



Mendoza, 26 de diciembre de 2022

DCILC- 717/22

Al Sr. Superintendente  
Departamento General de Irrigación  
Ing. Agrim. Sergio Marinelli  
S \_\_\_\_\_//\_\_\_\_\_D

**Ref.: Expte. DGI N° 259.142**  
**Cédula de Notificación DGI**  
**del 29/07/2022**  
**Res. DGI N° 573/22**  
**Res. DGI N° 963/21**

**PRESENTA PLAN AMPLIADO**  
**DE REMEDIACIÓN**

De nuestra consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Ud. en el expediente de referencia con el objeto de presentar el Plan Ampliado de Remediación, el cual se acompaña como Anexo I, en el marco de lo ordenado por el art. 3 de la Res. DGI N° 963/21, el art. 1 de la Res. DGI N° 573/22 y del acuerdo celebrado entre YPF y este DGI el día 7/9/22 que se acompaña como Anexo II, en el cual se definieron las bases para la implementación de un Plan Ampliado de Remediación.

Téngase presente que YPF cumplió previamente con la presentación de la recalibración del modelo de flujo y transporte de MTBE (nota DCILC 686/22, presentada el día 30/09/2022) y con la optimización de la propuesta del proyecto "Plan ampliado de remediación (BHE)" (nota DCILC 707/12 presentada el día 10/11/2022).

El Plan Ampliado de Remediación acompañado en Anexo I ha sido diseñado con el objetivo de:

- a) Contener el avance de la pluma de MTBE hacia el Este a través de una barrera hidráulica compuesta por 14 pozos inyectores, a construir dentro de los tiempos que demanda la migración de la pluma.



- b) Acelerar el proceso de remediación, aumentando la extracción de CDIs a través de 7 nuevos pozos productores y ampliando la capacidad de tratamiento de la Planta Fambén Sur.
- c) Mantener el balance hídrico de la cuenca, restituyendo al acuífero los volúmenes de agua extraída, post tratamiento.

El Plan Ampliado de Remediación contempla las siguientes mejoras en comparación con lo que se preveía en el Acuerdo acompañado en Anexo II:

- Ampliación de la Primera Barrera Hidráulica (PBH), perforando 2 pozos adicionales denominados S10 y S11 al pozo S9 propuesto en el Acuerdo y aumentando su máxima capacidad de extracción actual de 390 m<sup>3</sup>/h a 720 m<sup>3</sup>/h.
- Cambios en la Tercera Barrera Hidráulica (TBH): Los pozos inyectores 1, 2, 3, 4 y 5 serán utilizados como pozos de back up, pudiendo ser los mismos inyectores y/o extractores, permitiendo mejorar la flexibilidad operativa, a diferencia de lo propuesto originalmente, donde los pozos eran sólo extractores.

Por último, cabe mencionar que es de suma importancia la actuación dinámica y coordinada entre YPF y DGI para respetar y cumplir los tiempos de ejecución comprometidos, de lo cual depende la eficacia del Plan Ampliado de Remediación, por lo que solicitamos pronta aprobación a los fines de iniciar en lo inmediato su ejecución.

Sin otro particular, lo saludo atte.

**ASSAD,  
MIGUEL  
ANGEL**

Firmado digitalmente  
por ASSAD, MIGUEL  
ANGEL  
Fecha: 2022.12.26  
16:02:59 -03'00'

Ing. Miguel Angel Assad

Gerente

CILC - YPF S.A.



# ANEXO I



Consultoría Medioambiental Especializada en Acuíferos Profundos del Complejo Industrial Luján de Cuyo (CILC)

## **Nota Técnica de Proyecto Ampliado de Remediación**

**YPF**

23-12-2022

216014-00424-02\_CA\_EN\_TEN\_Proyecto Ampliado Remediación\_004

**Advisian**  
Worley Group

[advisian.com](http://advisian.com)



### **Limitación de responsabilidad**

Este informe ha sido preparado para uso exclusivo de YPF, y está expedido en conformidad con el acuerdo entre YPF y Worley España S.L.U (Advisian). Worley España S.L.U (Advisian) no asume responsabilidad alguna respecto a cualquier uso de este informe por terceras personas. No está permitida la copia o reproducción de este informe sin autorización de YPF y Worley España S.L.U (Advisian).

### **Uso de los datos**

Los trabajos, resultados e informes que componen el presente documento tienen meramente carácter consultivo. Estos trabajos se realizarán para el uso exclusivo y beneficio de YPF y no serán destinados ni utilizados por ningún tercero o utilizados para ningún fin sin el previo consentimiento por escrito de Worley España S.L.U (Advisian).

YPF por tanto asumirá cualquier responsabilidad sobre el uso que haga del contenido del informe. Worley España S.L.U (Advisian) excluye cualquier responsabilidad frente a terceros a los que YPF pueda hacer llegar el contenido, total o parcial, del presente informe.

Worley España S.L.U (Advisian) no se hace responsable del uso que haga de esta información ni de los perjuicios que pudiera sufrir YPF o cualquier tercero que pudiese tomar decisiones sobre la base del contenido del informe. Cualquier decisión adoptada por YPF sobre la base de este informe, incluyendo su interpretación o su uso para cualquier propósito (incluyendo, sin carácter limitativo y entre otros, fines de evaluación, valoración, financiación o para cualquier diseño, ingeniería u cualquier otro trabajo realizado a partir de los resultados del presente informe) será tomada por YPF bajo su exclusiva responsabilidad y a su propio riesgo.

### **Detalles de la empresa**

Worley España S.L.U.  
Paseo de la Castellana, nº 184,  
28046, Madrid, Spain  
T: +34 91 353 5100

**PROJECT 216014-00424-02\_CA\_EN\_TEN\_Proyecto Ampliado Remediación – Consultoría Medioambiental Especializada en Acuíferos Profundos del Complejo Industrial Luján de Cuyo (CILC) - Nota Técnica de Proyecto Ampliado de Remediación**

Rev	Description	Author	Review	Advisian approval	Revision date	Client approval	Approval date
001	Borrador				02-12-2022		[App date]
		N. Imbern	A.Eugercios	A.Eugercios		A.De Cicco	
002	Borrador	N. Impen	A.Eugercios	P.Montes	14-12-2022	A.De Cicco	[App date]
003	Borrador	A.Eugercios	A.Eugercios	P.Montes	21-12-2022	A.De Cicco	[App date]
004	Final	A.Eugercios	A.Eugercios	P.Montes	23-12-2022	A.De Cicco	[App date]

[Optional client project number] - [Optional client document number]

## Tabla de contenidos

<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Antecedentes .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Contexto actual.....</b>	<b>10</b>
3.1	Primera barrera hidráulica .....	10
3.2	Tercera barrera Hidráulica .....	11
3.3	Sistema de tratamiento e inyección .....	12
<b>4</b>	<b>Justificación del Proyecto Ampliado de Remediación .....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Objetivos del proyecto.....</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Nuevo diseño de Barrera Hidráulica al Este (BHE) .....</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Consideraciones respetadas .....</b>	<b>19</b>
7.1	Simulación de la evolución esperada de la pluma de MTBE sin BHE.....	22
7.1.1	Escenario 1: Sequía extrema (probabilidad baja).....	23
7.1.2	Escenario 2: Sequía severa (probabilidad alta).....	23
7.1.3	Escenario 3: Año húmedo (probabilidad muy baja).....	23
7.2	Simulación de la Barrera Hidráulica al Este.....	27
7.2.1	Escenario 1: Sequía extrema (probabilidad baja).....	29
7.2.2	Escenario 2: Sequía severa (probabilidad alta).....	29
7.2.3	Escenario 3: Año húmedo (probabilidad muy baja).....	30
7.3	Modificación del diseño de la Primera Barrera Hidráulica.....	34
7.3.1	Escenario 1: Sequía extrema (probabilidad baja).....	35
7.3.2	Escenario 2: Sequía severa (probabilidad alta).....	35
7.3.3	Escenario 3: Año húmedo (probabilidad muy baja).....	35
<b>8</b>	<b>Área objetivo de remediación.....</b>	<b>38</b>
<b>9</b>	<b>Alternativas evaluadas y factores condicionantes para el diseño de la Barrera Hidráulica al Este.....</b>	<b>42</b>
9.1	Alternativas evaluadas.....	42
9.2	Factores condicionantes.....	43

9.2.1	Caudal de tratamiento.....	43
9.2.2	Disposición de agua tratada.....	43
9.2.3	Características y ubicación de los pozos.....	44
9.3	Limitaciones.....	44
<b>10</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>47</b>
<b>11</b>	<b>Referencias.....</b>	<b>48</b>

ANEXO 1. Modelo conceptual de Recarga

ANEXO 2. Curvas de paso de MTBE en los pozos de observación

ANEXO 3. Simulaciones a futuro sin la BHE con el modelo numérico S95

ANEXO 4. Simulaciones a futuro con la BHE con el modelo numérico S95

## Listado de Tablas

Tabla 7-1.	Recarga durante la simulación de la migración de la pluma de MTBE sin BHE para los diferentes escenarios. Periodo 2022-2032.....	19
Tabla 7-2.	Concentración en los focos durante la simulación de la migración de la pluma de MTBE sin BHE para los diferentes escenarios. Periodo 2022-2032.....	21
Tabla 7-3.	Configuración de caudales operativos de la PBH, TBH y los pozos inyectoros utilizados durante la simulación de la migración de la pluma de MTBE sin BHE para los diferentes escenarios. Periodo 2022-2032.....	22
Tabla 7-4.	Configuración de caudales de la PBH actual utilizada durante la simulación de la BHE para los diferentes escenarios. Periodo 2022-2032.....	27
Tabla 7-5.	Configuración de caudales de la TBH y los pozos inyectoros utilizada durante la simulación de la BHE para los diferentes escenarios. Periodo 2022-2032.....	28
Tabla 7-6.	Balance hídrico de la BHE. Periodo 2022-2032.....	29
Tabla 7-7.	Configuración de caudales de la PBH para el escenario 1.....	35
Tabla 7-8.	Configuración de caudales de la PBH para el escenario 2.....	35
Tabla 7-9.	Configuración de caudales de la PBH para el escenario 3.....	36

## Listado de Figuras

Figura 3-1.	Detalle de localización de los pozos que conforman la PBH y pozos cercanos.....	10
Figura 3-2.	Detalle de localización de los pozos de la TBH y pozos cercanos.....	11

Figura 3-3. Sistema de extracción, derivación y tratamiento de la PBH. ....	12
Figura 3-4. Sistema de extracción, derivación y tratamiento de la TBH.....	13
Figura 3-5. Sistema de devolución de agua tratada a los superficiarios y sistema de inyección. ....	13
Figura 4-1 Concentraciones de MTBE en el agua subterránea estimadas para diciembre de 2020 según modelo numérico.....	14
Figura 6-1 Localización de los pozos de la BHE incluidos en la simulación S95 .....	18
Figura 7-1. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo) .....	24
Figura 7-2. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo).....	25
Figura 7-3. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo).....	26
Figura 7-4. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo) .....	31
Figura 7-5. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)..	32
Figura 7-6. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo).....	33
Figura 7-7. Simulación de partículas en la PBH con el modelo de flujo serie 95. Escenario 1: "Sequía extrema". De izquierda a derecha: Partículas a la altura del nivel freático y partículas en el muro de la capa 2) .....	37
Figura 7-8. Simulación de partículas en la PBH con el modelo de flujo serie 95. Escenario 2: "Sequía severa". De izquierda a derecha: Partículas a la altura del nivel freático y partículas en el muro de la capa 2).....	37
Figura 7-9. Simulación de partículas en la PBH con el modelo de flujo serie 95. Escenario 3: "Año húmedo". De izquierda a derecha: Partículas a la altura del nivel freático y partículas en el muro de la capa 2) .....	37
Figura 8-1. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Diciembre de 2032 (capas 2 a 4 de izquierda a derecha) teniendo en cuenta el límite SSTL.....	39
Figura 8-2. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Diciembre de 2032 (capas 2 a 4 de izquierda a derecha) teniendo en cuenta el límite SSTL. ....	40
Figura 8-3. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Diciembre de 2032 (capas 2 a 4 de izquierda a derecha) teniendo en cuenta el límite SSTL.....	41

## Listado de Acrónimos

Acrónimo	Definición
ACR	Análisis Cuantitativo de Riesgos
AS	<i>Air Stripping</i> (Traducción: Extracción con aire)
BHE	Barrera Hidráulica al Este
CDI	Compuesto De Interés
CILC	Complejo Industrial Luján de Cuyo
DGI	Dirección General de Irrigación
MC	Modelo Conceptual
MTBE	Metil Tert-butil Eter
NT	Nota Técnica
PBH	Primera Barrera Hidráulica
SEVs	Sondeos Eléctricos Verticales
SSTL	<i>Site Specific Target Level</i> en sus siglas en inglés
TBH	Tercera Barrera Hidráulica
WTS	Sistema de Tratamiento del Agua en inglés (Water Treatment System)
Puntos cardinales	
N	Norte
S	Sur
E	Este
O	Oeste



# 1 Introducción

Como parte del Proyecto “CONSULTORÍA MEDIOAMBIENTAL ESPECIALIZADA EN ACUÍFEROS PROFUNDOS DEL COMPLEJO INDUSTRIAL LUJÁN DE CUYO (CILC)”, y a petición de YPF, se ha realizado la presente Nota Técnica (NT en adelante) que conforma el Proyecto Ampliado de Remediación.

El presente documento se estructura de la siguiente manera:

- Sección 1- Introducción
- Sección 2- Antecedentes
- Sección 3 - Contexto actual
- Sección 4.- Justificación del proyecto ampliado de remediación
- Sección 5 - Objetivos del proyecto
- Sección 6 - Nuevo diseño de Barrera Hidráulica al Este (BHE)
- Sección 7- Consideraciones respetadas
- Sección 8 - Área objetivo de remediación
- Sección 9 - Alternativas evaluadas, factores condicionantes y limitaciones
- Sección 10 - Conclusiones
- Sección 11 - Referencias

El informe se complementa con una serie de figuras en el texto y anexos.

## 2 Antecedentes

Como parte del seguimiento de los trabajos de saneamiento del agua subterránea que se están llevando a cabo en el Complejo Industrial Luján de Cuyo (CILC) <sup>1</sup>, se realizan, entre otras tareas, el seguimiento de la hidroquímica y de los componentes hidrogeológicos del acuífero, con el fin de determinar, además de la contención de la pluma, posibles cambios en el comportamiento del acuífero que pudieran provocar variaciones en el comportamiento de la pluma.

Durante los últimos años, el desplazamiento de la pluma de Metil Tert-butil Eter (MTBE) ligeramente hacia el este ha resultado en que varios pozos someros de esta zona este se encuentren afectados recientemente con concentraciones relativamente bajas de MTBE.

Así, el Departamento General de Irrigación (DGI) en el artículo 2 de la Resolución 963/21 del 10 de septiembre de 2021 solicitó a YPF un análisis detallado sobre las posibilidades de acelerar el proceso de remediación, con la ampliación de las barreras existentes y de las capacidades de tratamiento. Asimismo, en el artículo 3, se insta a la presentación de un cronograma de acciones para dar seguimiento al avance de la remediación.

YPF, mediante Nota DCILC-534/21 y expediente 259.142 el 12 de octubre de 2021, comunicó que la propuesta de actuaciones debería realizarse una vez finalizada la segunda recalibración del modelo de transporte de MTBE. El avance de la recalibración del modelo numérico, con los datos disponibles hasta diciembre de 2021 (serie 76), fue informado en reunión al DGI e INA.

Durante la realización de la nota técnica del diseño conceptual la recalibración del modelo numérico final seguía en ejecución, pendiente de las observaciones y resultados obtenidos durante la perforación de los nuevos pozos MON1, MON2 y MON3 (propuestos en nota N°36859/24). YPF solicitó una ampliación de plazo de 3 meses a partir de la obtención de la finalización de la construcción y evaluación de los datos obtenidos de dichos pozos para elaborar la Propuesta de Ampliación de la Remediación. Si bien todos los datos de dichos pozos no se encontraban todavía disponibles, se preparó la NT "Diseño Conceptual de Barrera Hidráulica al Este de la Pluma de MTBE" presentada el 10 de noviembre de 2022, con el fin de mostrar la conceptualización de la ampliación del sistema de remediación mediante la implementación de una barrera al este de la pluma. Esta barrera podría constituir en el futuro la Barrera Hidráulica al Este (BHE). Esta conceptualización se realizó sobre la base de la recalibración del modelo numérico de flujo y transporte hasta la serie 76.

Una vez obtenidos los datos necesarios de los nuevos pozos, se realizó la recalibración del modelo numérico hasta la serie 95 y se preparó una NT<sup>2</sup> para su consulta. Los resultados finales de esta recalibración fueron presentados al DGI el día 13 de octubre de 2022.

Las simulaciones realizadas posteriormente basadas en dicha recalibración han permitido la realización de la presente NT, detallando la propuesta final del Proyecto Ampliado de Remediación.

---

<sup>1</sup> Seguimiento realizado con base en el programa de monitoreo de la remediación vigente, descrito en la NT de "Programa de Monitoreo de la Remediación del 09 de febrero de 2017 y autorizado por Resolución del Departamento General de Irrigación (DGI) DGI 596/17 y sus modificatorias.

<sup>2</sup> 216014-00424-02\_CA\_TEN\_MODELO\_S95\_003 del 30 de septiembre de 2022

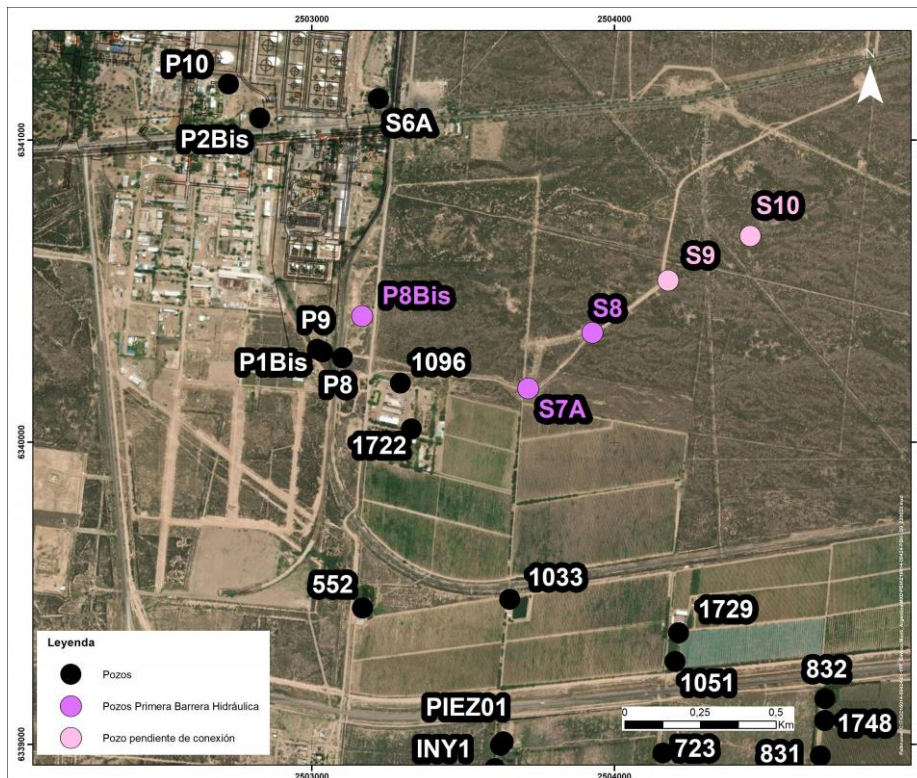
## 3 Contexto actual

El sistema de remediación actual consta de la Primera Barrera Hidráulica (PBH), Tercera Barrera Hidráulica (TBH) y de una planta de tratamiento del agua extraída (WTS *water treatment system* en sus siglas en inglés) mediante la tecnología de *Air Stripping* (AS). El agua tratada posteriormente es devuelta a los superficiarios para riego o bien es inyectada de nuevo en el acuífero.

### 3.1 Primera barrera hidráulica

La PBH actualmente está formada por los pozos P8Bis, S7A y S8 (Figura 3-1). Además, se perforaron dos nuevos pozos S9 (marzo-abril de 2022) y S10 (agosto-septiembre de 2022), los cuales están pendientes de conexión con la PBH.

Figura 3-1. Detalle de localización de los pozos que conforman la PBH y pozos cercanos.



El caudal de diseño total de extracción para esta PBH es de 390 m<sup>3</sup>/h<sup>3</sup>.el cual se encuentra distribuido entre los siguientes pozos:

- P8Bis
- S7A
- S8

<sup>3</sup> 51334\_04-51334\_04\_WPE\_CA\_REP\_ACTUALIZACION\_MOD.TRANSPORTE del 31 de julio de 2017.

Estos caudales fueron comunicados al DGI mediante nota 29911/24. La distribución actual de la PBH se considera aprobada de acuerdo con el Acta de inspección DGI N° 14.386 de la Dirección de Policía y Calidad del Agua.

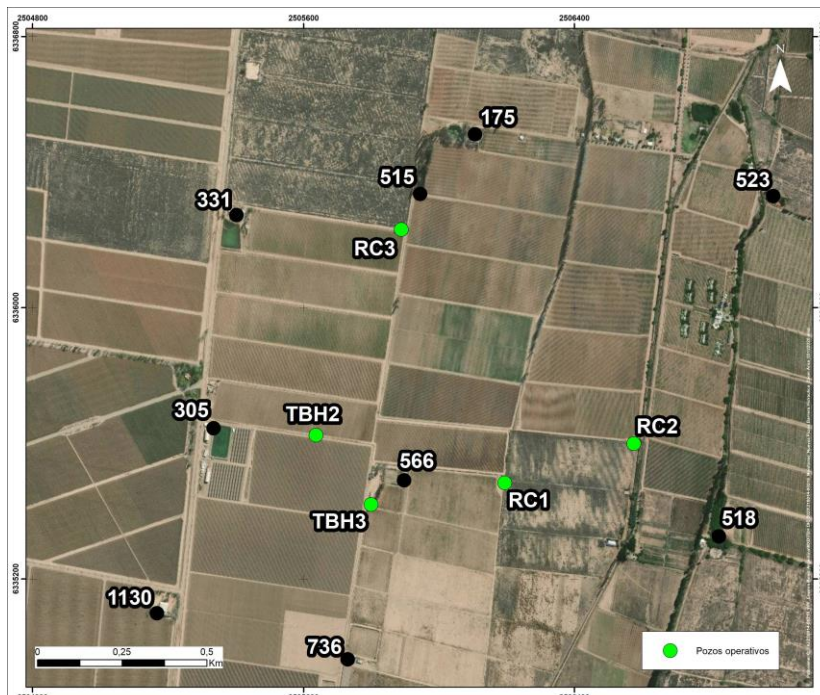
### 3.2 Tercera barrera Hidráulica

El caudal total de diseño de la TBH es de 800 m<sup>3</sup>/d, el cual se encuentra distribuido entre los siguientes pozos:

- RC1
- RC2
- RC3
- TBH2
- TBH3
- Pozo 06/331. Pozo de riego utilizado como pozo de remediación. No se considera como pozo de barrera perteneciente a la TBH.
- Pozo 06/566. Pozo de riego utilizado como pozo de remediación. No se considera como pozo de barrera perteneciente a la TBH.
- Pozo 06/811. Pozo de riego utilizado como pozo de remediación. No se considera como pozo de barrera perteneciente a la TBH.

La ubicación de los pozos se muestra en la Figura 3-2.

Figura 3-2. Detalle de localización de los pozos de la TBH y pozos cercanos.

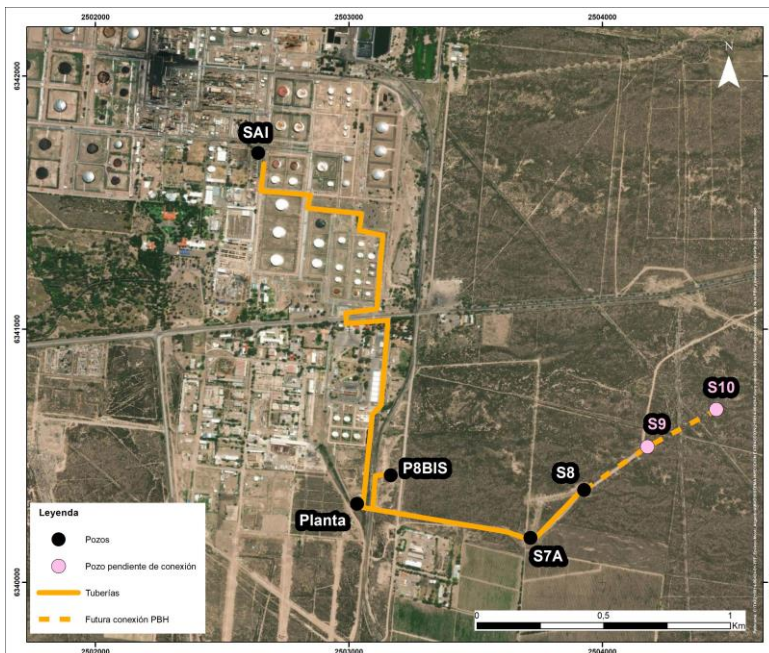




### 3.3 Sistema de tratamiento e inyección

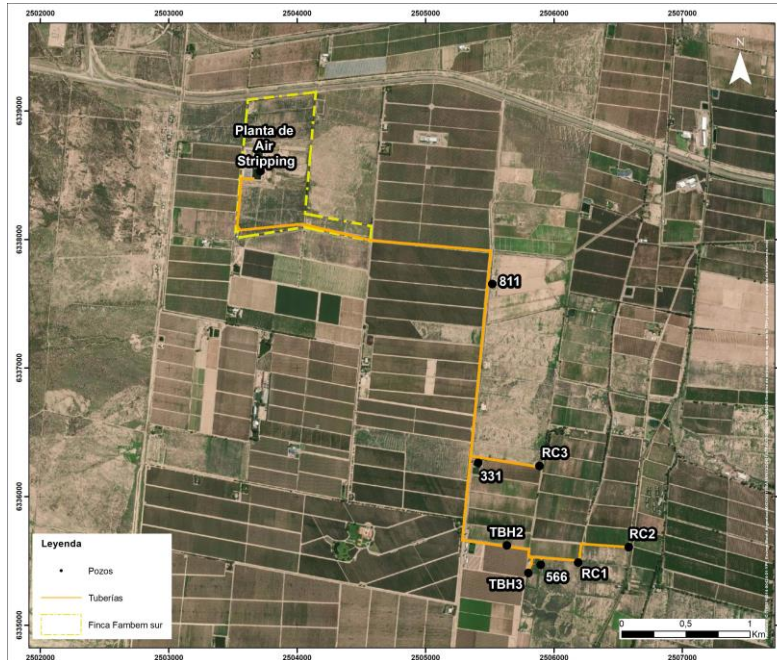
El agua extraída de los pozos de la PBH es tratada en la planta de la zona de terminal con un primer tratamiento inicial constituido por 4 filtros GAC y 3 tanques pulmón (Figura 3-3). Posteriormente, el agua es derivada a las torres de recirculación en la refinería para re-uso interno en procesos de servicios auxiliares I.

Figura 3-3. Sistema de extracción, derivación y tratamiento de la PBH.



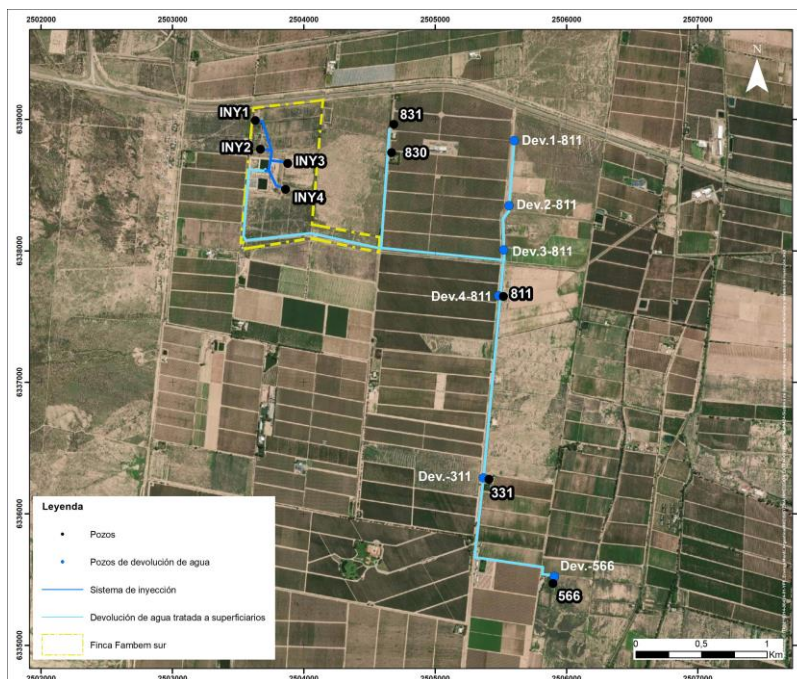
En la TBH el caudal de agua extraído de los pozos es derivado hacia la planta de tratamiento de agua WTS situada en la finca Fambén Sur (Figura 3-4) para su tratamiento.

Figura 3-4. Sistema de extracción, derivación y tratamiento de la TBH.



El agua tratada cumple los criterios de calidad de < 5ppb de MTBE, acorde a especificaciones. Posteriormente, el agua limpia es devuelta a los superficarios para riego (según demanda) y el caudal restante es reinyectado en el acuífero mediante 4 pozos inyectoros INY1, INY2, INY3 e INY4 (Figura 3-5).

Figura 3-5. Sistema de devolución de agua tratada a los superficarios y sistema de inyección.

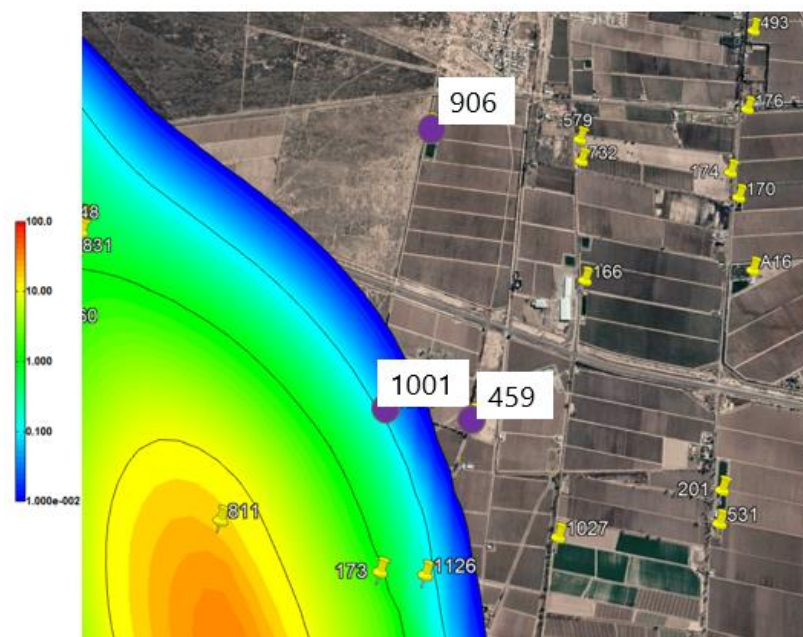




## 4 Justificación del Proyecto Ampliado de Remediación

Desde el año 2017, se han observado nuevos receptores afectados no contemplados en el modelo numérico de flujo y transporte (Serie 86<sup>4</sup> numeración antigua), modelo previamente vigente hasta 2017. Estos nuevos receptores se refieren a los pozos 1001, 459 y 906, localizados en el límite este del área de interés (Figura 4-1).

Figura 4-1 Concentraciones de MTBE en el agua subterránea estimadas para diciembre de 2020 según modelo numérico.



Modelo MTBE serie 86 (año 2020)

Los pozos 1001, 459 y 906, comenzaron a mostrar trazas de MTBE que desde sus primeras detecciones están manteniendo una evolución creciente, lo cual no concordaba con las predicciones del modelo previamente vigente (Serie 86), por lo que se hacía necesaria la recalibración del modelo.

Las NT de Estado Actual de los Modelos de Flujo y Transporte de MTBE<sup>5</sup> S76 y la NT de recalibración de los modelos de flujo y transporte S95<sup>6</sup> presentan los avances de la recalibración del modelo, en el que actualmente se tiene un modelo numérico de flujo y transporte recalibrado, denominado como serie 95. Se ha interpretado que la principal causa de este cambio en la dirección de flujo subterráneo hacia el este es la diferente proporción de recarga producida por la infiltración desde las aguas superficiales del río Mendoza en sus diferentes tramos y los efectos de aguas claras producidos desde la construcción de la Presa Potrerillos en 2001 y su posterior llenado. Una mayor proporción de infiltración de agua en el denominado Tramo 1 del río (definido entre Cacheuta-Álvarez Condarco y el

<sup>4</sup> 51334\_04\_WPE\_CA\_REP\_ACTUALIZACION\_MODELOS del 28 de julio de 2017

<sup>5</sup> 216014-00424-02\_CA\_EN\_TEN\_MODELOS\_003, NT de Estado Actual de los Modelos de Flujo y Transporte de MTBE, del 14-07-2022.

<sup>6</sup> 216014-00424-02\_CA\_TEN\_MODELO\_S95\_003 del 30 de septiembre de 2022

dique Compuertas) con respecto a la infiltración en el Tramo 2 (definido entre el dique Compuertas y el dique Cipolletti), conlleva que las líneas de flujo giren hacia direcciones más hacia el este.

La conceptualización previa de la BHE se realizó con base en la serie de recalibración 76, la cual contaba con un suficiente grado de detalle. Asimismo, una vez obtenidos los datos de hidroquímica de los nuevos pozos MON1, MON2 y MON3 y de los pozos profundos que se ejecutaron, se realizó una nueva serie de calibración dando como resultado la serie 95, con base en la cual se ha realizado el Proyecto Ampliado de Remediación.

Las simulaciones a futuro de la serie 95 sin ninguna barrera hidráulica hacia el este muestran que la evolución de la pluma se mantendría hacia el este, teniendo en cuenta que continúa la tendencia prevista hacia años de sequía severa, con menores precipitaciones en forma de nieve en la cordillera, que producen un menor caudal de agua en el río Mendoza, fuente principal de recarga del acuífero. En cualquier caso, se han realizado diferentes simulaciones a futuro bajo otros escenarios hidrogeológicos (años sequía extrema y años húmedos) para otorgarle mayor flexibilidad al sistema en caso de cambios en la recarga.

