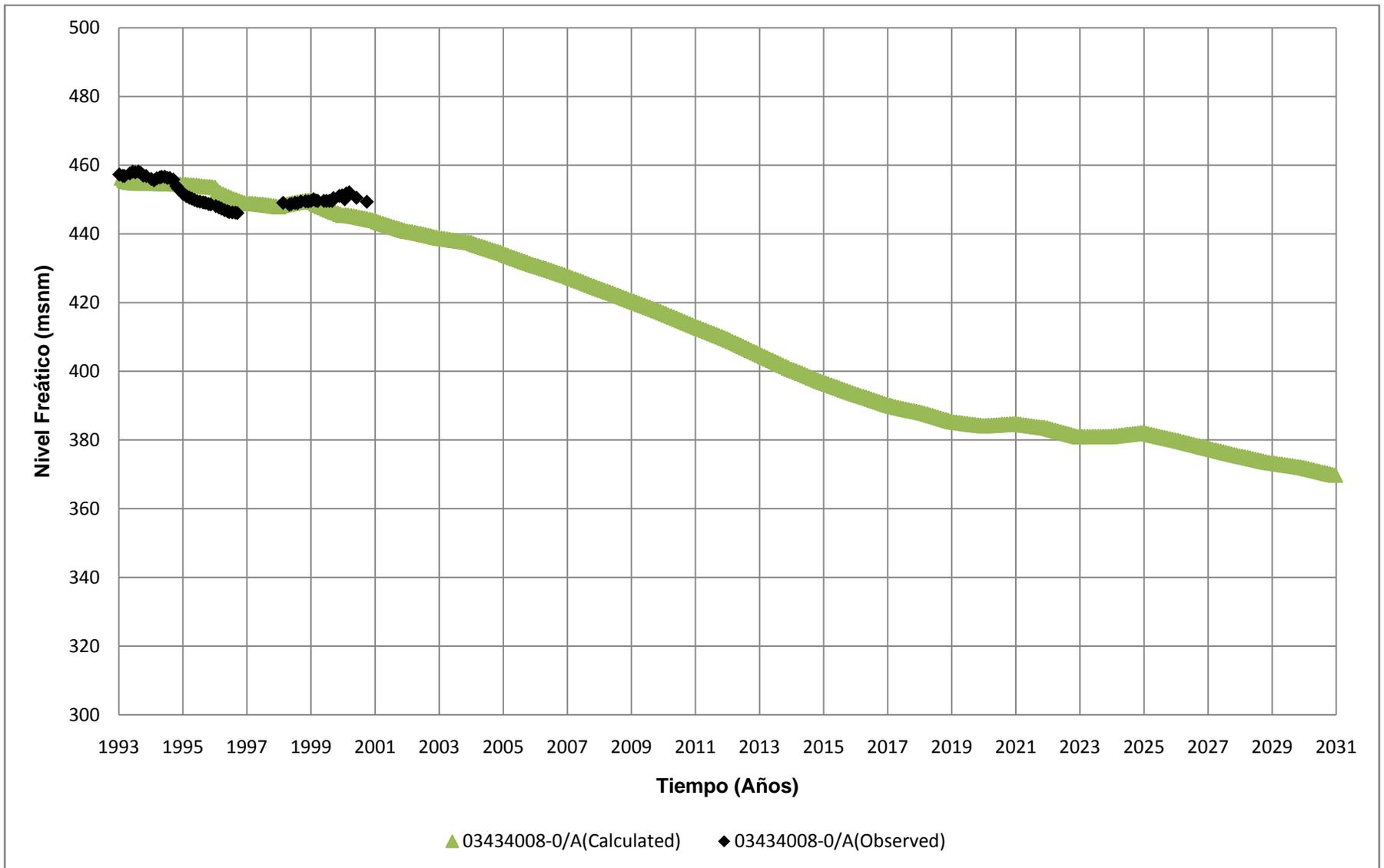


Figura E.10
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03434008-0
 Fuente: Elaboración Propia

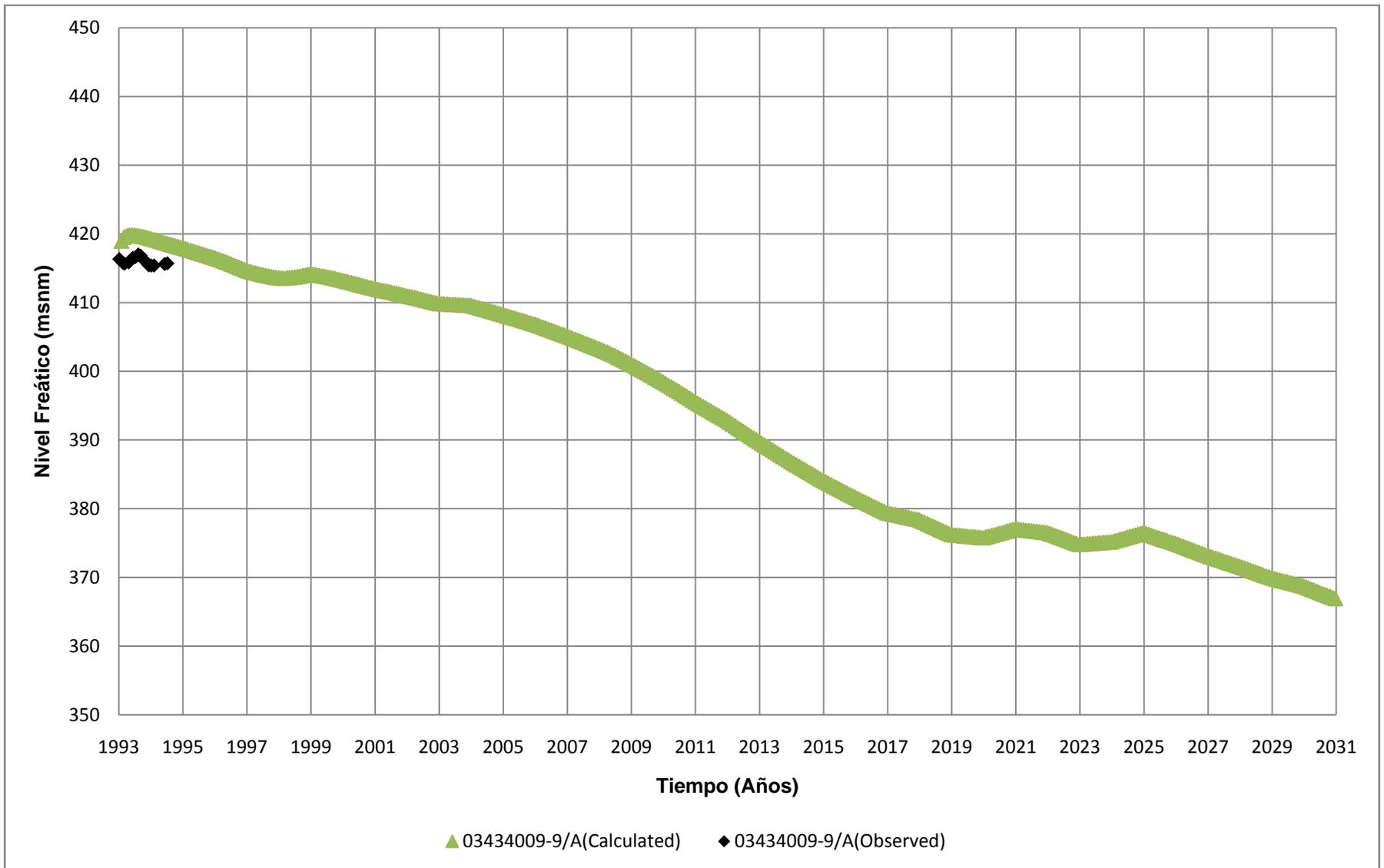


Figura E.11
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03434009-9
 Fuente: Elaboración Propia

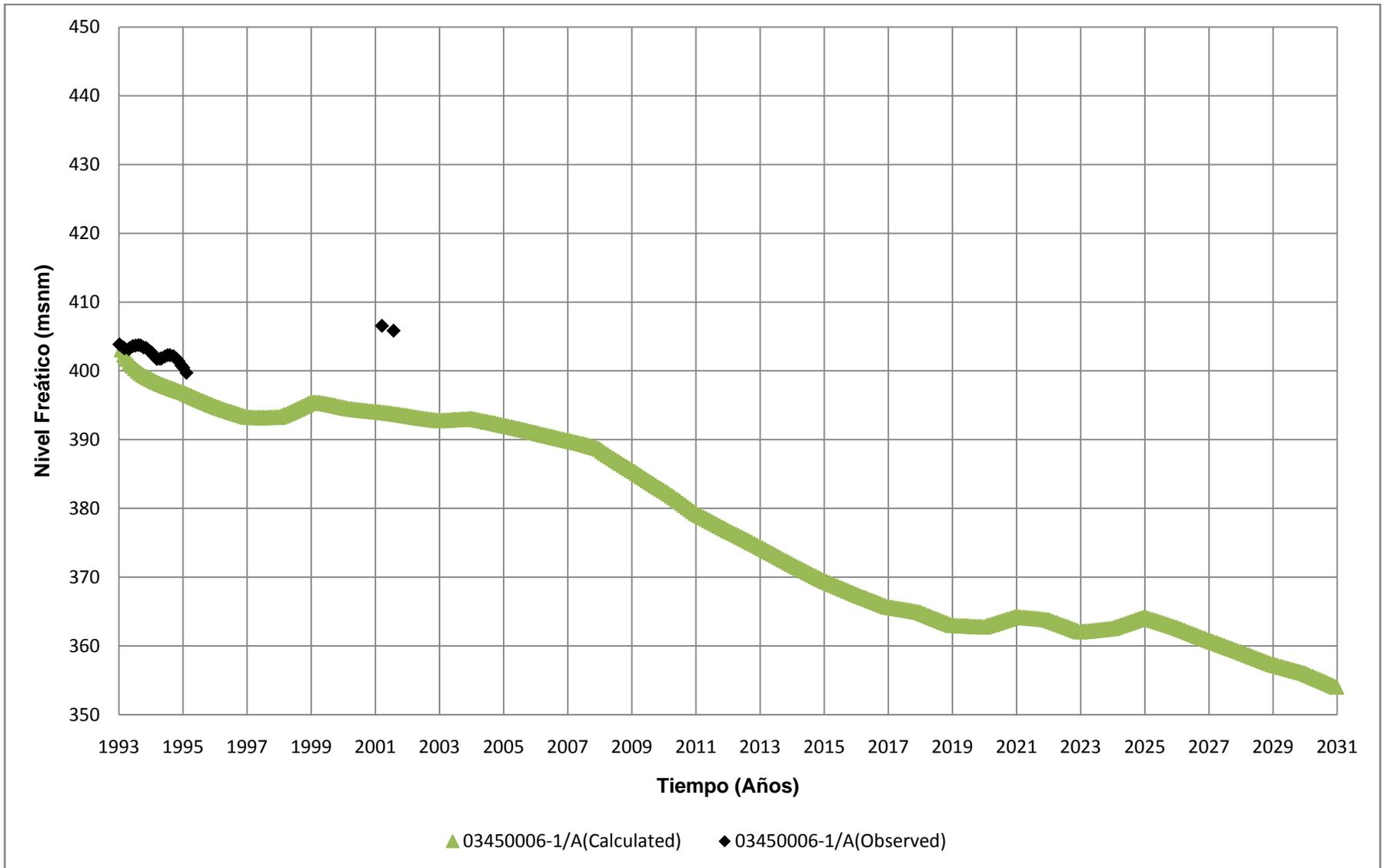


Figura E.12
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450006-1
 Fuente: Elaboración Propia

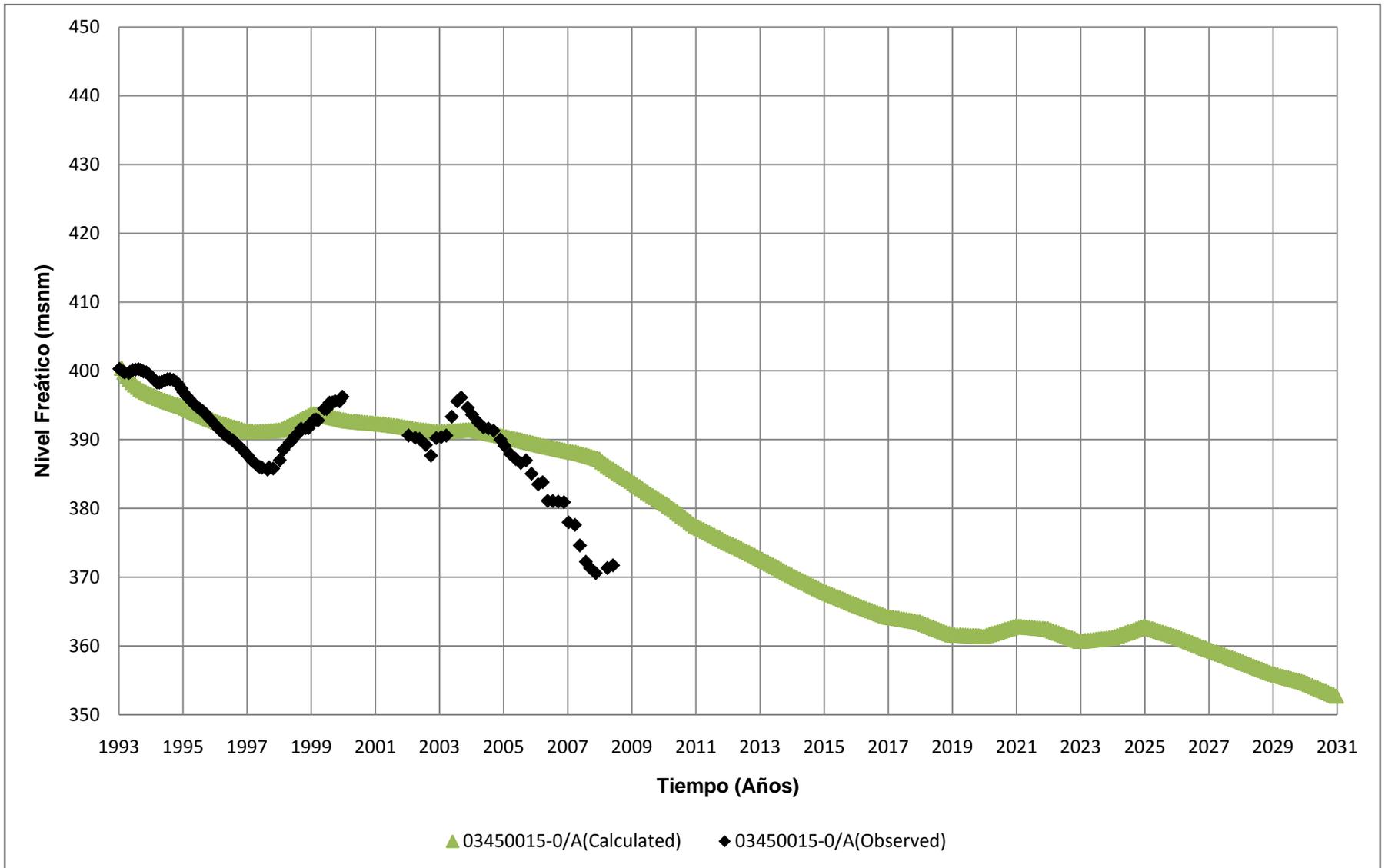


Figura E.13
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450015-0
 Fuente: Elaboración Propia



Figura E.14
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450005-3
 Fuente: Elaboración Propia

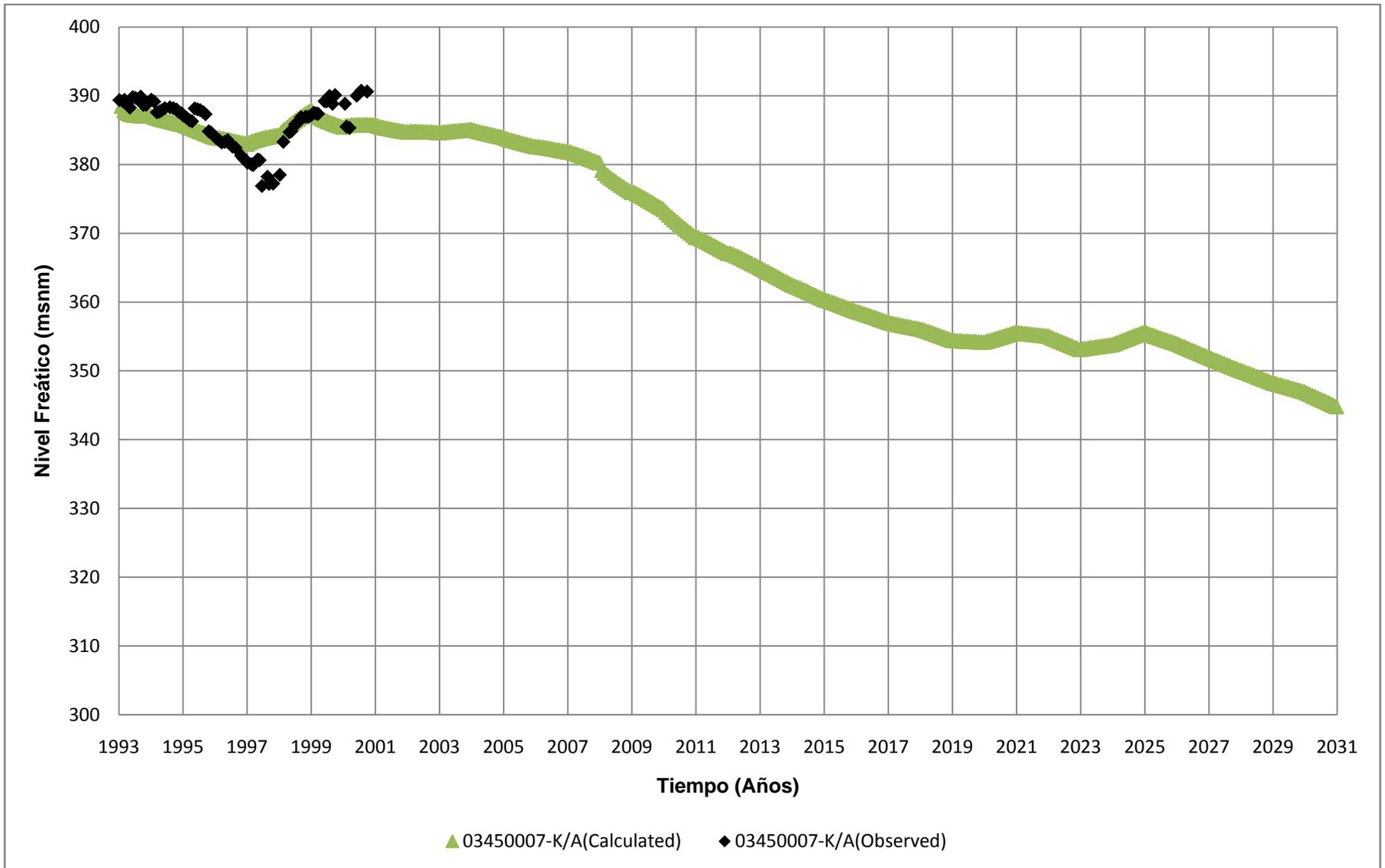


Figura E.15
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450007-K
 Fuente: Elaboración Propia

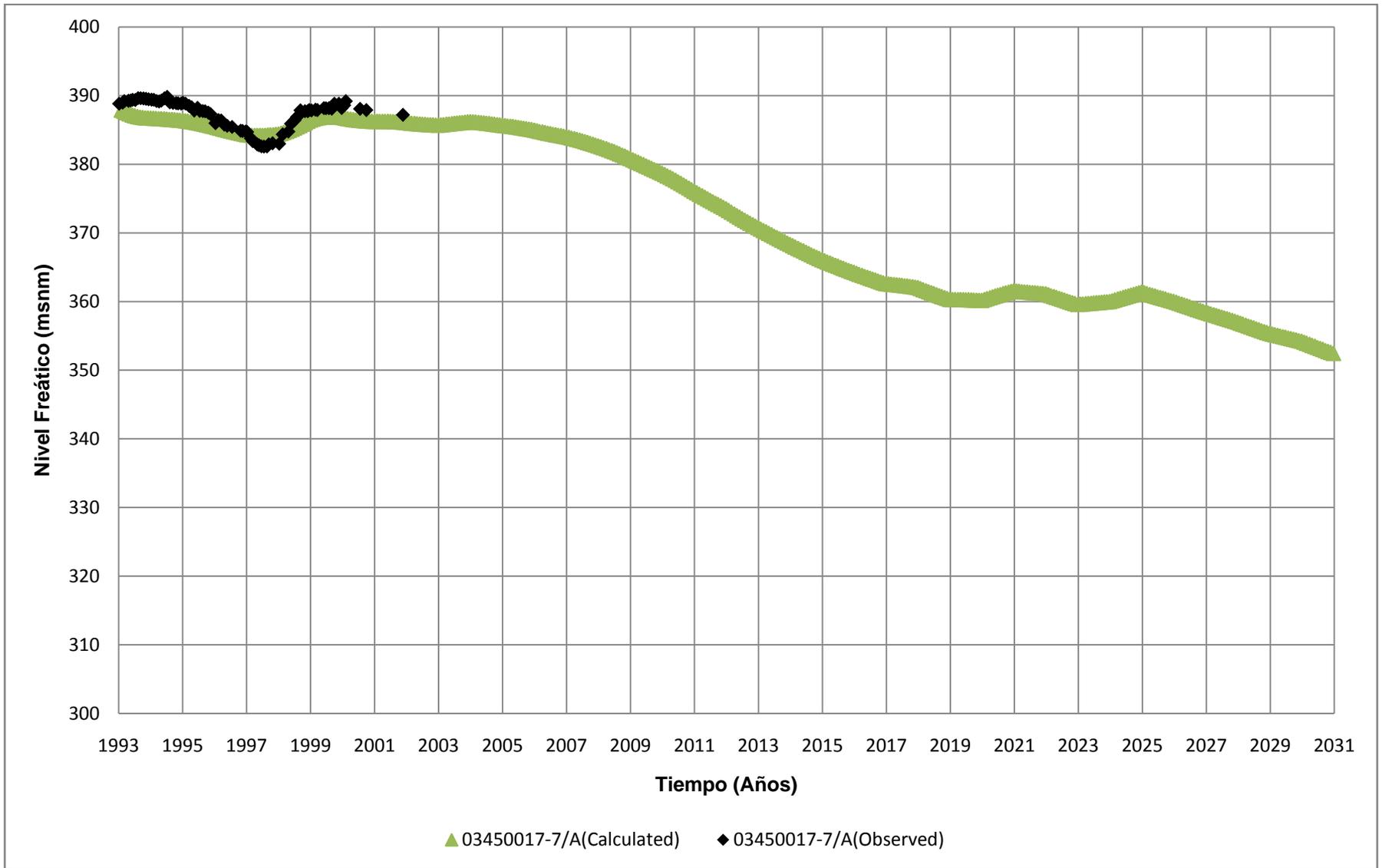


Figura E.16
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450017-7
 Fuente: Elaboración Propia

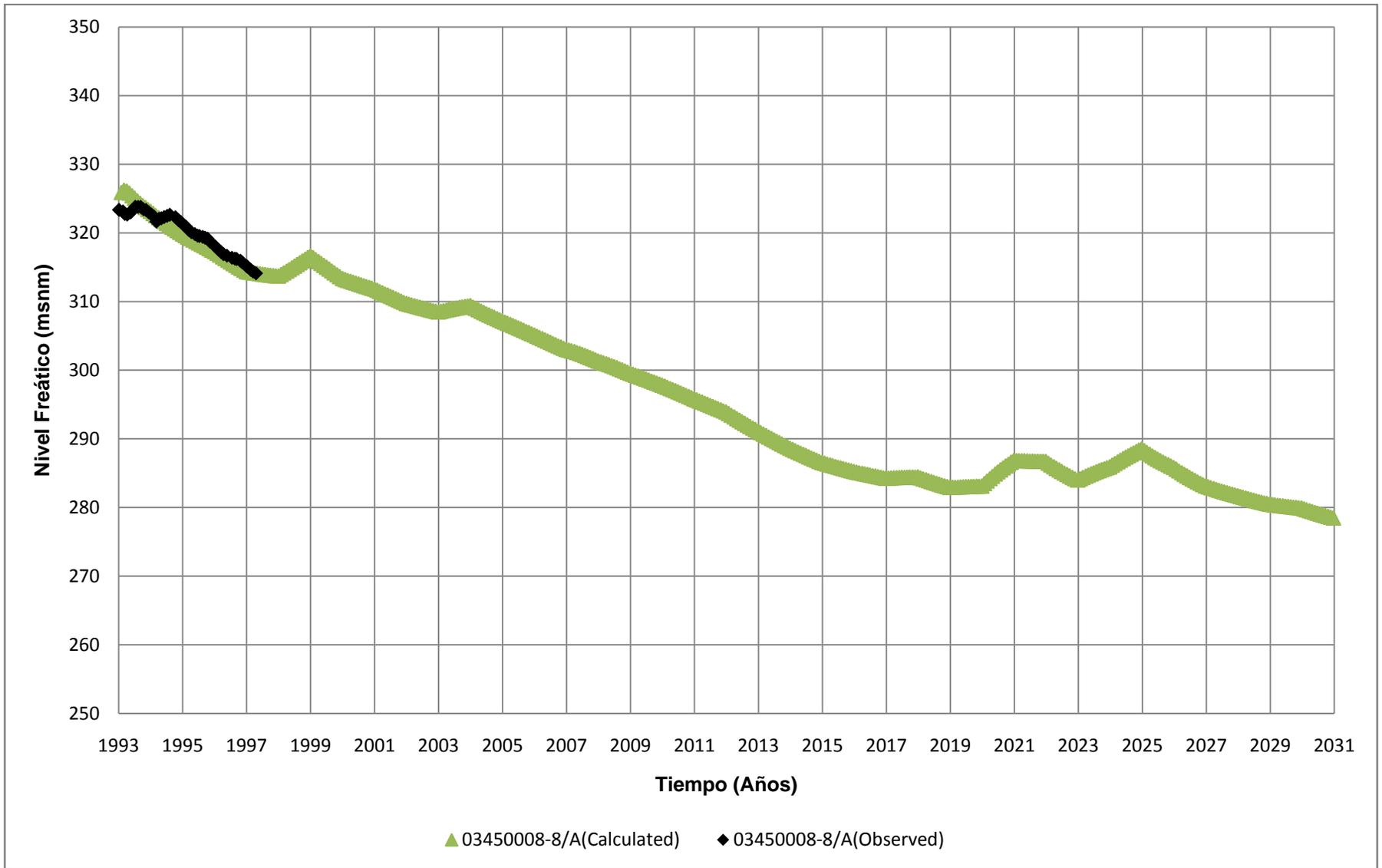


Figura E.17
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450008-8
 Fuente: Elaboración Propia

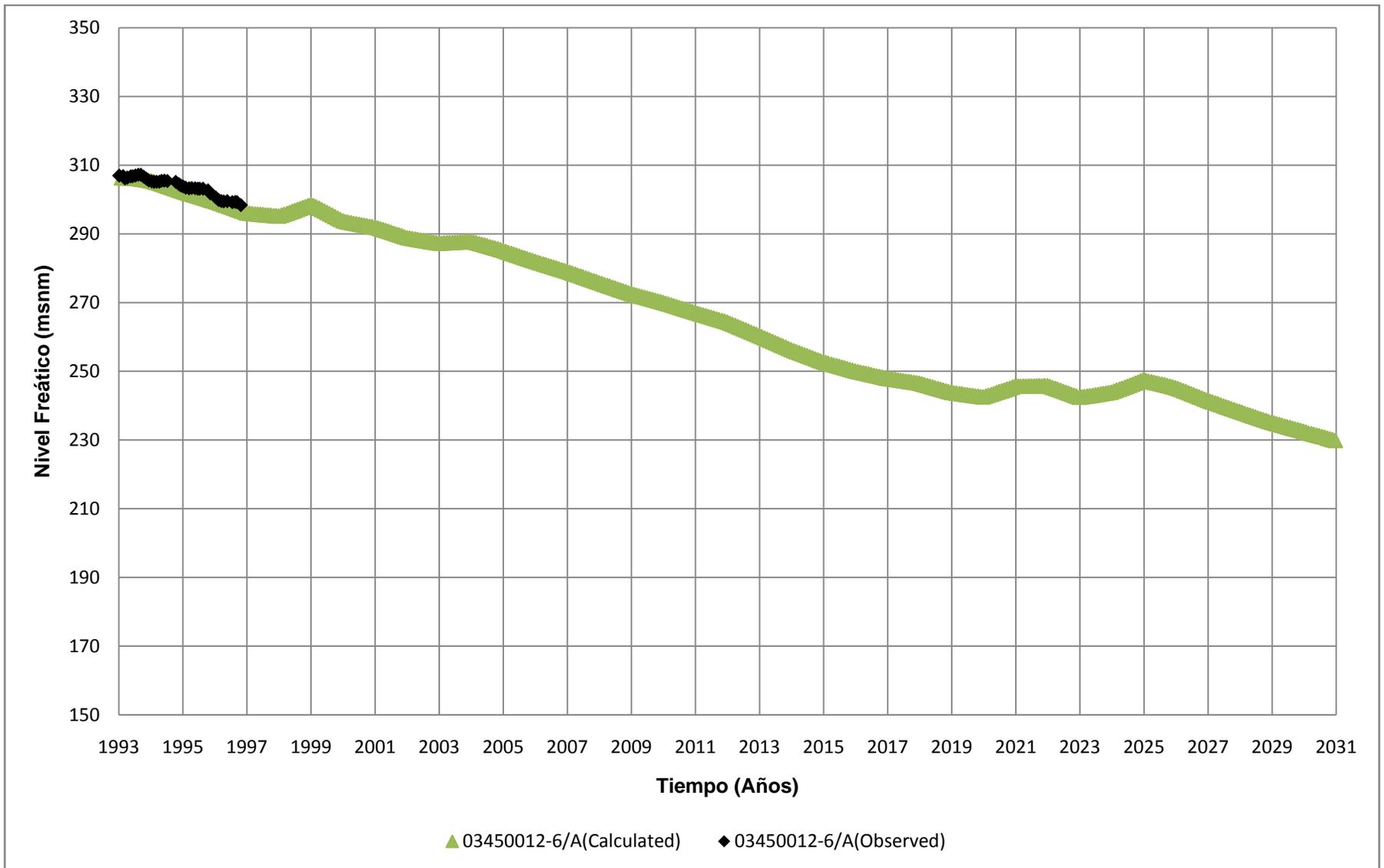


Figura E.18
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450012-6
 Fuente: Elaboración Propia

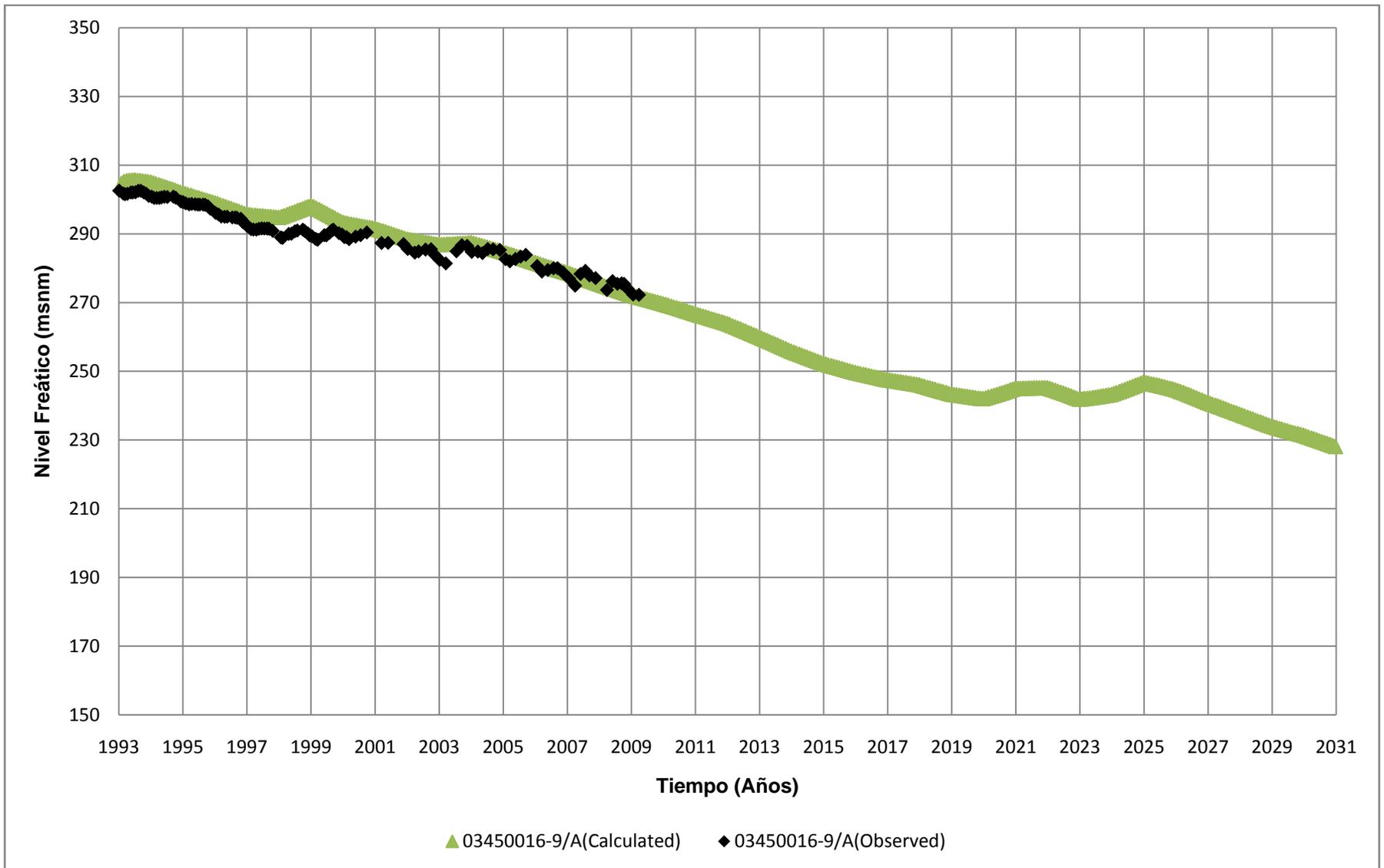


Figura E.19
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450016-9
 Fuente: Elaboración Propia

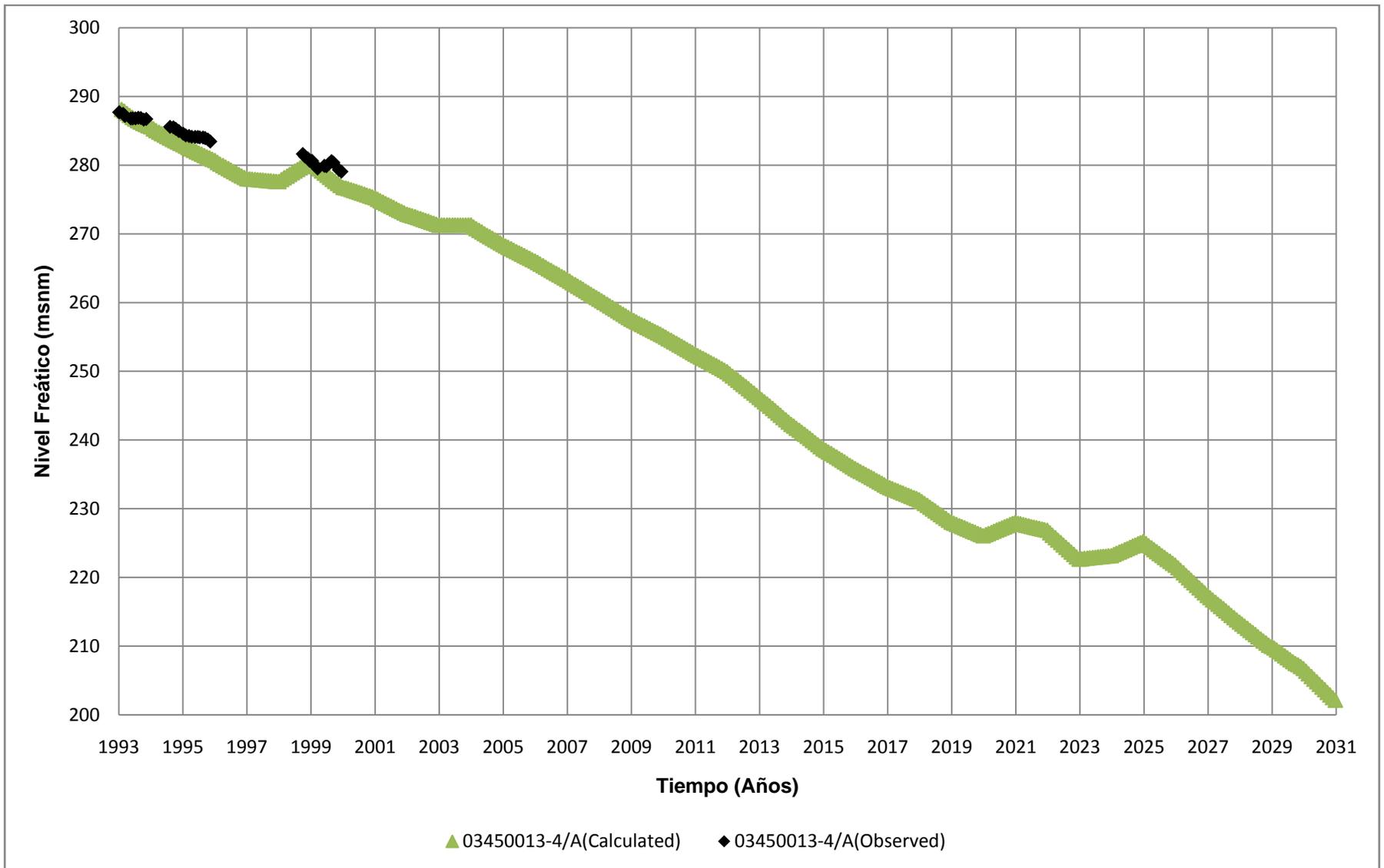


Figura E.20
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03450013-4
 Fuente: Elaboración Propia

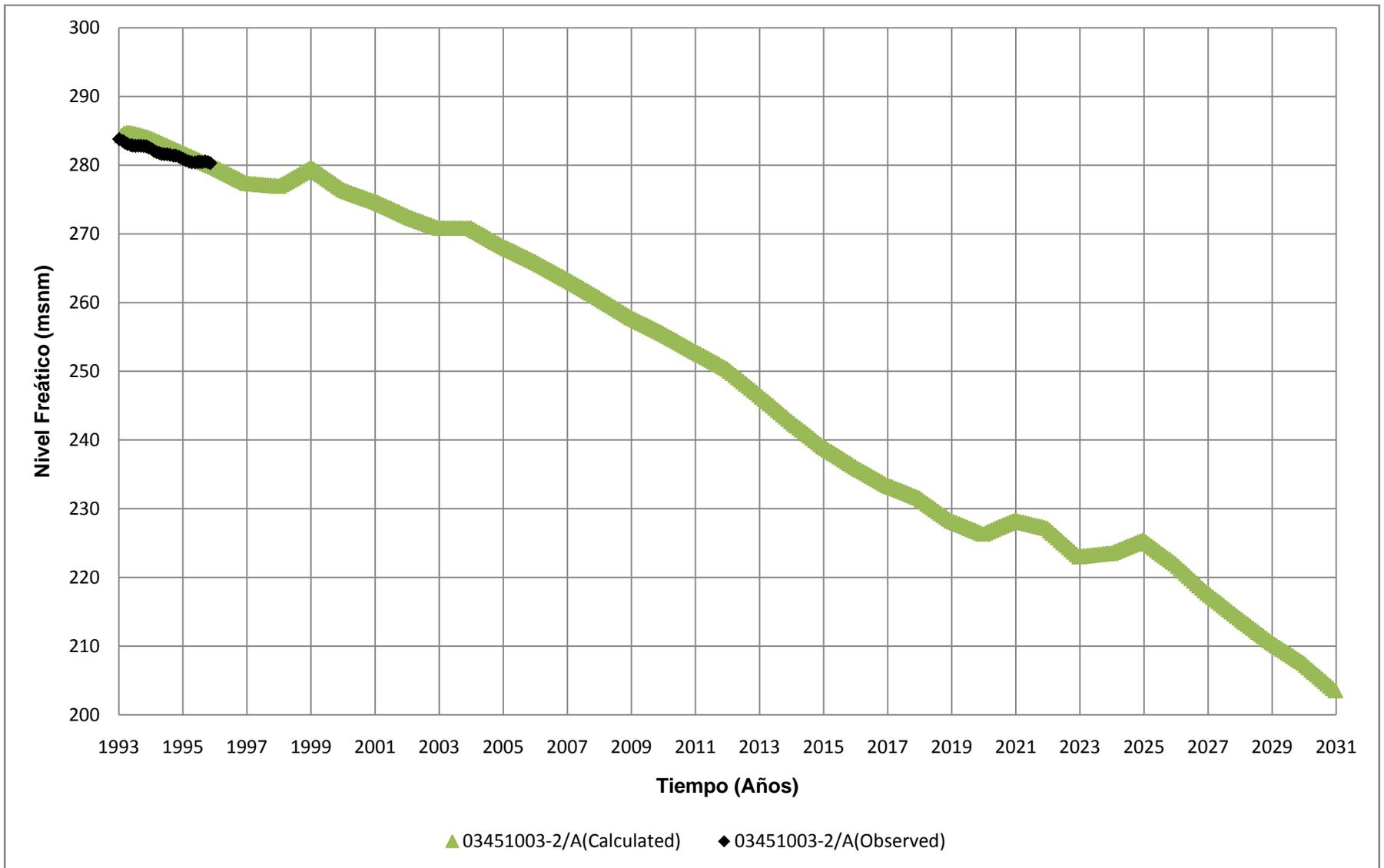


Figura E.21
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451003-2
 Fuente: Elaboración Propia

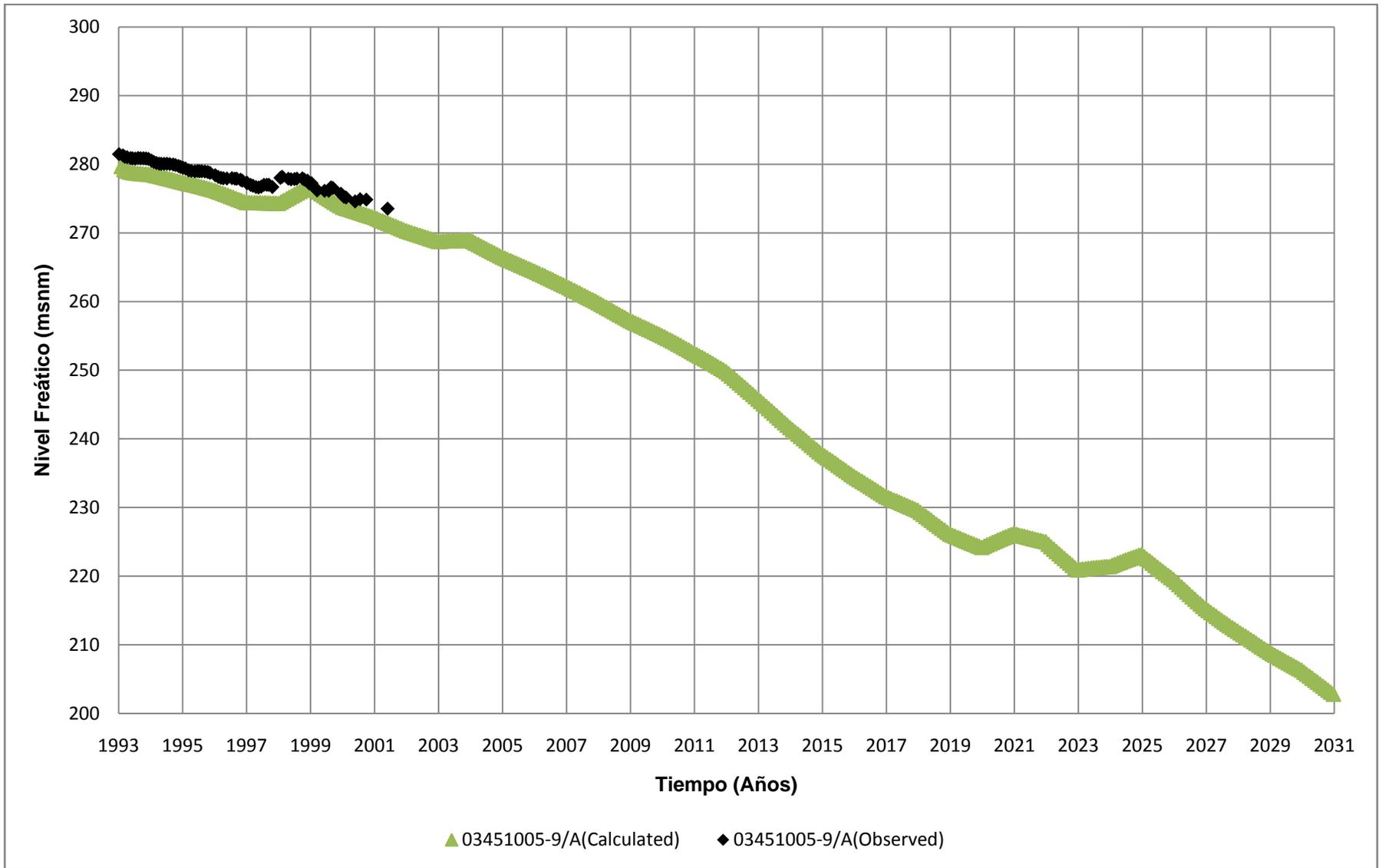


Figura E.22
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451005-9
 Fuente: Elaboración Propia

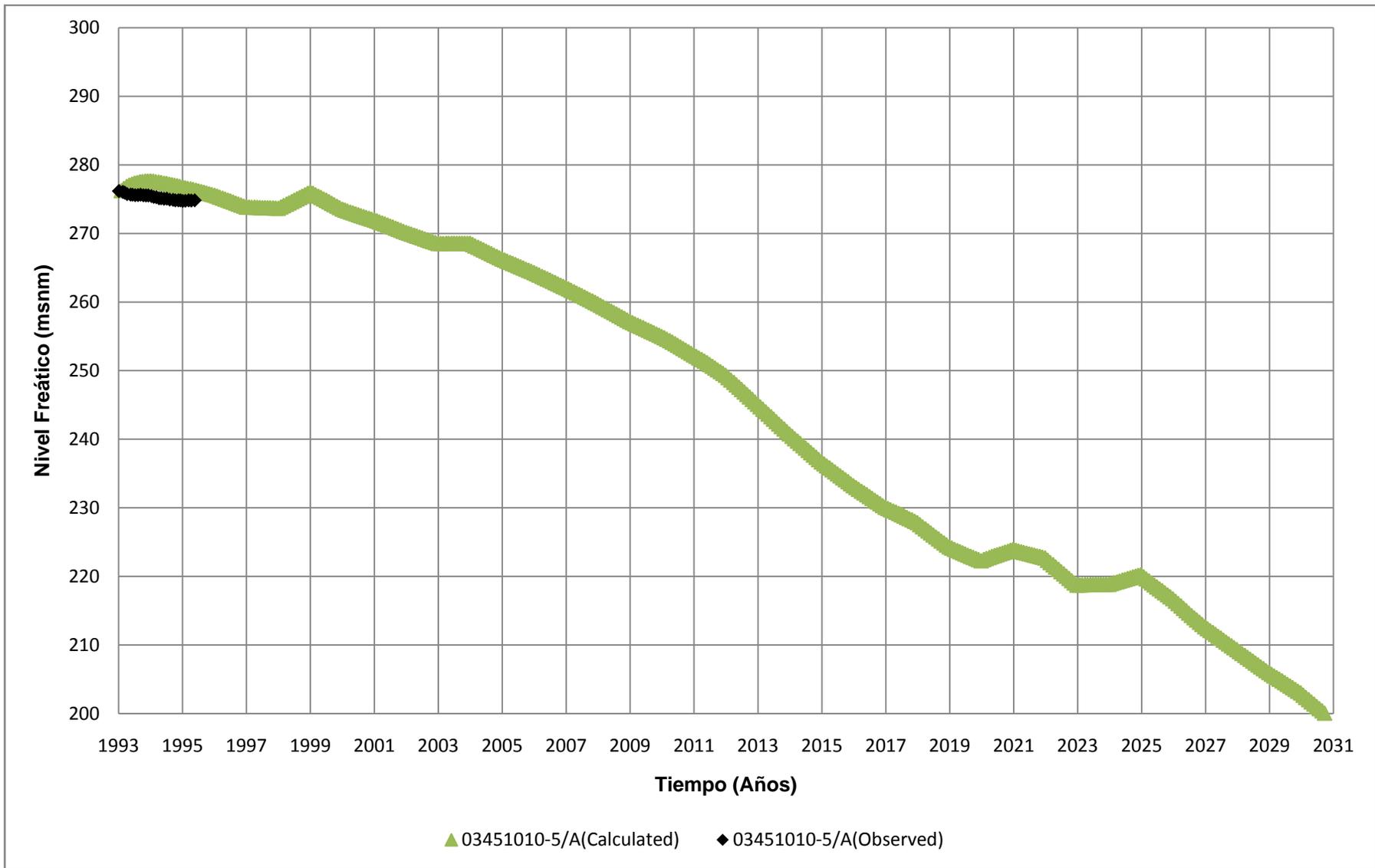


Figura E.23
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451010-5
 Fuente: Elaboración Propia

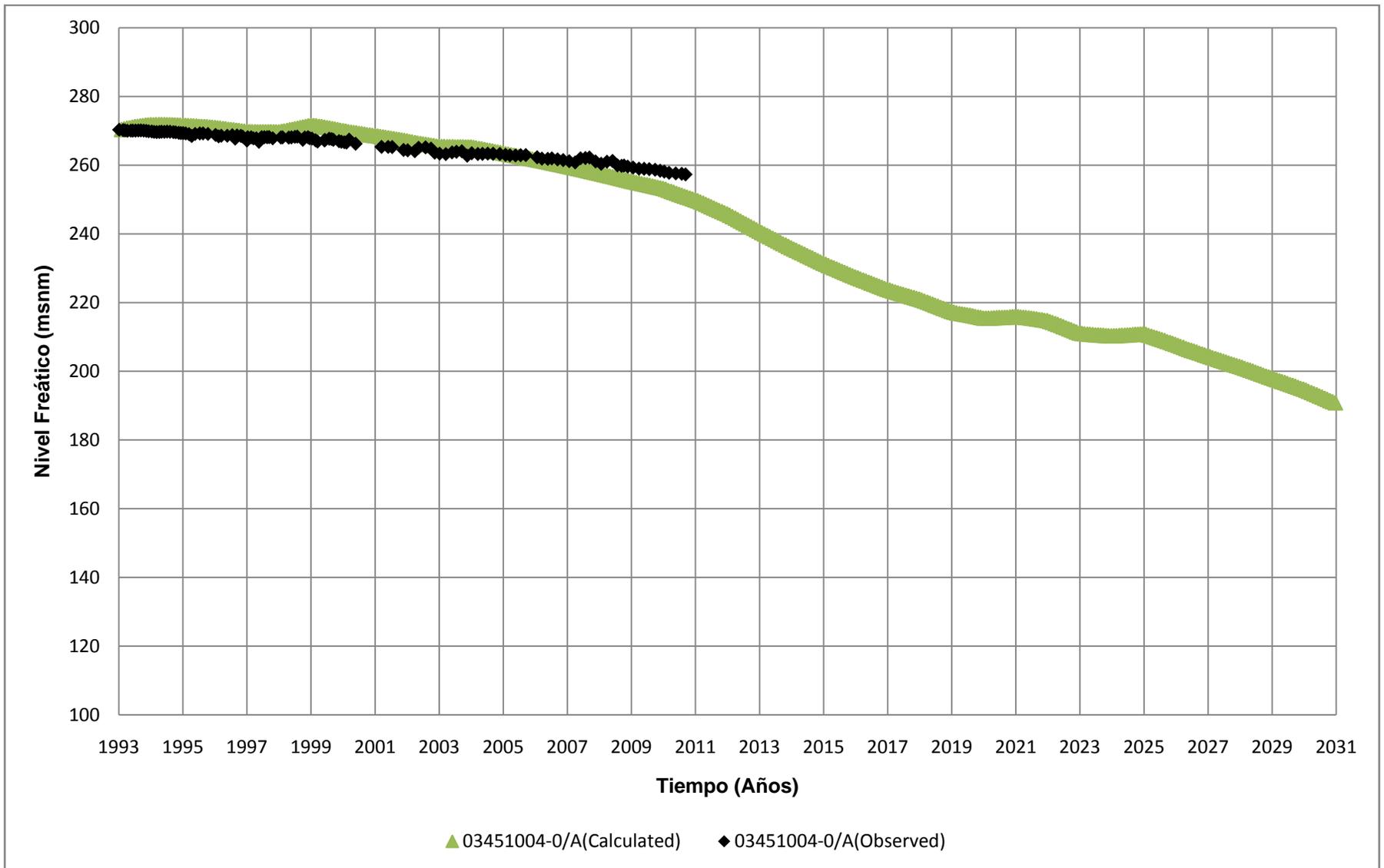


Figura E.24
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451004-0
 Fuente: Elaboración Propia

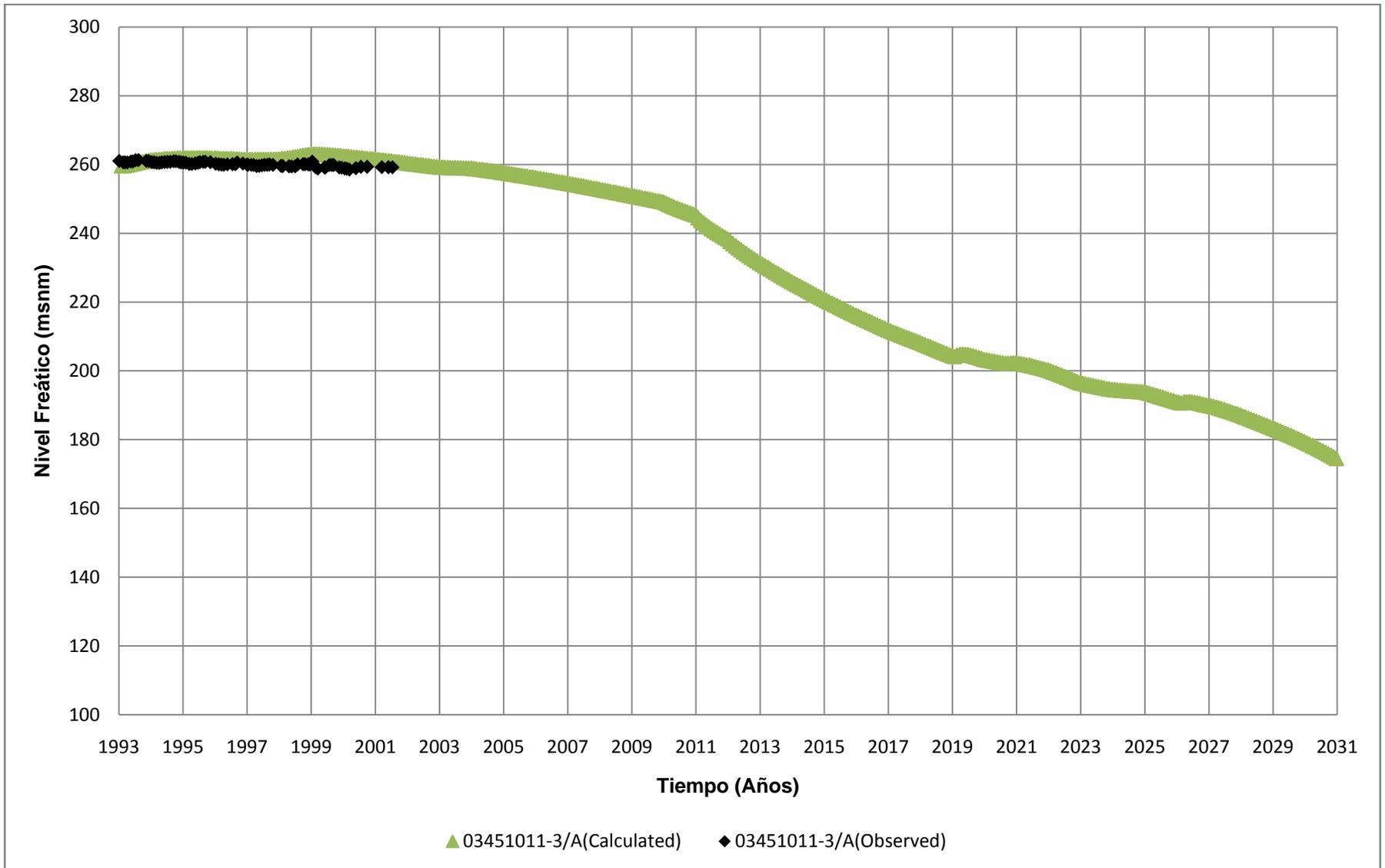


Figura E.25
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451011-3
Fuente: Elaboración Propia

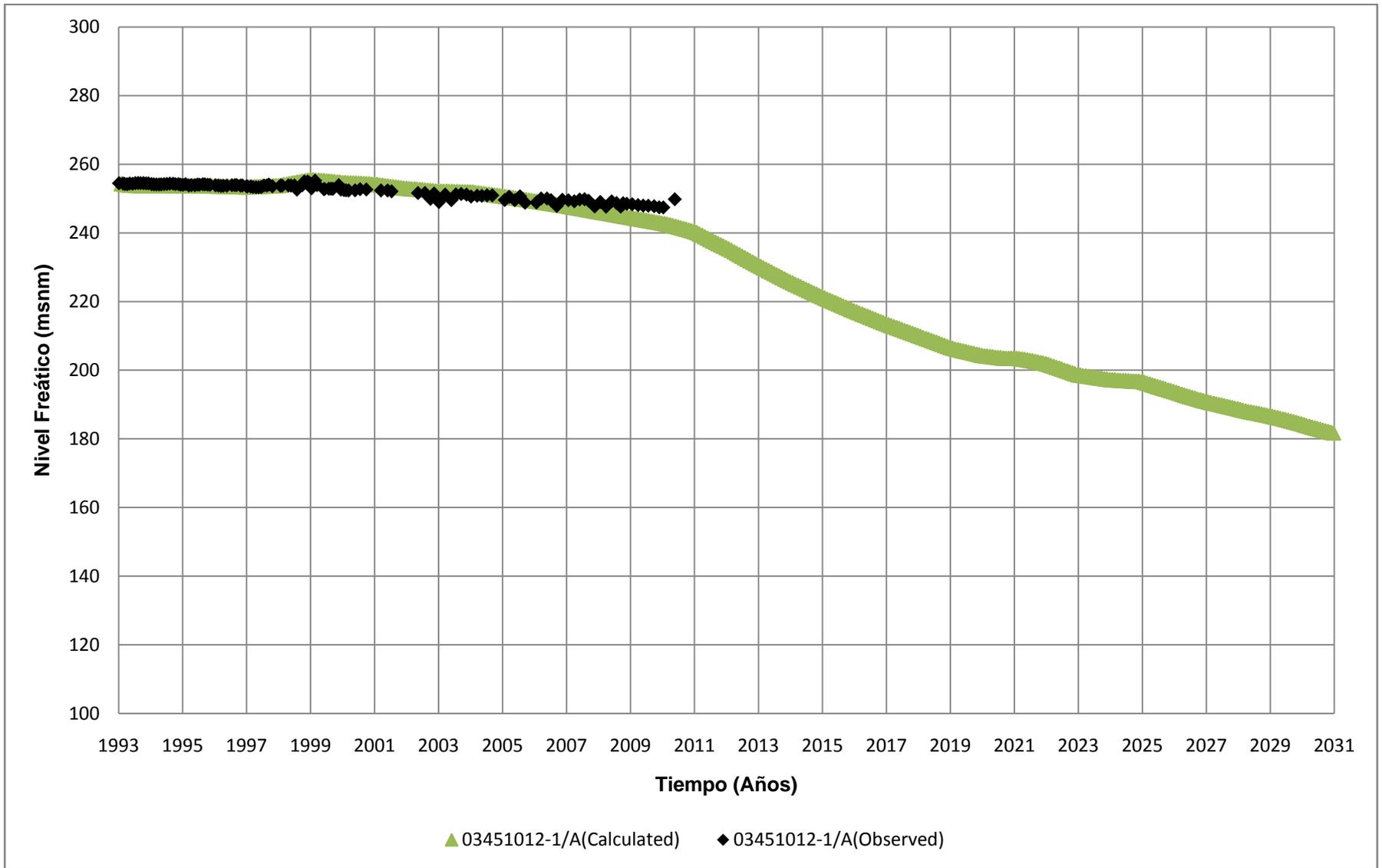


Figura E.26
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451012-1
 Fuente: Elaboración Propia

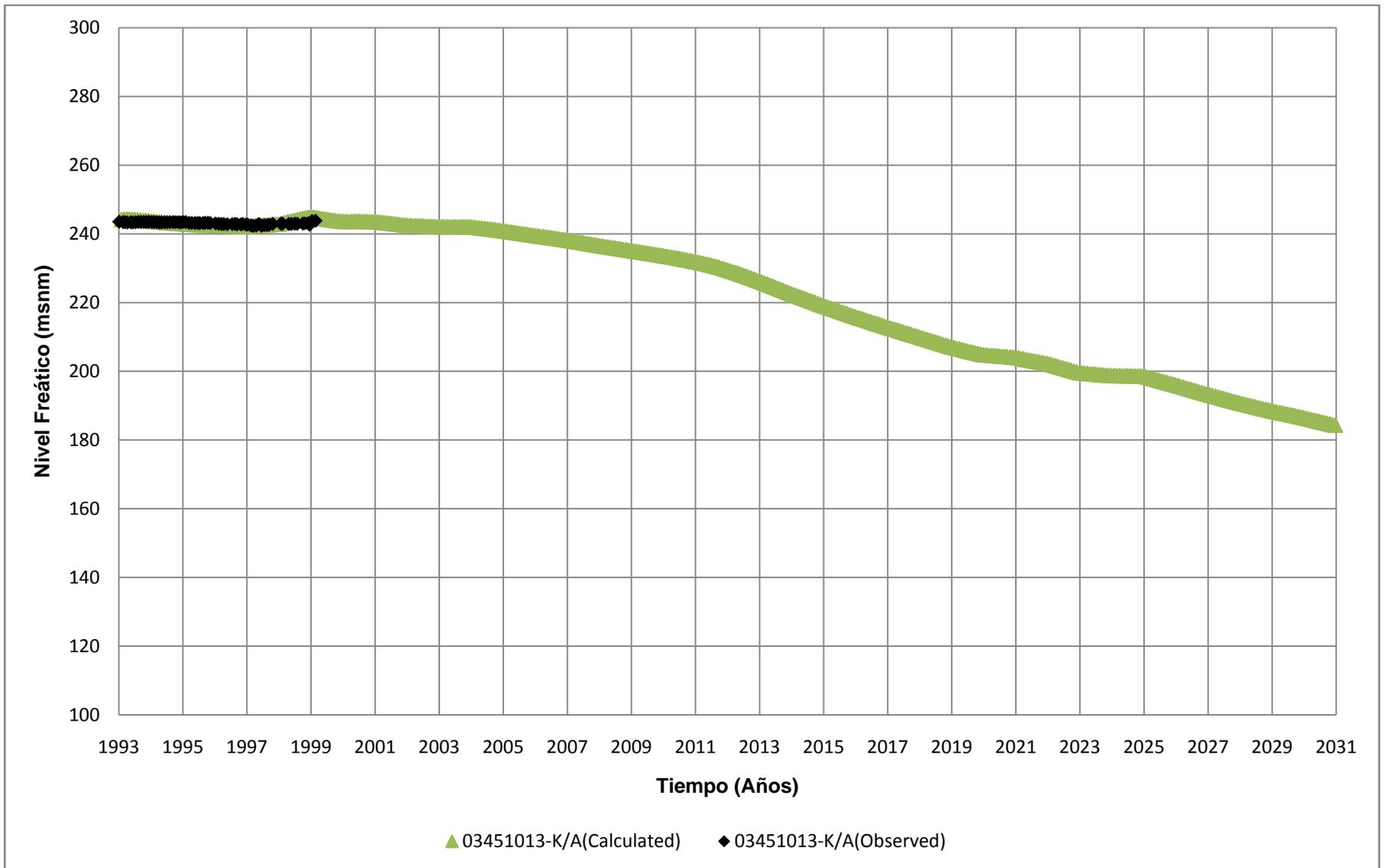


Figura E.27
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451013-K
 Fuente: Elaboración Propia

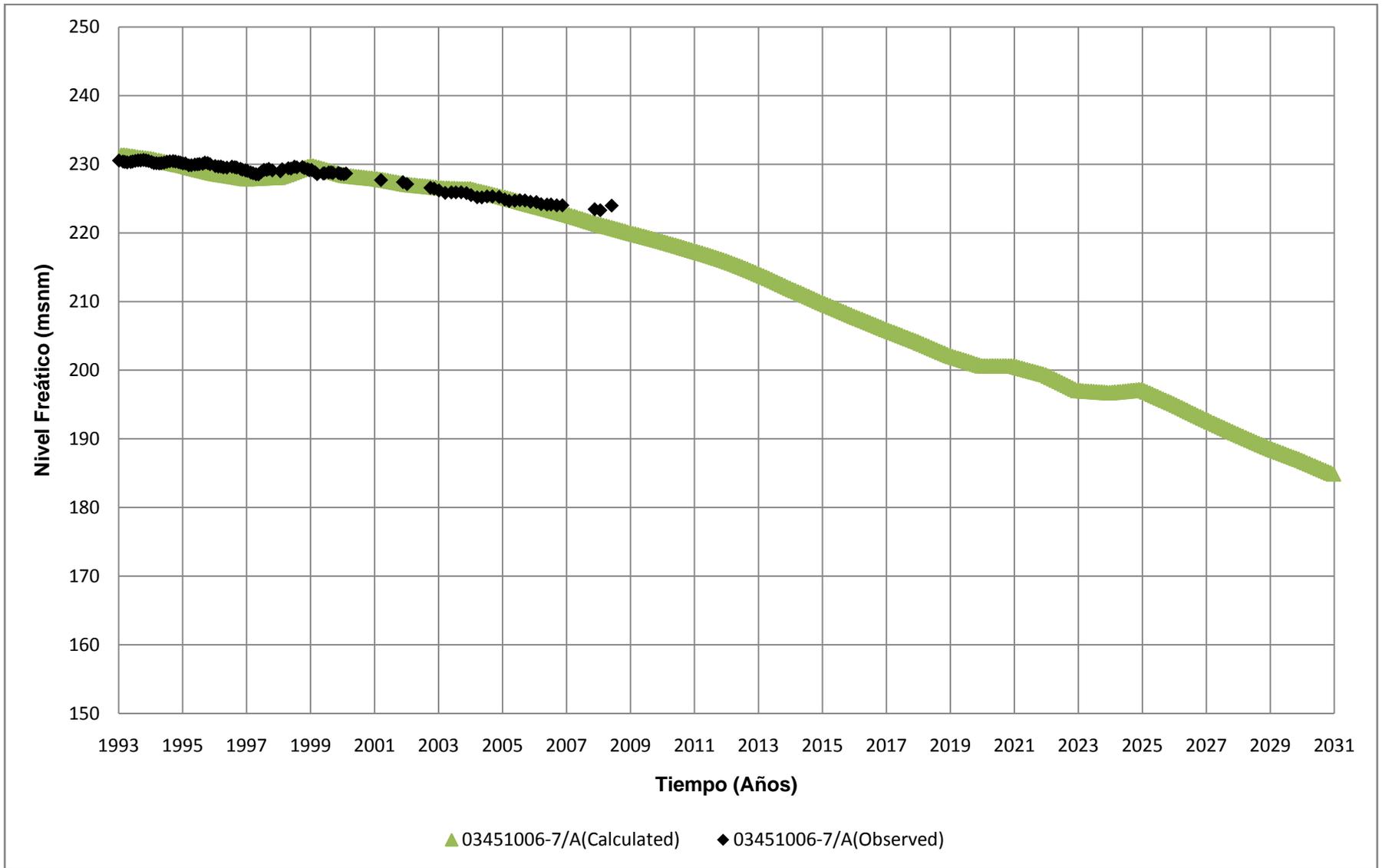


Figura E.28
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451006-7
 Fuente: Elaboración Propia

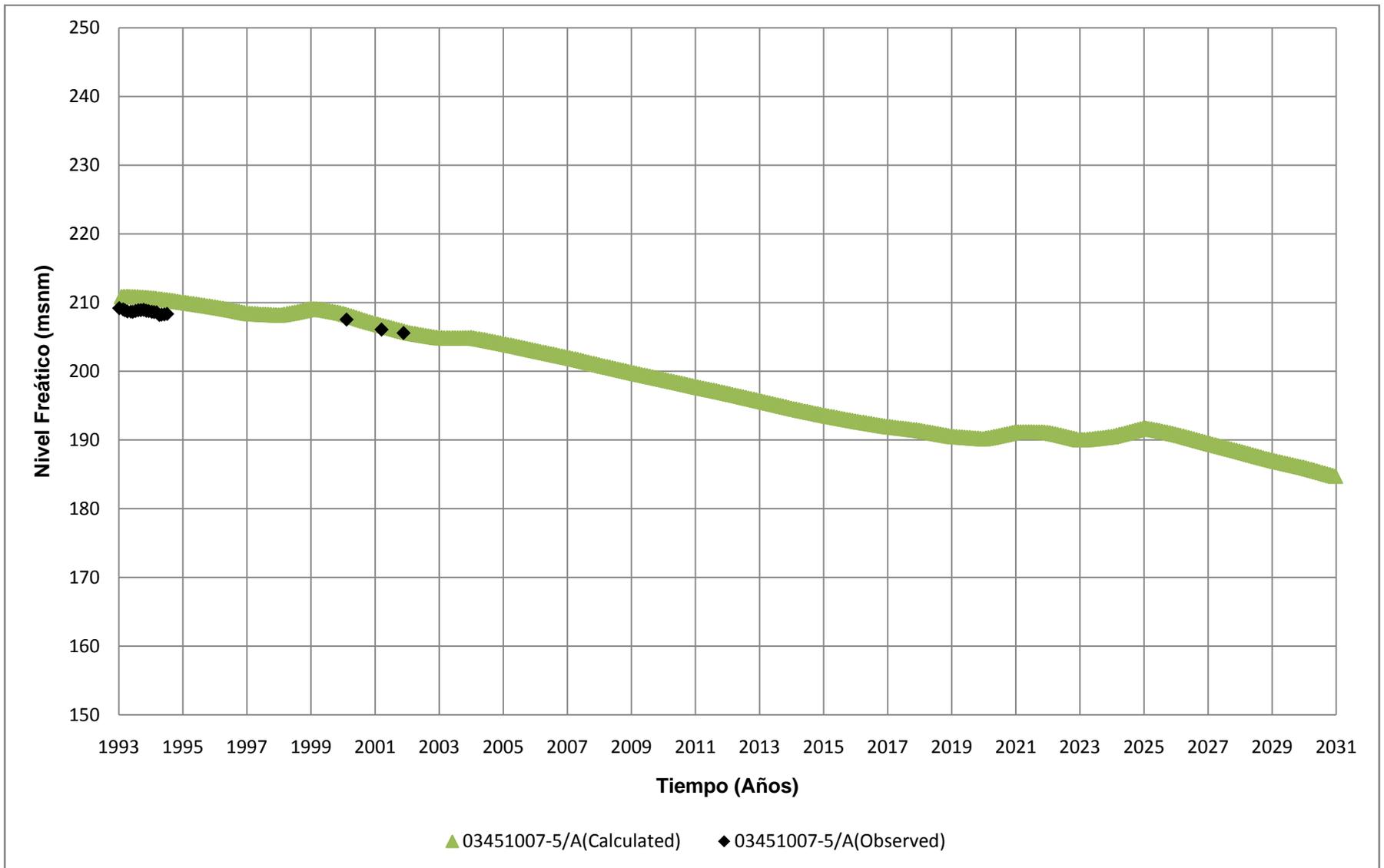


Figura E.29
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451007-5
 Fuente: Elaboración Propia

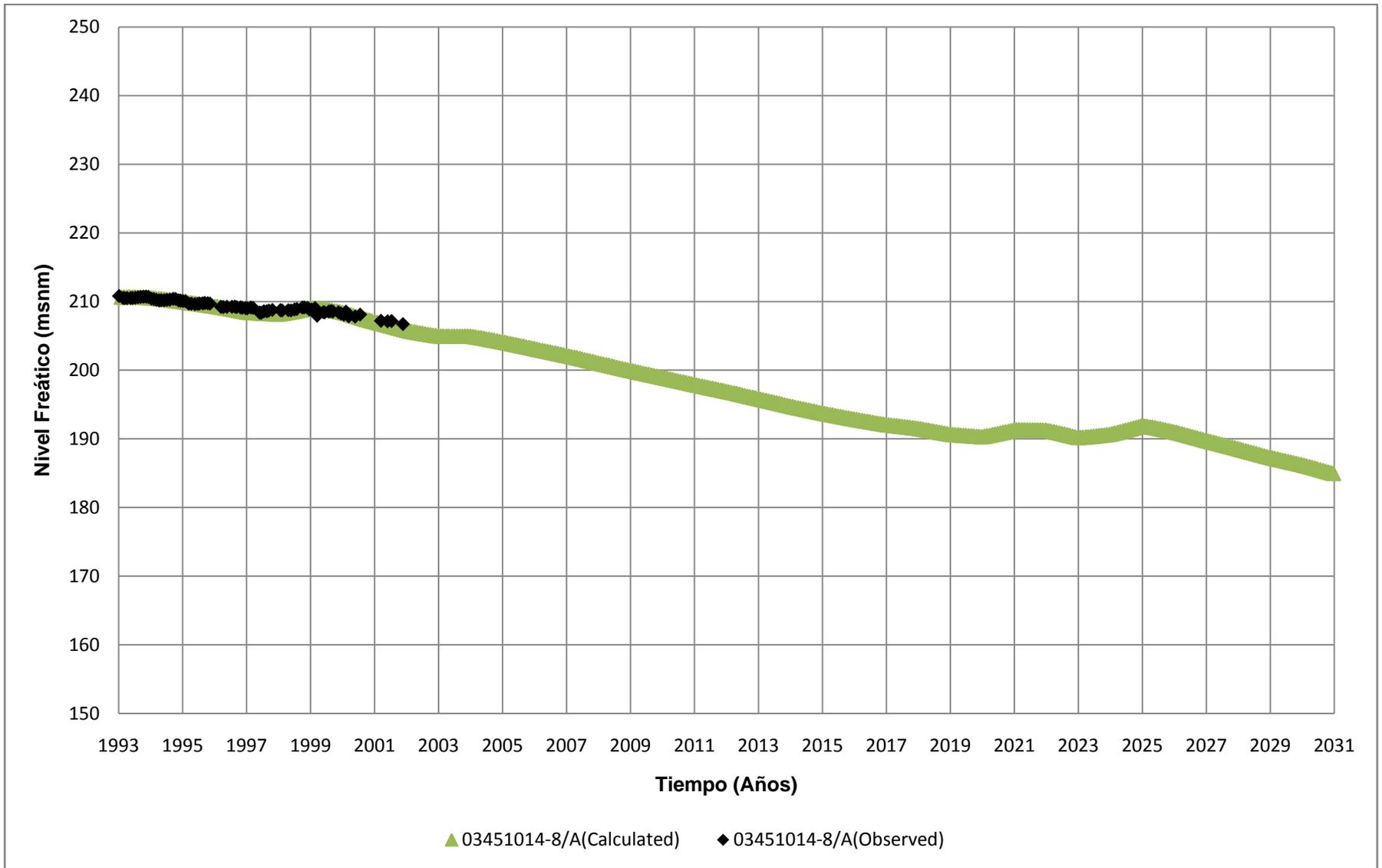


Figura E.30
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451014-8
 Fuente: Elaboración Propia