Por ello, se considera necesaria la actuación en la zona este de la pluma, mediante la ejecución de un Proyecto Ampliado de la Remediación, para evitar la migración que se prevé según las últimas versiones del Modelo Conceptual (MC) y modelo matemático recalibrado.

## 5 Objetivos del proyecto

A la vista de la actualización del MC y las previsiones a futuro de las versiones más recientes del modelo matemático Serie 95, se hace necesaria una actuación para la contención de la pluma de MTBE hacia el este.

Debe recordarse que, para las condiciones de profundidad y dimensiones del acuífero, ya se realizó una evaluación de acciones de remediación<sup>7</sup>, en la que se concluyó que la única técnica de remediación viable era el bombeo y tratamiento ("*pump & treat*") de la pluma. Se descartaron técnicas de remediación *in-situ* por la imposibilidad de ser aplicadas a las profundidades a las que se encuentra el agua subterránea, y por las condiciones de permeabilidad del acuífero, que hacen que los radios de acción de cualquier técnica sean muy limitados.

El Proyecto Ampliado de Remediación tiene como objetivo principal la limitación de la pluma de MTBE hacia el este y acelerar el proceso de remediación, además de hacerlo del modo más apropiado desde el punto de vista técnico, en cuanto a su factibilidad de ejecución, y sin afectar el balance hídrico del acuífero.

La propuesta final del Proyecto Ampliado de Remediación se basa consecuentemente en los siguientes pilares:

- Pilar 1: Bloqueo del avance de la pluma de MTBE hacia el este:

Tras verificarse el desplazamiento de la pluma de MTBE hacia el este, se hace necesaria la implementación de medidas para preservar la calidad del agua de los superficiarios ubicados en el sentido de avance de la pluma.

- Pilar 2: Aceleramiento de la remediación:

Es preciso reducir los tiempos de remediación que están produciendo las barreras actuales. Al aumentar la masa de MTBE extraída en el mismo tiempo previsto se reducirá la propagación de masa en el acuífero.

- Pilar 3: Viabilidad técnica:

El proyecto debe ser viable en cuanto a los tiempos de ejecución. El tiempo de ejecución del proyecto debe ser alcanzable, para que se logre limitar al máximo la migración de la pluma. Cuanto menor es la envergadura de la obra el tiempo requerido para su ejecución es menor.

También es preciso que el proyecto esté ajustado a la disponibilidad energética, los acuerdos necesarios con los superficiarios, así como a las posibilidades de disposición del agua tratada.

- Pilar 4: Balance hídrico de la cuenca:

Debe minimizarse la alteración del recurso hídrico, contemplando los antecedentes del proyecto y la emergencia hídrica.

---

<sup>7</sup> 51334-03\_WPE\_CA\_TEN\_ALTERNATIVAS\_002 del 30 de noviembre de 2015.

## 6 Nuevo diseño de Barrera Hidráulica al Este (BHE)

El Proyecto Ampliado de Remediación considera que la solución final que se plantea para limitar la migración de la pluma hacia el este y acelerar el proceso de remediación consiste en la construcción e implementación de una barrera hidráulica compuesta por pozos de inyección hacia el este y de pozos de extracción hacia el sur, denominada como BHE, la cual se prevé que entraría en funcionamiento en enero de 2026.

Este nuevo diseño de BHE implica una modificación y reestructuración del sistema de remediación y tratamiento actual, explicado en la Sección 2. La configuración de la barrera final consiste en la instalación de una serie de pozos inyectoros y una serie de pozos extractores adicionales a los ya existentes. Los actuales pozos inyectoros (INY1 a INY5), pasarían a convertirse en pozos de *back-up*, pudiendo utilizarse como pozos extractores o inyectoros, según sea la necesidad del sistema de remediación. Esto permite darle mayor flexibilidad operativa al sistema.

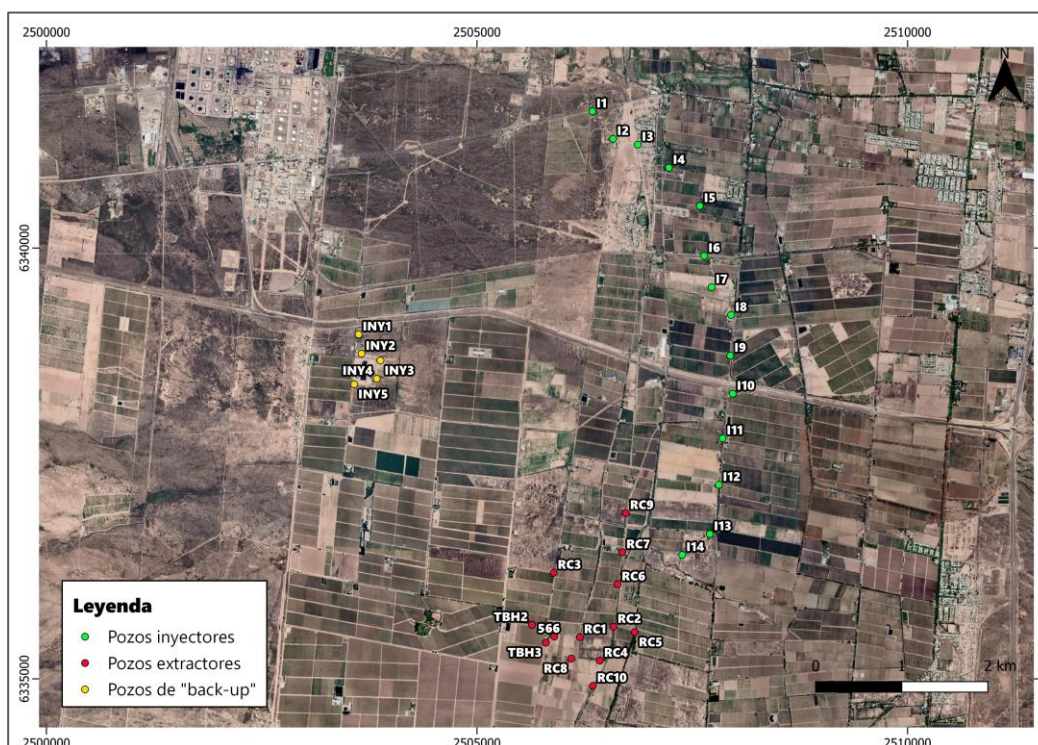
Mediante los pozos de inyección dispuestos al este de la pluma, se pretende variar el flujo natural del agua subterránea, redirigiéndola hacia el sur, hacia la Tercera Barrera Hidráulica (TBH) donde el agua de la pluma seguiría siendo extraída y derivada hacia el sistema de tratamiento del agua (WTS).

En la siguiente Figura 6-1 se muestra la configuración del sistema de tratamiento y remediación de la pluma de MTBE del nuevo diseño de BHE final. Este diseño incluye las siguientes consideraciones:

- Modificación de la TBH:
  - Pozos de extracción actualmente operativos en la TBH (RC1, RC2, RC3, THB2 y TBH3) seguirían estando operativos.
  - El pozo de riego 566 ya existente seguiría estando operativo con un caudal de extracción de hasta 180 m<sup>3</sup>/h.
  - Se considera que no es necesario tener operativos los pozos 331 y 811 a partir de la entrada en servicio de la BHE. Caso contrario será convenientemente justificado.
  - Se añadirían 7 nuevos pozos extractores, al sur de la pluma en la zona de la TBH denominados como "RC4" a "RC10", que extraerían agua para ser tratada en la planta de tratamiento. Dos de estos nuevos pozos se ubicarán cerca de RC3 y 515, cerca de las zonas donde se prevé el avance de la zona central de la pluma, con el fin de maximizar la extracción de masa de MTBE y así acelerar la remediación. Los nuevos pozos extractores RC4 a RC10 tendrán un tramo ranurado situado entre las capas 2 a 5, es decir, entre los 100 y 185 mbbp.
- Modificación de la PBH:
  - Sería necesario conectar el pozo S10 ya perforado para que pasara a formar parte de la PBH.
  - También sería necesaria la perforación de un nuevo pozo S11 localizado hacia el noreste del pozo S10, el cual también sería conectado y pasaría a formar parte de la PBH, cuya justificación se muestra en la Sección 7.3.

- El caudal extraído por los pozos P8bis, S7A, S8 y S9 (Tabla 7-4) seguiría siendo derivado y tratado en refinería, en el Sistema Auxiliar I, desde donde se distribuye para uso interno en procesos.
- El caudal extraído por los nuevos pozos a conectar S10 y S11 sería tratada en la planta de tratamiento WTS, dado que estos pozos presentarían únicamente MTBE como compuesto de interés en el agua subterránea extraída a tratar.
- **Modificación del sistema de tratamiento e inyección actual:**
  - 14 nuevos pozos inyectoros al este de la pluma, denominados como "I-1" a "I-14". Los caudales de inyección simulados se encuentran desde 20 hasta 180 m<sup>3</sup>/h. Los nuevos pozos inyectoros propuestos tienen un tramo ranurado situado entre las capas 2 y 6 del modelo, es decir, entre los 100 y 220 metros bajo boca de pozo.
  - Cuatro pozos inyectoros existentes (INY1-INY4) y uno por perforar (INY5), se quedarán como pozos de "back-up", es decir, en función de los requerimientos del sistema, una vez puesta en marcha la BHE, podrán actuar como pozos extractores o inyectoros, para darle flexibilidad operativa y confiabilidad al sistema.
  - Se realizará un aumento de capacidad de tratamiento de la planta WTS, de 800 m<sup>3</sup>/h que podría tratar actualmente, hasta un caudal de diseño de 2800 m<sup>3</sup>/h, capacidad total de tratamiento final. Este caudal de diseño surge en caso de ser necesario operar el sistema ante el escenario de menor probabilidad de ocurrencia (escenario húmedo).

Figura 6-1 Localización de los pozos de la BHE incluidos en la simulación S95





## 7 Consideraciones respetadas

Para realizar el diseño de la BHE fue necesario la realización de una serie de simulaciones a futuro con el modelo numérico de flujo y transporte vigente S95, observándose el comportamiento en distintos escenarios hidrogeológicos. Se realizaron simulaciones a futuro considerando que la BHE no estuviera en funcionamiento para poder observar cual sería la peor condición futura posible. También sirvió para poder estimar la mejor localización de los pozos inyectores que componen la BHE.

Posteriormente, se realizaron simulaciones con diferentes diseños de BHE, con el fin de identificar cual sería la mejor opción de entre todas las analizadas.

Para la construcción de las simulaciones a partir del modelo de transporte recalibrado con base en la serie 95 se han tenido en cuenta los siguientes parámetros.

**Recarga.** Se entiende por recarga, la cantidad de agua que ingresa al sistema mediante precipitación, retornos de riego, pérdidas desde los canales de riego, etc., con las asunciones establecidas para cada caso. Se ha observado que el factor que mayor impacto tiene en el comportamiento del flujo en el acuífero es la recarga a través de la infiltración de agua por el lecho del río Mendoza y, sobre todo, las diferentes proporciones de infiltración entre el tramo 1 y 2 del río.

Durante la ejecución y calibración de la serie 95 de flujo y transporte se utilizaron los escenarios de recarga de años pobres, ricos y medios, para simular el periodo comprendido entre 1994 y 2021, con diferentes proporciones de recarga acorde al MC existente, según se puede consultar en el ANEXO 1.

Teniendo este MC en cuenta se han diseñado 3 escenarios futuros para los cuales se ha establecido diferentes porcentajes de distribución de la recarga entre tramo 1 y 2, teniendo en cuenta el efecto de aguas claras. Para un escenario de sequía severa, las proporciones de recarga entre tramo 1 y 2 del río serían muy similares a las modelizadas anteriormente para año medio (75%-25% para el tramo 1 y 2 del río). En el caso de sequía extrema, se considera que prácticamente la mayor parte de la recarga se produciría en el tramo 1 del río (Tabla 7-1), dado que el bajo caudal del río haría que casi no se alcanzara el tramo 2 del mismo (90%-10%). En el caso de año húmedo, se considera que la recarga de ambos tramos sería muy similar (50%-50%), debido al elevado caudal del río. El caudal de diseño de la WTS contará con la flexibilidad operativa para cumplir con los cambios que pueden ocurrir a futuro en la recarga o infiltración de agua desde el lecho del río Mendoza.

Tabla 7-1. Recarga durante la simulación de la migración de la pluma de MTBE sin BHE para los diferentes escenarios. Periodo 2022-2032.

Periodos	Escenario	Caudal del río Mendoza (hm <sup>3</sup> /año)	Caudal de Recarga (hm <sup>3</sup> /año)	Tramo 1 (%)	Tramo 2 (%)	Probabilidad de ocurrencia de años futuros
1994-2002	Año pobre	730	73	10	90	-
2003-2008	Año rico	2140	214	25	75	-
2009-2021	Año medio	1180	118	75	25	-



Periodos	Escenario	Caudal del río Mendoza (hm <sup>3</sup> /año)	Caudal de Recarga (hm <sup>3</sup> /año)	Tramo 1 (%)	Tramo 2 (%)	Probabilidad de ocurrencia de años futuros
2022-2032	Sequía extrema	468	46,8	90	10	Probabilidad baja
	Sequía severa	750	75	75	25	Probabilidad alta
	Año húmedo	1600	160	50	50	Probabilidad muy baja

Como se puede observar en la Tabla 7-1, se ha añadido una probabilidad de ocurrencia a cada escenario. Esta probabilidad de ocurrencia ha sido asignada tras la revisión de diferentes informes de predicción del clima de agencias gubernamentales tanto argentinas como de entidad europea o Internacional, como:

- Cambio climático (Conicet, 2007; Fenoglio, E.P., 2019; Gonzalez, Torchia y Viand, 2019; IPCC, 2022; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina, 2022; Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2014)
- Fluctuaciones de los glaciares (IANIGLA, 2022)
- Escenarios climáticos (DGI, 2022)
- Fenómenos climatológicos de El Niño y La Niña (Columbia Climate School, 2022; NOAA, 2022; OMM, 2022)

Así, atendiendo a los resultados que se desprenden de todos estos informes consultados se considera que el escenario de sequía extrema es de baja probabilidad, probabilidad elevada para el escenario de sequía severa y de muy baja probabilidad para el escenario de año húmedo.

**Discretización temporal.** Se ha modelado el comportamiento de la pluma de MTBE hasta el periodo 2032. Dada la serie temporal tan amplia establecida, fue necesaria la utilización de varios modelos de transporte en estado estacionario de forma individual para simular todo el periodo temporal establecido e incorporar a las simulaciones las variaciones que se producen en algunas de las variables, como los caudales de extracción e inyección, y las concentraciones de los focos. Esta configuración usando varios tipos de modelos temporales de forma consecutiva genera que el modelo se comporte en estado *pseudo*-transitorio.

Para las simulaciones a futuro, se ha considerado entonces la evolución de la pluma desde el año 2022 hasta el año 2032, mostrándose los resultados para cada uno de los escenarios simulados hasta el último día del 2032.

**Fuentes.** Se ha seleccionado la metodología de fuente de concentración constante como la forma adecuada en este caso, en el que el valor de concentración se mantiene constante durante todo el tiempo de simulación de cada modelo de transporte. Sin embargo, puede ser un dato variable entre cada uno de los modelos de transporte desarrollados que configuran la serie *pseudo*-transitoria. Los resultados de concentración de la pluma de MTBE para cada una de las series, se utilizan como datos de entrada para el inicio de la simulación de la serie siguiente. Para los modelos a futuro, fue

considerada una tasa de reducción de la concentración en los focos mediante el análisis histórico de las curvas de paso.

Las concentraciones en los focos han sido modificadas con base en las curvas de paso del MTBE. Estas curvas indican cuanto tiempo tarda un contaminante en disminuir su concentración una vez alcanzado su máximo en un pozo, con base a su cercanía al foco. En los pozos más próximos a las zonas de foco el tiempo que tarda la curva de MTBE en pasar es del orden de 2 años, en pozos aguas abajo (1051, 1033) sobre 2-3 años y en pozos más alejados de la fuente (830, 811 y 331) entre 4 a 6 años. Este análisis con las curvas de paso se puede consultar en el ANEXO 2. Con base en dichas curvas de paso, se tiene el tiempo que tardaría en reducirse la concentración de MTBE en el foco del P12 desde el pico máximo sería del orden de 2 años (teniendo en cuenta la curva de paso del pozo S3). Para el caso del foco próximo al pozo S6A, el tiempo que tardaría en reducirse la concentración de MTBE desde el momento del pico máximo sería del orden de 3-4 años. Estos tiempos son los que se han aplicado como tasas de disminución de la concentración según se muestran en la Tabla 7-2.

Tabla 7-2. Concentración en los focos durante la simulación de la migración de la pluma de MTBE sin BHE para los diferentes escenarios. Periodo 2022-2032.

Foco	Concentración (mg/l)			
	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025-2032
Pozo P12	6,82	3	0,025	0,025
Pozo P10	0,028	0.025	0,025	0,025
PozoS6A	17,94	10	5	0,025

**Mecanismos de transporte.** Se han considerado los siguientes parámetros para los mecanismos de transporte, que corresponden con los calibrados en el modelo de transporte de MTBE de la serie 95:

*Dispersividad longitudinal, transversal y vertical* de 25,0,0; igual que la dispersividad establecida en el modelo de transporte de MTBE de la serie 95.

*Sin biodegradación*, para considerar la peor condición posible bajo este estado. La consideración de un efecto de no biodegradación produce que los resultados muestren la mayor concentración esperable en el acuífero a futuro, ya que se trataría del único mecanismo de transporte considerado como proceso destructivo de masa contaminante.

**Régimen de riego.** Se ha considerado que los pozos 811 y 331 no estarían operativos durante las simulaciones del estado de la pluma de MTBE con y sin barrera. Se acordó dejar estos pozos como no operativos, ya que se les suministraría agua tratada, que supliría sus necesidades de extracción. Respecto a los demás pozos de riego del área en estudio continuarán con su esquema de extracción habitual.

**Primera y Tercera Barrera Hidráulica.** Para las simulaciones de los distintos escenarios a futuro, se consideró que se encontrarán en funcionamiento durante todos los periodos, según se indican en los siguientes apartados.

## 7.1 Simulación de la evolución esperada de la pluma de MTBE sin BHE

En esta sección se muestran los resultados de la simulación futura de movimiento y migración de la pluma (sin BHE) realizada con el último modelo de transporte de MTBE Serie 95<sup>8</sup> para cada uno de los escenarios simulados: escenario 1 de sequía extrema, escenario 2 de sequía severa y escenario 3 de años húmedos.

La simulación a futuro del potencial estado de la pluma de MTBE, bajo el caso de que no se instalara la BHE, es el caso de referencia para poder establecer la efectividad de diferentes diseños de barrera hidráulica. Así, se puede observar la ubicación potencial de la pluma y su geometría (longitud, anchura y profundidad), así como los potenciales receptores que se verían afectados si no se instalara esta barrera hidráulica.

Mediante la simulación sin barrera y su comparación con las diferentes simulaciones de diseños de barrera que se realizaron, fue posible comparar si el diseño de barrera propuesto produce una modificación importante en la geometría de la pluma y si limita su migración aguas abajo, reduciendo el número de receptores potencialmente afectados y la concentración de MTBE en el agua subterránea, alcanzándose los objetivos de remediación planteados para el MTBE en el agua subterránea.

A continuación, se muestran los valores de los datos de partida utilizados para las simulaciones realizadas sin la BHE.

Tabla 7-3. Configuración de caudales operativos de la PBH, TBH y los pozos inyectoros utilizados durante la simulación de la migración de la pluma de MTBE sin BHE para los diferentes escenarios. Periodo 2022-2032.

Configuración Barreras y sistema de inyección	Pozo	Condición actual	Caudal de extracción (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de inyección/riego (m <sup>3</sup> /h)
PBH actual	P8bis	operativo	80	-
	S7A	operativo	50	-
	S8	operativo	140	-
	S9	no operativo	0	-
	S10	no operativo	0	-
TBH actual	TBH2	operativo	100	-
	TBH3	operativo	130	-
	RC1	operativo	120	-
	RC2	operativo	90	-
	RC3	operativo	80	-
Pozos de riego	06/811	no operativo	0	-
	06/566	operativo	90	-
	06/331	operativo	40	-
Pozos inyectoros actualmente	INY1	operativo	-	140

<sup>8</sup> 216014-00424-02\_CA\_EN\_TEN\_MODELO S95\_003 del 30 de septiembre de 2022

Configuración Barreras y sistema de inyección	Pozo	Condición actual	Caudal de extracción (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de inyección/riego (m <sup>3</sup> /h)
	INY2	operativo	-	140
	INY3	operativo	-	140
	INY4	operativo	-	140
	INY5	a perforar	-	0

A continuación, se muestran las salidas gráficas del modelo recalibrado serie 95 para 2032 en los 3 escenarios contemplados. Los resultados completos para toda la serie modelizada 2022-2032 se incluyen en el ANEXO 3.

### 7.1.1 Escenario 1: Sequía extrema (probabilidad baja)

El escenario de sequía extrema presenta una migración de la pluma de componente S-SE. En la Figura 7-1 se observa como en el caso de no estar operativa la BHE, la pluma migraría hacia el este entre los pozos I-1 hasta el I-8, alcanzando su máxima extensión hacia el este entre los pozos I-3 e I-4. El pozo 996 de El Barrio podría verse afectado. Asimismo, se puede observar como la migración hacia el sur indica la llegada hasta el RC4 (capa 5 del modelo), con sus máximas concentraciones en el entorno de los pozos de la tercera barrera hidráulica.

### 7.1.2 Escenario 2: Sequía severa (probabilidad alta)

El escenario de sequía severa, al igual que el escenario 1, sigue presentando una dirección predominante de componente S-SE, pudiendo alcanzar a los pozos 493 y 176. En la Figura 7-2 se observa una componente S ligeramente más marcada que en el escenario de sequía extrema, migrando la pluma hacia el pozo MON3 donde se observa una dirección de componente E que provoca el avance de la pluma entre los pozos I-2 hasta el I-10.

### 7.1.3 Escenario 3: Año húmedo (probabilidad muy baja)

El escenario de años húmedos presenta una dirección predominante de componente S-SE, en la que predomina la componente S. En la Figura 7-3 se observa la migración la pluma hacia el pozo 906 donde gira hacia el E hasta el pozo 493 pasando entre los pozos I5 e I6 hasta el I12, donde se mueve hacia el S. Los pozos 496, 176, 174, 170, 201 y 531 se verían afectados, llegando incluso a alcanzar al pozo 446.



Figura 7-1. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

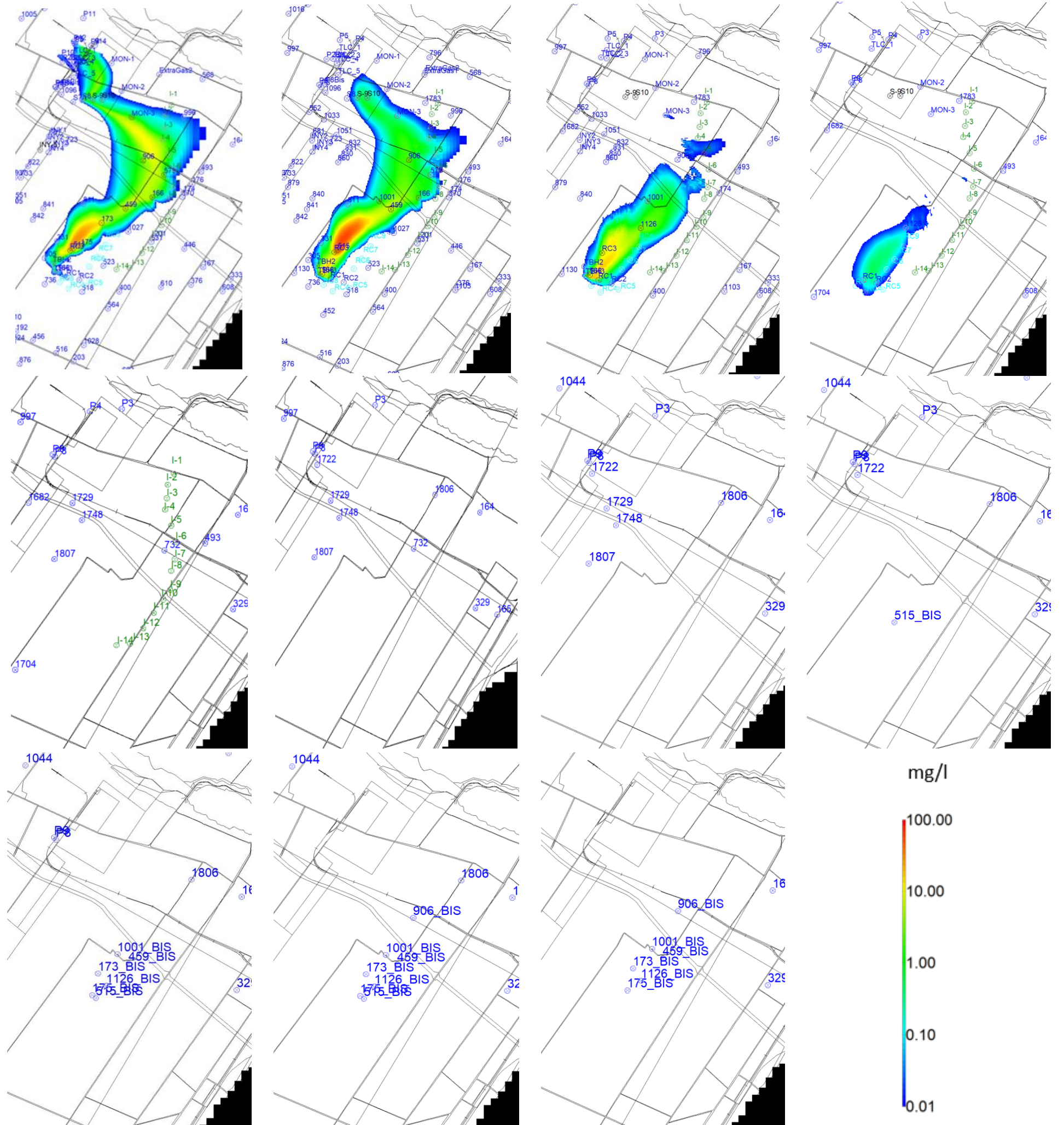
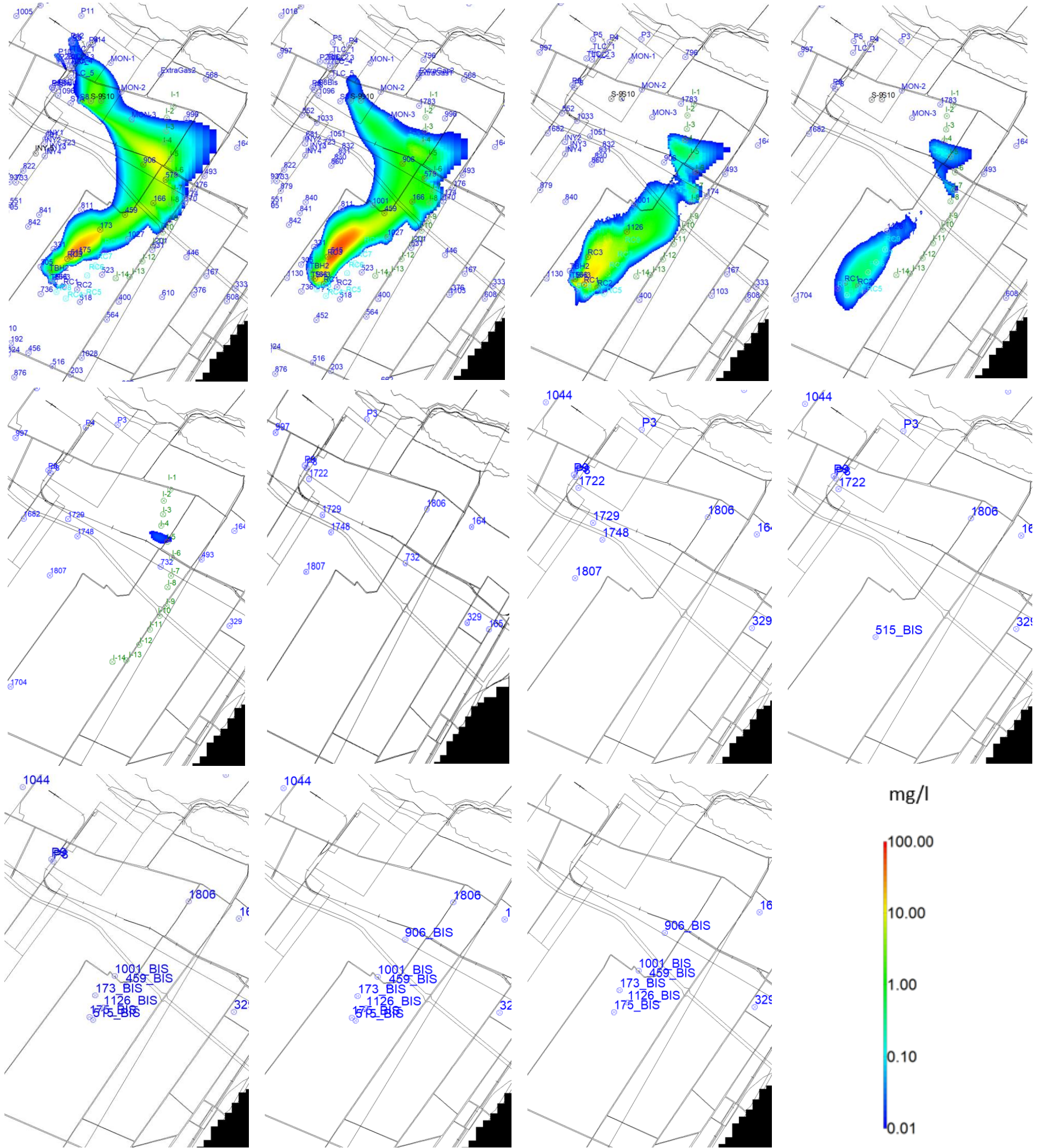




Figura 7-2. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo).







## 7.2 Simulación de la Barrera Hidráulica al Este

En esta sección se muestran los resultados de la simulación futura del movimiento y migración de la pluma con la BHE. Se ha utilizado el modelo de flujo de agua subterránea recalibrado de la serie 95<sup>9</sup> para cada escenario: escenario 1 de sequía extrema, escenario 2 de sequía severa y escenario 3 de años húmedos. Estas simulaciones a futuro se han realizado en los distintos escenarios para evaluar la eficacia de la barrera en todos ellos.

Se han realizado diferentes simulaciones con distintas configuraciones de BHE en las que para cada una se han definido:

- Número de pozos que conforman la barrera hidráulica este (BHE).
- Pozos operativos y no operativos.
- Caudal de extracción/inyección de agua para cada pozo.
- Resultados del diseño establecido.

Finalmente, tras varias simulaciones con diferentes configuraciones y escenarios, se encontró un diseño óptimo y flexible de la BHE. A continuación, se muestran los valores de los datos de partida utilizados para las simulaciones realizadas.

La configuración de los caudales de la PBH usada en el diseño de la BHE es la mostrada en la siguiente tabla (Tabla 7-4). Durante el diseño de la BHE, se hicieron varias simulaciones variando los caudales de la PBH. Se observó que el modelo de transporte no tenía buena resolución en esta zona, por lo que se optó por usar un modelo de flujo adicional modificado para realizar una mejor definición y diseño de la PBH, tal y como se indica en la Sección 7.3. El caudal de operación está en función del escenario seleccionado que contempla diferentes caudales de recarga del acuífero por infiltración de agua desde el río Mendoza (Tabla 7-4).

Tabla 7-4. Configuración de caudales de la PBH actual utilizada durante la simulación de la BHE para los diferentes escenarios. Periodo 2022-2032

Barrera	Pozo	Condición actual	Caudal de extracción (m <sup>3</sup> /h)				
			Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026-2032
PBH simulada	P8bis	operativo	80	80	80	40	0
	S7A	operativo	50	50	50	50	0
	S8	operativo	140	140	110	150	≤ 180
	S9	operativo	0	0	150	150	≤ 180
	S10	no operativo	0	0	0	0	≤ 180
	S11	a perforar	0	0	0	0	≤ 180
<b>Total</b>			<b>270</b>	<b>270</b>	<b>390</b>	<b>390</b>	<b>≤ 720</b>

La siguiente Tabla 7-5 muestra los caudales considerados por cada pozo que constituiría el sistema de tratamiento de la pluma de MTBE en la simulación a futuro. Es necesario señalar, que en el caso de la

<sup>9</sup> 216014-00424-02\_CA\_EN\_TEN\_MODELO S95\_003 del 30 de septiembre de 2022

PBH sólo se indican los pozos que entraran en funcionamiento con la BHE y cuyo caudal hay que tener en consideración de cara al tratamiento. En la tabla, los valores con símbolo positivo hacen referencia a los caudales de inyección/riego, mientras que los valores con símbolo negativo indican extracción.

La BHE entraría en funcionamiento en enero de 2026. La localización de estos nuevos pozos inyectoros y extractores se ha definido con base en los resultados mostrados durante la simulación de la pluma sin BHE para diciembre de 2025 (ANEXO 3). Se han ubicado los pozos en el frente de la pluma simulada para evitar su migración y avance aguas abajo.

Tabla 7-5. Configuración de caudales de la TBH y los pozos inyectoros utilizada durante la simulación de la BHE para los diferentes escenarios. Periodo 2022-2032.

Configuración de la BHE	Pozo	Condición actual	Caudal de extracción/ inyección (m <sup>3</sup> /h) *				
			Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026-2032
PBH	S10	no operativo	0	0	0	0	≤ -180
	S11	a perforar	0	0	0	0	≤ -180
TBH actual	TBH2	operativo	-100	-100	-100	-100	≤ -180
	TBH3	operativo	-130	-130	-130	-130	≤ -180
	RC1	operativo	-120	-120	-120	-120	≤ -180
	RC2	operativo	-90	-90	-90	-90	≤ -180
	RC3	operativo	-80	-80	-80	-80	≤ -180
	06/331	operativo	-40	-40	-40	-40	0
	06/566	operativo	-90	-90	-90	-90	≤ -180
Nuevos pozos extractores (agua afectada)	RC4	a perforar	0	0	0	0	≤ -180
	RC5	a perforar	0	0	0	0	≤ -180
	RC6	a perforar	0	0	0	0	≤ -180
	RC7	a perforar	0	0	0	0	≤ -180
	RC8	a perforar	0	0	0	0	≤ -180
	RC9	a perforar	0	0	0	0	≤ -180
	RC10	a perforar	0	0	0	0	≤ -180
Pozos de "back-up" (agua sin afectación)	INY1	operativo	140	140	120	120	0
	INY2	operativo	140	140	120	120	0
	INY3	operativo	140	140	120	120	0
	INY4	operativo	140	140	120	120	0
	INY5	a perforar	0	0	80	80	0
Pozos inyectoros	I-1	a perforar	0	0	0	0	≤ 20
	I-2	a perforar	0	0	0	0	≤ 150
	I-3	a perforar	0	0	0	0	≤ 150
	I-4	a perforar	0	0	0	0	≤ 180
	I-5	a perforar	0	0	0	0	≤ 180
	I-6	a perforar	0	0	0	0	≤ 180
	I-7	a perforar	0	0	0	0	≤ 180

Configuración de la BHE	Pozo	Condición actual	Caudal de extracción/ inyección (m <sup>3</sup> /h) *				
			Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026-2032
	I-8	a perforar	0	0	0	0	≤ 180
	I-9	a perforar	0	0	0	0	≤ 180
	I-10	a perforar	0	0	0	0	≤ 180
	I-11	a perforar	0	0	0	0	≤ 180
	I-12	a perforar	0	0	0	0	≤ 180
	I-13	a perforar	0	0	0	0	≤ 180
	I-14	a perforar	0	0	0	0	≤ 180

En la siguiente Tabla 7-6 se muestra el balance hídrico realizado para la BHE. La capacidad de tratamiento de la WTS según caudal de diseño es de 2800 m<sup>3</sup>/h. El caudal de tratamiento realmente necesario según las simulaciones realizadas sería de 2160 m<sup>3</sup>/h bajo el escenario más probable de sequía severa.

Tabla 7-6. Balance hídrico de la BHE. Periodo 2022-2032.

Sistema	2022	2023	2024	2025	2026-2032
Extracciones (agua para tratamiento)	650	650	650	650	2160-2800***
Inyecciones	560*				2160-2800***
Riego	90**				0**

\*Variable según temporada. El caudal inyectado es igual al caudal tratado menos el caudal devuelto a los superficiarios para riego.

\*\*Variable según temporada, pudiendo alcanzar los 400 m<sup>3</sup>/h en temporada alta.

\*\*\*Caudal variable según temporada, dependiendo del escenario hidrogeológico modelizado.

A continuación, se muestran las salidas gráficas del modelo recalibrado serie 95 para los 3 escenarios contemplados. Los resultados completos para toda la serie modelizada 2022-2032 se encuentran en el ANEXO 4.

### 7.2.1 Escenario 1: Sequía extrema (probabilidad baja)

En la Figura 7-4 se observa la contención de la pluma al E por los pozos inyectoros que empujan la pluma hacia el SO, donde es captada por los pozos de extracción situados al sur, particularmente los pozos RC9, RC7, RC6 situados al E de la pluma, y los pozos RC4 y RC8 que la contienen en su avance con componente S. El pozo 996 ya no se vería afectado, como sí mostraba la simulación realizada sin BHE. Los nuevos pozos de extracción RC5, RC6, RC7 y RC9 limitarían el avance de la pluma hacia el este, como puede observarse especialmente en las capas 3 y 4.

### 7.2.2 Escenario 2: Sequía severa (probabilidad alta)

En la Figura 7-5 se observa, que al igual que en el escenario de sequía extrema, se contiene el avance de la pluma hacia el E debido a los pozos inyectoros, así como su contención y extracción en la zona sur por la actividad de los pozos RC. Así, los pozos 493 y 176 no se verían afectados.

### 7.2.3 Escenario 3: Año húmedo (probabilidad muy baja)

En el caso de años húmedos, en la Figura 7-6 se observa como la migración de la pluma tienen una componente más SE, lo que genera que se produzca la contención de la pluma entre los inyectores I-6 e I-12, asimismo se comprueba la eficacia de los pozos de extracción situados al sur, particularmente los pozos RC5, RC8 y RC10. Así, los pozos 496, 174, 176, 170, 201, 531 e incluso el pozo 446 no se verían afectados bajo este diseño de barrera hidráulica, según la modelización realizada.



Figura 7-4. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

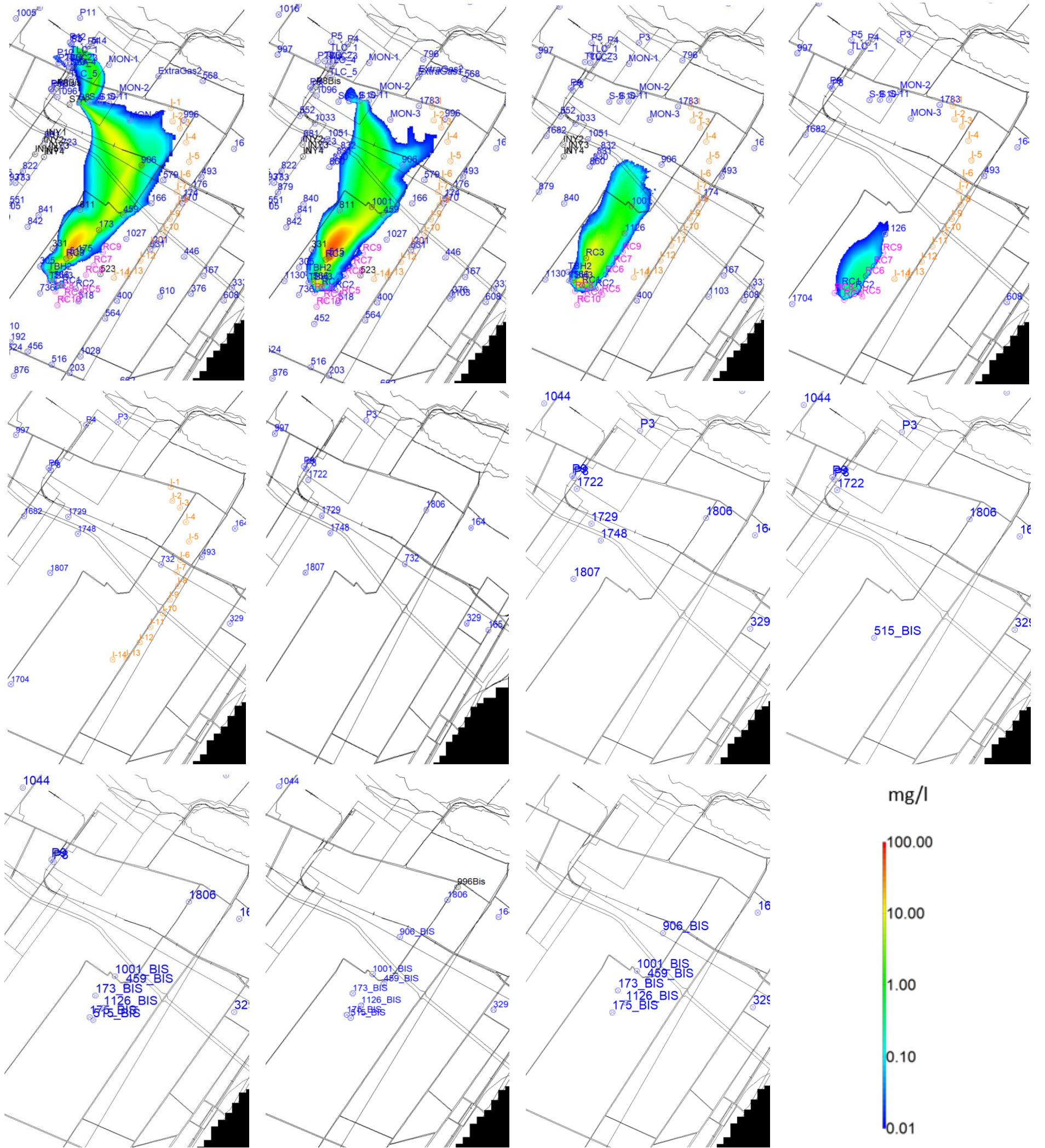




Figura 7-5. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo).

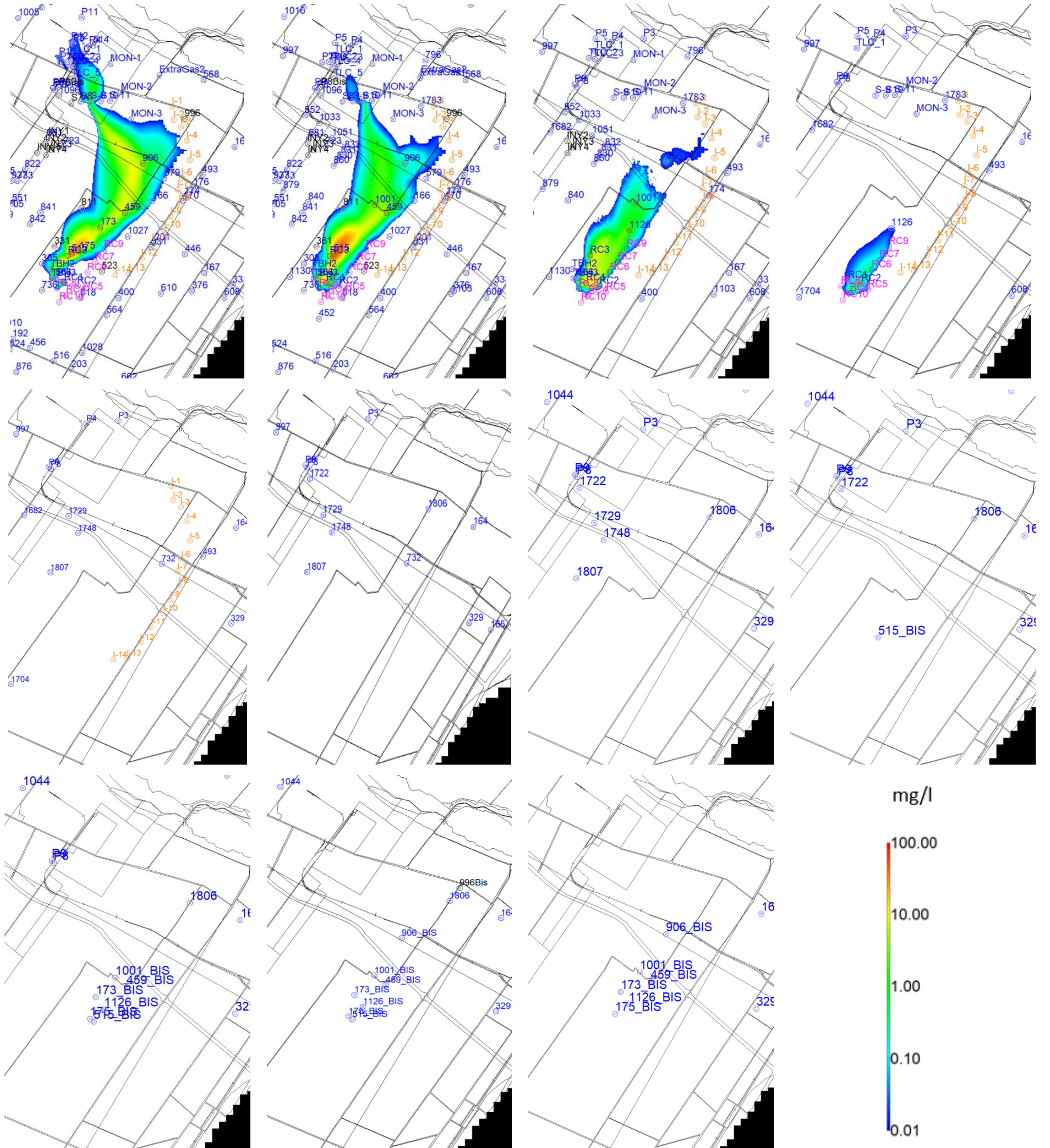
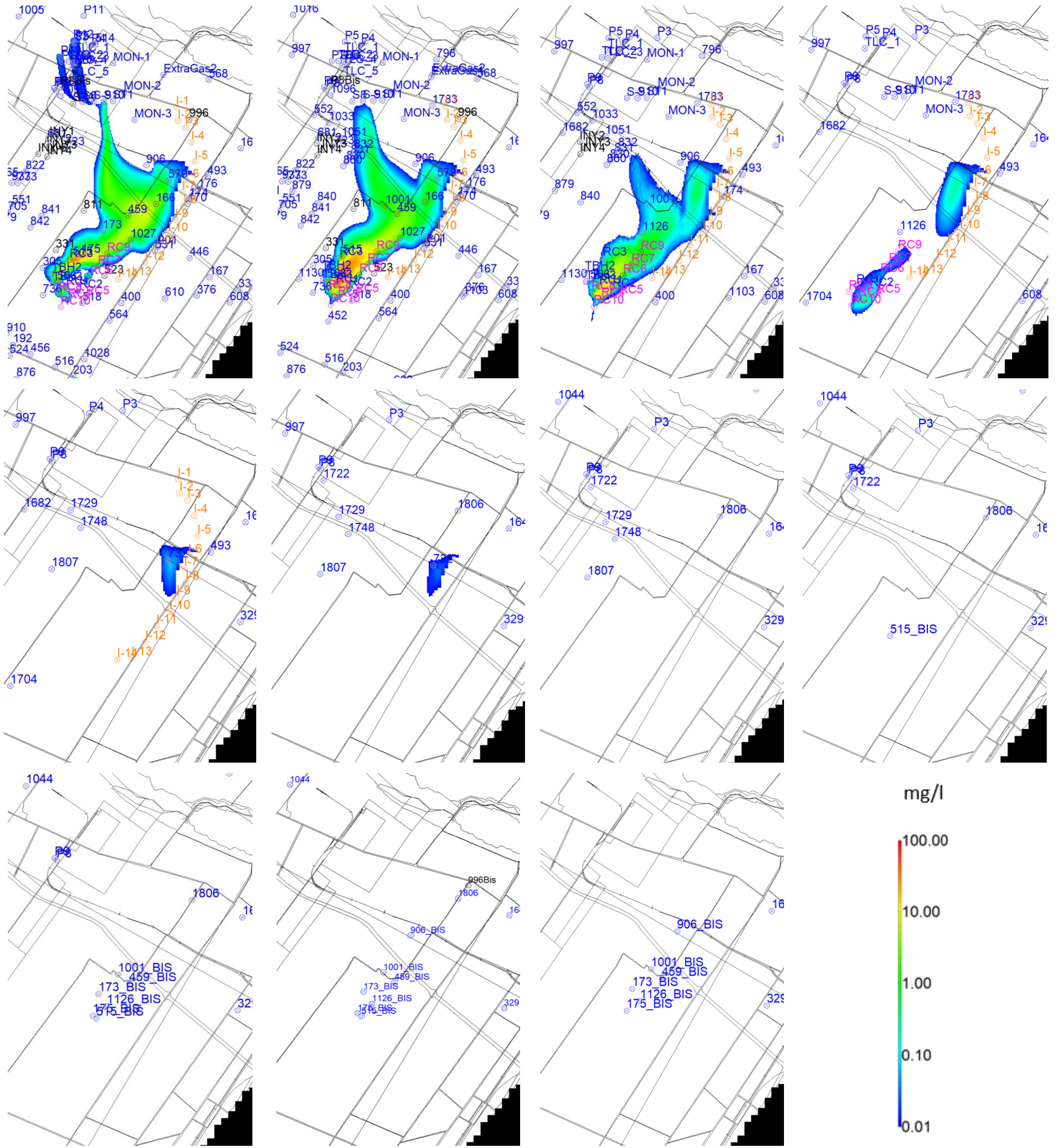




Figura 7-6. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo).



### 7.3 Modificación del diseño de la Primera Barrera Hidráulica

El modelo numérico de flujo y transporte S95 presenta una calibración óptima y aceptable ya que logra representar la pluma de MTBE en su conjunto a nivel regional. Los parámetros introducidos y los valores adoptados e incluso las asunciones realizadas son válidas para poder lograr la calibración de la pluma de MTBE en su conjunto de forma histórica, desde el momento del origen de ésta en 1994 hasta el periodo actual.

Sin embargo, el modelo presenta ciertas limitaciones. El modelo es válido para representar el acuífero y la pluma de MTBE a nivel regional, pero no puede ser representativo para ciertas valoraciones a nivel local. Las limitaciones asociadas a la escala de aplicación del modelo radican en que la construcción de un modelo de flujo MODFLOW y de transporte MT3D se realiza bajo el principio de Medio Poroso Equivalente. Esto quiere decir que se adoptaron propiedades medias para cada celda del modelo (litología, valores de cota topográfica, cota del muro del modelo, permeabilidad, porosidad, concentraciones, etc.), que, una vez introducidas en el mismo, al ejecutar el modelo se reproduciría el nivel de agua y la concentración del soluto calculado. La calibración obtenida con este método es buena y aceptable a nivel regional, si bien a escala local disminuye debido a la cantidad y calidad de los datos y al diseño de la malla del modelo en celdas de 25x25m.

Los modelos en general son aproximaciones que describen el sistema físico, usando para ello ecuaciones matemáticas, que no se consideran como una descripción exacta del sistema físico o de los procesos que lo gobiernan. Estas ecuaciones están basadas en una serie de asunciones y simplificaciones para poder abordar el problema, las cuales se refieren a la dirección del flujo, la geometría del acuífero, la heterogeneidad o anisotropía de los sedimentos del acuífero, los mecanismos de transporte del soluto modelizado y de las reacciones químicas. Debido a estas asunciones y simplificaciones inherentes en las ecuaciones matemáticas y las incertidumbres asociadas a los parámetros de entrada que requiere el modelo, el modelo de transporte proporciona una aproximación de la realidad observada y no una copia exacta de las condiciones de campo. Sin embargo, aunque se trate siempre de aproximaciones a la realidad, los modelos continúan siendo la herramienta más útil, fiable y potente actualmente existente, para su uso como herramienta de apoyo en acciones de mitigación o remediación.

Así, debido a la escasa resolución del modelo de transporte en la zona de la PBH se ha optado por usar el modelo de flujo para realizar una mejor definición y diseño de ésta. En el modelo numérico de flujo y transporte S95 justo se producía un cambio de permeabilidad de 25 a 50 m/d, entre los pozos S8 y S9. Estos valores de  $k$  se consideran que son óptimos para representar el comportamiento del flujo y del transporte a nivel regional, pero no así a nivel local. Los resultados de los ensayos escalonados y ensayos de larga duración realizados en estos pozos de la PBH arrojaron que los valores de permeabilidad en esa zona se encuentran comprendidos entre 7 y 18 m/d, inferiores a los valores otorgados en el modelo S95 para esa zona.

Por ello, se decidió tomar los 3 modelos de flujo de los 3 escenarios representados (sequía extrema, sequía severa y año húmedo) y realizar una modificación en los valores de permeabilidad en la zona de la PBH. Se consideró que toda el área de la PBH debería tener valores de permeabilidad en torno a 15 m/d, valor que se considera más realista para el área estudiada.

Se ejecutó de nuevo el código MODFLOW que interpreta el flujo de agua en el acuífero. Posteriormente, se colocó una línea de partículas aguas arriba de la PBH, zona donde existe presencia de pluma de MTBE, con el objetivo de conocer la trayectoria de las líneas de flujo y su

comportamiento una vez alcanzada la PBH. Se utilizó el código MODPATH, que permite la obtención de las líneas de flujo representativas que seguirían unas partículas hipotéticas de agua a lo largo de la dirección de flujo del agua subterránea.

Tras la realización de diversas simulaciones, se observó la necesidad de añadir dos nuevos pozos extractores en la zona de la PBH: el pozo S10 ya perforado y un nuevo pozo S11, que permitan la completa eficacia de la barrera, captando las partículas provenientes desde la zona de focos secundarios. Una vez situados dichos pozos se realizaron diversas simulaciones con diferentes caudales de extracción dando como resultado unos caudales mínimos de operatividad desde 100 hasta 180 m<sup>3</sup>/h según escenario hidrogeológico.

En todos los escenarios se observa que la perforación de estos dos nuevos pozos permitiría tener una PBH totalmente eficaz, limitando la migración de la pluma de MTBE, pluma de mayor movilidad que las plumas de BTEX, aguas debajo de la PBH hacia áreas agrícolas al sur de refinería. En el caso de año húmedo, se observan partículas que podrían migrar aguas abajo de la PBH hacia el oeste. Se recuerda que en esta zona no hay afectación por MTBE y solamente se presenta afectación por BTEX, pluma que no presenta migración aguas abajo ya que está en retroceso por procesos naturales de biodegradación. De todas formas, los pozos P8bis y S7A seguirán monitoreándose, por lo que en el caso de que pudiera darse afectación por MTBE a futuro en esta zona, serían puestos en servicio.

### 7.3.1 Escenario 1: Sequía extrema (probabilidad baja)

El escenario de sequía extrema presenta una dirección de agua subterránea predominante de componente S-SE con una clara componente E más marcada que en el resto de los escenarios que continúa hasta el pozo MON2, donde finalmente las partículas son extraídas por los pozos de la PBH (Figura 7-7). En la Tabla 7-7 se muestra la configuración óptima de la PBH para el escenario 1.

Tabla 7-7. Configuración de caudales de la PBH para el escenario 1.

Pozo	P8Bis	S7A	S8	S9	S10	S11
Caudal de extracción (m <sup>3</sup> /h)	0	0	180	180	100	100

### 7.3.2 Escenario 2: Sequía severa (probabilidad alta)

El escenario de sequía severa sigue presentando una dirección predominante de componente S-SE (Figura 7-8) que se mantiene hasta el pozo MON2 donde las partículas son atrapadas por los pozos de la PBH. En la Tabla 7-8 se muestra la configuración óptima de la barrera para el escenario 2.

Tabla 7-8. Configuración de caudales de la PBH para el escenario 2.

Pozo	P8Bis	S7A	S8	S9	S10	S11
Caudal de extracción (m <sup>3</sup> /h)	0	0	180	180	120	120

### 7.3.3 Escenario 3: Año húmedo (probabilidad muy baja)

La Figura 7-8 muestra el detalle de las líneas de flujo para el escenario de año húmedo, observándose una tendencia S-SE, con una clara componente hacia el sur. Se puede observar la total eficacia de la barrera. En la Tabla 7-9 se muestra la configuración óptima de la barrera para el escenario 3.



Tabla 7-9. Configuración de caudales de la PBH para el escenario 3.

Pozo	P8Bis	S7A	S8	S9	S10	S11
Caudal de extracción (m <sup>3</sup> /h)	0	0	180	180	180	180

Figura 7-7. Simulación de partículas en la PBH con el modelo de flujo serie 95. Escenario 1: "Sequía extrema". De izquierda a derecha: Partículas a la altura del nivel freático y partículas en el muro de la capa 2)

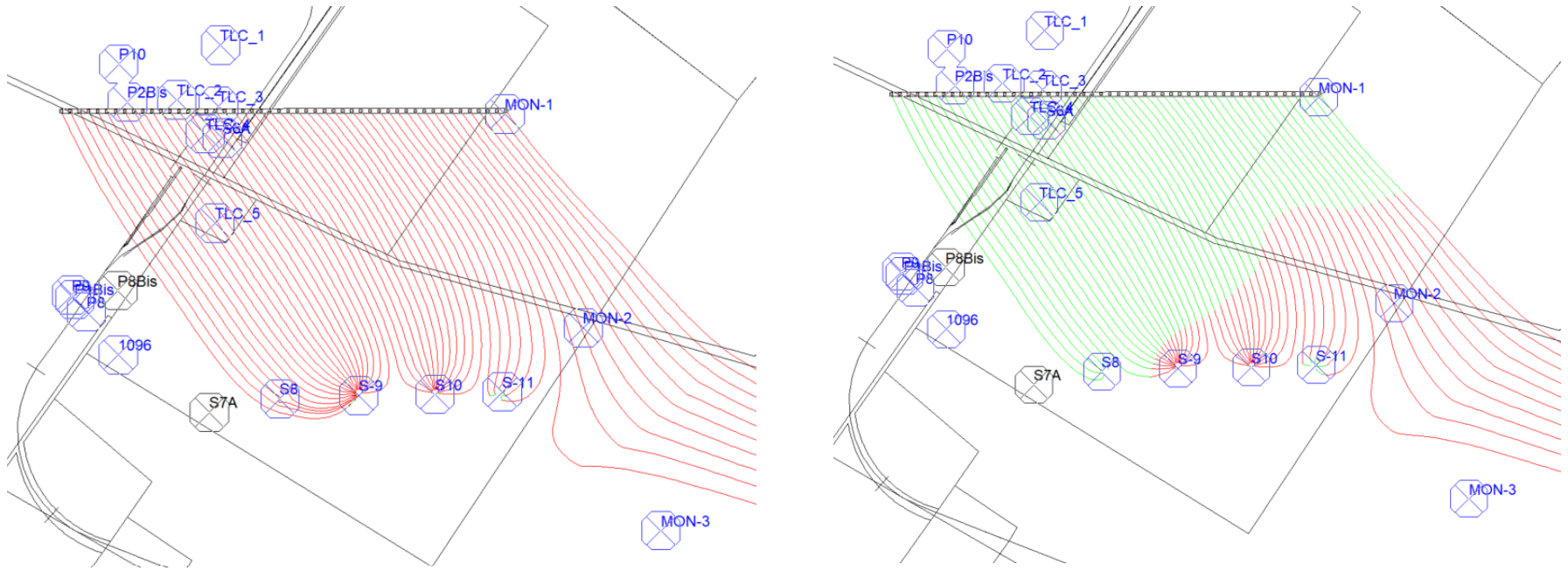


Figura 7-8. Simulación de partículas en la PBH con el modelo de flujo serie 95. Escenario 2: "Sequía severa". De izquierda a derecha: Partículas a la altura del nivel freático y partículas en el muro de la capa 2)

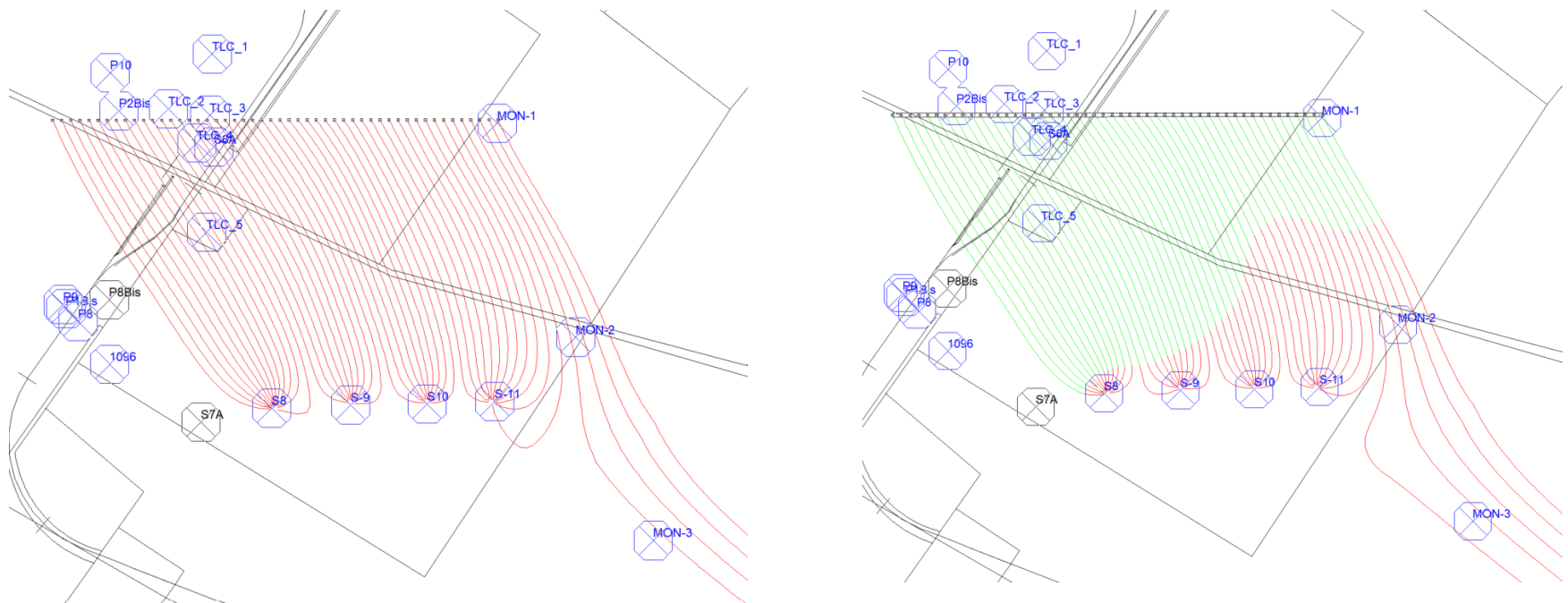
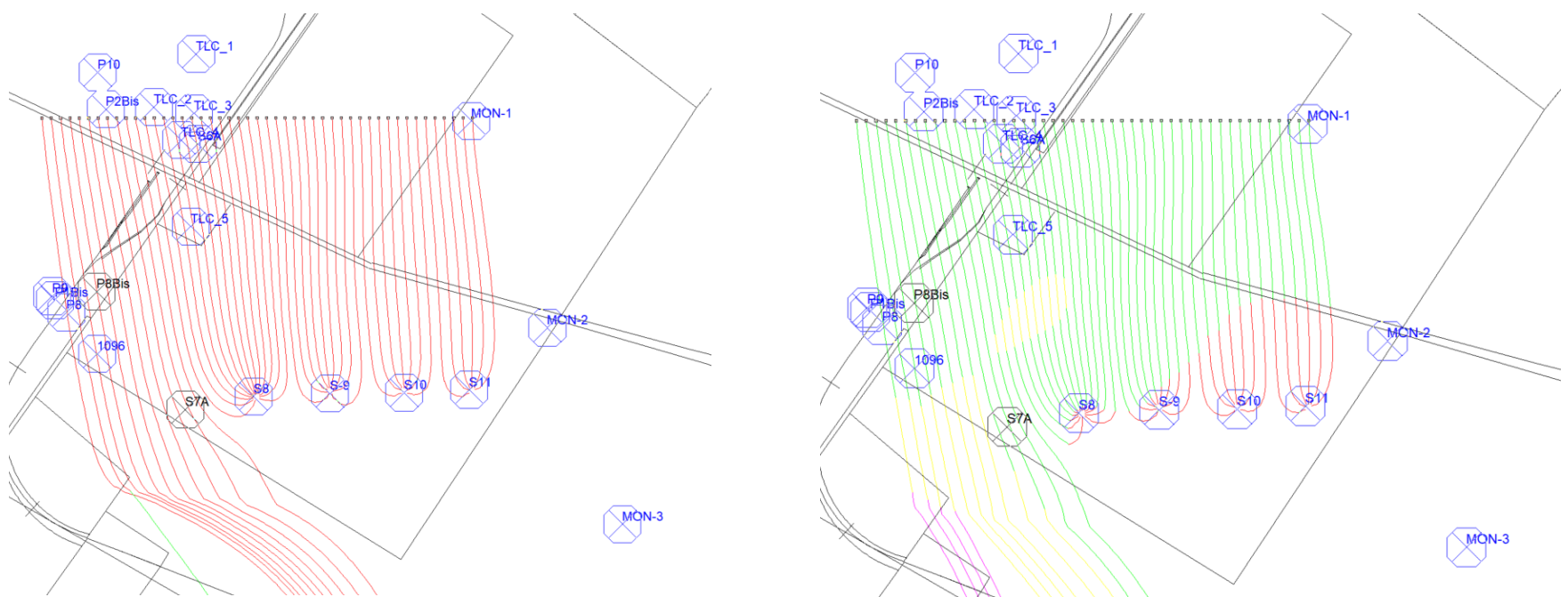


Figura 7-9. Simulación de partículas en la PBH con el modelo de flujo serie 95. Escenario 3: "Año húmedo". De izquierda a derecha: Partículas a la altura del nivel freático y partículas en el muro de la capa 2)



## 8 Área objetivo de remediación

En el área de estudio se realizó un Análisis Cuantitativo de Riesgos (ACR) para la salud humana<sup>10</sup> para evaluar los posibles riesgos asociados a la afectación detectada en el subsuelo y en el agua subterránea del CILC para los receptores potenciales identificados.

En el ACR de 2016 se valoraron numerosos escenarios de exposición. El escenario que presentó un riesgo inaceptable correspondió con el de ingestión de agua dentro y fuera del CILC. Sin embargo, usualmente estas conexiones de foco-ruta de exposición – receptor se ven interrumpidas por el suministro de agua potable, tanto al personal interno del CILC como a la población residente fuera del CILC y potencial consumidor del agua extraída de pozos.

Así, se estableció un límite SSTL (*Site Specific Target Level* en sus siglas en inglés) que equivale a la concentración máxima de un compuesto para un MC específico, es decir la concentración por debajo de la cual el riesgo es aceptable considerando un receptor y vías de exposición específicos. Este SSTL constituye por tanto el valor de concentración objetivo que guía el diseño para las actuaciones de remediación, así como el límite máximo para la restricción en el consumo de agua. Es decir, la remediación se consideraría concluida si en el acuífero hubiera concentraciones por debajo de ese valor SSTL. Se estableció una concentración SSTL para el MTBE de 0,16 mg/l.

En las siguientes Figura 8-1, Figura 8-2 y Figura 8-3 se muestran los mapas de concentración de MTBE para diciembre de 2032 para los 3 escenarios simulados con el modelo numérico teniendo en cuenta este SSTL. Las áreas mostradas en estas tres figuras se corresponden con el área objetivo de remediación.

---

<sup>10</sup> 51334-08-WPE\_REP\_TEN\_ACR\_003 del 30 de marzo de 2016

Figura 8-1. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Diciembre de 2032 (capas 2 a 4 de izquierda a derecha) teniendo en cuenta el límite SSTL.