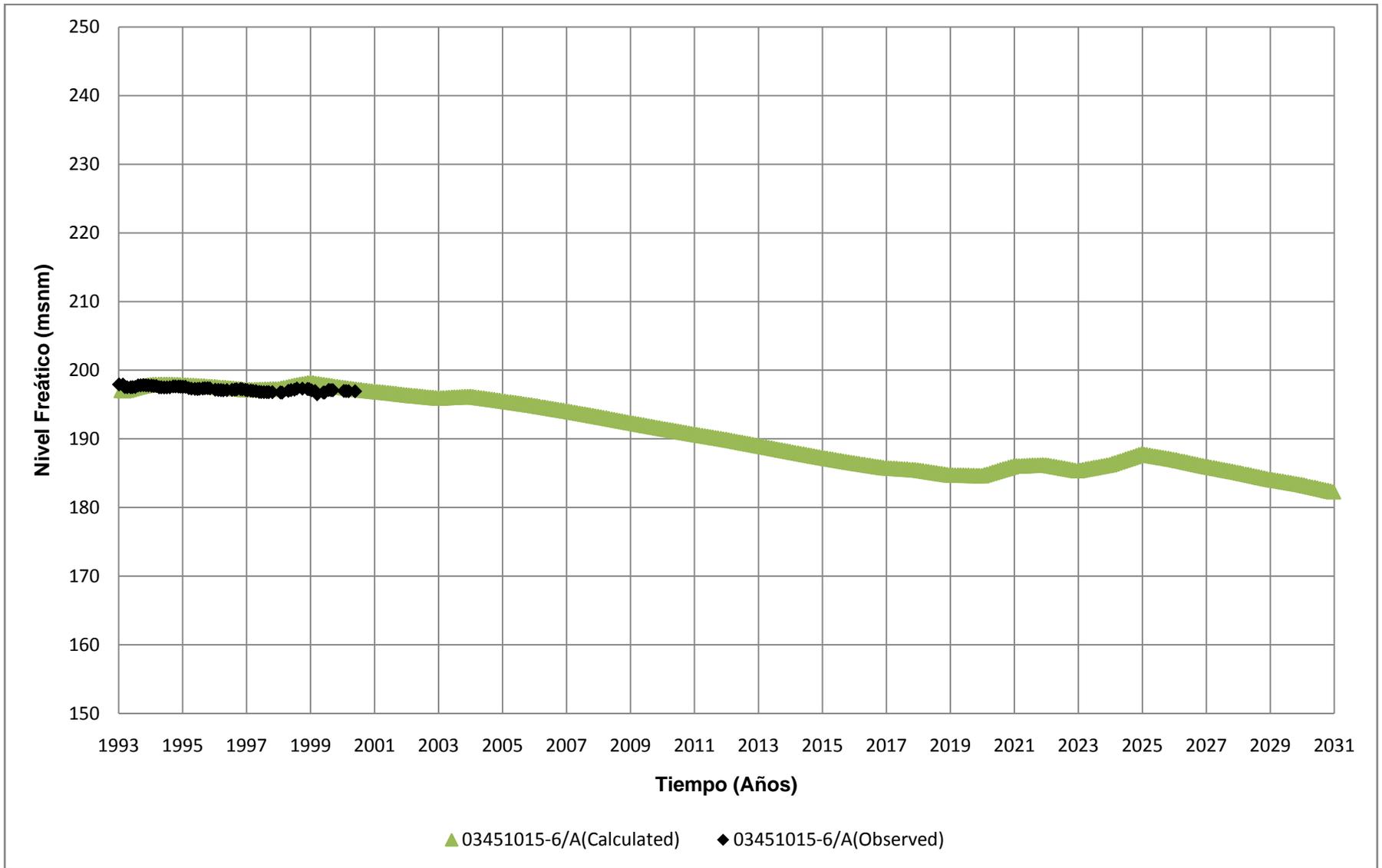


Figura E.31
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451015-6
 Fuente: Elaboración Propia

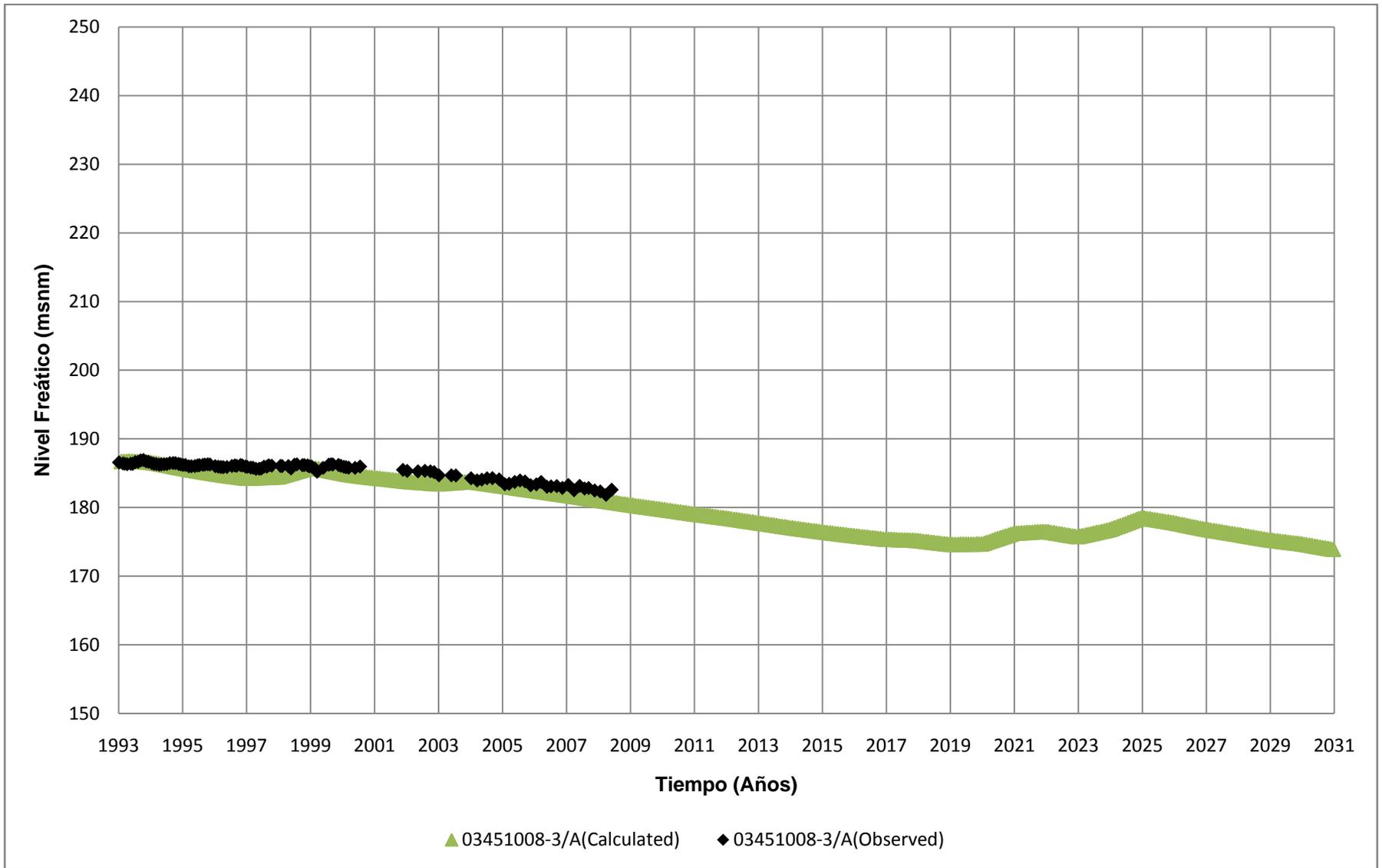


Figura E.32
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451008-3
 Fuente: Elaboración Propia

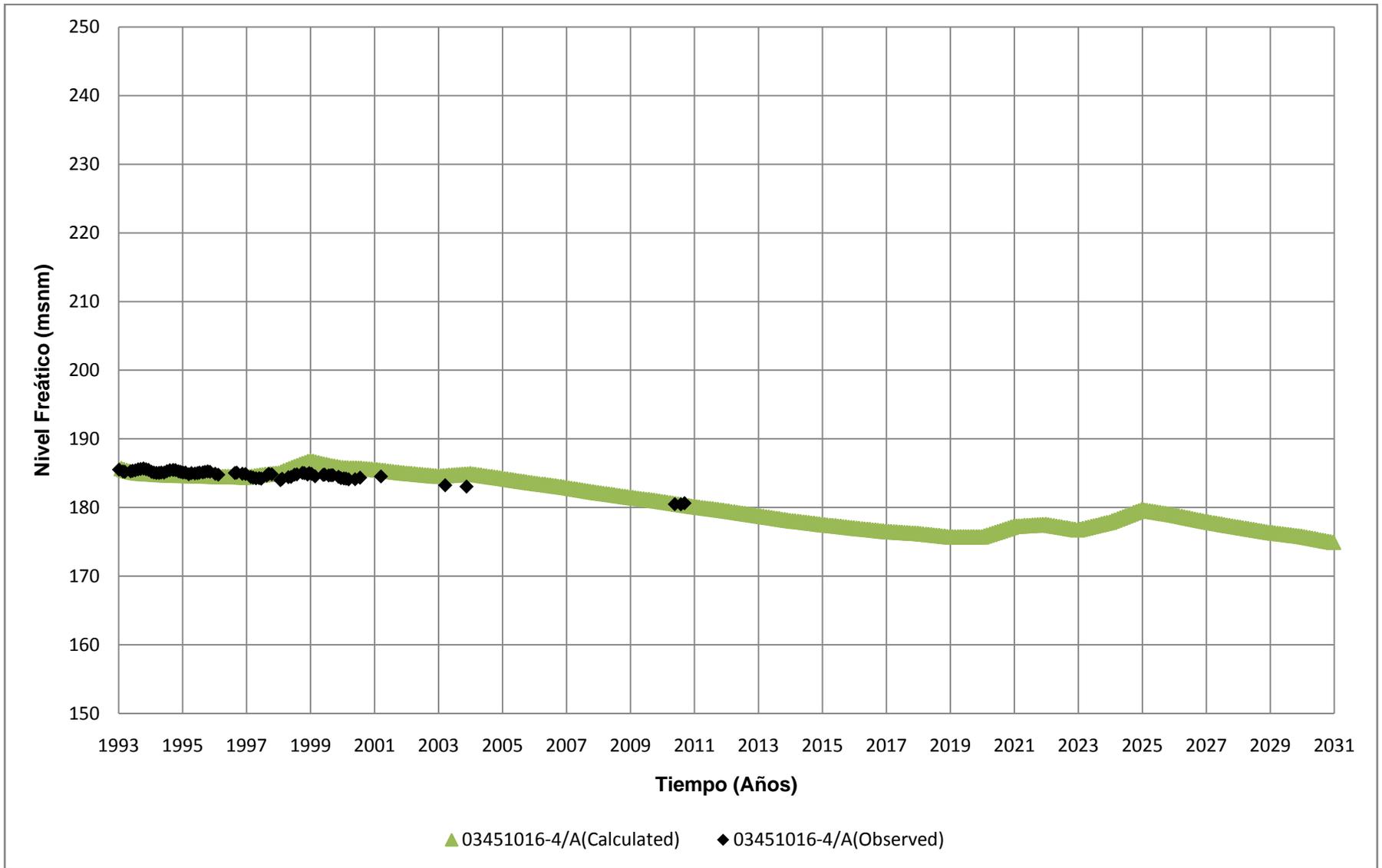


Figura E.33
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451016-4
 Fuente: Elaboración Propia

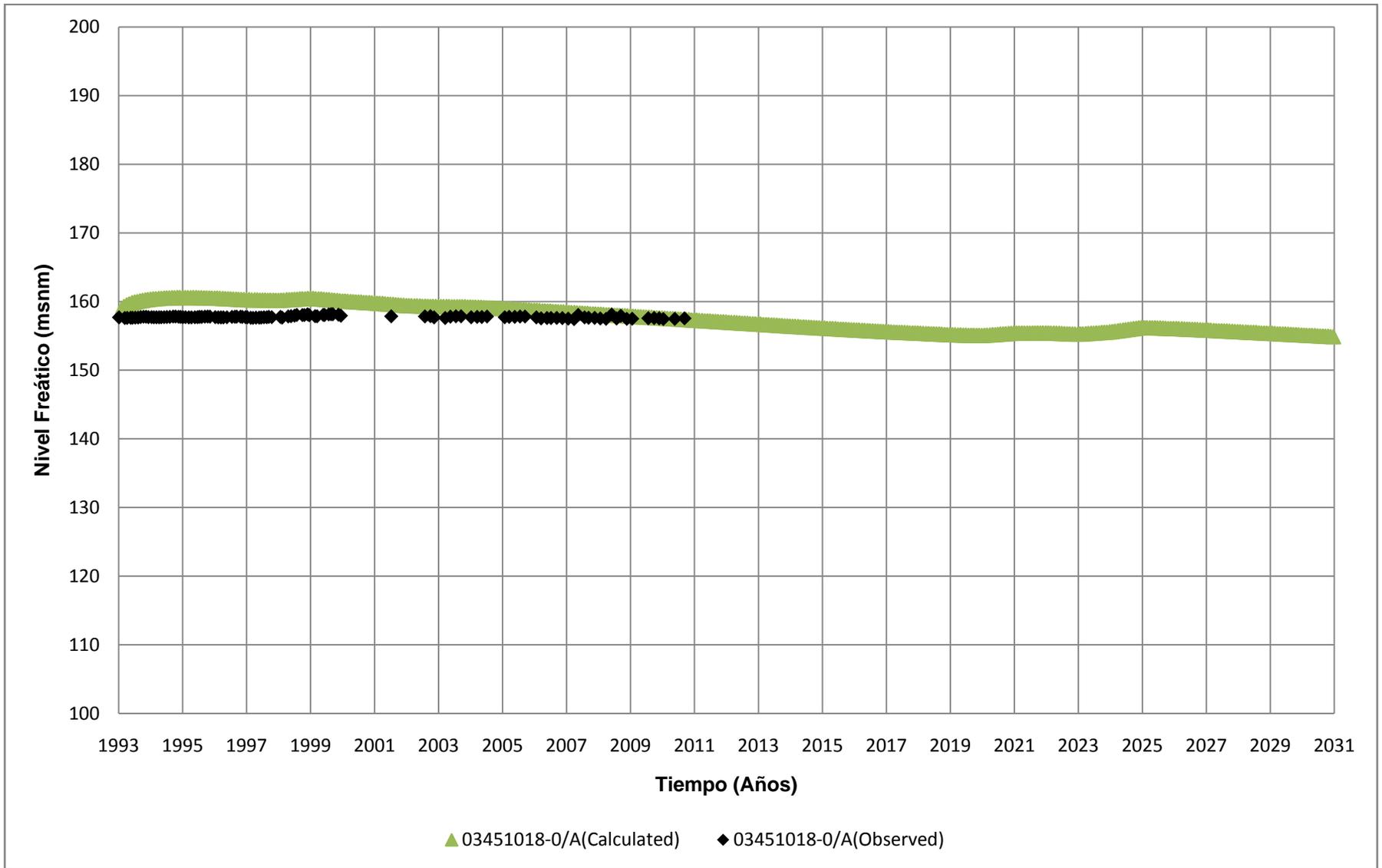


Figura E.34
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451018-0
 Fuente: Elaboración Propia

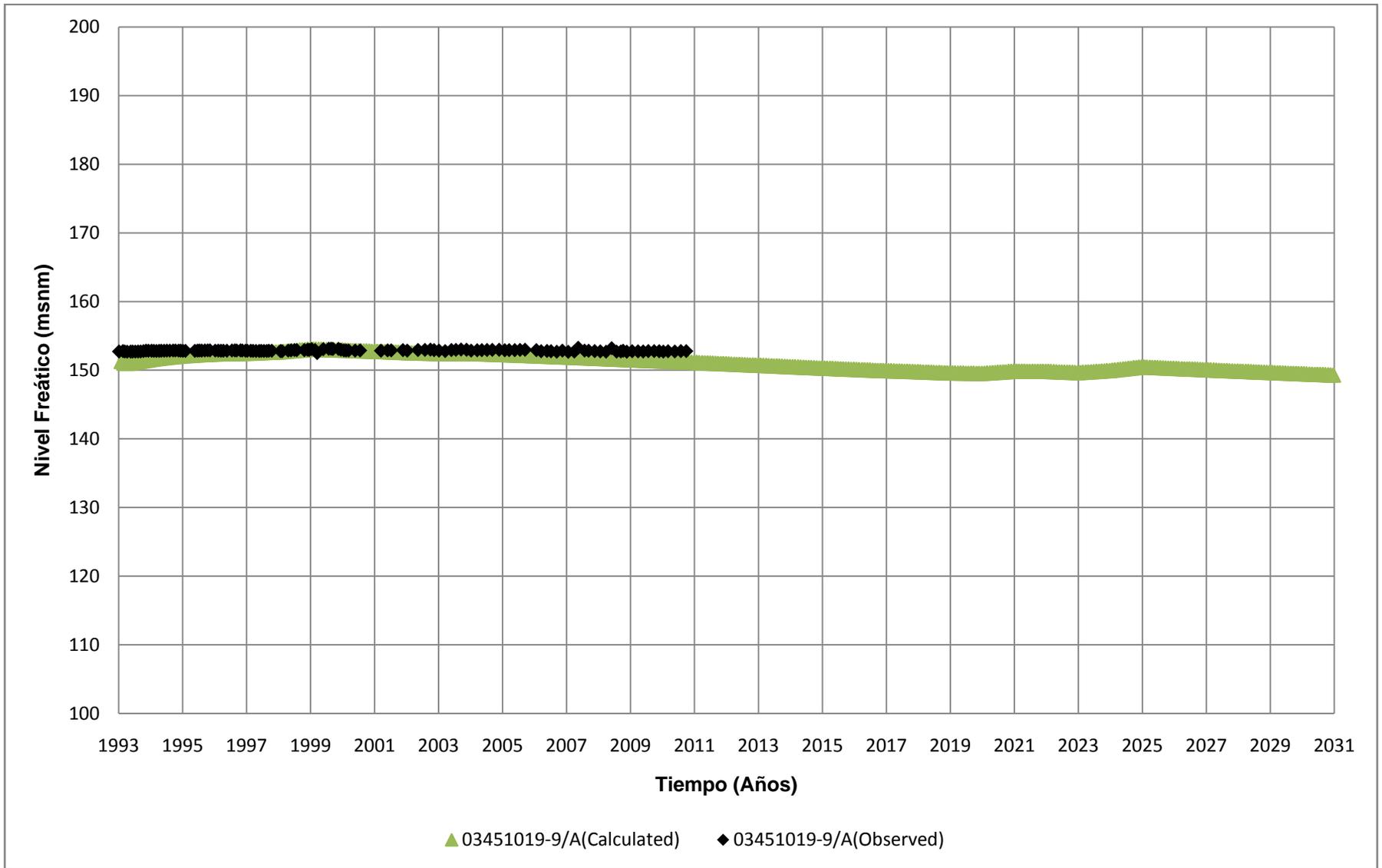


Figura E.35
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451019-9
 Fuente: Elaboración Propia

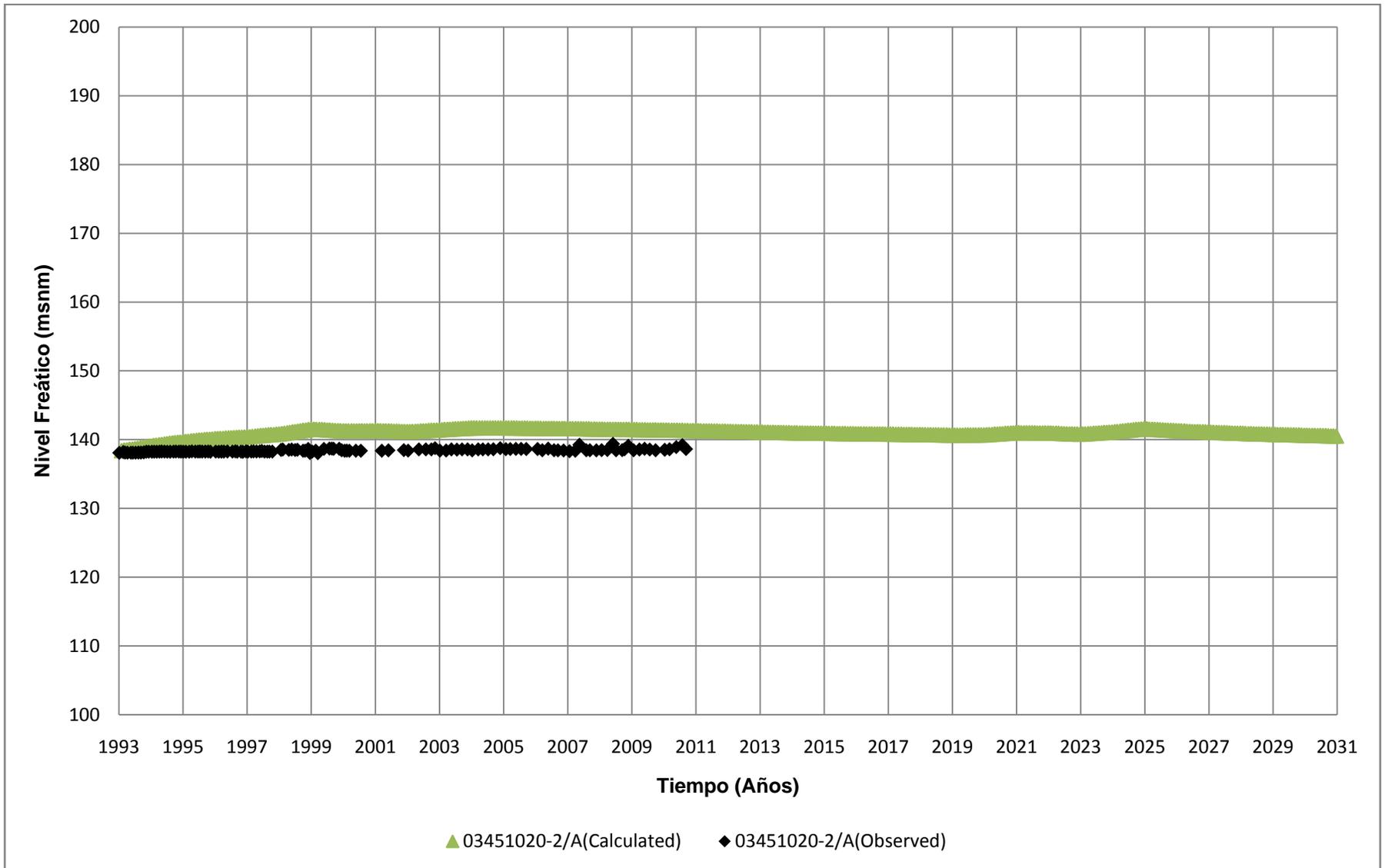


Figura E.36
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451020-2
 Fuente: Elaboración Propia

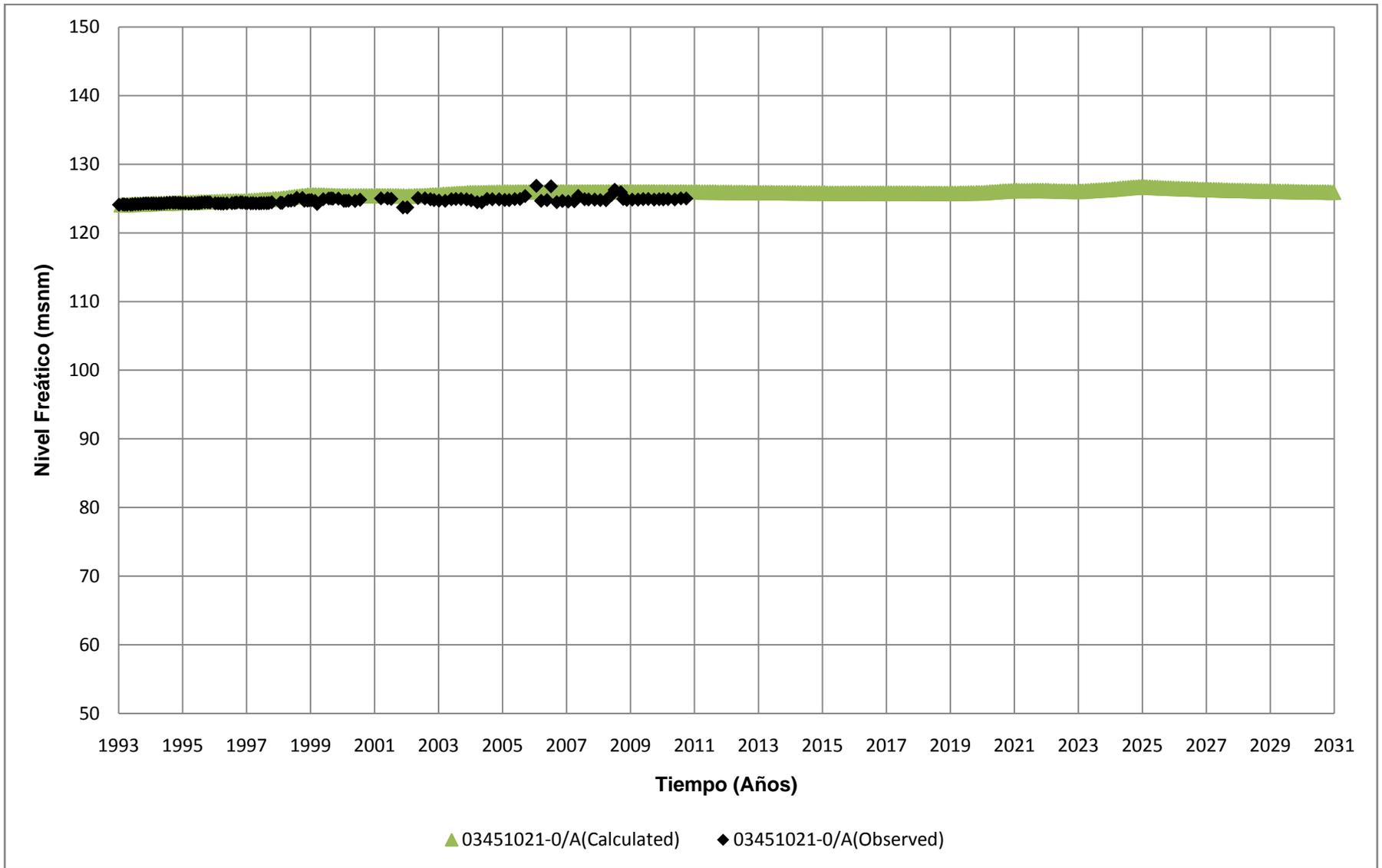


Figura E.37
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03451021-0
 Fuente: Elaboración Propia

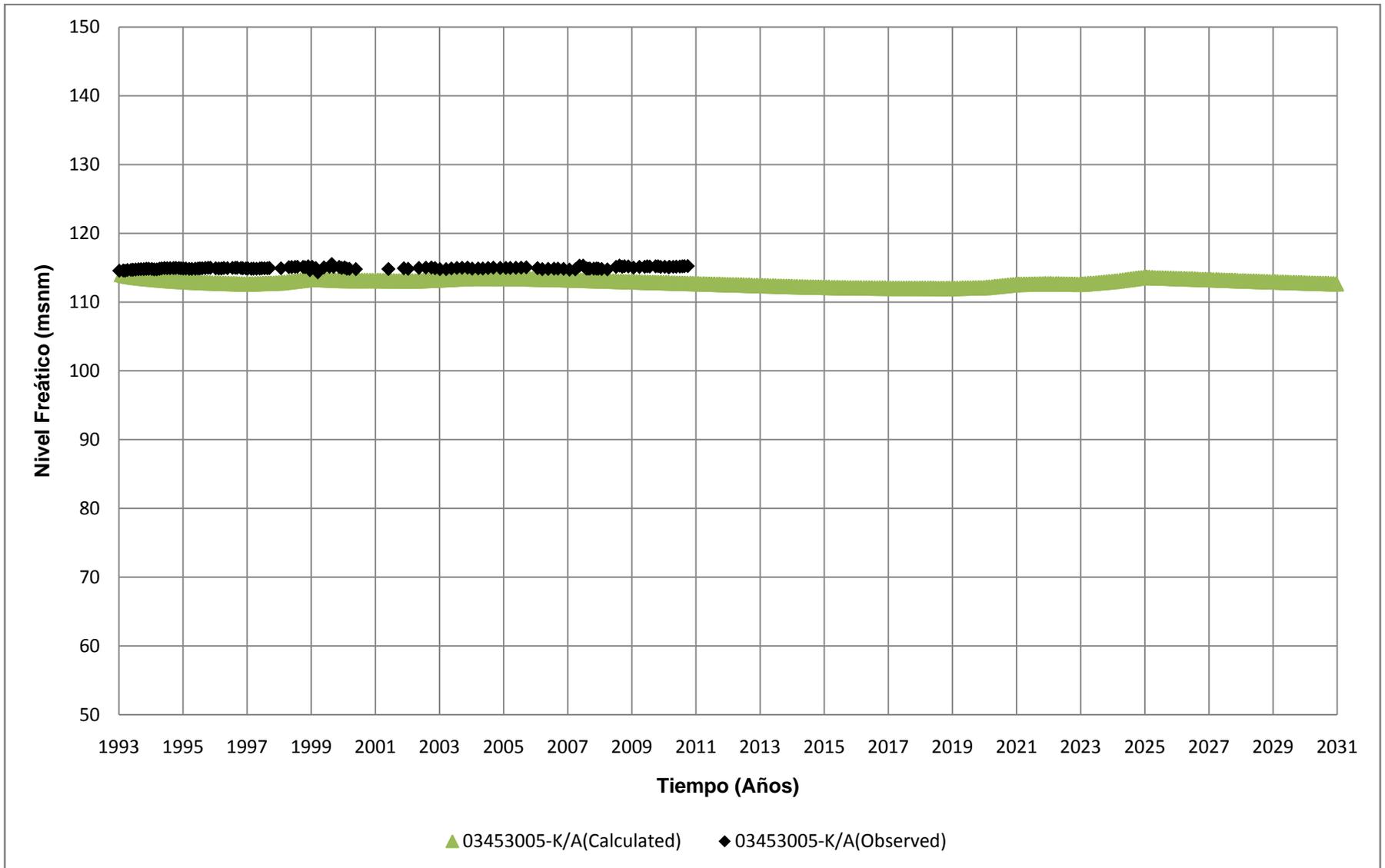


Figura E.38
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03453005-K
 Fuente: Elaboración Propia

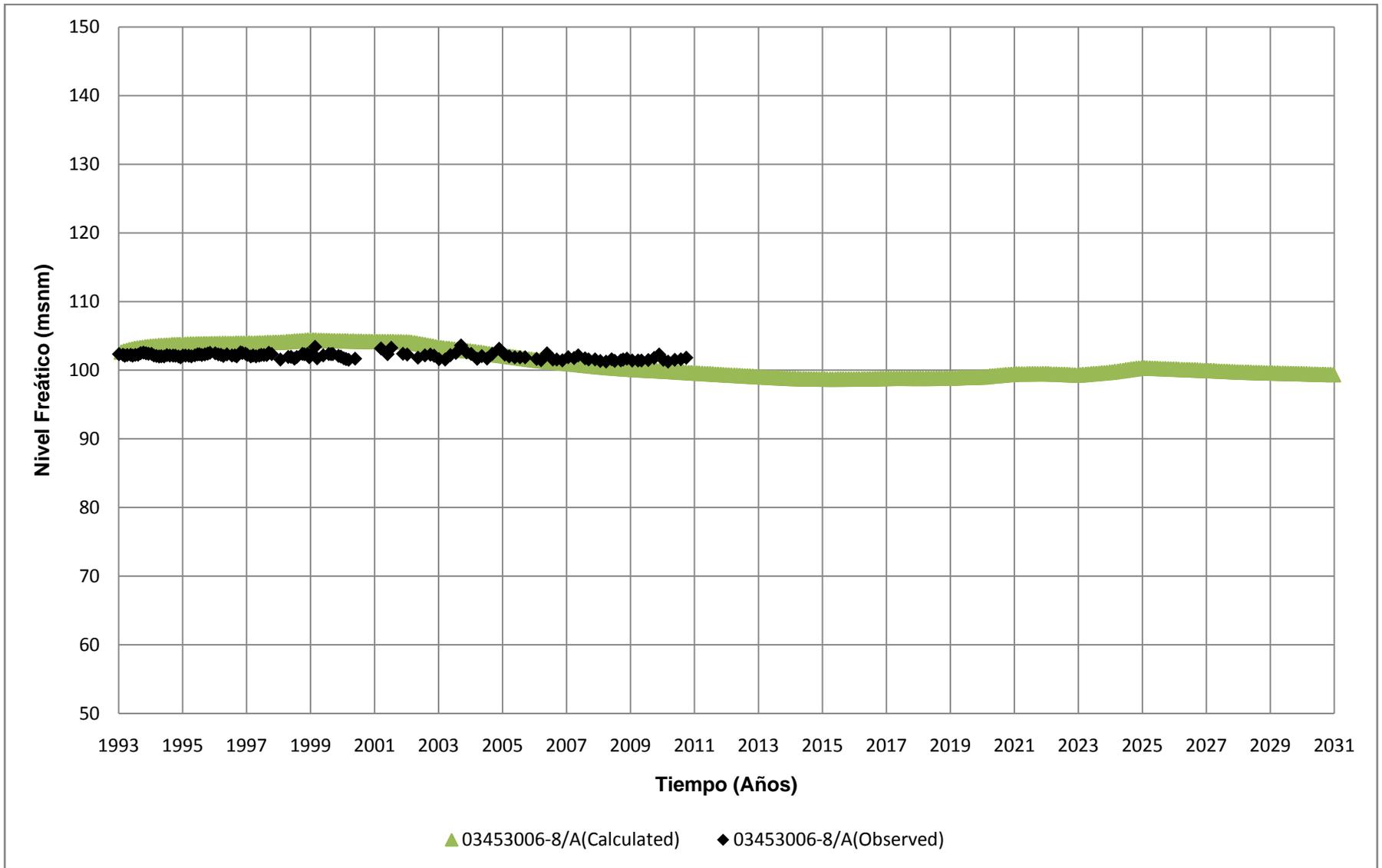


Figura E.39
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03453006-8
 Fuente: Elaboración Propia

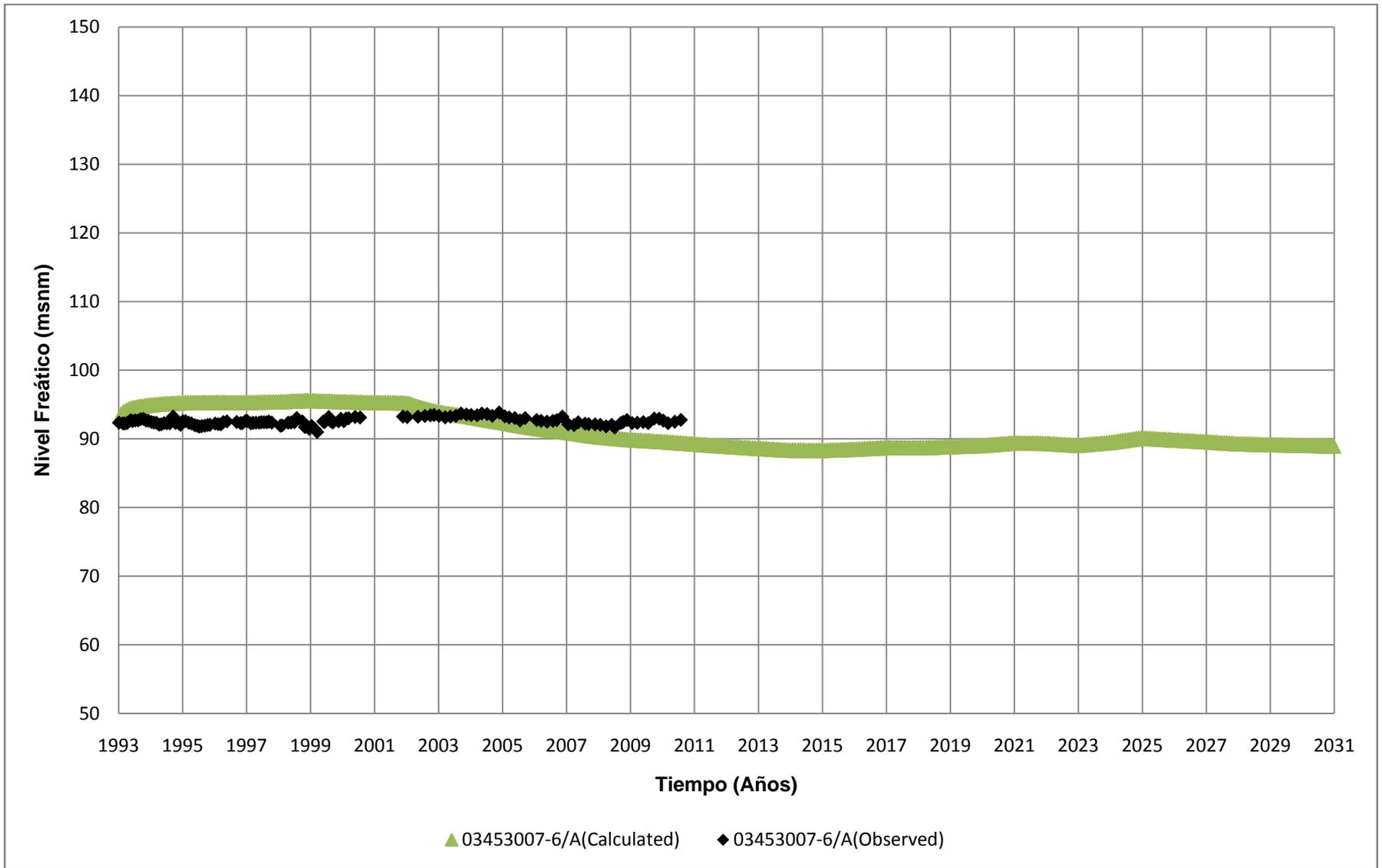


Figura E.40
Niveles simulados en Escenario 0 para pozo 03453007-6
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla E.1
Balance hídrico en Sector 3 – Escenario 0

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	1.224	50	818	0	251	1.274	1.069	205
1994	1.028	50	1.207	0	235	1.078	1.442	-364
1995	974	50	1.300	0	224	1.024	1.523	-499
1996	898	50	1.391	0	249	948	1.640	-692
1997	1.107	50	955	0	249	1.157	1.204	-47
1998	1.553	50	464	0	261	1.603	724	878
1999	1.125	50	1.640	0	280	1.175	1.920	-744
2000	1.010	50	964	0	260	1.060	1.223	-164
2001	1.132	50	1.383	0	292	1.182	1.674	-492
2002	1.165	50	1.011	0	285	1.215	1.296	-81
2003	1.376	50	936	0	292	1.426	1.228	198
2004	1.080	50	1.300	0	285	1.130	1.585	-456
2005	1.074	50	1.530	0	269	1.124	1.798	-674
2006	1.011	50	1.496	0	277	1.061	1.772	-711
2007	967	50	1.623	0	253	1.017	1.877	-860
2008	989	50	1.514	0	231	1.039	1.745	-706
2009	927	50	1.428	0	215	977	1.643	-666
2010	865	50	1.507	0	191	915	1.698	-783
2011	900	50	1.667	0	147	950	1.814	-863
2012	780	50	1.660	0	103	830	1.763	-933
2013	767	50	1.660	0	56	817	1.715	-898
2014	699	50	1.478	0	33	749	1.510	-761
2015	636	50	1.327	0	40	686	1.367	-680
2016	603	50	1.216	0	29	653	1.245	-593
2017	1.168	50	1.419	0	37	1.218	1.456	-239
2018	708	50	1.240	0	34	758	1.273	-515
2019	1.429	50	1.306	0	37	1.479	1.343	136
2020	1.923	50	1.407	0	41	1.973	1.448	525
2021	1.398	50	1.490	0	43	1.448	1.534	-85
2022	1.132	50	1.572	0	46	1.182	1.618	-436
2023	1.711	50	1.423	0	45	1.761	1.468	293
2024	2.084	50	1.381	0	46	2.134	1.427	707
2025	1.172	50	1.517	0	48	1.222	1.565	-343
2026	1.111	50	1.547	0	48	1.161	1.595	-434
2027	1.071	50	1.609	0	49	1.121	1.659	-538
2028	920	50	1.503	0	48	970	1.551	-581
2029	1.214	50	1.480	0	48	1.264	1.528	-264
2030	872	50	1.506	0	48	922	1.553	-632

Fuente: Elaboración Propia

Tabla E.2
Balance hídrico en Sector 4 – Escenario 0

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	775	251	731	0	250	1.027	981	45
1994	724	235	873	0	262	959	1.135	-177
1995	713	224	1.013	0	260	937	1.273	-337
1996	652	249	1.083	0	262	901	1.345	-444
1997	777	249	863	0	266	1.025	1.129	-104
1998	1.014	261	438	0	274	1.274	712	562
1999	804	280	1.359	0	286	1.083	1.645	-562
2000	661	260	872	0	283	921	1.154	-234
2001	798	292	1.239	0	286	1.090	1.525	-436
2002	747	285	1.038	0	285	1.032	1.323	-292
2003	961	292	1.037	0	284	1.253	1.321	-68
2004	754	285	1.189	0	288	1.040	1.477	-437
2005	827	269	1.306	0	286	1.095	1.591	-496
2006	756	277	1.244	0	284	1.032	1.528	-496
2007	709	253	1.409	0	270	962	1.679	-717
2008	708	231	1.528	0	259	939	1.787	-848
2009	697	215	1.493	0	249	912	1.742	-830
2010	665	191	1.587	0	236	856	1.823	-968
2011	705	147	1.459	0	226	852	1.685	-833
2012	555	103	1.317	0	217	659	1.534	-876
2013	550	56	1.320	0	209	606	1.529	-923
2014	538	33	1.216	0	200	571	1.416	-845
2015	584	40	1.139	0	193	624	1.333	-708
2016	581	29	1.083	0	187	611	1.271	-660
2017	892	37	1.192	0	185	929	1.377	-449
2018	584	34	1.097	0	179	618	1.276	-658
2019	995	37	1.135	0	179	1.032	1.315	-283
2020	1.459	41	1.192	0	180	1.500	1.372	128
2021	1.014	43	1.234	0	180	1.057	1.415	-357
2022	716	46	1.276	0	177	763	1.452	-690
2023	1.240	45	1.196	0	174	1.285	1.371	-85
2024	1.499	46	1.179	0	180	1.545	1.359	186
2025	767	48	1.248	0	179	815	1.427	-612
2026	694	48	1.263	0	173	742	1.436	-694
2027	740	49	1.295	0	165	790	1.460	-670
2028	682	48	1.233	0	158	730	1.390	-660
2029	800	48	1.225	0	153	848	1.378	-530
2030	617	48	1.234	0	146	665	1.380	-715

Fuente: Elaboración Propia

Tabla E.3
Balance hídrico en Sector 5 – Escenario 0

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	320	250	688	0	216	570	903	-334
1994	195	262	781	0	188	458	969	-511
1995	224	260	783	0	170	484	953	-469
1996	157	262	824	0	154	419	978	-559
1997	465	266	691	0	152	731	843	-112
1998	939	274	416	0	174	1.213	590	623
1999	108	286	1.043	0	129	394	1.172	-778
2000	175	283	670	0	123	458	793	-335
2001	209	286	897	0	111	495	1.008	-513
2002	256	285	757	0	111	541	867	-326
2003	626	284	726	0	122	911	848	63
2004	150	288	872	0	100	438	972	-533
2005	254	286	968	0	95	540	1.063	-523
2006	191	284	925	0	84	475	1.010	-535
2007	205	270	977	0	77	475	1.054	-579
2008	114	259	901	0	64	373	965	-592
2009	176	249	855	0	61	425	916	-491
2010	163	236	897	0	81	399	978	-580
2011	216	226	905	0	115	442	1.021	-579
2012	6	217	905	0	131	223	1.037	-813
2013	6	209	905	0	140	214	1.045	-831
2014	5	200	803	0	145	205	948	-742
2015	99	193	722	0	153	293	876	-583
2016	132	187	663	0	160	319	823	-504
2017	423	185	774	0	174	608	948	-341
2018	54	179	677	0	163	233	839	-606
2019	380	179	714	0	160	559	874	-315
2020	1.288	180	770	0	198	1.468	968	500
2021	691	180	815	0	190	871	1.005	-134
2022	70	177	858	0	167	247	1.025	-778
2023	984	174	777	0	194	1.158	971	187
2024	1.303	180	756	0	218	1.483	974	509
2025	211	179	829	0	189	390	1.018	-628
2026	19	173	845	0	161	192	1.006	-814
2027	170	165	878	0	151	335	1.029	-694
2028	131	158	818	0	142	289	961	-672
2029	219	153	808	0	140	372	948	-576
2030	12	146	820	0	128	158	948	-790

Fuente: Elaboración Propia

Tabla E.4
Balance hídrico en Sector 6 – Escenario 0

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	143	216	366	125	0	359	491	-132
1994	17	188	415	117	0	205	532	-327
1995	9	170	418	110	0	180	528	-348
1996	2	154	430	106	0	156	536	-380
1997	320	152	361	112	0	472	472	0
1998	805	174	217	136	0	979	353	625
1999	22	129	545	120	0	151	665	-514
2000	3	123	351	115	0	126	466	-340
2001	38	111	469	111	0	150	580	-431
2002	87	111	395	103	0	197	498	-301
2003	391	122	398	104	0	513	502	11
2004	22	100	456	100	0	122	556	-434
2005	38	95	505	97	0	133	602	-469
2006	20	84	484	94	0	104	577	-473
2007	12	77	523	91	0	88	613	-525
2008	7	64	484	88	0	71	572	-501
2009	2	61	456	86	0	63	542	-478
2010	5	81	577	83	0	86	660	-574
2011	36	115	749	81	0	151	830	-679
2012	2	131	818	79	0	133	896	-763
2013	2	140	818	77	0	142	894	-752
2014	2	145	759	75	0	147	834	-687
2015	3	153	709	74	0	156	783	-627
2016	6	160	673	73	0	166	746	-580
2017	170	174	739	72	0	345	812	-467
2018	11	163	681	71	0	173	751	-578
2019	282	160	702	72	0	442	775	-332
2020	1.008	198	735	82	0	1.206	817	390
2021	462	190	762	81	0	652	843	-191
2022	35	167	789	77	0	202	866	-664
2023	874	194	740	86	0	1.069	826	243
2024	1.229	218	726	99	0	1447	825	621
2025	77	189	771	91	0	266	862	-596
2026	8	161	781	85	0	169	866	-697
2027	61	151	801	81	0	212	882	-670
2028	25	142	767	78	0	167	844	-677
2029	95	140	759	75	0	235	834	-599
2030	3	128	768	73	0	132	840	-708

Fuente: Elaboración Propia

Tabla E.5
Balance hídrico entre La Puerta y Angostura – Escenario 0

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	2.463	50	2.603	125	0	2.513	2.728	-215
1994	1.964	50	3.277	117	0	2.014	3.394	-1.380
1995	1.921	50	3.513	110	0	1.971	3.624	-1.653
1996	1.709	50	3.728	106	0	1.759	3.834	-2.075
1997	2.669	50	2.870	112	0	2.719	2.982	-263
1998	4.310	50	1.535	136	0	4.360	1.671	2.689
1999	2.059	50	4.587	120	0	2.109	4.707	-2.598
2000	1.849	50	2.857	115	0	1.899	2.971	-1.072
2001	2.178	50	3.988	111	0	2.228	4.099	-1.872
2002	2.254	50	3.201	103	0	2.304	3.304	-1.000
2003	3.354	50	3.097	104	0	3.404	3.201	203
2004	2.007	50	3.817	100	0	2.057	3.917	-1.860
2005	2.193	50	4.309	97	0	2.243	4.405	-2.162
2006	1.977	50	4.148	94	0	2.027	4.242	-2.215
2007	1.892	50	4.532	91	0	1.942	4.623	-2.681
2008	1.818	50	4.426	88	0	1.868	4.514	-2.647
2009	1.802	50	4.232	86	0	1.852	4.317	-2.466
2010	1.697	50	4.568	83	0	1.747	4.652	-2.904
2011	1.858	50	4.780	81	0	1.908	4.861	-2.953
2012	1.344	50	4.700	79	0	1.394	4.779	-3.385
2013	1.326	50	4.703	77	0	1.376	4.779	-3.404
2014	1.245	50	4.255	75	0	1.295	4.330	-3.035
2015	1.323	50	3.897	74	0	1.373	3.971	-2.598
2016	1.322	50	3.636	73	0	1.372	3.709	-2.336
2017	2.653	50	4.125	72	0	2.703	4.198	-1.495
2018	1.356	50	3.694	71	0	1.406	3.765	-2.359
2019	3.086	50	3.858	72	0	3.136	3.930	-794
2020	5.678	50	4.105	82	0	5.728	4.186	1.542
2021	3.565	50	4.301	81	0	3.615	4.383	-768
2022	1.953	50	4.494	77	0	2.003	4.571	-2.568
2023	4.809	50	4.137	86	0	4.859	4.222	637
2024	6.116	50	4.043	99	0	6.166	4.142	2.024
2025	2.227	50	4.365	91	0	2.277	4.456	-2.179
2026	1.831	50	4.435	85	0	1.881	4.520	-2.639
2027	2.042	50	4.583	81	0	2.092	4.665	-2.573
2028	1.758	50	4.321	78	0	1.808	4.398	-2.590
2029	2.328	50	4.272	75	0	2.378	4.347	-1.969
2030	1.504	50	4.327	73	0	1.554	4.399	-2.845

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO F

Ajuste y Balance Hídrico en Escenario 1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura F.1 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431011-4	F.1
Figura F.2 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431006-8	F.2
Figura F.3 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431007-6	F.3
Figura F.4 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431008-4	F.4
Figura F.5 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431010-6	F.5
Figura F.6 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431012-2	F.6
Figura F.7 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03434005-6	F.7
Figura F.8 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03434006-4	F.8
Figura F.9 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03434007-2	F.9
Figura F.10 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03434008-0	F.10
Figura F.11 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03434009-9	F.11
Figura F.12 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450006-1	F.12
Figura F.13 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450015-0	F.13
Figura F.14 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450005-3	F.14
Figura F.15 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450007-K.....	F.15
Figura F.16 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450017-7	F.16
Figura F.17 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450008-8	F.17
Figura F.18 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450012-6	F.18
Figura F.19 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450016-9	F.19
Figura F.20 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450013-4	F.20
Figura F.21 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451003-2	F.21
Figura F.22 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451005-9	F.22
Figura F.23 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451010-5	F.23
Figura F.24 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451004-0	F.24
Figura F.25 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451011-3	F.25
Figura F.26 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451012-1	F.26
Figura F.27 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451013-K.....	F.27
Figura F.28 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451006-7	F.28
Figura F.29 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451007-5	F.29
Figura F.30 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451014-8	F.30
Figura F.31 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451015-6	F.31
Figura F.32 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451008-3	F.32
Figura F.33 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451016-4	F.33
Figura F.34 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451018-0	F.34
Figura F.35 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451019-9	F.35
Figura F.36 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451020-2	F.36
Figura F.37 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451021-0	F.37
Figura F.38 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03453005-K.....	F.38
Figura F.39 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03453006-8	F.39
Figura F.40 Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03453007-6	F.40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla F.1 Balance hídrico en Sector 3 – Escenario 1	F.41
Tabla F.2 Balance hídrico en Sector 4 – Escenario 1	F.42
Tabla F.3 Balance hídrico en Sector 5 – Escenario 1	F.43
Tabla F.4 Balance hídrico en Sector 6 – Escenario 1	F.44
Tabla F.5 Balance hídrico entre La Puerta y Angostura – Escenario 1	F.45

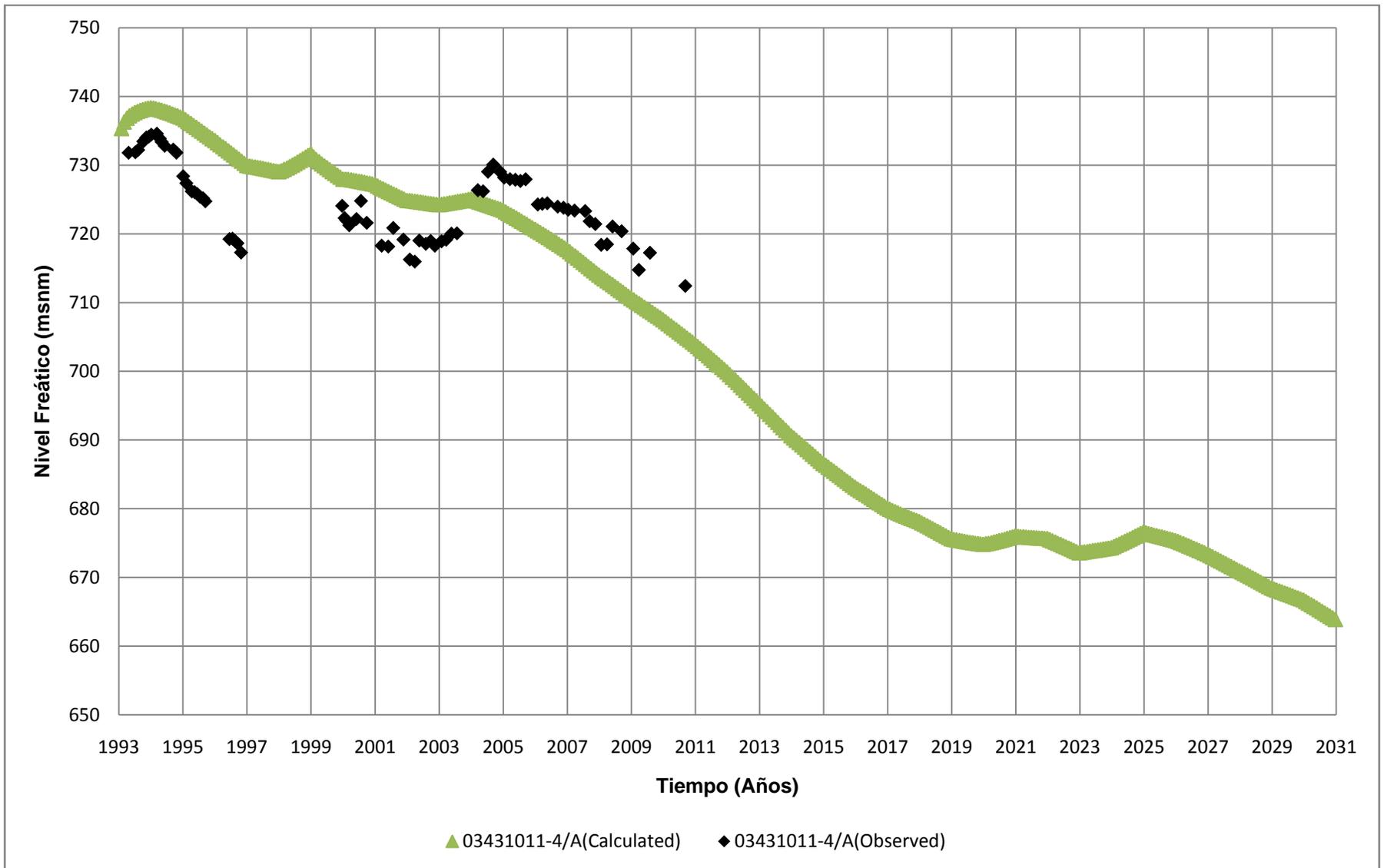


Figura F.1
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431011-4
 Fuente: Elaboración Propia

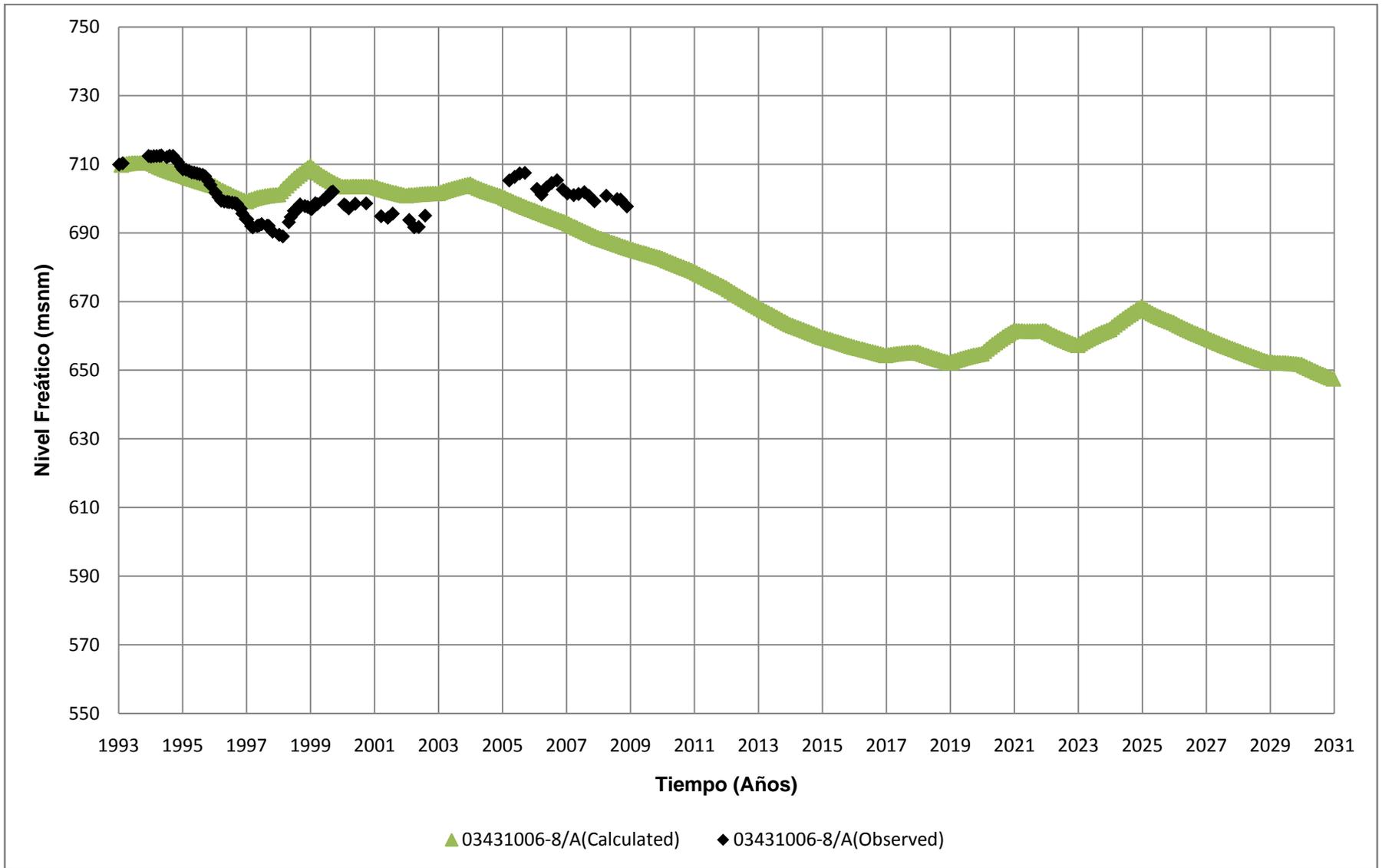


Figura F.2
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431006-8
 Fuente: Elaboración Propia

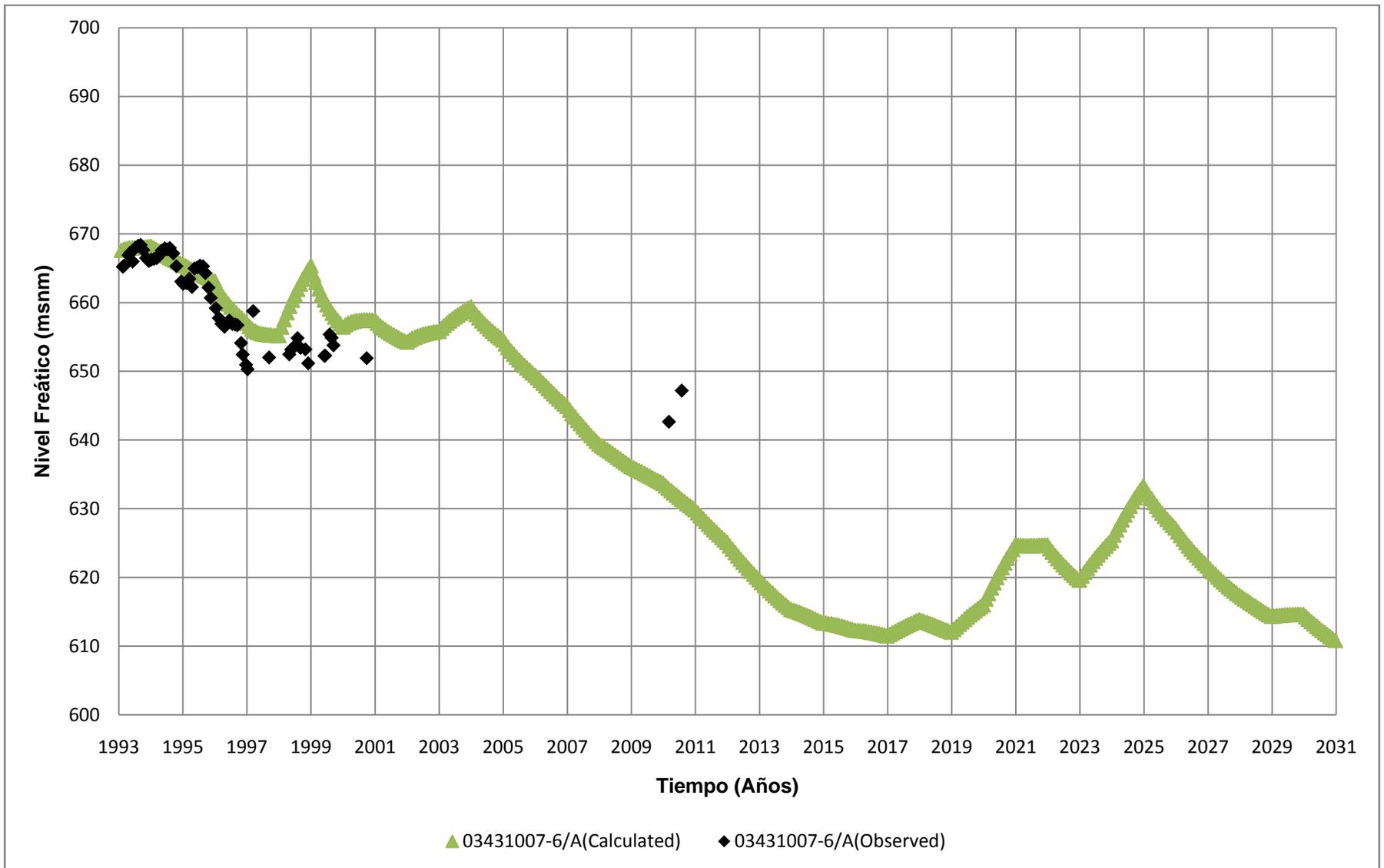


Figura F.3
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431007-6
 Fuente: Elaboración Propia

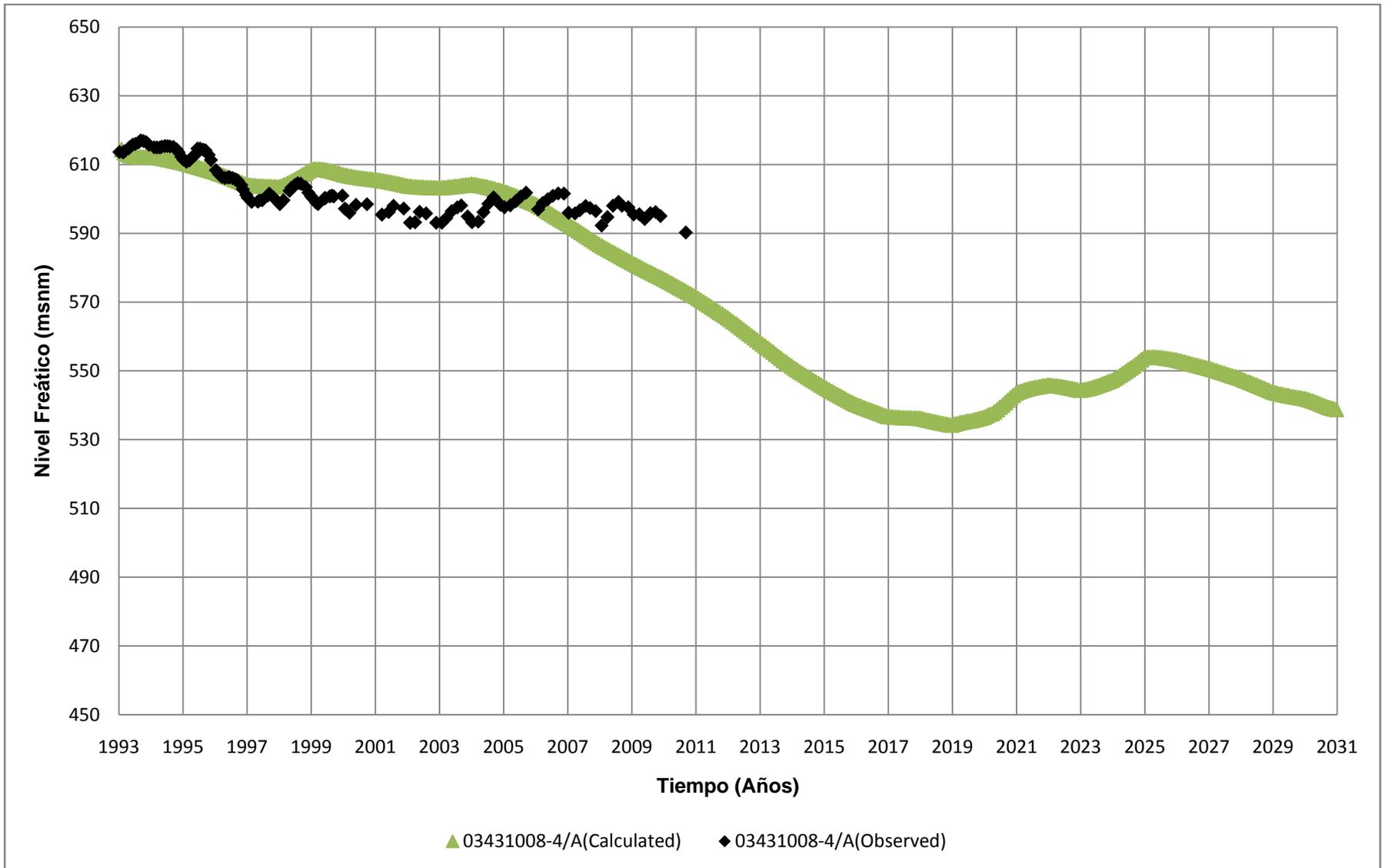


Figura F.4
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431008-4
 Fuente: Elaboración Propia

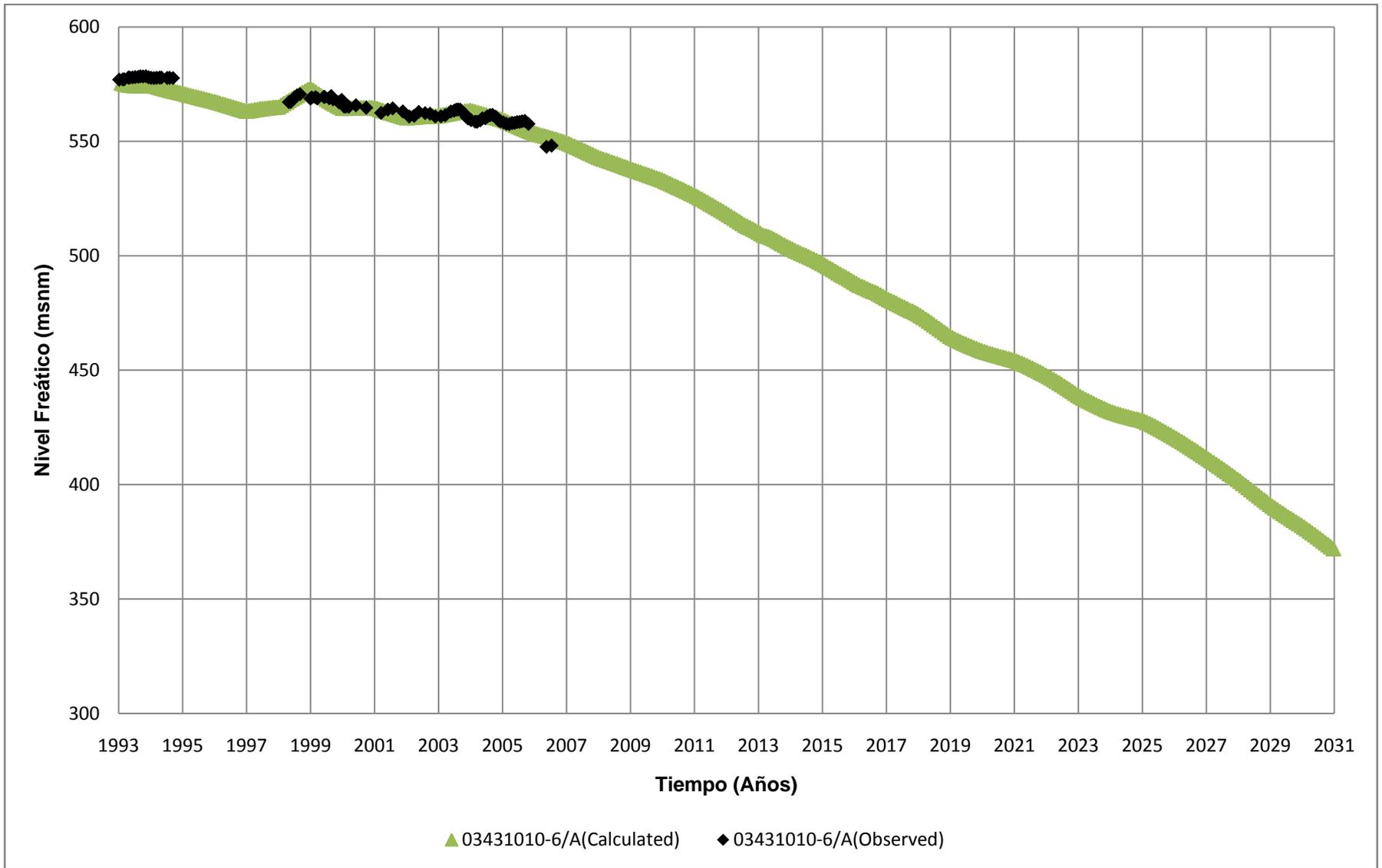


Figura F.5
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431010-6
 Fuente: Elaboración Propia

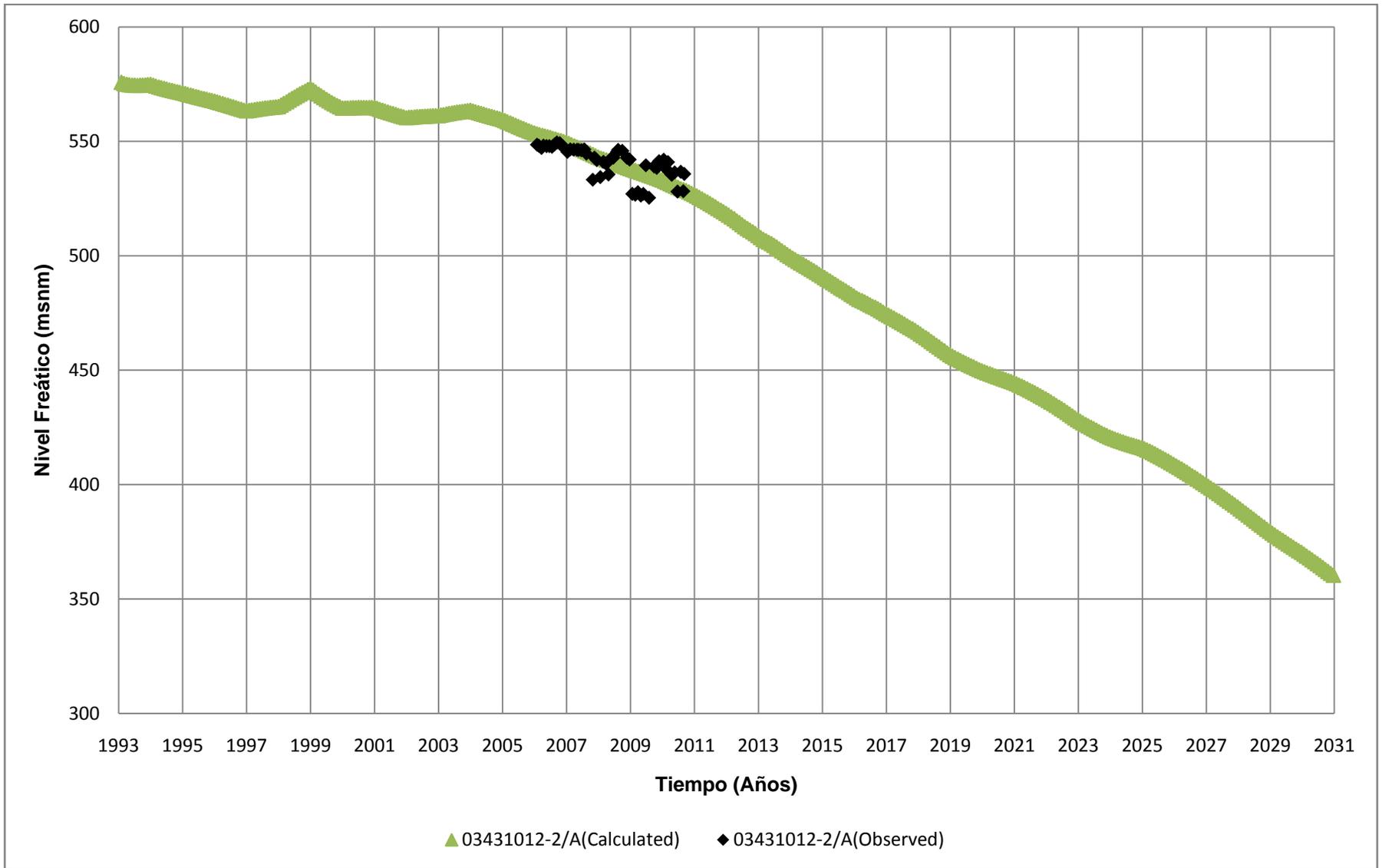


Figura F.6
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03431012-2
 Fuente: Elaboración Propia

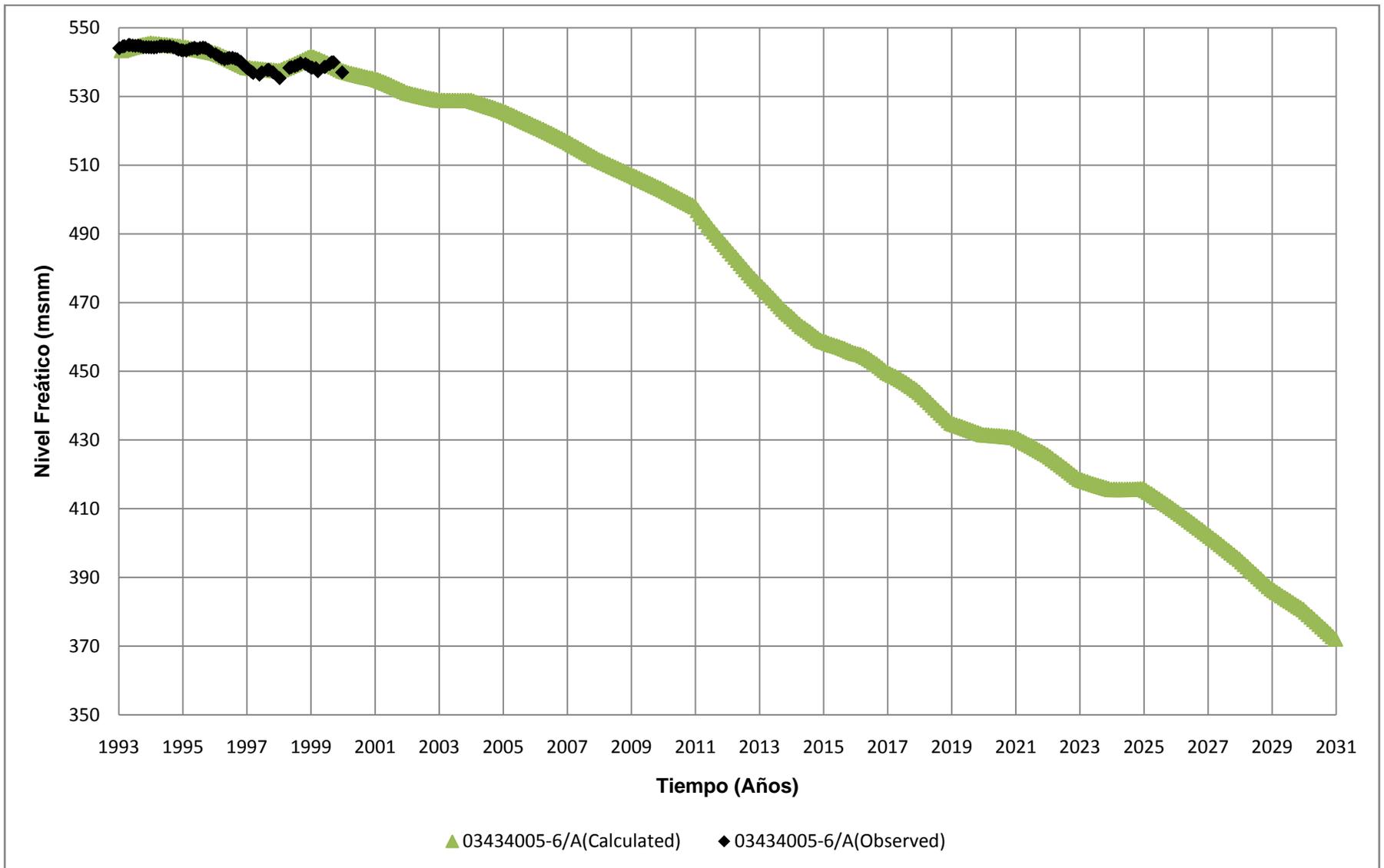


Figura F.7
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03434005-6
 Fuente: Elaboración Propia

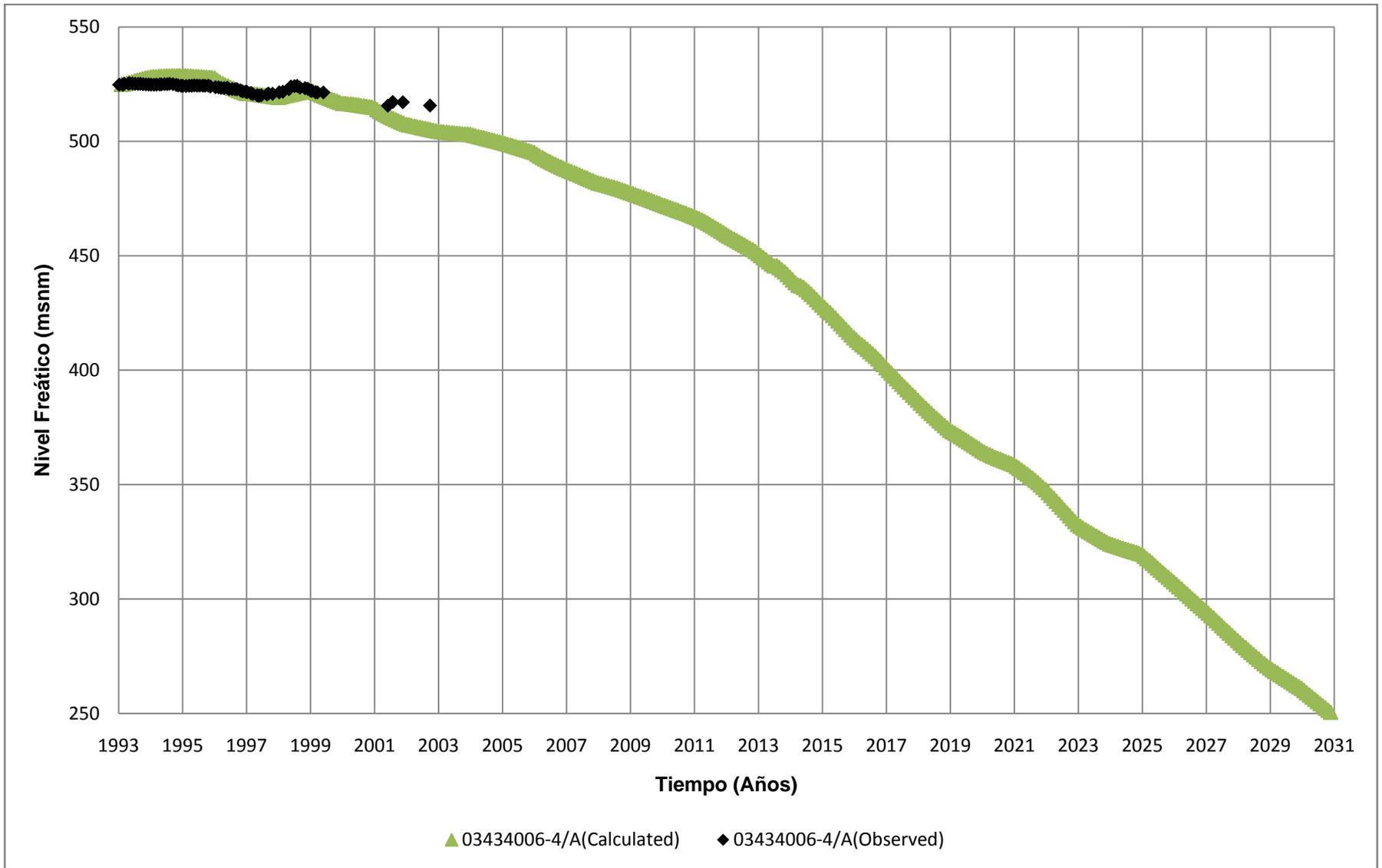


Figura F.8
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03434006-4
 Fuente: Elaboración Propia

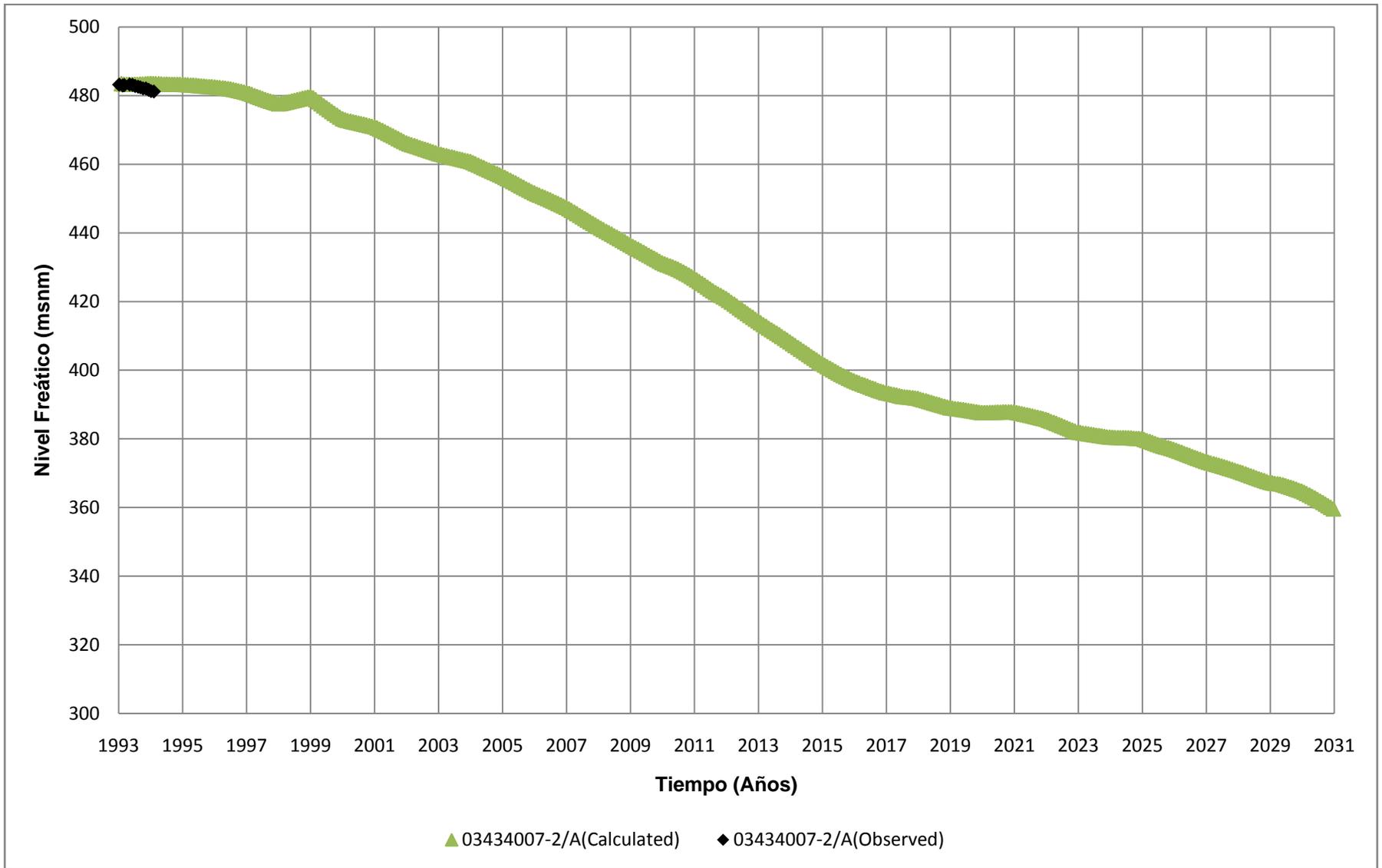


Figura F.9
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03434007-2
 Fuente: Elaboración Propia

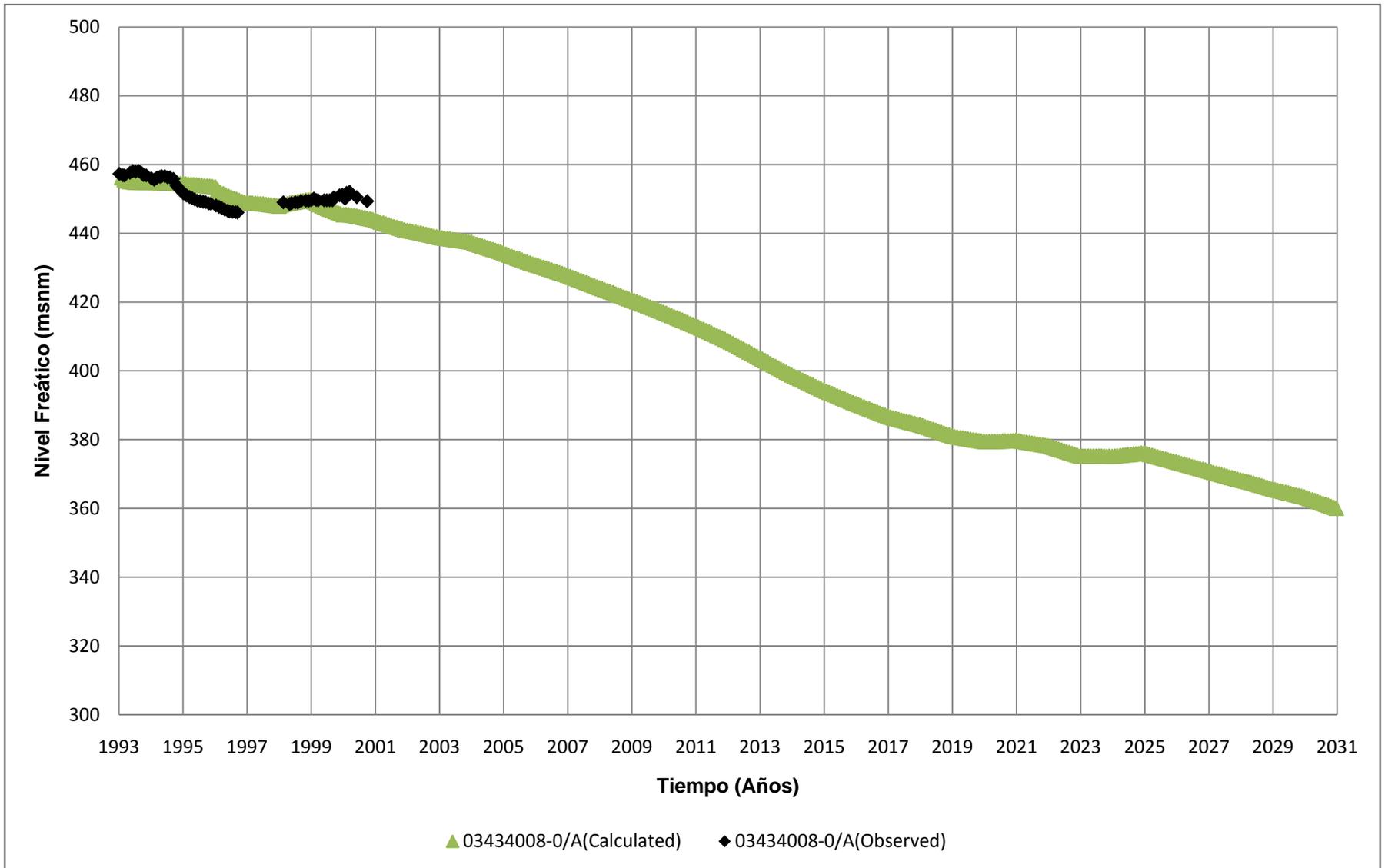


Figura F.10
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03434008-0
 Fuente: Elaboración Propia

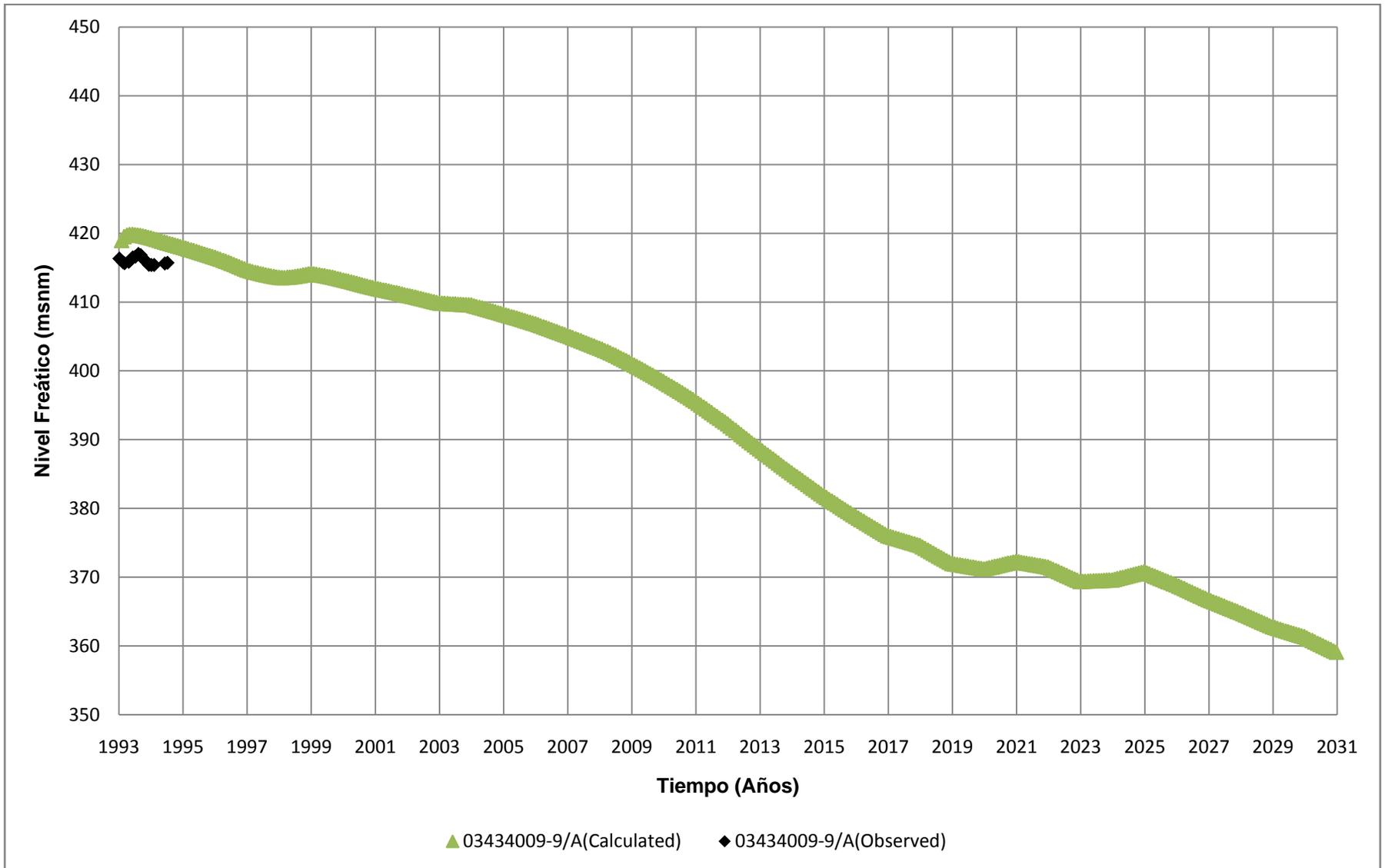


Figura F.11
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03434009-9
 Fuente: Elaboración Propia

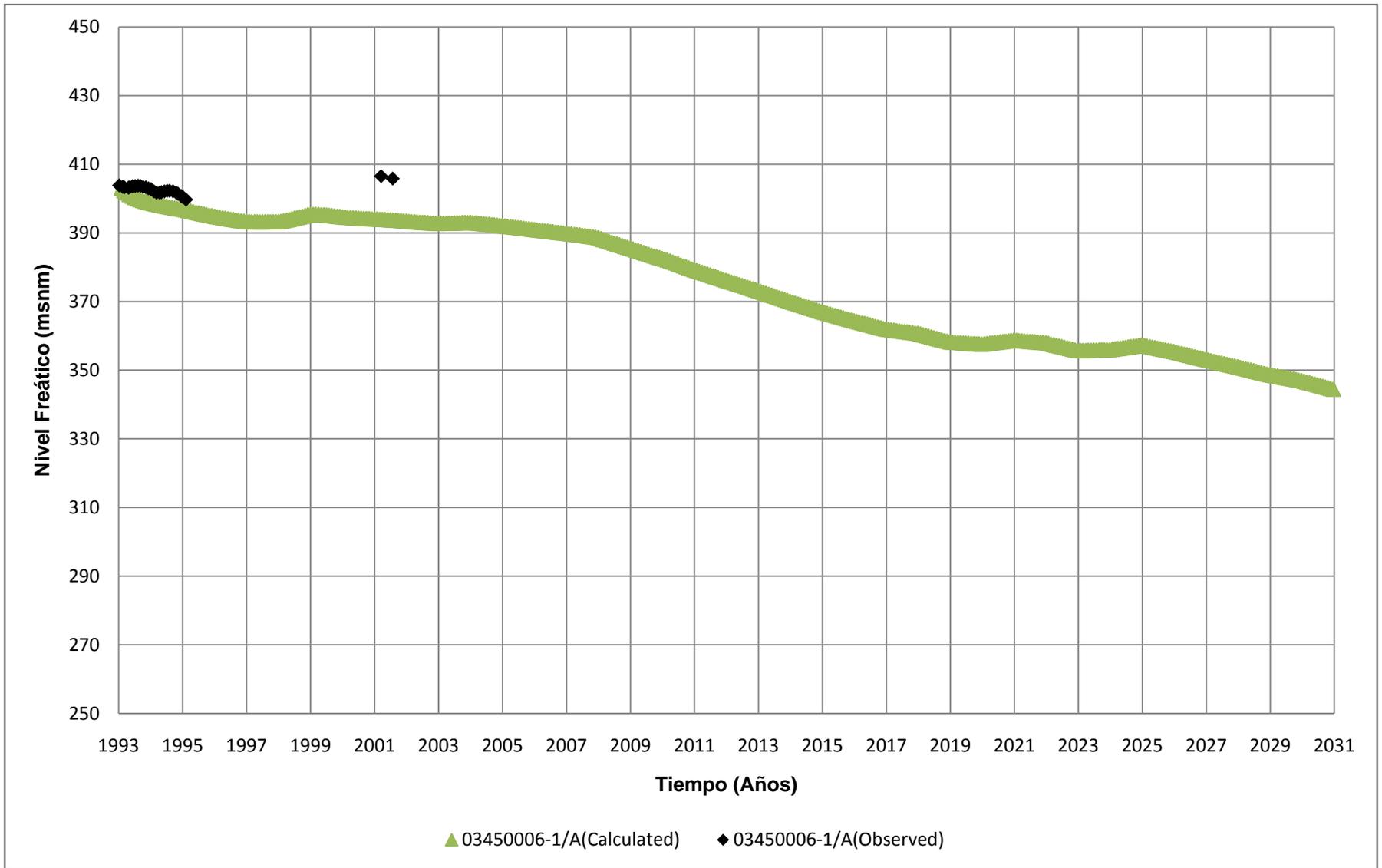


Figura F.12
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450006-1
 Fuente: Elaboración Propia

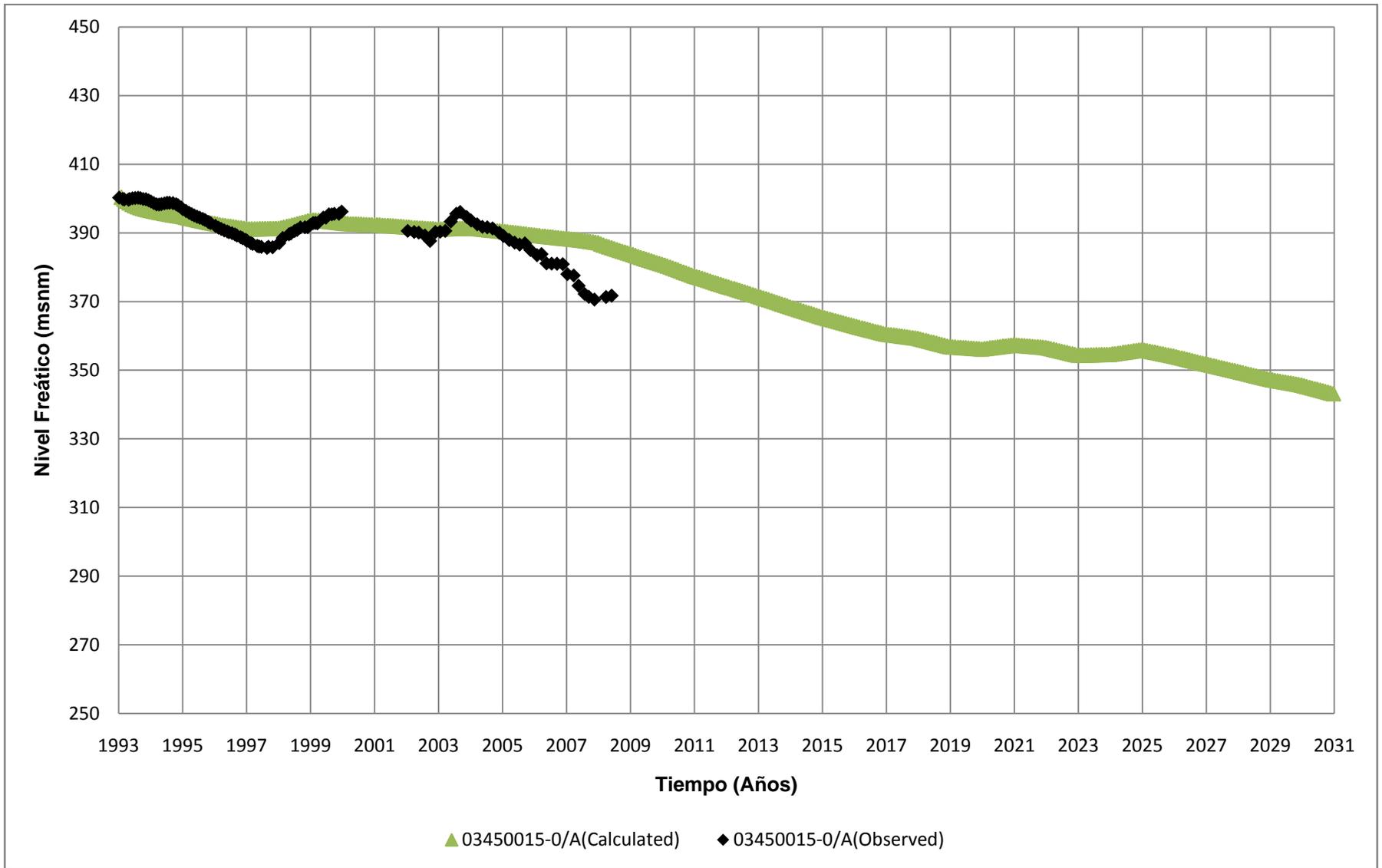


Figura F.13
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450015-0
 Fuente: Elaboración Propia

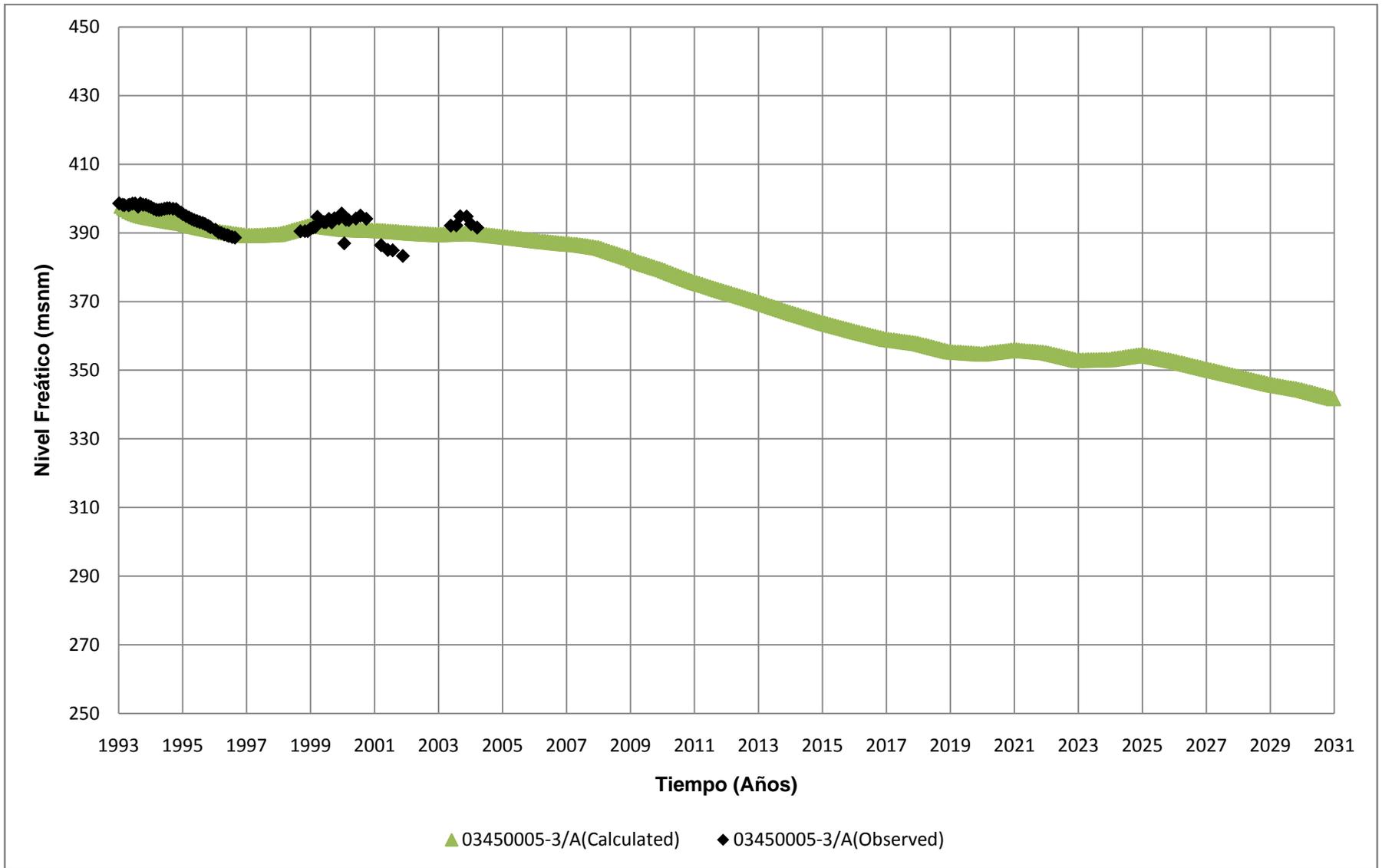


Figura F.14
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450005-3
 Fuente: Elaboración Propia

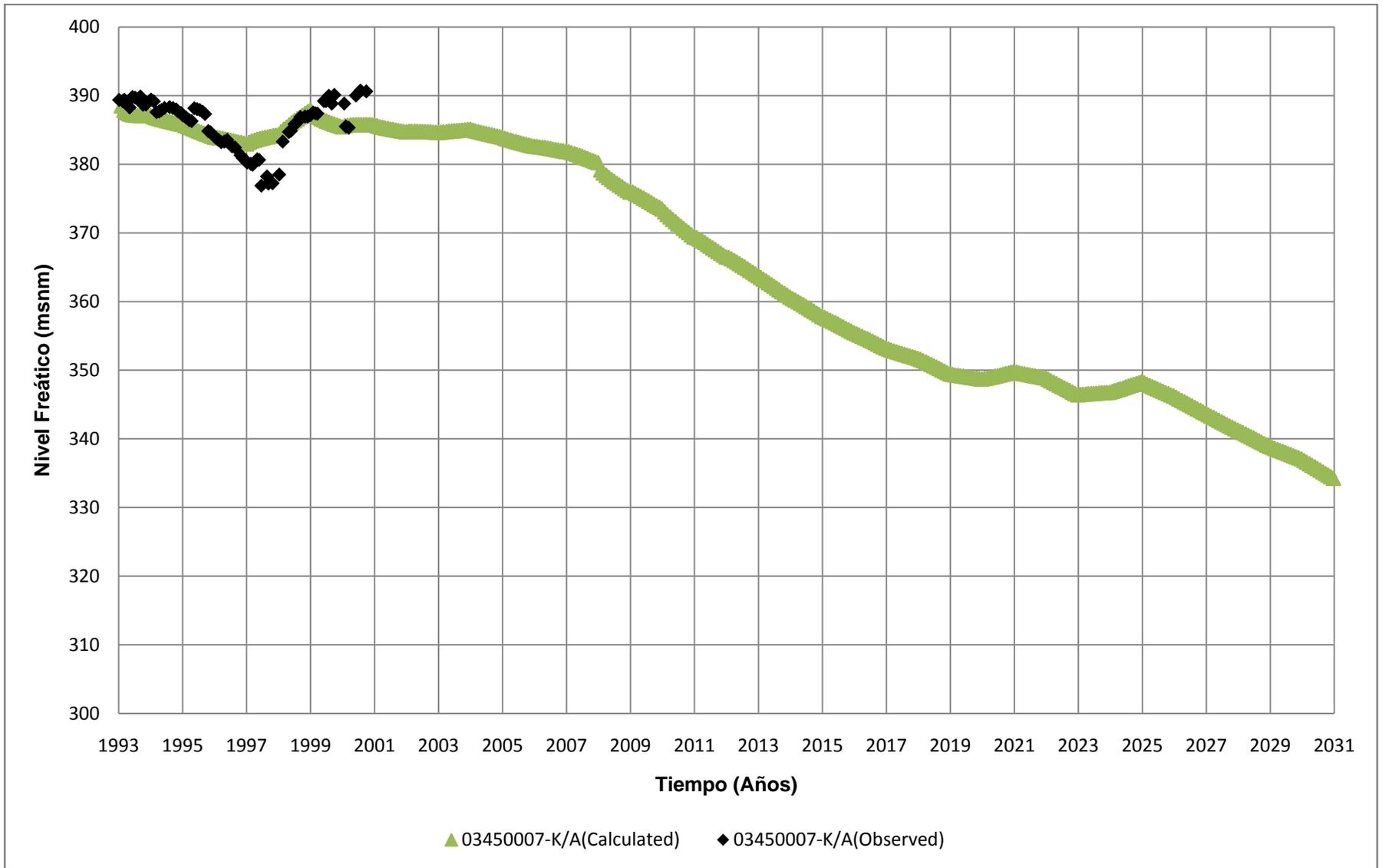


Figura F.15
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450007-K
 Fuente: Elaboración Propia

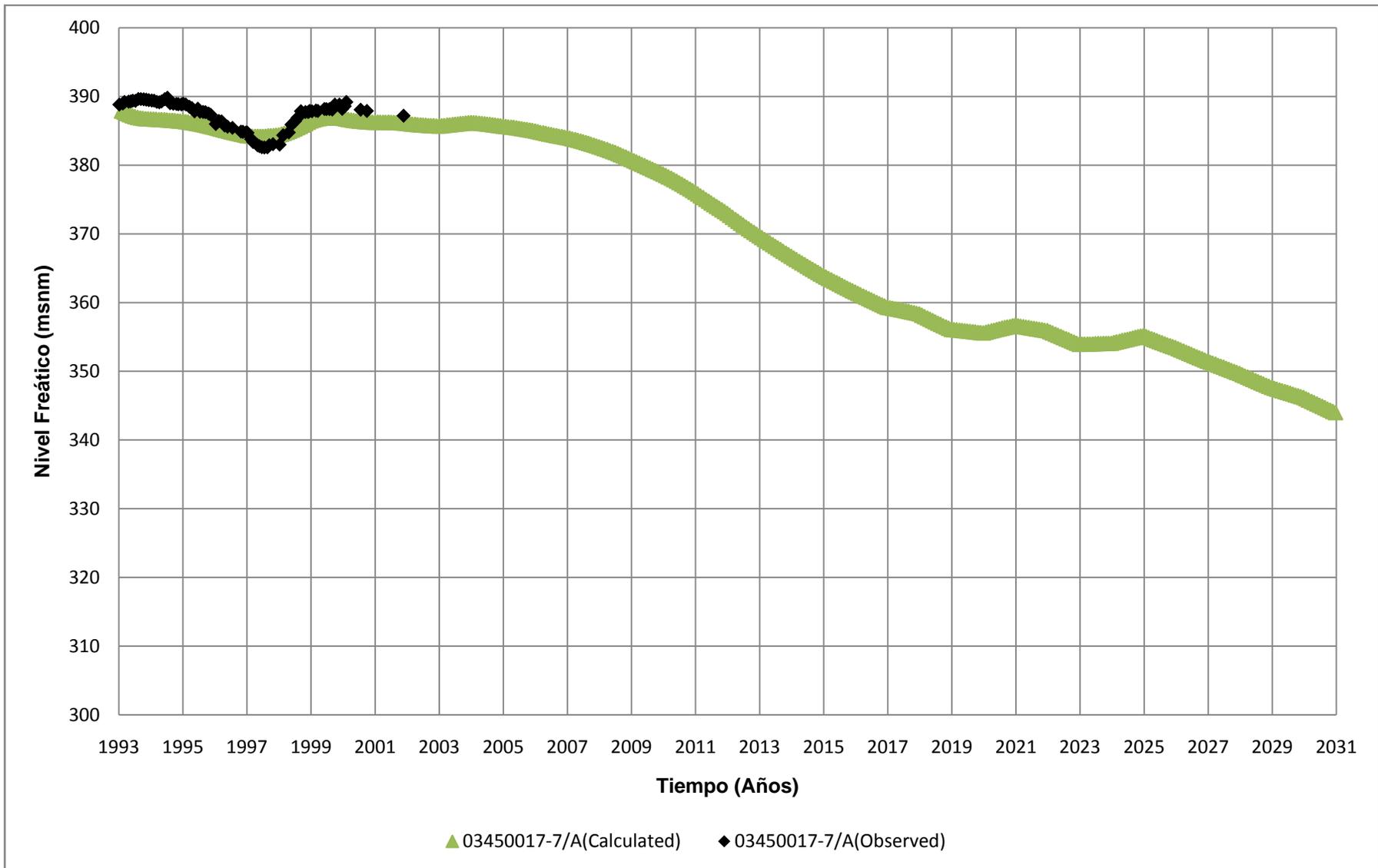


Figura F.16
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450017-7
 Fuente: Elaboración Propia

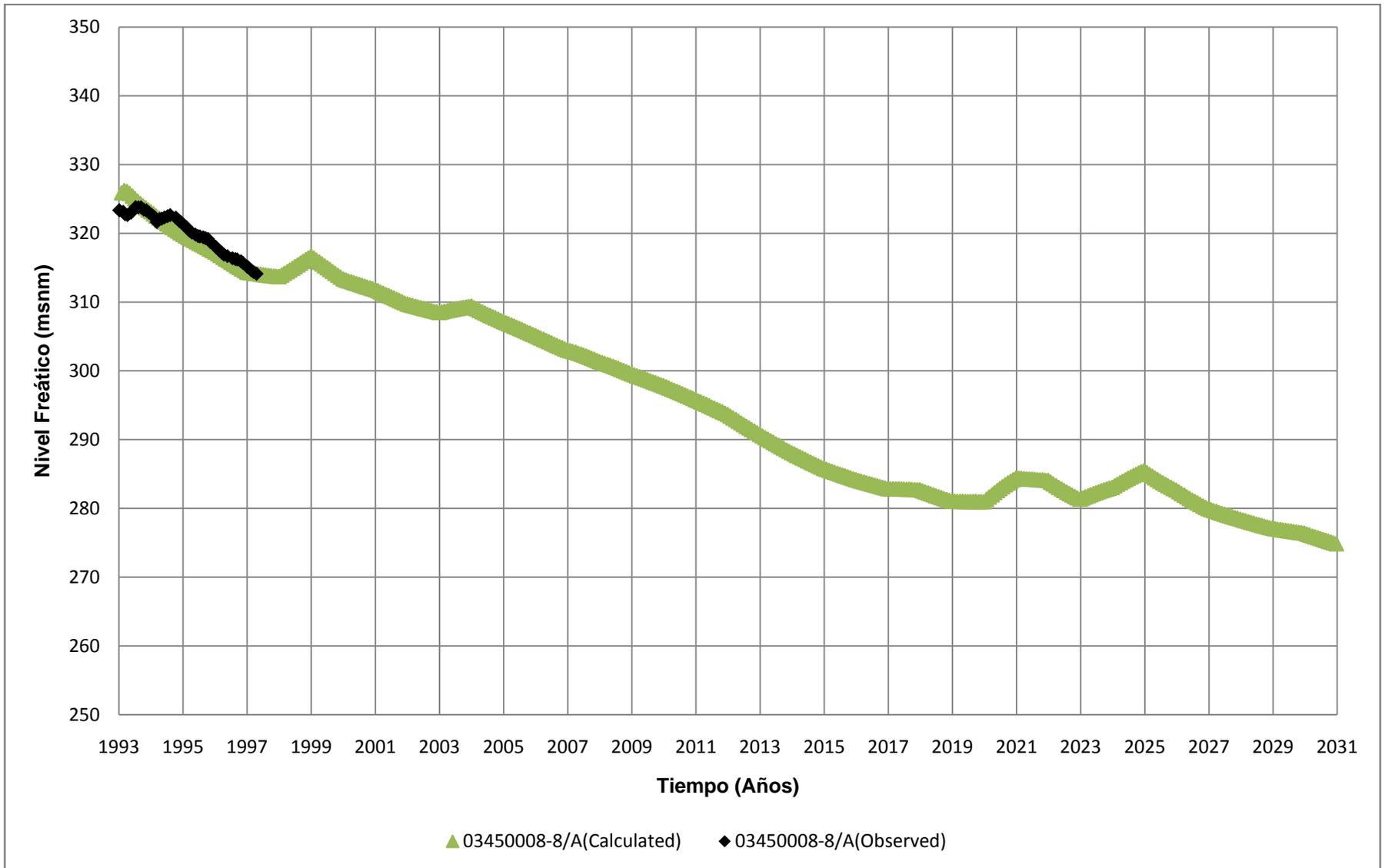


Figura F.17
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450008-8
 Fuente: Elaboración Propia

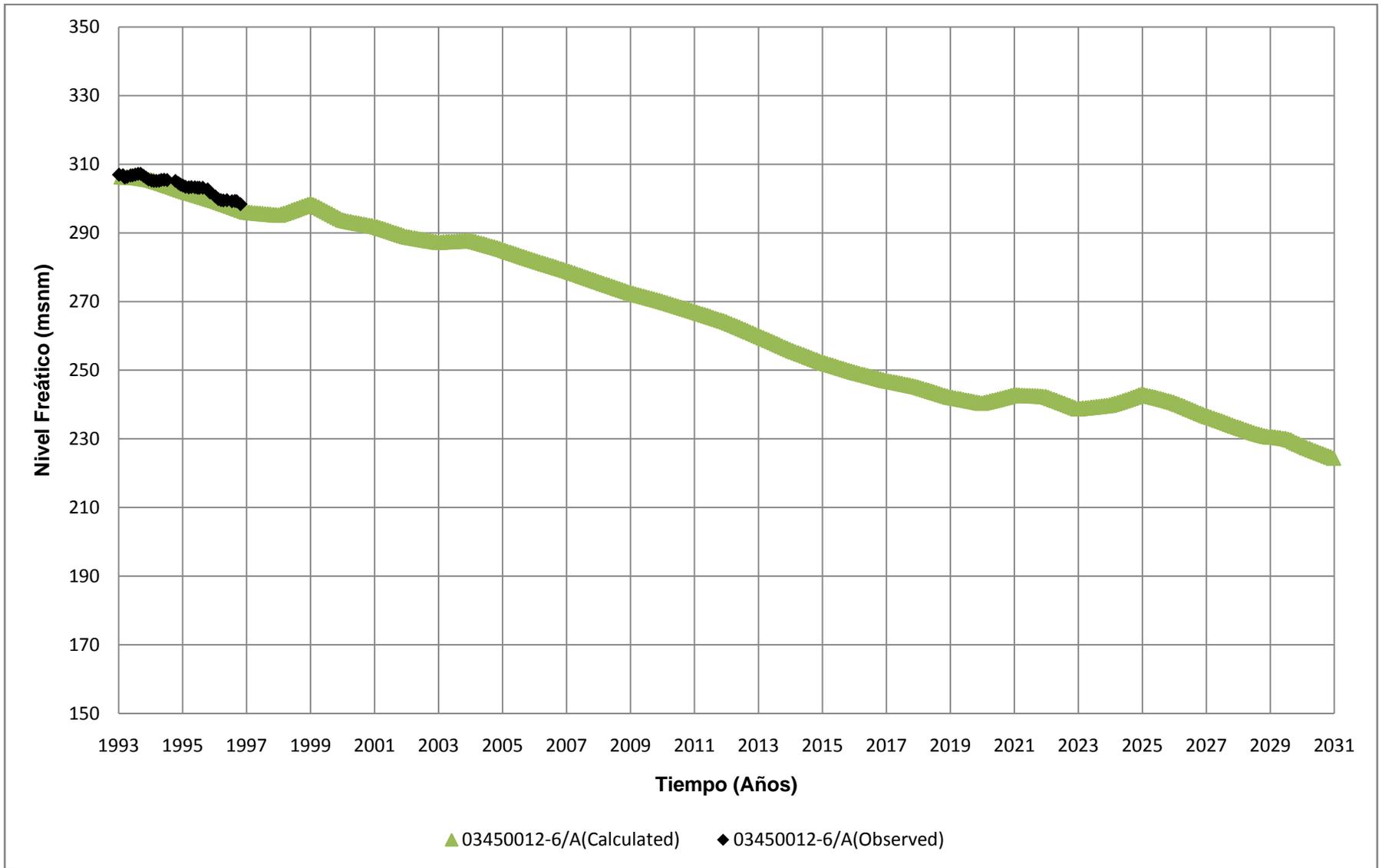


Figura F.18
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450012-6
 Fuente: Elaboración Propia

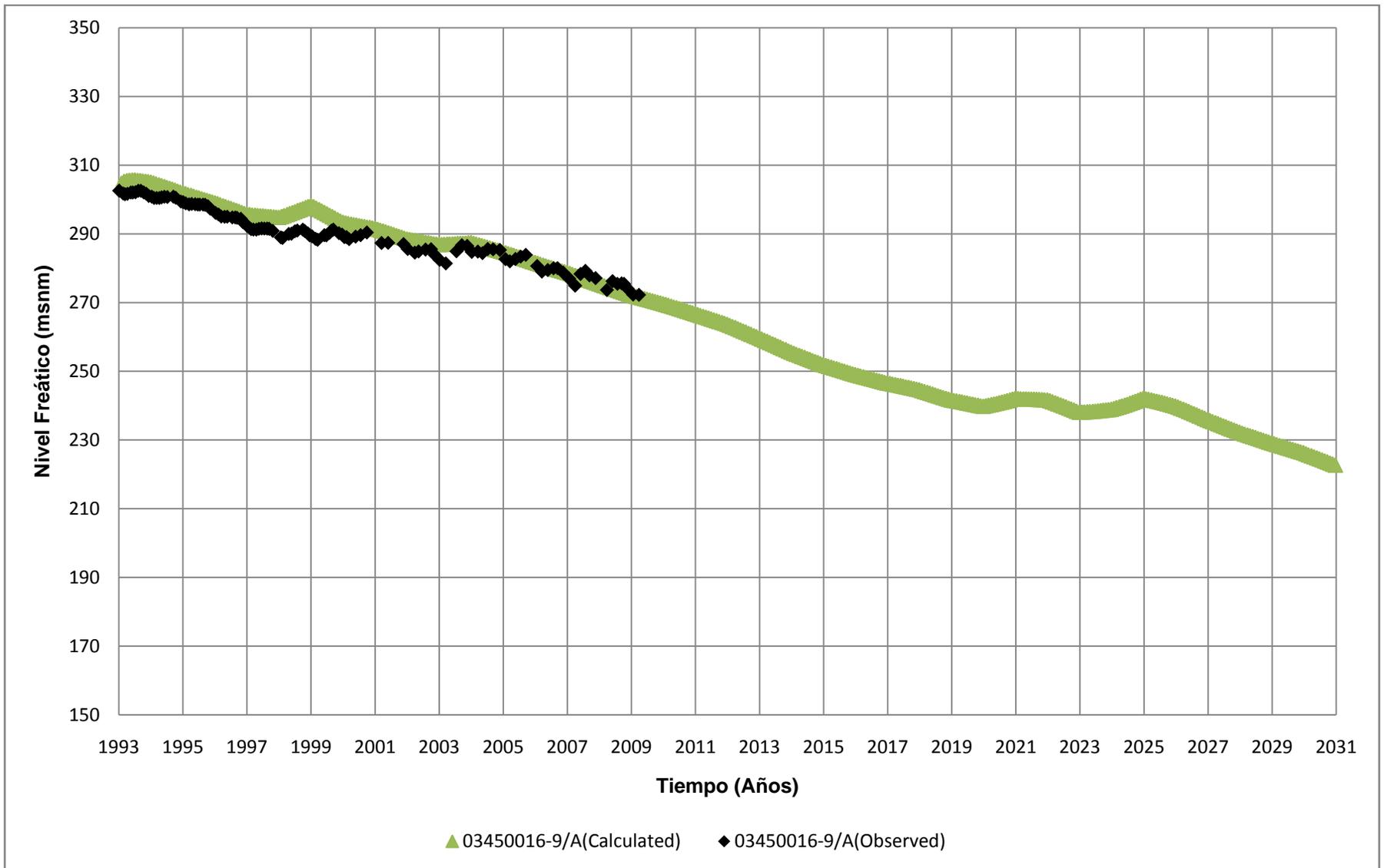


Figura F.19
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450016-9
 Fuente: Elaboración Propia

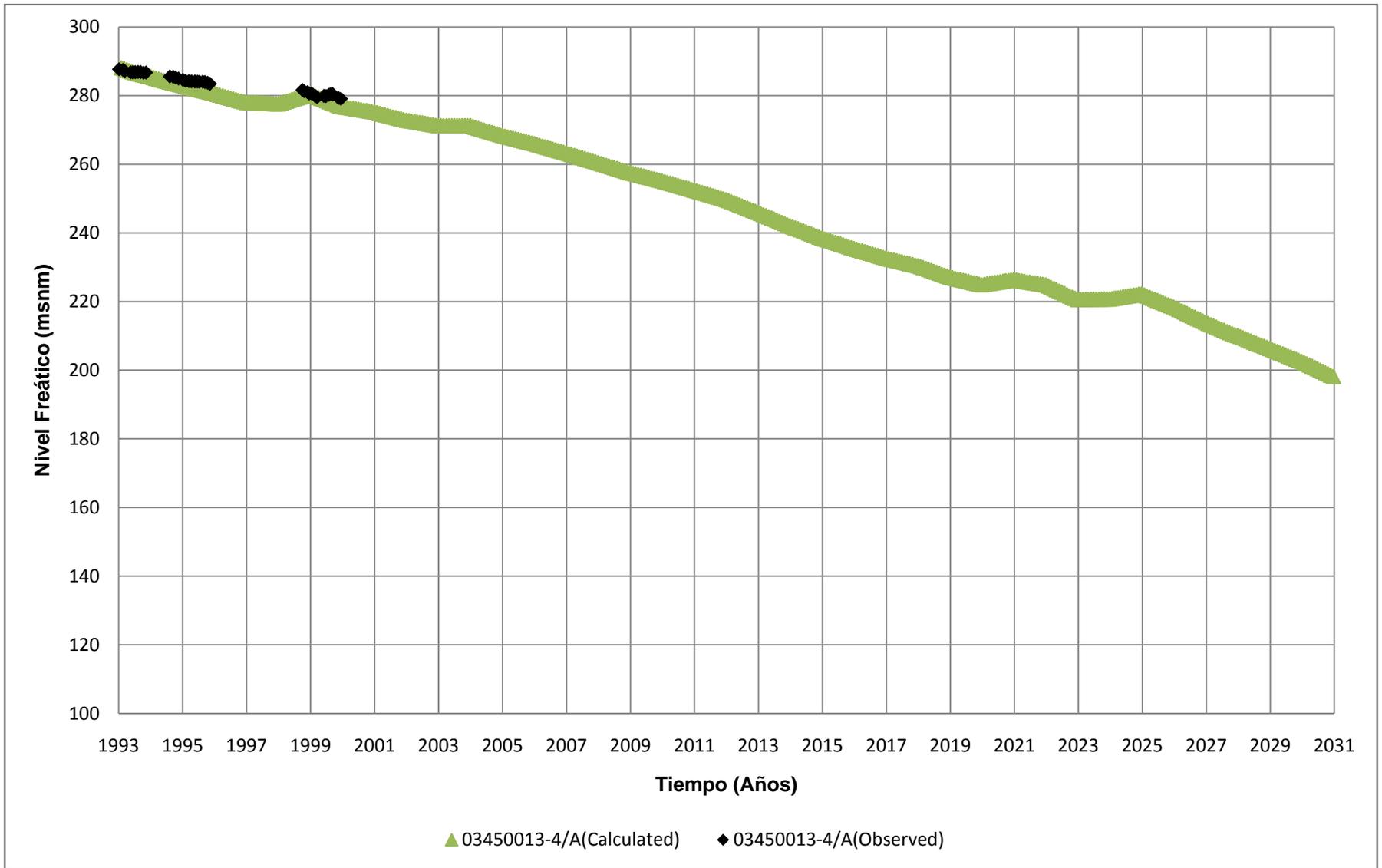


Figura F.20
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03450013-4
 Fuente: Elaboración Propia

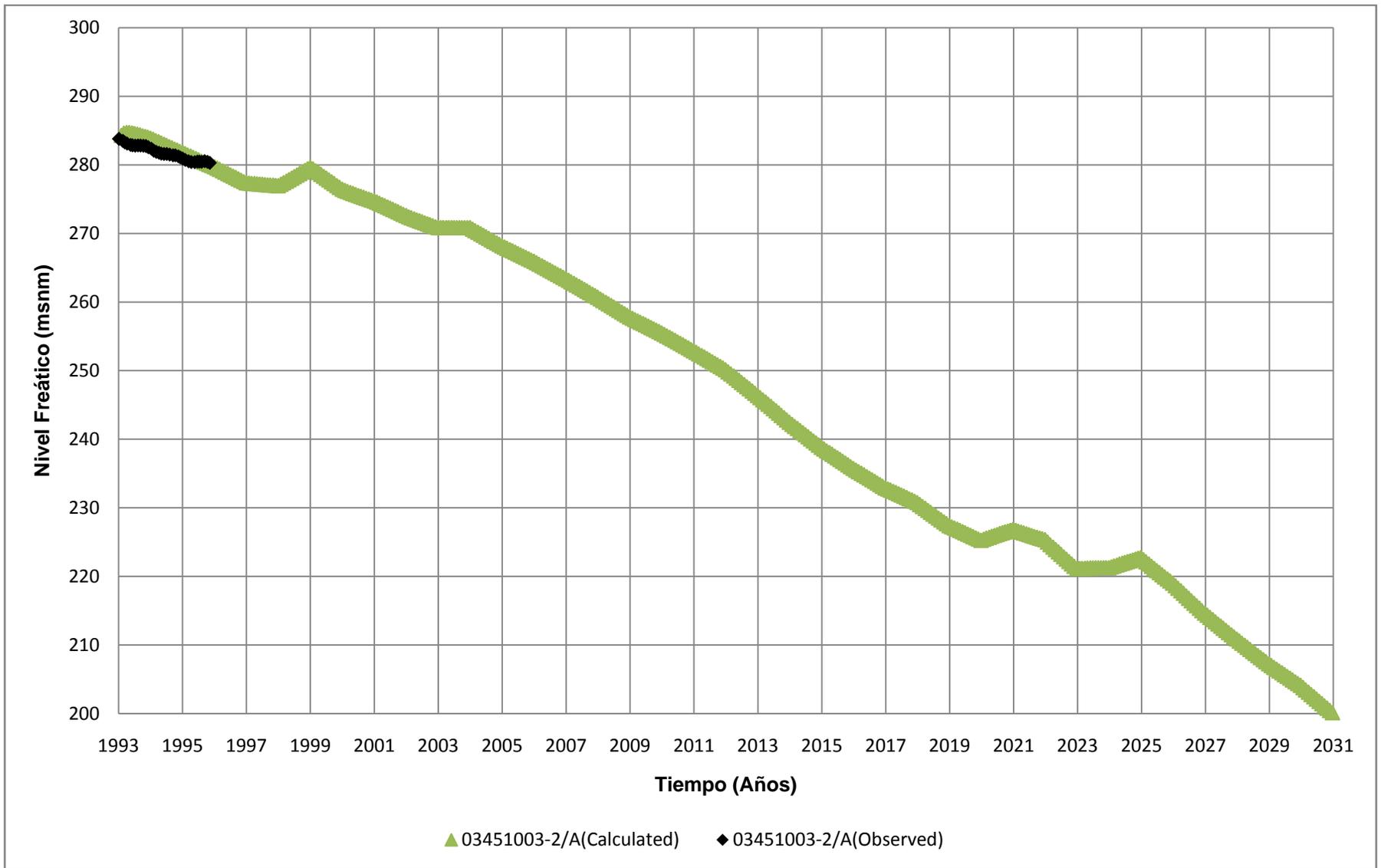


Figura F.21
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451003-2
 Fuente: Elaboración Propia

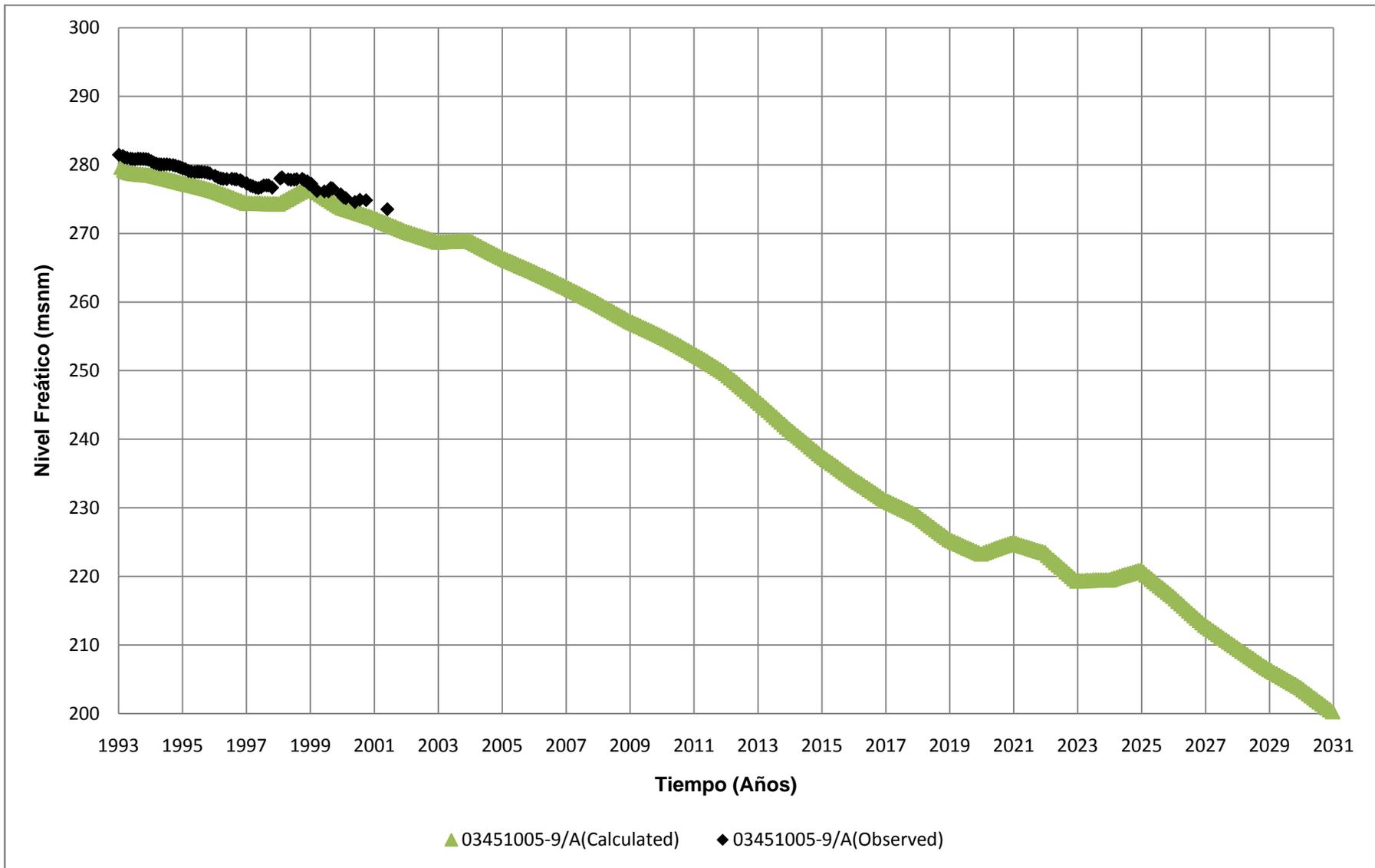


Figura F.22
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451005-9
 Fuente: Elaboración Propia

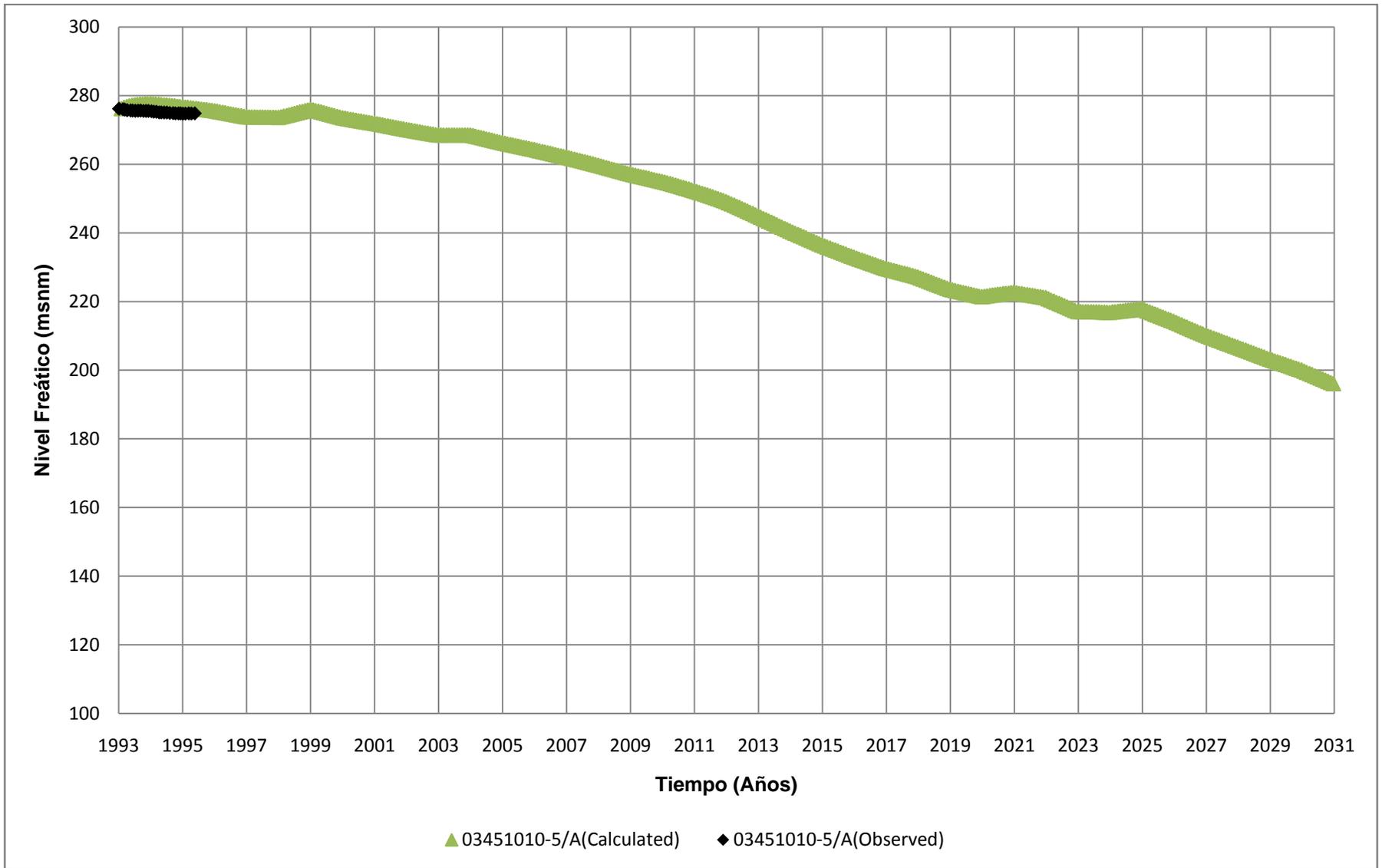


Figura F.23
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451010-5
 Fuente: Elaboración Propia

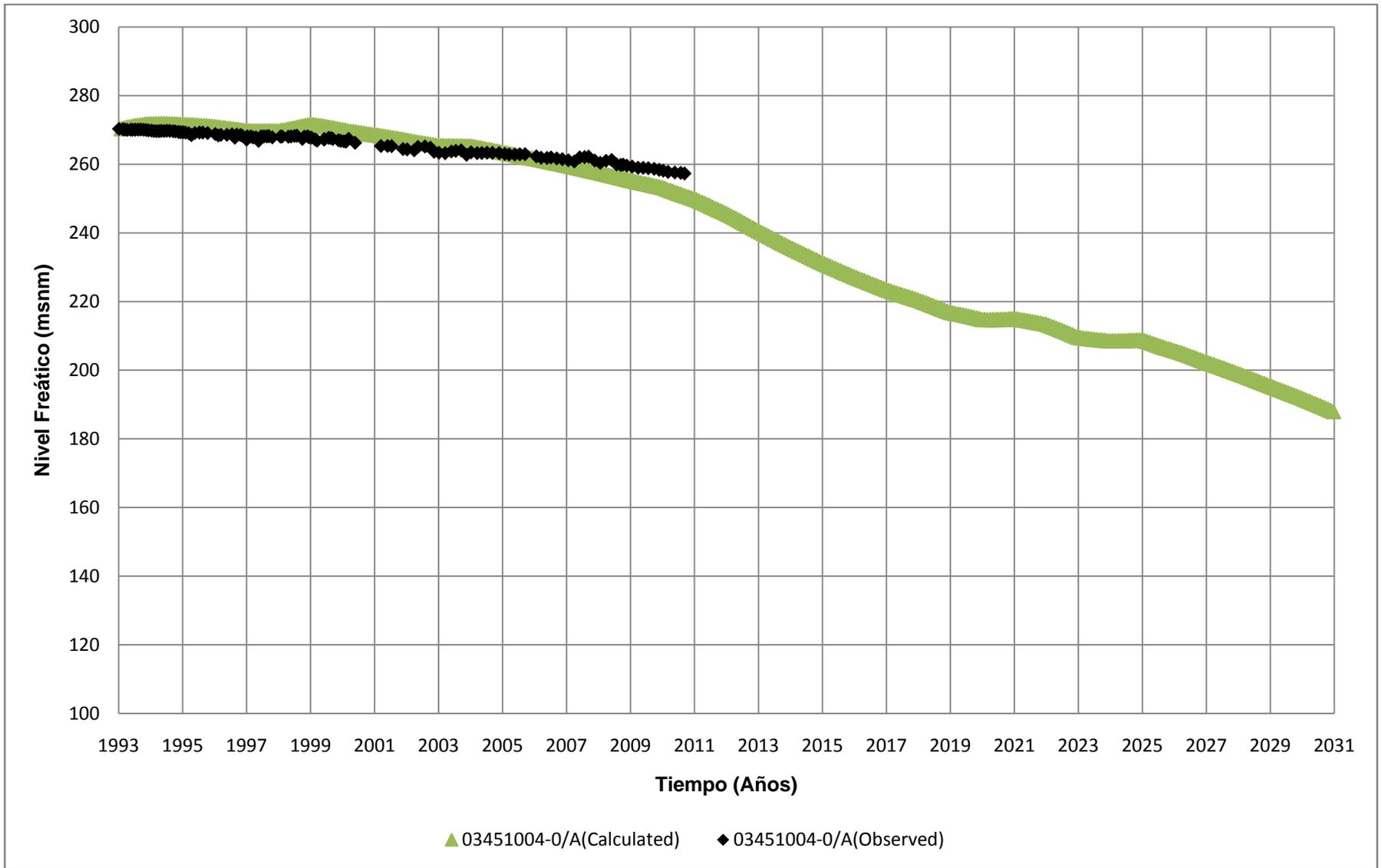


Figura F.24
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451004-0
 Fuente: Elaboración Propia

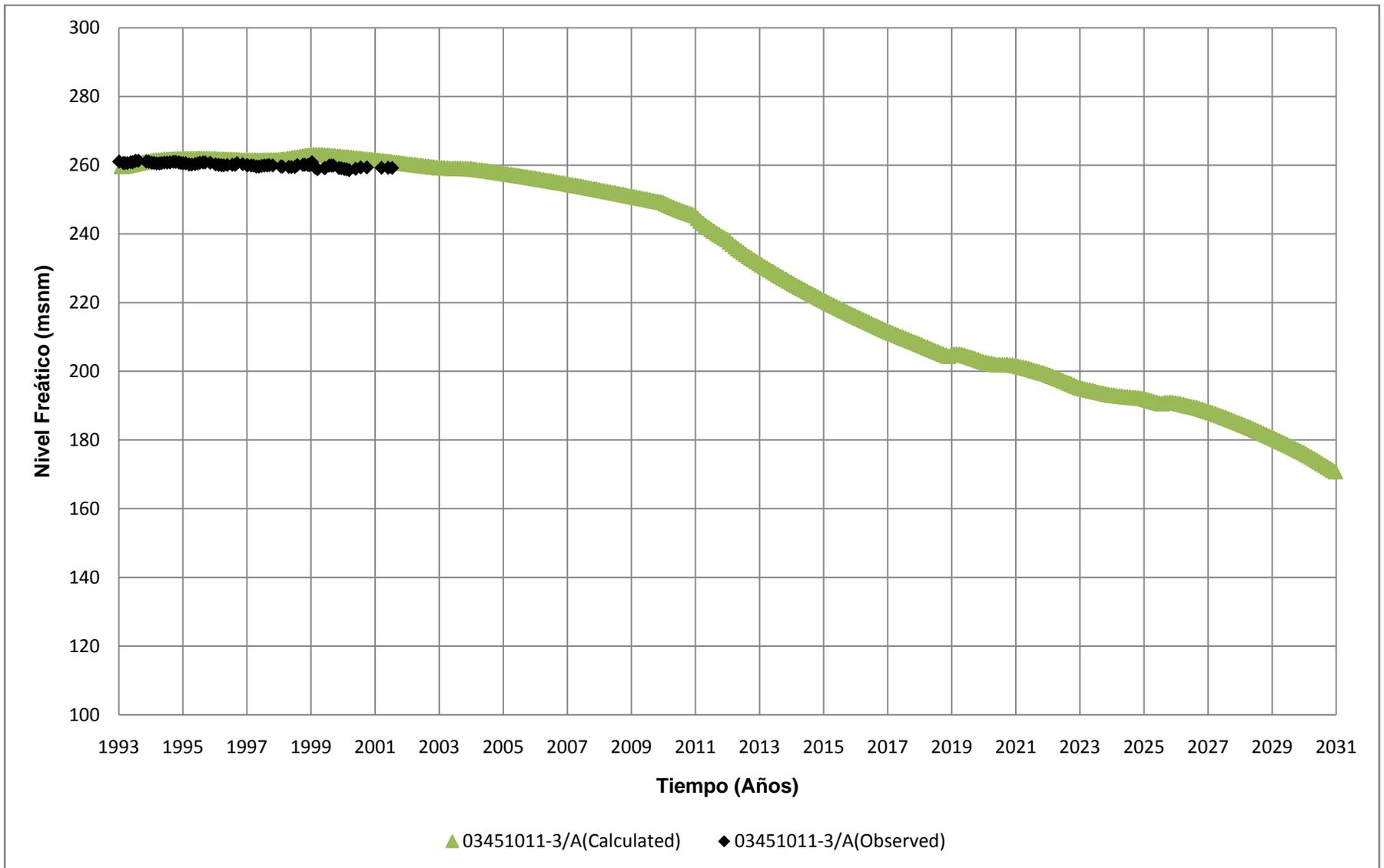


Figura F.25
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451011-3
 Fuente: Elaboración Propia

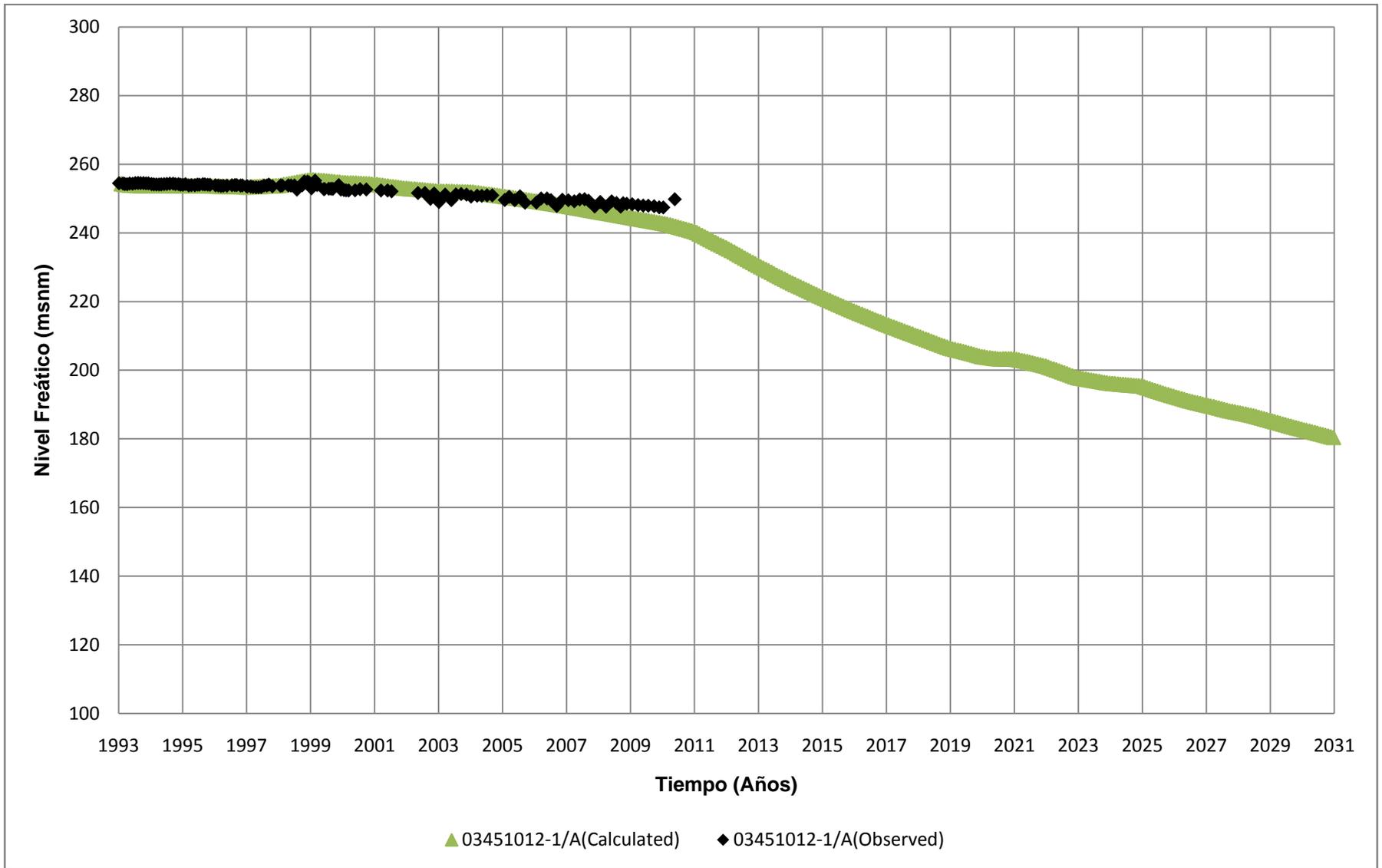


Figura F.26
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451012-1
 Fuente: Elaboración Propia