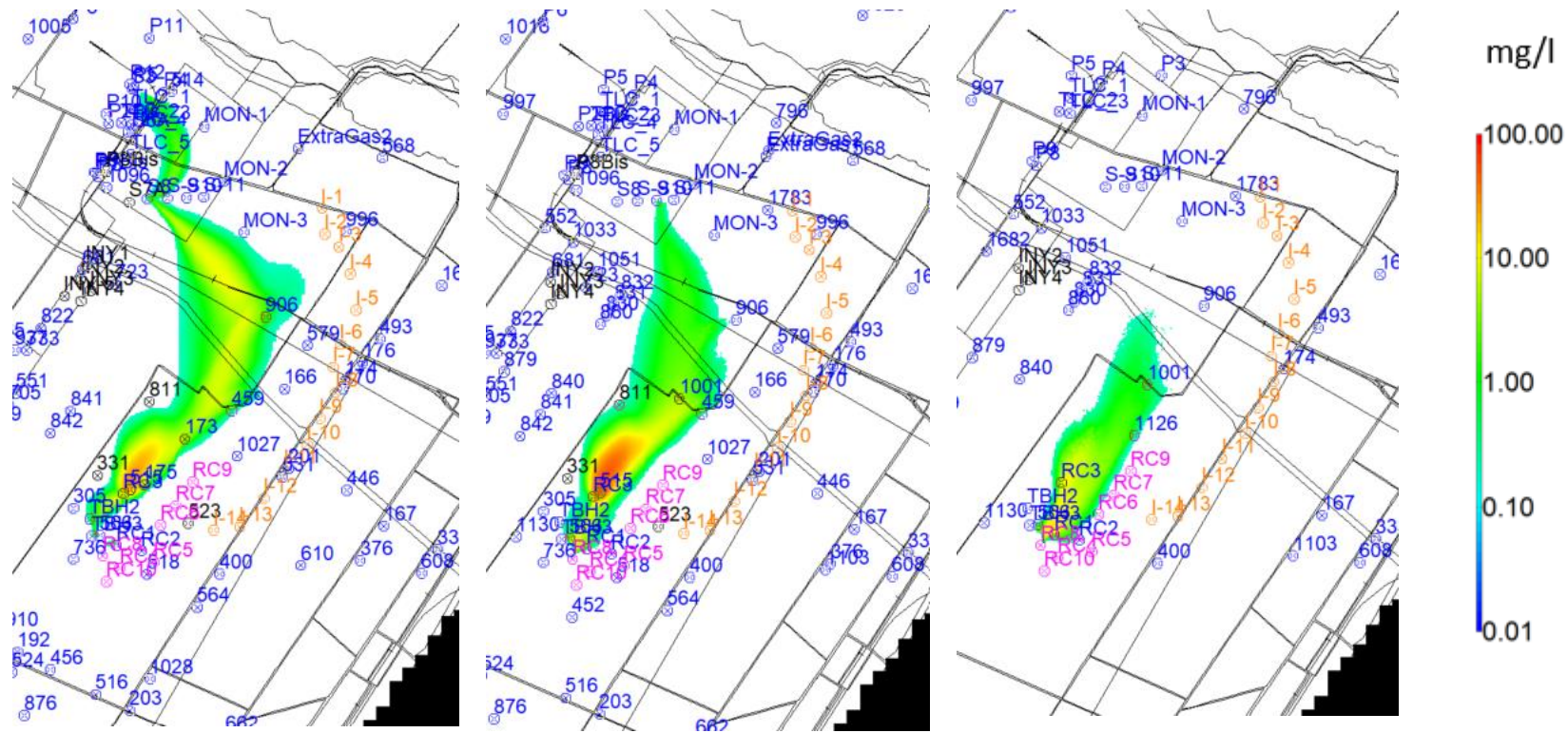




Figura 8-2. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Diciembre de 2032 (capas 2 a 4 de izquierda a derecha) teniendo en cuenta el límite SSTL.

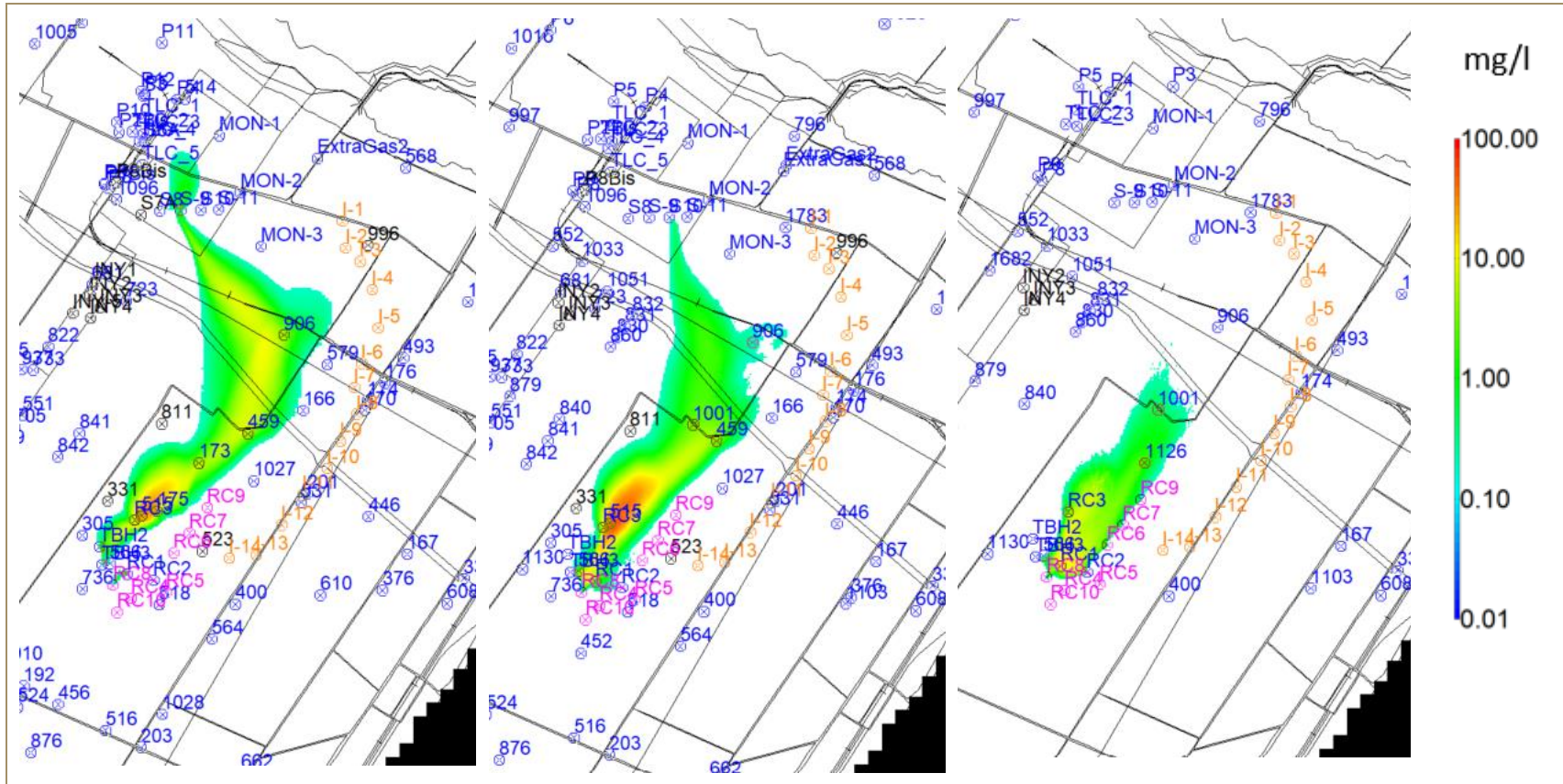
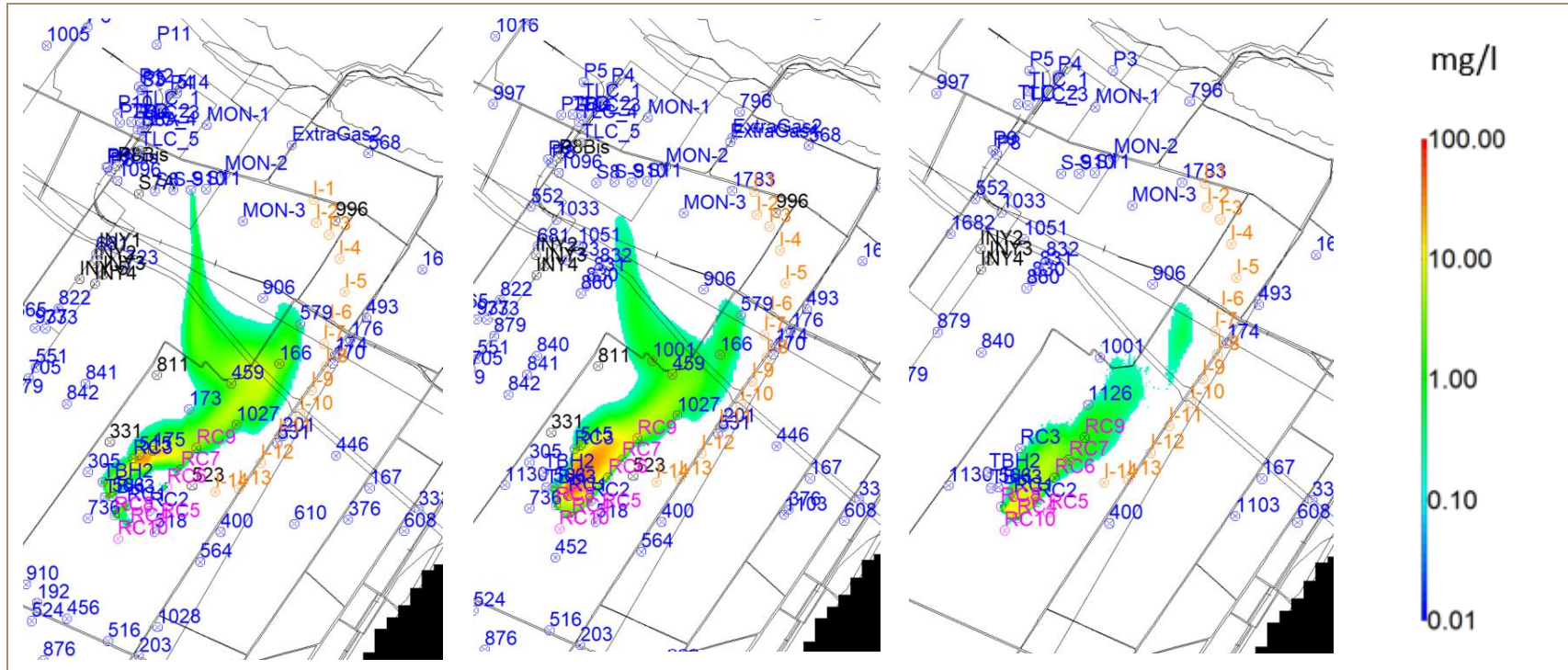




Figura 8-3. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Diciembre de 2032 (capas 2 a 4 de izquierda a derecha) teniendo en cuenta el límite SSTL.



## 9 Alternativas evaluadas y factores condicionantes para el diseño de la Barrera Hidráulica al Este

En la presente sección se detallan las demás alternativas evaluadas y los factores condicionantes que se consideraron para seleccionar la más adecuada. Además, se citan las limitaciones asociadas a este diseño.

### 9.1 Alternativas evaluadas

Se plantearon las siguientes alternativas de diseños de la barrera, que fueron inicialmente evaluados en cuanto al cumplimiento de los pilares mencionados en la Sección 5. Debe recordarse que, para las condiciones de profundidad y dimensiones del acuífero, ya se realizó una evaluación de acciones de remediación<sup>11</sup>, en la que se concluyó que la única técnica de remediación viable era el bombeo y tratamiento ("pump & treat") de la pluma. Se descartaron técnicas de remediación *in-situ* por la imposibilidad de ser aplicadas a las profundidades a las que se encuentra el agua subterránea, y por las condiciones de permeabilidad del acuífero, que hacen que los radios de acción de cualquier técnica sean muy limitados.

- **Barrera de extracción total:** todos los pozos ubicados en el frente de avance de la pluma extrayendo agua para tratamiento. Esta opción no es la opción que debería considerarse óptima al no cumplir con los pilares 3 y 4: técnicamente no es factible por la dificultad de tratar los caudales que serían necesarios, y la alta demanda energética.
- **Barrera de inyección total:** consistiría en producir el desvío de la pluma mediante una barrera de pozos de inyección que sería abastecida por agua sin afección, y con extracción sólo en el extremo sur de la pluma. Esta alternativa no es óptima, al no cumplirse el pilar 2. No lograría la aceleración de la remediación.
- **Barrera mixta de extracción e inyección homogénea:** esta alternativa consistiría en el bloqueo de la pluma mediante una barrera compuesta por pozos extractores e inyectores intercalados. Requeriría la instalación de una planta de tratamiento junto a cada par de pozos inyector/productor. En este caso, no se cumpliría con el pilar 3, por la dificultad para obtener servidumbre para las instalaciones de tratamiento de grandes dimensiones en predios ya cultivados, además de la dificultad operativa por el riesgo industrial en propiedades de terceros.
- **Barrera mixta de extracción e inyección por zonas con inyección al este y extracción al sur y centro de la pluma:** en este caso se busca el bloqueo de la pluma mediante inyección en el sector este, lo que permitiría redirigir la pluma hacia la zona sur, hacia la zona de la TBH, donde se captaría para su tratamiento. El agua de los pozos de extracción al centro y sur de la pluma sería tratada en una planta centralizada que requeriría la ejecución de acueductos, entre los pozos de extracción e inyección y su vinculación con la planta. Esta alternativa cumpliría los 4 pilares, por lo que fue la alternativa seleccionada para ser evaluada en más detalle.

<sup>11</sup> 51334-03\_WPE\_CA\_TEN\_ALTERNATIVAS\_002 del 30 de noviembre de 2015.

Como alternativa más adecuada por el hecho de ser la única de las propuestas que cumplían con los 4 pilares, se seleccionó la alternativa de barrera mixta de extracción e inyección por zonas, con inyección al este y extracción al sur y centro de la pluma. Durante la fase de propuesta de barrera este<sup>12</sup> se realizaron diversas simulaciones a futuro sobre la serie 76 de la recalibración del modelo numérico, incluyendo diferentes versiones de diseños de barrera.

En primer lugar, se verificó la efectividad de la alternativa, es decir, se confirmó mediante el modelo numérico que el diseño inicialmente propuesto de la barrera bloqueaba la pluma en todos los escenarios planteados. Posteriormente, se optimizó el diseño inicialmente propuesto, mediante cambios sucesivos en diferentes variables controlables, como la ubicación y número de pozos de extracción e inyección, los caudales de extracción e inyección y la profundidad y longitud de los filtros en los pozos. Las simulaciones fueron denominándose con códigos de letras consecutivas a medida que se cambiaban las variables controlables, hasta llegar a la simulación que obtuvo los resultados óptimos tras implementar los ajustes necesarios en dichas variables.

Estas mismas consideraciones se realizaron con la serie 95 del modelo, recalibrada con los datos de los nuevos pozos profundos y los pozos de monitoreo MON1, MON2 y MON3, dando como resultado la configuración final y más efectiva de la barrera que se presenta en esta NT.

## 9.2 Factores condicionantes

Debido a las características de la alternativa elegida, modelo mixto de extracción e inyección, se han tenido en cuenta los siguientes factores que se han de tener en cuenta para la efectividad de la barrera.

### 9.2.1 Caudal de tratamiento

El agua a extraer por la tercera barrera hidráulica (TBH) y los nuevos pozos de extracción en la zona sur (RC4 al RC10) será conducida a través de cañerías hasta la planta de tratamiento WTS, ubicada en la finca Fambén Sur. El diseño actual de la planta WTS permite el tratamiento eficaz del agua de 800 m<sup>3</sup>/h para alcanzar valores de MTBE de acuerdo con la especificación solicitada por el DGI <0,005 mg/l.

Se requiere aumentar la capacidad de tratamiento actual de la planta WTS en 2000 m<sup>3</sup>/h, permitiendo un caudal de diseño total de 2800 m<sup>3</sup>/h. Los caudales necesarios de tratamiento son de 2160 m<sup>3</sup>/h para los escenarios de sequía severa y sequía extrema y de 2800 m<sup>3</sup>/h para el escenario de año húmedo. Esta nueva planta se ubicará en las inmediaciones de la planta WTS actual operativa hacia el este, dentro de la misma finca de Fambén Sur.

### 9.2.2 Disposición de agua tratada

Toda el agua tratada será de nuevo reinyectada en el acuífero. La reconfiguración de los pozos actuales de inyección (INY1 al INY5), pasarán a convertirse en pozos de "back up", es decir, con base en las necesidades derivadas de la evolución de la pluma o de la necesidad de agua, podrán tanto extraer agua como actuar de pozos inyectoros. El agua extraída por estos pozos no tendrá necesidad de

---

<sup>12</sup> 216014-00424-03\_CA\_EN\_TEN\_Barrera Este\_003 del 22 de agosto de 2022.

tratamiento por estar en zona no impactada, por lo que podría utilizarse para darle flexibilidad y confiabilidad al sistema de tratamiento en caso de ser necesario.

### 9.2.3 Características y ubicación de los pozos

El sistema tiene que garantizar la detención de la migración hacia el este de la pluma en todos los escenarios hidrogeológicos. Para ello se realizaron diversas simulaciones y modelizaciones para ver si existen diferentes configuraciones que puedan ser eficaces para alcanzar los objetivos establecidos. Algunos de los factores considerados en el diseño del sistema de la BHE para su optimización han sido los siguientes:

- Número de pozos que conforman la barrera.
- Características constructivas de estos pozos (profundidad final, longitud del tramo ranurado, etc).
- Rango de caudales operativos efectivos que pueden extraer cada uno de estos pozos.
- Tiempo en servicio de la extracción a determinado caudal en cada uno de estos pozos dependiendo de la migración y localización de la pluma de MTBE para cada periodo a simular.
- Definición de la posible ubicación de los nuevos pozos a perforar, con base en:
  - Líneas de flujo y migración del agua subterránea, teniendo en cuenta también la posible dirección de migración para los 3 escenarios propuestos: sequía extrema, sequía severa y año húmedo.
  - Área de captura de los pozos de extracción, que abarque justamente el área del ancho de la pluma: si el ancho de captura es demasiado amplio, disminuiría la eficiencia de la barrera hidráulica, ya que se estaría extrayendo y tratando agua limpia no deseada. Igualmente, si el ancho del área de captura es demasiado pequeño, permitiría que el MTBE migrara aguas abajo por los extremos de la pluma.
  - Área de influencia de los pozos de inyección, deben de estar a una distancia lo suficientemente cercana para que se produzca un ascenso del nivel freático localizado más o menos similar que actúe como barrera física. Igualmente, si la distancia entre los pozos es demasiado grande, se podría producir la migración de la pluma entre ellos, creando pequeñas zonas preferenciales de flujo.

## 9.3 Limitaciones

Es importante destacar las siguientes limitaciones en el diseño de la BHE:

- El diseño está basado en los modelos numéricos de flujo y transporte desarrollados anteriormente y recalibrados en la serie 95. Los modelos matemáticos son aproximaciones que describen el comportamiento hidrogeológico real del subsuelo, usando para ello ecuaciones matemáticas basadas en una serie de asunciones y simplificaciones para poder abordar el problema. Estas ecuaciones hacen referencia a la dirección del flujo, la geometría del acuífero, la heterogeneidad o anisotropía de los sedimentos del acuífero, los mecanismos de transporte del soluto modelizado y de las reacciones químicas. Debido a estas asunciones y simplificaciones inherentes en las ecuaciones matemáticas y las incertidumbres asociadas a los

parámetros de entrada que requiere el modelo, el modelo de transporte proporciona una aproximación de la realidad observada y no una copia exacta de las condiciones de campo. En los casos concretos del modelo de flujo y de transporte se han identificado unas limitaciones que también se describen con más detalle en las notas técnicas correspondientes.

- Por su naturaleza, los modelos de transporte requieren de la recalibración y mejora continua en función de los datos nuevos que se van obteniendo. Así, estas continuas mejoras podrían producir modificaciones en los resultados y salidas gráficas del modelo de transporte mostradas en la presente nota técnica. Por tanto, sus resultados no deben interpretarse como únicos e irrefutables, ya que los mismos podrían sufrir modificaciones teniendo en cuenta las limitaciones mencionadas anteriormente. En este caso, el uso del modelo numérico de flujo y transporte se ha tenido en cuenta como la principal herramienta de apoyo para definir el mejor diseño y ubicación de la BHE, dentro de los rangos de incertidumbre asociados al estado constructivo del mismo.
- Esto significa que el diseño propuesto está basado en una aproximación razonable de la realidad, calibrada con los datos de campo con una buena distribución, pero podría no representar la solución óptima para el caso concreto y real futuro cuando la pluma haya avanzado hasta la barrera propuesta. Por eso se propone un diseño relativamente flexible que permita modificar los caudales de los pozos según las necesidades, la ubicación real y la situación de la pluma: por ejemplo, si en el momento de realizar la primera perforación planteada, ésta arrojará nueva información importante sobre el MC, sería posible adaptar la barrera, si fuera necesario, variando la localización de los demás pozos o la longitud del tramo ranurado. Todas las variaciones con respecto a lo planteado en esta NT se comunicarán oportunamente al DGI.
- Los modelos están basados en los datos de monitoreo actualizados hasta septiembre de 2022. Es decir, los modelos representan una aproximación del grado de detalle del MC del emplazamiento que se tiene hasta dicha fecha. Los nuevos datos que se puedan obtener a futuro podrían modificar este MC e invalidar los presentes resultados. Se destaca que el MC no ha sufrido cambios relevantes hasta la fecha actual.
- En esta etapa de conceptualización de la propuesta, la elección de la ubicación de los pozos está limitada por cuestiones de seguridad, viabilidad y consideraciones respecto al menor impacto al superficiario, independientemente de las mejores ubicaciones que se podrían calcular a través de la aplicación del modelo de transporte.
- El diseño propuesto está basado en la consideración que la planta de tratamiento actual pueda tratar hasta 800 m<sup>3</sup>/h, más 2000 m<sup>3</sup>/h de la nueva planta de tratamiento proyectada. En total entre ambas plantas habría una capacidad de tratamiento del agua con un caudal de diseño de 2800 m<sup>3</sup>/h, siendo el caudal operativo variable en función del escenario hidrogeológico
- El diseño considera que la puesta en marcha de la BHE sea en enero del año 2026. La eficacia de la BHE depende de que se cumplan esos plazos. Cualquier retraso en la implementación de esta podría conllevar impactos en el normal desarrollo y ejecución del proyecto.
- Las simulaciones sobre los diseños de ubicación de la barrera hidráulica están basadas en simulaciones que reproducen la situación actual, es decir, bajo la hipótesis de que los próximos años sean años de sequía severa en el futuro más próximo, con base en las



predicciones referentes al cambio climático realizado por el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático). Aun así, para el diseño seleccionado se han evaluado diferentes escenarios futuros que contemplan también años húmedos y años de sequía extrema.

- Debido a las incertidumbres mencionadas, nuestra recomendación es mantener la flexibilidad en el diseño, incluyendo las tasas de bombeo y la ubicación de los pozos, así como la instalación de filtros, si nueva información futura indicase que esto fuera necesario.

## 10 Conclusiones

La configuración que se considera óptima sobre la base de la información disponible sería la siguiente:

- Un total de 7 pozos de extracción nuevos (RC4-RC10) más los ya operativos de la TBH.
- 14 pozos inyectores (I-1 a I-14) localizados al norte y este de la pluma de MTBE.
- 4 pozos existentes (INY1 a INY4) más 1 nuevo pozo INY5 a perforar que funcionarían como pozos de *back up*.

Según la modelización realizada, el sistema requeriría de un caudal de diseño de tratamiento de agua de 2800 m<sup>3</sup>/h mediante AS, siendo el caudal operativo variable en función del escenario hidrogeológico, reinyectando el agua tratada del sistema en la misma subcuenca.

Como se ha comentado previamente, el diseño propuesto de ampliación y nueva configuración del sistema de tratamiento de la pluma de MTBE mediante la implementación de la BHE, cumpliría con los cuatro pilares o premisas planteados para el proyecto:

- Se observa eficacia en el sistema para los fines para los que se construye la BHE, que es el de la limitación de la movilización de MTBE hacia el este, según muestra la simulación a futuro del modelo numérico. Además, se consideró en las características constructivas la flexibilidad para ser eficaz en los diferentes escenarios hidrogeológicos mencionados en la presente NT.
- El sistema no sólo se muestra eficaz, sino que cumpliría con los objetivos de acelerar la remediación, al ubicar pozos de extracción en la zona del centro de pluma y, por tanto, conseguir la extracción de mayor masa del compuesto de interés (CDI) en menos tiempo que el contemplado en la remediación actual.
- El sistema es técnicamente viable, con tiempos de ejecución de la obra aceptables, lo que implicaría su puesta en funcionamiento en unos plazos adecuados que permitan reducir las áreas que podrían estar afectadas en el futuro.
- El agua extraída sería devuelta al acuífero después de su tratamiento previo para remover el CDI. De esta forma, se estaría manteniendo el balance hídrico en la cuenca.

Cabe recordar que para la correcta viabilidad del proyecto se requiere que la BHE pueda estar operativa en enero de 2026. Cualquier retraso en la implementación de esta podría conllevar impactos en la ejecución exitosa del proyecto, como por ejemplo migraciones indeseadas de la pluma hacia potenciales receptores.

## 11 Referencias

Autor	Año	Referencias
Columbia Climate School	2022	Columbia Climate School. International Research Institute for Climate and society. ENSO Forecast <a href="https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/2016-February-quick-look/">https://iri.columbia.edu/our-expertise/climate/forecasts/enso/2016-February-quick-look/</a>
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)	2007	Impactos del Cambio Climático sobre los recursos hídricos en la Cordillera de los Andes. Un caso de estudio: evidencias, pronóstico y consecuencias en la Cuenca Superior del Río Mendoza. J.C. Leiva. 2007. Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT).
Dirección General de Irrigación (DGI)	2022	Pronóstico de caudales de los ríos de la provincia de Mendoza. Temporada 2022-2023. Departamento General de Irrigación (DGI) <a href="https://www.irrigacion.gov.ar/web/2021/03/01/descargar-boletin/">https://www.irrigacion.gov.ar/web/2021/03/01/descargar-boletin/</a>
Gonzalez, Torchia y Viand	2019	Inundaciones urbanas y cambio climático. Tendencias hidrológicas. Recomendaciones para la gestión. <a href="https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manualinundaciones.pdf">https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manualinundaciones.pdf</a> <a href="http://reciclario.com.ar/wp-content/uploads/CambioClimatico_web.pdf">http://reciclario.com.ar/wp-content/uploads/CambioClimatico_web.pdf</a>
Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA)	2022	Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA). Observatorio Regional de la Nieve. <a href="https://observatorioandino.com/nieve/">https://observatorioandino.com/nieve/</a>
International Panel of Climate Change (IPCC)	2022	Sixth Assessment Report (AR6). Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, IPCC (2022). "Technical Summary" dentro de "The Physical Science Basis" <a href="https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf">https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf</a>
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina	2022	Plan Nacional de Adaptación y mitigación al Cambio Climático. <a href="https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_-_adaptacion_y_mitigacion_al_cambio_climatico_1285pag_1.pdf">https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_-_adaptacion_y_mitigacion_al_cambio_climatico_1285pag_1.pdf</a>
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	2022	National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Past Events <a href="https://www.noaa.gov/education/resource-collections/weather-atmosphere/el-nino">https://www.noaa.gov/education/resource-collections/weather-atmosphere/el-nino</a> <a href="https://psl.noaa.gov/enso/past_events.html">https://psl.noaa.gov/enso/past_events.html</a>

Autor	Año	Referencias
Organización Meteorológica Mundial (OMM)	2022	Organización Meteorológica Mundial (OMM) <a href="https://public.wmo.int/es/el-ni%C3%B1o-la-ni%C3%B1a-hoy#:~:text=La%20transici%C3%B3n%20del%20actual%20episodio,probabilidad%20aumenta%20hasta%20el%2070%20%25">https://public.wmo.int/es/el-ni%C3%B1o-la-ni%C3%B1a-hoy#:~:text=La%20transici%C3%B3n%20del%20actual%20episodio,probabilidad%20aumenta%20hasta%20el%2070%20%25</a> .
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación	2015	Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (TCN) . “Cambio Climático en Argentina; Tendencias y Proyecciones” (Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera). Buenos Aires, Argentina. <a href="https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Argnc3.pdf">https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Argnc3.pdf</a>





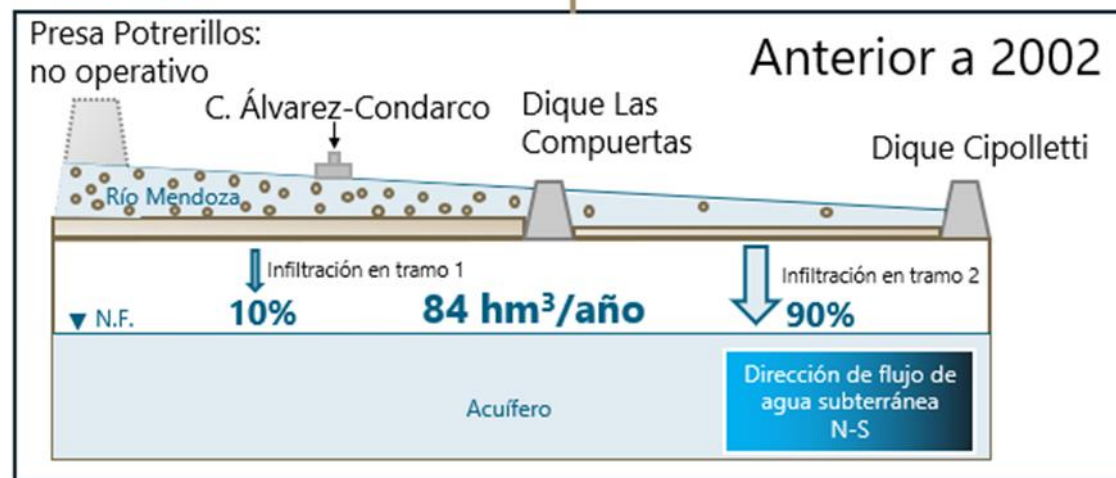
# **Anexo 1**

## **Modelo Conceptual de Recarga**

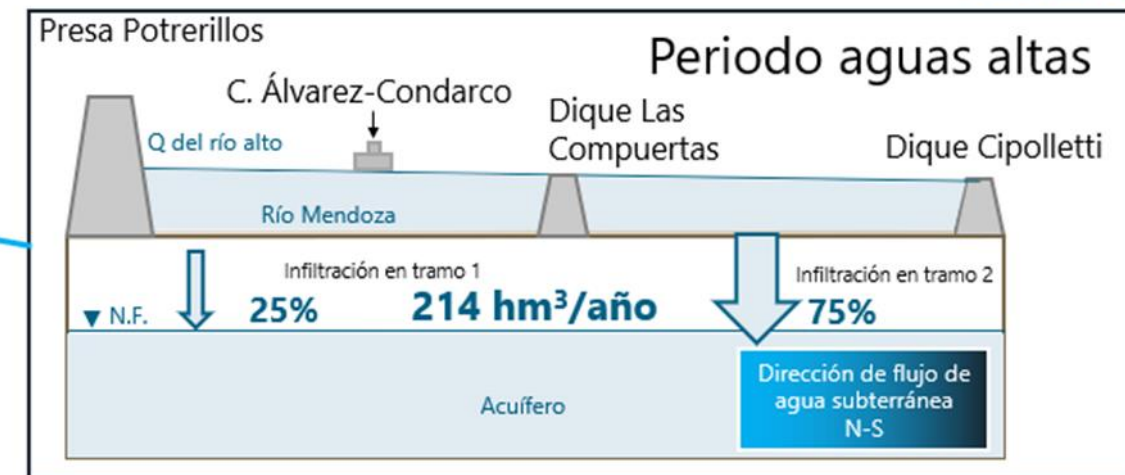
Ilustración 1. Modelo Conceptual de Recarga



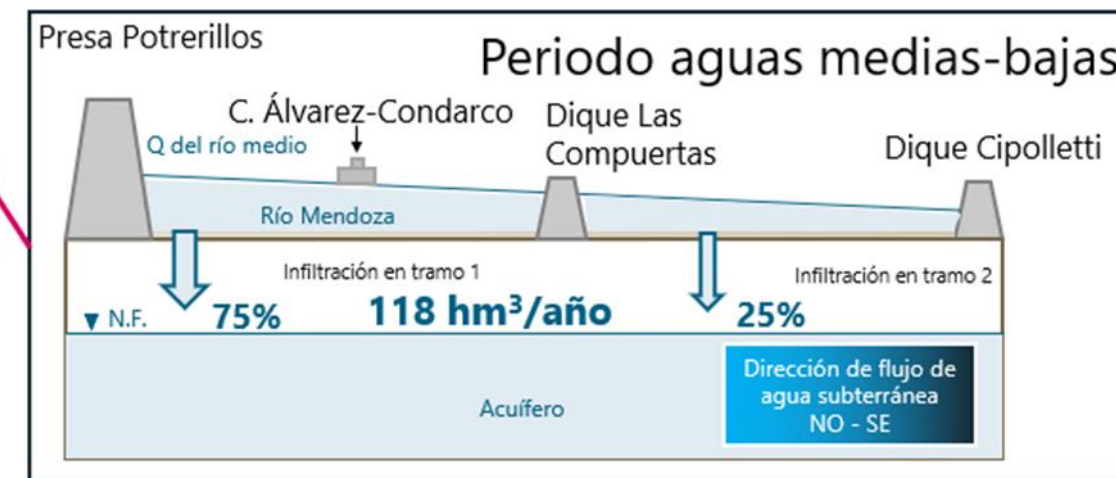
Años pobres antes de Potrerillos



Años ricos después de Potrerillos



Años medios después de Potrerillos





## **Anexo 2**

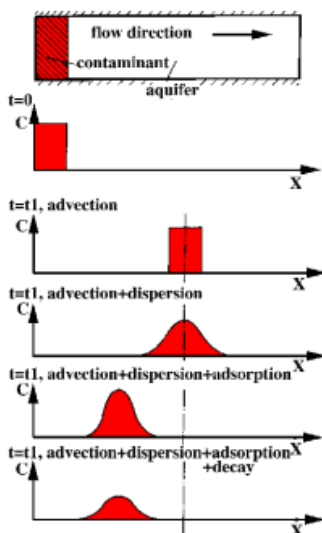
### **Curvas de paso de MTBE en los pozos de observación**

### MECANISMOS DE TRANSPORTE

Cuando un contaminante entra en contacto con el agua subterránea, y no se produce ningún tipo de interacción con el medio geológico, el contaminante se mueve arrastrado por el flujo subterráneo, y se ve afectado por procesos físicos como la advección, difusión y dispersión. Además, para un contaminante reactivo, es decir, que interacciona con el medio geológico y las sustancias contenidas en el agua, se ha de tener en cuenta otros procesos como la precipitación, la biodegradación, el intercambio iónico, la adsorción o las reacciones de oxidación-reducción, entre otros.