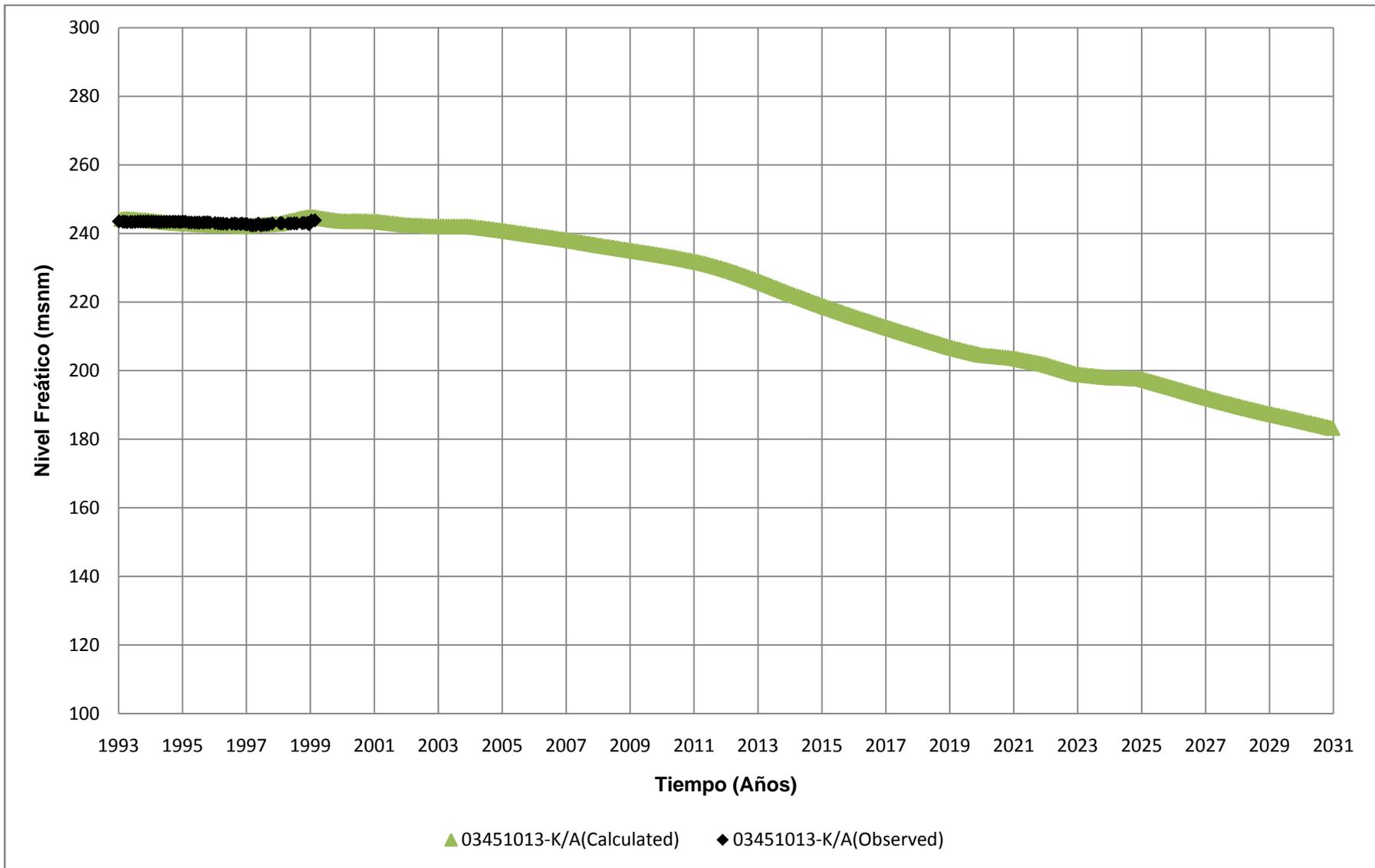


Figura F.27
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451013-K
 Fuente: Elaboración Propia

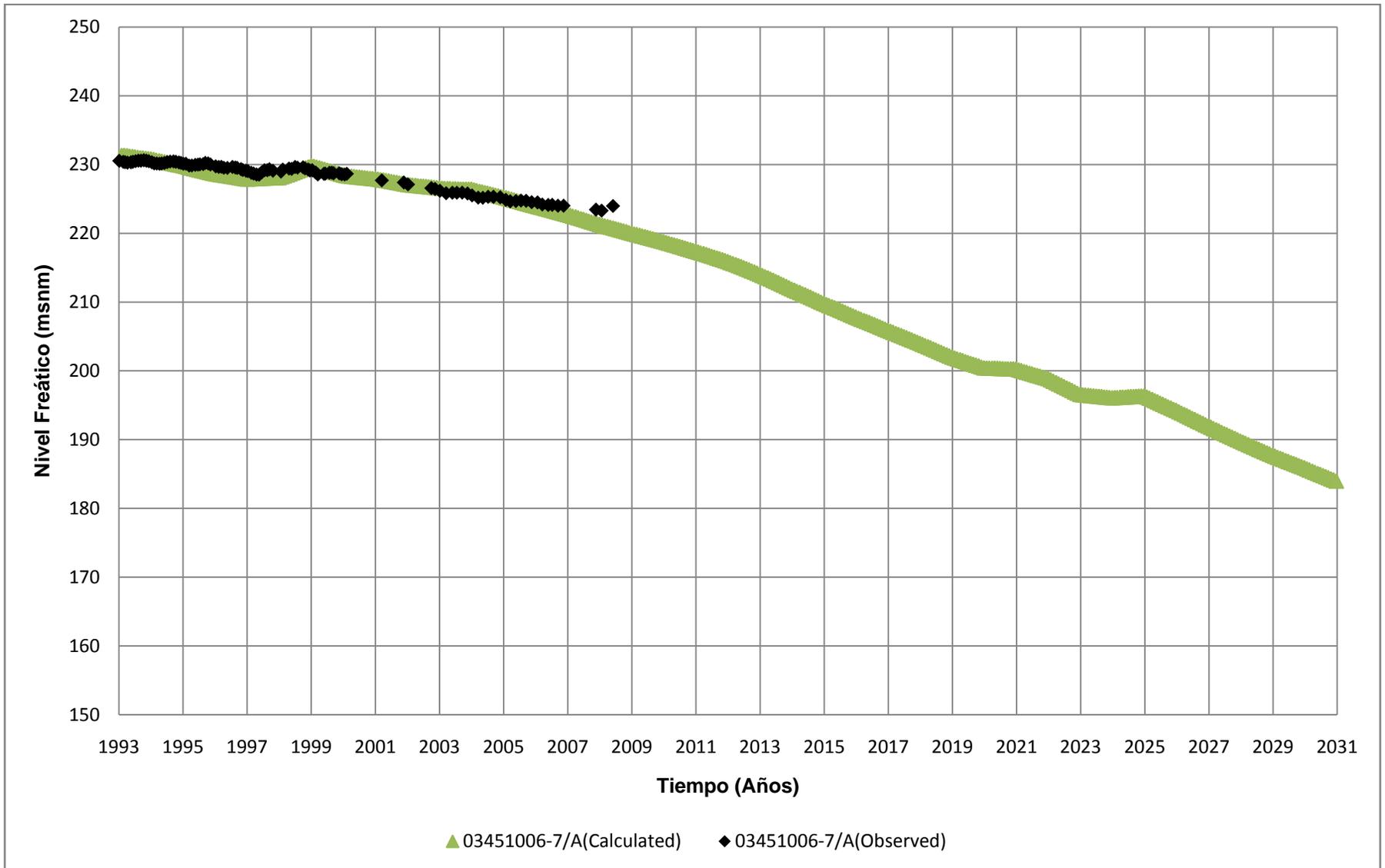


Figura F.28
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451006-7
 Fuente: Elaboración Propia

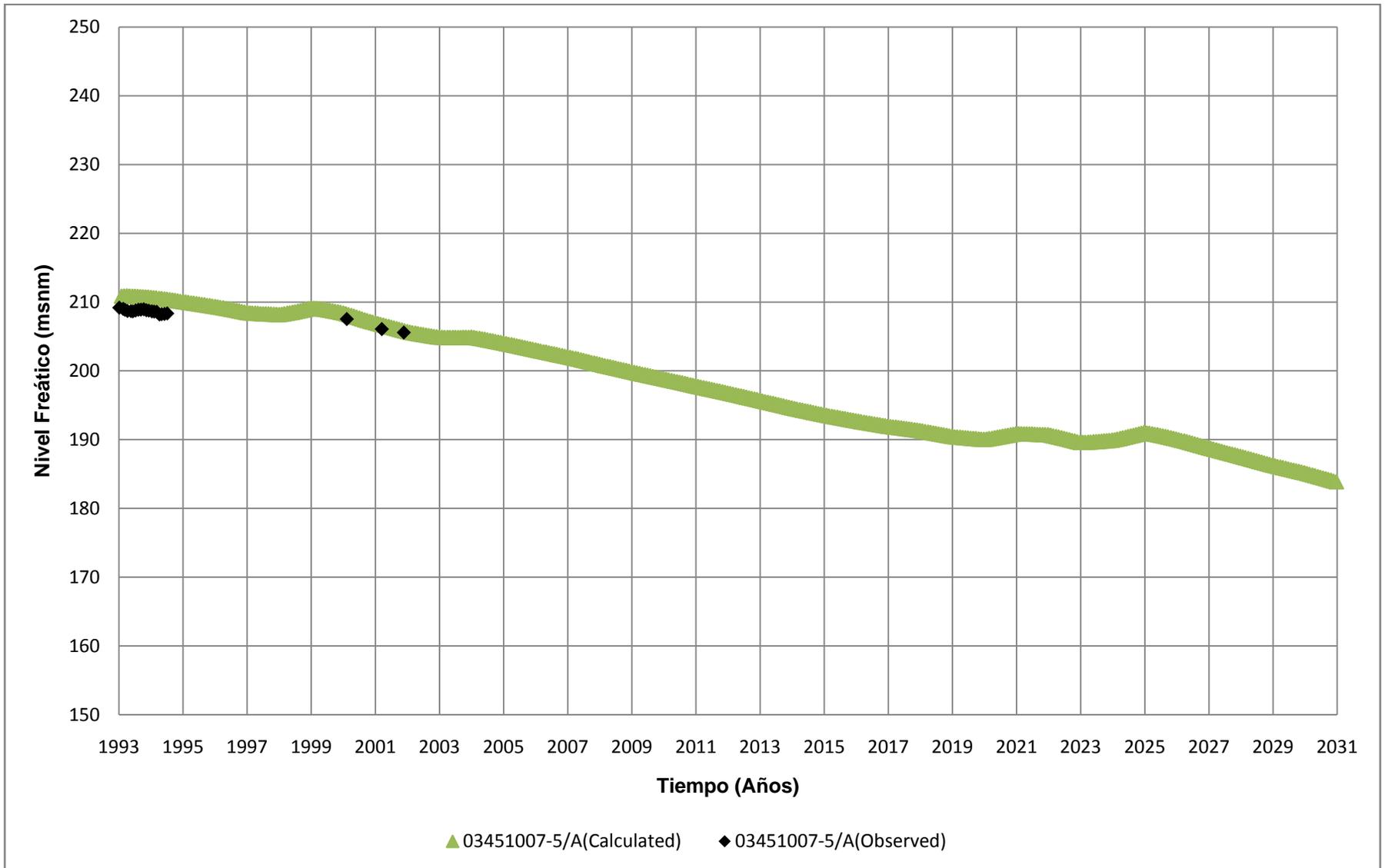


Figura F.29
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451007-5
 Fuente: Elaboración Propia

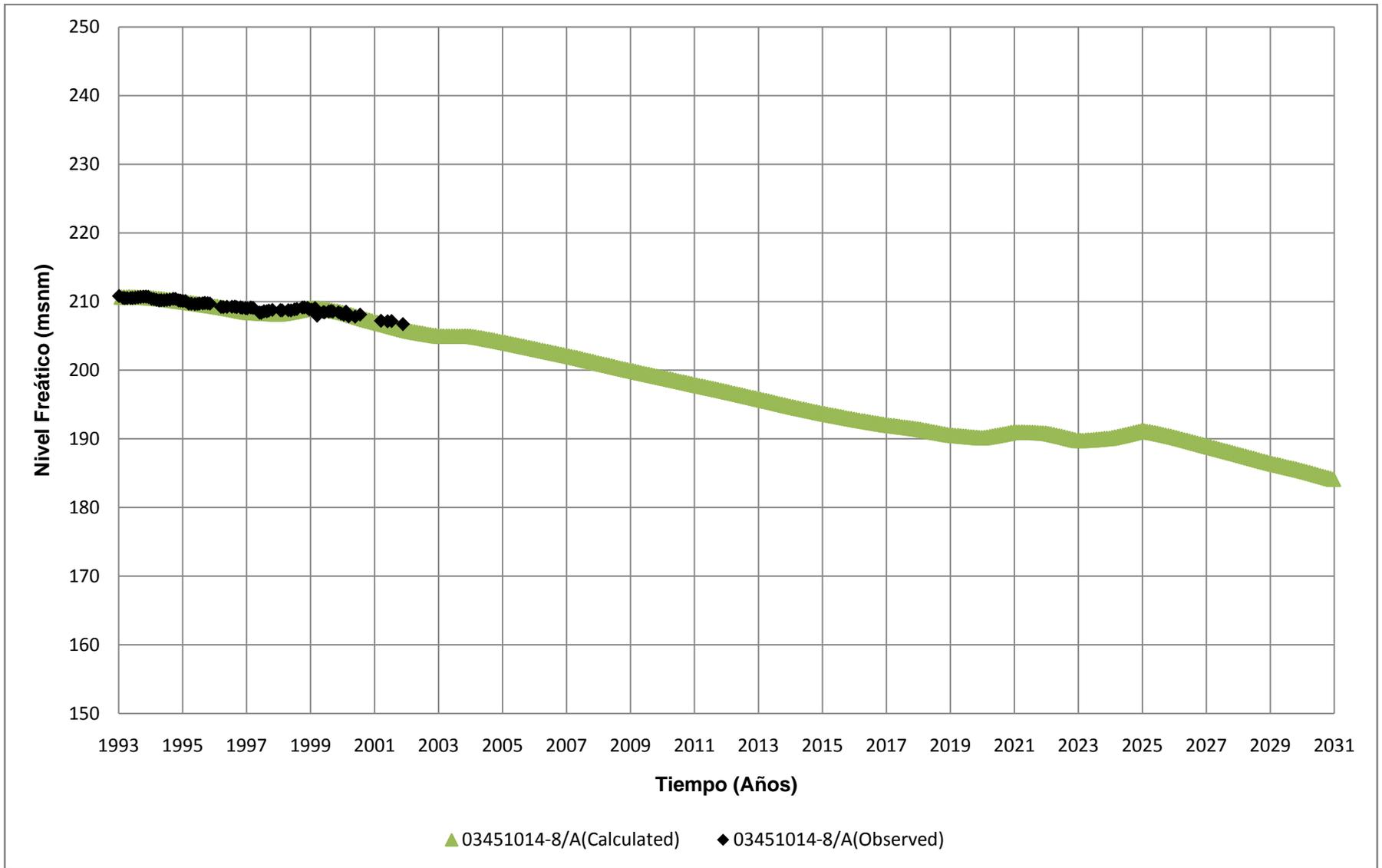


Figura F.30
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451014-8
 Fuente: Elaboración Propia

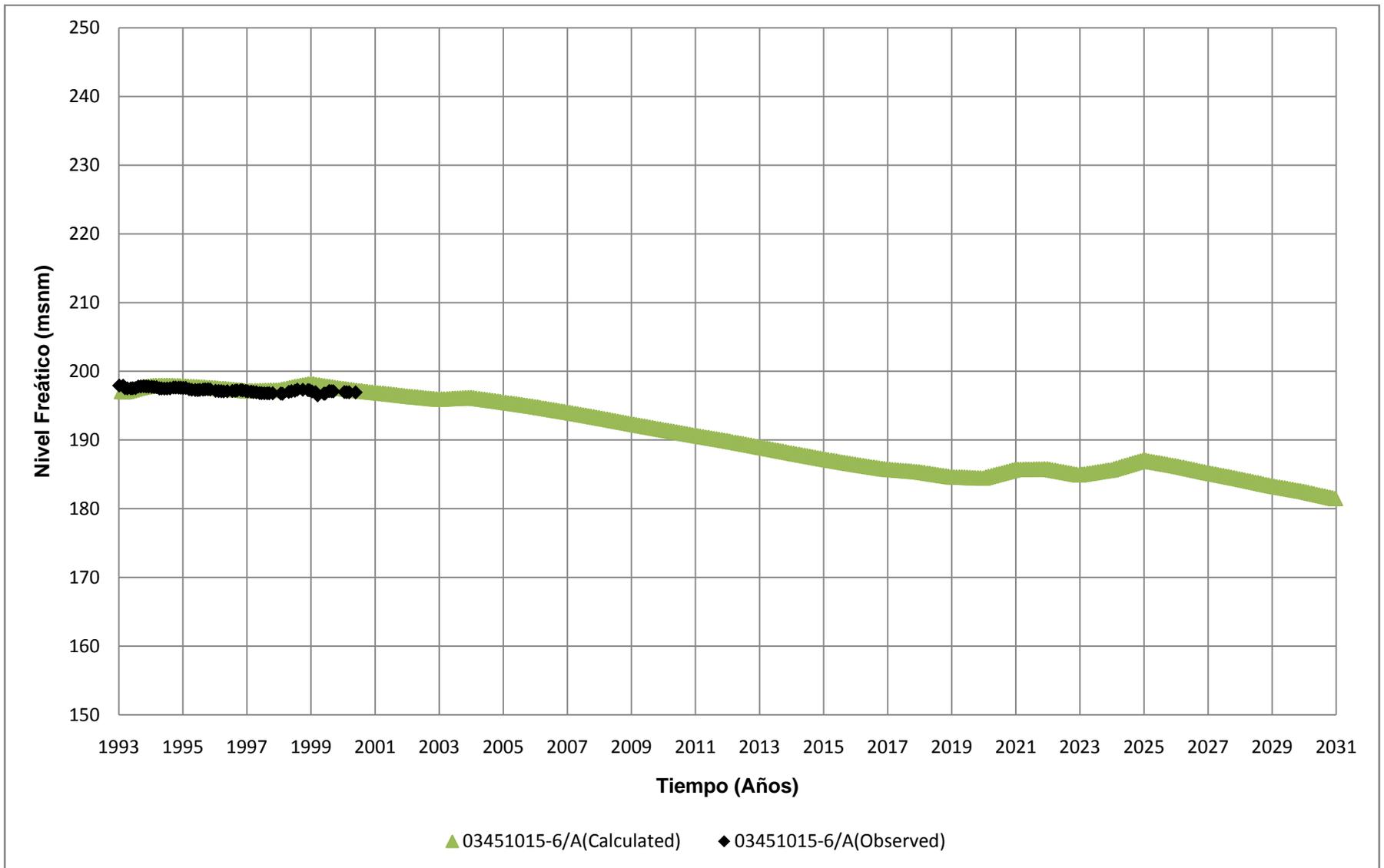


Figura F.31
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451015-6
 Fuente: Elaboración Propia

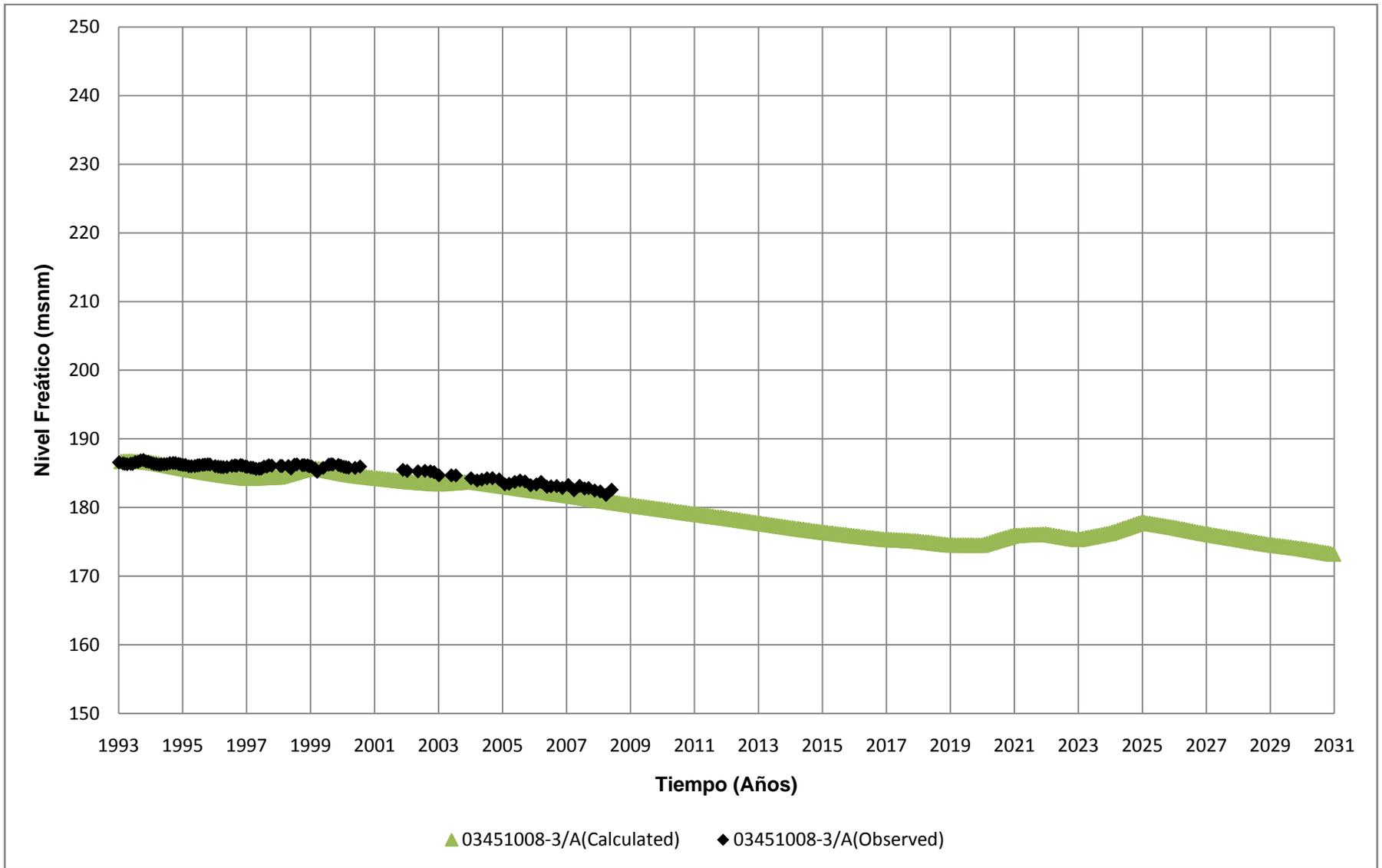


Figura F.32
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451008-3
 Fuente: Elaboración Propia

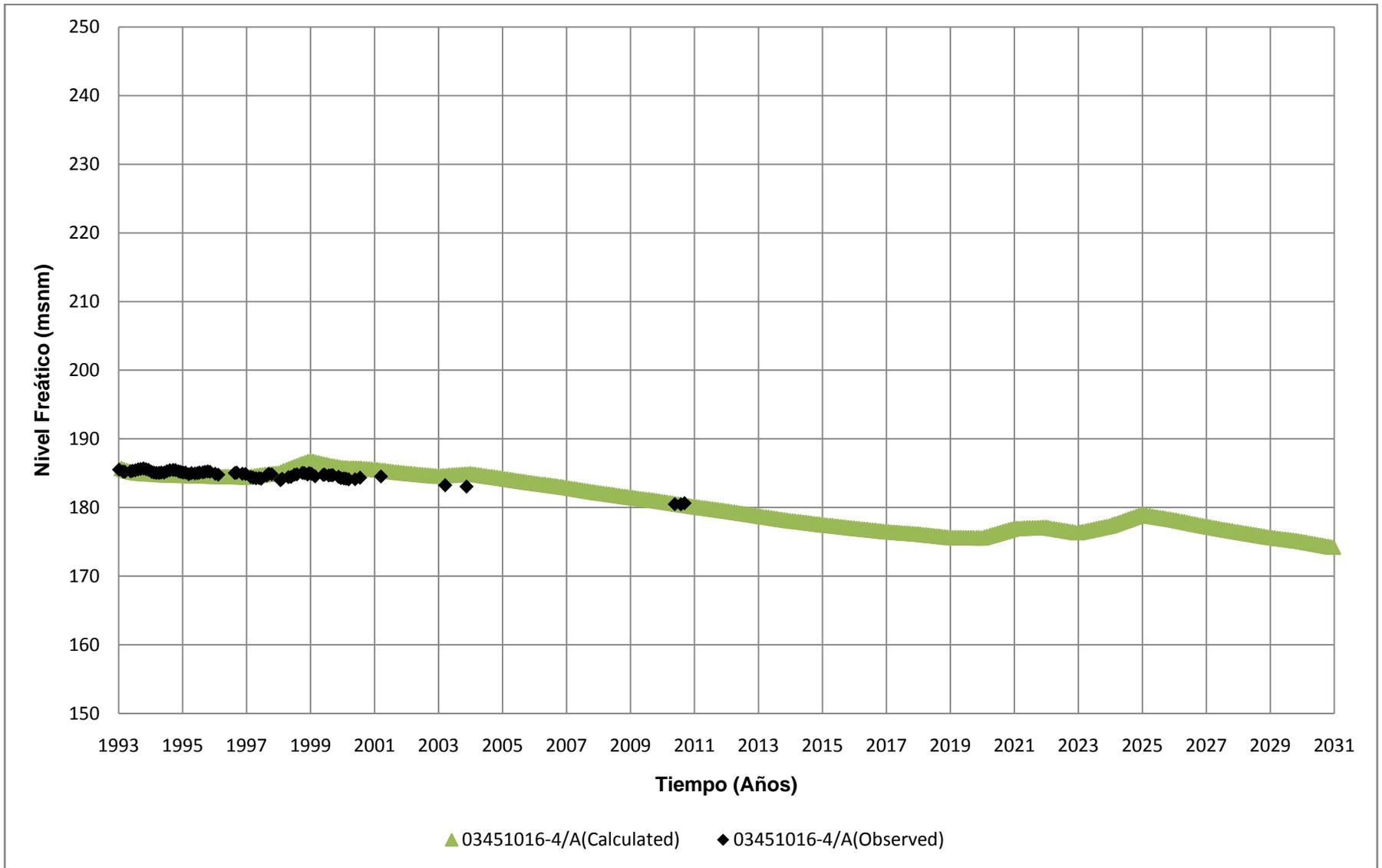


Figura F.33
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451016-4
 Fuente: Elaboración Propia

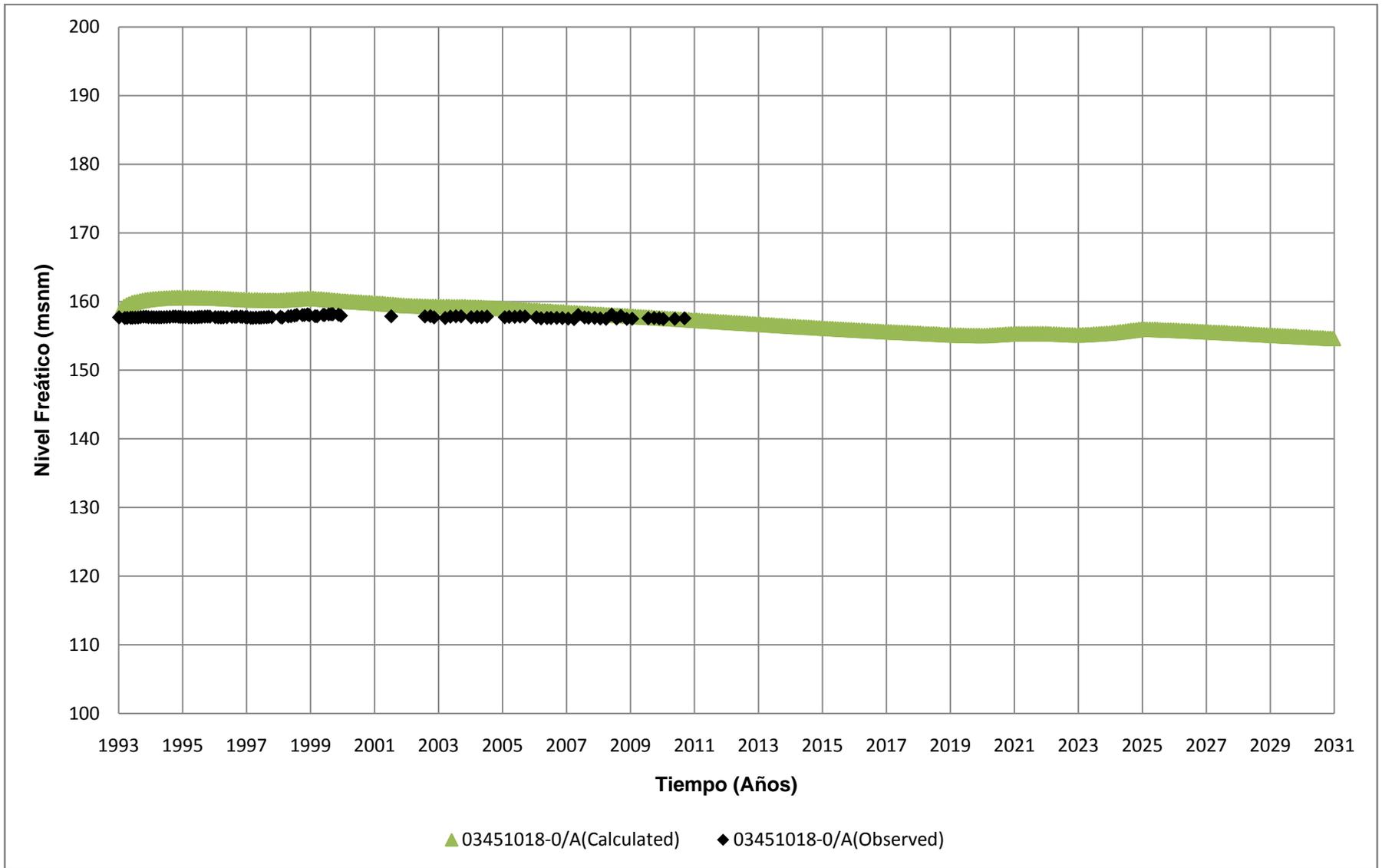


Figura F.34
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451018-0
 Fuente: Elaboración Propia

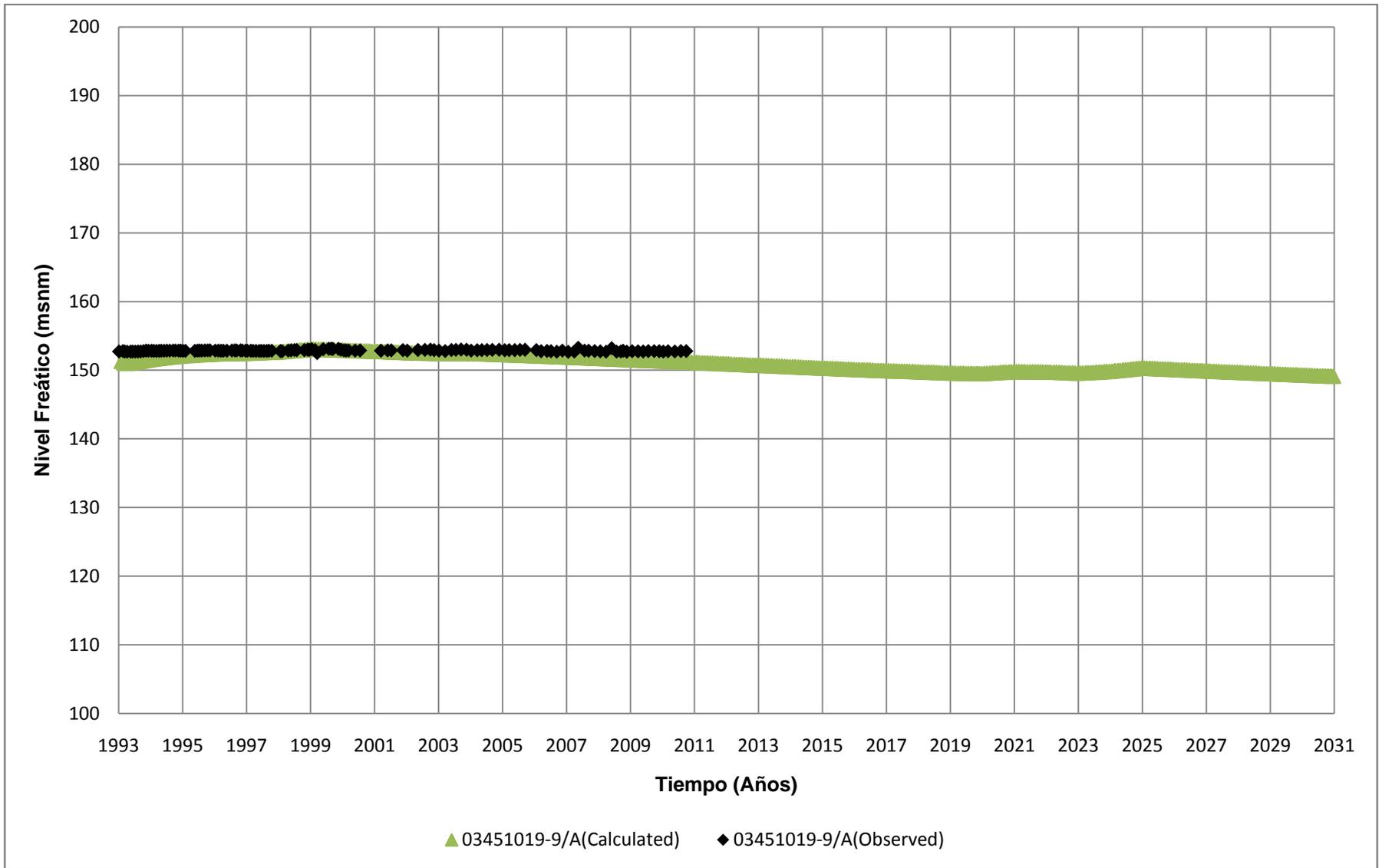


Figura F.35
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451019-9
 Fuente: Elaboración Propia

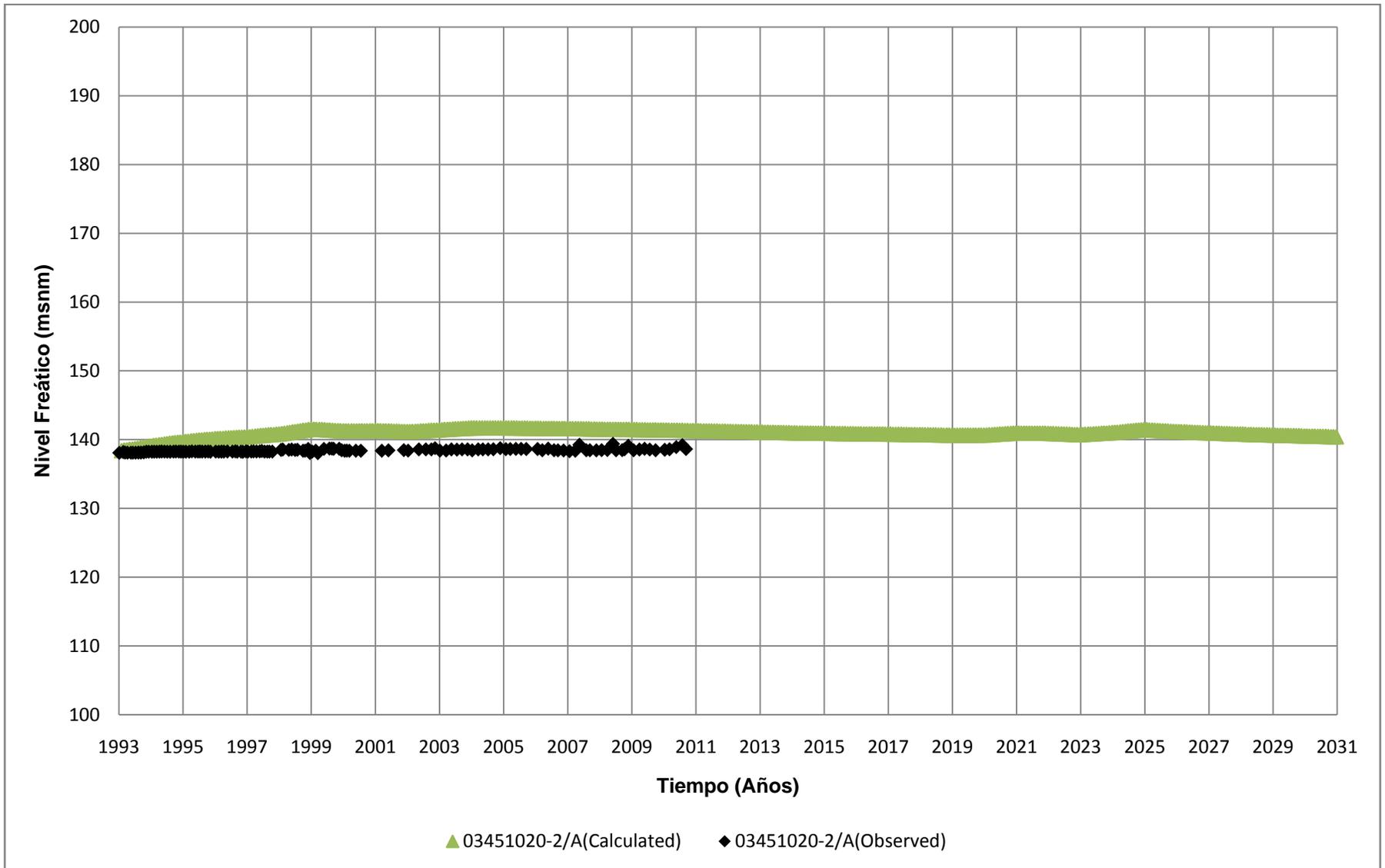


Figura F.36
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451020-2
 Fuente: Elaboración Propia

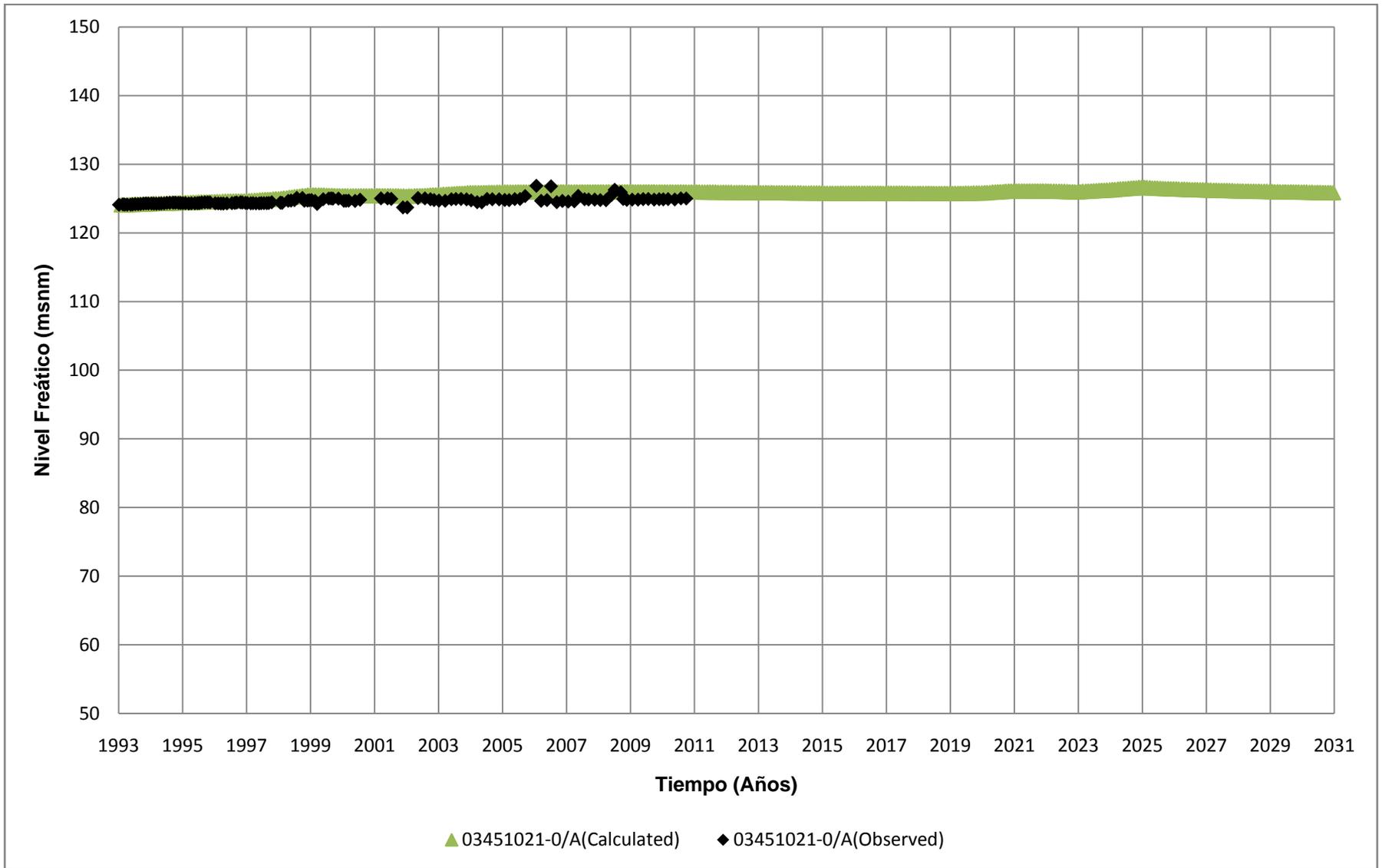


Figura F.37
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03451021-0
 Fuente: Elaboración Propia

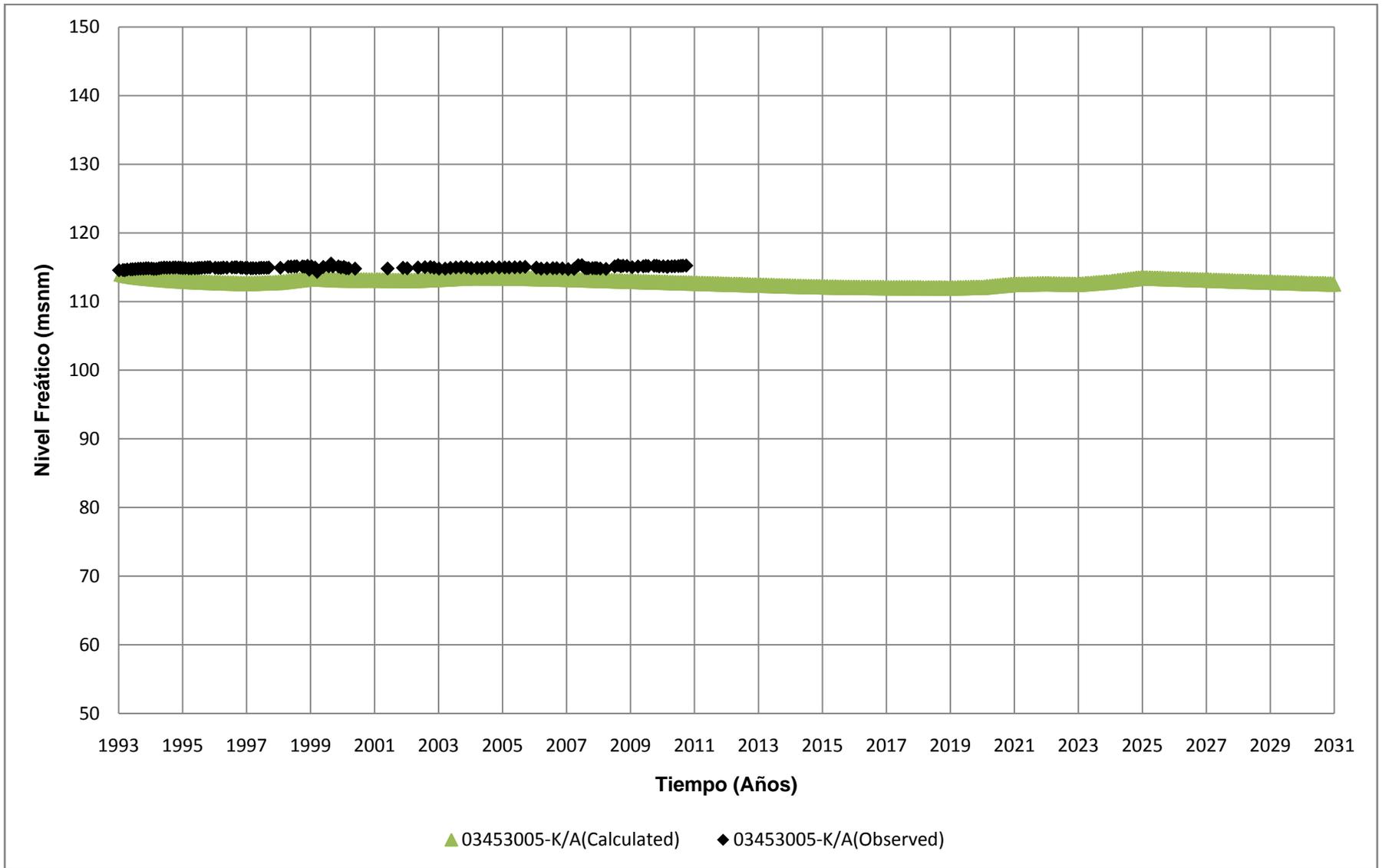


Figura F.38
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03453005-K
 Fuente: Elaboración Propia

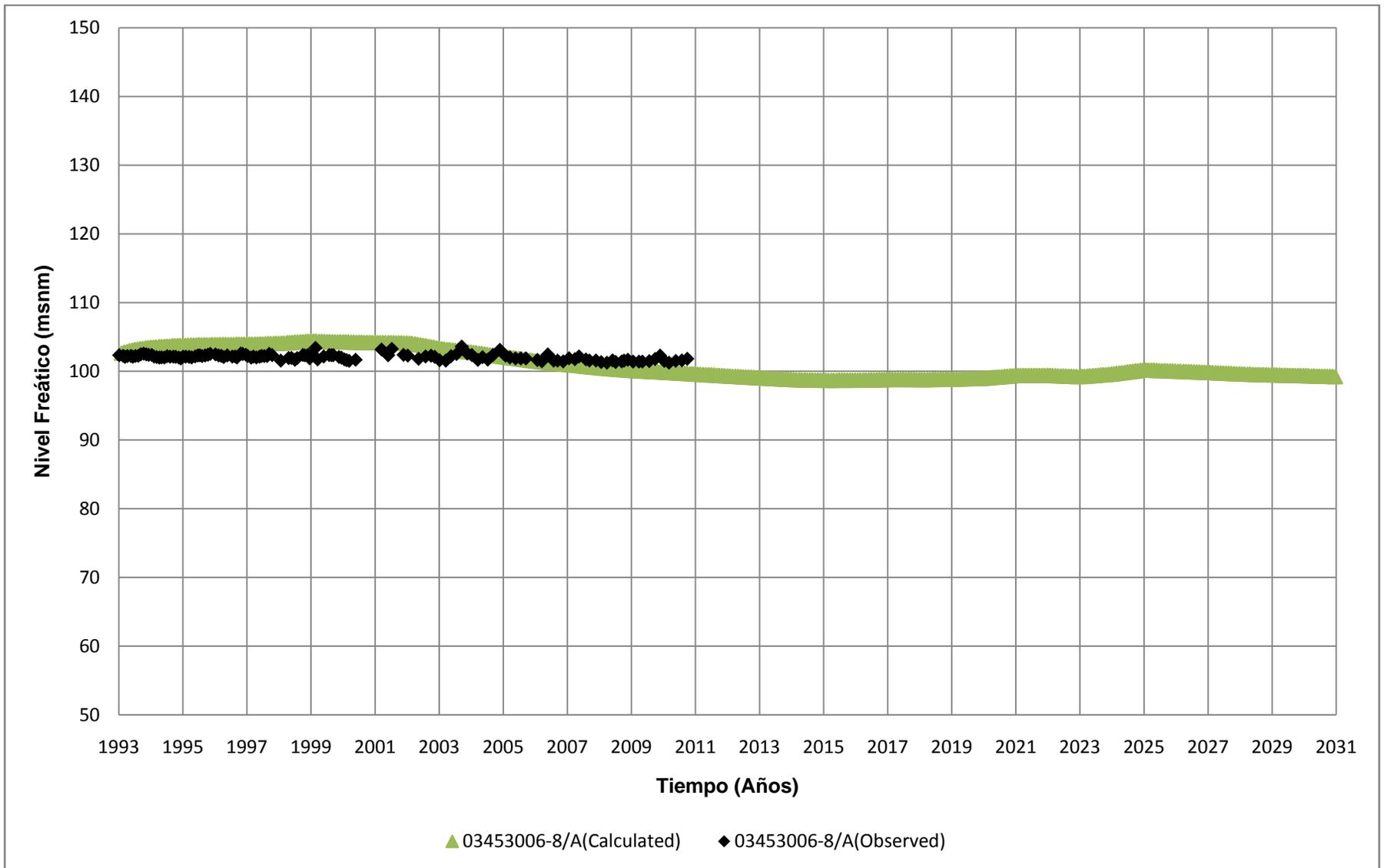


Figura F.39
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03453006-8
 Fuente: Elaboración Propia

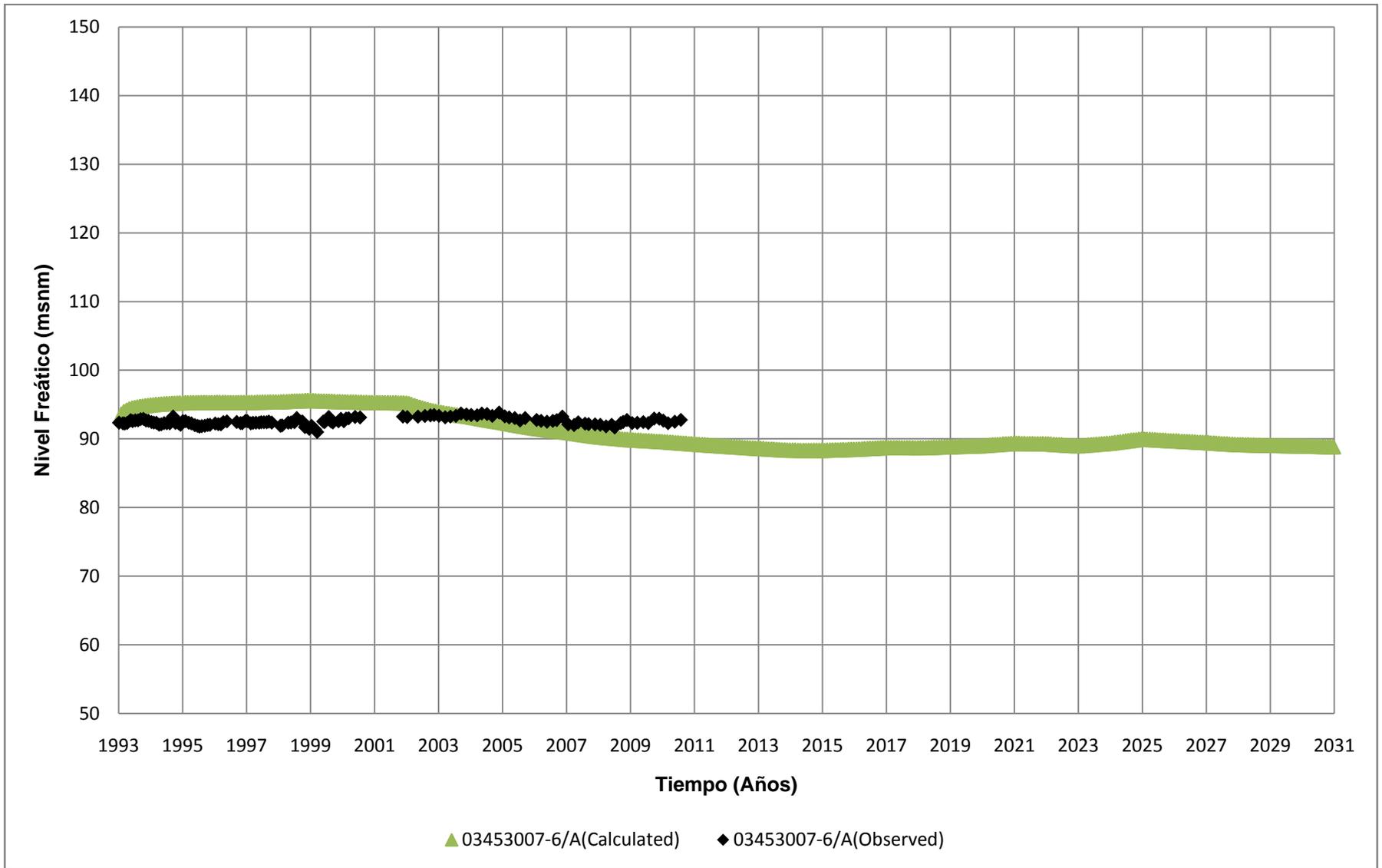


Figura F.40
Niveles simulados en Escenario 1 para pozo 03453007-6
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla F.1
Balance hídrico en Sector 3 – Escenario 1

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	1.224	50	818	0	251	1.274	1.069	205
1994	1.028	50	1.207	0	235	1.078	1.442	-364
1995	974	50	1.300	0	224	1.024	1.523	-499
1996	898	50	1.391	0	249	948	1.640	-692
1997	1.107	50	955	0	249	1.157	1.204	-47
1998	1.553	50	464	0	261	1.603	724	878
1999	1.125	50	1.640	0	280	1.175	1.920	-744
2000	1.010	50	964	0	260	1.060	1.223	-164
2001	1.132	50	1.383	0	292	1.182	1.674	-492
2002	1.165	50	1.011	0	285	1.215	1.296	-81
2003	1.376	50	936	0	292	1.426	1.228	198
2004	1.080	50	1.300	0	285	1.130	1.585	-456
2005	1.074	50	1.530	0	269	1.124	1.798	-674
2006	1.011	50	1.496	0	277	1.061	1.772	-711
2007	967	50	1.623	0	253	1.017	1.877	-860
2008	989	50	1.514	0	231	1.039	1.745	-706
2009	927	50	1.428	0	215	977	1.643	-666
2010	865	50	1.507	0	191	915	1.698	-783
2011	716	50	1.667	0	140	766	1.807	-1.041
2012	560	50	1.660	0	92	610	1.752	-1.143
2013	547	50	1.660	0	52	597	1.711	-1.114
2014	486	50	1.478	0	40	536	1.518	-982
2015	454	50	1.327	0	30	504	1.356	-853
2016	430	50	1.216	0	30	480	1.246	-766
2017	1.001	50	1.419	0	34	1.051	1.454	-403
2018	509	50	1.240	0	33	559	1.272	-713
2019	1.253	50	1.306	0	35	1.303	1.342	-39
2020	1.794	50	1.407	0	39	1.844	1.447	398
2021	1.249	50	1.490	0	42	1.299	1.532	-233
2022	912	50	1.572	0	44	962	1.616	-654
2023	1.576	50	1.423	0	43	1.626	1.466	160
2024	1.955	50	1.381	0	44	2.005	1.425	579
2025	972	50	1.517	0	45	1.022	1.563	-540
2026	881	50	1.547	0	46	931	1.593	-662
2027	872	50	1.609	0	48	922	1.657	-736
2028	722	50	1.503	0	46	772	1.549	-778
2029	1.016	50	1.480	0	46	1.066	1.527	-461
2030	652	50	1.506	0	46	702	1.552	-850

Fuente: Elaboración Propia

Tabla F.2
Balance hídrico en Sector 4 – Escenario 1

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	775	251	731	0	250	1.027	981	45
1994	724	235	873	0	262	959	1.135	-177
1995	713	224	1.013	0	260	937	1.273	-337
1996	652	249	1.083	0	262	901	1.345	-444
1997	777	249	863	0	266	1.025	1.129	-104
1998	1.014	261	438	0	274	1.274	712	562
1999	804	280	1.359	0	286	1.083	1.645	-562
2000	661	260	872	0	283	921	1.154	-234
2001	798	292	1.239	0	286	1.090	1.525	-436
2002	747	285	1.038	0	285	1.032	1.323	-292
2003	961	292	1.037	0	284	1.253	1.321	-68
2004	754	285	1.189	0	288	1.040	1.477	-437
2005	827	269	1.306	0	286	1.095	1.591	-496
2006	756	277	1.244	0	284	1.032	1528	-496
2007	709	253	1.409	0	270	962	1.679	-717
2008	708	231	1.528	0	259	939	1.787	-848
2009	697	215	1.493	0	249	912	1.742	-830
2010	665	191	1.587	0	236	856	1.823	-968
2011	561	140	1.459	0	222	701	1.682	-980
2012	398	92	1.317	0	211	491	1.528	-1.037
2013	393	52	1.320	0	200	444	1.520	-1.075
2014	374	40	1.216	0	189	414	1.404	-990
2015	416	30	1.139	0	180	446	1.319	-873
2016	414	30	1.083	0	171	444	1.255	-811
2017	764	34	1.192	0	168	798	1.360	-562
2018	421	33	1.097	0	159	453	1.257	-803
2019	873	35	1.135	0	159	908	1.294	-386
2020	1362	39	1.192	0	159	1.401	1.351	50
2021	906	42	1.234	0	158	948	1.392	-444
2022	577	44	1.276	0	152	621	1.427	-806
2023	1.142	43	1.196	0	149	1.186	1.345	-160
2024	1.406	44	1.179	0	153	1.450	1.333	117
2025	636	45	1.248	0	151	682	1.399	-717
2026	550	46	1.263	0	143	596	1.406	-810
2027	602	48	1.295	0	134	650	1.428	-778
2028	535	46	1.233	0	125	581	1.358	-776
2029	670	46	1.225	0	120	716	1.345	-629
2030	461	46	1.234	0	111	508	1.345	-837

Fuente: Elaboración Propia

Tabla F.3
Balance hídrico en Sector 5 – Escenario 1

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	320	250	688	0	216	570	903	-334
1994	195	262	781	0	188	458	969	-511
1995	224	260	783	0	170	484	953	-469
1996	157	262	824	0	154	419	978	-559
1997	465	266	691	0	152	731	843	-112
1998	939	274	416	0	174	1.213	590	623
1999	108	286	1.043	0	129	394	1.172	-778
2000	175	283	670	0	123	458	793	-335
2001	209	286	897	0	111	495	1.008	-513
2002	256	285	757	0	111	541	867	-326
2003	626	284	726	0	122	911	848	63
2004	150	288	872	0	100	438	972	-533
2005	254	286	968	0	95	540	1.063	-523
2006	191	284	925	0	84	475	1.010	-535
2007	205	270	977	0	77	475	1.054	-579
2008	114	259	901	0	64	373	965	-592
2009	176	249	855	0	61	425	916	-491
2010	163	236	897	0	81	399	978	-580
2011	172	222	905	0	113	395	1.018	-624
2012	4	211	905	0	130	215	1.035	-820
2013	4	200	905	0	139	204	1.044	-841
2014	4	189	803	0	144	192	947	-754
2015	71	180	722	0	151	250	873	-623
2016	94	171	663	0	156	266	819	-554
2017	362	168	774	0	169	530	943	-413
2018	39	159	677	0	158	198	834	-636
2019	333	159	714	0	155	492	869	-377
2020	1.202	159	770	0	189	1.361	959	401
2021	617	158	815	0	182	775	997	-222
2022	56	152	858	0	161	208	1.019	-811
2023	906	149	777	0	186	1.055	963	93
2024	1.222	153	756	0	207	1.376	963	413
2025	175	151	829	0	176	326	1.005	-679
2026	15	143	845	0	150	158	995	-837
2027	138	134	878	0	141	272	1.020	-747
2028	103	125	818	0	134	228	952	-724
2029	183	120	808	0	132	303	940	-637
2030	9	111	820	0	119	120	939	-819

Fuente: Elaboración Propia

Tabla F.4
Balance hídrico en Sector 6 – Escenario 1

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	143	216	366	125	0	359	491	-132
1994	17	188	415	117	0	205	532	-327
1995	9	170	418	110	0	180	528	-348
1996	2	154	430	106	0	156	536	-380
1997	320	152	361	112	0	472	472	0
1998	805	174	217	136	0	979	353	625
1999	22	129	545	120	0	151	665	-514
2000	3	123	351	115	0	126	466	-340
2001	38	111	469	111	0	150	580	-431
2002	87	111	395	103	0	197	498	-301
2003	391	122	398	104	0	513	502	11
2004	22	100	456	100	0	122	556	-434
2005	38	95	505	97	0	133	602	-469
2006	20	84	484	94	0	104	577	-473
2007	12	77	523	91	0	88	613	-525
2008	7	64	484	88	0	71	572	-501
2009	2	61	456	86	0	63	542	-478
2010	5	81	577	83	0	86	660	-574
2011	28	113	749	81	0	141	830	-689
2012	2	130	818	79	0	132	896	-765
2013	2	139	818	77	0	141	894	-754
2014	2	144	759	75	0	145	834	-688
2015	2	151	709	74	0	153	783	-630
2016	4	156	673	73	0	160	746	-585
2017	146	169	739	72	0	315	811	-496
2018	8	158	681	71	0	165	751	-586
2019	247	155	702	72	0	402	774	-372
2020	941	189	735	80	0	1.130	815	315
2021	413	182	762	80	0	595	842	-247
2022	28	161	789	76	0	189	865	-675
2023	805	186	740	83	0	991	824	167
2024	1.153	207	726	96	0	1.360	822	538
2025	64	176	771	88	0	240	859	-619
2026	6	150	781	83	0	156	864	-707
2027	50	141	801	79	0	191	880	-689
2028	19	134	767	76	0	153	842	-689
2029	79	132	759	73	0	211	832	-621
2030	2	119	768	71	0	122	838	-716

Fuente: Elaboración Propia

Tabla F.5
Balance hídrico entre La Puerta y Angostura – Escenario 1

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	2463	50	2603	125	0	2513	2728	-215
1994	1964	50	3277	117	0	2014	3394	-1380
1995	1921	50	3513	110	0	1971	3624	-1653
1996	1709	50	3728	106	0	1759	3834	-2075
1997	2669	50	2870	112	0	2719	2982	-263
1998	4310	50	1535	136	0	4360	1671	2689
1999	2059	50	4587	120	0	2109	4707	-2598
2000	1849	50	2857	115	0	1899	2971	-1072
2001	2178	50	3988	111	0	2228	4099	-1872
2002	2254	50	3201	103	0	2304	3304	-1000
2003	3354	50	3097	104	0	3404	3201	203
2004	2007	50	3817	100	0	2057	3917	-1860
2005	2193	50	4309	97	0	2243	4405	-2162
2006	1977	50	4148	94	0	2027	4242	-2215
2007	1892	50	4532	91	0	1942	4623	-2681
2008	1818	50	4426	88	0	1868	4514	-2647
2009	1802	50	4232	86	0	1852	4317	-2466
2010	1697	50	4568	83	0	1747	4652	-2904
2011	1478	50	4780	81	0	1528	4861	-3333
2012	964	50	4700	79	0	1014	4779	-3765
2013	946	50	4703	77	0	996	4779	-3783
2014	865	50	4255	75	0	915	4330	-3415
2015	943	50	3897	74	0	993	3971	-2978
2016	943	50	3636	73	0	993	3708	-2716
2017	2273	50	4125	72	0	2323	4197	-1875
2018	976	50	3694	71	0	1026	3765	-2738
2019	2706	50	3858	72	0	2756	3930	-1173
2020	5298	50	4105	80	0	5348	4185	1163
2021	3185	50	4301	80	0	3235	4381	-1146
2022	1573	50	4494	76	0	1623	4570	-2947
2023	4430	50	4137	83	0	4480	4220	260
2024	5736	50	4043	96	0	5786	4139	1647
2025	1847	50	4365	88	0	1897	4453	-2556
2026	1451	50	4435	83	0	1501	4518	-3017
2027	1662	50	4583	79	0	1712	4662	-2950
2028	1379	50	4321	76	0	1429	4396	-2968
2029	1948	50	4272	73	0	1998	4345	-2347
2030	1124	50	4327	71	0	1174	4397	-3223

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO G

Ajuste y Balance Hídrico en Escenario 2

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura G.1 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431011-4.....	G.1
Figura G.2 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431006-8.....	G.2
Figura G.3 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431007-6.....	G.3
Figura G.4 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431008-4.....	G.4
Figura G.5 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431010-6.....	G.5
Figura G.6 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431012-2.....	G.6
Figura G.7 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03434005-6.....	G.7
Figura G.8 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03434006-4.....	G.8
Figura G.9 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03434007-2.....	G.9
Figura G.10 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03434008-0.....	G.10
Figura G.11 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03434009-9.....	G.11
Figura G.12 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450006-1.....	G.12
Figura G.13 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450015-0.....	G.13
Figura G.14 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450005-3.....	G.14
Figura G.15 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450007-K.....	G.15
Figura G.16 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450017-7.....	G.16
Figura G.17 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450008-8.....	G.17
Figura G.18 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450012-6.....	G.18
Figura G.19 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450016-9.....	G.19
Figura G.20 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450013-4.....	G.20
Figura G.21 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451003-2.....	G.21
Figura G.22 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451005-9.....	G.22
Figura G.23 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451010-5.....	G.23
Figura G.24 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451004-0.....	G.24
Figura G.25 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451011-3.....	G.25
Figura G.26 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451012-1.....	G.26
Figura G.27 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451013-K.....	G.27
Figura G.28 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451006-7.....	G.28
Figura G.29 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451007-5.....	G.29
Figura G.30 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451014-8.....	G.30
Figura G.31 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451015-6.....	G.31
Figura G.32 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451008-3.....	G.32
Figura G.33 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451016-4.....	G.33
Figura G.34 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451018-0.....	G.34
Figura G.35 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451019-9.....	G.35
Figura G.36 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451020-2.....	G.36
Figura G.37 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451021-0.....	G.37
Figura G.38 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03453005-K.....	G.38
Figura G.39 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03453006-8.....	G.39
Figura G.40 Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03453007-6.....	G.40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla G.1 Balance hídrico en Sector 3 – Escenario 2.....	G.41
Tabla G.2 Balance hídrico en Sector 4 – Escenario 2.....	G.42
Tabla G.3 Balance hídrico en Sector 5 – Escenario 2.....	G.43
Tabla G.4 Balance hídrico en Sector 6 – Escenario 2.....	G.44
Tabla G.5 Balance hídrico entre La Puerta y Angostura – Escenario 2	G.45

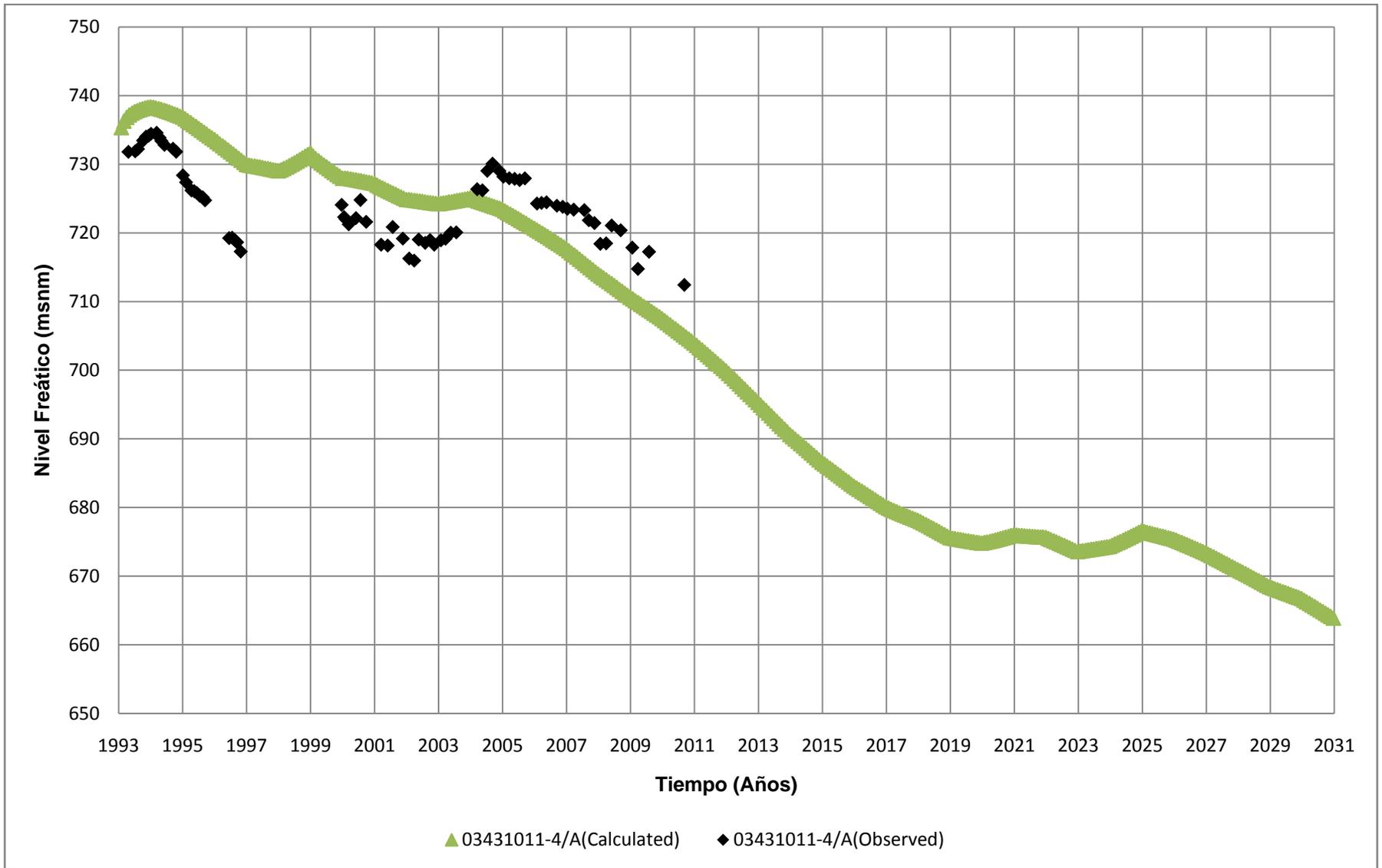


Figura G.1
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431011-4
 Fuente: Elaboración Propia

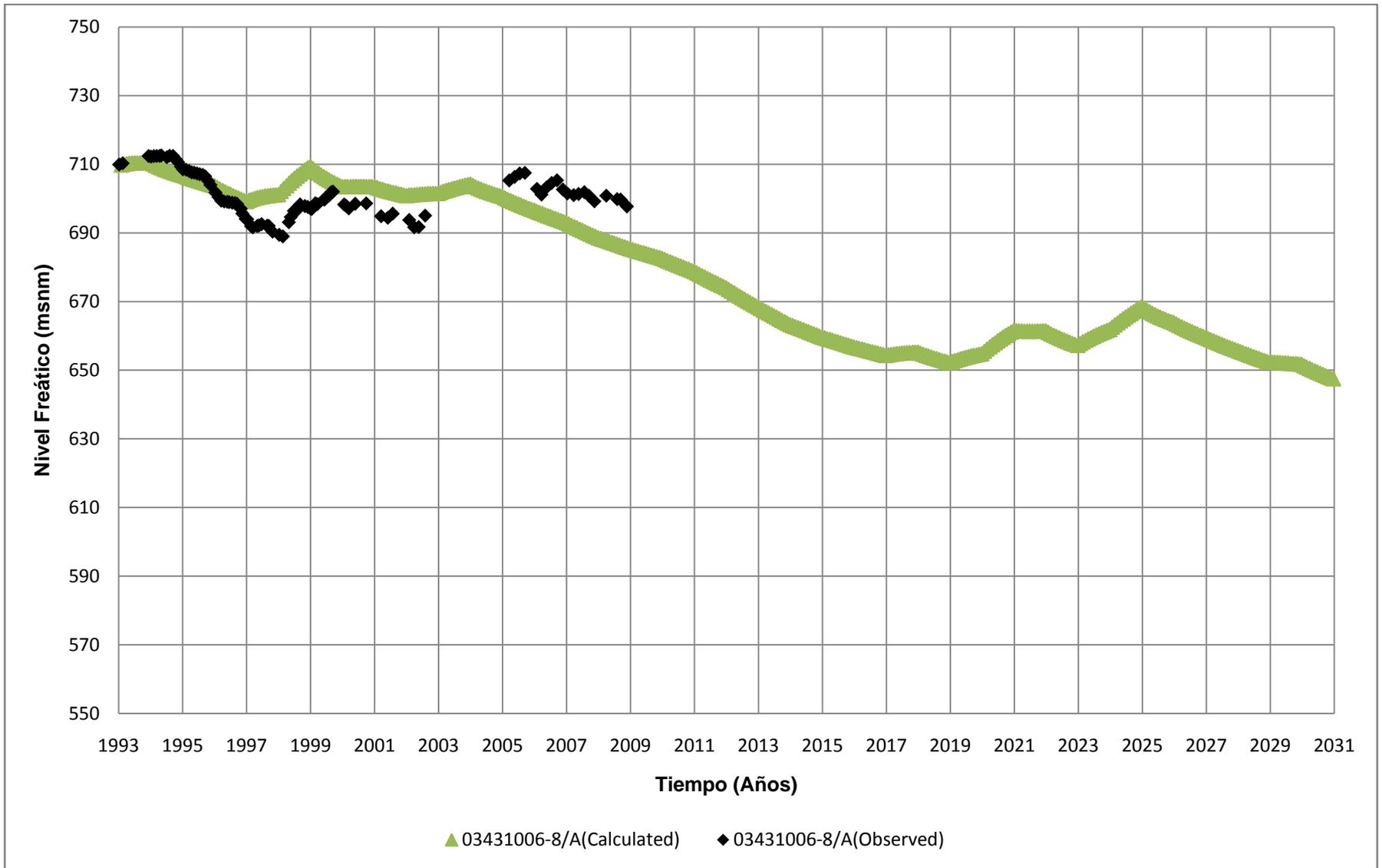


Figura G.2
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431006-8
 Fuente: Elaboración Propia