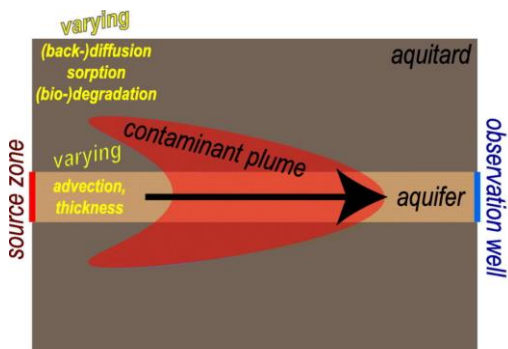
Existen diversas soluciones matemáticas aplicables al caso que nos ocupa, en el que el contaminante reacciona con el medio geológico, produciéndose cambios en la concentración como consecuencia de procesos de atenuación naturales que disminuyen la concentración del contaminante en el agua subterránea a la vez que también disminuyen la masa del compuesto.

Ilustración 1. Esquema conceptual del transporte de los contaminantes en el medio saturado. Fuente: <https://www.ldeo.columbia.edu>



Las curvas de paso indican cuanto tiempo tarda un contaminante en disminuir su concentración una vez alcanzado su máximo en un pozo, en base a su cercanía al foco.

Ilustración 2. Esquema de la migración del contaminante respecto a un observador. Fuente: Landon J.S. et al. (2020)



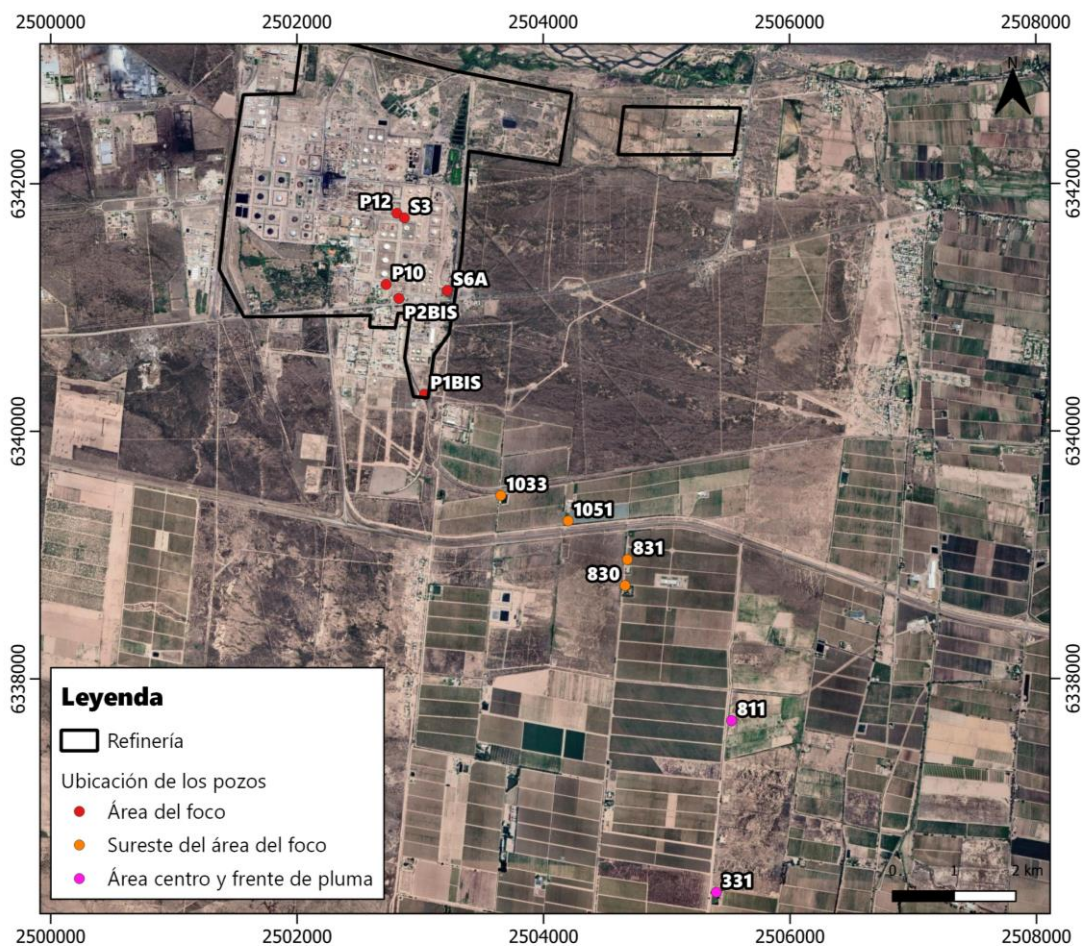


Es decir, cuanto más próximo está el pozo a la zona de foco la curva de paso es más estrecha y la concentración será mucho más elevada. Sin embargo, si un pozo se localiza aguas abajo en el frente de pluma, los procesos de difusión, dispersión, adsorción y biodegradación harán que la máxima concentración que se registre en ese pozo sea mucho menor y, además, la curva de paso será mucho más ancha. Esto es lo que se observa si se analizan las curvas de paso en los pozos del área de interés.

A continuación, se muestran las curvas de paso de los siguientes pozos en base a su ubicación respecto al foco:

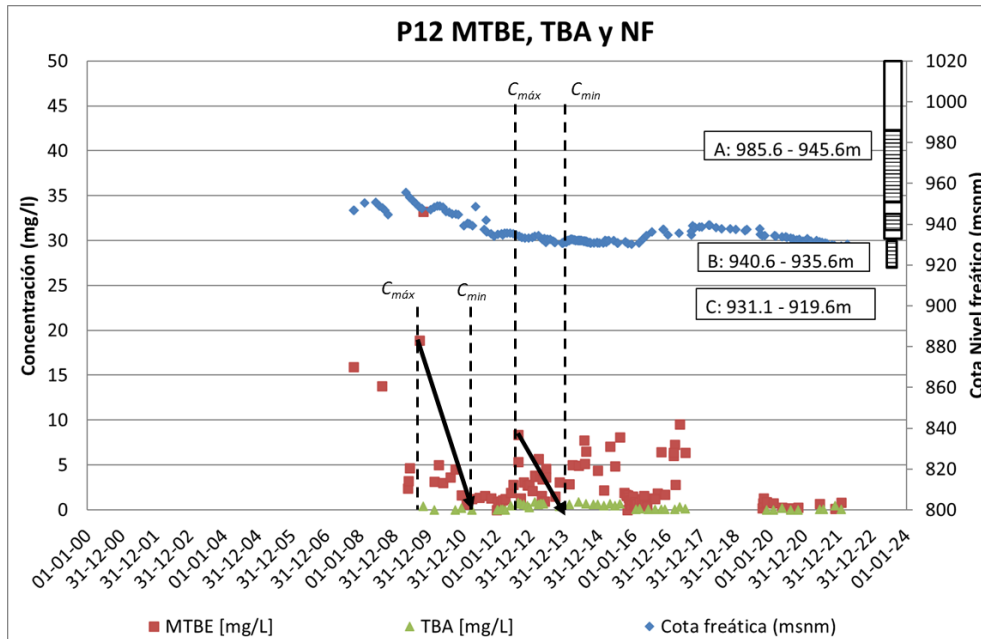
- Área del foco: P12, S3, P10, S6A, P2BIS, P1BIS,
- Sureste del área del foco: 1033, 1051, 831 y 830,
- Área centro y frente de pluma: 811 y 331

Ilustración 3. Mapa de ubicación de los pozos considerados.



## Área del foco

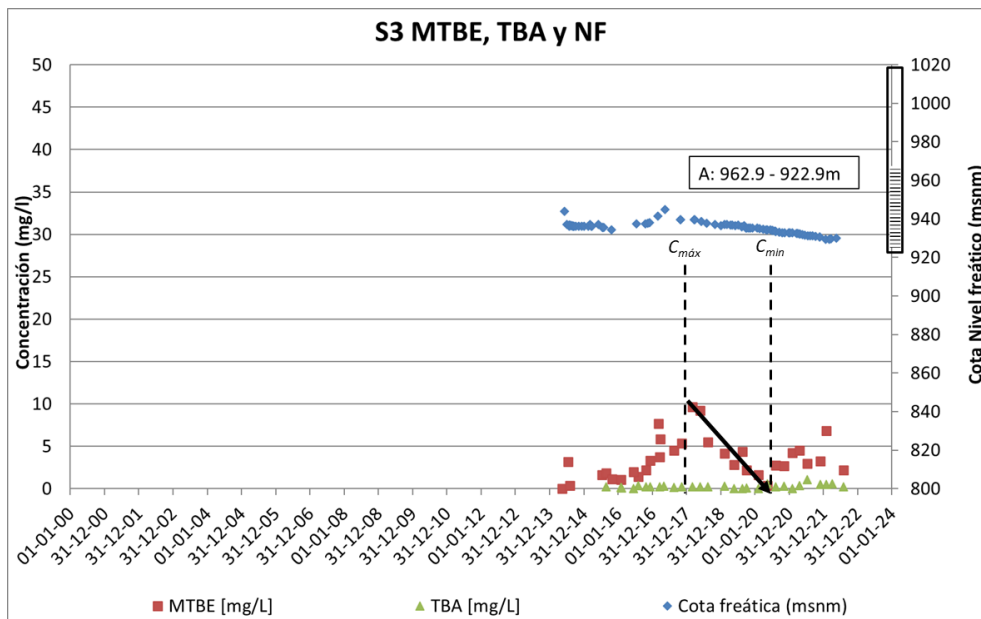
Ilustración 4. Curvas de paso del pozo P12.



\*  $C_{máx}$ : concentración máxima,  $C_{min}$ : concentración mínima

La curva de paso del MTBE duró más o menos 1 año y medio a 2 años desde el momento de máxima concentración en el pozo.

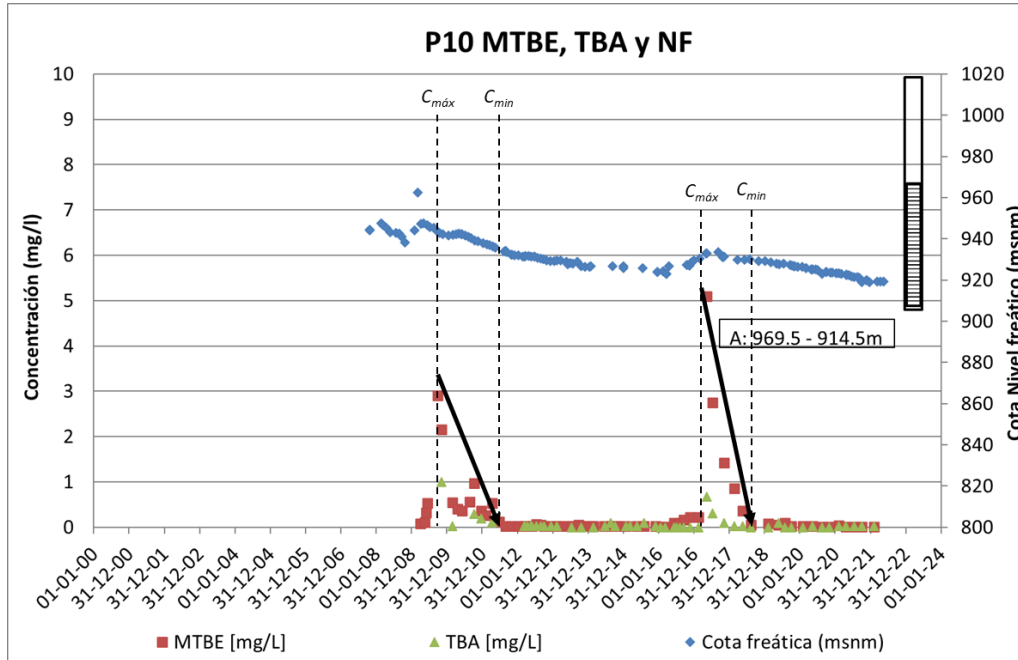
Ilustración 5. Curvas de paso del pozo S3.



\*  $C_{máx}$ : concentración máxima,  $C_{min}$ : concentración mínima

La curva de paso del MTBE duró más o menos 2 años y medio desde el momento de máxima concentración en el pozo.

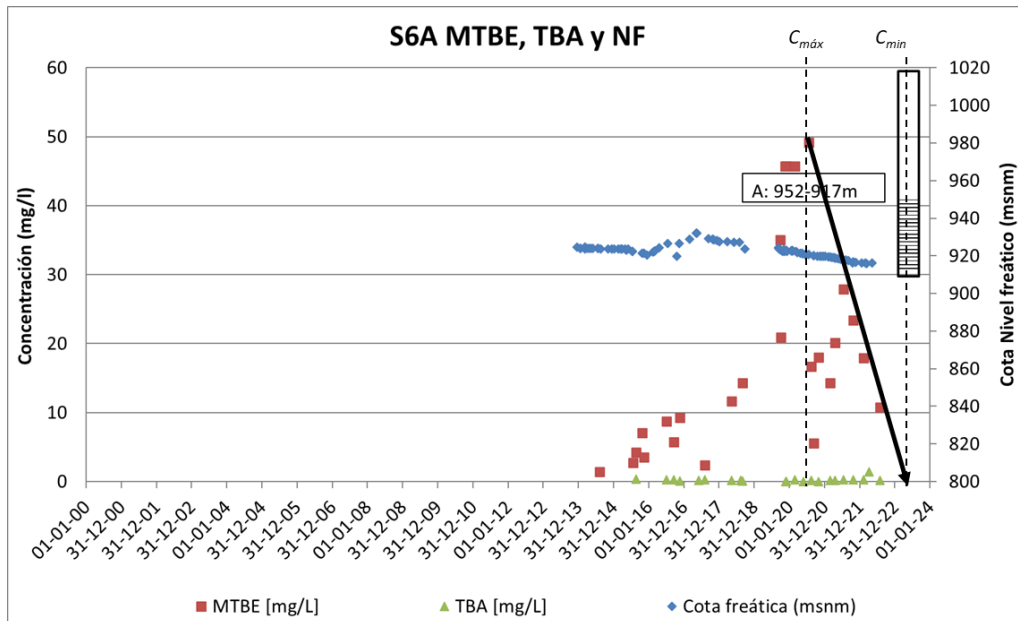
Ilustración 6. Curvas de paso del pozo P10.



\*  $C_{máx}$  : concentración máxima,  $C_{min}$  : concentración mínima

La curva de paso del MTBE duró más o menos 1 año y medio desde el momento de máxima concentración en el pozo

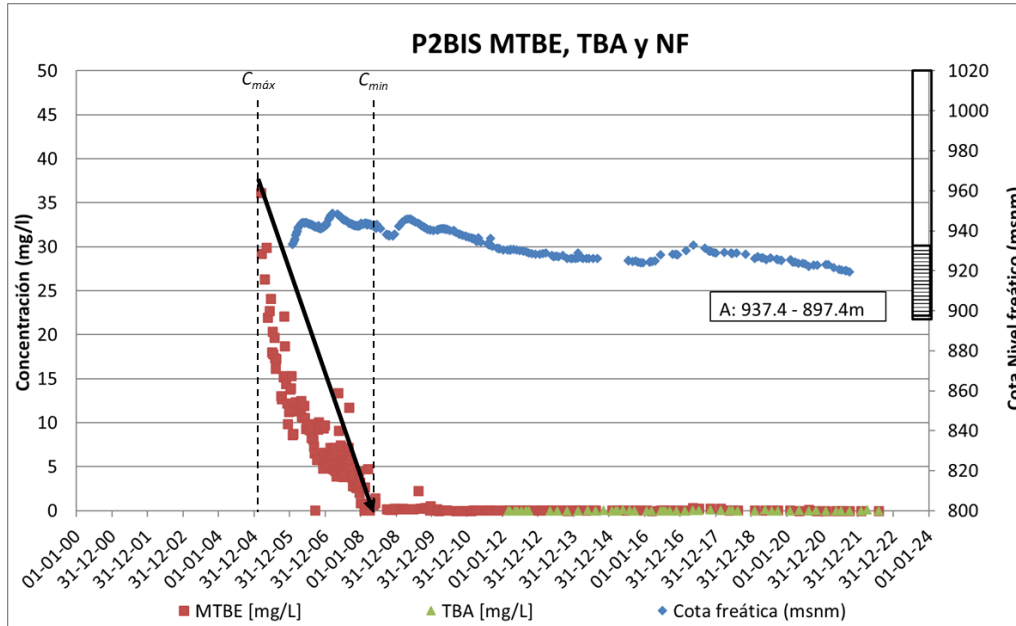
Ilustración 7. Curvas de paso del pozo S6A.



\*  $C_{máx}$  : concentración máxima,  $C_{min}$  : concentración mínima

Según la tendencia que presentan los datos parece observarse que la curva de paso del MTBE va a durar entorno a los 2 años y medio o 3 años desde el momento de máxima concentración en el pozo.

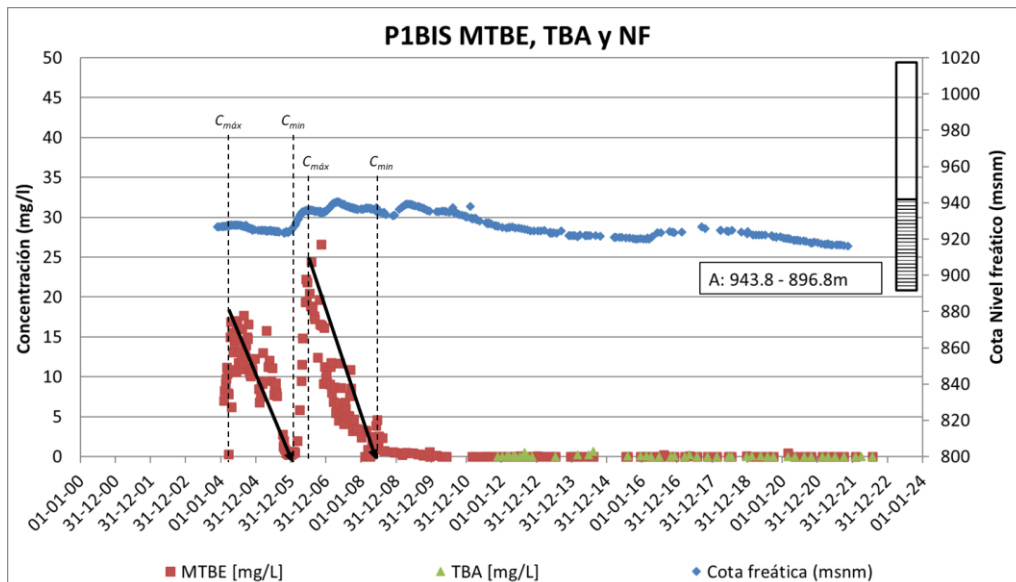
Ilustración 8. Curvas de paso del pozo P2BIS.



\*  $C_{máx}$  : concentración máxima,  $C_{min}$  : concentración mínima

La curva de paso del MTBE duró más o menos 3 años desde el momento de máxima concentración en el pozo

Ilustración 9. Curvas de paso del pozo P1BIS.



\*  $C_{máx}$  : concentración máxima,  $C_{min}$  : concentración mínima

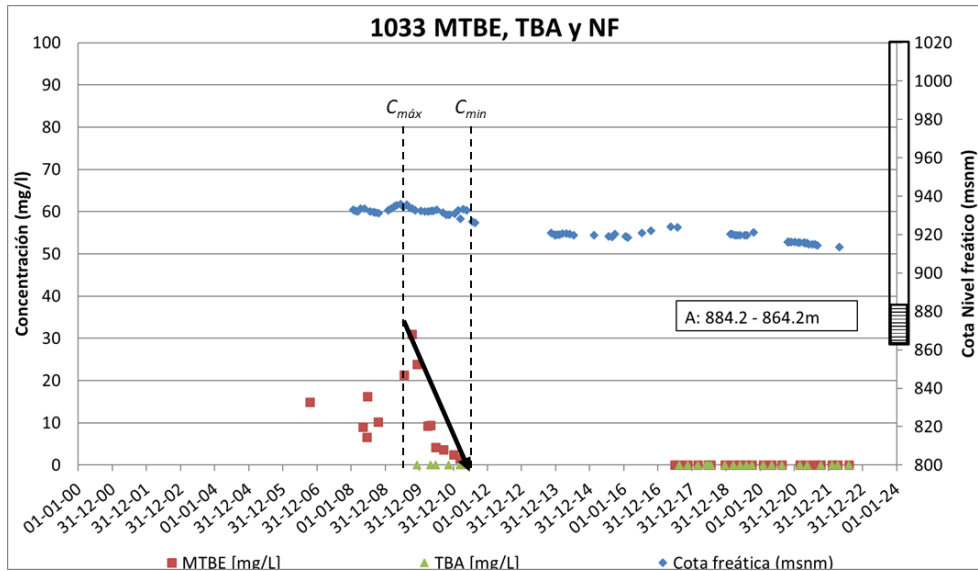
En el pozo P10, se observa lo que parece ser unas curvas de paso más rápidas. Duraron 2 años las 2 curvas de paso.



### Sureste del área del foco

Según nos alejamos de la zona de foco la curva de paso se va haciendo más ancha y tarda más tiempo en desaparecer la concentración en el pozo.

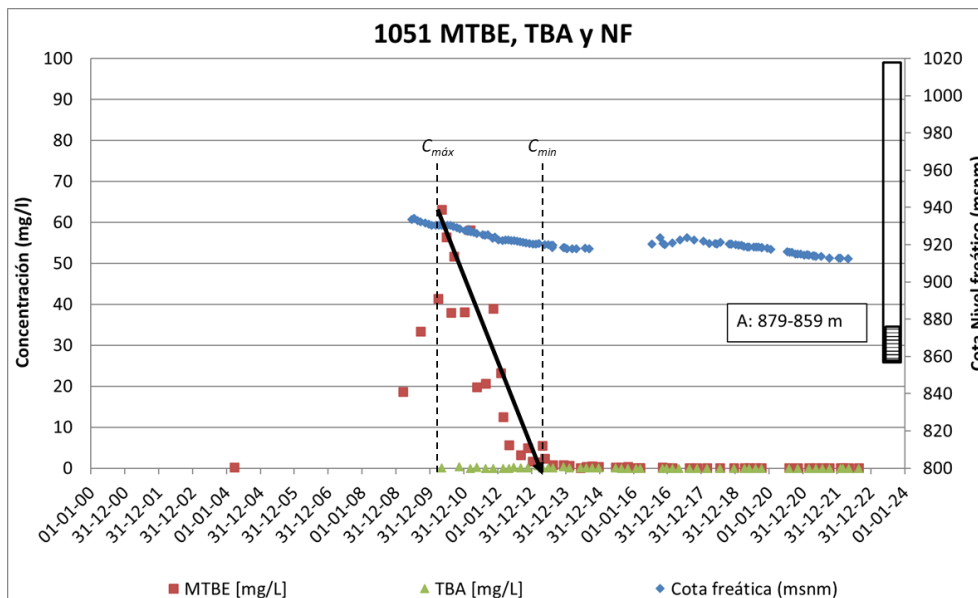
Ilustración 10. Curvas de paso del pozo 1033.



\*  $C_{m\acute{a}x}$  : concentración máxima,  $C_{m\acute{i}n}$  : concentración mínima

La curva de paso del MTBE duró más o menos 2 años desde el momento de máxima concentración en el pozo.

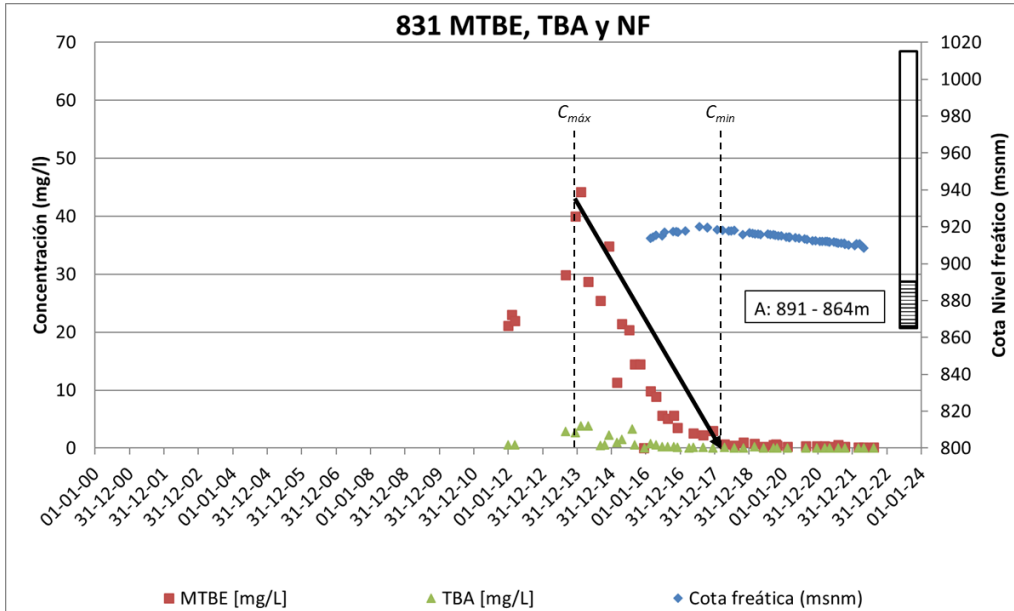
Ilustración 11. Curvas de paso del pozo 1051.



\*  $C_{m\acute{a}x}$  : concentración máxima,  $C_{m\acute{i}n}$  : concentración mínima

La curva de paso del MTBE duró más o menos 3 años desde el momento de máxima concentración en el pozo.

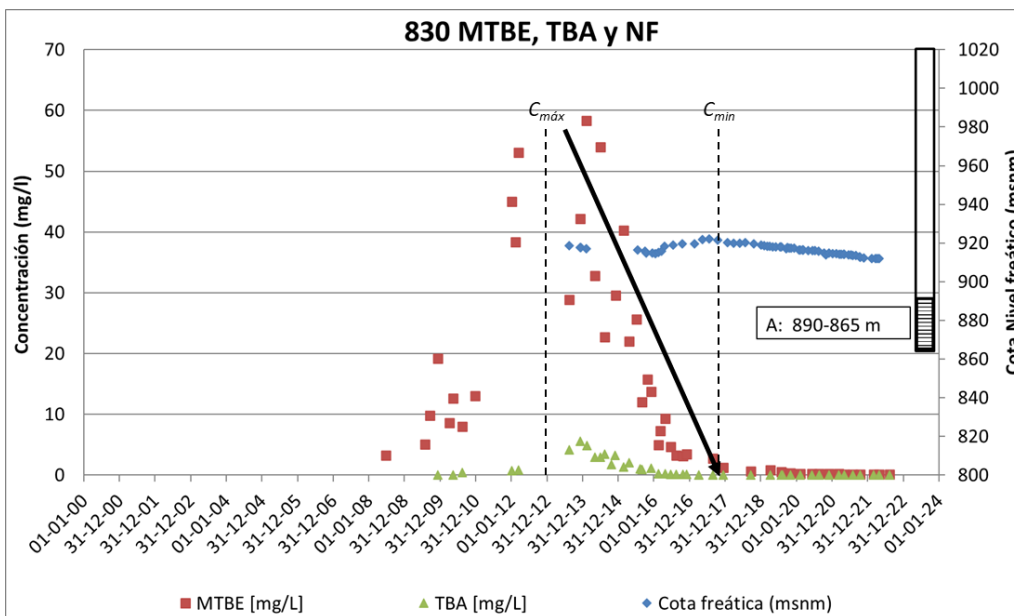
Ilustración 12. Curvas de paso del pozo 831.



\*  $C_{m\acute{a}x}$  : concentración máxima,  $C_{m\acute{i}n}$  : concentración mínima

La curva de paso del MTBE duró más o menos 4 años desde el momento de máxima concentración en el pozo.

Ilustración 13. Curvas de paso del pozo 830.

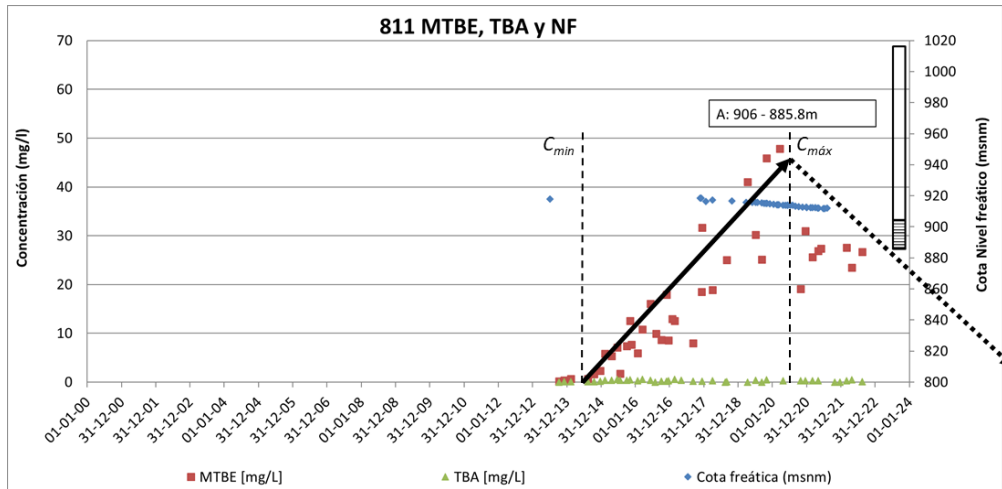


\*  $C_{m\acute{a}x}$  : concentración máxima,  $C_{m\acute{i}n}$  : concentración mínima

La curva de paso del MTBE duró más o menos 5 años desde el momento de máxima concentración en el pozo.

## Área centro y frente de pluma

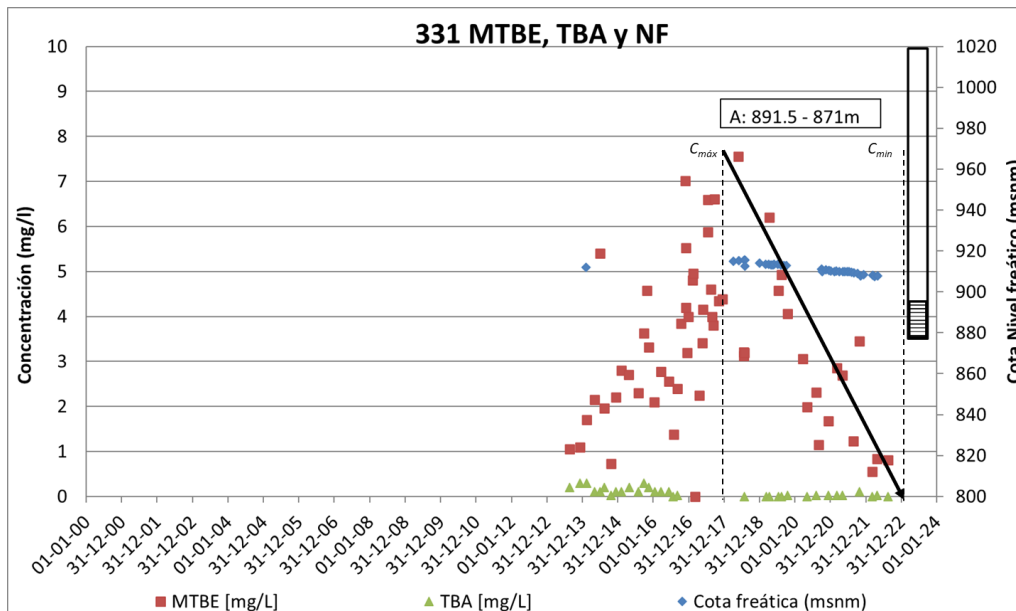
Ilustración 14. Curvas de paso del pozo 811



\*  $C_{m\acute{a}x}$ : concentración máxima,  $C_{m\acute{i}n}$ : concentración mínima

Se asume que el MTBE tardará el mismo tiempo en desaparecer que el tiempo que le tomó desde que se detectó la primera concentración de MTBE en el pozo hasta que alcanzó la máxima concentración. Es decir, 6 años.

Ilustración 15. Curvas de paso del pozo 331.



\*  $C_{m\acute{a}x}$ : concentración máxima,  $C_{m\acute{i}n}$ : concentración mínima

La curva de paso del MTBE duró más o menos 5 años desde el momento de máxima concentración en el pozo.



**Anexo 3**

**Resultados del modelo numérico sin BHE  
para 2022-2032**



**A.1 Escenario 1. Sequía extrema**

Ilustración 1. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Año diciembre de 2022 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

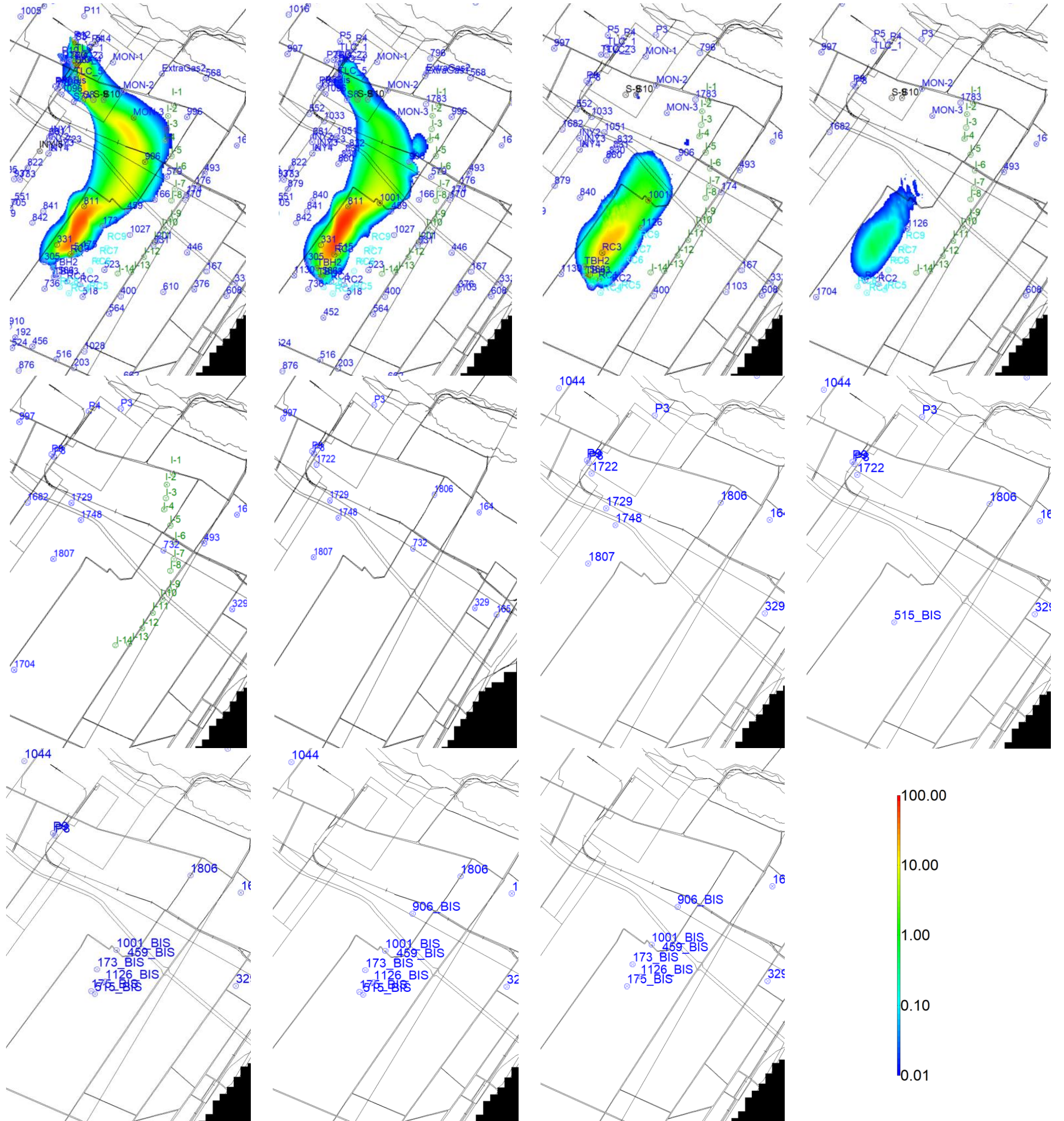








Ilustración 3. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Año diciembre de 2024 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

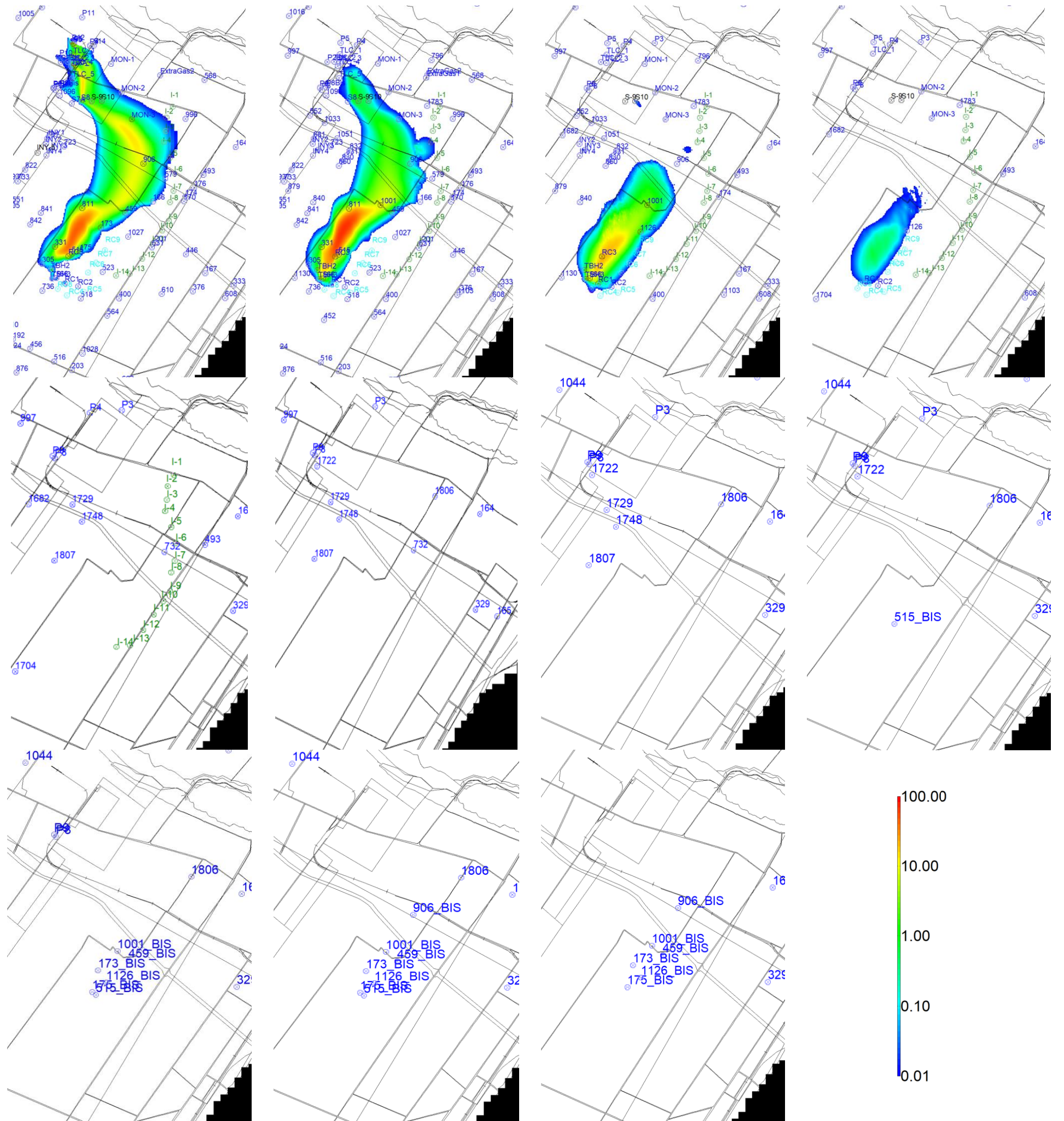




Ilustración 4. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Año diciembre de 2025 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

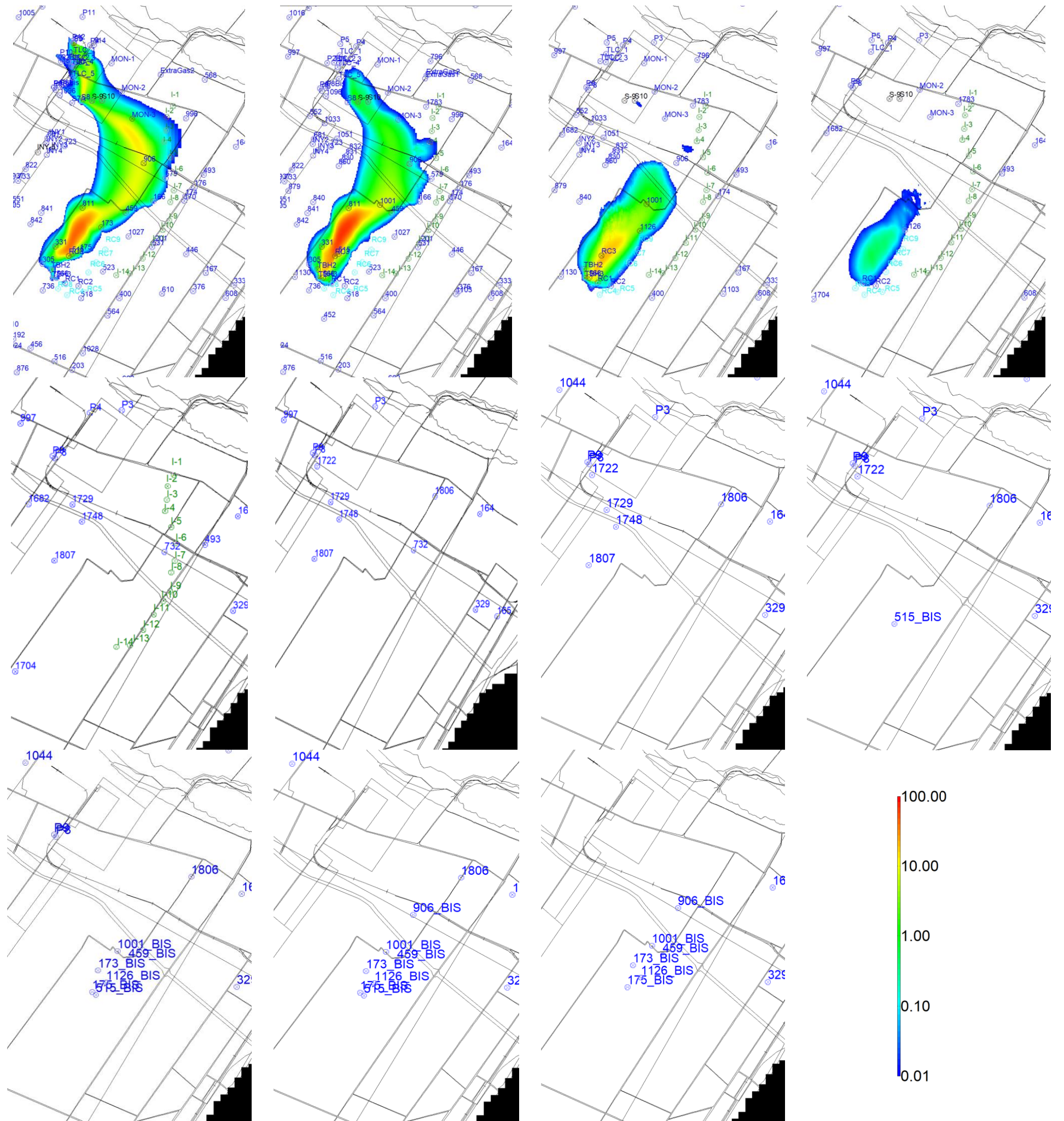
















Ilustración 8. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Año diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

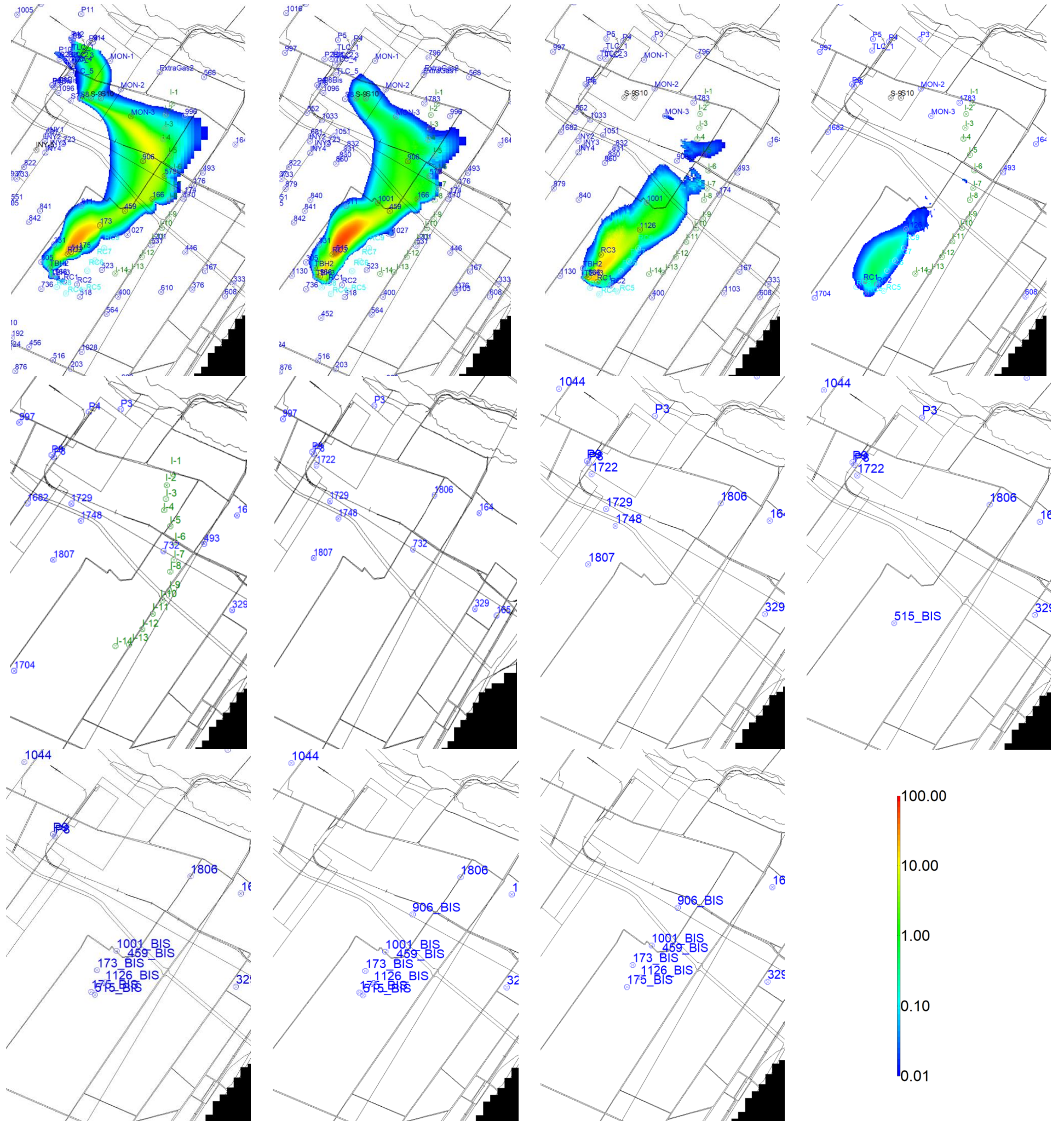








Ilustración 10. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Año diciembre de 2023 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

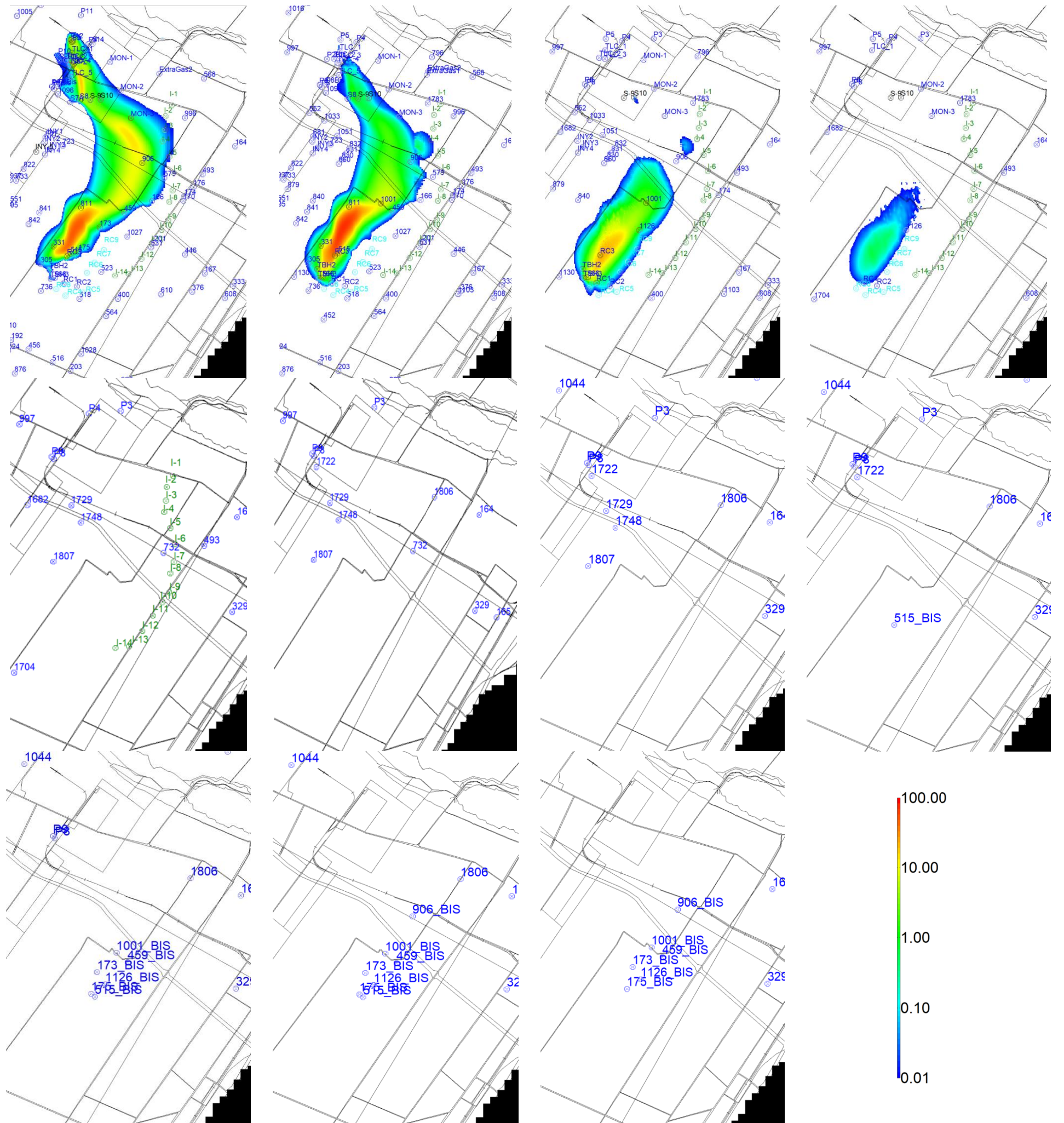




Ilustración 11. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Año diciembre de 2024 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

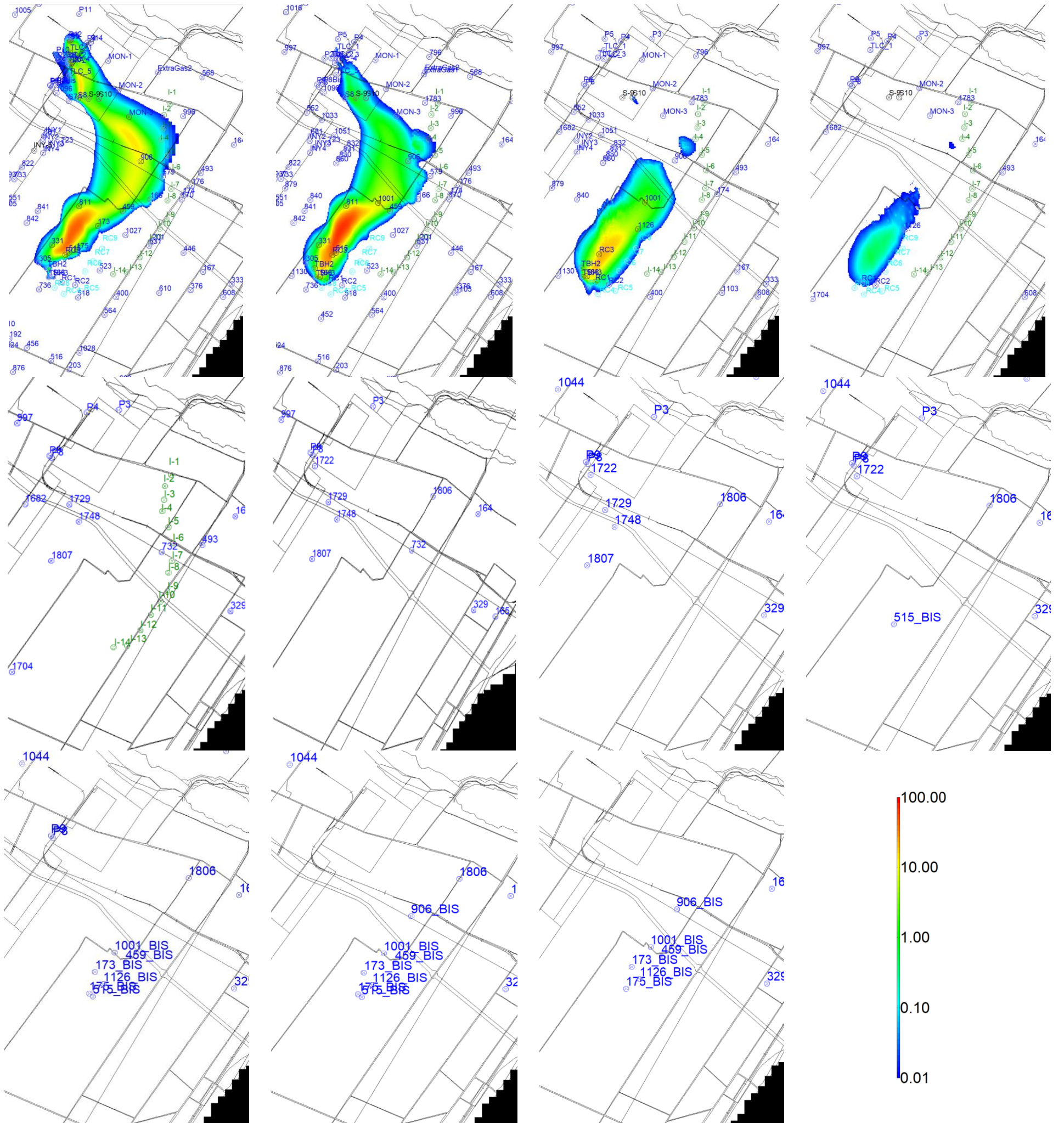




Ilustración 12. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Año diciembre de 2025 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

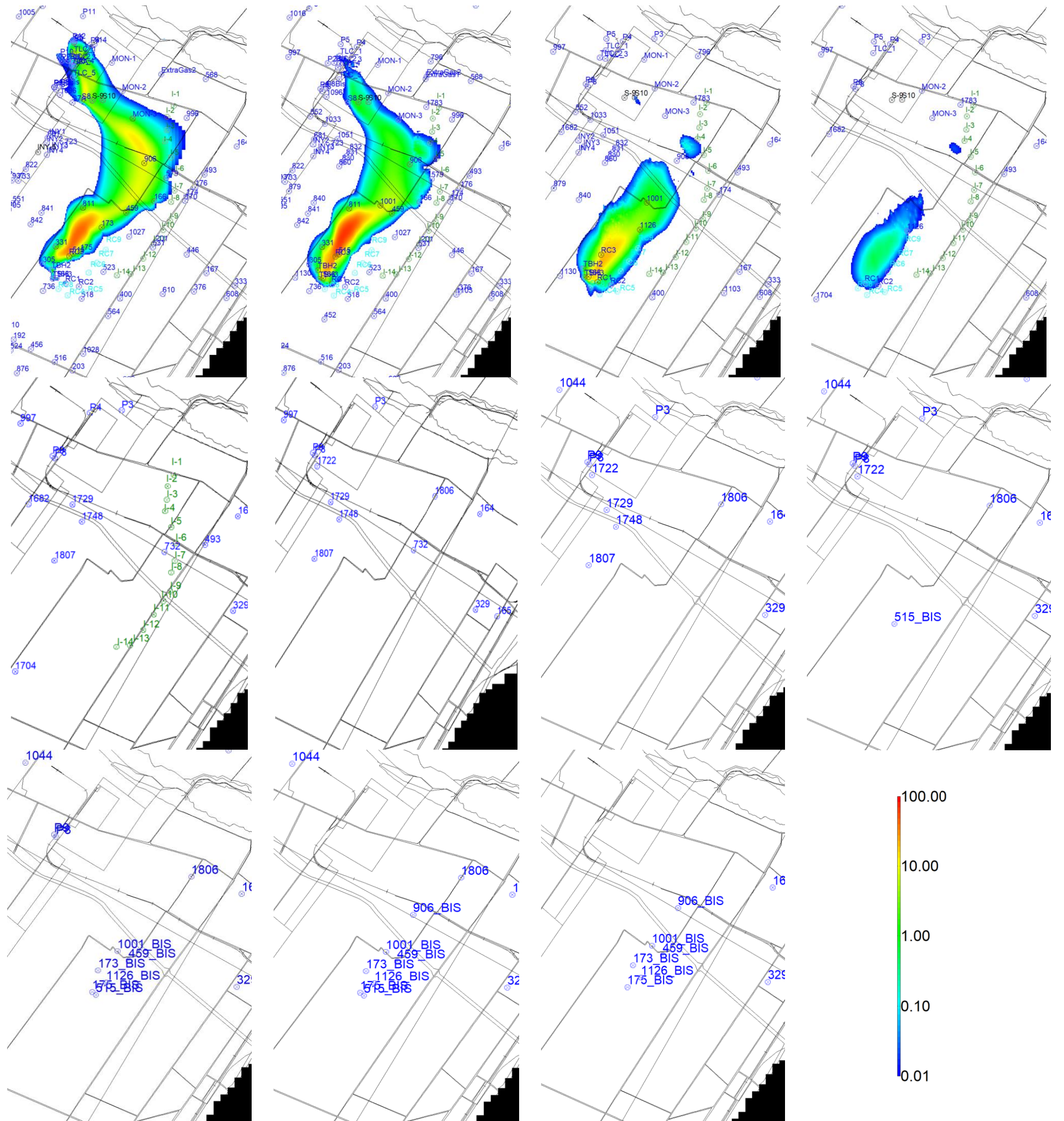












Ilustración 15. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Año diciembre de 2030 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

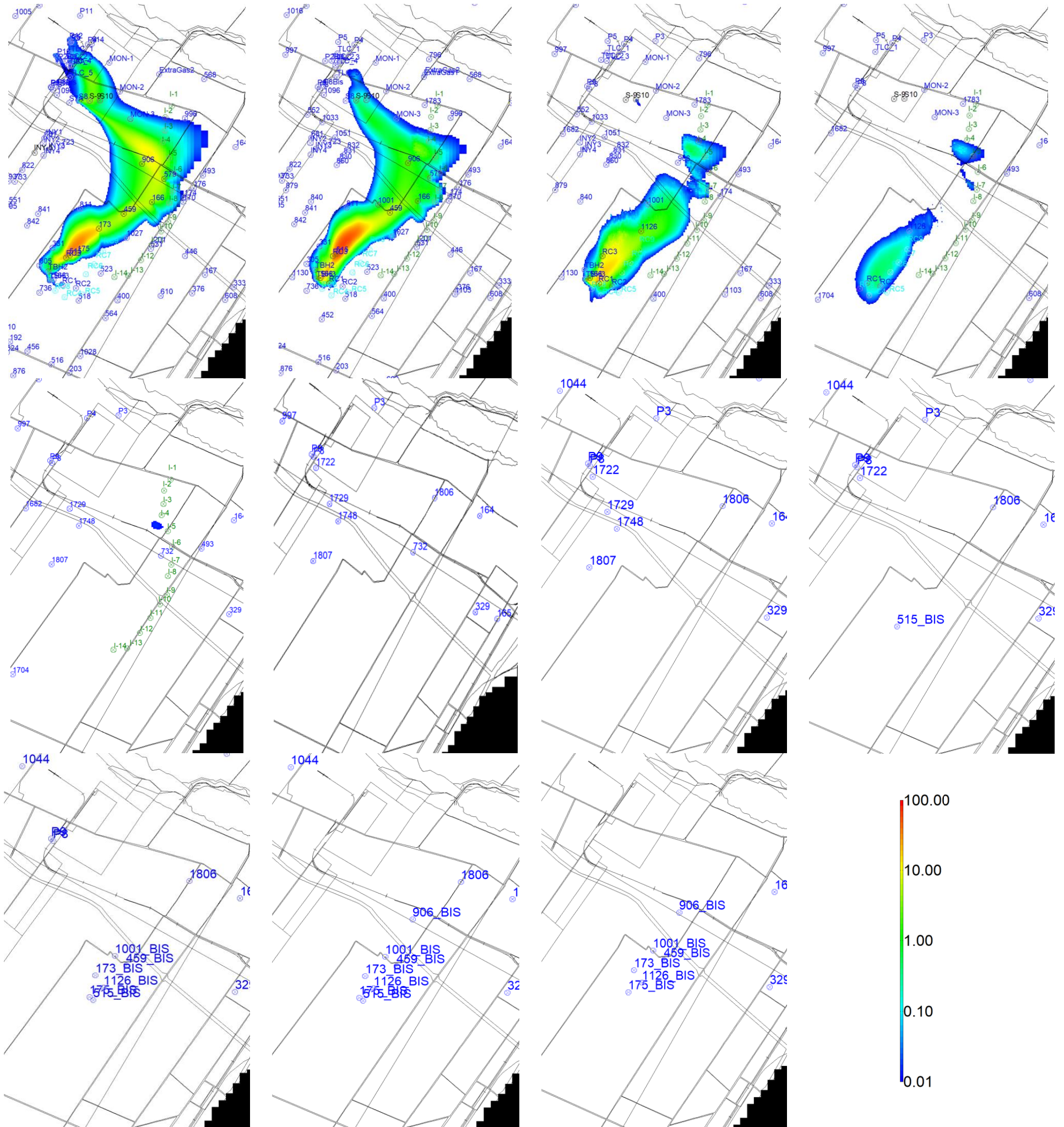
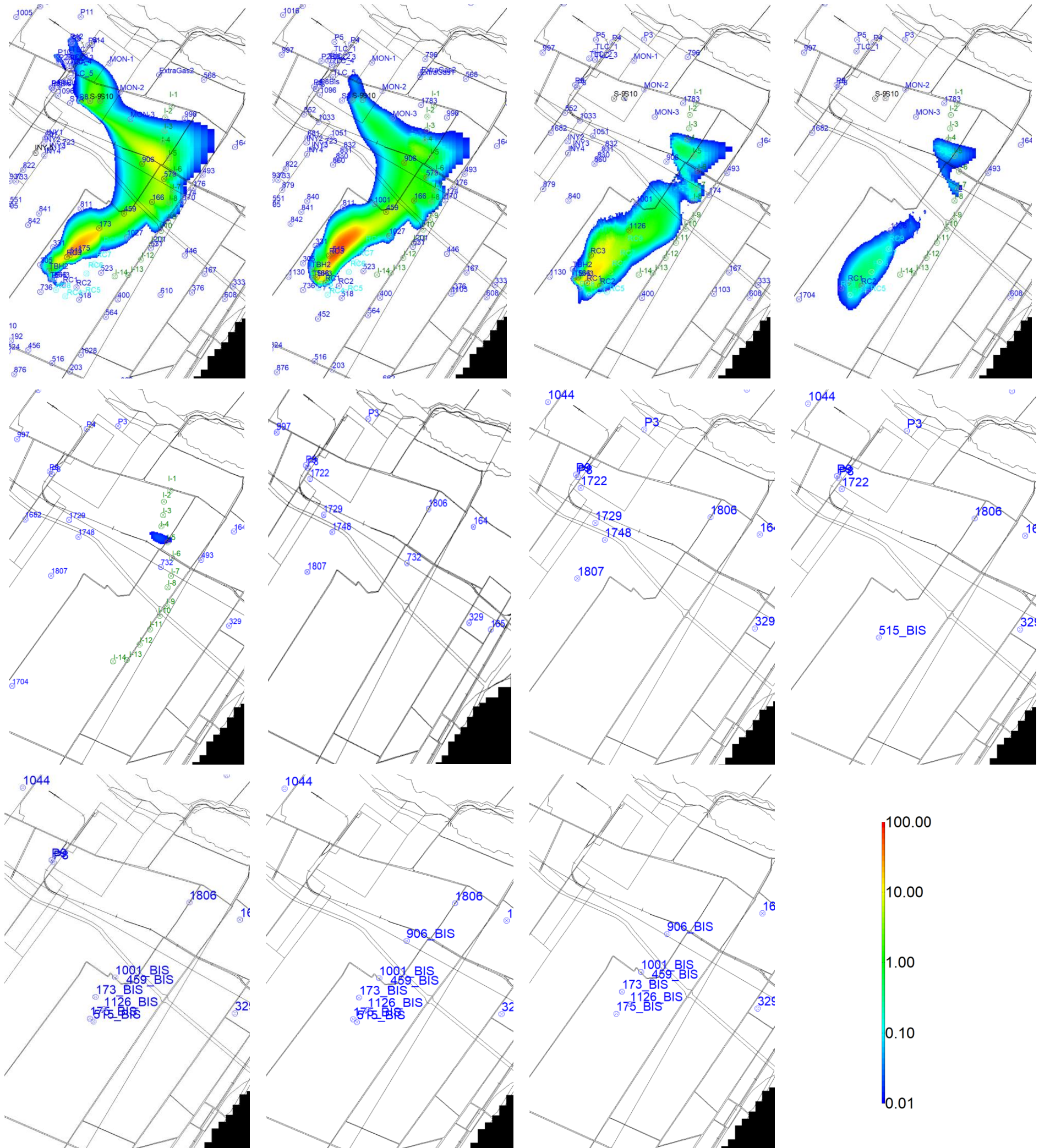




Ilustración 16. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Año diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)





### A.3 Escenario 3. Año húmedo

Ilustración 17. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Año diciembre de 2022 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

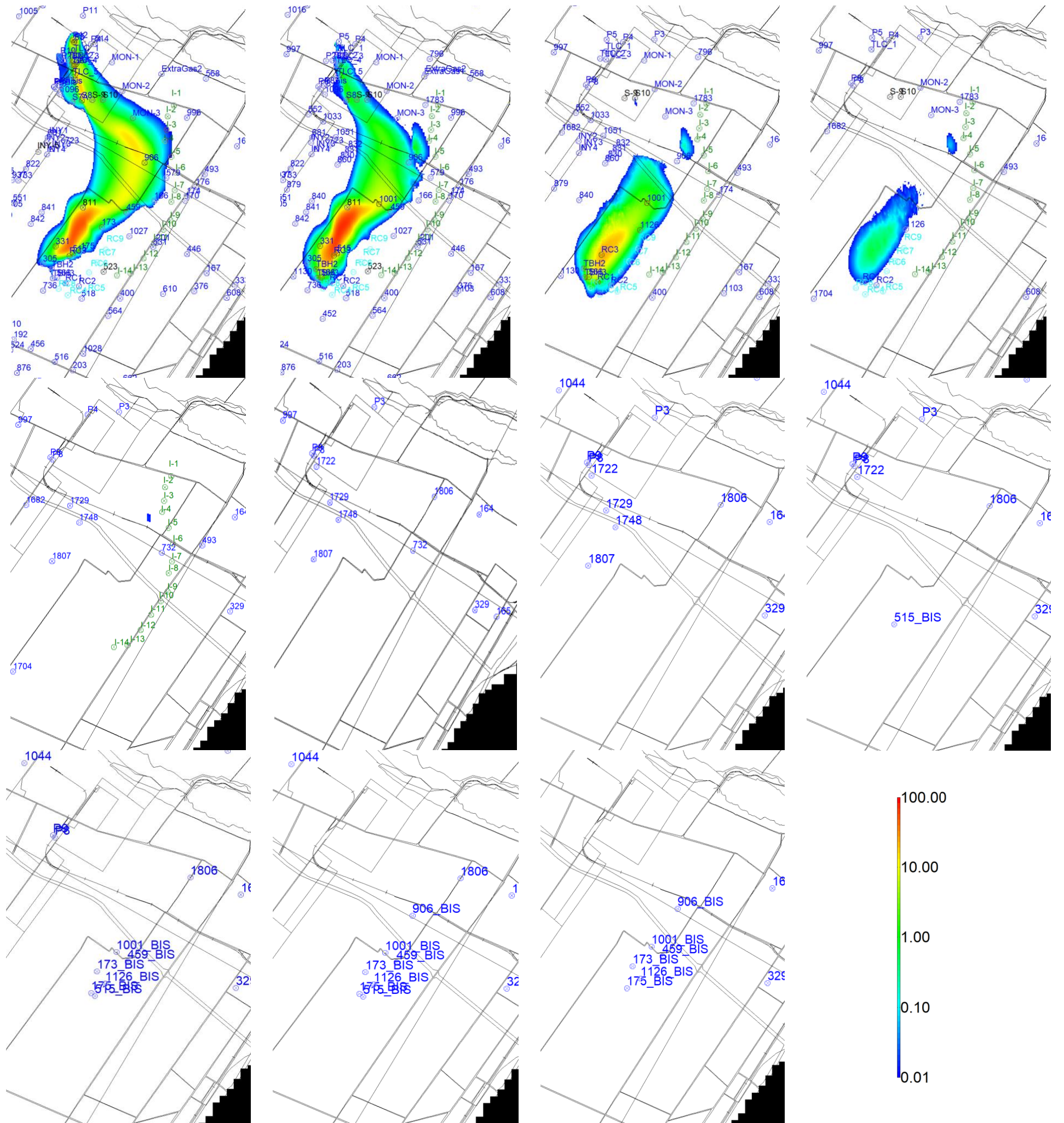












Ilustración 20. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Año diciembre de 2025 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