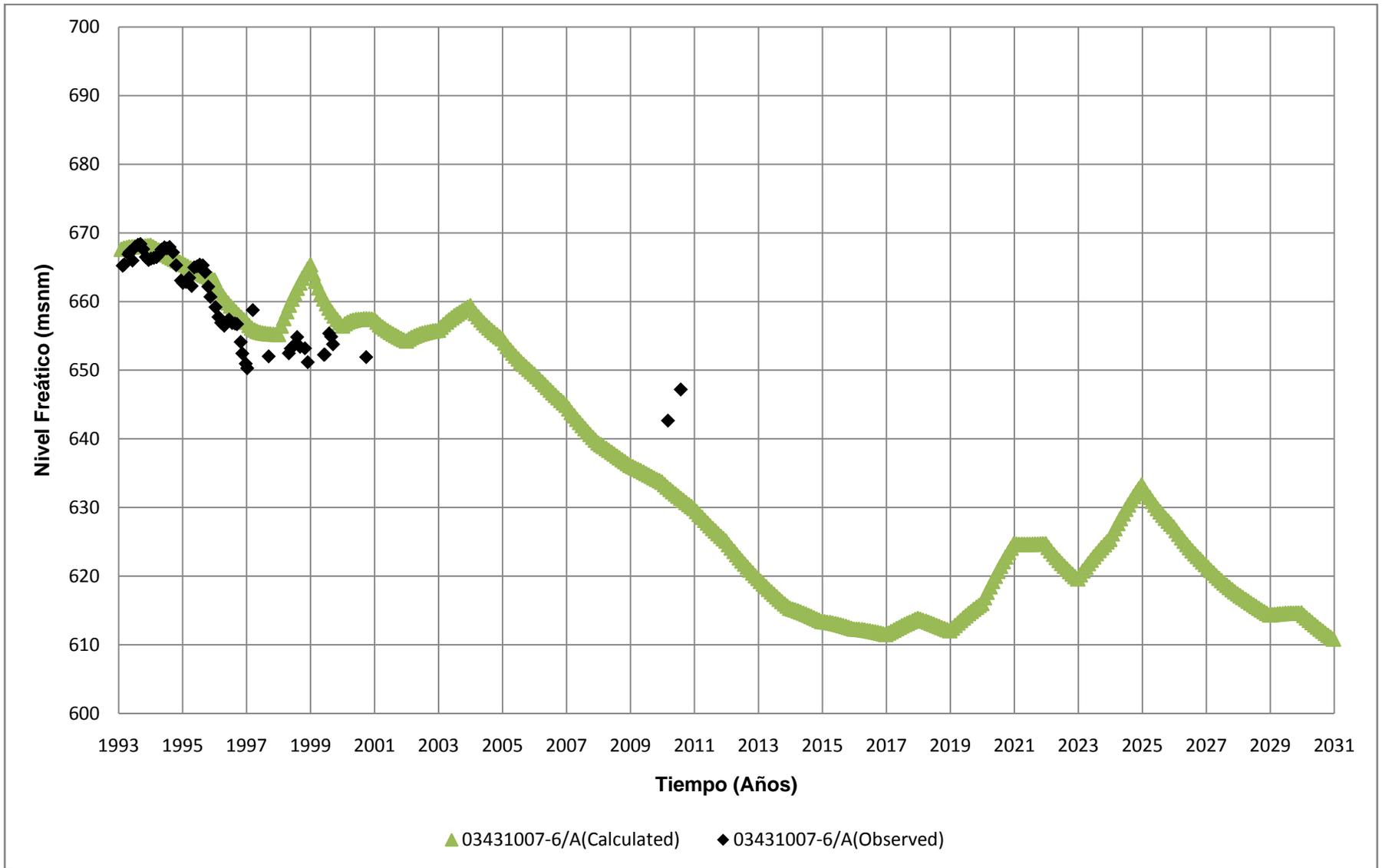


Figura G.3
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431007-6
 Fuente: Elaboración Propia

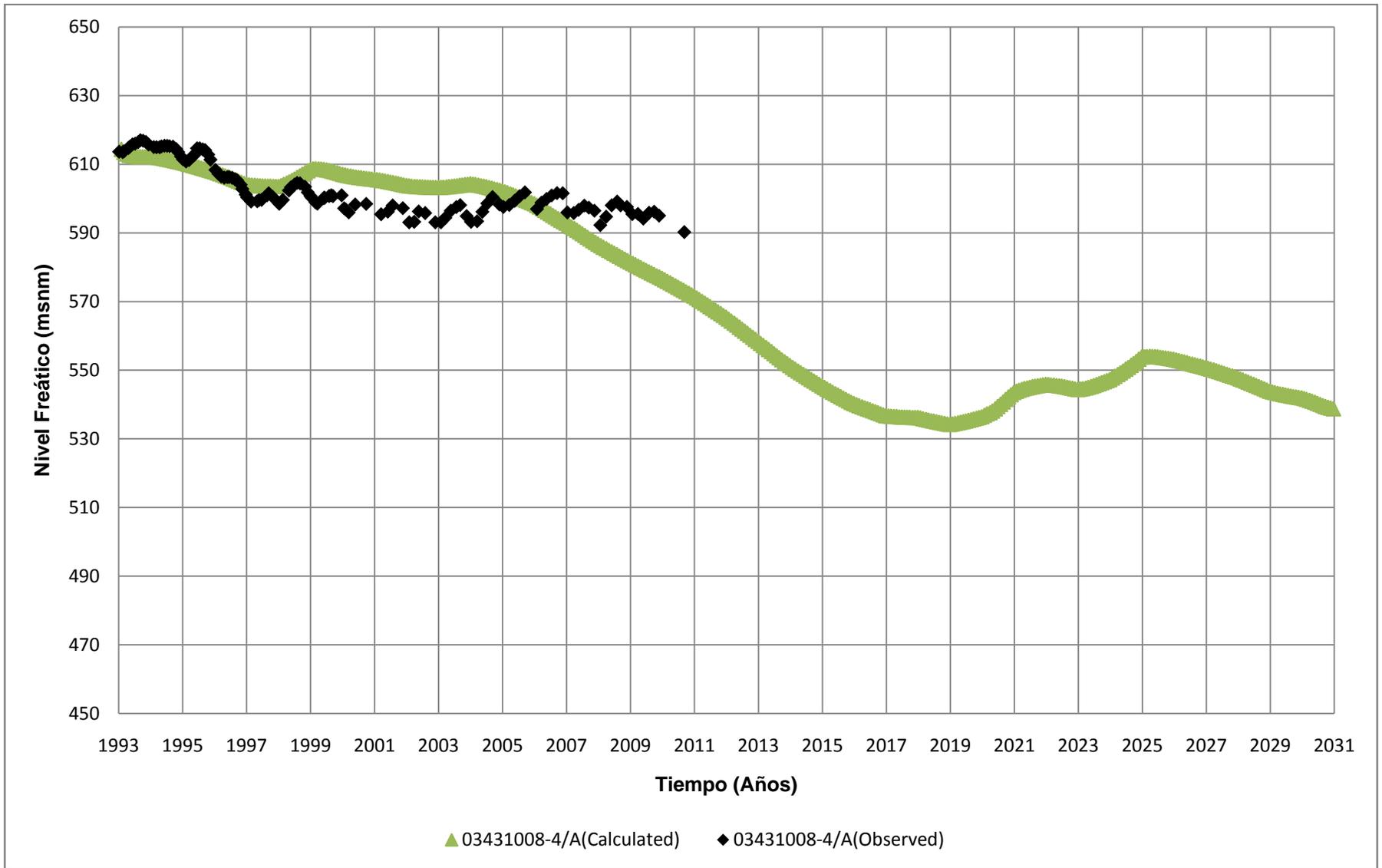


Figura G.4
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431008-4
 Fuente: Elaboración Propia

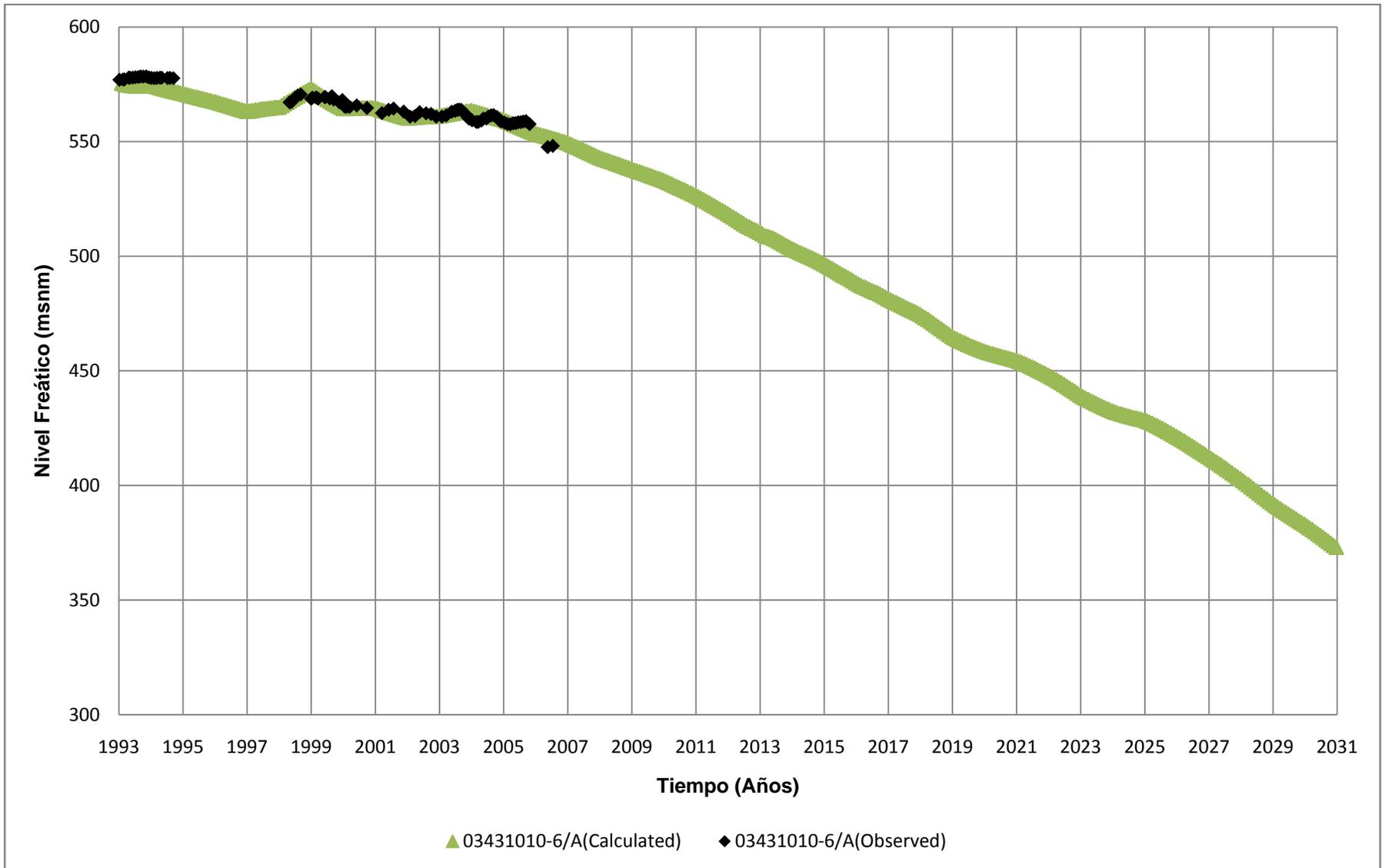


Figura G.5
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431010-6
 Fuente: Elaboración Propia

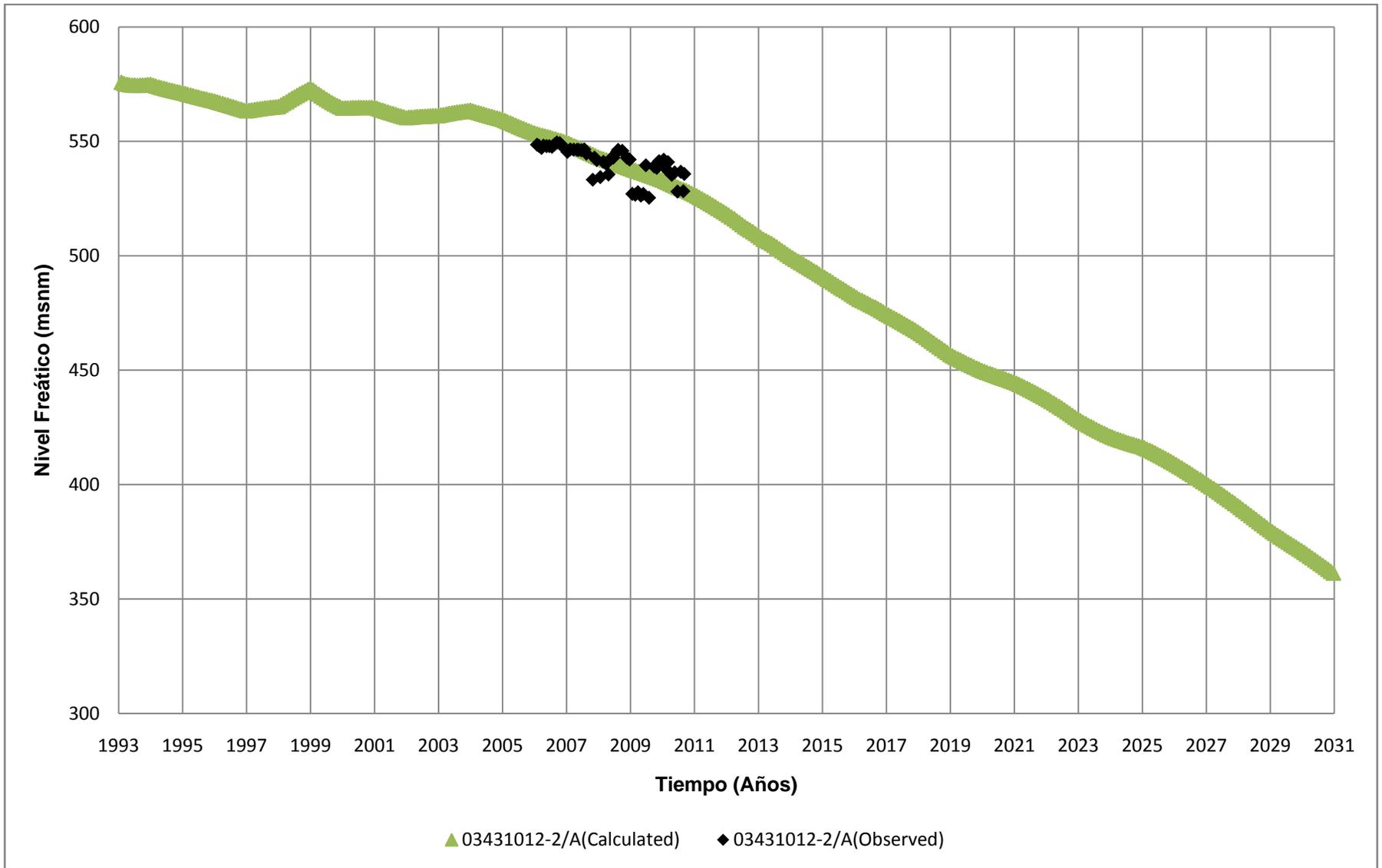


Figura G.6
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03431012-2
 Fuente: Elaboración Propia

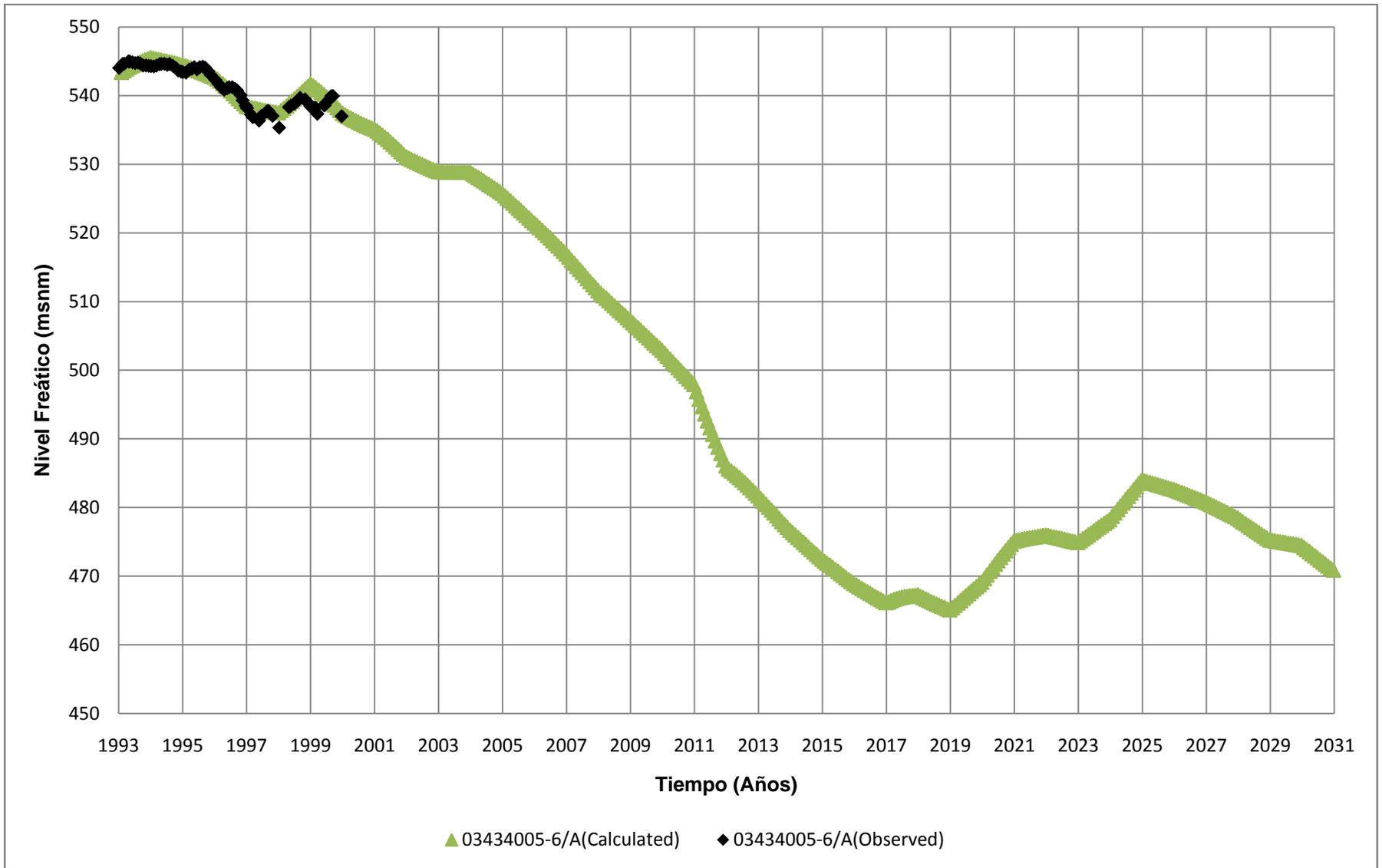


Figura G.7
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03434005-6
 Fuente: Elaboración Propia

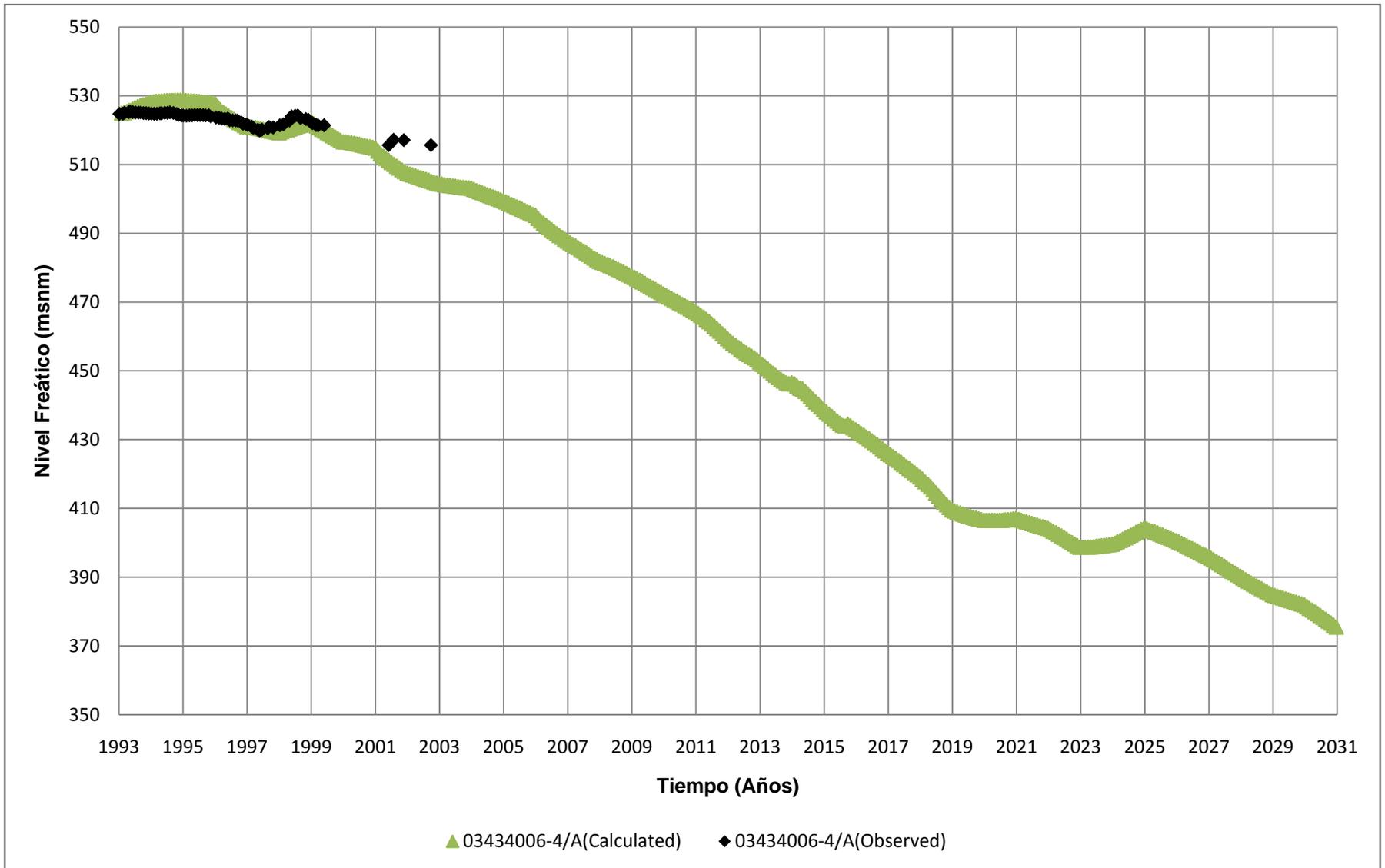


Figura G.8
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03434006-4
 Fuente: Elaboración Propia

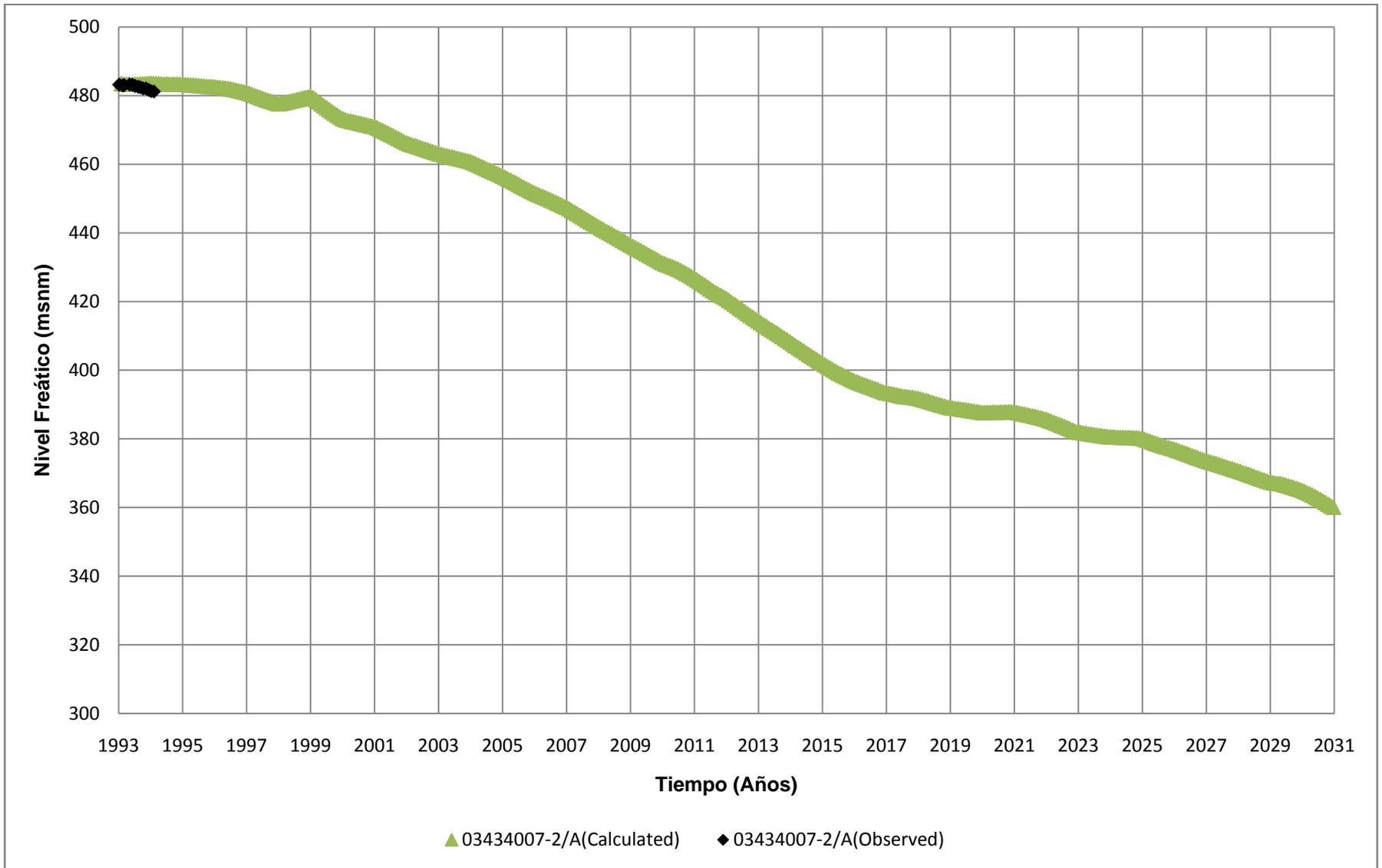


Figura G.9
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03434007-2
 Fuente: Elaboración Propia



Figura G.10
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03434008-0
 Fuente: Elaboración Propia

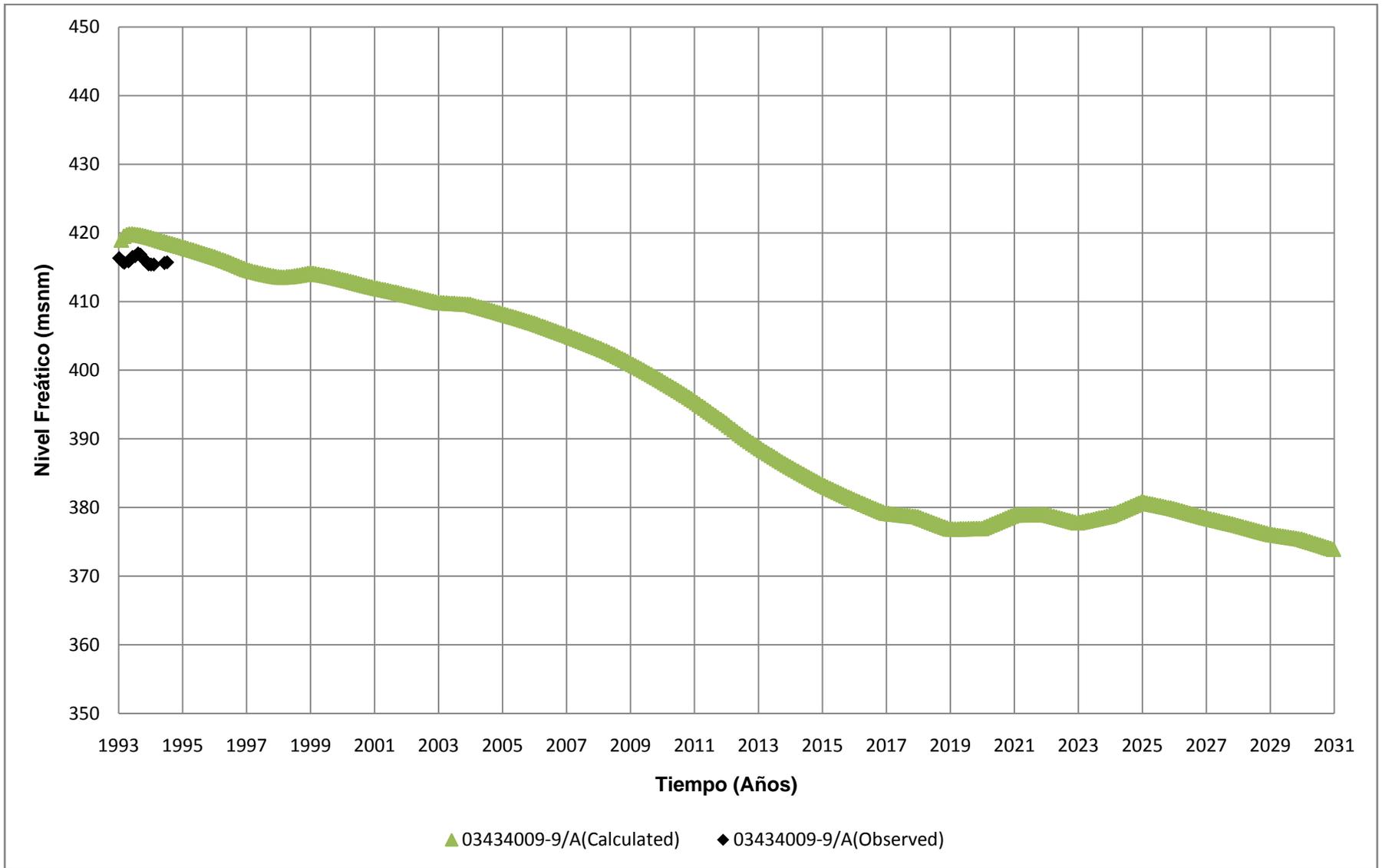


Figura G.11
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03434009-9
 Fuente: Elaboración Propia



Figura G.12
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450006-1
 Fuente: Elaboración Propia

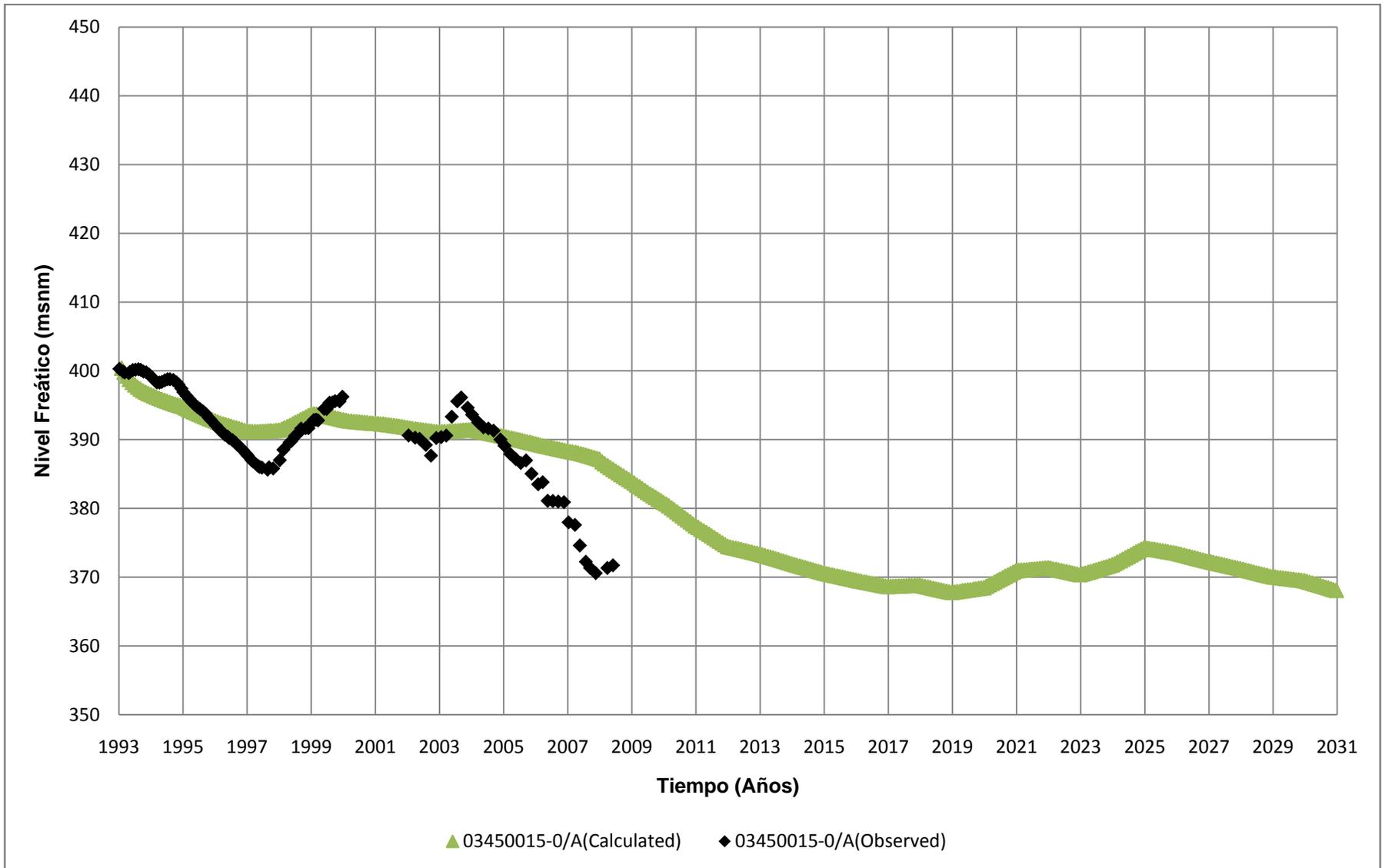


Figura G.13
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450015-0
 Fuente: Elaboración Propia

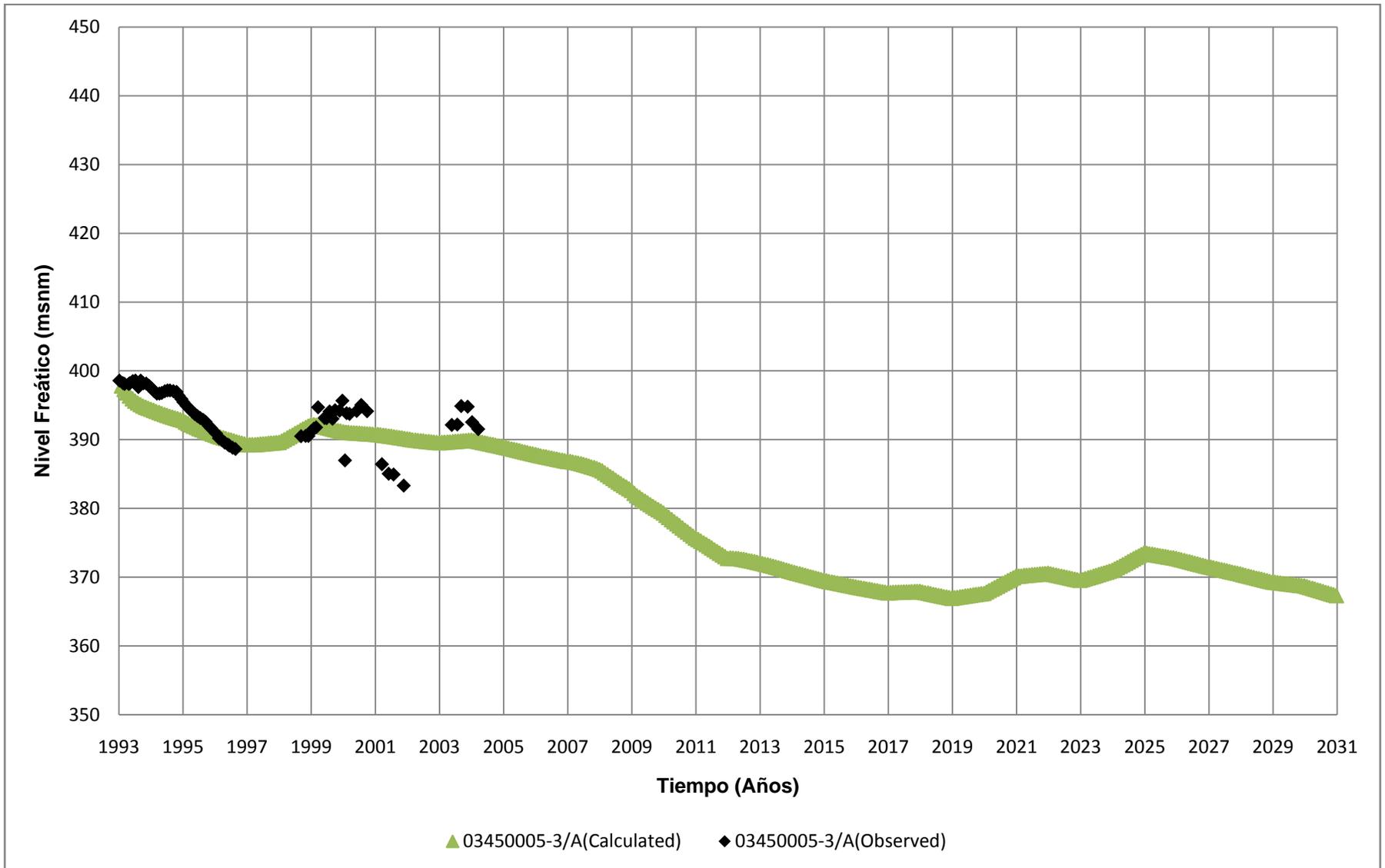


Figura G.14
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450005-3
 Fuente: Elaboración Propia

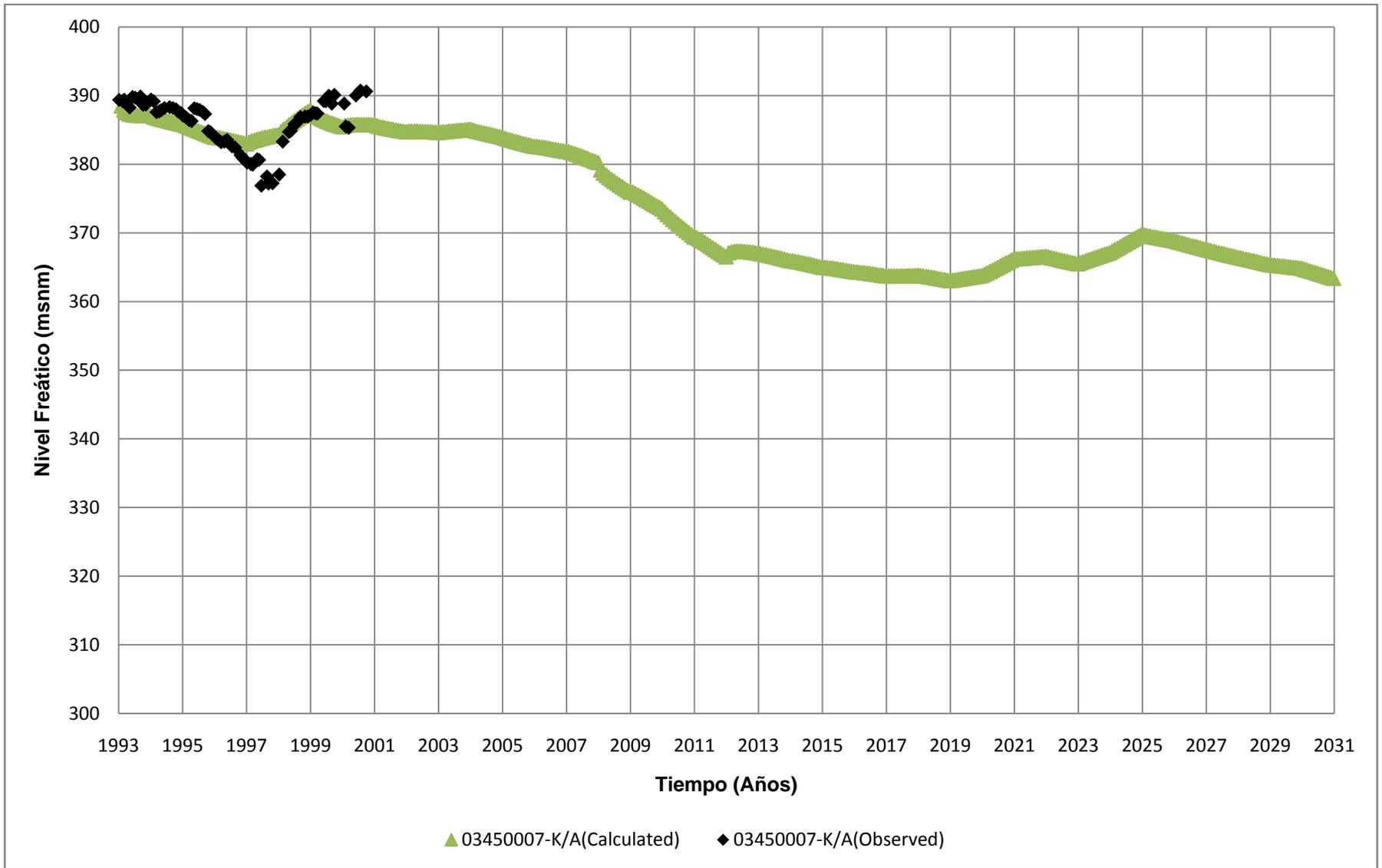


Figura G.15
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450007-K
 Fuente: Elaboración Propia

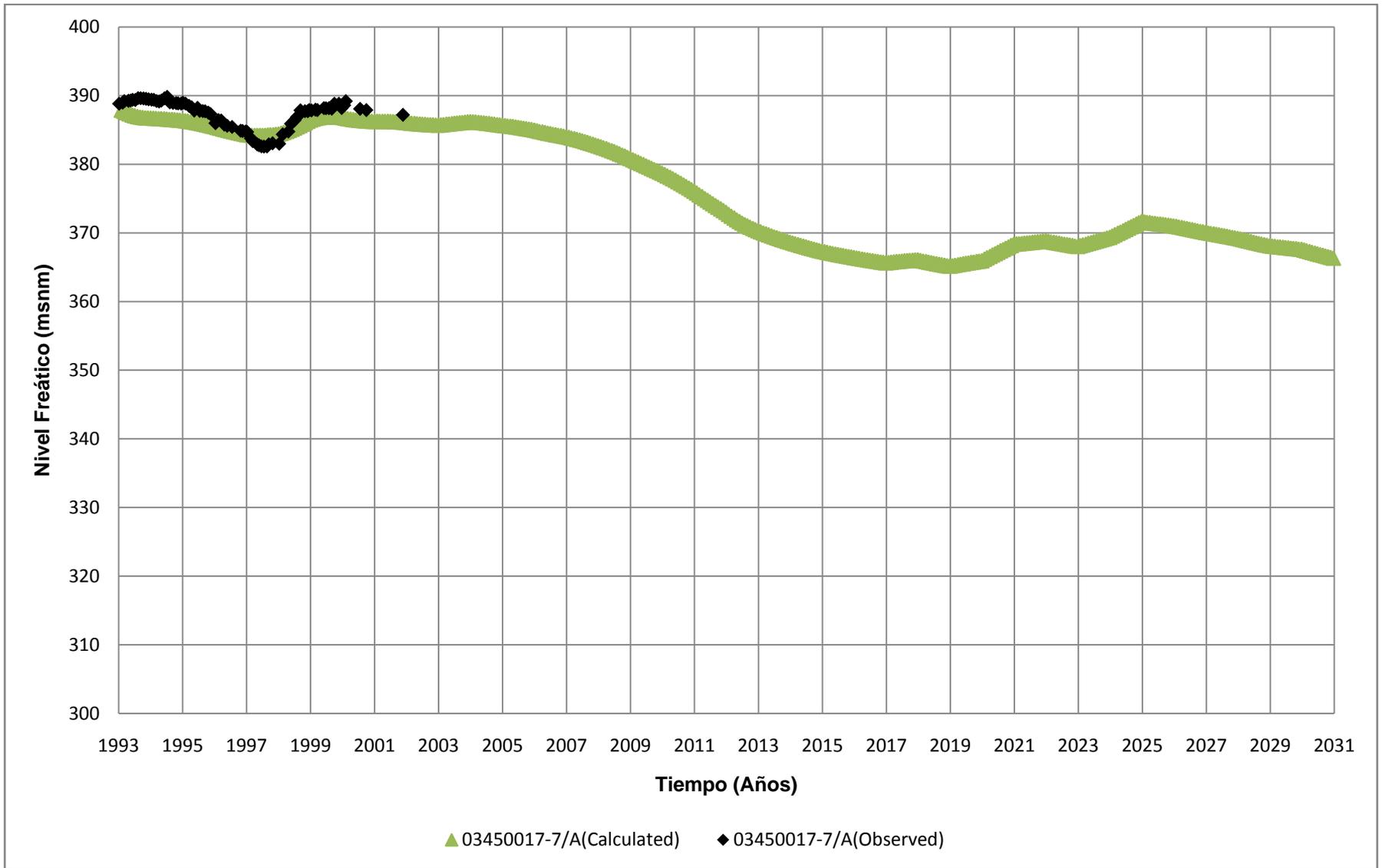


Figura G.16
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450017-7
 Fuente: Elaboración Propia

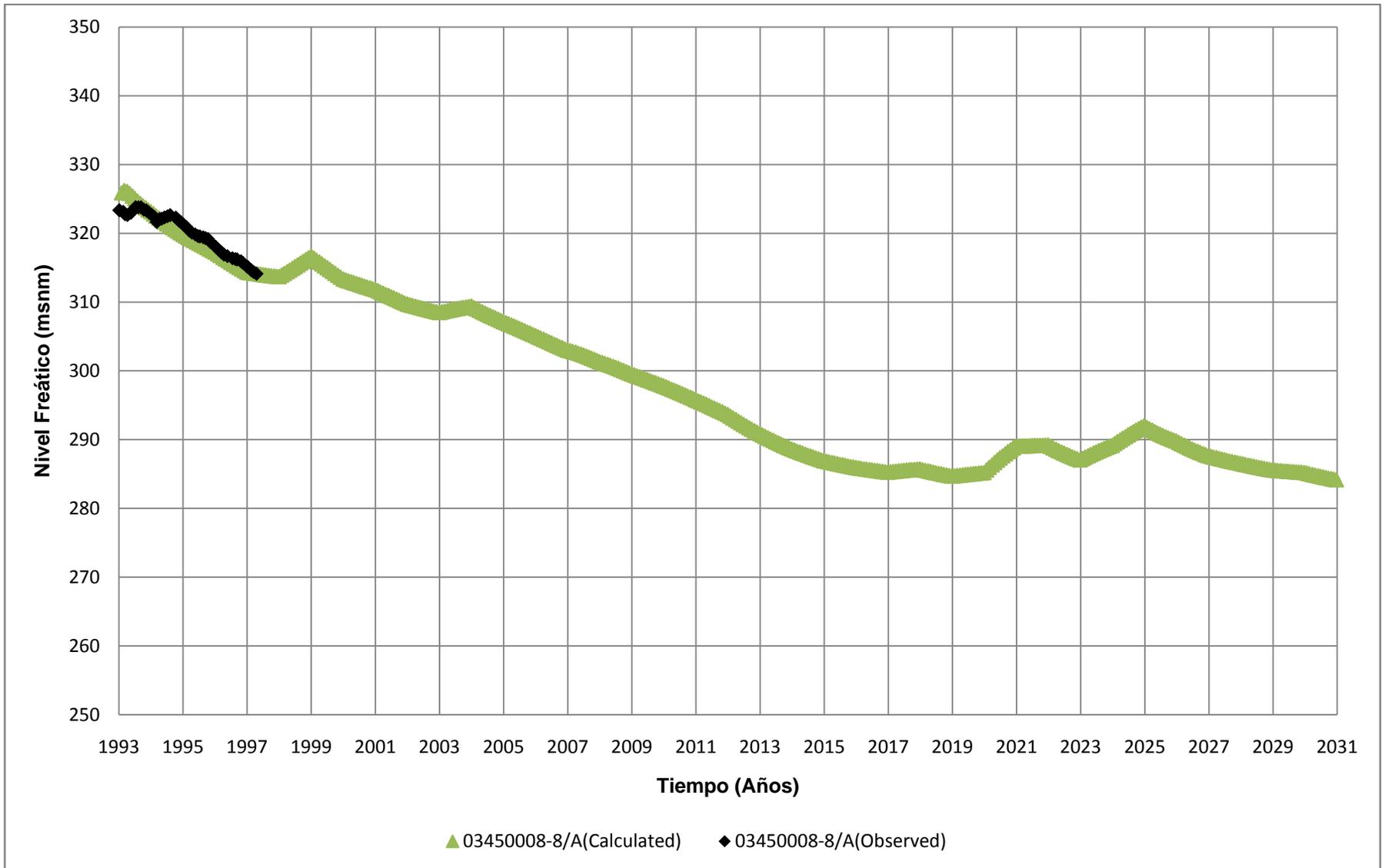


Figura G.17
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450008-8
 Fuente: Elaboración Propia

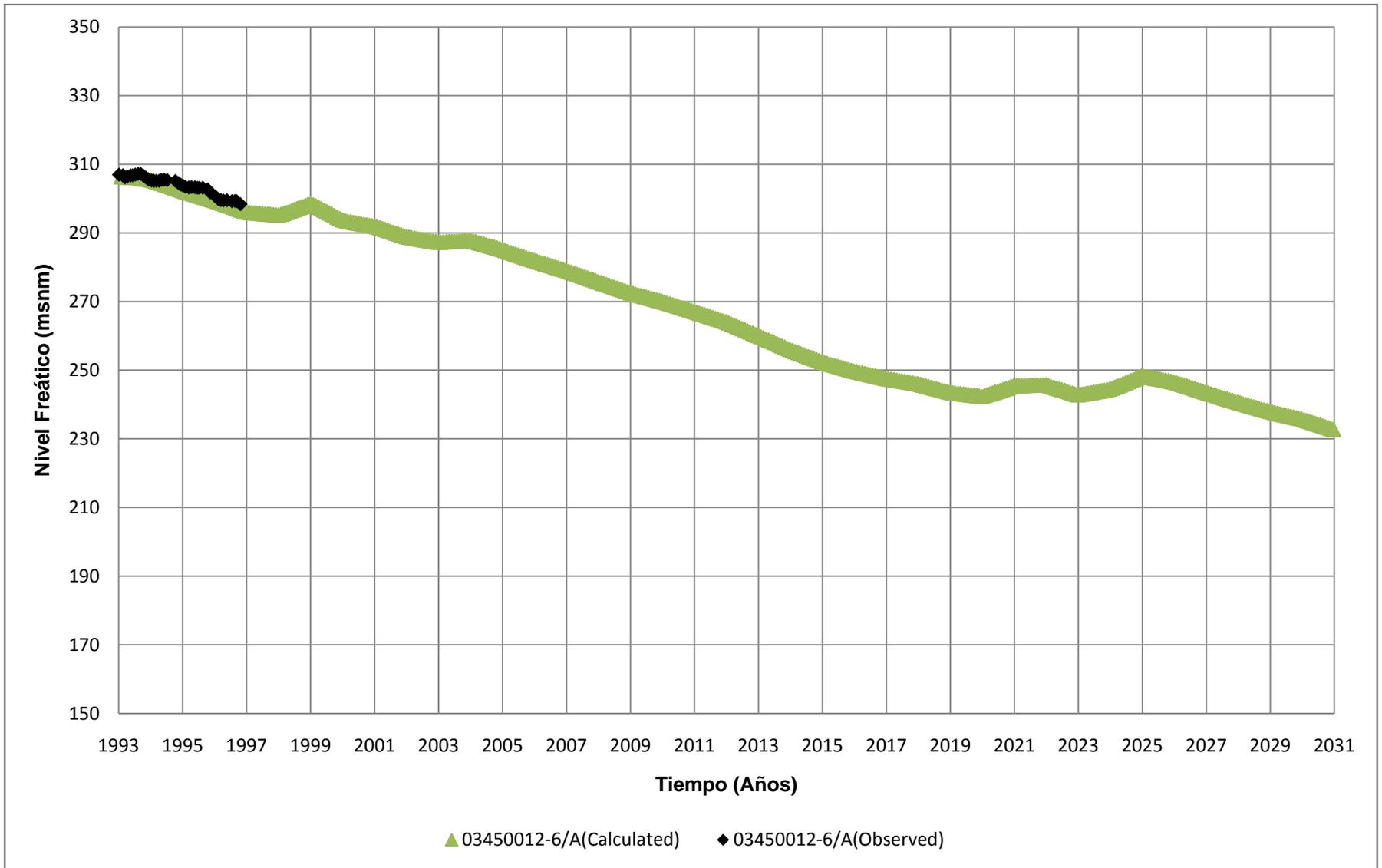


Figura G.18
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450012-6
 Fuente: Elaboración Propia

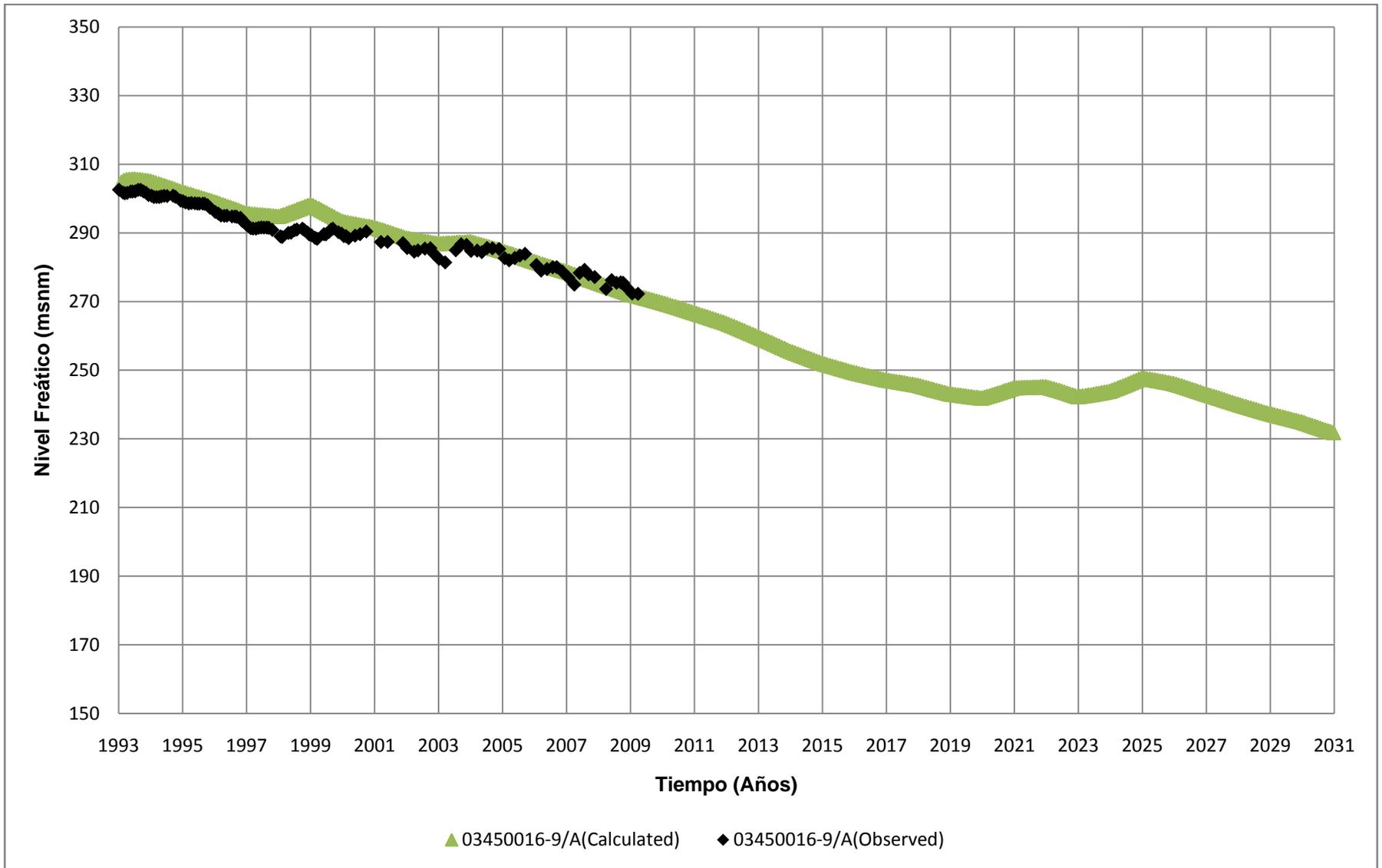


Figura G.19
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450016-9
 Fuente: Elaboración Propia

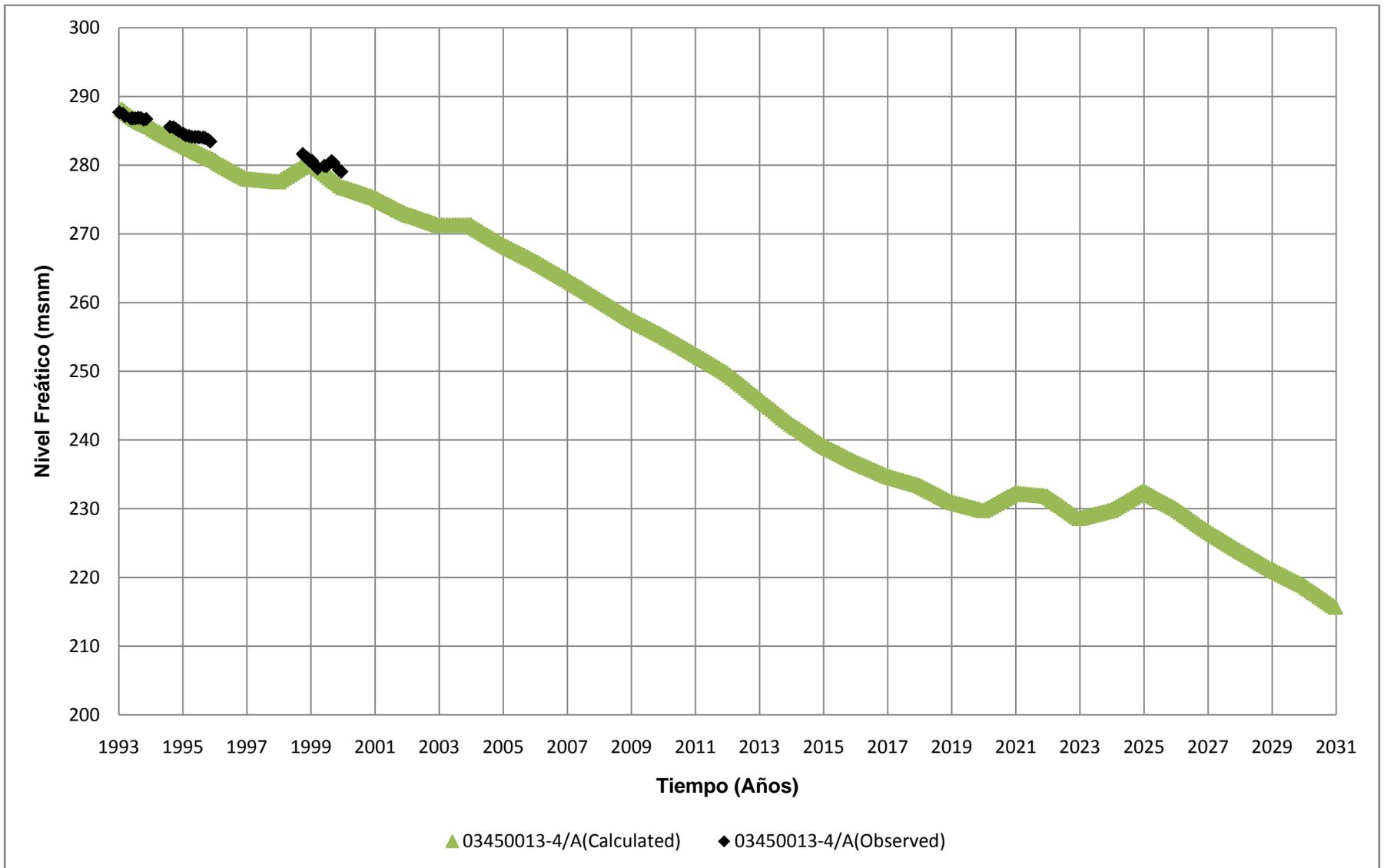


Figura G.20
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03450013-4
 Fuente: Elaboración Propia

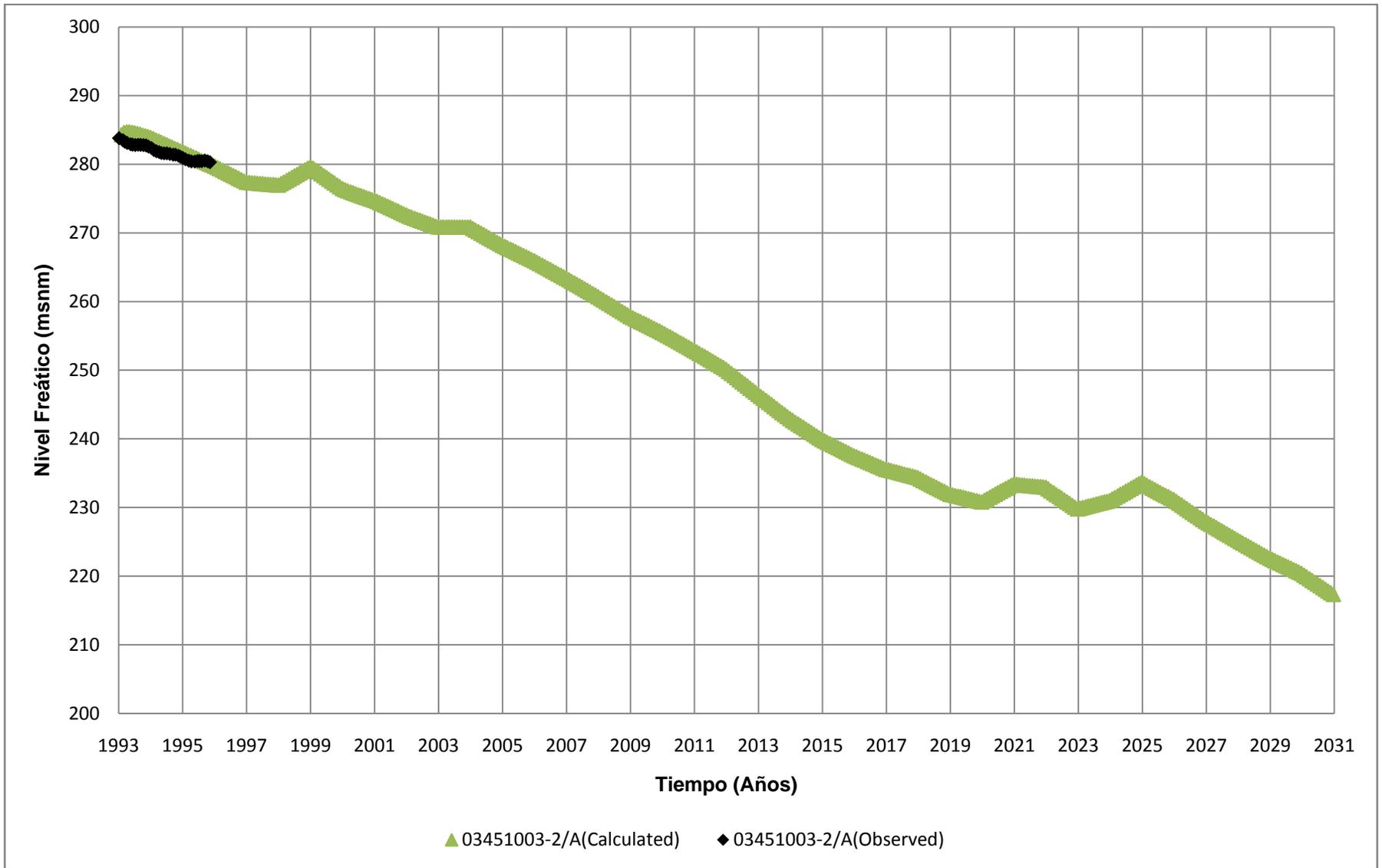


Figura G.21
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451003-2
 Fuente: Elaboración Propia

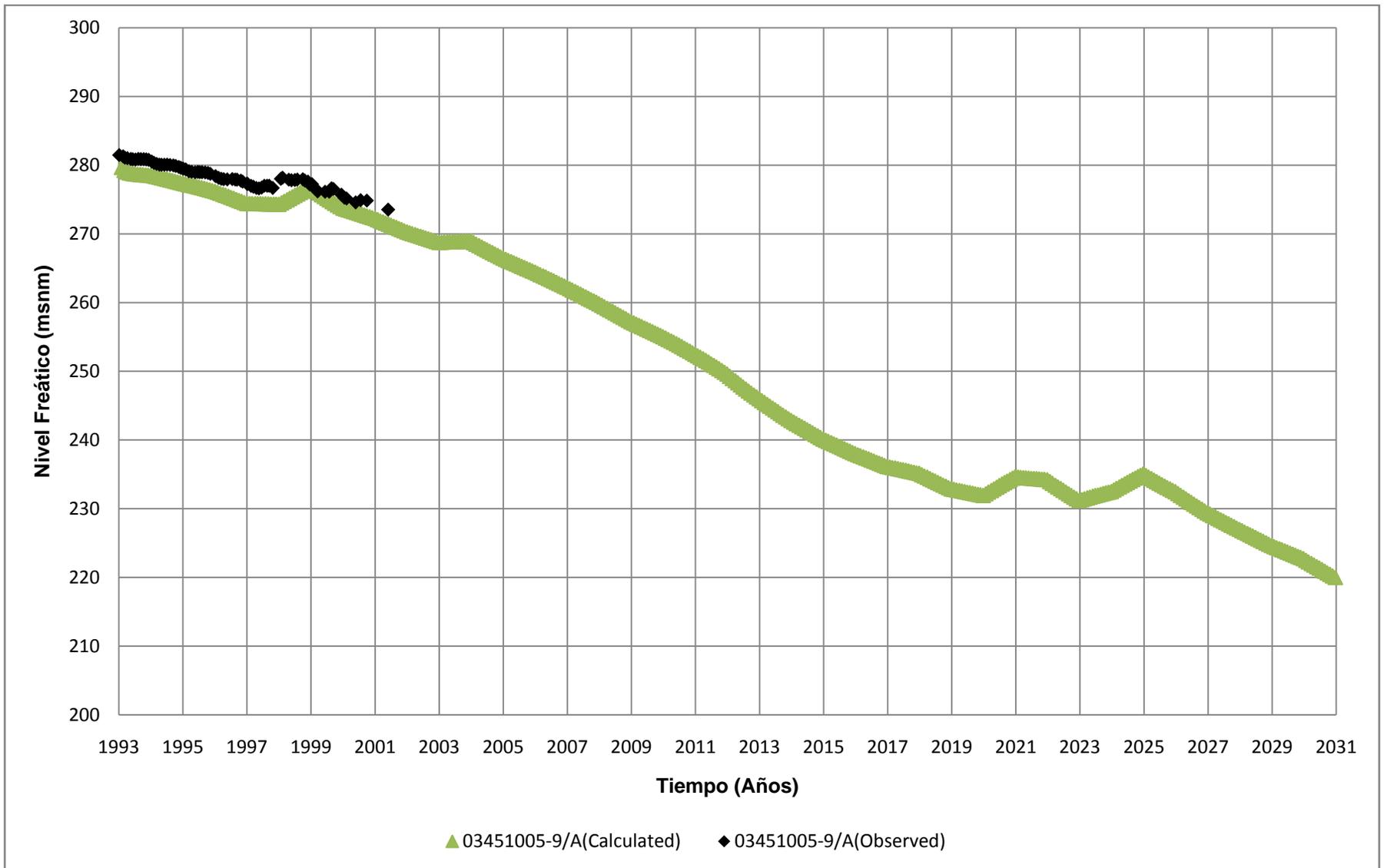


Figura G.22
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451005-9
 Fuente: Elaboración Propia

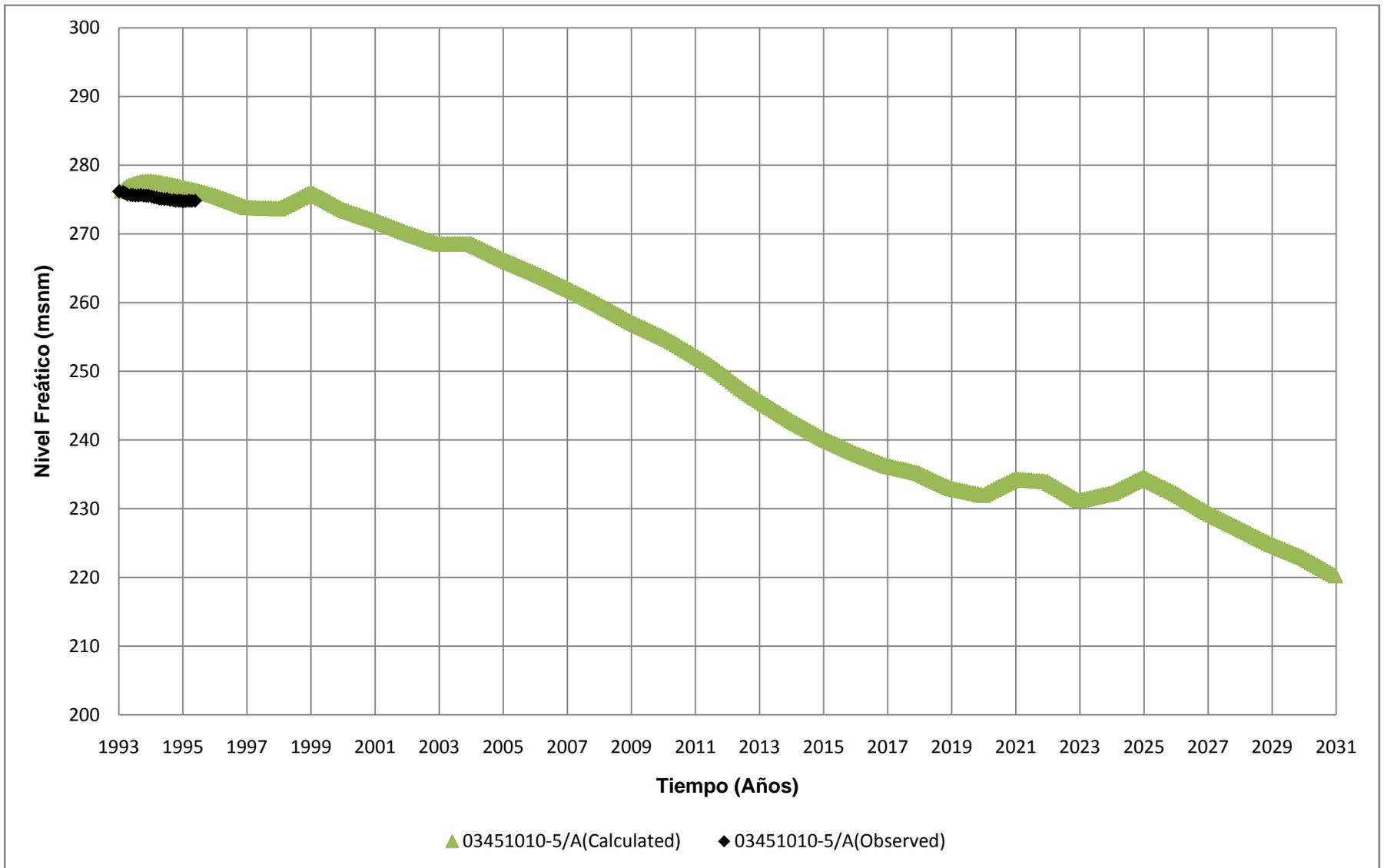


Figura G.23
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451010-5
 Fuente: Elaboración Propia

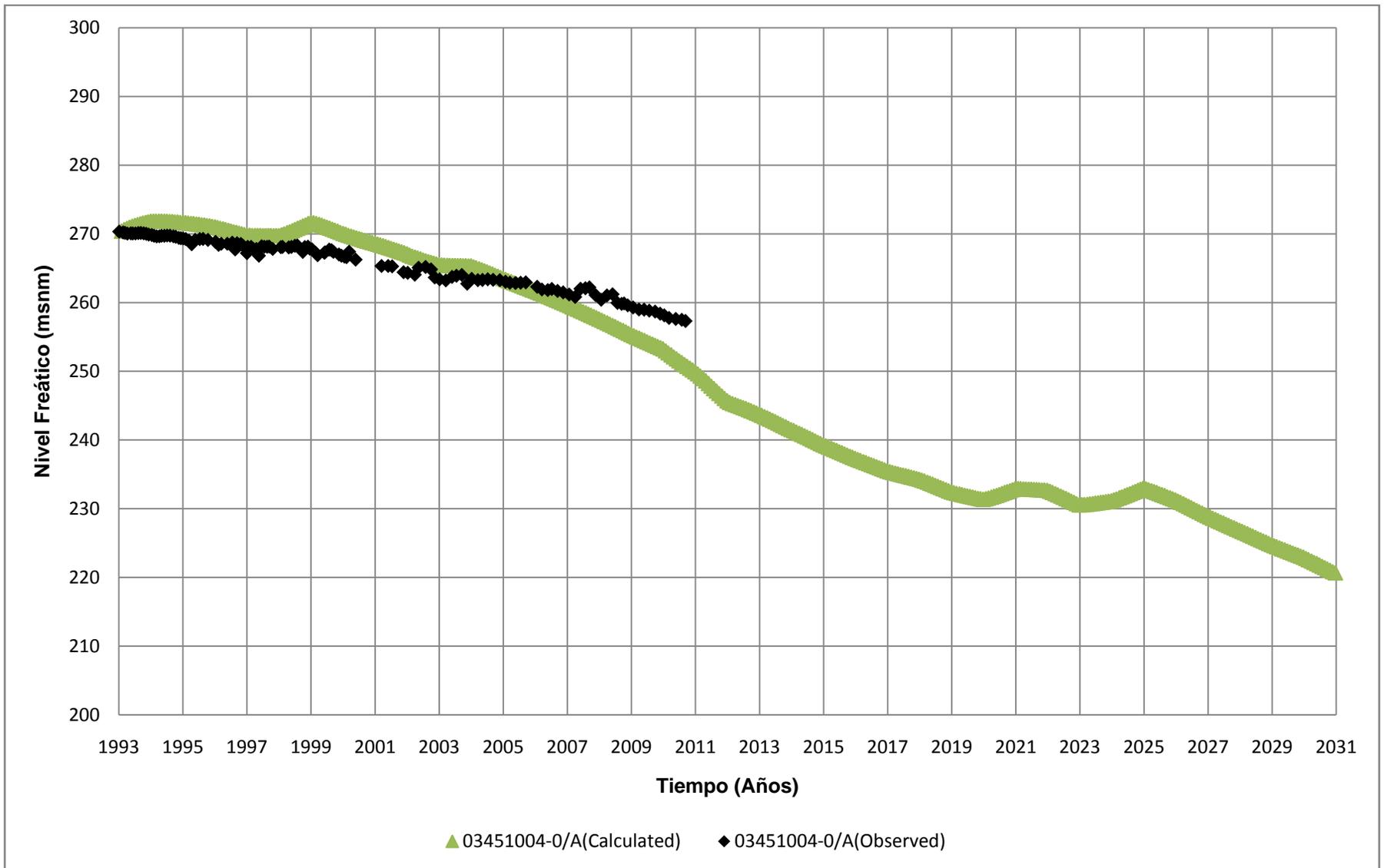


Figura G.24
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451004-0
 Fuente: Elaboración Propia