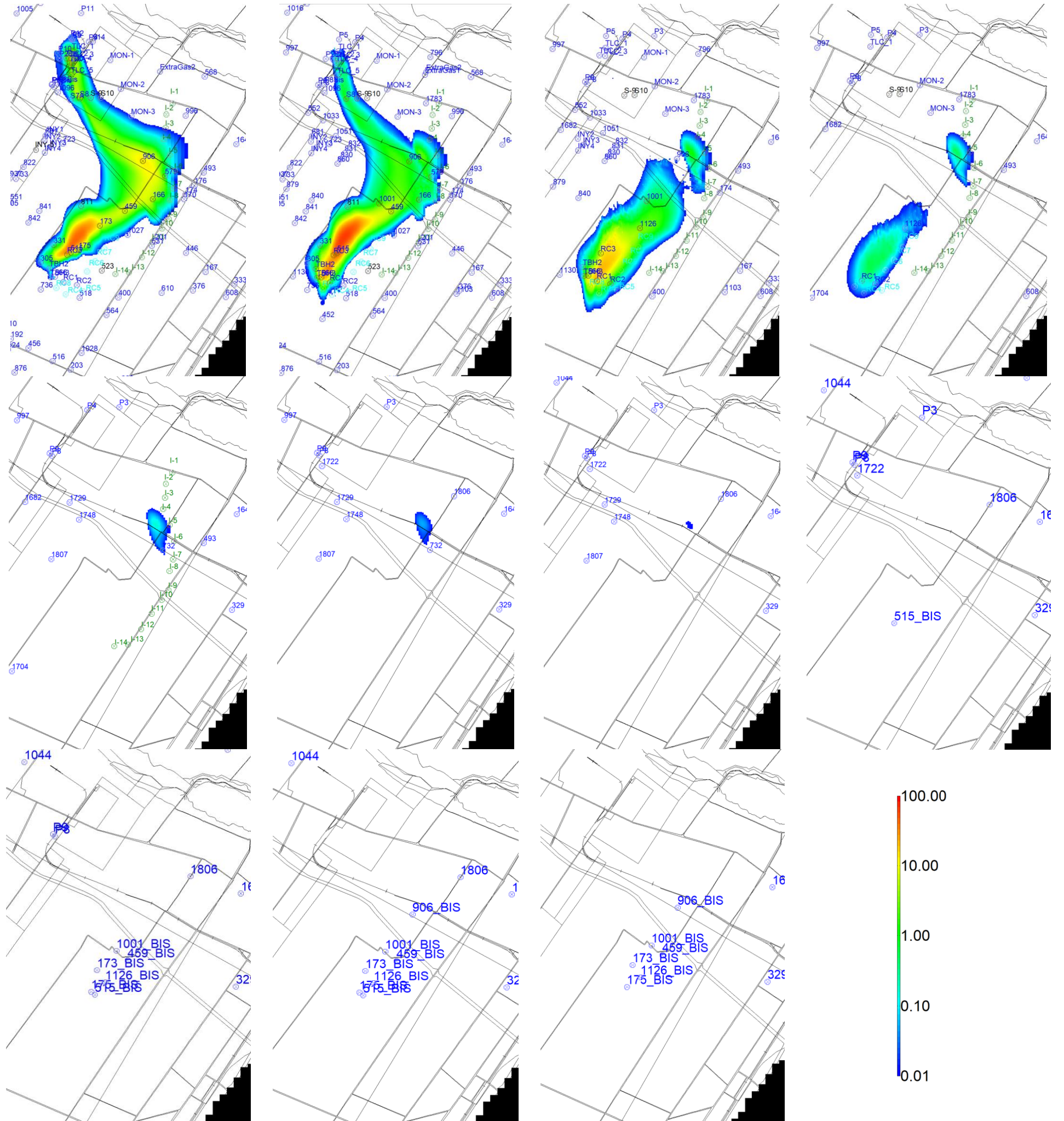








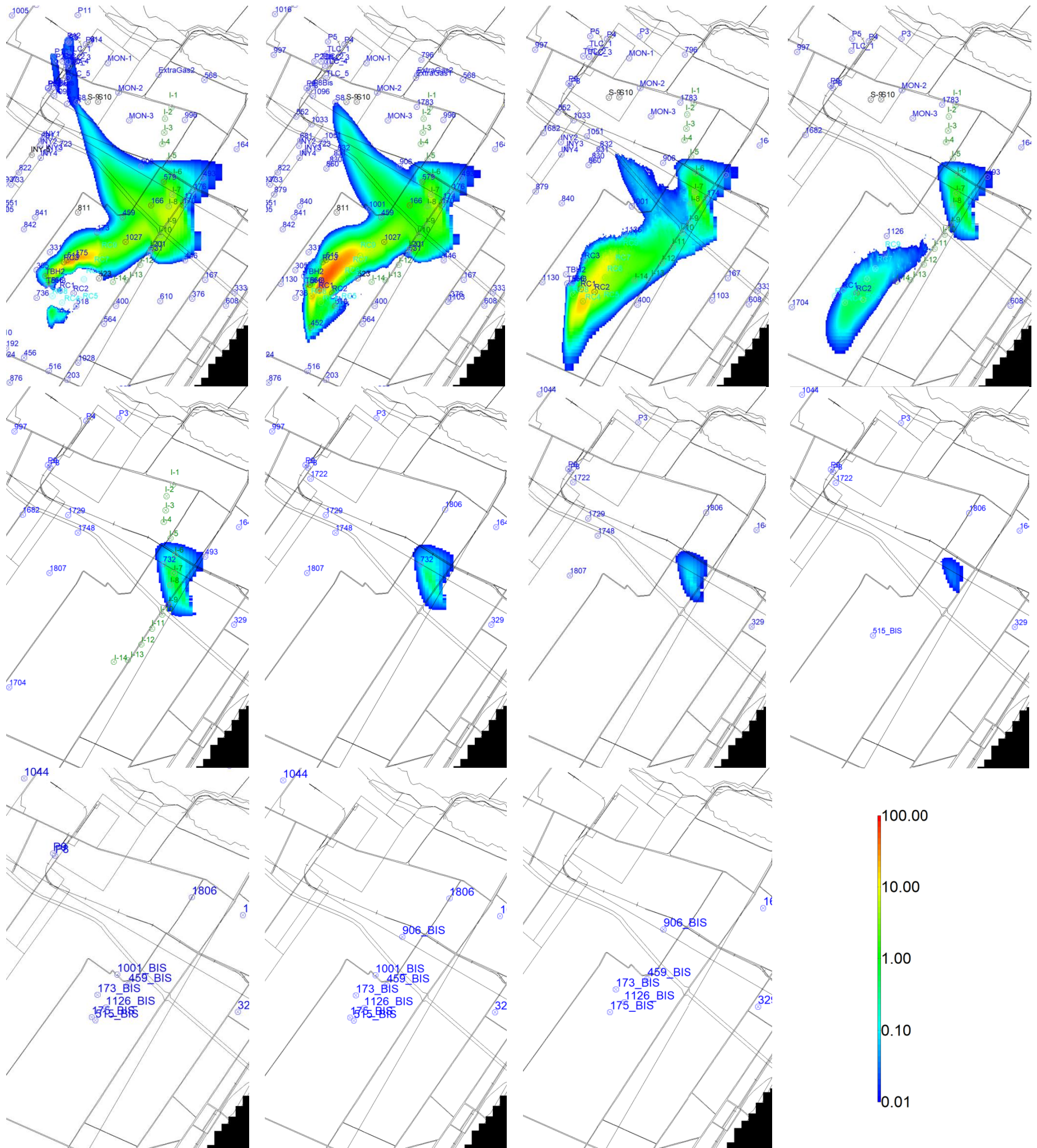








Ilustración 24. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 sin BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Año diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)





**Anexo 4**

**Resultados del modelo numérico con BHE  
para 2022-2032**















Ilustración 4. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Año diciembre de 2025 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

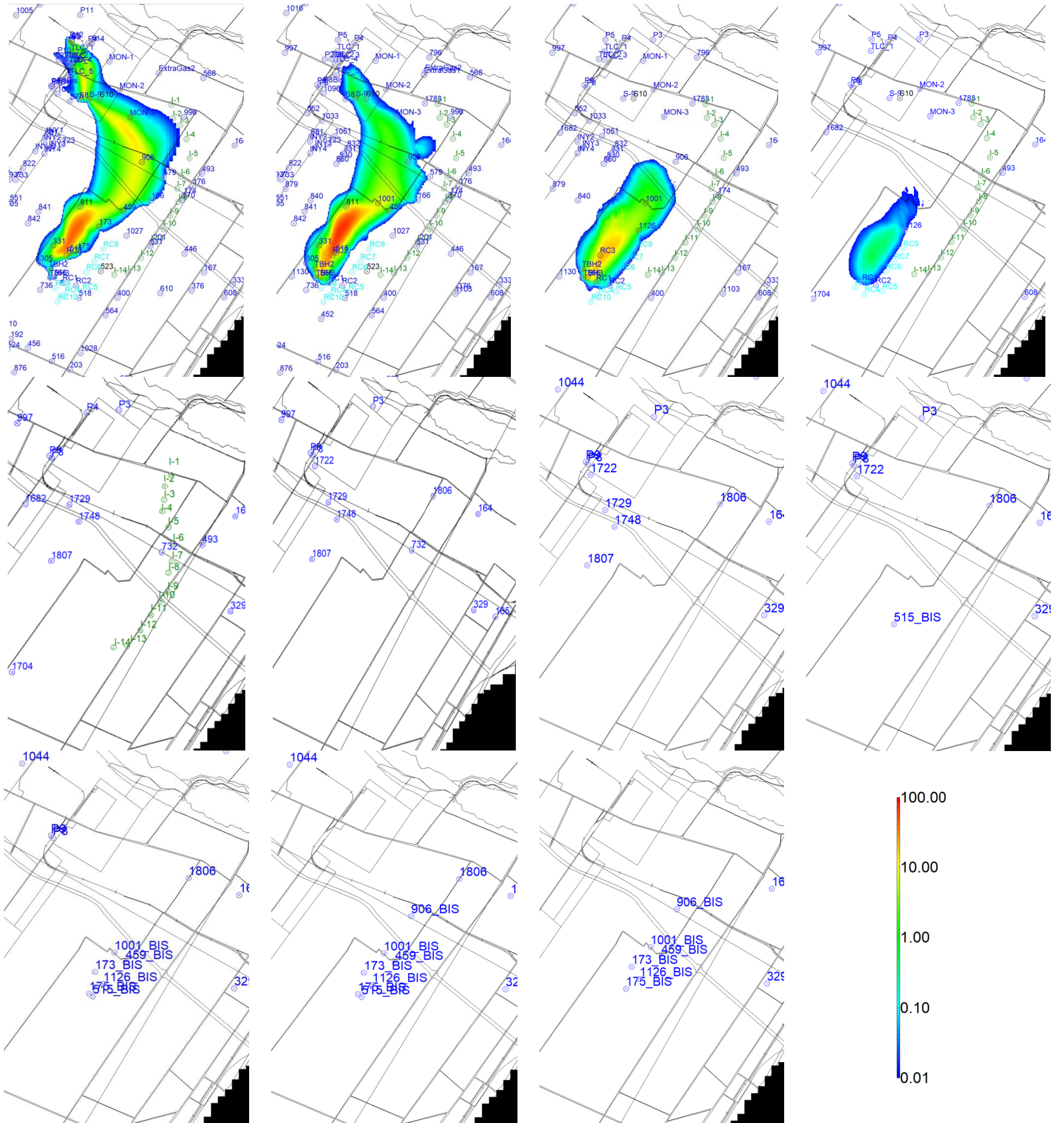




Ilustración 5. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Año diciembre de 2026 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

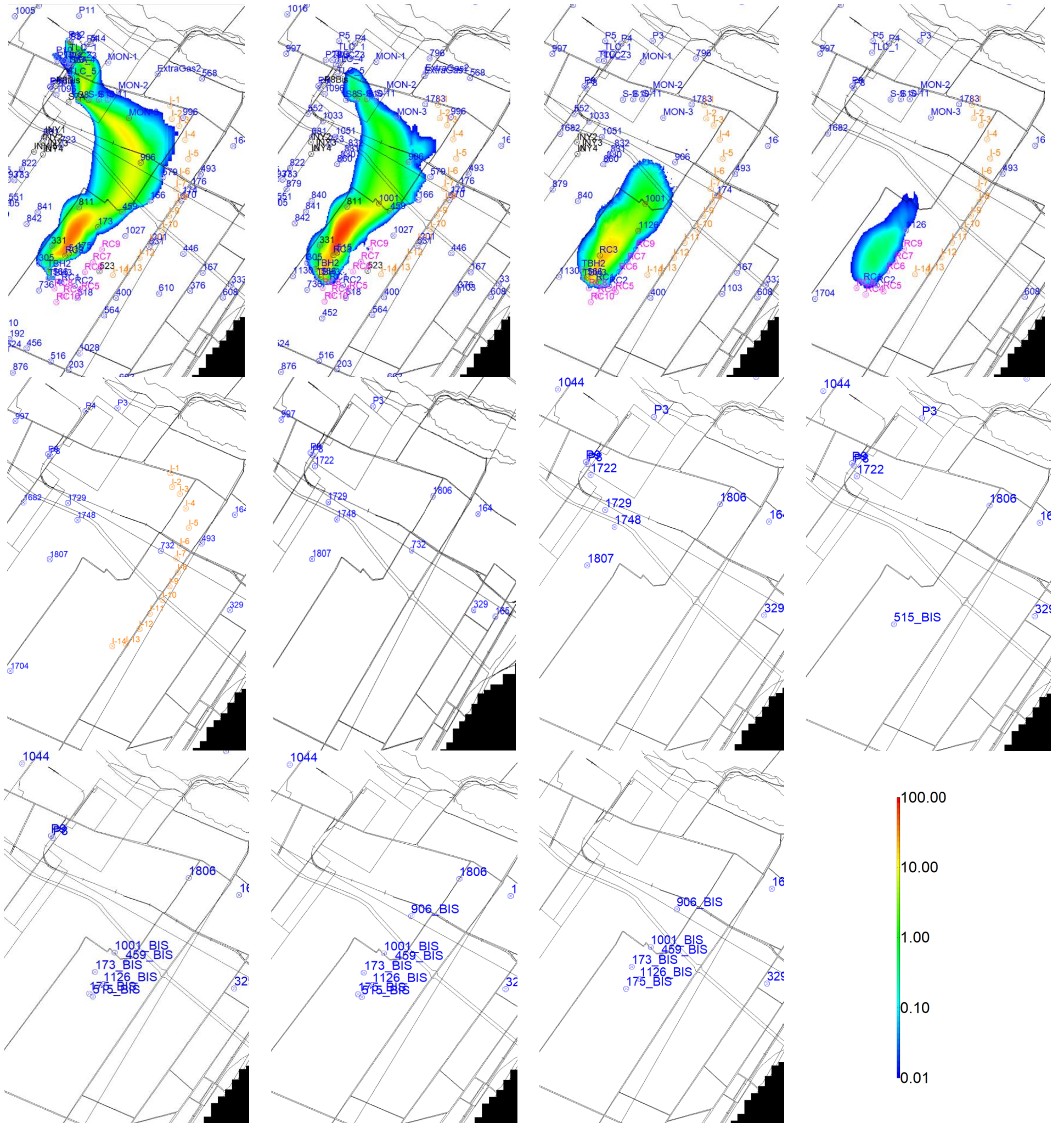
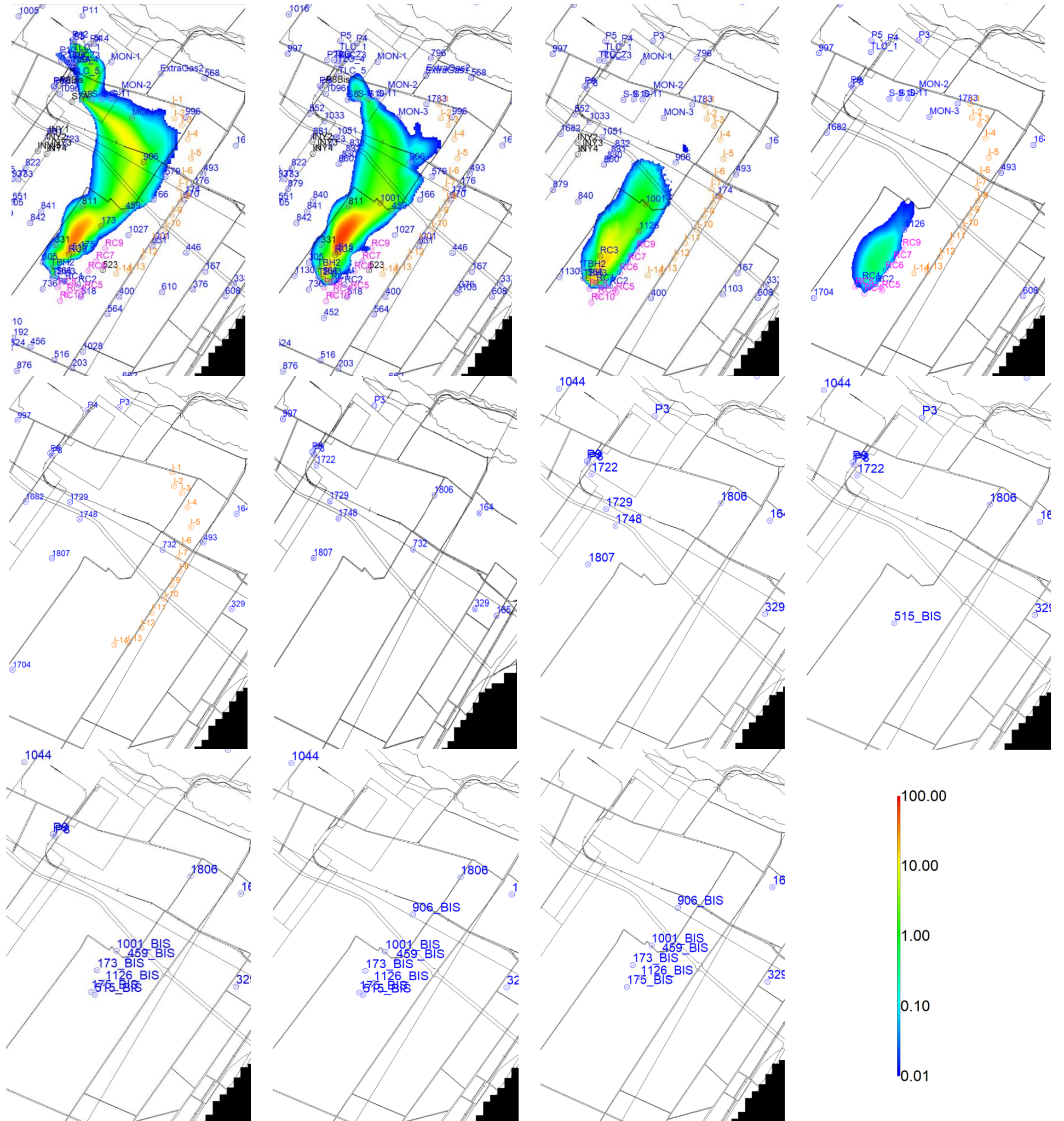




Ilustración 6. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 1: "Sequía extrema". Año diciembre de 2028 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)













**A.2 Escenario 2. Sequía severa**

Ilustración 9. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Año diciembre de 2022 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

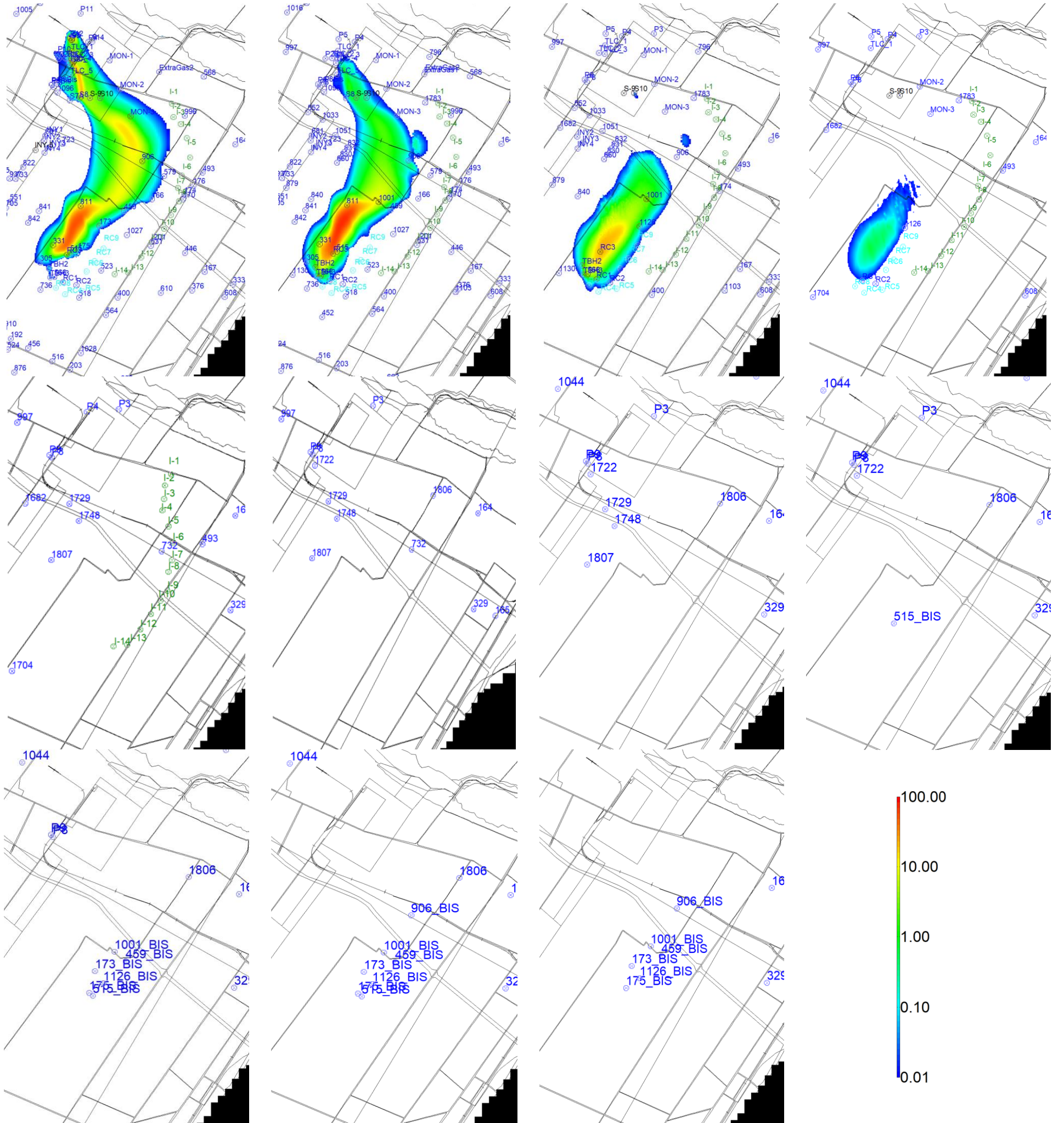








Ilustración 11. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Año diciembre de 2024 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

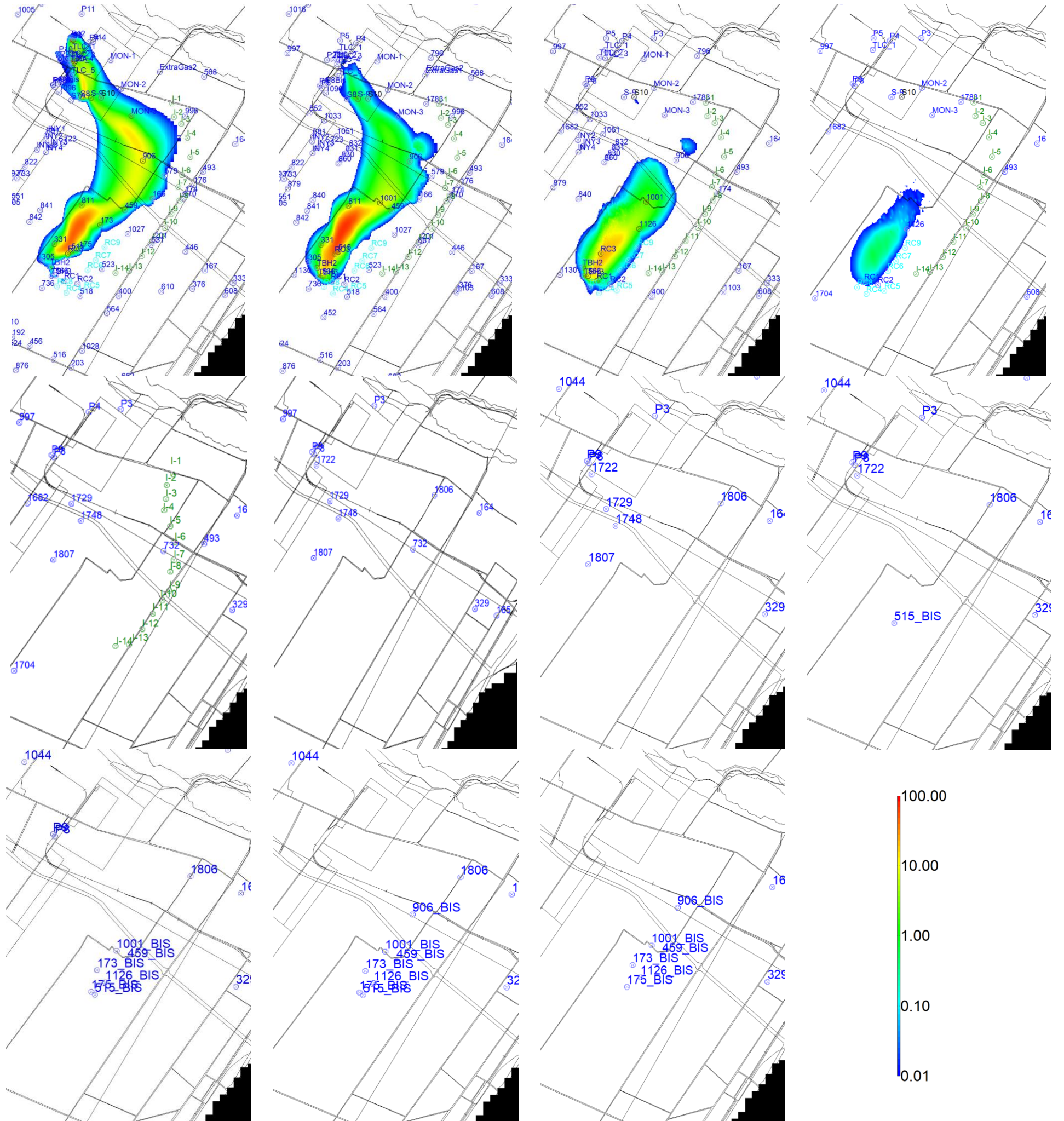




Ilustración 12. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Año diciembre de 2025 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

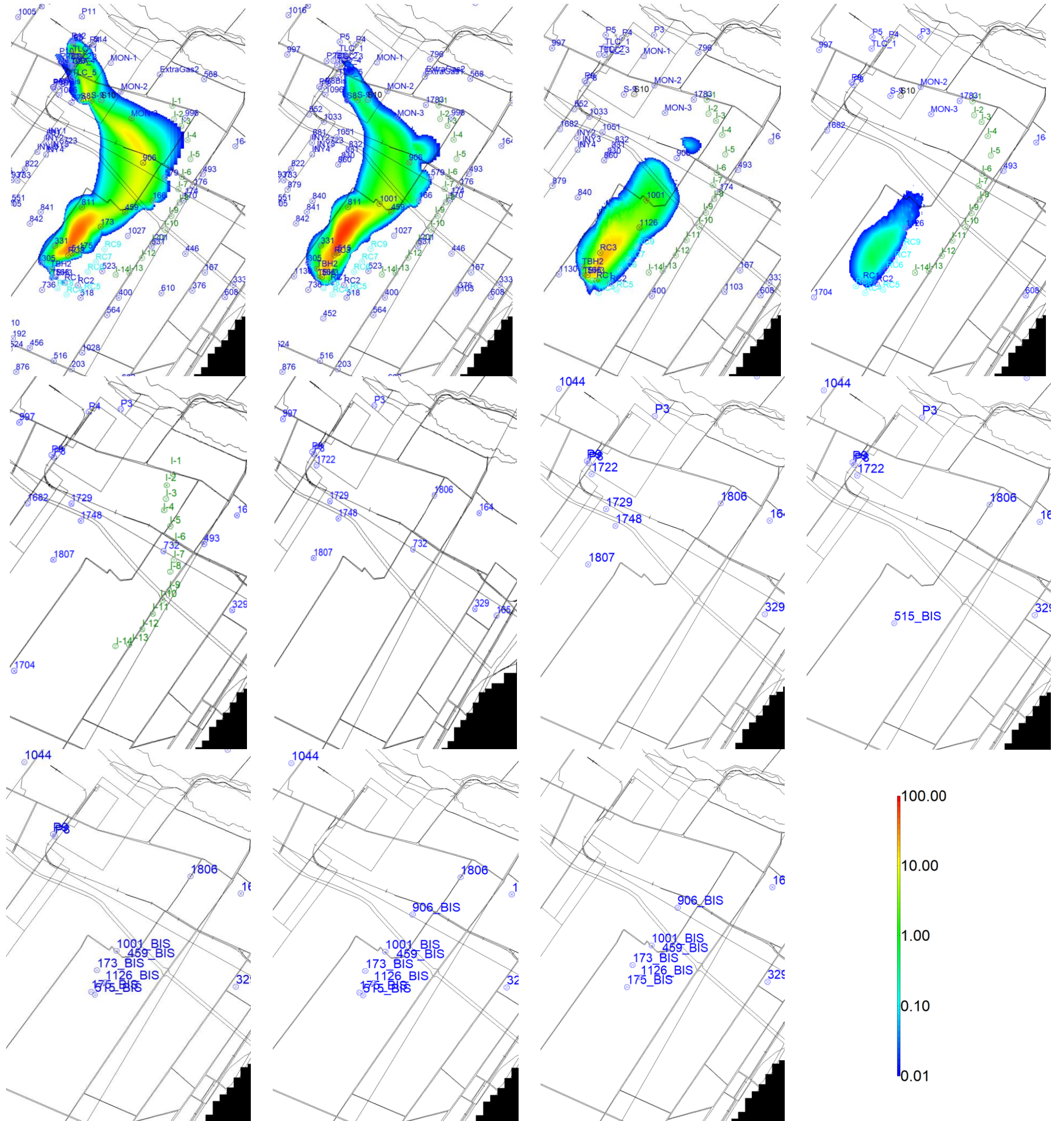








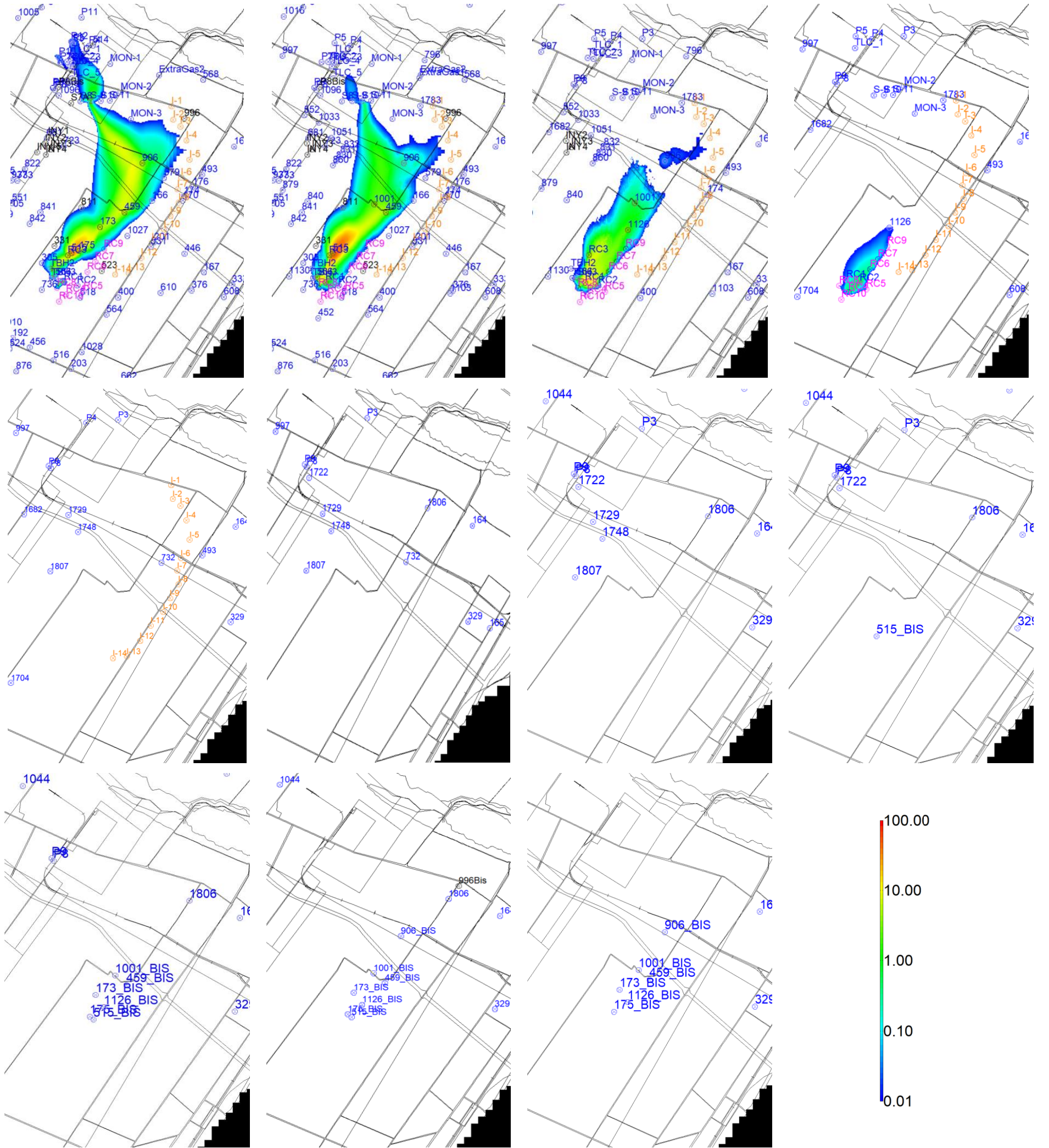








Ilustración 16. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 2: "Sequía severa". Año diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)