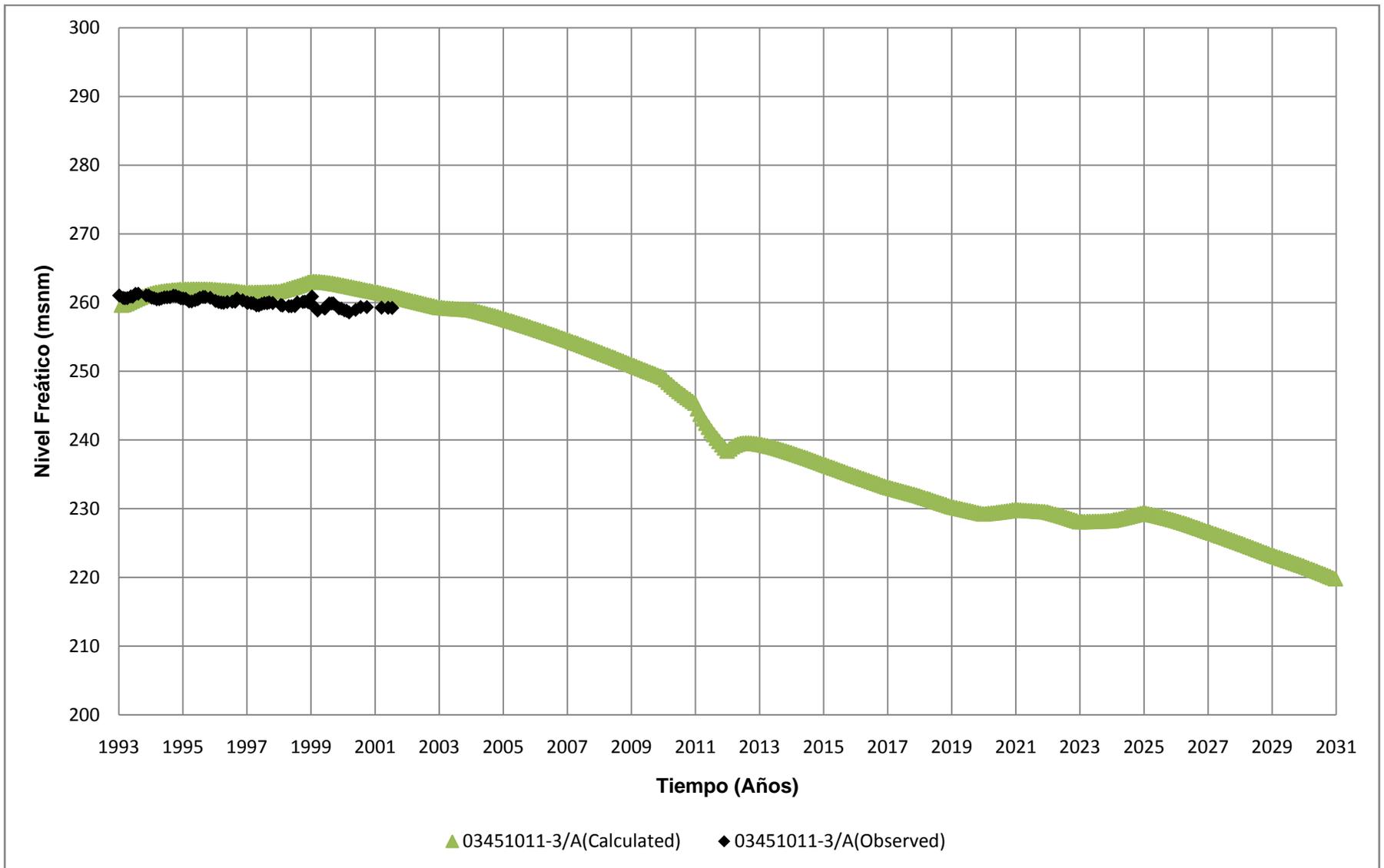


Figura G.25
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451011-3
 Fuente: Elaboración Propia

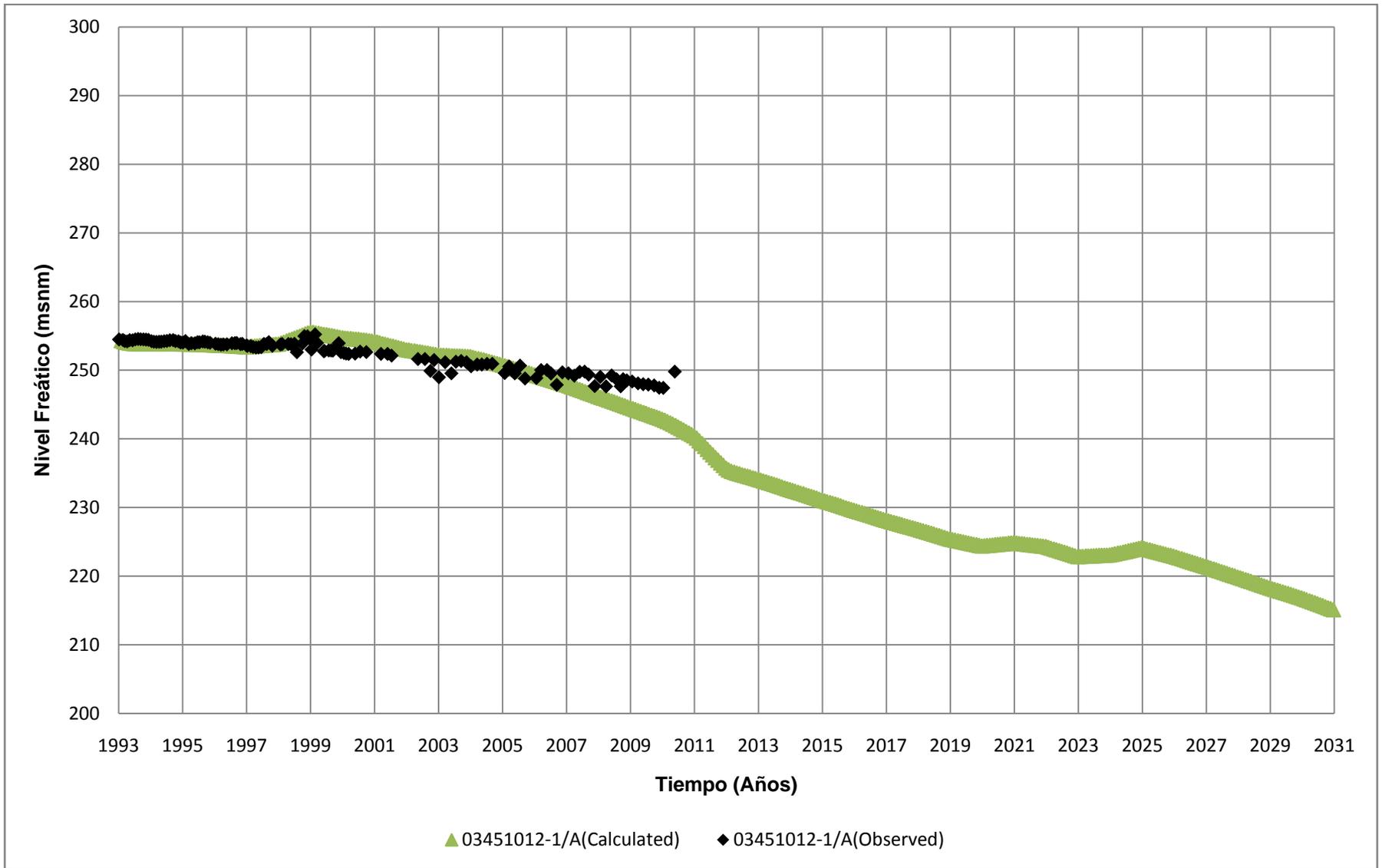


Figura G.26
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451012-1
 Fuente: Elaboración Propia

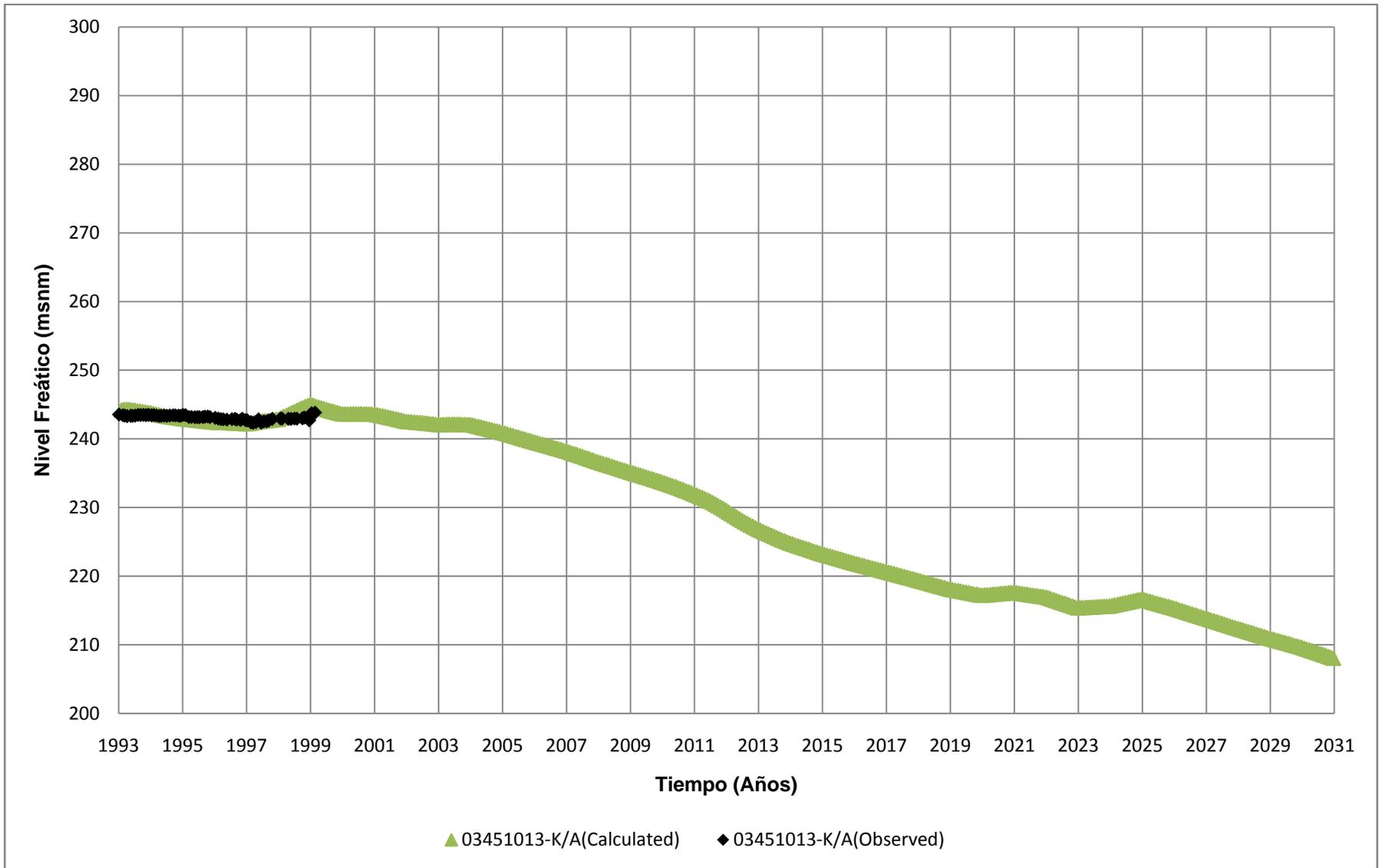


Figura G.27
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451013-K
 Fuente: Elaboración Propia

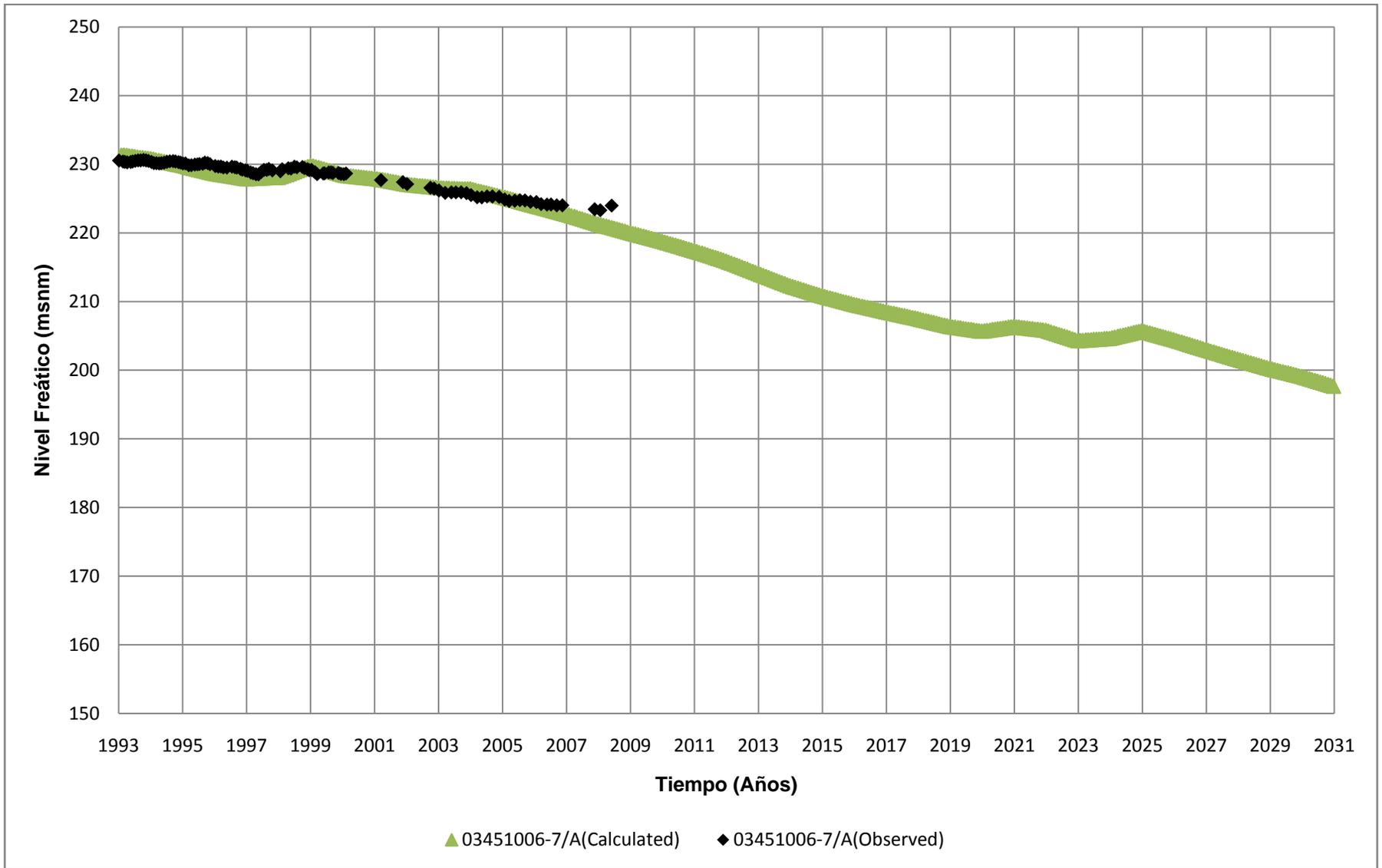


Figura G.28
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451006-7
 Fuente: Elaboración Propia

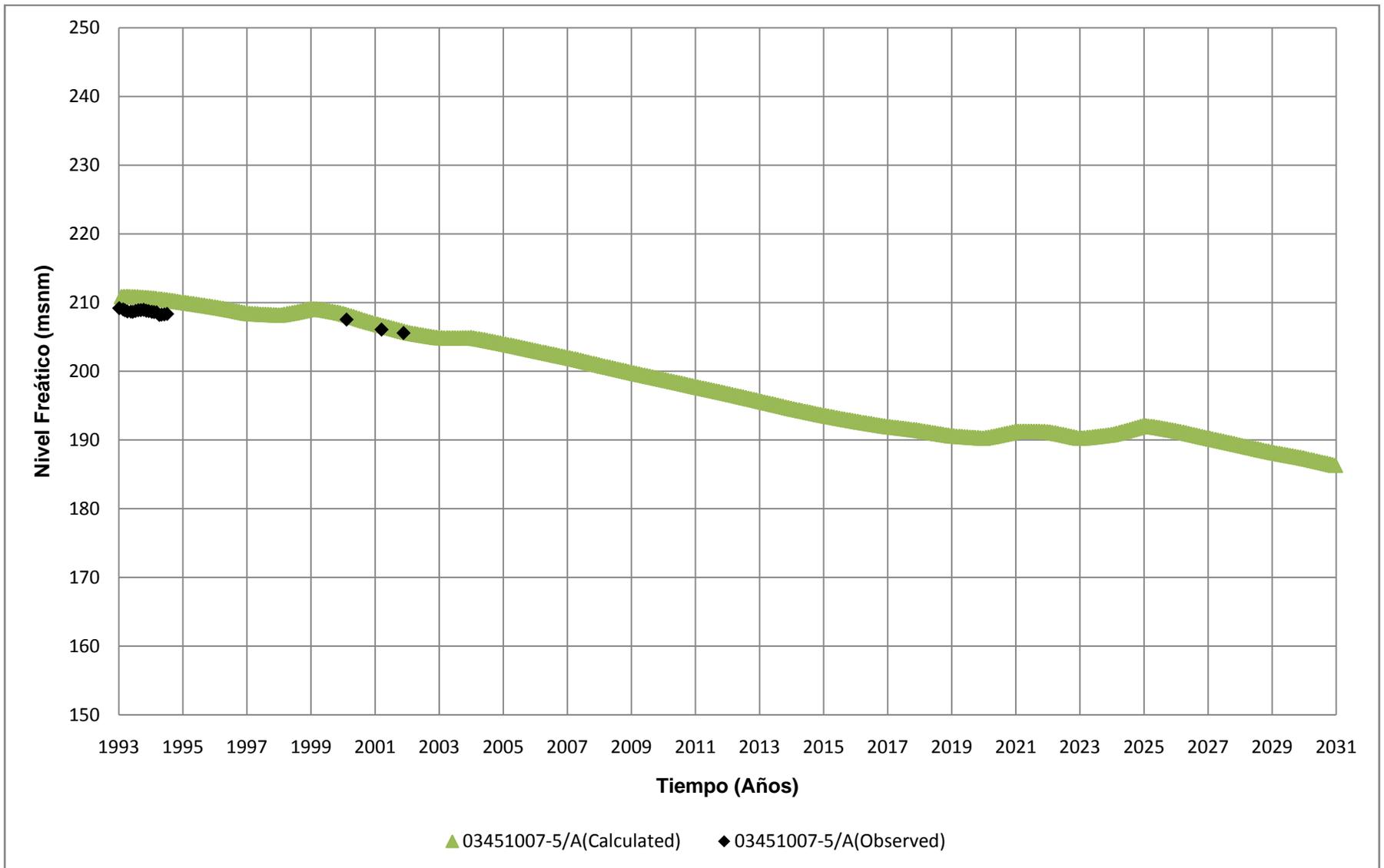


Figura G.29
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451007-5
 Fuente: Elaboración Propia

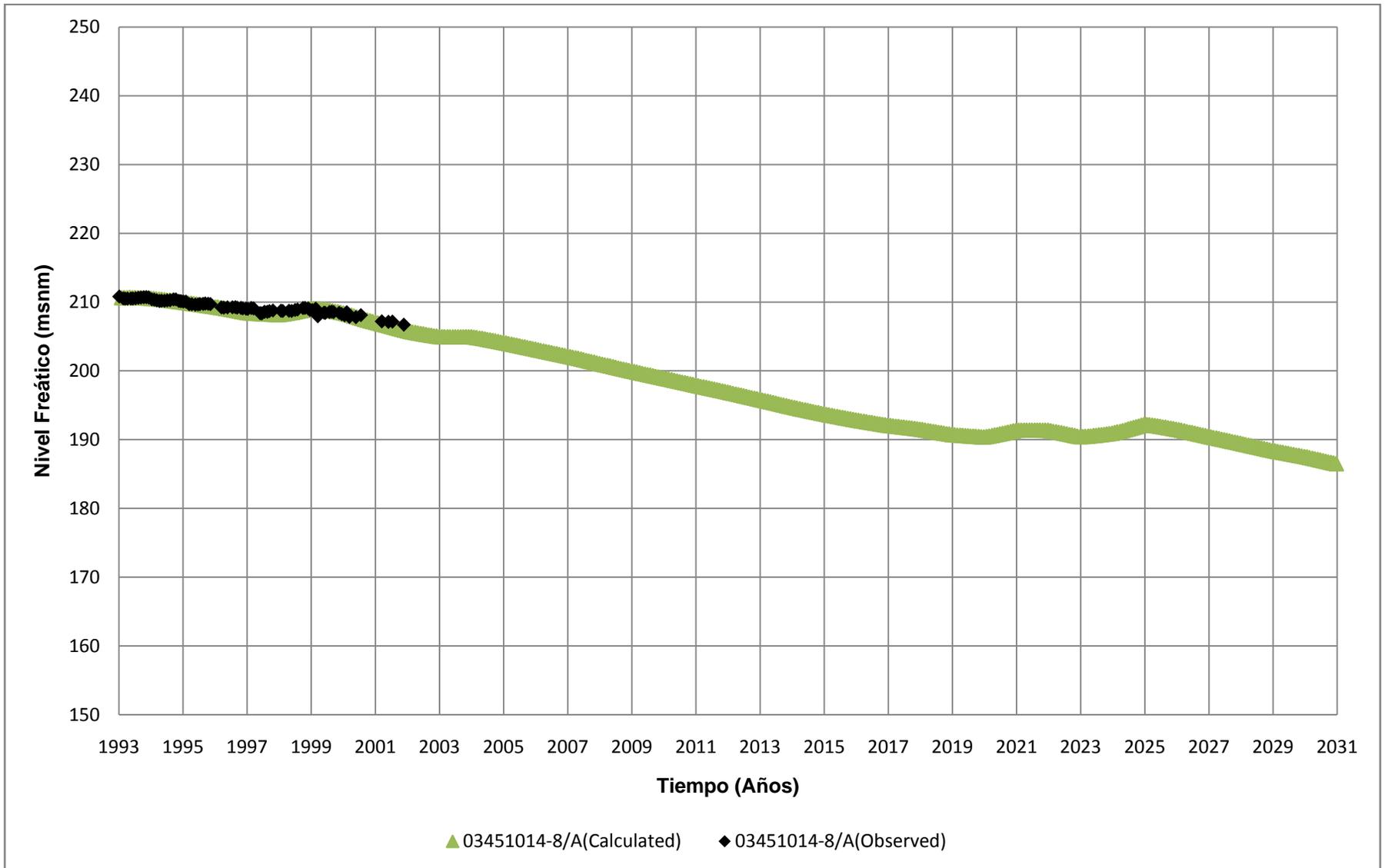


Figura G.30
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451014-8
 Fuente: Elaboración Propia

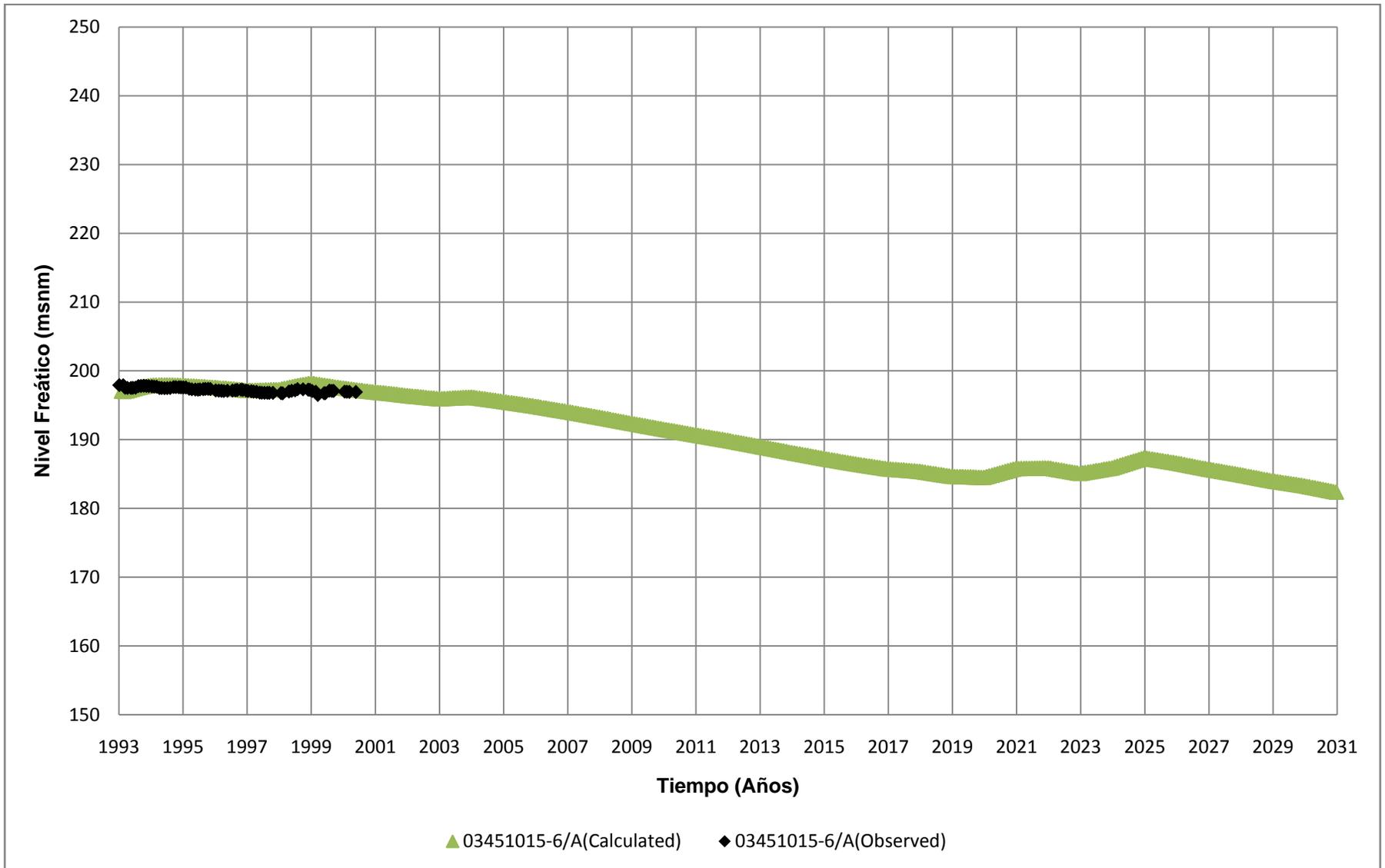


Figura G.31
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451015-6
 Fuente: Elaboración Propia

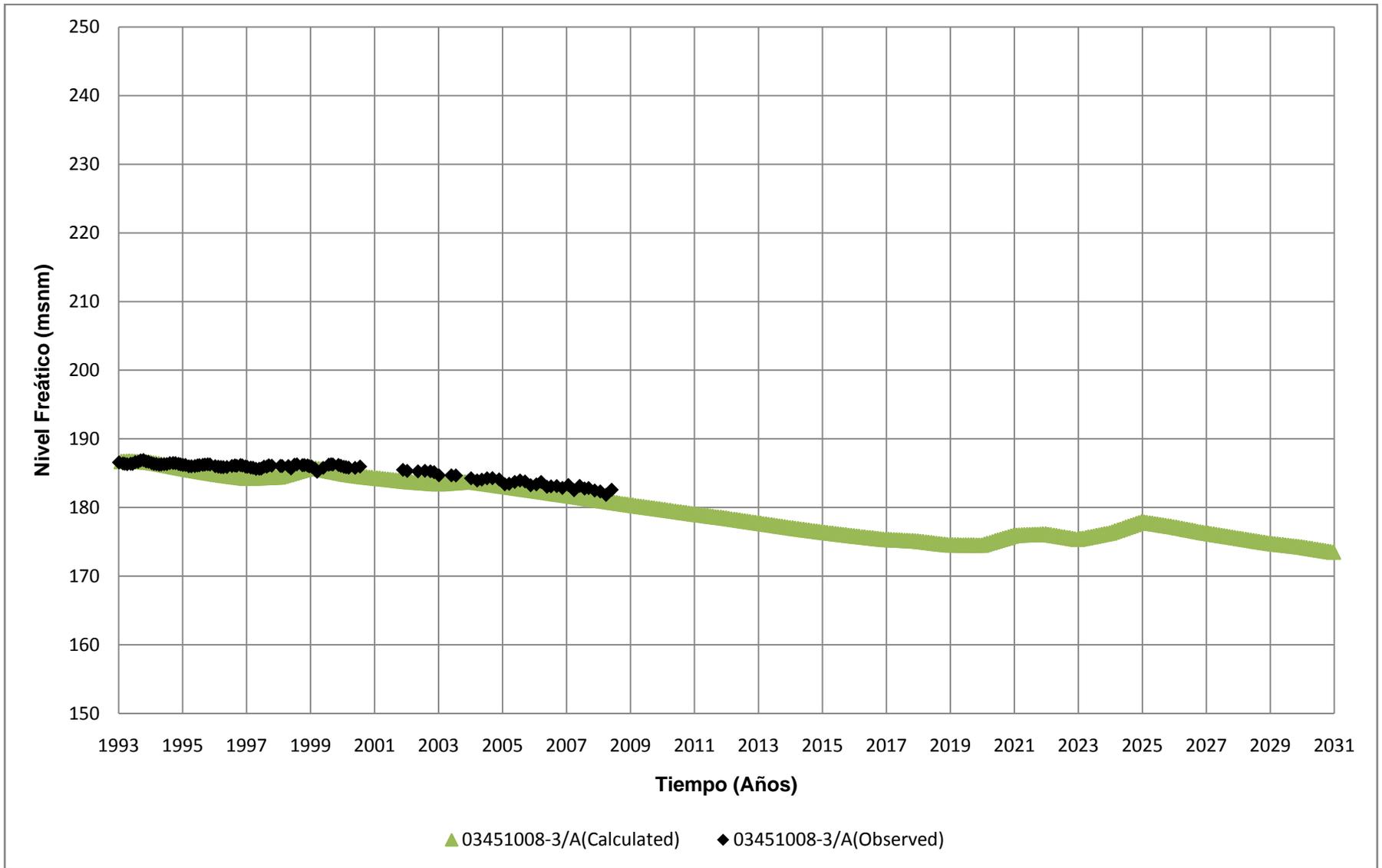


Figura G.32
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451008-3
 Fuente: Elaboración Propia

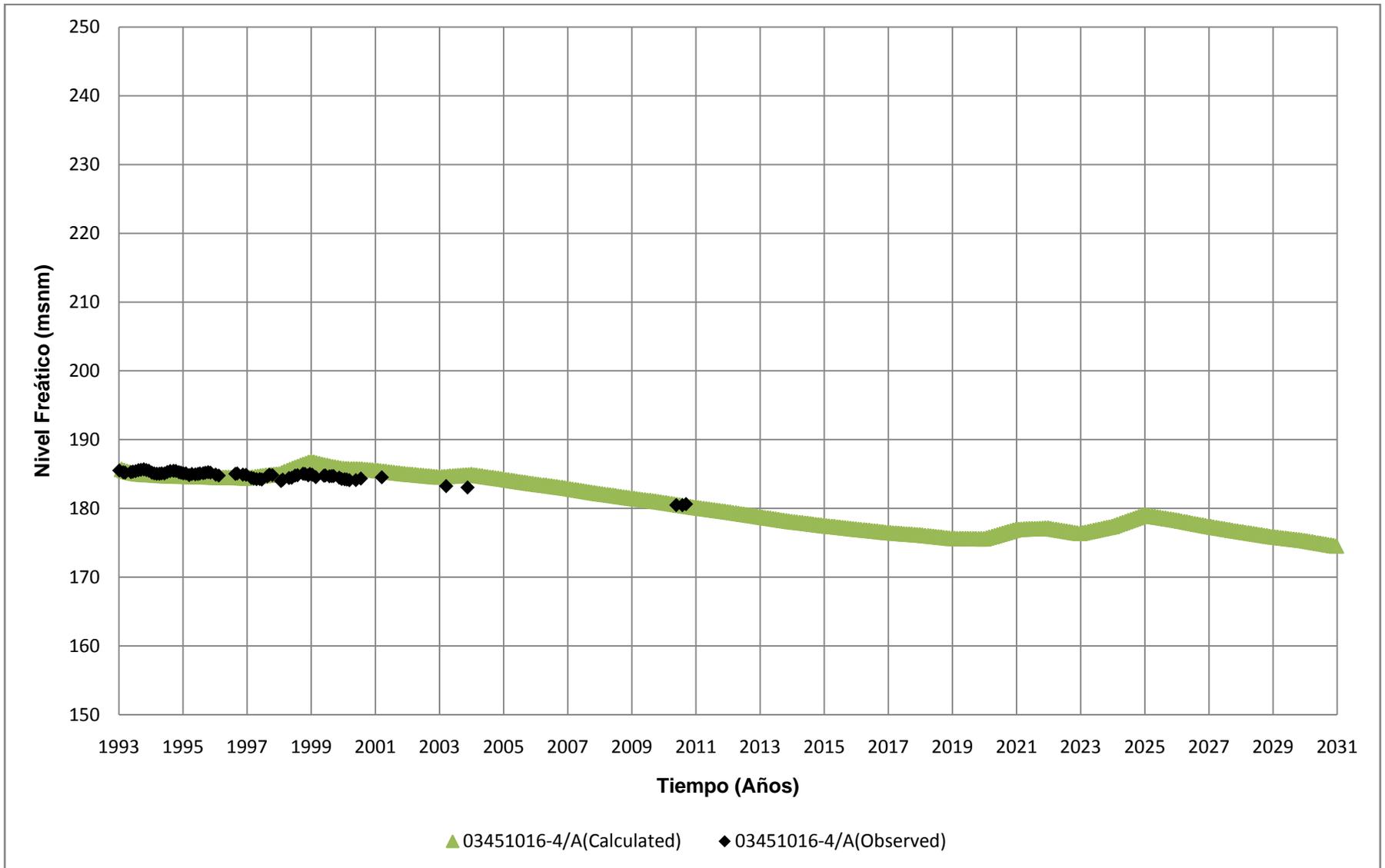


Figura G.33
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451016-4
 Fuente: Elaboración Propia

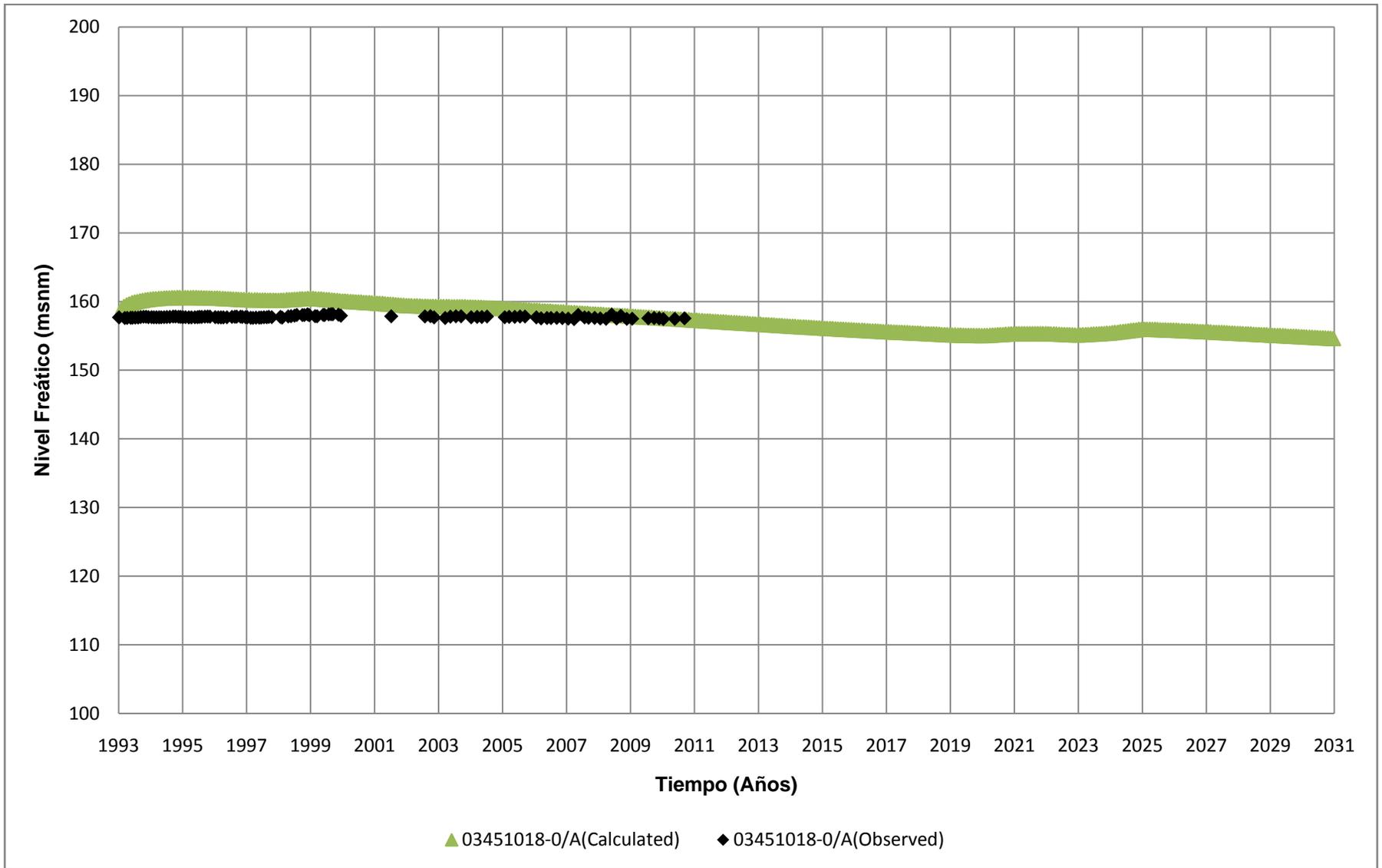


Figura G.34
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451018-0
 Fuente: Elaboración Propia

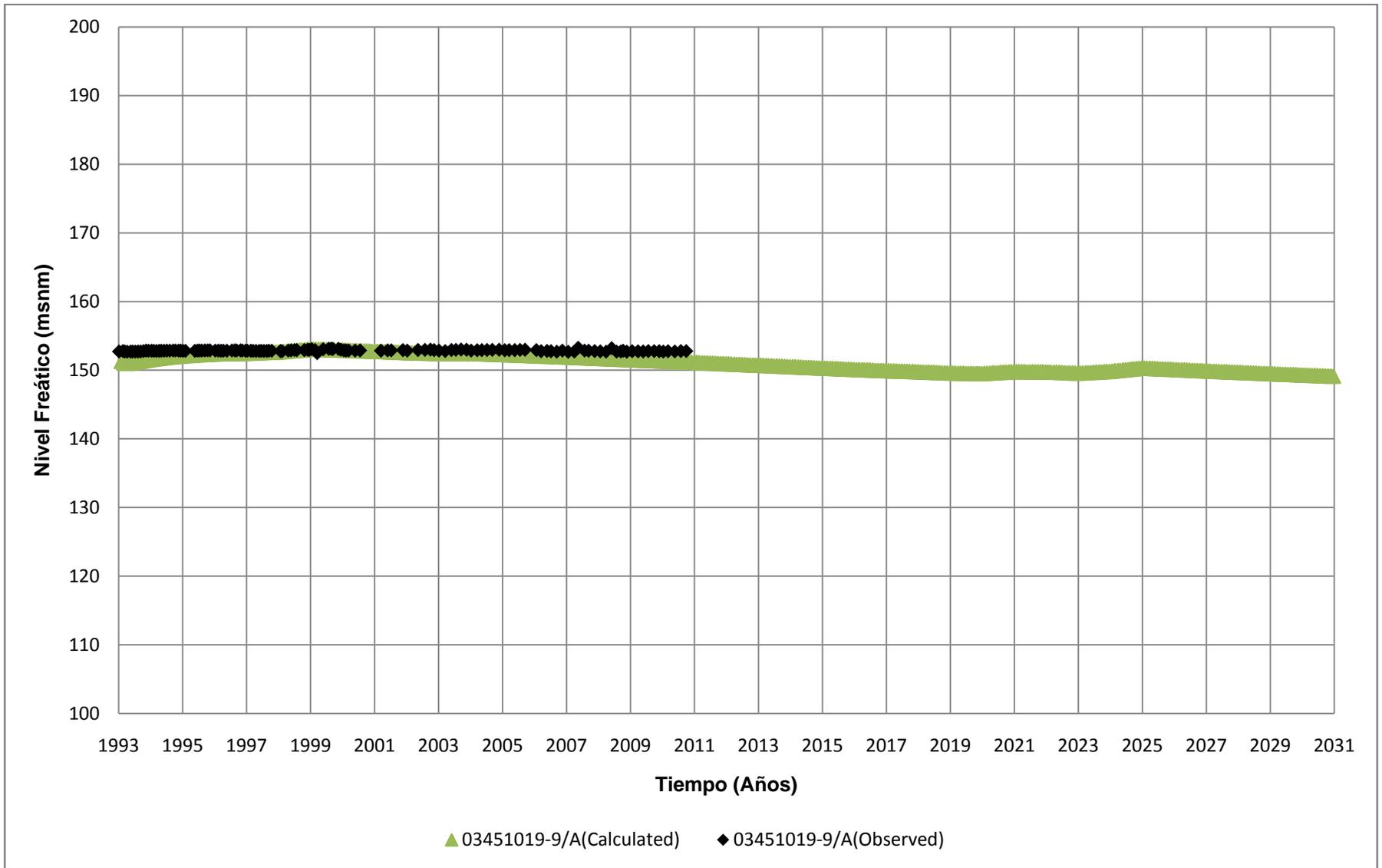


Figura G.35
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451019-9
 Fuente: Elaboración Propia

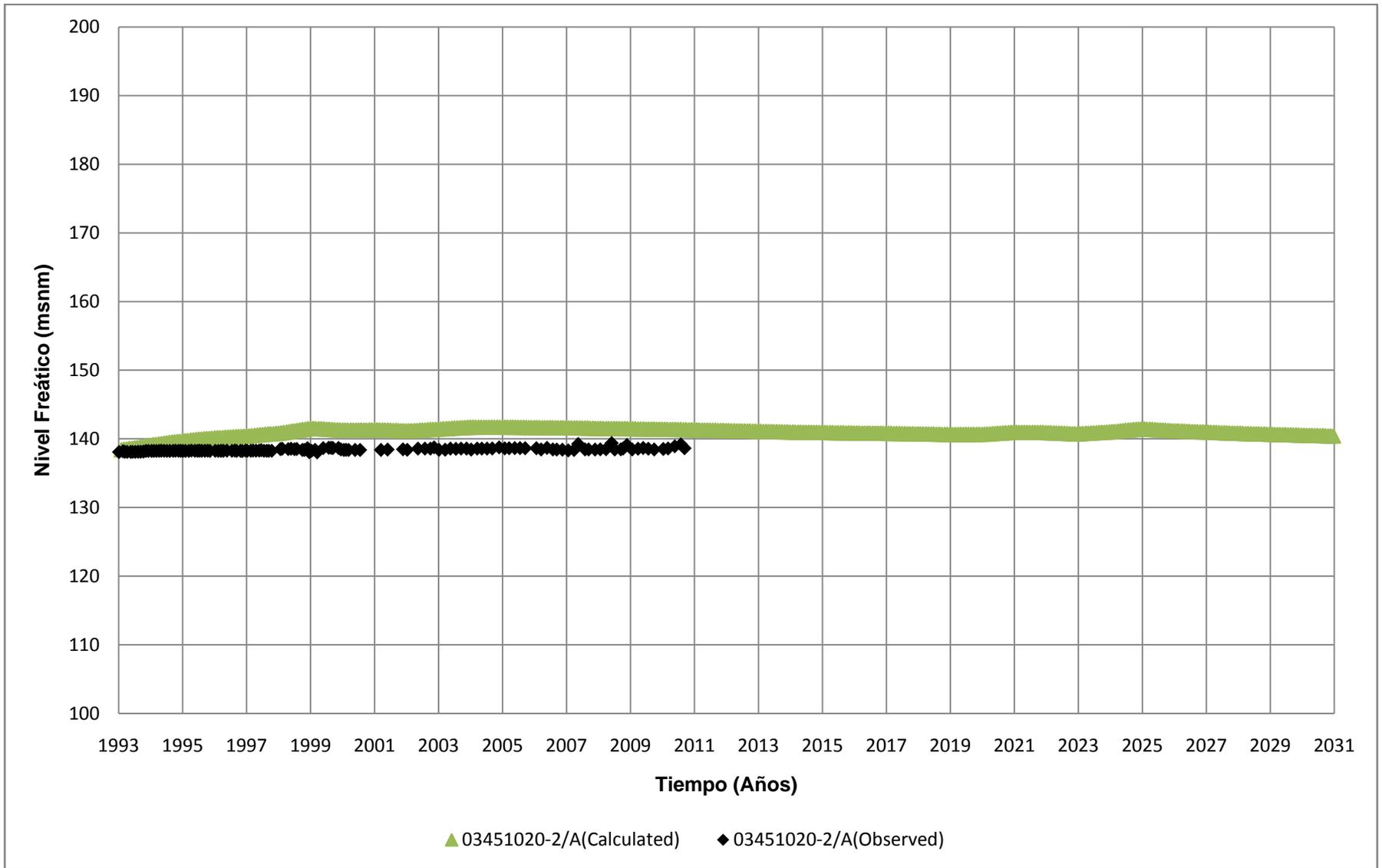


Figura G.36
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451020-2
 Fuente: Elaboración Propia

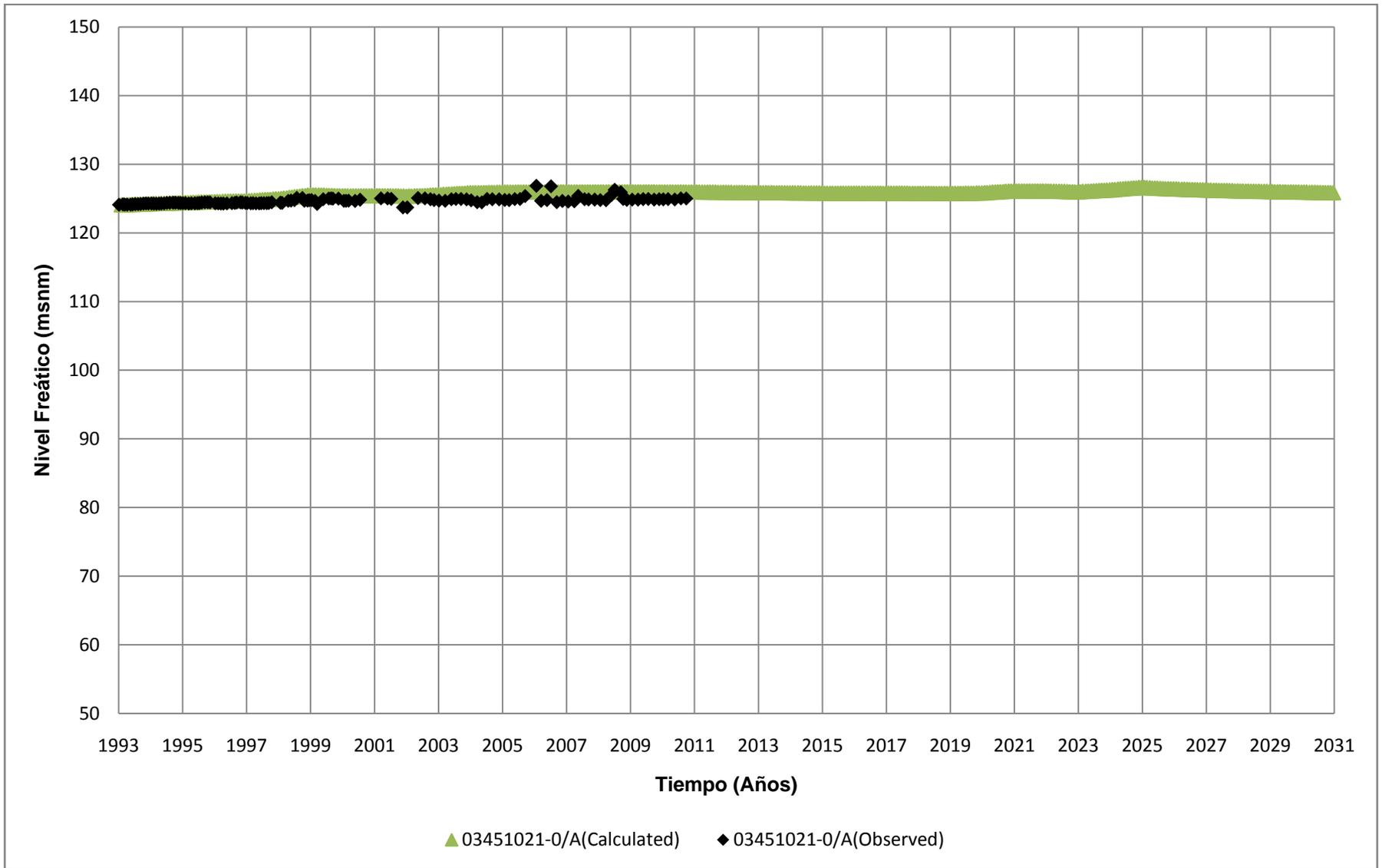


Figura G.37
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03451021-0
 Fuente: Elaboración Propia

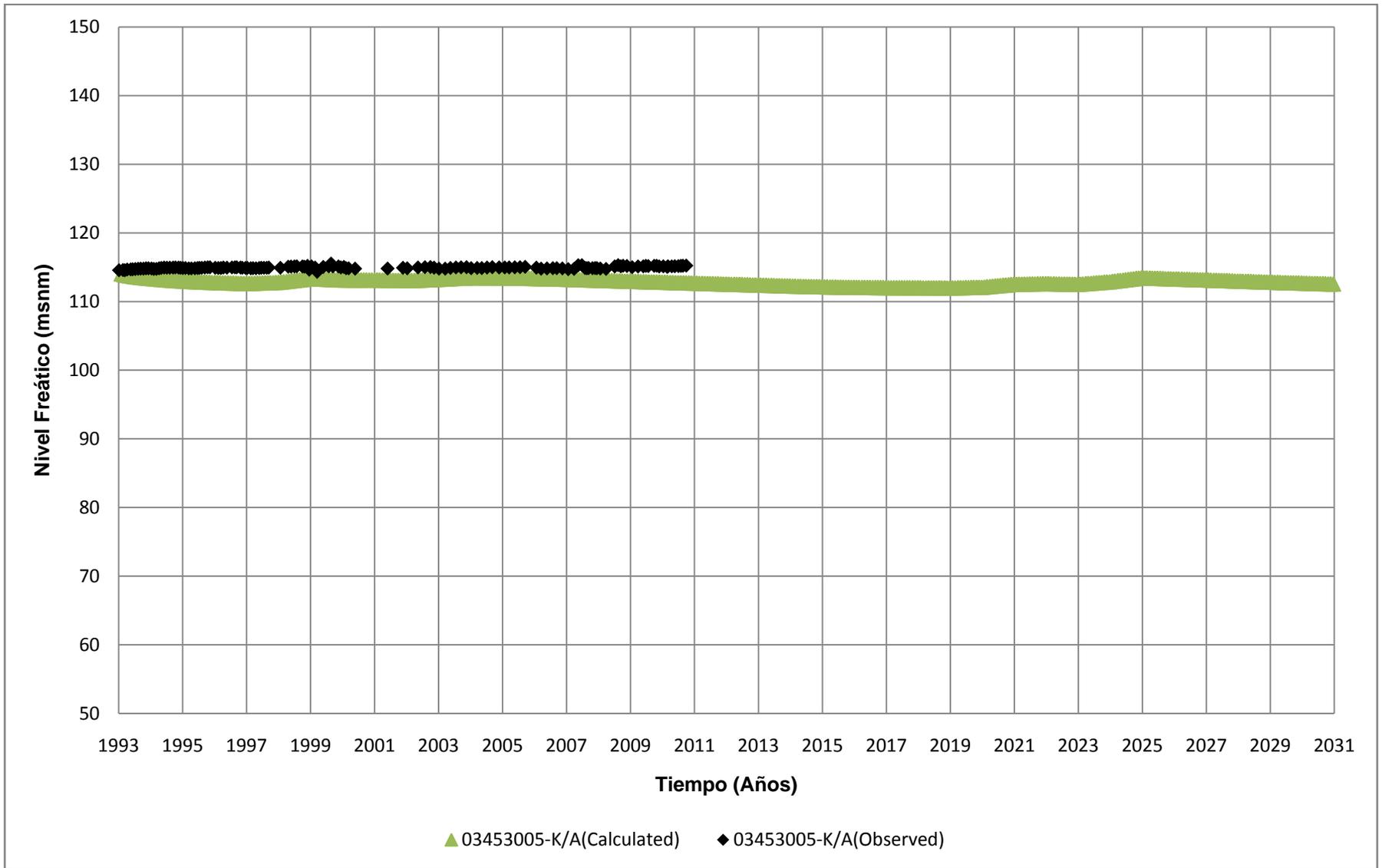


Figura G.38
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03453005-K
 Fuente: Elaboración Propia

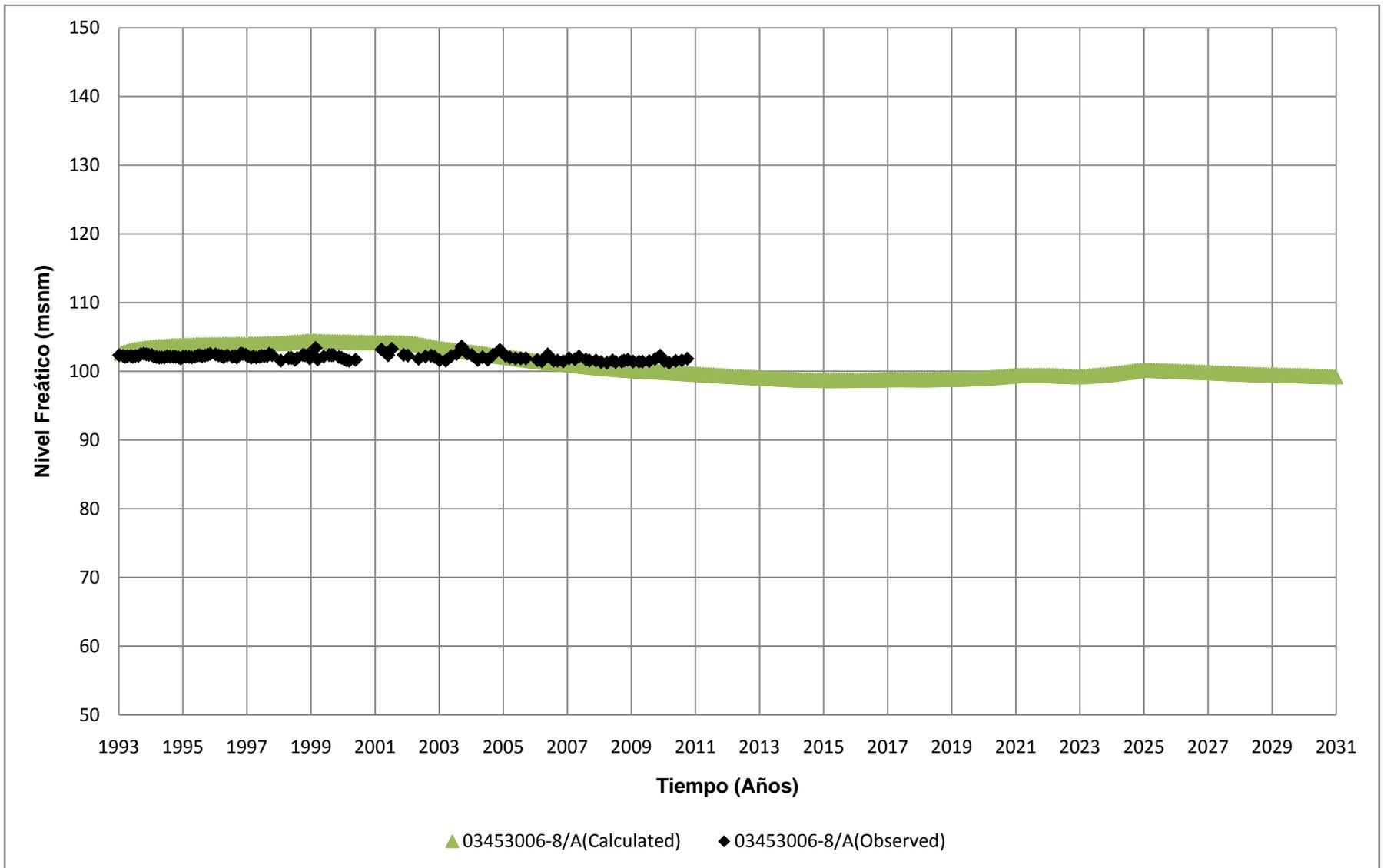


Figura G.39
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03453006-8
 Fuente: Elaboración Propia

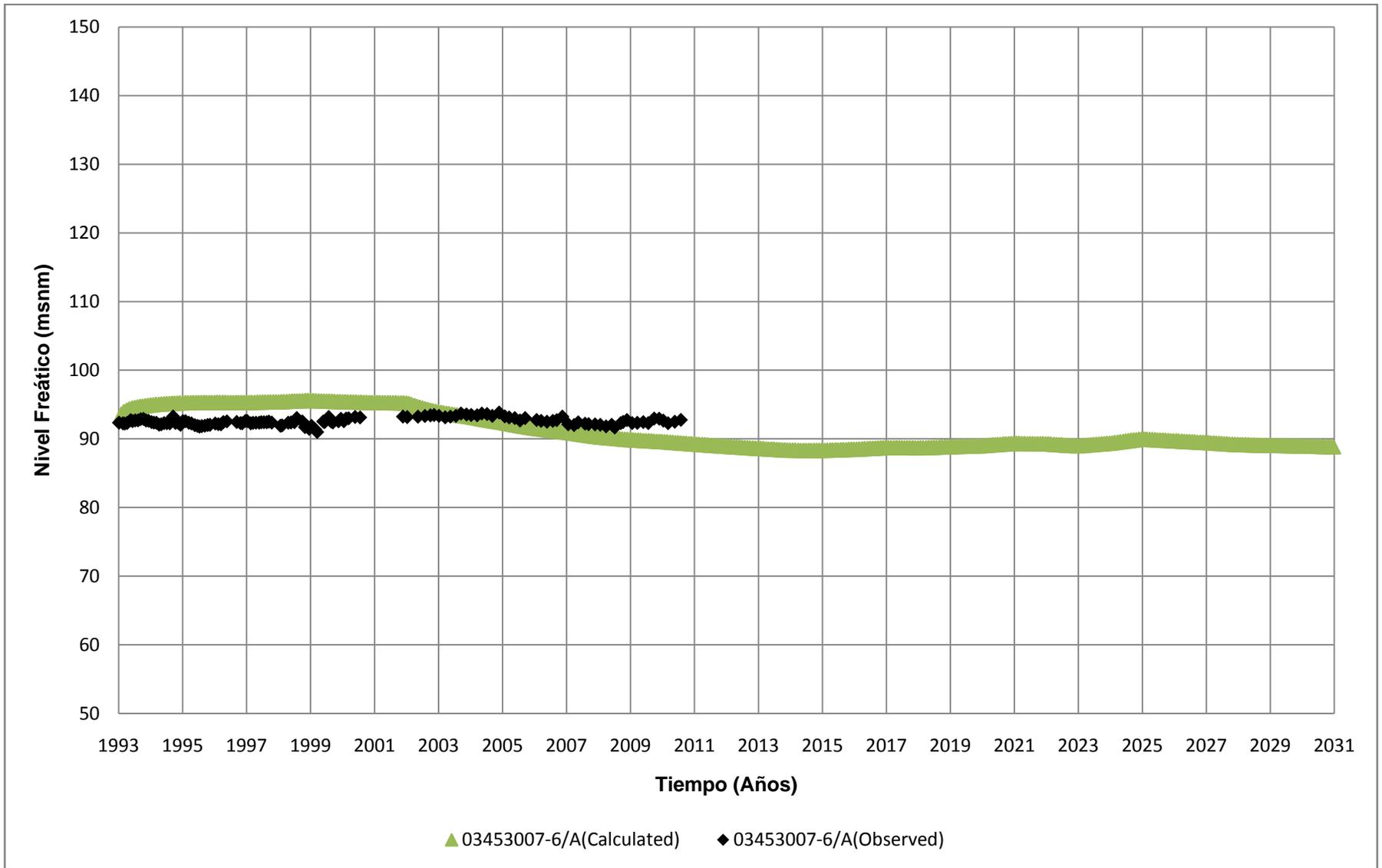


Figura G.40
Niveles simulados en Escenario 2 para pozo 03453007-6
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla G.1
Balance hídrico en Sector 3 – Escenario 2

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	1.224	50	818	0	251	1.274	1.069	205
1994	1.028	50	1.207	0	235	1.078	1.442	-364
1995	974	50	1.300	0	224	1.024	1.523	-499
1996	898	50	1.391	0	249	948	1.640	-692
1997	1.107	50	955	0	249	1.157	1.204	-47
1998	1.553	50	464	0	261	1.603	724	878
1999	1.125	50	1.640	0	280	1.175	1.920	-744
2000	1.010	50	964	0	260	1.060	1.223	-164
2001	1.132	50	1.383	0	292	1.182	1.674	-492
2002	1.165	50	1.011	0	285	1.215	1.296	-81
2003	1.376	50	936	0	292	1.426	1.228	198
2004	1.080	50	1.300	0	285	1.130	1.585	-456
2005	1.074	50	1.530	0	269	1.124	1.798	-674
2006	1.011	50	1.496	0	277	1.061	1.772	-711
2007	967	50	1.623	0	253	1.017	1.877	-860
2008	989	50	1.514	0	231	1.039	1.745	-706
2009	927	50	1.428	0	215	977	1.643	-666
2010	865	50	1.507	0	191	915	1.698	-783
2011	716	50	1.667	0	140	766	1.807	-1.041
2012	560	50	1.522	0	110	610	1.631	-1.022
2013	547	50	1.522	0	63	597	1.584	-987
2014	486	50	1.340	0	61	536	1.401	-865
2015	454	50	1.189	0	44	504	1.232	-729
2016	430	50	1.078	0	44	480	1.122	-642
2017	1.001	50	1.281	0	51	1.051	1.333	-282
2018	509	50	1.102	0	37	559	1.138	-579
2019	1.253	50	1.168	0	44	1.303	1.212	91
2020	1.794	50	1.269	0	52	1.844	1.322	523
2021	1.249	50	1.352	0	57	1.299	1.410	-110
2022	912	50	1.434	0	62	962	1.496	-534
2023	1.576	50	1.285	0	64	1.626	1.349	277
2024	1.955	50	1.243	0	66	2.005	1.310	695
2025	972	50	1.379	0	70	1.022	1.449	-427
2026	881	50	1.409	0	72	931	1.481	-550
2027	872	50	1.471	0	74	922	1.546	-624
2028	722	50	1.365	0	73	772	1.439	-667
2029	1.016	50	1.342	0	74	1.066	1.416	-350
2030	652	50	1.368	0	73	702	1.441	-739

Fuente: Elaboración Propia

Tabla G.2
Balance hídrico en Sector 4 – Escenario 2

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	775	251	731	0	250	1.027	981	45
1994	724	235	873	0	262	959	1.135	-177
1995	713	224	1.013	0	260	937	1.273	-337
1996	652	249	1.083	0	262	901	1.345	-444
1997	777	249	863	0	266	1.025	1.129	-104
1998	1.014	261	438	0	274	1.274	712	562
1999	804	280	1.359	0	286	1.083	1.645	-562
2000	661	260	872	0	283	921	1.154	-234
2001	798	292	1.239	0	286	1.090	1.525	-436
2002	747	285	1.038	0	285	1.032	1.323	-292
2003	961	292	1.037	0	284	1.253	1.321	-68
2004	754	285	1.189	0	288	1.040	1.477	-437
2005	827	269	1.306	0	286	1.095	1.591	-496
2006	756	277	1.244	0	284	1.032	1.528	-496
2007	709	253	1.409	0	270	962	1.679	-717
2008	708	231	1.528	0	259	939	1.787	-848
2009	697	215	1.493	0	249	912	1.742	-830
2010	665	191	1.587	0	236	856	1.823	-968
2011	561	140	1.459	0	222	701	1.682	-980
2012	398	110	1.019	0	219	508	1.238	-730
2013	393	63	1.019	0	218	455	1.237	-781
2014	374	61	915	0	214	435	1.129	-694
2015	416	44	838	0	212	460	1.050	-590
2016	414	44	783	0	210	458	993	-534
2017	764	51	891	0	213	815	1.104	-289
2018	421	37	796	0	209	458	1.006	-548
2019	873	44	834	0	214	916	1.049	-132
2020	1.362	52	891	0	221	1.414	1.113	301
2021	906	57	933	0	225	963	1.158	-195
2022	577	62	975	0	223	639	1.198	-558
2023	1.142	64	895	0	226	1.206	1.121	85
2024	1.406	66	878	0	236	1.472	1.115	358
2025	636	70	947	0	237	706	1.184	-478
2026	550	72	962	0	232	622	1.194	-573
2027	602	74	994	0	227	677	1.221	-544
2028	535	73	932	0	222	608	1.153	-545
2029	670	74	924	0	220	744	1.144	-400
2030	461	73	933	0	214	534	1.146	-612

Fuente: Elaboración Propia

Tabla G.3
Balance hídrico en Sector 5 – Escenario 2

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	320	250	688	0	216	570	903	-334
1994	195	262	781	0	188	458	969	-511
1995	224	260	783	0	170	484	953	-469
1996	157	262	824	0	154	419	978	-559
1997	465	266	691	0	152	731	843	-112
1998	939	274	416	0	174	1.213	590	623
1999	108	286	1.043	0	129	394	1.172	-778
2000	175	283	670	0	123	458	793	-335
2001	209	286	897	0	111	495	1.008	-513
2002	256	285	757	0	111	541	867	-326
2003	626	284	726	0	122	911	848	63
2004	150	288	872	0	100	438	972	-533
2005	254	286	968	0	95	540	1.063	-523
2006	191	284	925	0	84	475	1.010	-535
2007	205	270	977	0	77	475	1.054	-579
2008	114	259	901	0	64	373	965	-592
2009	176	249	855	0	61	425	916	-491
2010	163	236	897	0	81	399	978	-580
2011	172	222	905	0	113	395	1.018	-624
2012	4	219	905	0	64	224	970	-746
2013	4	218	905	0	43	222	948	-726
2014	4	214	803	0	30	218	834	-616
2015	71	212	722	0	27	283	750	-467
2016	94	210	663	0	25	304	688	-384
2017	362	213	774	0	33	575	807	-232
2018	39	209	677	0	20	248	697	-449
2019	333	214	714	0	25	547	739	-192
2020	1.202	221	770	0	58	1.423	828	595
2021	617	225	815	0	49	842	863	-21
2022	56	223	858	0	25	279	883	-604
2023	906	226	777	0	46	1.132	823	309
2024	1.222	236	756	0	64	1.459	820	639
2025	175	237	829	0	36	412	865	-453
2026	15	232	845	0	21	247	866	-618
2027	138	227	878	0	18	365	896	-531
2028	103	222	818	0	13	324	831	-507
2029	183	220	808	0	12	403	819	-416
2030	9	214	820	0	6	223	826	-603

Fuente: Elaboración Propia

Tabla G.4
Balance hídrico en Sector 6 – Escenario 2

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	143	216	366	125	0	359	491	-132
1994	17	188	415	117	0	205	532	-327
1995	9	170	418	110	0	180	528	-348
1996	2	154	430	106	0	156	536	-380
1997	320	152	361	112	0	472	472	0
1998	805	174	217	136	0	979	353	625
1999	22	129	545	120	0	151	665	-514
2000	3	123	351	115	0	126	466	-340
2001	38	111	469	111	0	150	580	-431
2002	87	111	395	103	0	197	498	-301
2003	391	122	398	104	0	513	502	11
2004	22	100	456	100	0	122	556	-434
2005	38	95	505	97	0	133	602	-469
2006	20	84	484	94	0	104	577	-473
2007	12	77	523	91	0	88	613	-525
2008	7	64	484	88	0	71	572	-501
2009	2	61	456	86	0	63	542	-478
2010	5	81	577	83	0	86	660	-574
2011	28	113	749	81	0	141	830	-689
2012	2	64	487	79	0	66	565	-499
2013	2	43	487	77	0	44	563	-519
2014	2	30	428	75	0	32	503	-470
2015	2	27	378	74	0	29	452	-423
2016	4	25	342	73	0	30	415	-385
2017	146	33	408	72	0	179	480	-301
2018	8	20	350	71	0	28	420	-392
2019	247	25	371	72	0	273	443	-170
2020	941	58	404	80	0	999	484	514
2021	413	49	431	80	0	461	511	-50
2022	28	25	458	76	0	53	534	-480
2023	805	46	409	83	0	851	493	358
2024	1.153	64	395	96	0	1.217	491	725
2025	64	36	440	88	0	100	528	-428
2026	6	21	450	83	0	27	533	-506
2027	50	18	470	79	0	67	549	-482
2028	19	13	436	76	0	32	511	-479
2029	79	12	428	73	0	91	501	-410
2030	2	6	437	71	0	8	507	-499

Fuente: Elaboración Propia

Tabla G.5
Balance hídrico entre La Puerta y Angostura – Escenario 2

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	2.463	50	2.603	125	0	2.513	2.728	-215
1994	1.964	50	3.277	117	0	2.014	3.394	-1.380
1995	1.921	50	3.513	110	0	1.971	3.624	-1.653
1996	1.709	50	3.728	106	0	1.759	3.834	-2.075
1997	2.669	50	2.870	112	0	2.719	2.982	-263
1998	4.310	50	1.535	136	0	4.360	1.671	2.689
1999	2.059	50	4.587	120	0	2.109	4.707	-2.598
2000	1.849	50	2.857	115	0	1.899	2.971	-1.072
2001	2.178	50	3.988	111	0	2.228	4.099	-1.872
2002	2.254	50	3.201	103	0	2.304	3.304	-1.000
2003	3.354	50	3.097	104	0	3.404	3.201	203
2004	2.007	50	3.817	100	0	2.057	3.917	-1.860
2005	2.193	50	4.309	97	0	2.243	4.405	-2.162
2006	1.977	50	4.148	94	0	2.027	4.242	-2.215
2007	1.892	50	4.532	91	0	1.942	4.623	-2.681
2008	1.818	50	4.426	88	0	1.868	4.514	-2.647
2009	1.802	50	4.232	86	0	1.852	4.317	-2.466
2010	1.697	50	4.568	83	0	1.747	4.652	-2.904
2011	1.478	50	4.780	81	0	1.528	4.861	-3.333
2012	964	50	3.933	79	0	1.014	4.011	-2.998
2013	946	50	3.933	77	0	996	4.009	-3.013
2014	865	50	3.485	75	0	915	3.560	-2.645
2015	943	50	3.127	74	0	993	3.201	-2.208
2016	943	50	2.866	73	0	993	2.938	-1.946
2017	2.273	50	3.355	72	0	2.323	3.427	-1.105
2018	976	50	2.924	71	0	1.026	2.995	-1.968
2019	2.706	50	3.088	72	0	2.756	3.160	-403
2020	5.298	50	3.335	80	0	5.348	3.415	1.933
2021	3.185	50	3.531	80	0	3.235	3.611	-376
2022	1.573	50	3.724	76	0	1.623	3.800	-2.177
2023	4.430	50	3.366	83	0	4.480	3.450	1.030
2024	5.736	50	3.273	96	0	5.786	3.369	2.417
2025	1.847	50	3.595	88	0	1.897	3.683	-1.786
2026	1.451	50	3.665	83	0	1.501	3.748	-2.247
2027	1.662	50	3.813	79	0	1.712	3.892	-2.180
2028	1.379	50	3.551	76	0	1.429	3.627	-2.198
2029	1.948	50	3.502	73	0	1.998	3.575	-1.577
2030	1.124	50	3.557	71	0	1.174	3.627	-2.453

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO H

Ajuste y Balance Hídrico en Escenario 3

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura H.1 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431011-4.....	H.1
Figura H.2 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431006-8.....	H.2
Figura H.3 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431007-6.....	H.3
Figura H.4 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431008-4.....	H.4
Figura H.5 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431010-6.....	H.5
Figura H.6 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431012-2.....	H.6
Figura H.7 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03434005-6.....	H.7
Figura H.8 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03434006-4.....	H.8
Figura H.9 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03434007-2.....	H.9
Figura H.10 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03434008-0.....	H.10
Figura H.11 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03434009-9.....	H.11
Figura H.12 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450006-1.....	H.12
Figura H.13 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450015-0.....	H.13
Figura H.14 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450005-3.....	H.14
Figura H.15 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450007-K.....	H.15
Figura H.16 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450017-7.....	H.16
Figura H.17 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450008-8.....	H.17
Figura H.18 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450012-6.....	H.18
Figura H.19 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450016-9.....	H.19
Figura H.20 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450013-4.....	H.20
Figura H.21 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451003-2.....	H.21
Figura H.22 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451005-9.....	H.22
Figura H.23 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451010-5.....	H.23
Figura H.24 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451004-0.....	H.24
Figura H.25 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451011-3.....	H.25
Figura H.26 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451012-1.....	H.26
Figura H.27 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451013-K.....	H.27
Figura H.28 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451006-7.....	H.28
Figura H.29 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451007-5.....	H.29
Figura H.30 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451014-8.....	H.30
Figura H.31 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451015-6.....	H.31
Figura H.32 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451008-3.....	H.32
Figura H.33 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451016-4.....	H.33
Figura H.34 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451018-0.....	H.34
Figura H.35 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451019-9.....	H.35
Figura H.36 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451020-2.....	H.36
Figura H.37 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451021-0.....	H.37
Figura H.38 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03453005-K.....	H.38
Figura H.39 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03453006-8.....	H.39
Figura H.40 Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03453007-6.....	H.40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla H.1 Balance hídrico en Sector 3 – Escenario 3	H.41
Tabla H.2 Balance hídrico en Sector 4 – Escenario 3	H.42
Tabla H.3 Balance hídrico en Sector 5 – Escenario 3	H.43
Tabla H.4 Balance hídrico en Sector 6 – Escenario 3	H.44
Tabla H.5 Balance hídrico entre La Puerta y Angostura – Escenario 3.....	H.45

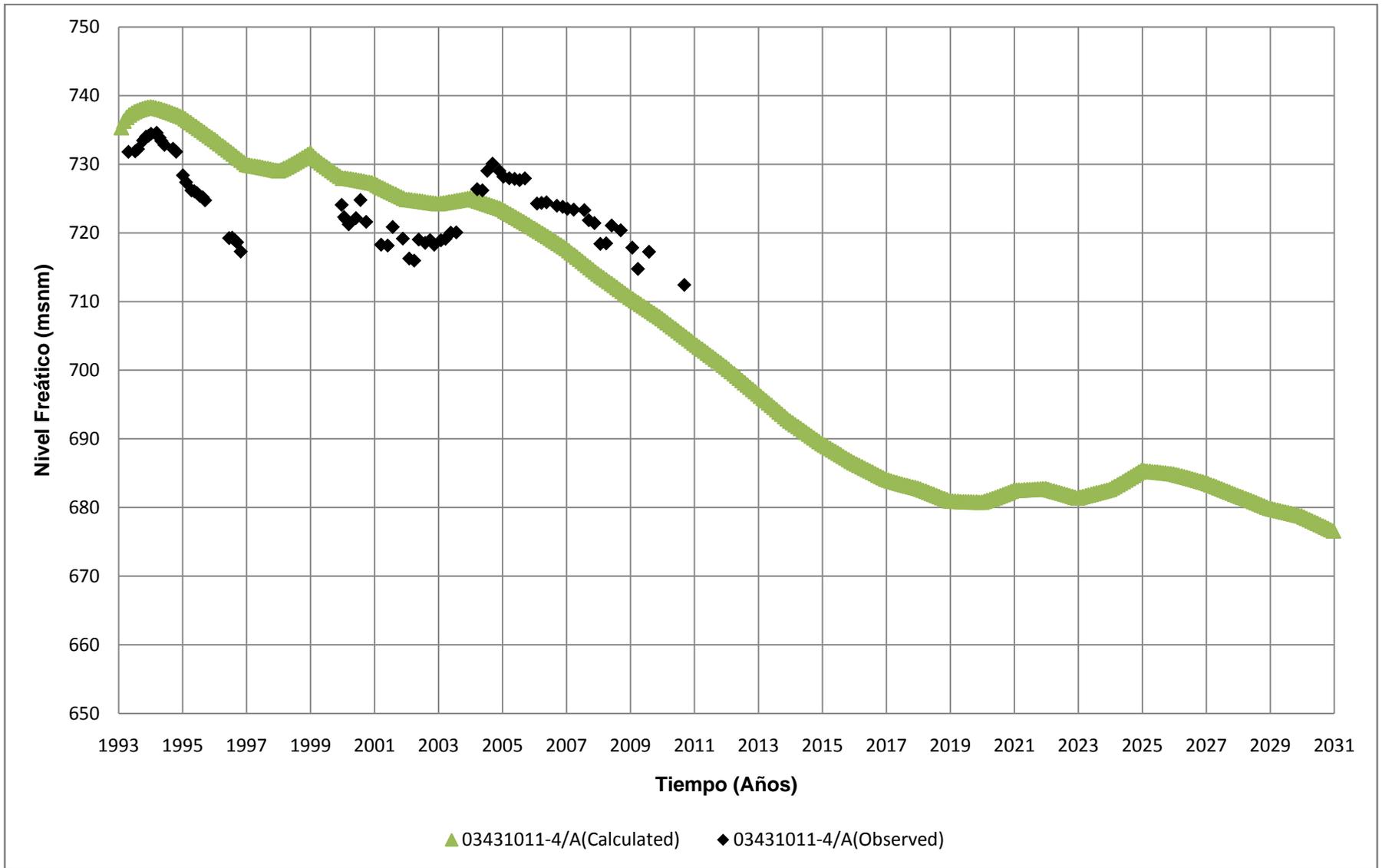


Figura H.1
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431011-4
 Fuente: Elaboración Propia



Figura H.2
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431006-8
 Fuente: Elaboración Propia

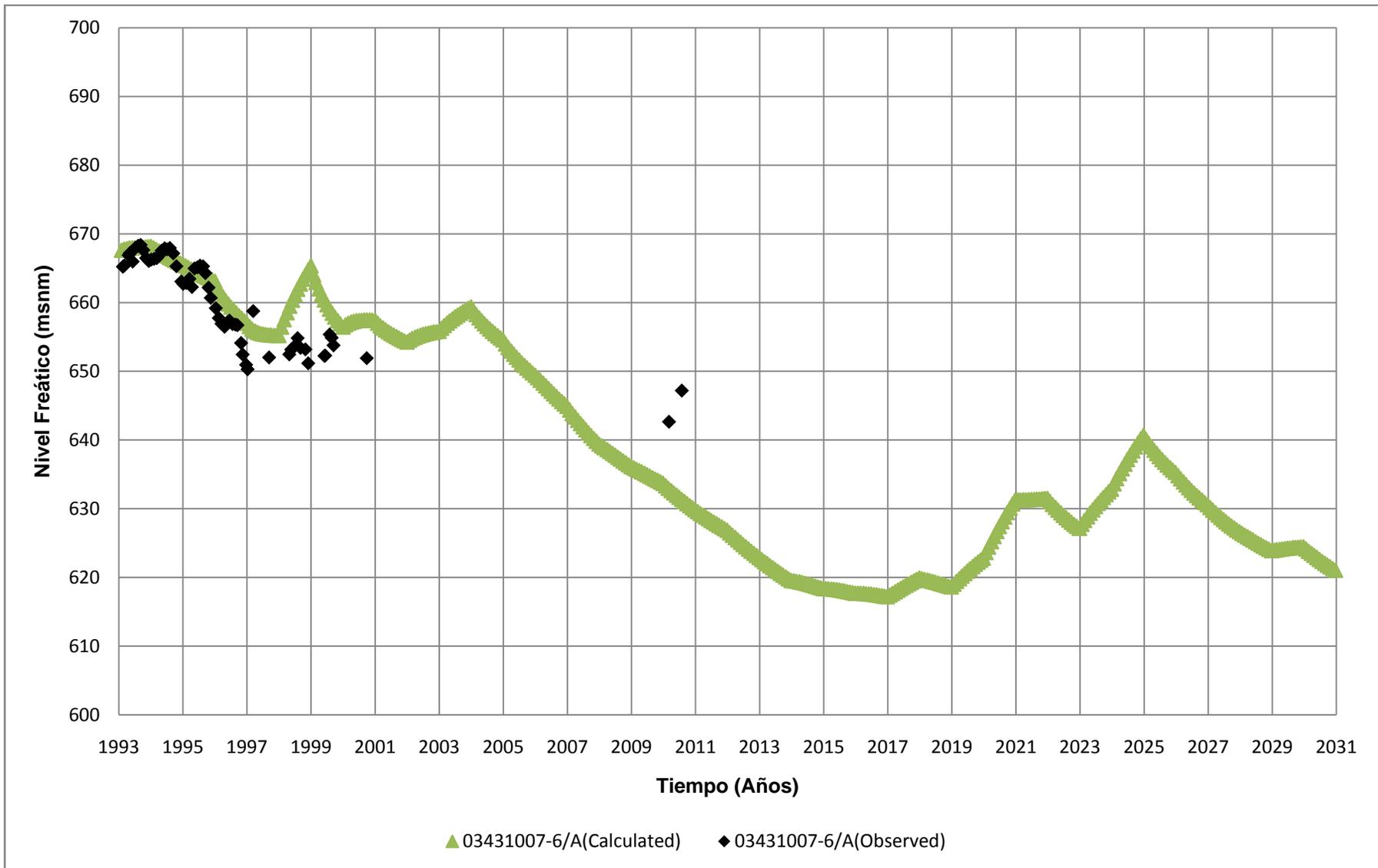


Figura H.3
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431007-6
 Fuente: Elaboración Propia

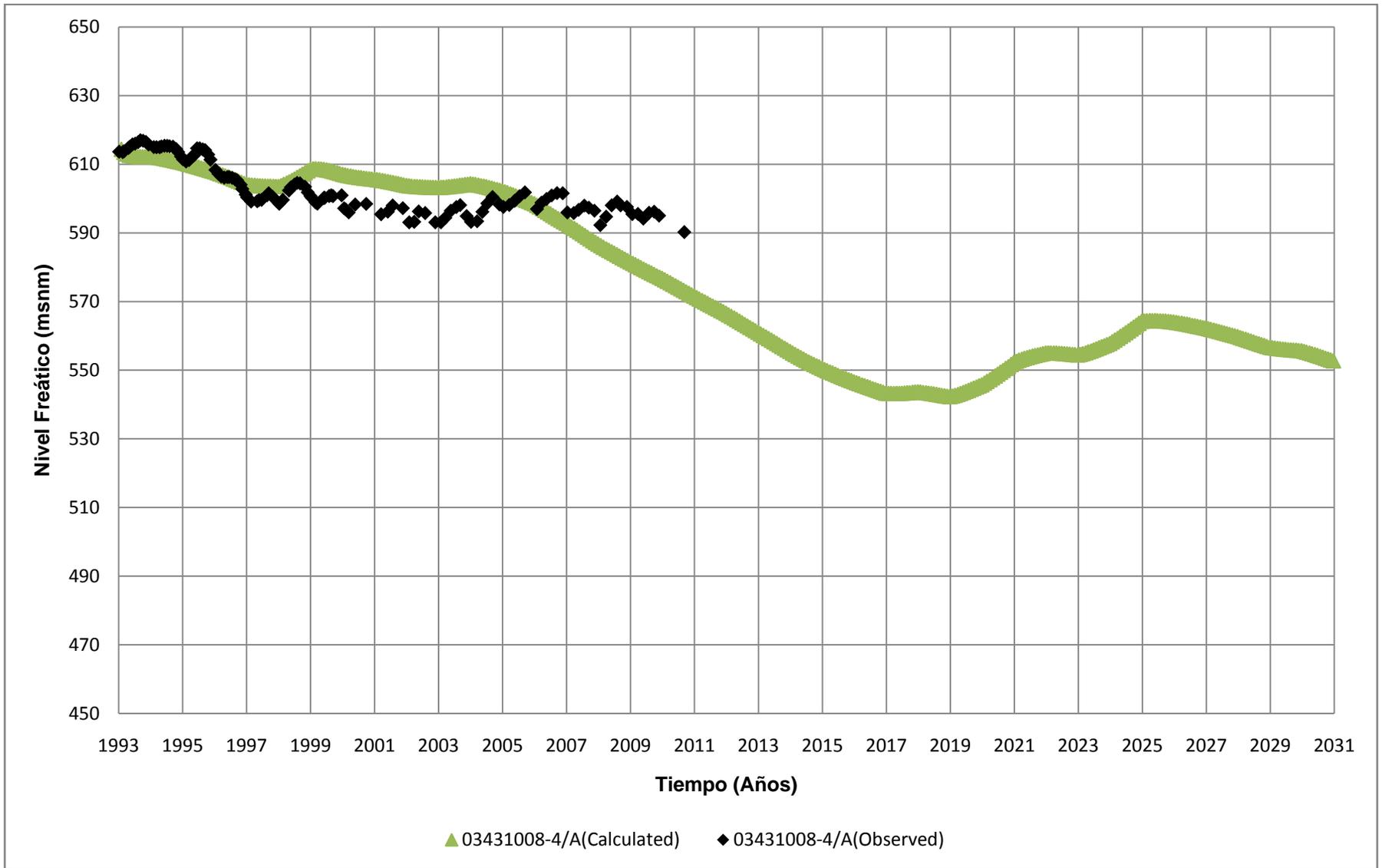


Figura H.4
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431008-4
 Fuente: Elaboración Propia

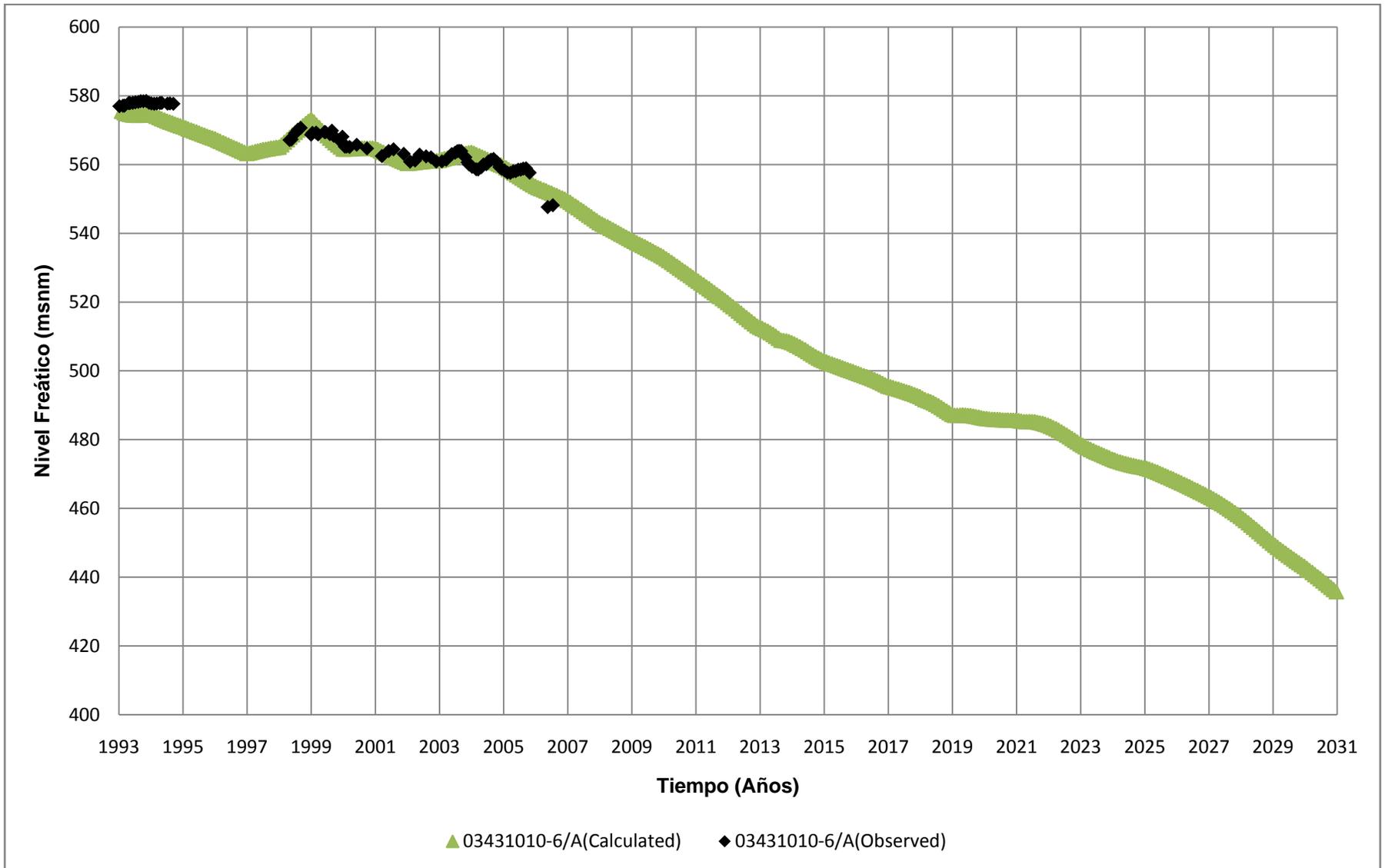


Figura H.5
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431010-6
 Fuente: Elaboración Propia

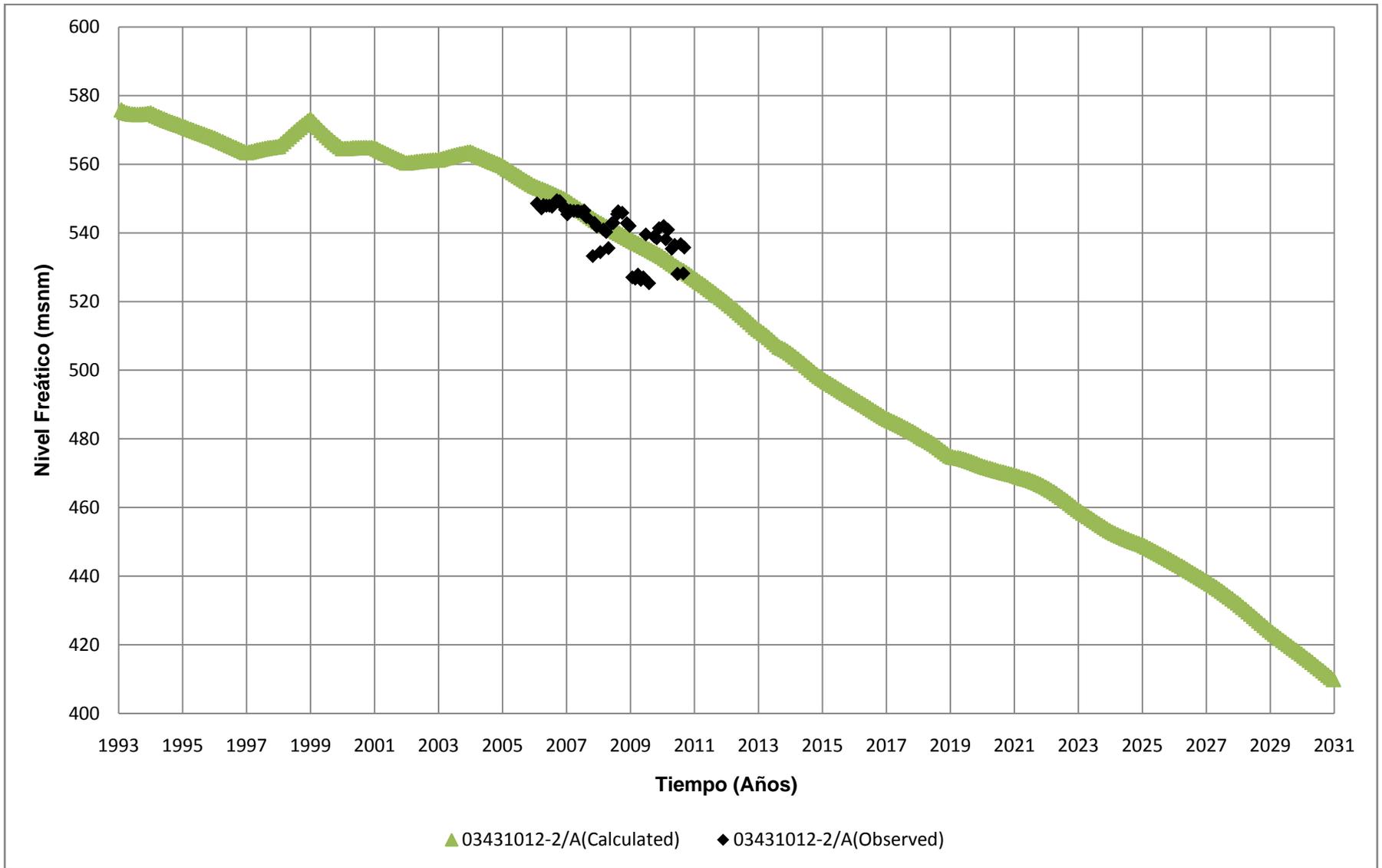


Figura H.6
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03431012-2
 Fuente: Elaboración Propia

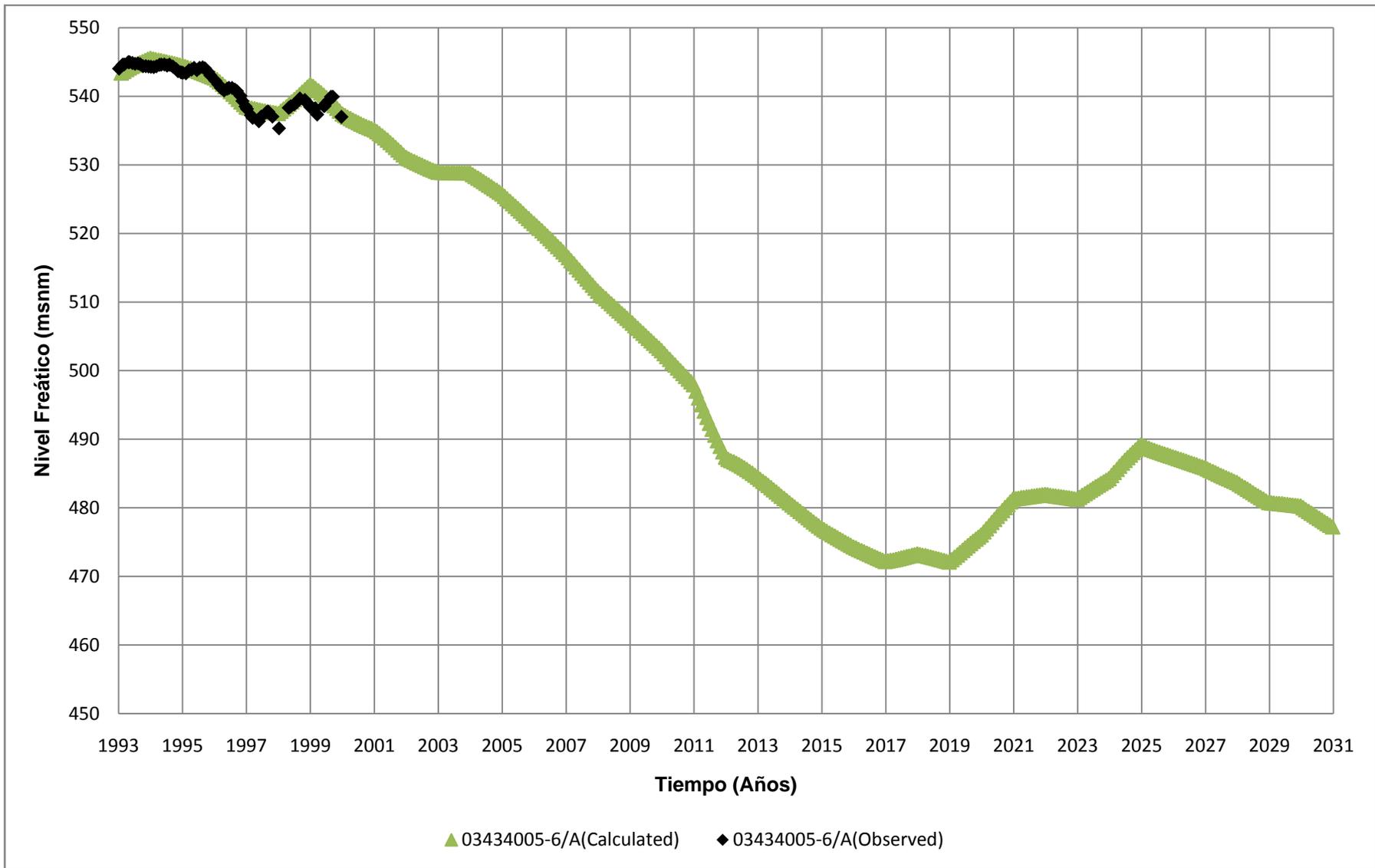


Figura H.7
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03434005-6
 Fuente: Elaboración Propia

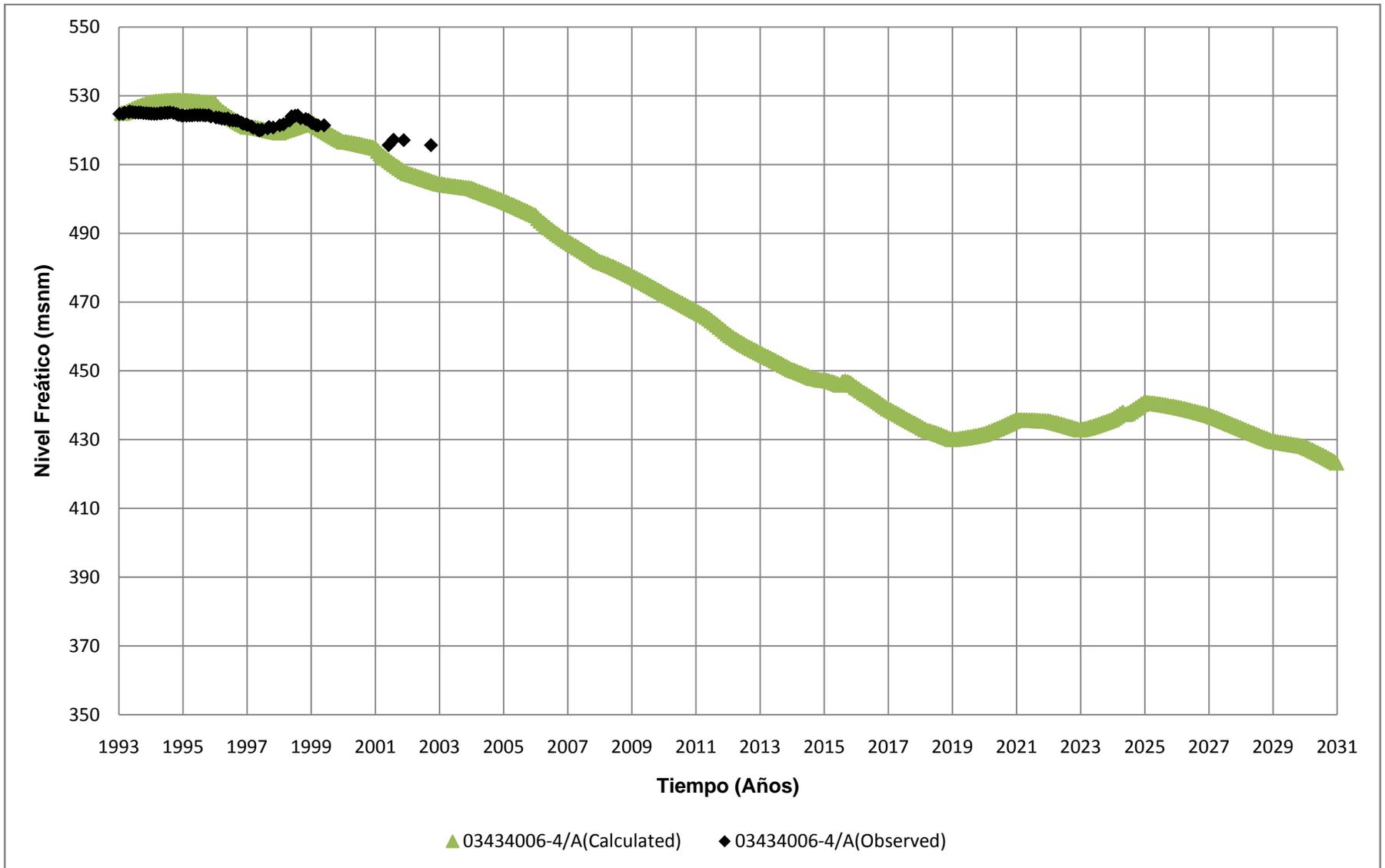


Figura H.8
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03434006-4
 Fuente: Elaboración Propia

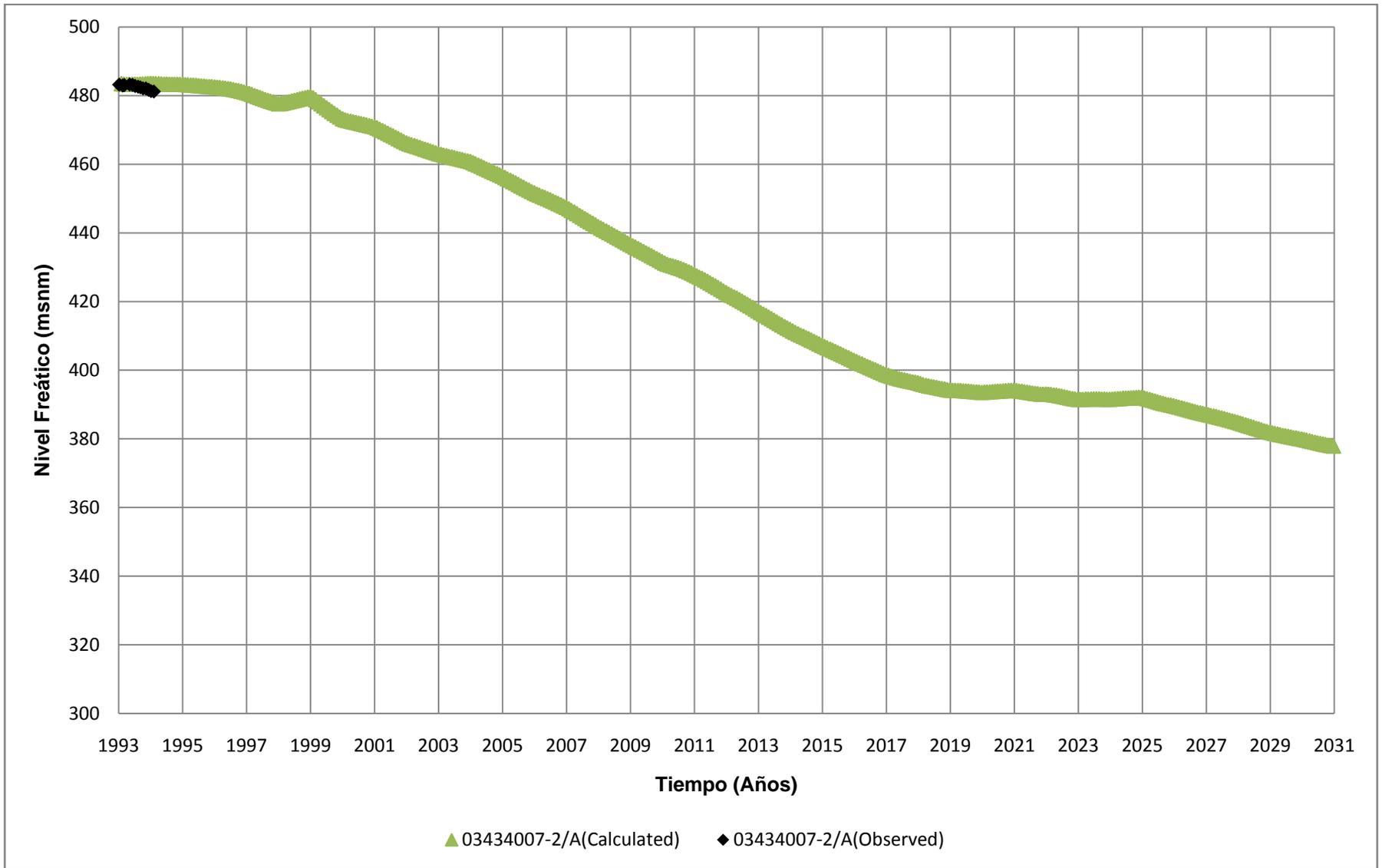


Figura H.9
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03434007-2
 Fuente: Elaboración Propia

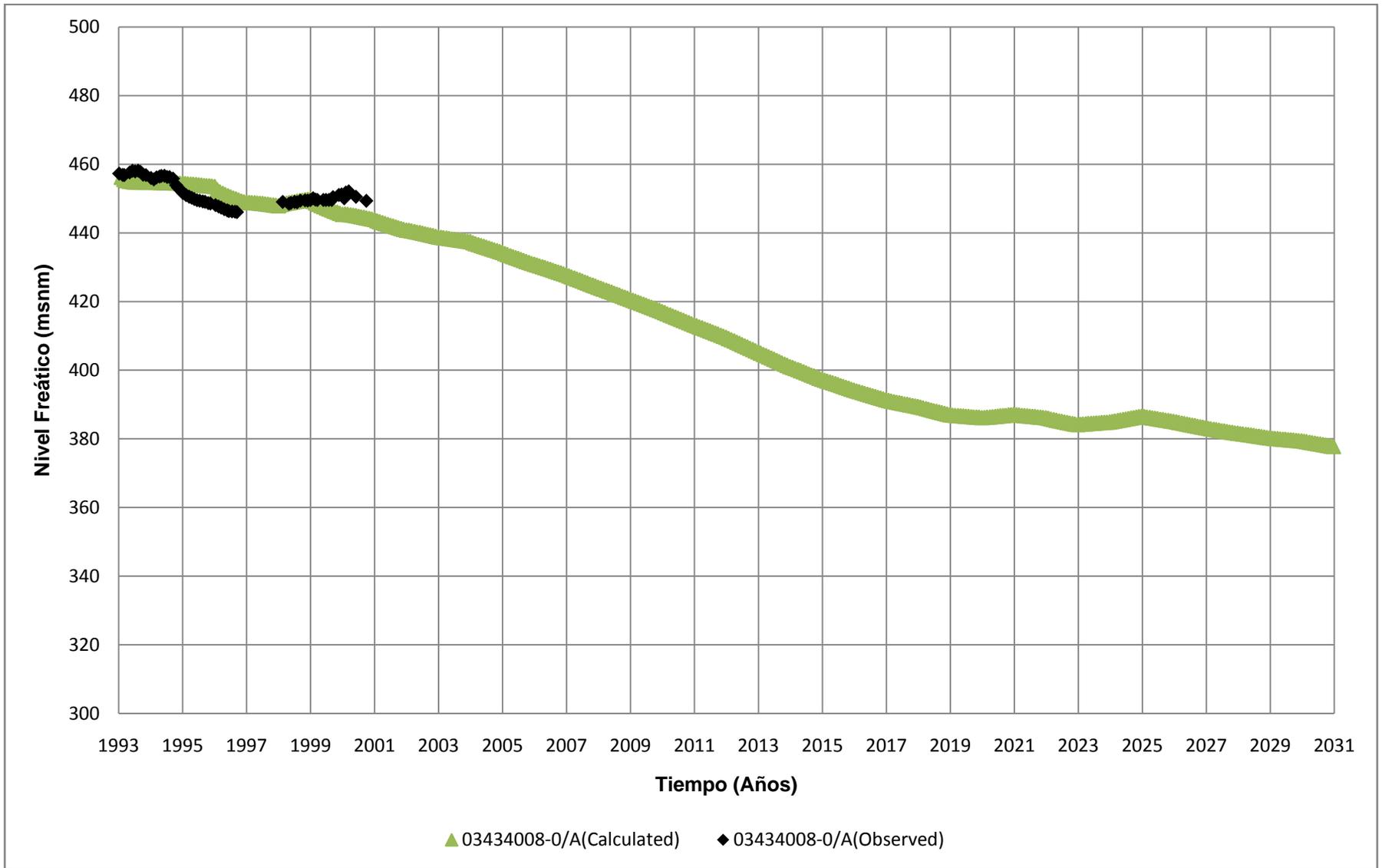


Figura H.10
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03434008-0
 Fuente: Elaboración Propia

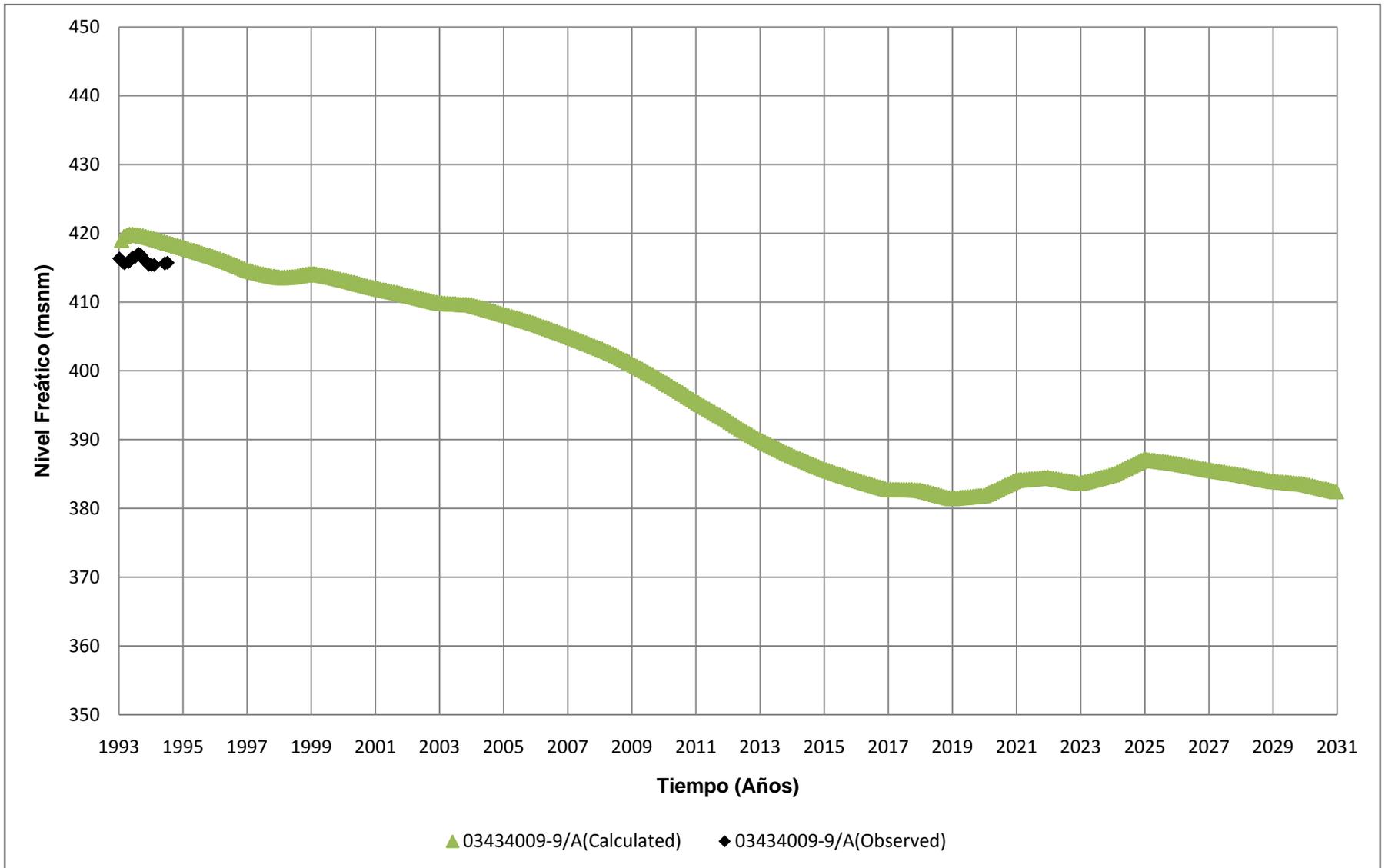


Figura H.11
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03434009-9
 Fuente: Elaboración Propia



Figura H.12
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450006-1
 Fuente: Elaboración Propia

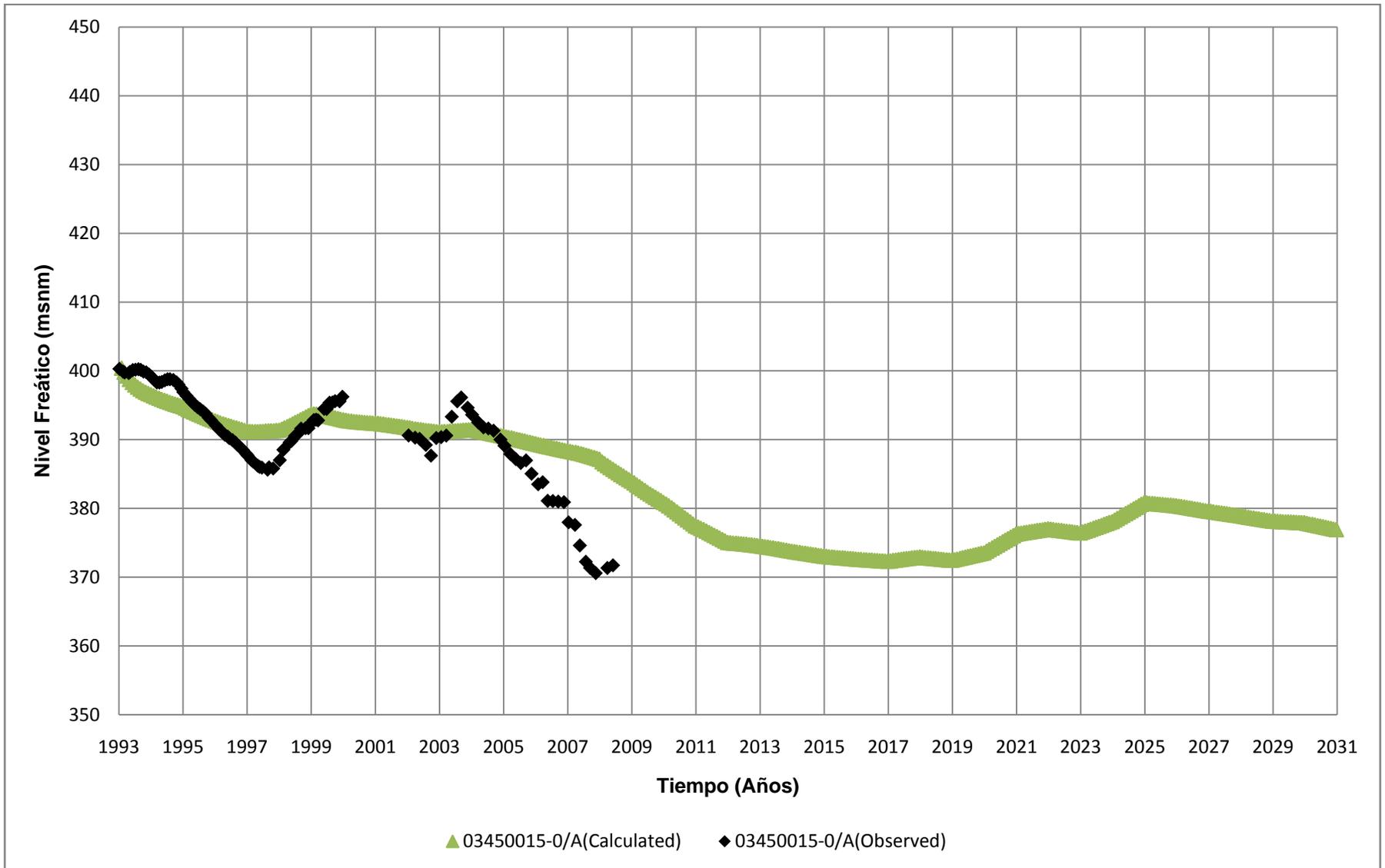


Figura H.13
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450015-0
 Fuente: Elaboración Propia



Figura H.14
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450005-3
 Fuente: Elaboración Propia

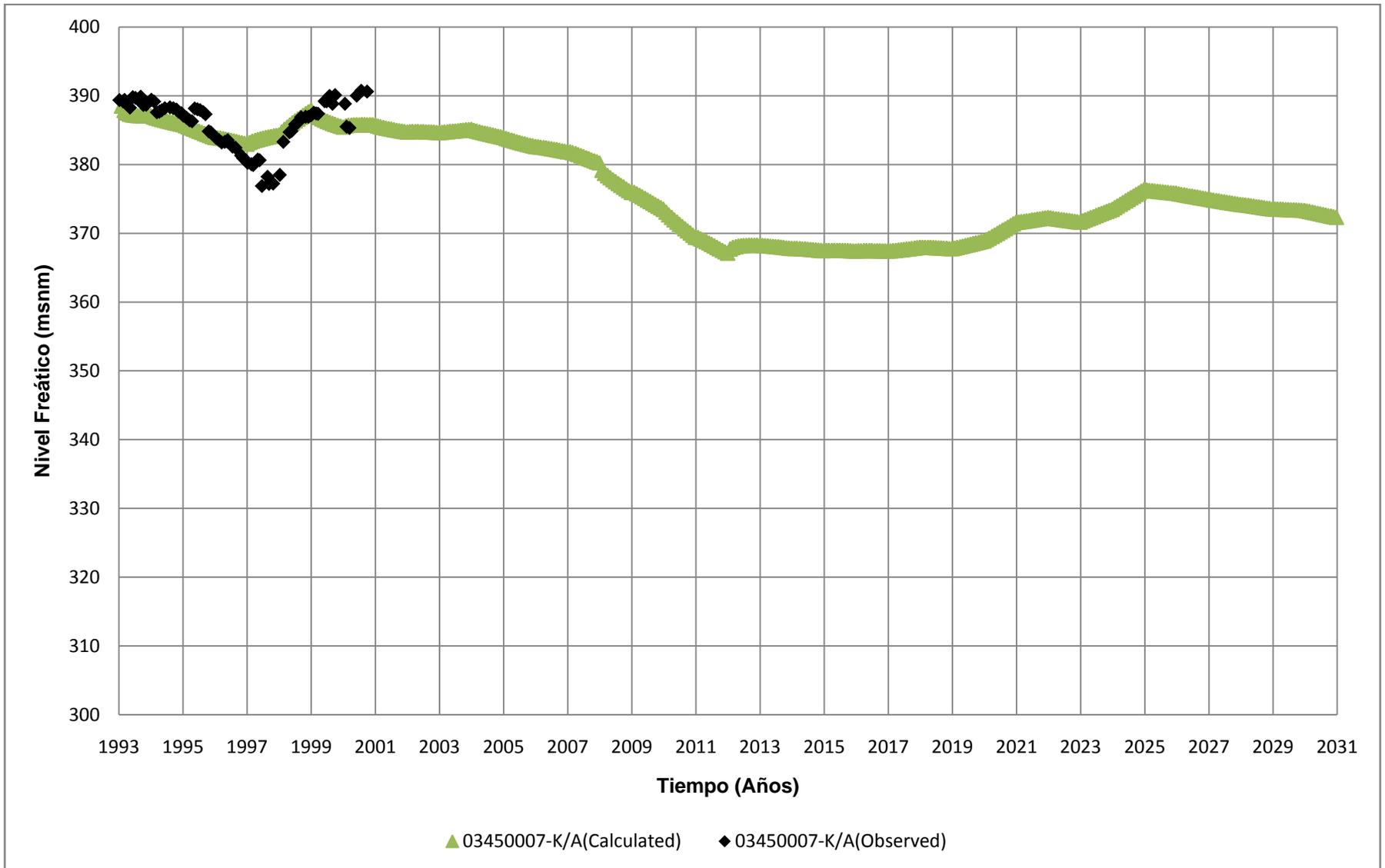


Figura H.15
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450007-K
 Fuente: Elaboración Propia

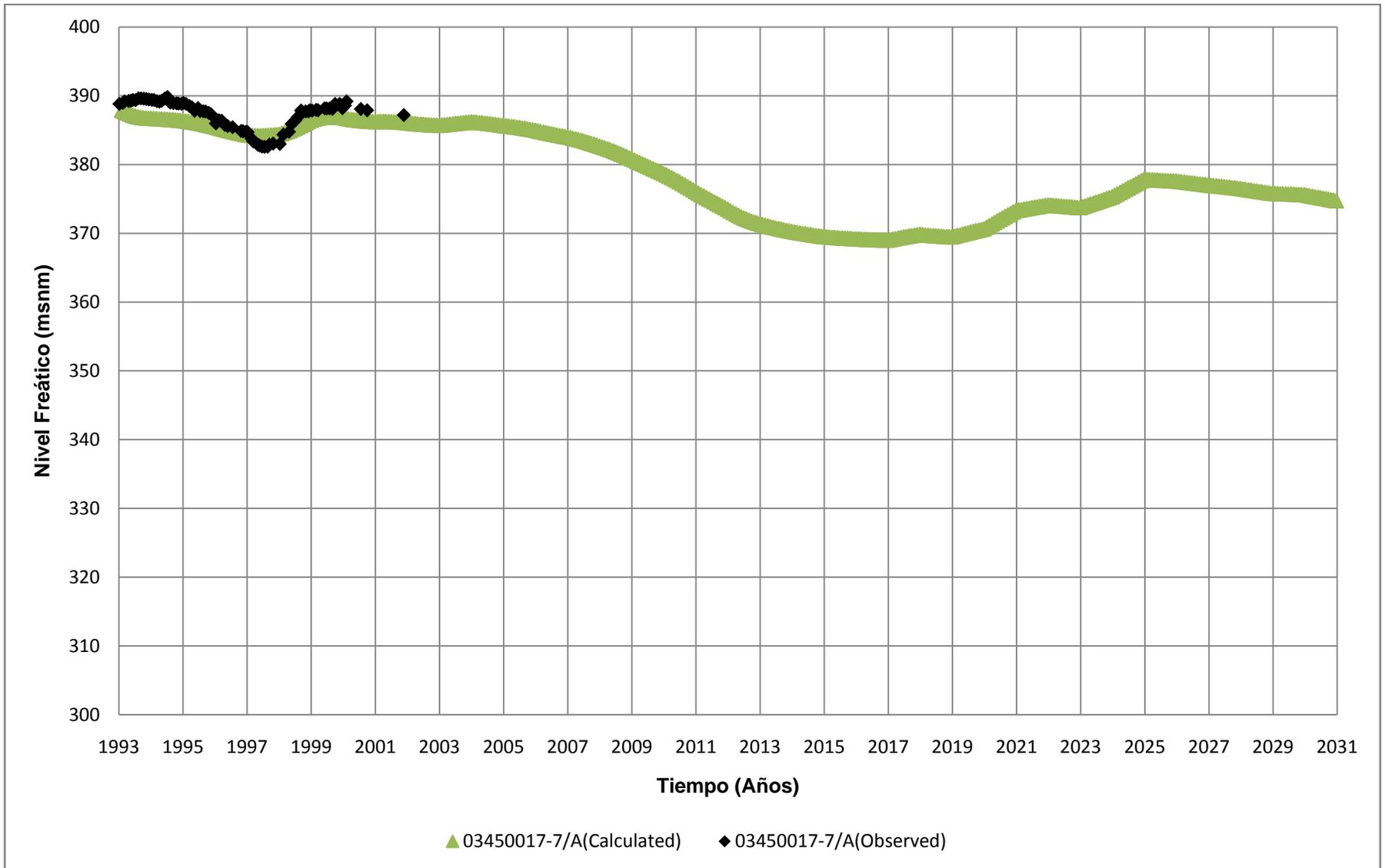


Figura H.16
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450017-7
 Fuente: Elaboración Propia

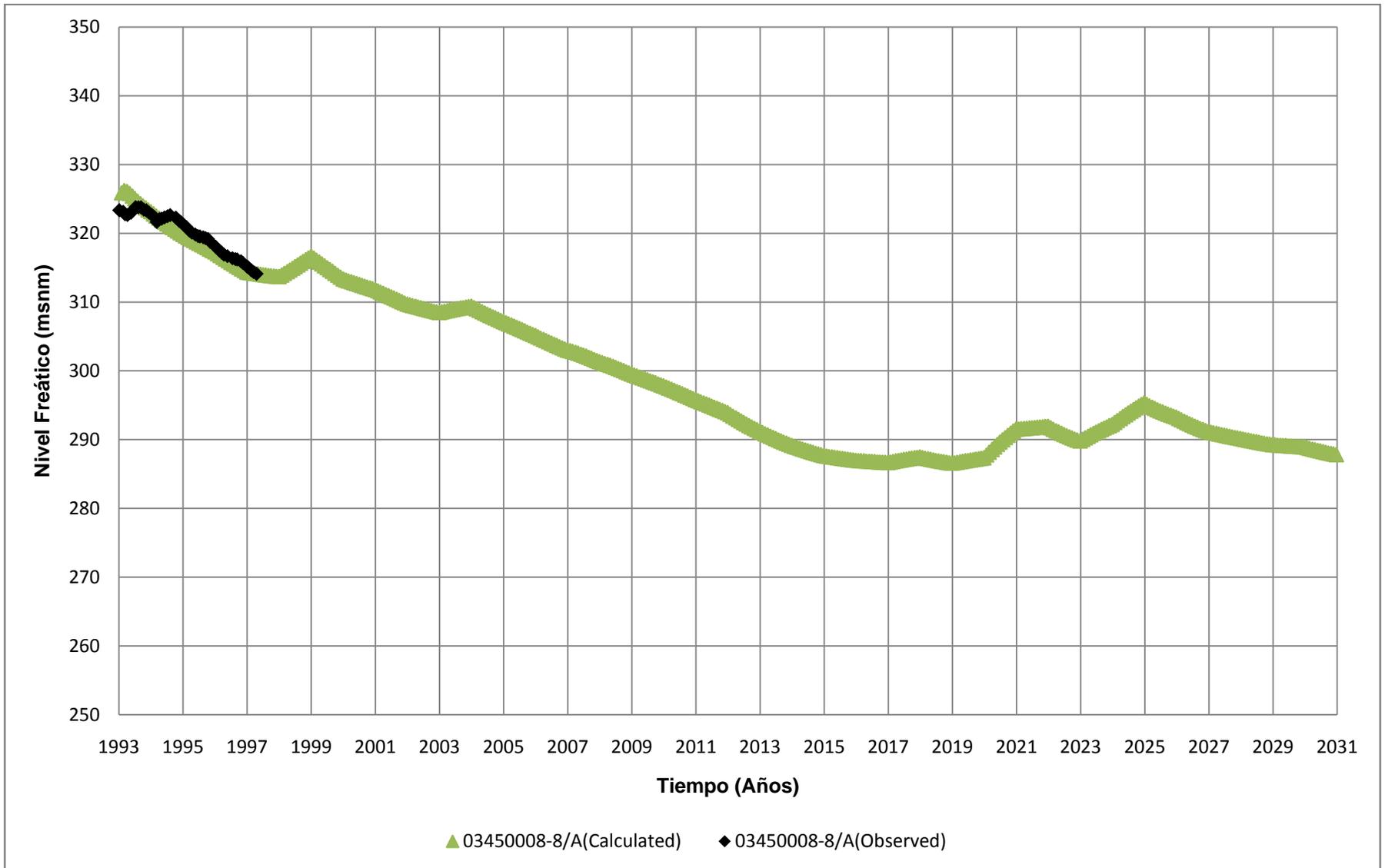


Figura H.17
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450008-8
 Fuente: Elaboración Propia

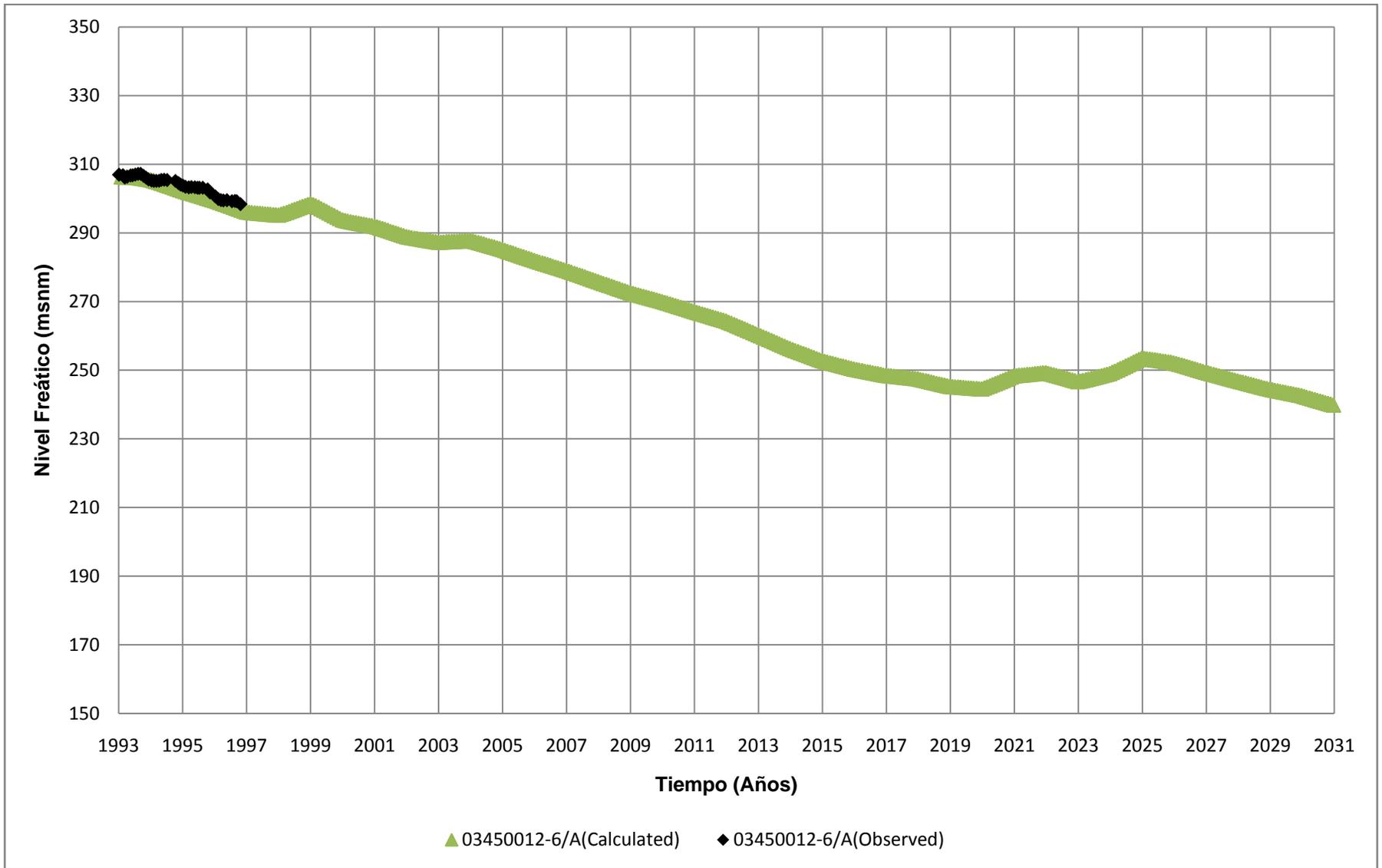


Figura H.18
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450012-6
 Fuente: Elaboración Propia

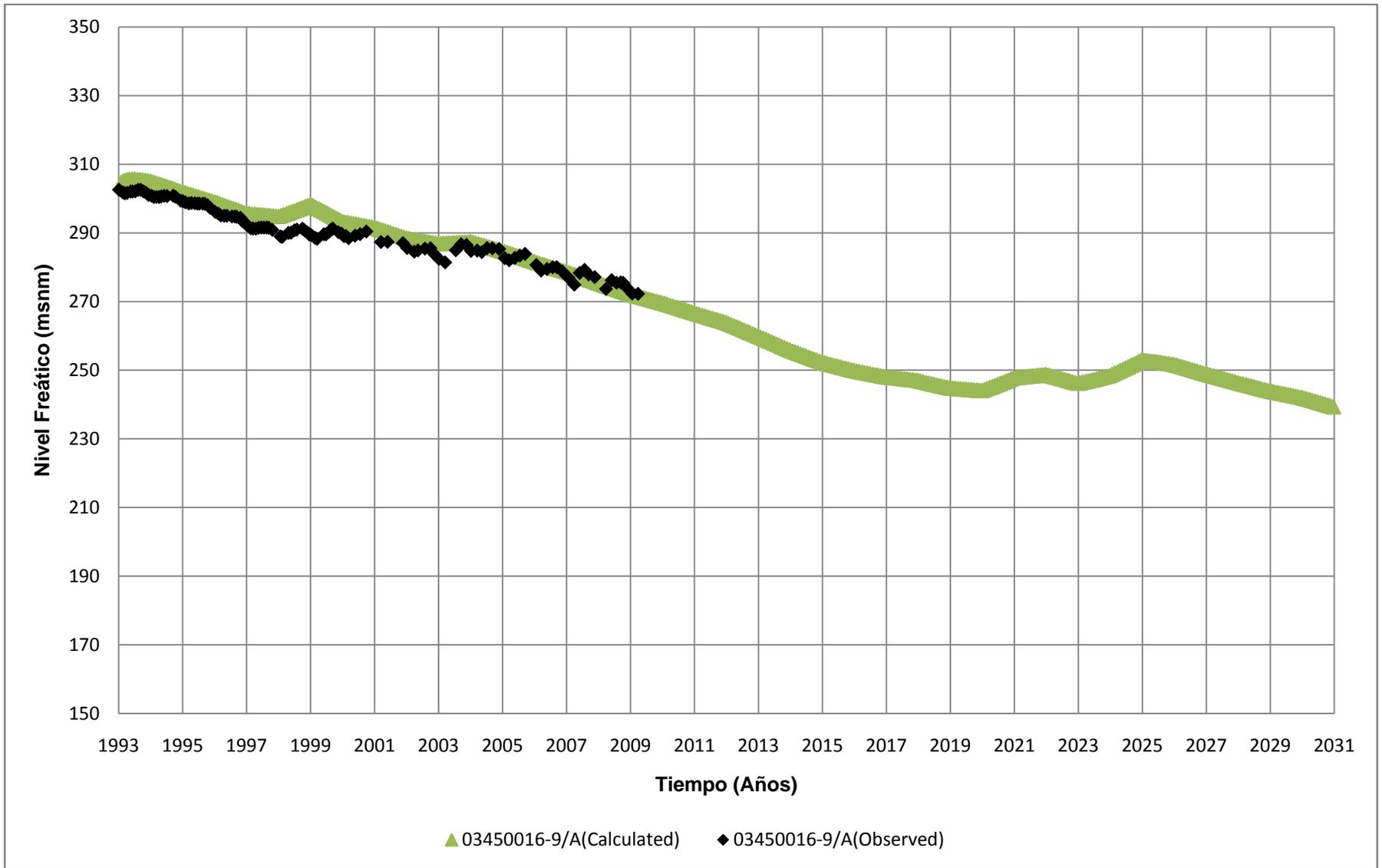


Figura H.19
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450016-9
 Fuente: Elaboración Propia

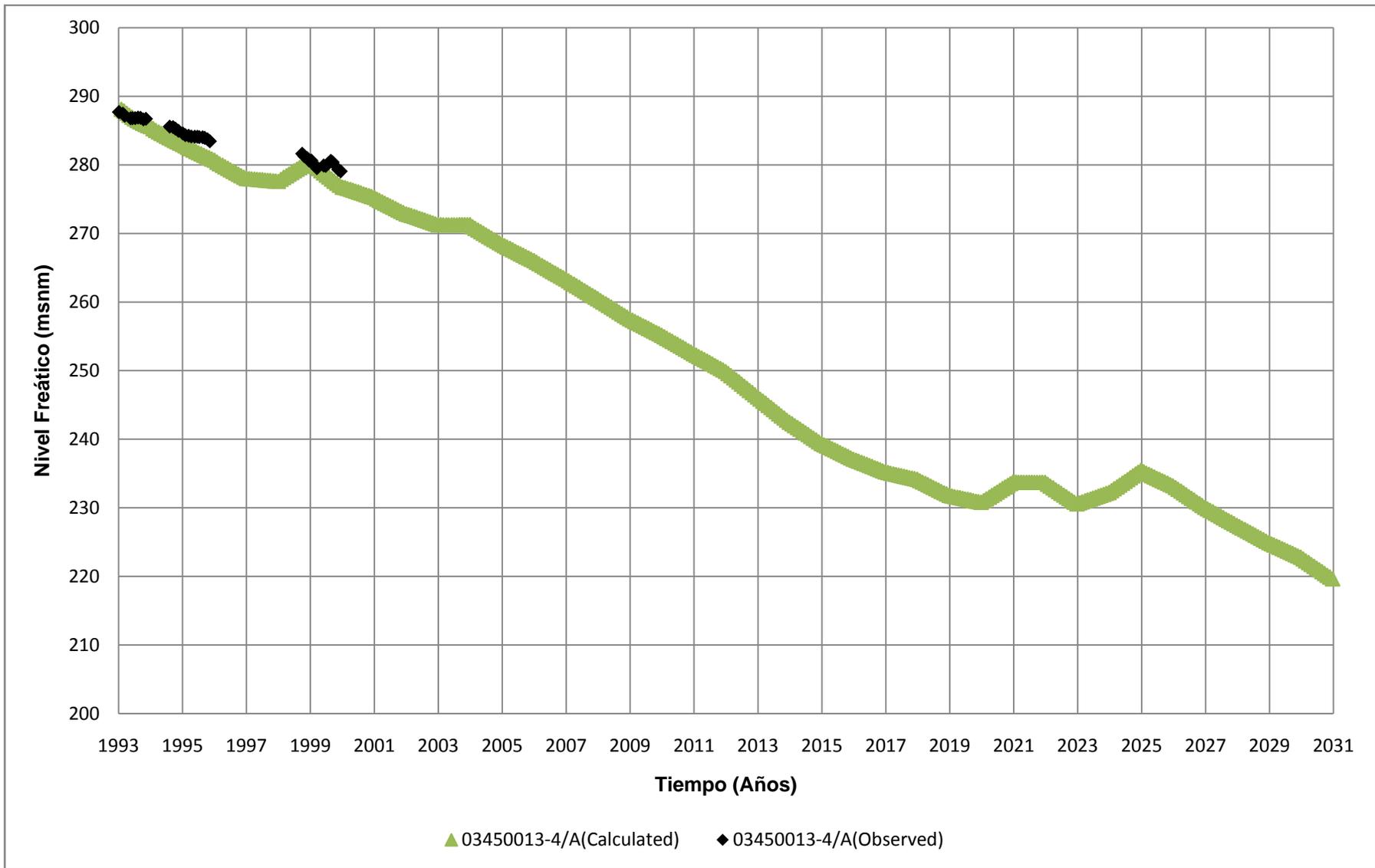


Figura H.20
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03450013-4
 Fuente: Elaboración Propia

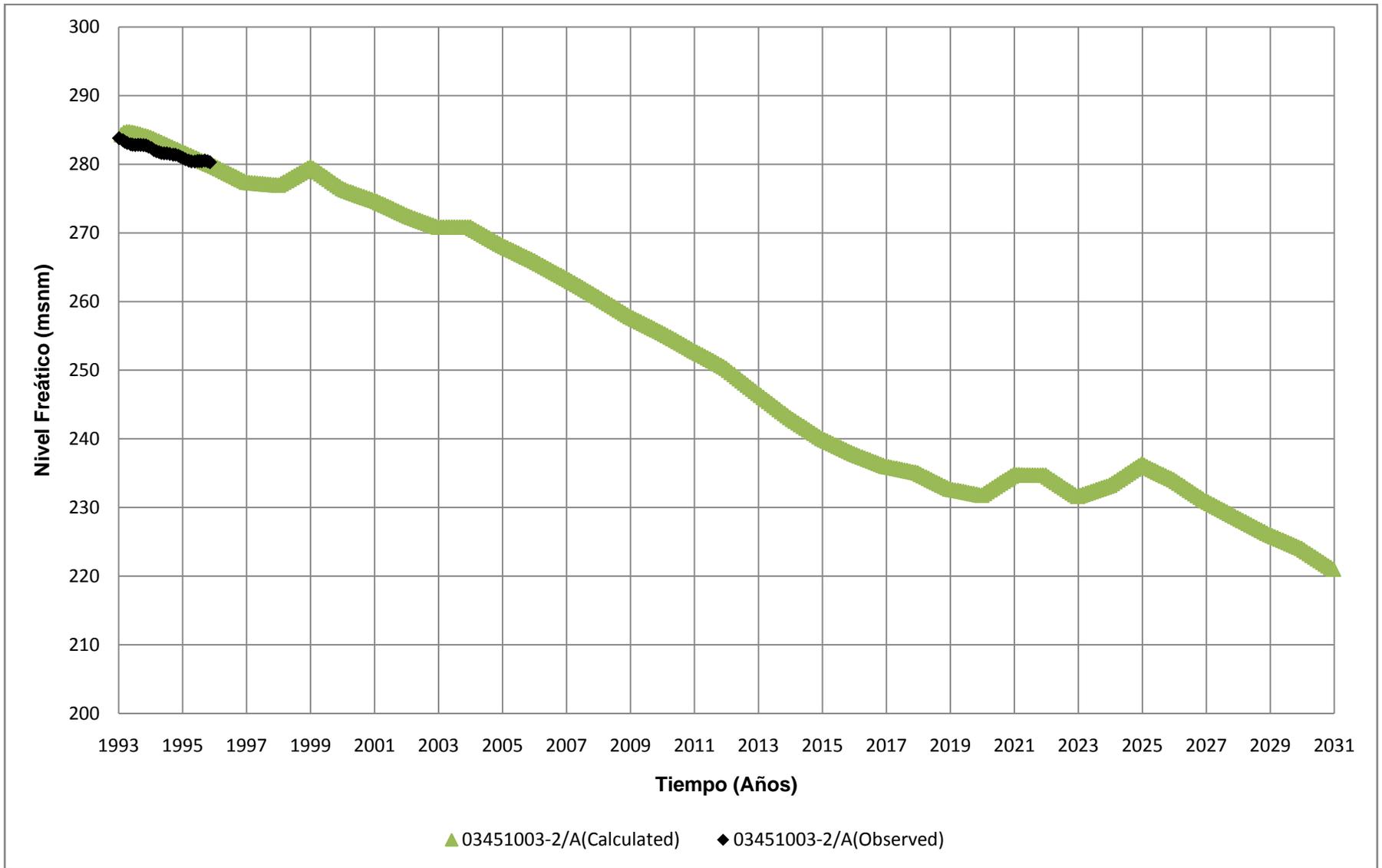


Figura H.21
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451003-2
 Fuente: Elaboración Propia

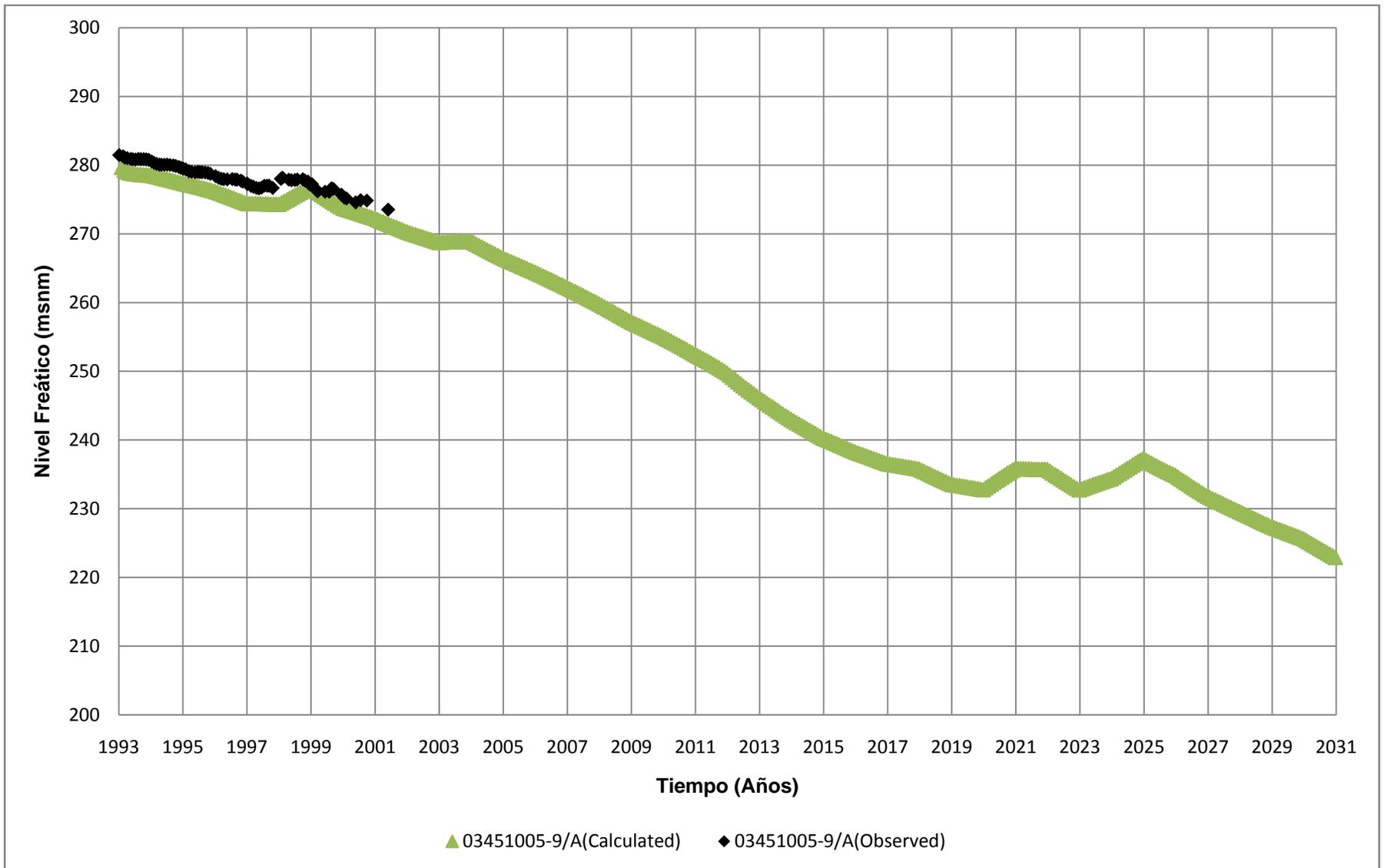


Figura H.22
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451005-9
 Fuente: Elaboración Propia

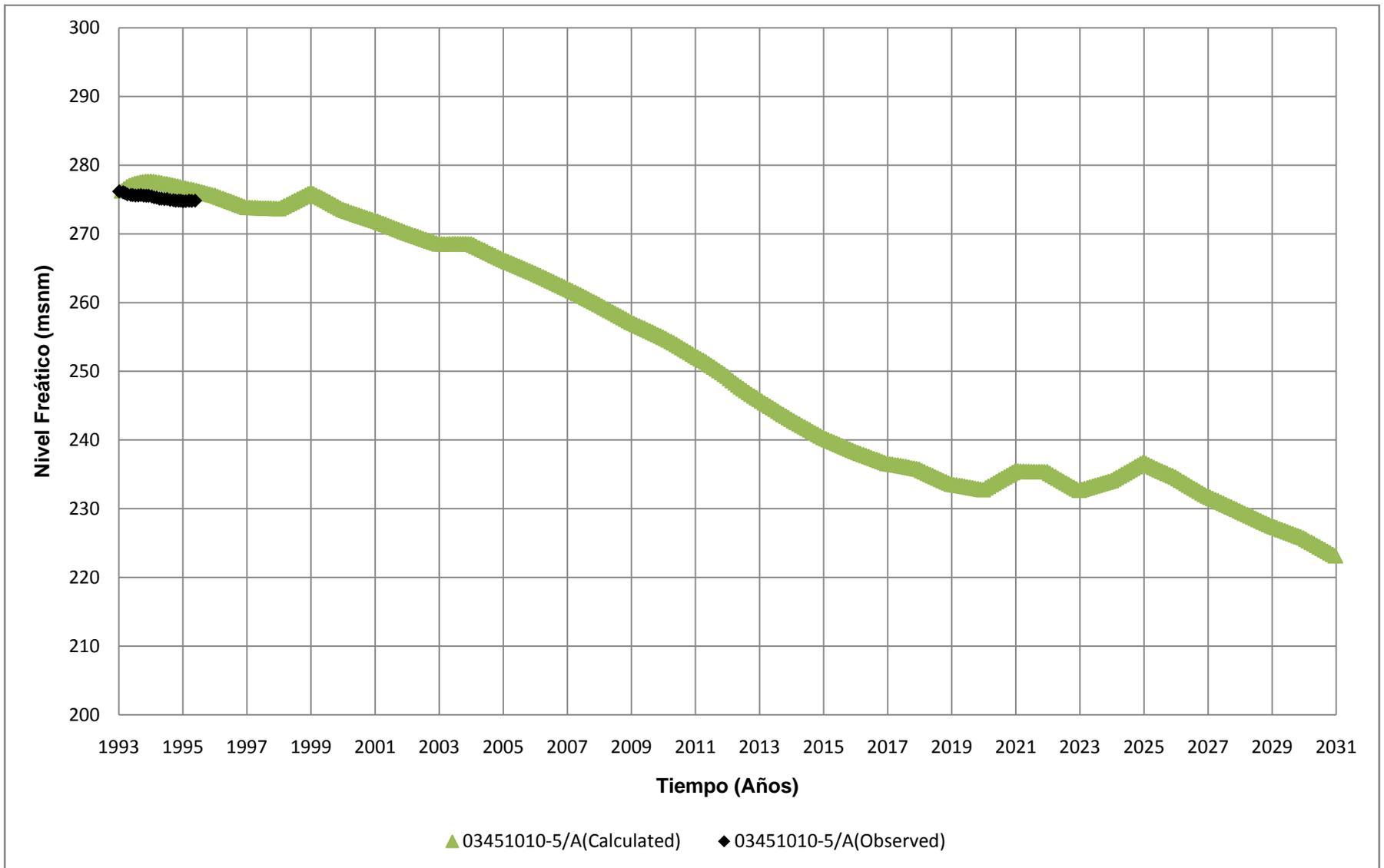


Figura H.23
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451010-5
 Fuente: Elaboración Propia

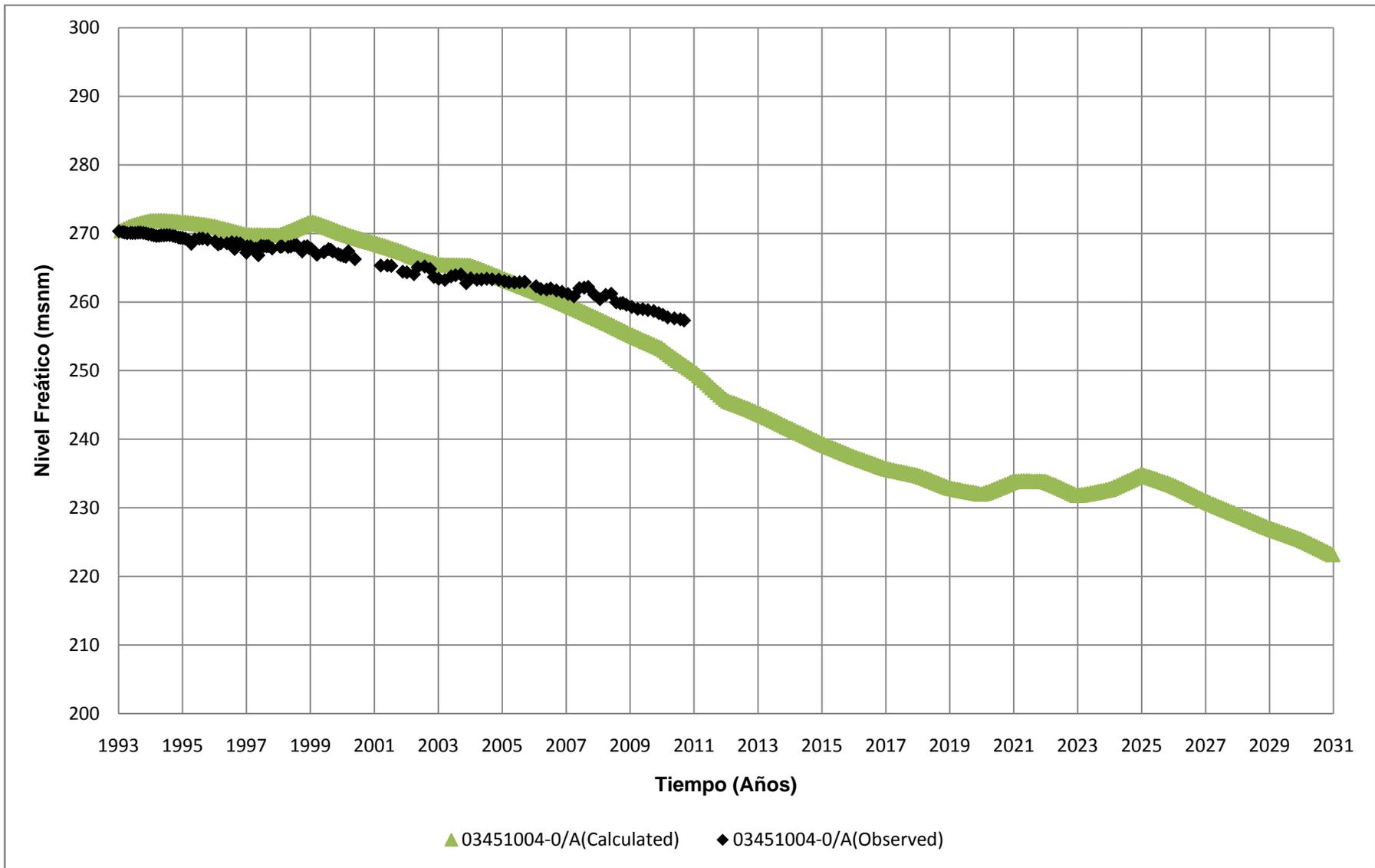


Figura H.24
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451004-0
 Fuente: Elaboración Propia

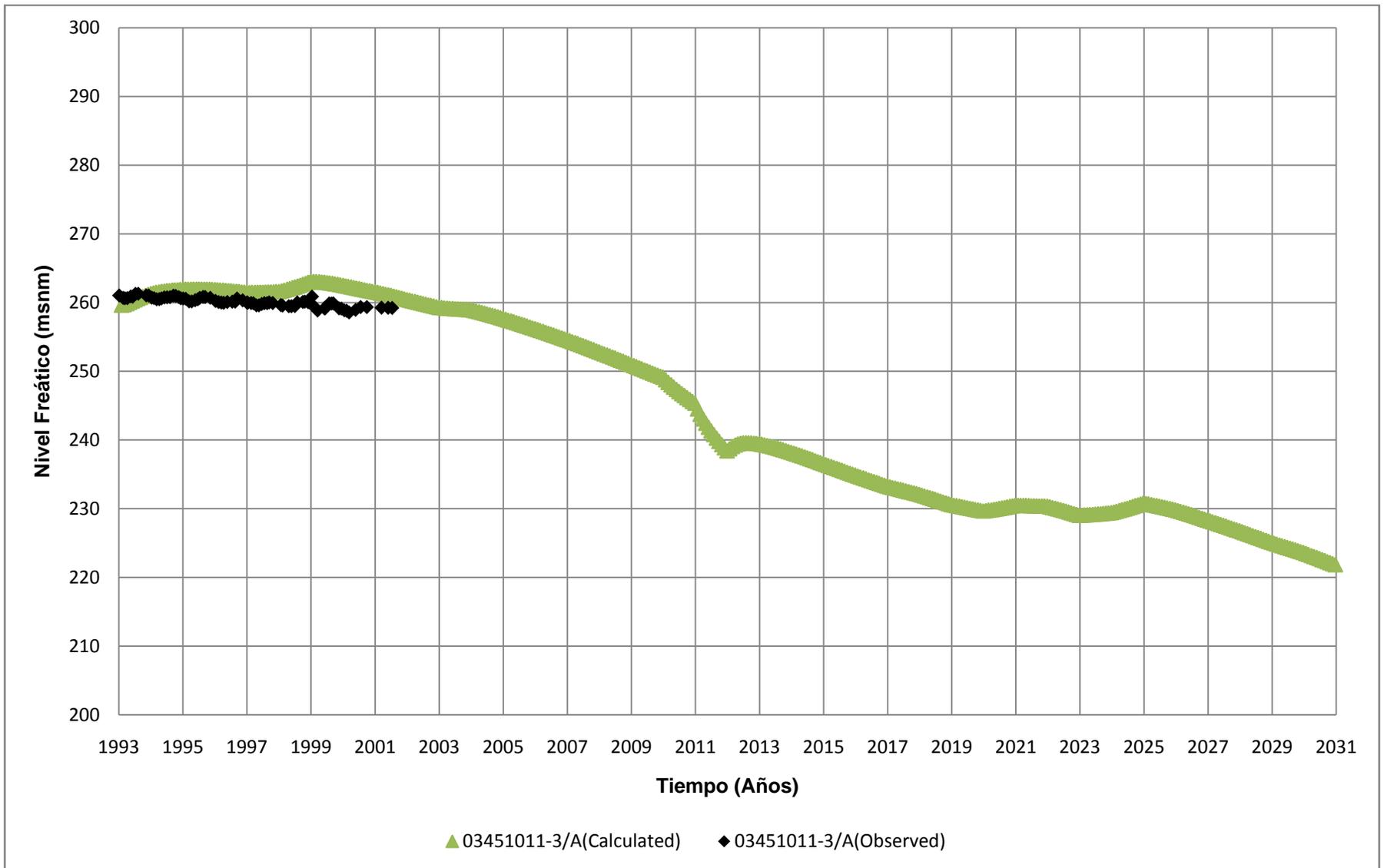


Figura H.25
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451011-3
 Fuente: Elaboración Propia

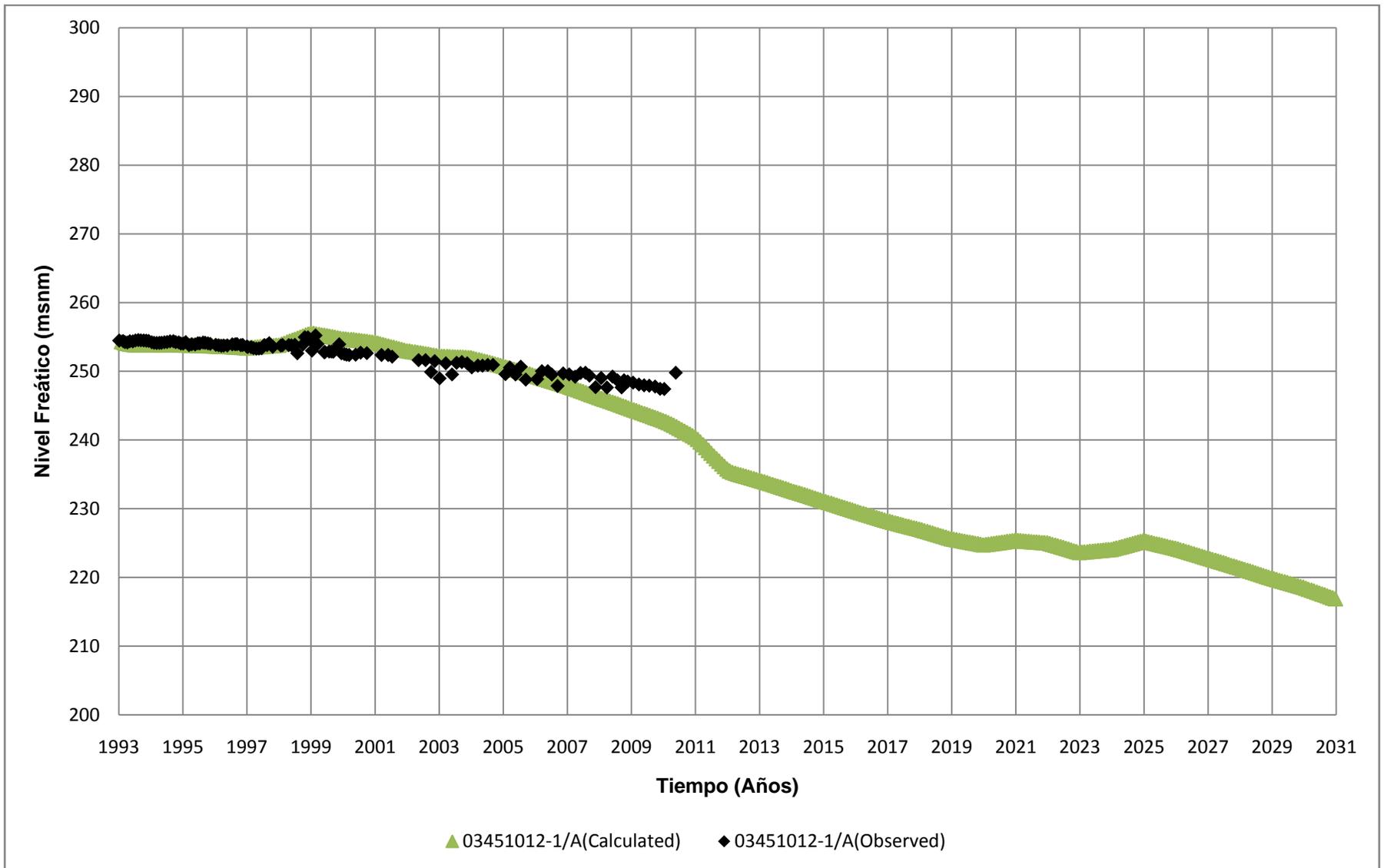


Figura H.26
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451012-1
 Fuente: Elaboración Propia

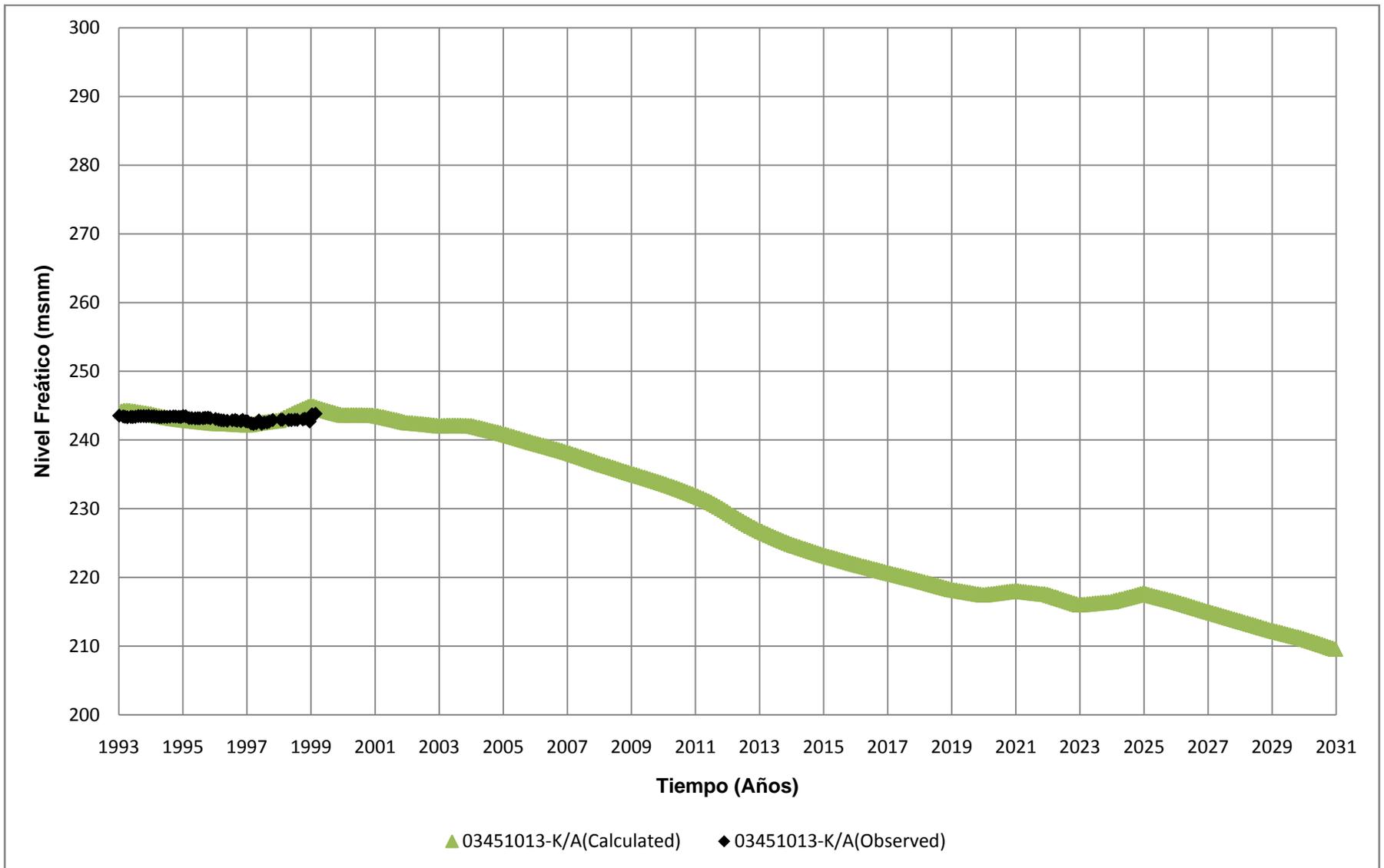


Figura H.27
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451013-K
 Fuente: Elaboración Propia

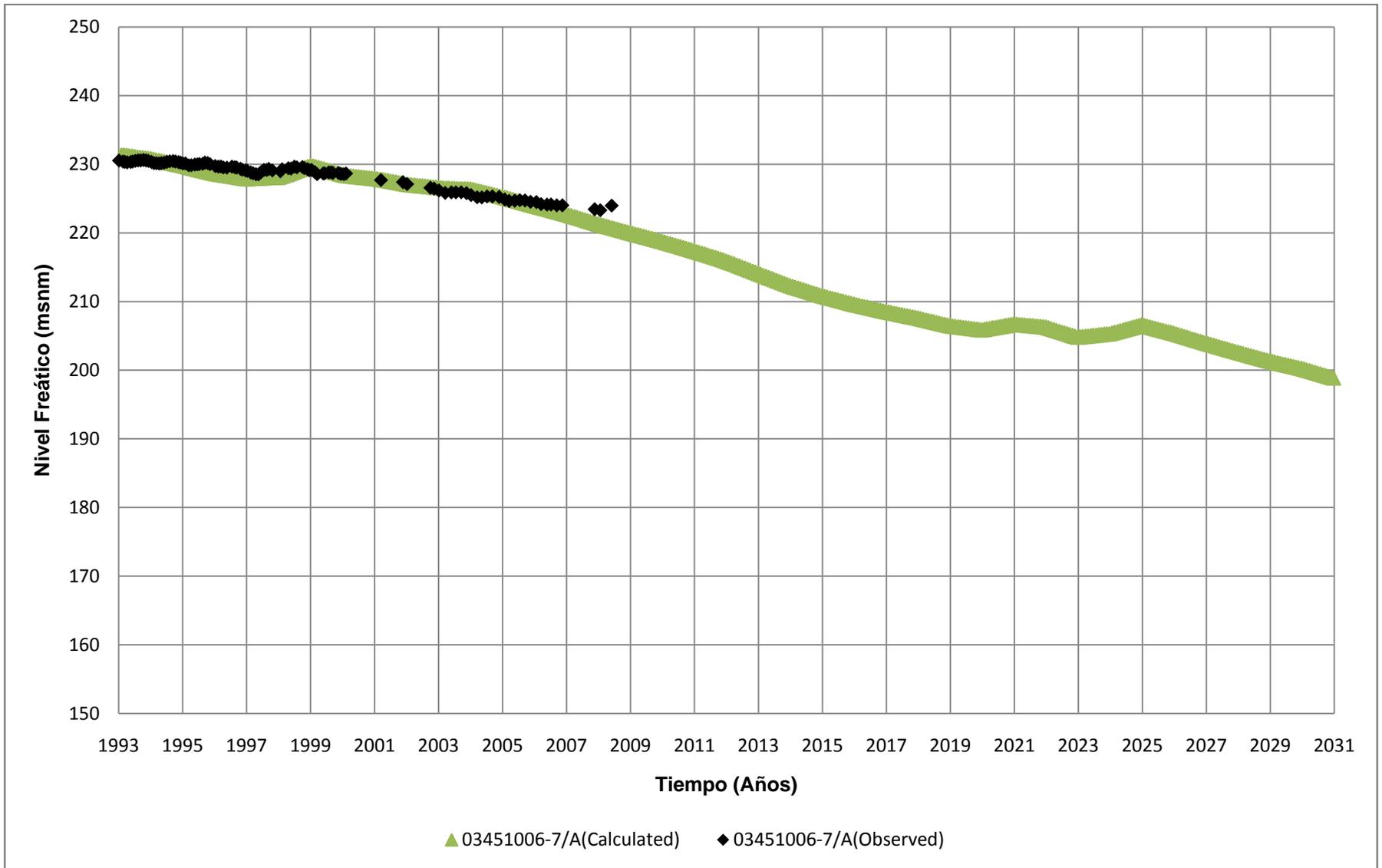


Figura H.28
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451006-7
 Fuente: Elaboración Propia

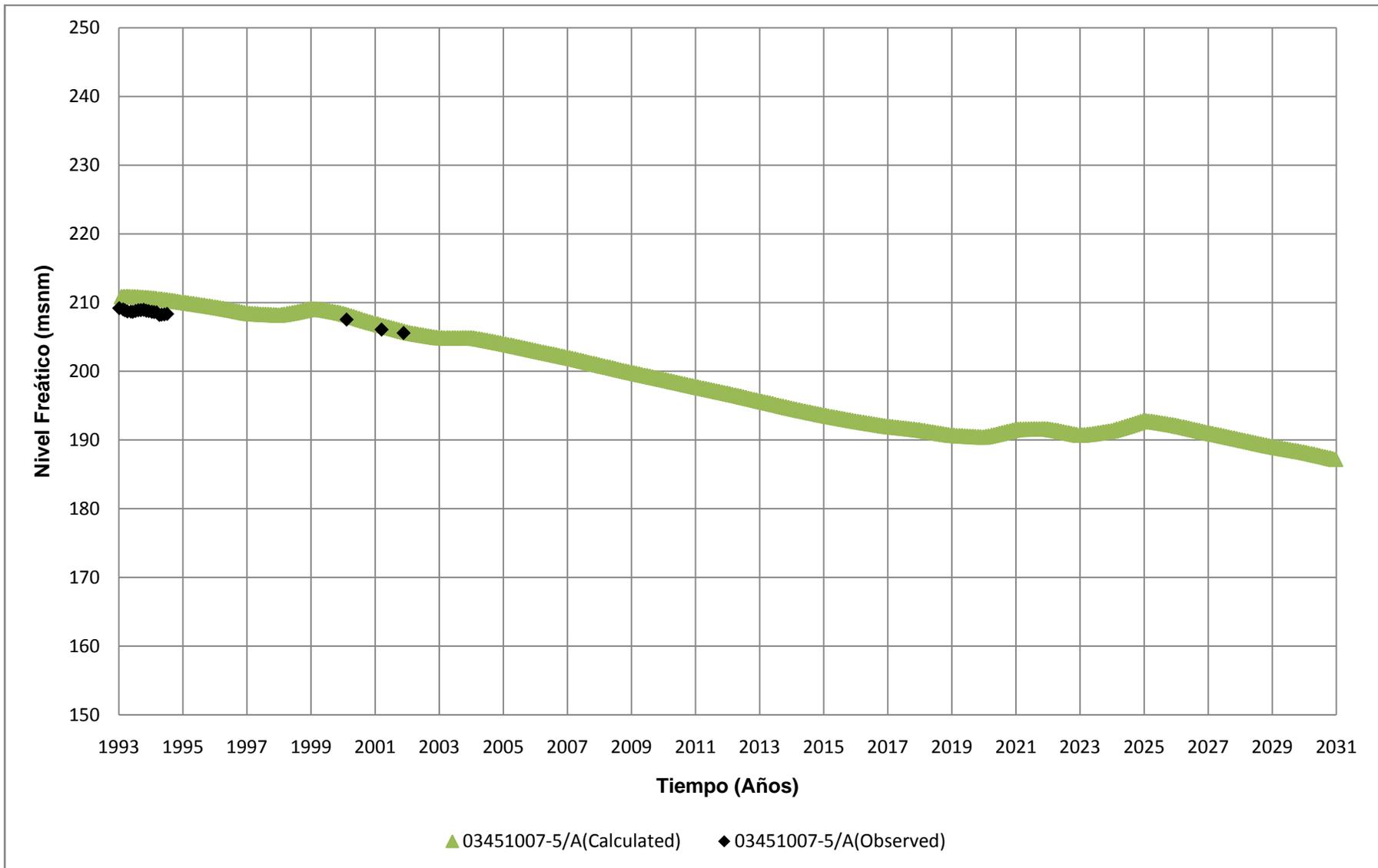


Figura H.29
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451007-5
 Fuente: Elaboración Propia

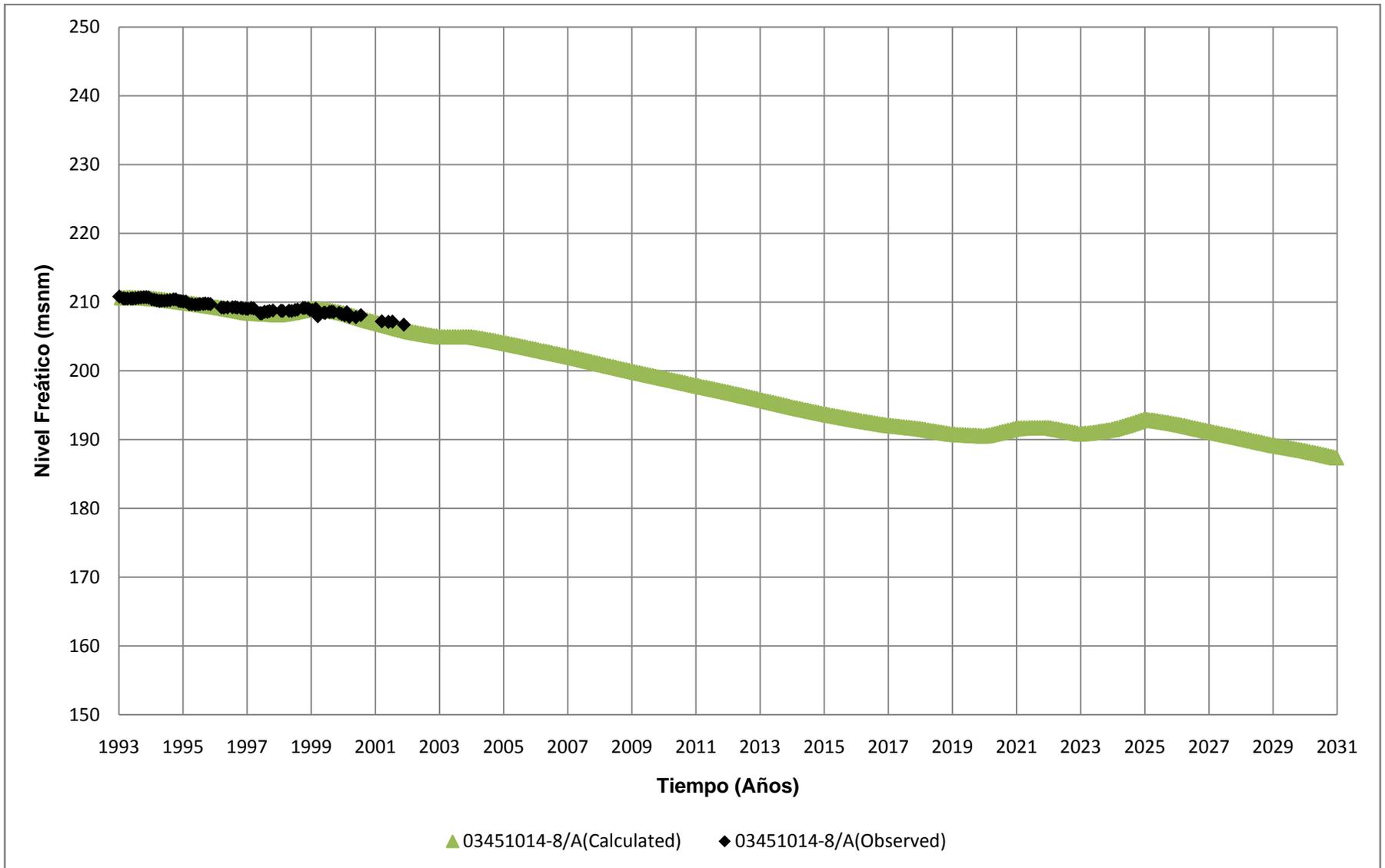


Figura H.30
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451014-8
 Fuente: Elaboración Propia

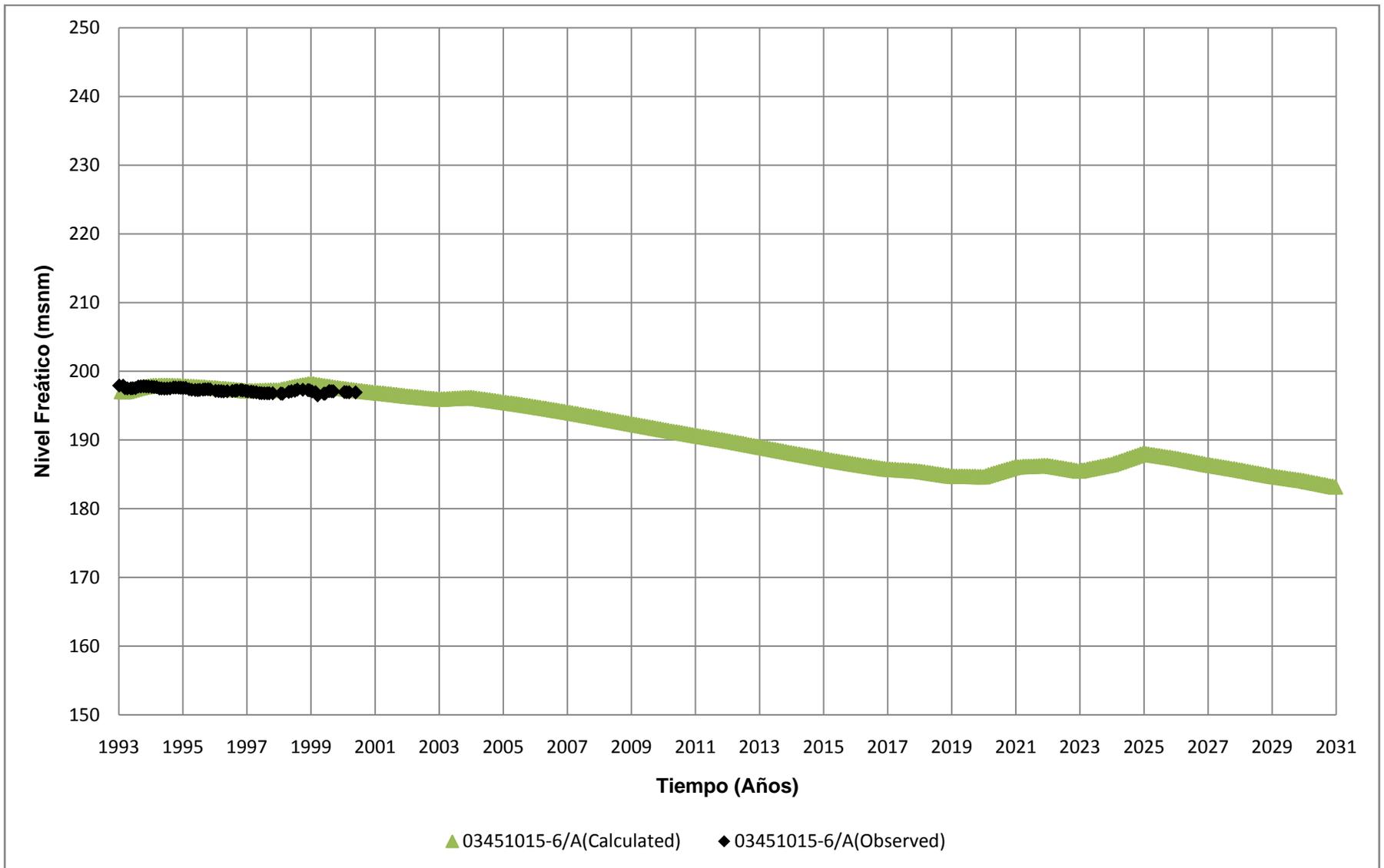


Figura H.31
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451015-6
 Fuente: Elaboración Propia

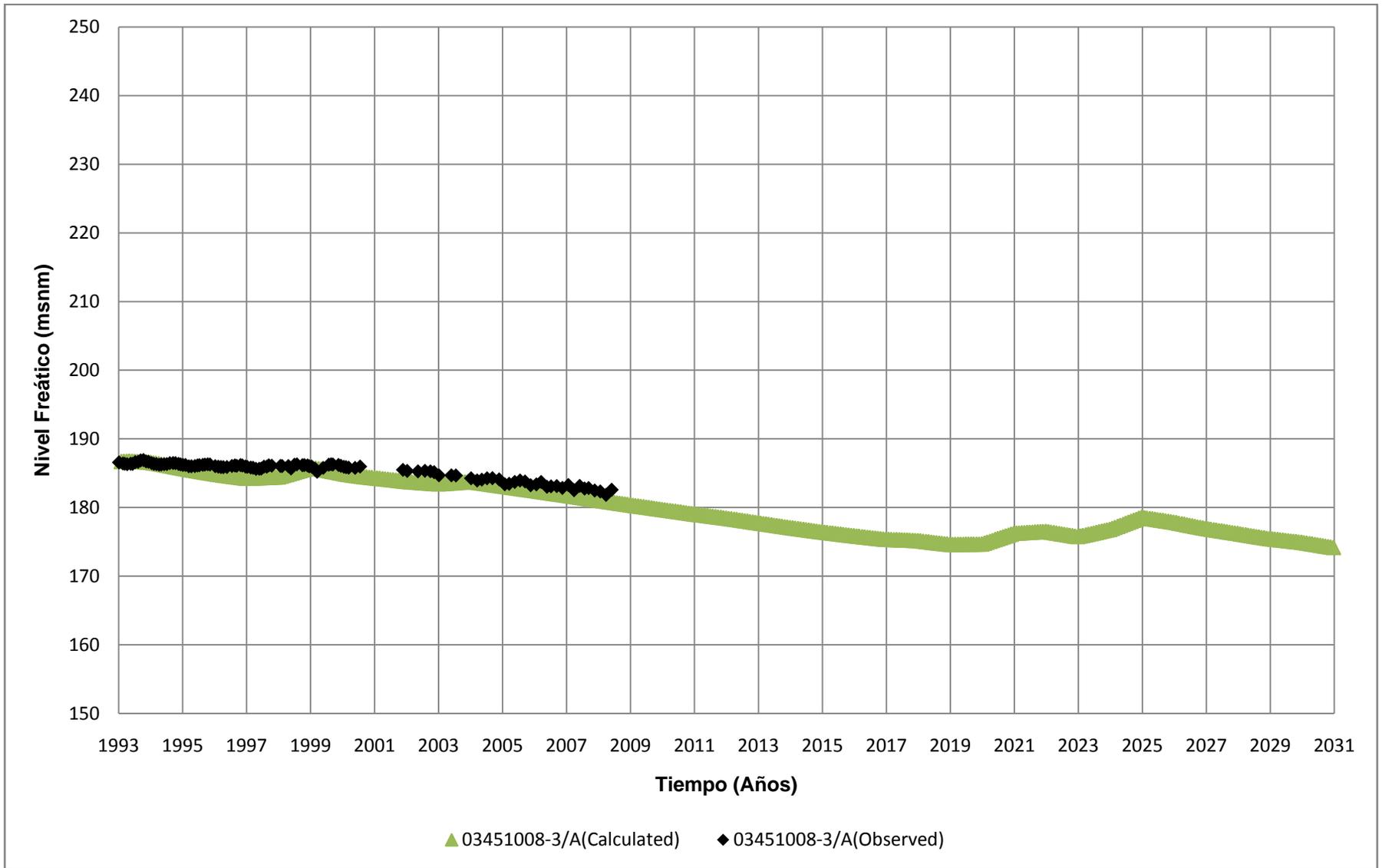


Figura H.32
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451008-3
 Fuente: Elaboración Propia

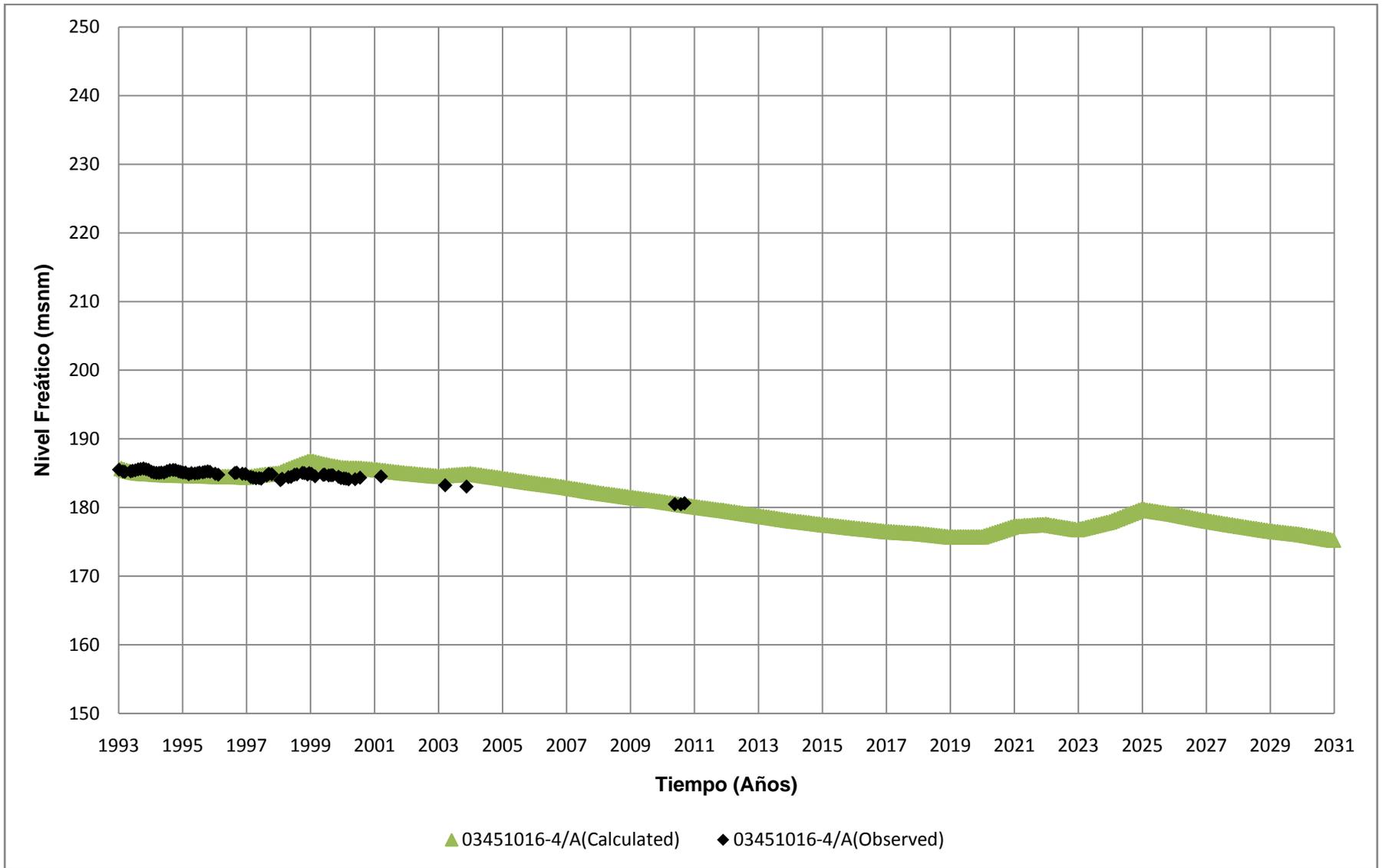


Figura H.33
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451016-4
 Fuente: Elaboración Propia

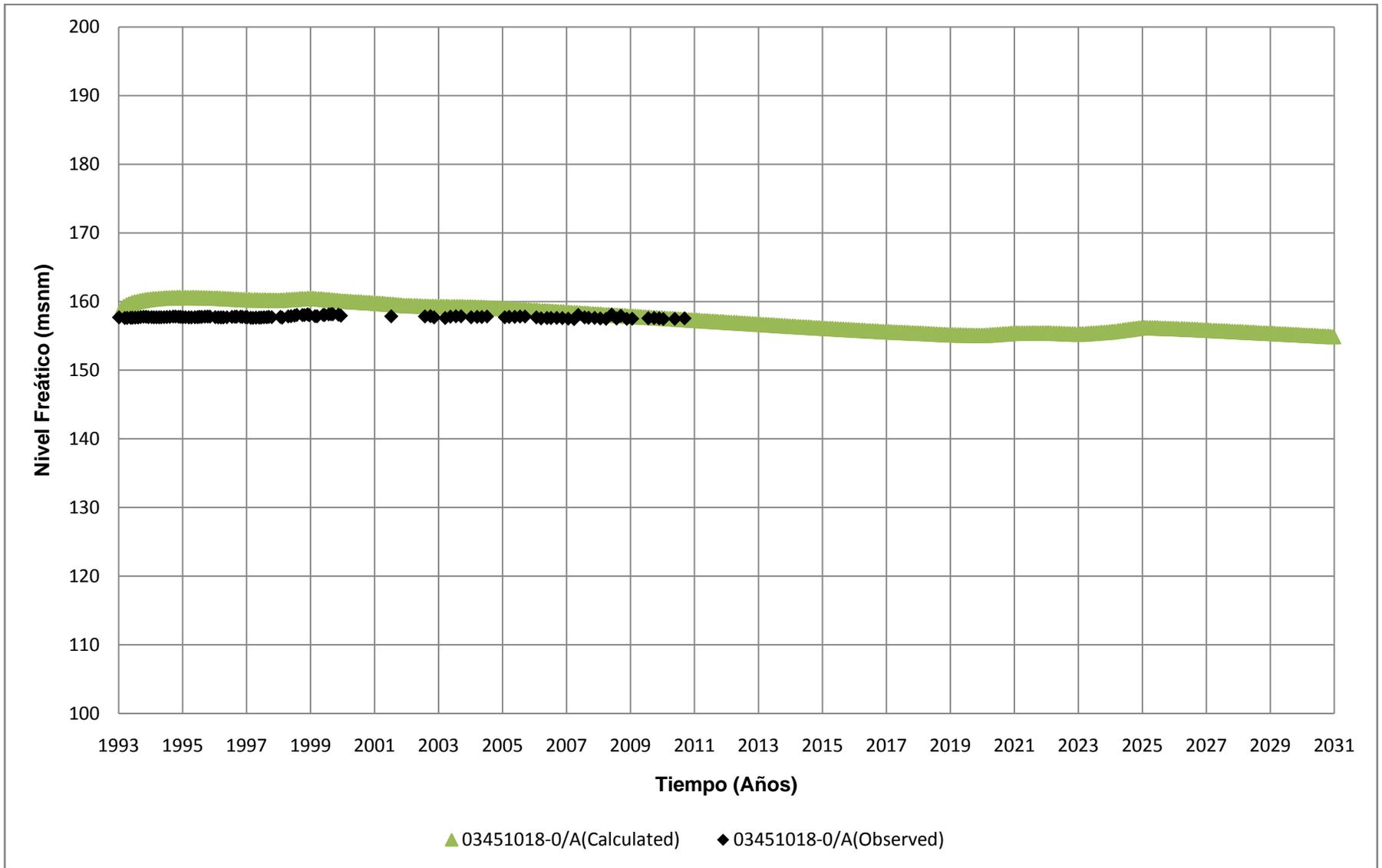


Figura H.34
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451018-0
 Fuente: Elaboración Propia

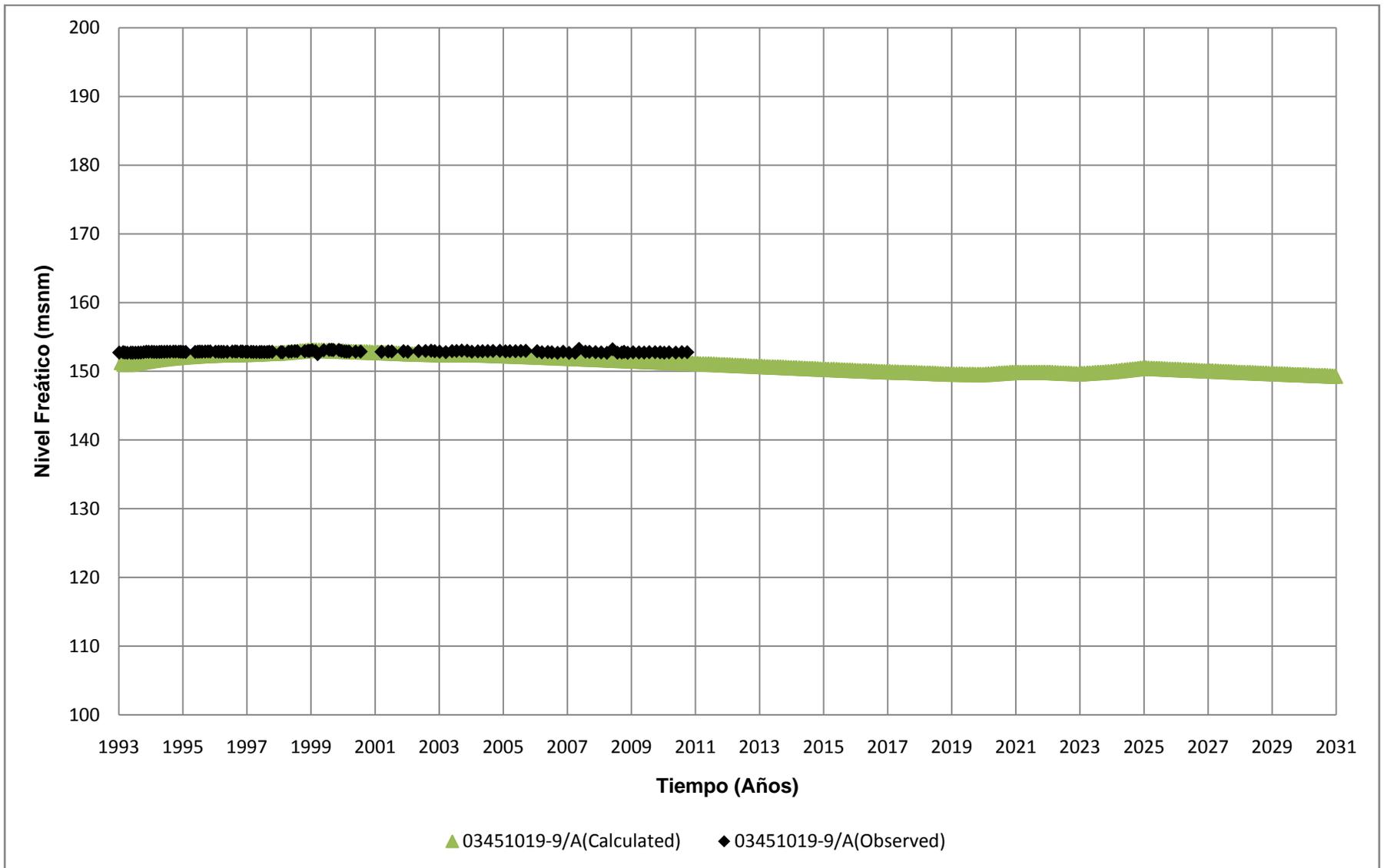


Figura H.35
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451019-9
 Fuente: Elaboración Propia

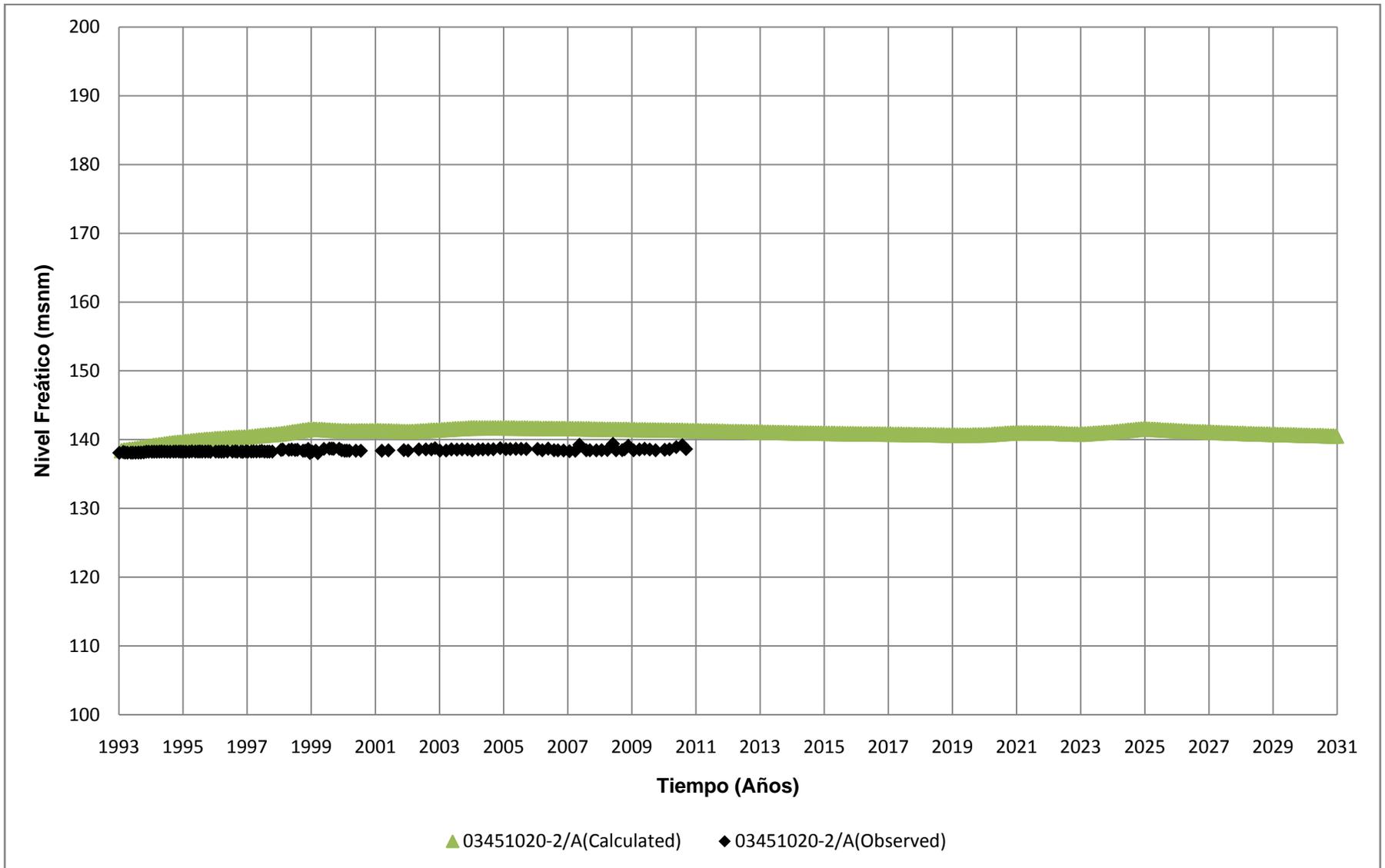


Figura H.36
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451020-2
 Fuente: Elaboración Propia

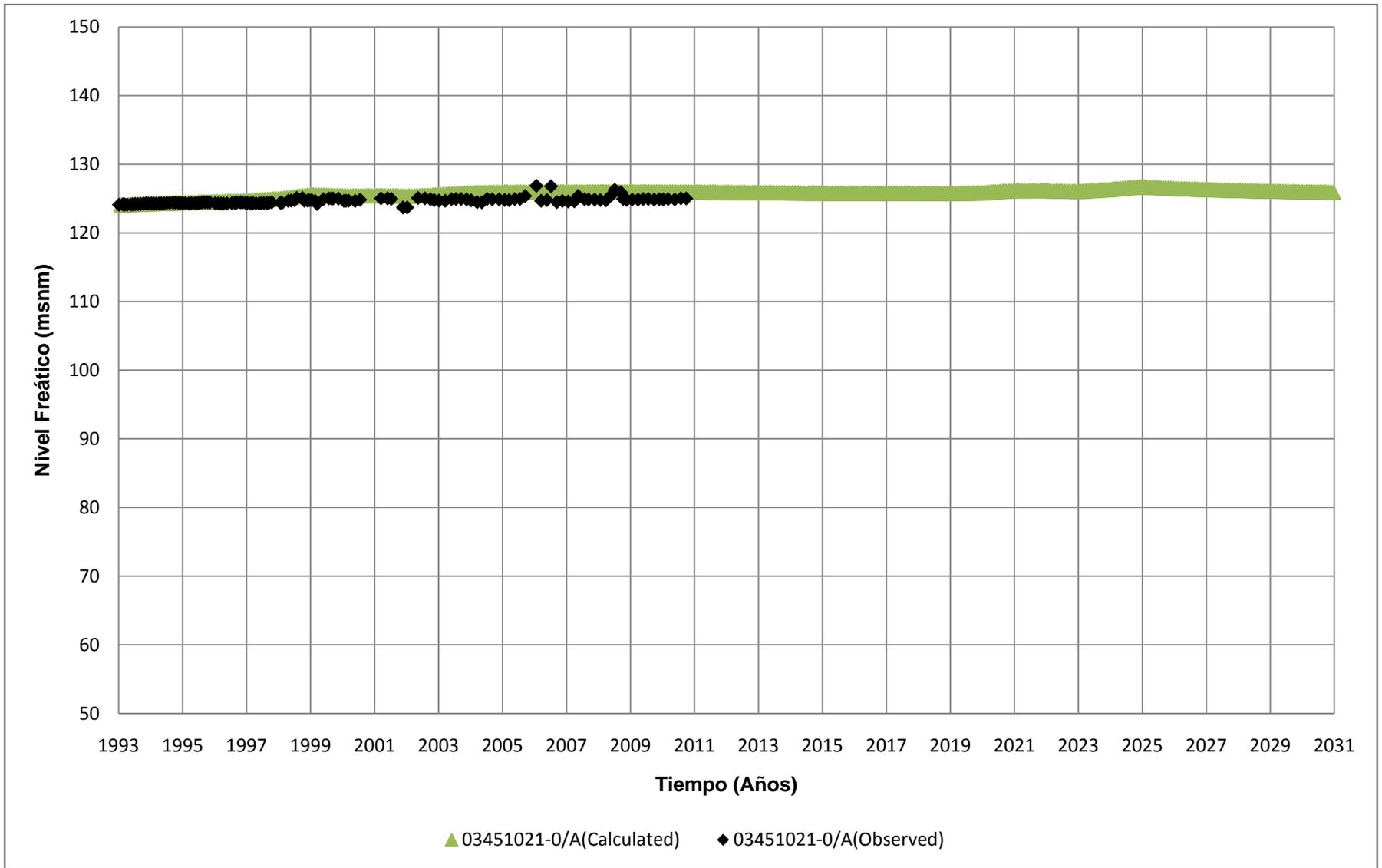


Figura H.37
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03451021-0
 Fuente: Elaboración Propia

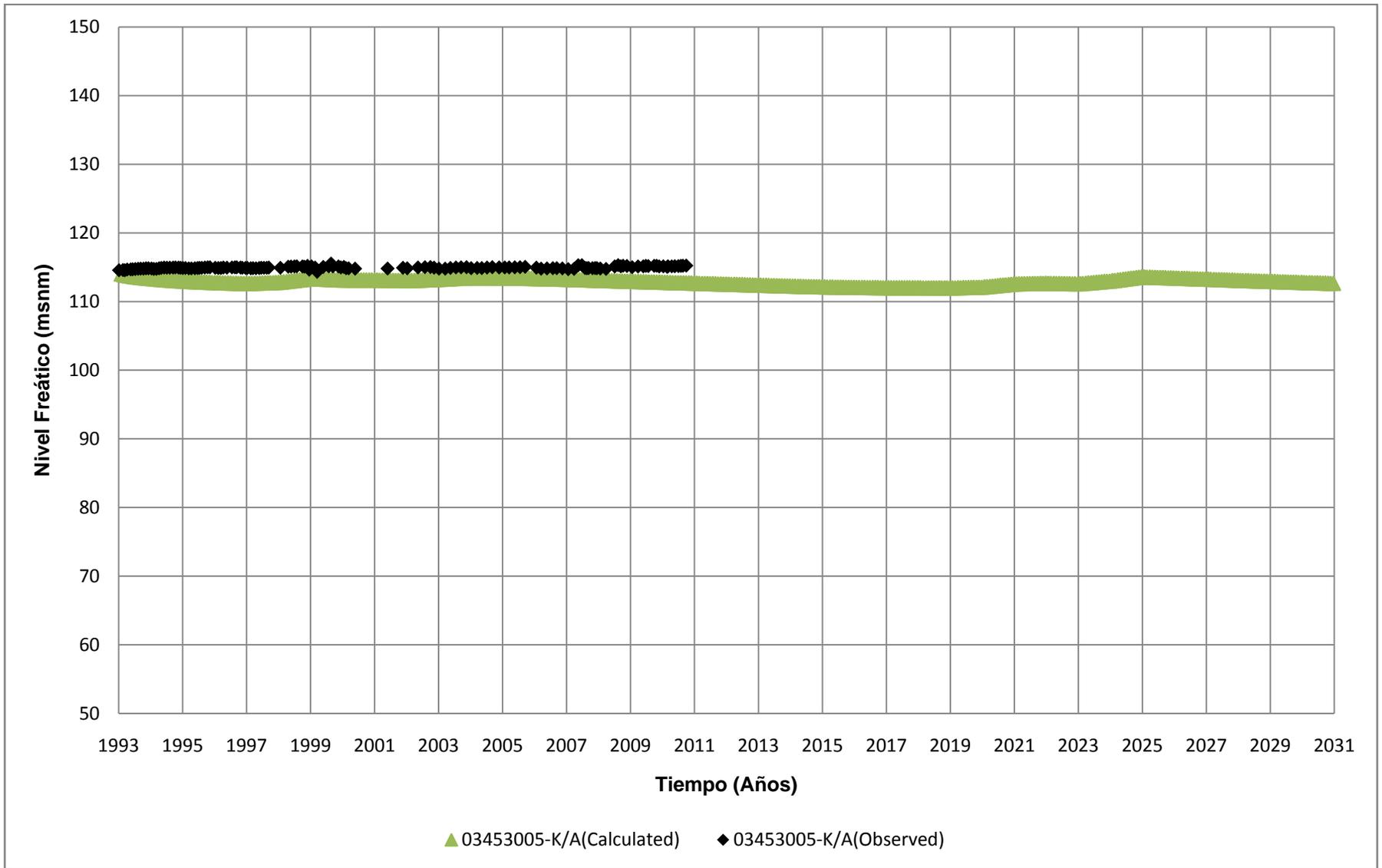


Figura H.38
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03453005-K
 Fuente: Elaboración Propia

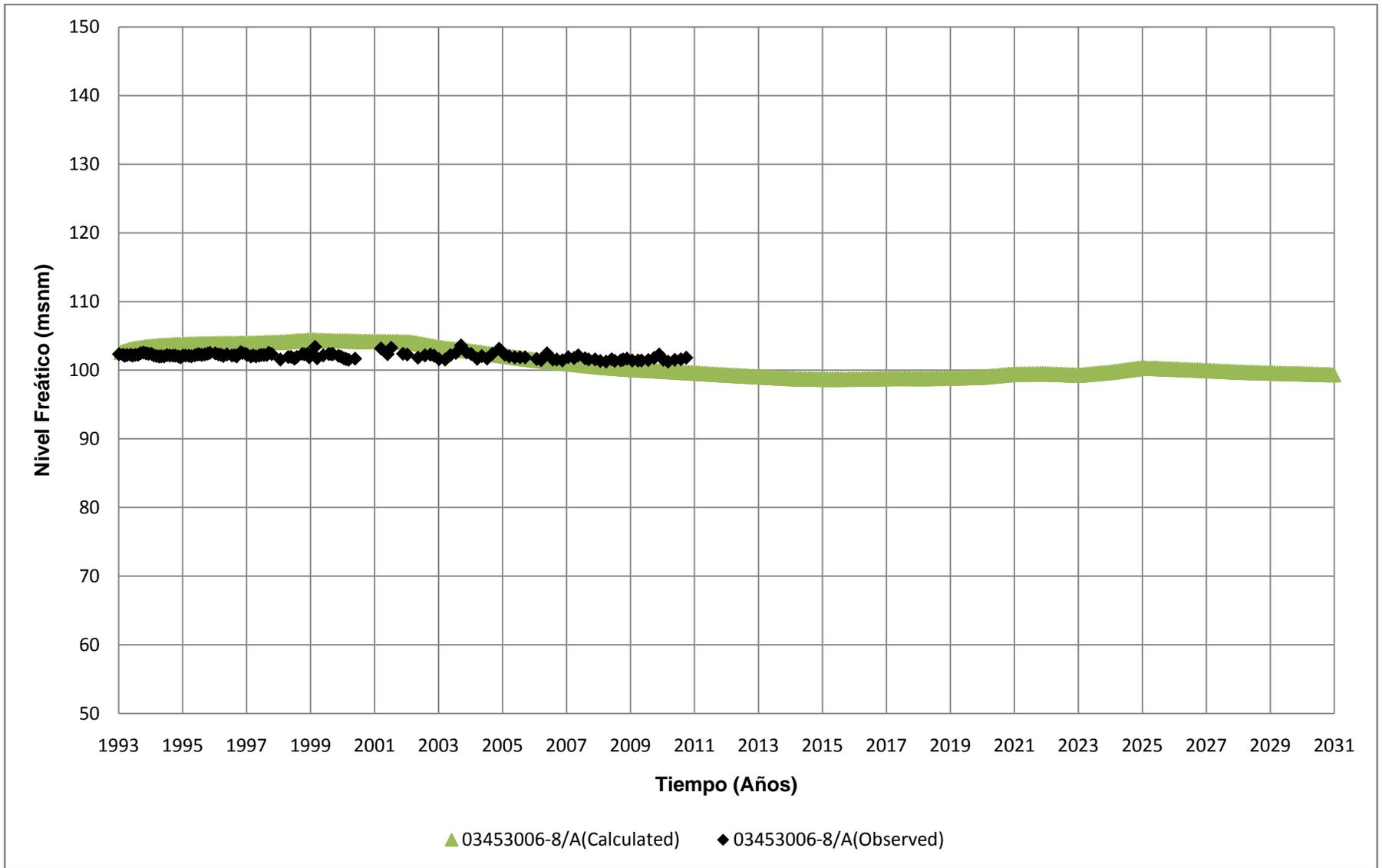


Figura H.39
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03453006-8
 Fuente: Elaboración Propia

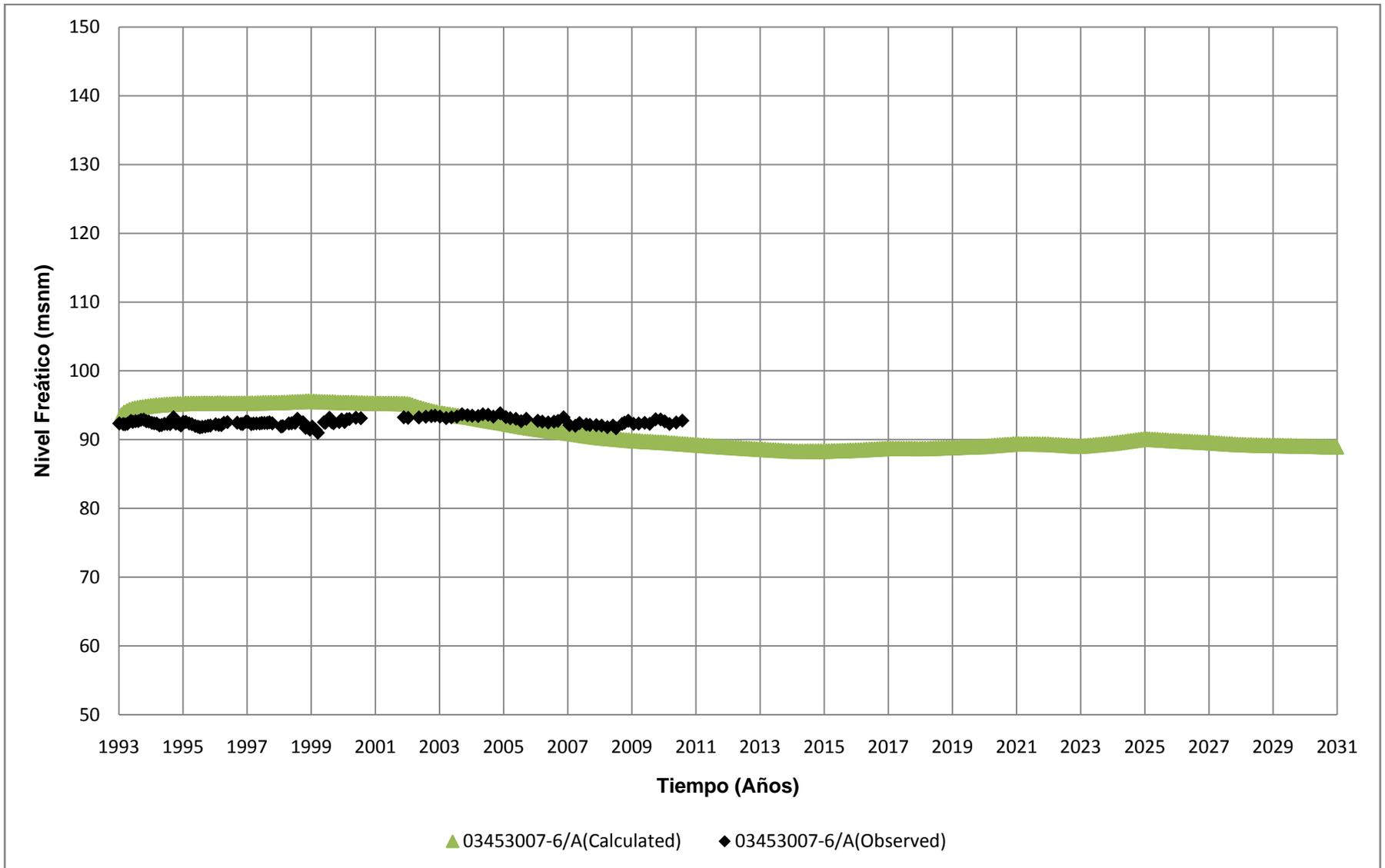


Figura H.40
Niveles simulados en Escenario 3 para pozo 03453007-6
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla H.1
Balance hídrico en Sector 3 – Escenario 3

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	1.224	50	818	0	251	1.274	1.069	205
1994	1.028	50	1.207	0	235	1.078	1.442	-364
1995	974	50	1.300	0	224	1.024	1.523	-499
1996	898	50	1.391	0	249	948	1.640	-692
1997	1.107	50	955	0	249	1.157	1.204	-47
1998	1.553	50	464	0	261	1.603	724	878
1999	1.125	50	1.640	0	280	1.175	1.920	-744
2000	1.010	50	964	0	260	1.060	1.223	-164
2001	1.132	50	1.383	0	292	1.182	1.674	-493
2002	1.165	50	1.011	0	285	1.215	1.296	-81
2003	1.376	50	936	0	292	1.426	1.228	198
2004	1.080	50	1.300	0	285	1.130	1.585	-456
2005	1.074	50	1.530	0	269	1.124	1.798	-674
2006	1.011	50	1.496	0	277	1.061	1.772	-711
2007	967	50	1.623	0	253	1.017	1.876	-860
2008	989	50	1.514	0	230	1.039	1.744	-705
2009	927	50	1.428	0	213	977	1.642	-665
2010	865	50	1.507	0	190	915	1.697	-782
2011	900	50	1.667	0	146	950	1.813	-862
2012	780	50	1.522	0	122	830	1.644	-814
2013	767	50	1.522	0	106	817	1.628	-811
2014	699	50	1.340	0	81	749	1.421	-671
2015	636	50	1.189	0	57	686	1.245	-559
2016	603	50	1.078	0	55	653	1.133	-480
2017	1.168	50	1.281	0	68	1.218	1.350	-132
2018	708	50	1.102	0	59	758	1.160	-402
2019	1.429	50	1.168	0	72	1.479	1.241	239
2020	1.923	50	1.269	0	82	1.973	1.351	621
2021	1.398	50	1.352	0	86	1.448	1.438	10
2022	1.132	50	1.434	0	91	1.182	1.524	-342
2023	1.711	50	1.285	0	91	1.761	1.376	385
2024	2.084	50	1.243	0	108	2.134	1.351	783
2025	1.172	50	1.379	0	104	1.222	1.483	-261
2026	1.111	50	1.409	0	104	1.161	1.513	-352
2027	1.071	50	1.471	0	105	1.121	1.576	-456
2028	920	50	1.365	0	99	970	1.464	-493
2029	1.214	50	1.342	0	99	1.264	1.441	-177
2030	872	50	1.368	0	94	922	1.461	-539

Fuente: Elaboración Propia

Tabla H.2
Balance hídrico en Sector 4 – Escenario 3

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	775	251	731	0	250	1.027	981	45
1994	724	235	873	0	262	959	1.135	-177
1995	713	224	1.013	0	260	937	1.274	-337
1996	652	249	1.083	0	262	901	1.345	-444
1997	777	249	863	0	266	1.025	1.129	-104
1998	1.014	261	438	0	274	1.274	712	562
1999	804	280	1.359	0	286	1.083	1.645	-562
2000	661	260	872	0	283	921	1.154	-234
2001	798	292	1.239	0	286	1.090	1.525	-436
2002	747	285	1.038	0	285	1.032	1.323	-292
2003	961	292	1.037	0	284	1.253	1.322	-68
2004	754	285	1.189	0	288	1.040	1.477	-437
2005	827	269	1.306	0	286	1.095	1.591	-496
2006	756	277	1.244	0	284	1.032	1.528	-496
2007	709	253	1.409	0	270	962	1.679	-717
2008	708	230	1.528	0	259	938	1.787	-849
2009	697	213	1.493	0	249	910	1.742	-831
2010	665	190	1.587	0	236	854	1.823	-969
2011	705	146	1.459	0	226	851	1.685	-834
2012	555	122	1.019	0	226	678	1.245	-567
2013	550	106	1.019	0	227	657	1.246	-589
2014	538	81	915	0	227	619	1.141	-522
2015	584	57	838	0	227	641	1.065	-424
2016	581	55	783	0	227	636	1.009	-373
2017	892	68	891	0	231	960	1.122	-162
2018	584	59	796	0	231	643	1.027	-384
2019	995	72	834	0	237	1.067	1.071	-4
2020	1.459	82	891	0	244	1.541	1.136	406
2021	1.014	86	933	0	249	1.100	1.183	-83
2022	716	91	975	0	251	807	1.225	-418
2023	1.240	91	895	0	254	1.331	1.149	182
2024	1.499	108	878	0	265	1.607	1.143	464
2025	767	104	947	0	268	871	1.215	-344
2026	694	104	962	0	266	798	1.228	-430
2027	740	105	994	0	262	845	1.255	-410
2028	682	99	932	0	258	781	1.190	-409
2029	800	99	924	0	258	900	1.182	-283
2030	617	94	933	0	254	711	1.187	-476

Fuente: Elaboración Propia

Tabla H.3
Balance hídrico en Sector 5 – Escenario 3

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	320	250	688	0	216	570	903	-334
1994	195	262	781	0	188	458	969	-511
1995	224	260	783	0	170	484	953	-469
1996	157	262	824	0	154	419	978	-559
1997	465	266	691	0	152	731	843	-112
1998	939	274	416	0	174	1.213	590	623
1999	108	286	1.043	0	129	394	1.171	-777
2000	175	283	670	0	123	458	793	-335
2001	209	286	897	0	111	495	1.008	-513
2002	256	285	757	0	110	541	867	-326
2003	626	284	726	0	122	911	848	63
2004	150	288	872	0	100	439	972	-533
2005	254	286	968	0	95	540	1.063	-523
2006	191	284	925	0	84	475	1.010	-535
2007	205	270	977	0	77	475	1.054	-579
2008	114	259	901	0	64	373	965	-592
2009	176	249	855	0	61	425	916	-491
2010	163	236	897	0	81	399	978	-579
2011	216	226	905	0	115	442	1.020	-578
2012	6	226	905	0	66	232	971	-739
2013	6	227	905	0	44	233	949	-716
2014	5	227	803	0	31	232	834	-603
2015	99	227	722	0	29	326	752	-426
2016	132	227	663	0	29	359	692	-333
2017	423	231	774	0	38	654	812	-158
2018	54	231	677	0	24	284	700	-416
2019	380	237	714	0	30	617	744	-127
2020	1.288	244	770	0	65	1.532	835	697
2021	691	249	815	0	56	940	871	69
2022	70	251	858	0	31	321	889	-568
2023	984	254	777	0	54	1.238	831	406
2024	1.303	265	756	0	74	1.568	830	739
2025	211	268	829	0	45	479	874	-395
2026	19	266	845	0	28	285	872	-588
2027	170	262	878	0	25	432	903	-471
2028	131	258	818	0	20	389	838	-449
2029	219	258	808	0	19	477	826	-349
2030	12	254	820	0	10	266	829	-563

Fuente: Elaboración Propia

Tabla H.4
Balance hídrico en Sector 6 – Escenario 3

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	143	216	366	125	0	359	491	-132
1994	17	188	415	117	0	205	532	-327
1995	9	170	418	110	0	180	528	-348
1996	2	154	430	106	0	156	536	-380
1997	320	152	361	112	0	472	472	0
1998	805	174	217	136	0	979	353	626
1999	22	129	545	120	0	151	665	-514
2000	3	123	351	115	0	126	466	-340
2001	38	111	469	111	0	150	580	-431
2002	87	110	395	103	0	197	498	-301
2003	391	122	398	104	0	513	502	11
2004	22	100	456	100	0	122	556	-434
2005	38	95	505	97	0	133	602	-469
2006	20	84	484	94	0	104	577	-473
2007	12	77	523	91	0	88	613	-525
2008	7	64	484	88	0	71	572	-501
2009	2	61	456	86	0	63	542	-478
2010	5	81	577	83	0	86	660	-574
2011	36	115	749	81	0	151	830	-679
2012	2	66	487	79	0	68	565	-498
2013	2	44	487	77	0	46	563	-517
2014	2	31	428	75	0	34	503	-469
2015	3	29	378	74	0	32	452	-420
2016	6	29	342	73	0	35	415	-380
2017	170	38	408	72	0	208	480	-272
2018	11	24	350	71	0	34	420	-386
2019	282	30	371	72	0	312	444	-132
2020	1.008	65	404	82	0	1.073	485	587
2021	462	56	431	81	0	518	512	6
2022	35	31	458	77	0	65	535	-469
2023	874	54	409	85	0	928	495	434
2024	1.229	74	395	99	0	1.303	494	808
2025	77	45	440	91	0	122	531	-408
2026	8	28	450	85	0	35	535	-500
2027	61	25	470	81	0	86	551	-465
2028	25	20	436	78	0	45	513	-469
2029	95	19	428	75	0	113	503	-390
2030	3	10	437	72	0	13	509	-496

Fuente: Elaboración Propia

Tabla H.5
Balance hídrico entre La Puerta y Angostura – Escenario 3

Año	Entradas (l/s)		Salidas (l/s)			Entrada Total (l/s)	Salida Total (l/s)	Δ Almacenamiento (l/s)
	Recarga	Flujo Subterráneo	Caudal Bombeo	Caudal Dren	Flujo Subterráneo			
1993	2.463	50	2.603	125	0	2.513	2.728	-215
1994	1.964	50	3.277	117	0	2.014	3.394	-1.380
1995	1.921	50	3.513	110	0	1.971	3.624	-1.653
1996	1.709	50	3.728	106	0	1.759	3.834	-2.075
1997	2.669	50	2.870	112	0	2.719	2.982	-263
1998	4.310	50	1.535	136	0	4.360	1.671	2.689
1999	2.059	50	4.587	120	0	2.109	4.707	-2.598
2000	1.849	50	2.857	115	0	1.899	2.971	-1.072
2001	2.178	50	3.988	111	0	2.228	4.099	-1.872
2002	2.254	50	3.201	103	0	2.304	3.304	-1.000
2003	3.354	50	3.097	104	0	3.404	3.201	203
2004	2.007	50	3.817	100	0	2.057	3.917	-1.860
2005	2.193	50	4.309	97	0	2.243	4.405	-2.162
2006	1.977	50	4.148	94	0	2.027	4.242	-2.215
2007	1.892	50	4.532	91	0	1.942	4.623	-2.681
2008	1.818	50	4.426	88	0	1.868	4.514	-2.647
2009	1.802	50	4.232	86	0	1.852	4.317	-2.466
2010	1.697	50	4.568	83	0	1.747	4.651	-2.904
2011	1.858	50	4.780	81	0	1.908	4.861	-2.953
2012	1.344	50	3.933	79	0	1.394	4.011	-2.618
2013	1.326	50	3.933	77	0	1.376	4.009	-2.633
2014	1.245	50	3.485	75	0	1.295	3.560	-2.265
2015	1.323	50	3.127	74	0	1.373	3.201	-1.828
2016	1.322	50	2.866	73	0	1.372	2.938	-1.566
2017	2.653	50	3.355	72	0	2.703	3.428	-725
2018	1.356	50	2.924	71	0	1.406	2.995	-1.589
2019	3.086	50	3.088	72	0	3.136	3.160	-24
2020	5.678	50	3.335	82	0	5.728	3.416	2.312
2021	3.565	50	3.531	81	0	3.615	3.612	2
2022	1.953	50	3.724	77	0	2.003	3.801	-1.798
2023	4.809	50	3.366	85	0	4.859	3.452	1.407
2024	6.116	50	3.273	99	0	6.166	3.372	2.794
2025	2.227	50	3.595	91	0	2.277	3.686	-1.408
2026	1.831	50	3.665	85	0	1.881	3.750	-1.869
2027	2.042	50	3.813	81	0	2.092	3.895	-1.803
2028	1.758	50	3.551	78	0	1.808	3.628	-1.820
2029	2.328	50	3.502	75	0	2.378	3.577	-1.199
2030	1.504	50	3.557	72	0	1.554	3.629	-2.075

Fuente: Elaboración Propia