**A.3 Escenario 3. Año húmedo**

Ilustración 17. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Año diciembre de 2022 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

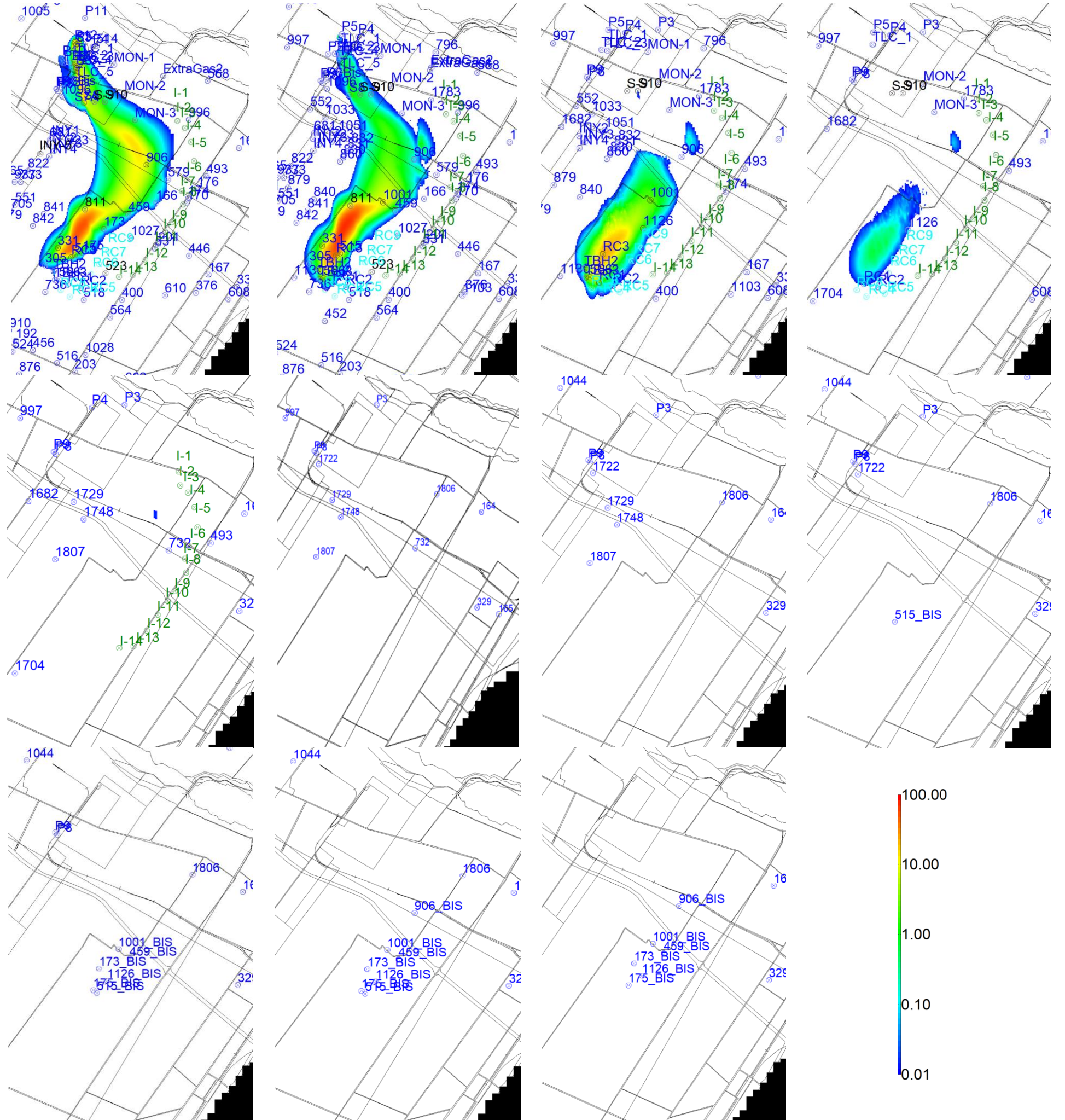
















Ilustración 21. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Año diciembre de 2026 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

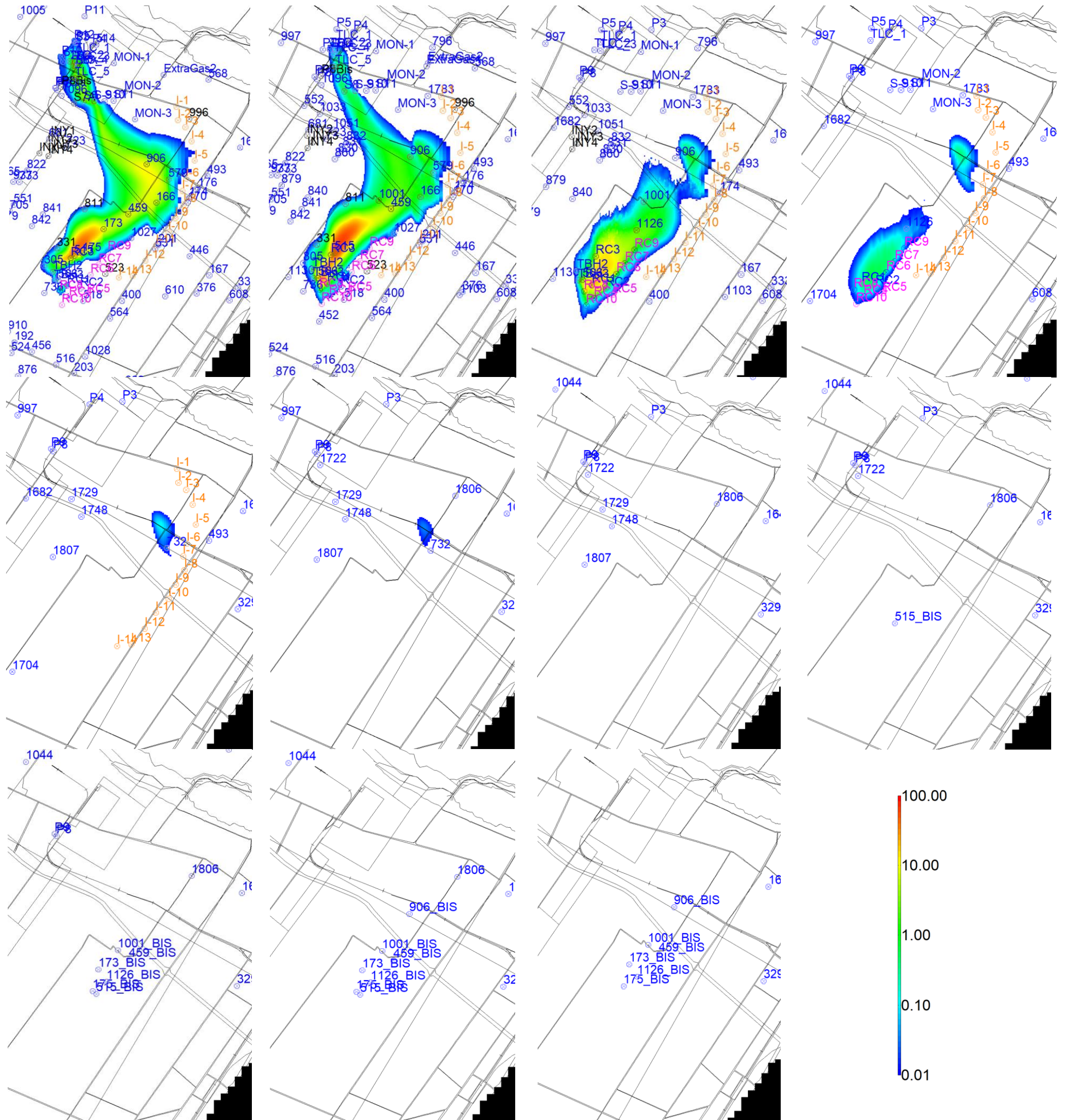








Ilustración 23. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Año diciembre de 2030 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)

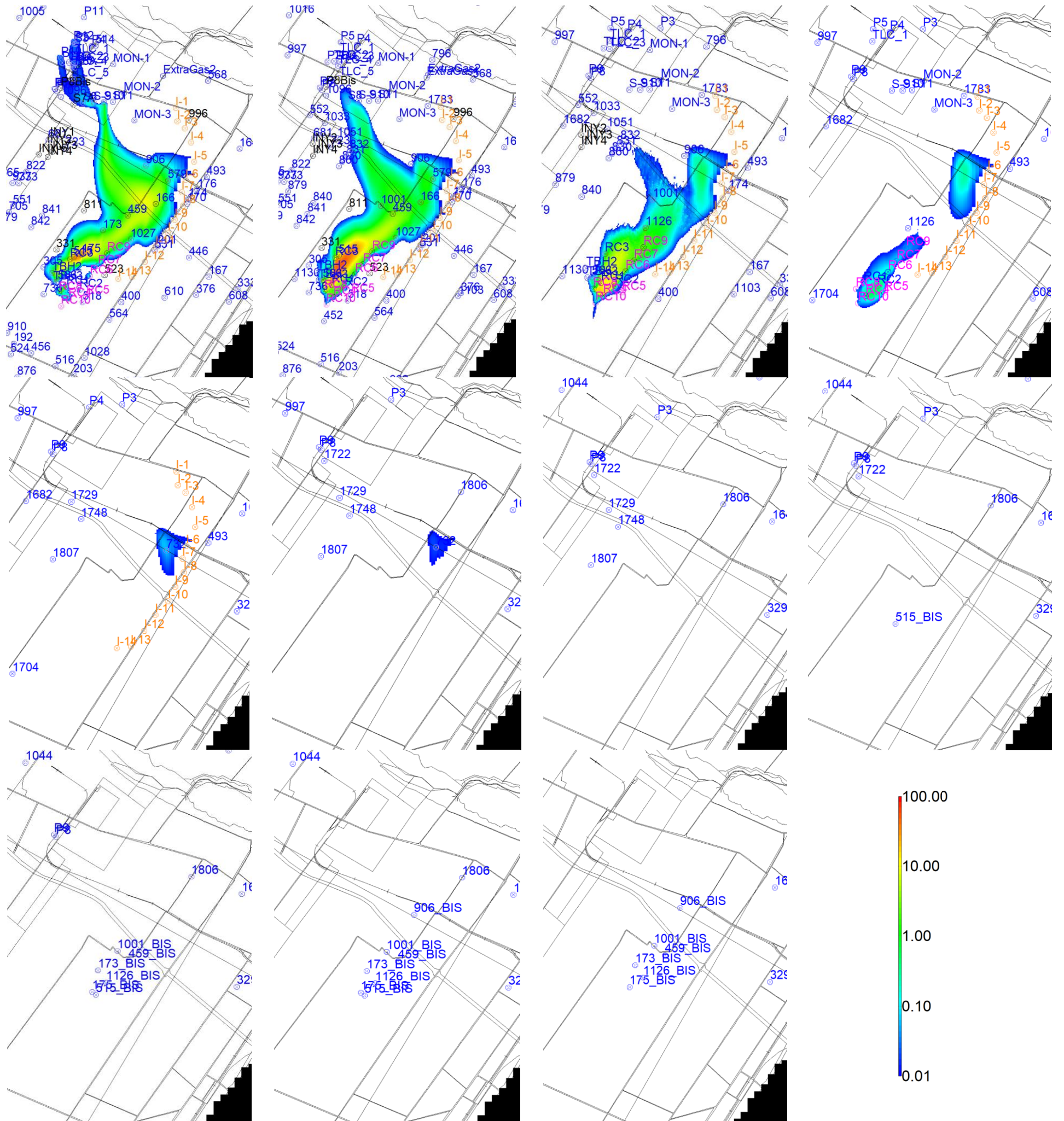
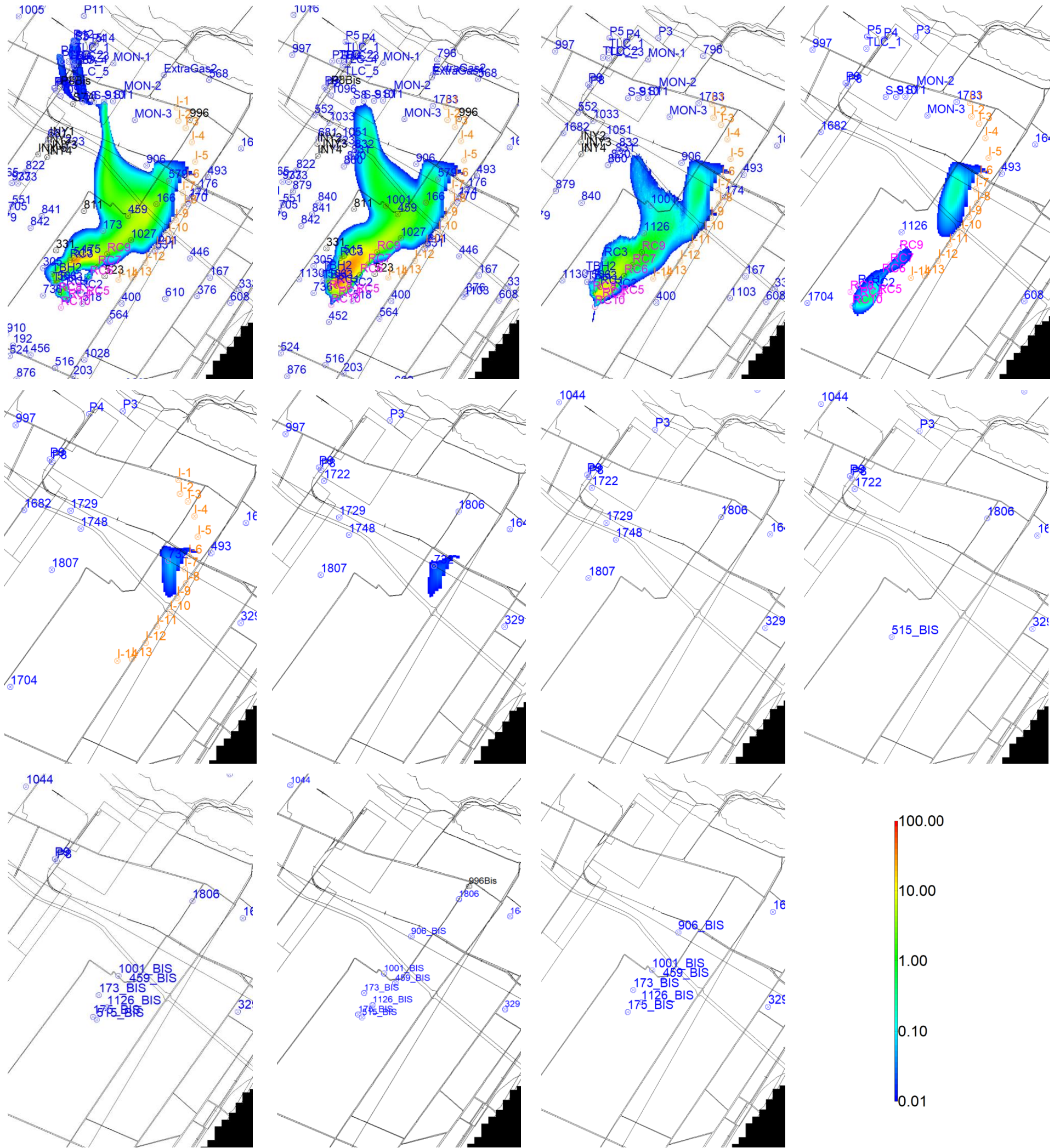




Ilustración 24. Simulación a futuro del modelo de transporte S95 con BHE. Escenario 3: "Año húmedo". Año diciembre de 2032 (capas 2 a 12 de izquierda a derecha y de arriba abajo)





## ANEXO II



## Plan ampliado de remediación

Referencia: Expediente DGI 259.142: Resolución n° 963/21 (artículos 2 y 3), YPF nota DCILC 534/21 de fecha 12/10/21, Resolución n° 573/22, YPF nota DCILC 621/22 de fecha 16/06/22 y cédula de notificación DGI comunicada el 4/8/22.

### **1. Finalidad y objetivos**

La finalidad del presente acuerdo entre el DGI e YPF es garantizar la seguridad hídrica de los pobladores y usuarios del agua subterráneo en el área de influencia del Complejo Industrial Lujan de Cuyo (en adelante CILC)

Como objetivos principales de acuerdo a las responsabilidades de las partes:

- Implementar un Plan Ampliado de Remediación del acuífero del área a partir del mejoramiento sustancial del proceso actualmente en ejecución y que permita evitar eventuales nuevas afectaciones de usuarios en el área y acelerar significativamente los tiempos de remediación.
- Asegurar mecanismos de control y seguimiento que permitan garantizar el correcto desarrollo del plan y cumplimiento de los objetivos de remediación y de abastecimiento hídrico de los usuarios.
- Asegurar por parte de YPF la dotación de agua a los superficiarios afectados

### **2. Antecedentes**

La situación del acuífero en inmediaciones del CILC fue abordada hace años atrás a través de un modelo de trabajo sustentado en una metodología de alta rigurosidad técnica, basada, entre otras en las siguientes etapas:

1. Caracterización del sitio,
2. Monitoreos de pozos ininterrumpidos desde el año 2012, tanto de pozos dentro del CILC como de superficiarios en la inmediación.
3. Modelación numérica de las plumas de afectación,
4. Análisis cuantitativo de riesgos (ACR)
5. Diseño de las acciones de remediación utilizando como herramienta los modelos numéricos y los objetivos de remediación establecidos en el ACR.



6. Designación al Instituto Nacional del Agua (INA) como Organismo Auditor de lo realizado por la empresa YPF SA y su contratista especializada.
7. Implementación de medidas de mitigación y prevención mediante la resolución 293/11 de Superintendencia.

El sistema actual de remediación está integrado por 11 pozos de extracción y 4 pozos de inyección, distribuidos entre 2 barreras hidráulicas y 1 planta de tratamiento, según el siguiente detalle:

- Primera Barrera Hidráulica (PBH), integrada por 3 pozos de extracción (P8 Bis, S7A y S8).
- Tercera Barrera Hidráulica (TBH), integrada por 5 pozos de extracción (RC3, TBH2, RC1, TBH3, RC2) y 4 de inyección (INY1, INY2, INY3 y INY4).
- Planta WTS o Famben Sur compuesta de 4 módulos, con una capacidad máxima de tratamiento de 800 m<sup>3</sup>/h.

A partir de la implementación de las medidas de mitigación se lograron resultados significativos que permitieron una retracción sostenida de la pluma de hidrocarburos livianos de BTEX<sup>1</sup> desde 2012 a la fecha y por el otro, la contención de la pluma de MTBE<sup>2</sup> en la tercera barrera hidráulica, sin migración hacia el sur - sureste. En la actualidad YPF se encuentra trabajando en la segunda re calibración de los modelos de transporte de MTBE presentados ante el DGI el 30/12/2015, debido a la necesidad de ajustes a partir de la detección de MTBE en el pozo 6/906 (Marconi) y otros pozos ubicados al Este de la pluma de MTBE. Una vez finalizada esta segunda re calibración del modelo matemático, se podrán simular proyecciones del movimiento de la pluma de MTBE con mayor precisión y, en consecuencia, ajustar y/o ampliar el actual proceso de remediación desde el punto de vista técnico-ambiental.

La re calibración del modelo matemático de la pluma de MTBE estará concluida para el tercer trimestre del 2022. Sin embargo bajo el esquema actual persisten algunos aspectos que requieren de intervenciones complementarias a las diseñadas que permitan dar certidumbre a los usuarios del área de influencia del CILC y fundamentalmente acelerar los tiempos de remediación.

En base a esto se ha propuesto realizar lo que se denomina el PLAN AMPLIADO de remediación, cuyos componentes principales se presentan a continuación

### 3. PROYECTO AMPLIACIÓN PLAN DE REMEDIACIÓN.

---

<sup>1</sup> Hidrocarburos livianos, Benceno, Tolueno, Etilbenceno Xileno

<sup>2</sup> El éter metil-terbutílico (MTBE) es un aditivo mejorador octánico de las naftas.



### 3.1. AMPLIACIÓN PLAN DE REMEDIACIÓN


Con la implementación del PLAN AMPLIADO se buscará lograr el cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

1. Contener el avance de la pluma de MTBE hacia el Este.
2. Acelerar el proceso de remediación, aumentando la masa de MTBE extraída y tratada, previa inyección al acuífero.
3. Mantener el balance hídrico de la cuenca.



El mismo contempla las siguientes obras principales:

- Construcción Barrera Hidráulica Este (BHE): 14 nuevos pozos inyectores, 7 nuevos pozos de extracción, conversión de 1 pozo agrícola en extractor (06/523).
- Ampliación de la Primera Barrera Hidráulica (PBH) en 1 pozo extractor (S9), quedando conformada por un total de 4 pozos de extracción.
- Cambios en Tercera Barrera Hidráulica (TBH): perforación de un nuevo pozo INY5 y posterior transformación de los 5 pozos inyectores en pozos productores de agua sin afectación.

  
Ing. Agr. SERGIO L. MARINELLI  
SUPERINTENDENTE GENERAL  
DE IRRIGACIÓN

- Ampliación de la Planta Fambén Sur en 4 módulos adicionales, para alcanzar un total de 8 módulos, aumentando su capacidad de tratamiento en 1400 m<sup>3</sup>/h, llegando a una capacidad máxima de tratamiento de 2200 m<sup>3</sup>/h.

Dicho plan de ampliación se estima será ajustado, construido y puesto en operación completa en 4 años, el cual implica:

- El incremento del 110% en pozos de extracción, que pasarán de 11 a 23 pozos.
- El incremento del 250% de los pozos de inyección, que pasarán de 4 a 14 pozos.
- El incremento del 175% de la capacidad de tratamiento de la planta Fambén Sur, que pasará de 800 m<sup>3</sup>/h a 2.200 m<sup>3</sup>/h.

El cronograma de ejecución del PLAN AMPLIADO contara con los siguientes bloques de trabajo:

**A. Construcción y puesta en operación de la Barrera hidráulica Este superior (BHE superior) y adaptaciones de la primera y tercera barreras hidráulicas existentes (PBH y TBH).**

Se prevé construir una barrera hidráulica de pozos de inyección en la zona Este superior (BHE superior), la cual se identifica como Zona A, y la adaptación de las barreras hidráulicas existentes (PBH y TBH).

Las labores asociadas a estas obras son las siguientes:

- Tendido de aproximadamente 18 km de acueductos, en particular los acueductos troncales paralelos a la Ruta Nacional N° 7.
- Perforación de 6 pozos inyectores.
- Conversión de 5 pozos inyectores en extractores.
- Tendido de aproximadamente 1,5 km de línea de media tensión.

La duración de obras del BLOQUE A hasta la puesta en servicio de las instalaciones es de 27 meses, por lo que se estima finalizar en junio del 2025, considerando que YPF disponga de las autorizaciones de obra correspondientes en mayo de 2023.

**B. Construcción y puesta en operación de la Barrera hidráulica Este inferior (BHE inferior) y ampliación de la Planta Famben Sur.**



Las labores asociadas a estas obras son las siguientes:

- Tendido de aproximadamente 6 km de acueductos.
- Ampliación de la capacidad de tratamiento de la PLANTA de 800 m<sup>3</sup>/h a 2.200 m<sup>3</sup>/h.
- Perforación de 15 pozos: 8 pozos de inyección en la Zona B y 7 pozos de extracción en la Zona C, según la imagen adjunta al PLAN AMPLIADO.
- Tendido de aproximadamente 7 km de línea de media tensión.

La duración de obras del BLOQUE B hasta la puesta en servicio de las instalaciones es de 40 meses, por lo que se estima finalizar en diciembre del 2026, considerando que YPF disponga de las autorizaciones de obra correspondientes en mayo de 2023.

Distribución temporal de las actividades propuestas:

DURACION	ACTIVIDAD PRINCIPAL	ACTIVIDADES ASOCIADAS	AUTORIZACIONES
<b>BLOQUE A</b>			
1° Año	Ingenierías básicas de las obras	Compra de materiales asociadas a las obras y contratación de servicios.	Ante organismos públicos y superficiarios.
2° y 3° Año	Ingenierías de detalle de las obras	Inicio de obras eléctricas y construcción de acueductos por ruta nacional N°7 y colectores al Norte.  Perforación de los primeros pozos inyectoros.  Obras de ampliación de la PBH en 1 pozo extractor (S9) y puesta en operación.	Ante organismos públicos y superficiarios
4° Año	Cambios de la TBH.  Puesta en servicio de la BHE Superior	Acondicionamiento y conversión de pozos inyectoros existentes en extractores	Ante organismos públicos y superficiarios.
<b>BLOQUE B</b>			



Ing. Agr. **SERGIO L. MARINELLI**  
SUPERINTELENDE GENERAL  
DE IRRIGACION

DURACION	ACTIVIDAD PRINCIPAL	ACTIVIDADES ASOCIADAS	AUTORIZACIONES
1° Año	Ingenierías básicas de las obras	Compra de materiales y equipos y contratación de servicios	Ante organismos públicos y superficiarios
2° y 3° Año	Ingenierías de detalle de las obras	Inicio de obras eléctricas, de acueductos colectores al sur de Ruta Nacional N° 7. Compra de equipos para ampliación de la PLANTA. Perforación de pozos inyectores y productores. Inicio de obra de ampliación de la PLANTA.	Ante organismos públicos y superficiarios
4° Año	Obras finales de acueductos y ampliación	Continuación de obra ampliación de la PLANTA. Finalización de obras de acueductos colectores. Terminación de la BHE inferior.	Ante organismos públicos y superficiarios
5° Año	Finalización de obras	Obras ampliación planta. Puesta en servicio de la BHE inferior	-

Se prevé la construcción en simultáneo de la Barrera hidráulica Este inferior (BHE inferior) y la ampliación de la Planta de tratamiento Famben sur.

La duración de estas obras hasta la puesta en servicio de las instalaciones es de 40 meses, por lo que se estima finalizar en diciembre del 2026, considerando que YPF disponga de las autorizaciones de obra correspondientes en mayo de 2023.

Lo anterior estará supeditado a la presentación formal del nuevo plan de remediación ante el DGI, la aprobación de dicho plan por parte del DGI y a la implementación según propuesta por parte de YPF.

#### 4. Responsabilidades

Ing. Agr. **BERGIO L. MARINELLI**  
SUPERINTENDENTE GENERAL  
DE REMEDIACIÓN



El cronograma de tareas deberá confeccionarse bajo las siguientes premisas:

Por parte de YPF:

- Presentar al DGI el PLAN AMPLIADO DE REMEDIACION
- Desarrollar un programa de trabajo en conjunto con el DGI, para analizar alternativas de ajuste al modelo matemático existente, con el objeto de evaluar adecuadamente la efectividad de las obras proyectadas.
- Destinar presupuesto a las obras y trabajos comprometidos.
- Desarrollar toda la Ingeniería de detalle
- Realizar la compra de todos los materiales, equipos e instrumentos necesarios.
- Ejecutar todas las obras de tendidos de líneas de conducción de agua a tratar, desde los pozos hasta la unidad de tratamiento de agua (en adelante WTS) y las líneas de conducción de agua tratada desde el WTS hasta los superficiarios regantes y el/los pozo/s inyector/es.
- Presentar los pedidos de autorización de los pozos ante el DGI.
- Ejecutar las tareas de perforación de los pozos, la instalación de bombas y la terminación de los mismos, así como la interconexión con las líneas de transporte de agua a tratar.
- Ejecutar las tareas necesarias para incrementar la capacidad del WTS para que sea capaz de tratar toda el agua necesaria a los efectos de la efectividad de la tercera barrera.
- Ejecutar y presentar ante la DPA los documentos de "Aviso de Proyecto" para el tendido de las líneas de transporte de agua a tratar y agua tratada y para la ampliación de capacidad del WTS.
- Gestionar ante EDEMSA los permisos y la ejecución de obras necesarias para el suministro Energía Eléctrica a los pozos de extracción.
- Desarrollar y negociar los Acuerdos específicos con cada superficiario a los efectos de obtener permisos para la ejecución de pozos, alimentación de EE para los mismos y tendido de líneas de agua para su interconexión con el WTS.
- Gestionar ante la DPV / DNV / Municipio, los permisos para el tendido de líneas de conducción de agua a tratar y agua tratada, toda vez que éstas líneas deban cruzar una vía pública.



Ing. Agr. SERGIO L. MARINELLI  
SUPERINTENDENTE GENERAL  
DE IRRIGACION

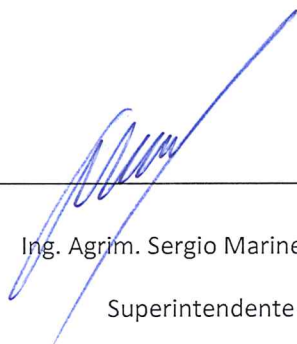
- Gestionar ante FFCC y/o sus Concesionarios, los permisos para el tendido de líneas de conducción de agua a tratar y agua tratada, toda vez que estas líneas deban cruzar una vía de ferrocarril.
- Continuar con la investigación del acuífero a través de los nuevos datos que aporten los nuevos pozos y el monitoreo de los mismos.
- Desarrollar cualquier ajuste que sea necesario a los efectos de optimizar la efectividad los pozos de extracción y el de inyección en cuanto a su objetivo de remediación del acuífero. Presentar al DGI tales ajustes para su evaluación y aprobación.
- YPF deberá mantener actualizado el plan de monitoreo establecido en la Resolución n° 596/17 y sus modificatorias resoluciones n° 277/20 y 1282/21 para el área de influencia del proyecto de remediación, el cual deberá ser revisado semestralmente en conjunto con el DGI. Dicho monitoreo deberá evidenciar la efectividad del plan o bien detectar de forma temprana cualquier afectación y/o cambio no previsto. Estará a cargo de YPF la asignación de los recursos y deberá ser realizado por un laboratorio certificado; tanto el muestreo de los pozos incluidos en el plan como su posterior análisis en laboratorio.

Por parte del DGI:

- Evaluar el Plan Ampliado propuesto e indicar todos los ajustes necesarios para garantizar un adecuado diseño e implementación.
- Desarrollar el programa de trabajo en conjunto con YPF.
- Definir la metodología para que YPF pueda solicitar los permisos de perforación.
- Realizar las inspecciones necesarias para verificar el cumplimiento del cronograma.
- Autorizar las perforaciones de los pozos de extracción de la tercera barrera, pozos de inyección y monitoreo.
- Revisar y expedirse sobre cualquier propuesta de ajuste que YPF presente a los efectos de optimizar la efectividad en cuanto a su objetivo de remediación del acuífero.
- Colaborar con YPF para la obtención de permisos necesarios por parte de DPA, DPV, DNV, Municipio, EDEMSA, etc.
- Colaborar con YPF para lograr los Acuerdos necesarios con los superficiarios.
- Contratar asesoramiento técnico que considere pertinente
- Auditar y asegurar el cumplimiento del plan de monitoreo.



En Mendoza, se firman dos ejemplares de un mismo tenor, a los 7 días del mes de septiembre de 2022.



---

Ing. Agrim. Sergio Marinelli

Superintendente

**Departamento General de Irrigación**



---

Ing. Miguel Angel Assad

Gerente

**Complejo Industrial Luján de Cuyo - YPF S.A.**



ACTUACION NOTARIA  
LEY 404



VIRGINIA GATTI  
ESCRIBANA  
Mat. 4930

N 025547324



D.R.P Mza.

MANDATOS AB7810771



99571

26/03/2021

08:28

287. PRIMERA COPIA. PODER GENERAL: "YPF SOCIEDAD ANONIMA" a favor de Miguel

2 Ángel ASSAD.- ESCRITURA NUMERO: CIENTO VEINTISÉIS.- En la Ciudad de Buenos Aires, Capi-  
3 tal de la República Argentina, a los once días del mes marzo del año dos mil veintiuno, ante mi Escri-  
4 bana autorizante, COMPARECE: Germán Vito FERNÁNDEZ LAHORE, argentino, nacido el 19 de  
5 septiembre de 1968, DNI 20.231.807, CUIL 20-20231807-0, casado, abogado, domiciliado en Maca-  
6 cha Güemes 515 de esta Ciudad, de mi conocimiento, doy fe, declarando bajo juramento ser plena-  
7 mente capaz, no tener la capacidad restringida en los términos de los artículos 44 y 45 del Código Ci-  
8 vil y Comercial, quien concurre como Apoderado de "YPF SOCIEDAD ANÓNIMA", con domicilio en  
9 Macacha Güemes 515 de esta Ciudad, inscrita en I.G.J. el 5 de febrero de 1991, número 404, libro  
108, Tomo de Sociedades Anónimas, según Acta de Directorio del 8 de junio de 2017, que en su ori-  
11 ginal tuve a la vista y que transcripta en lo pertinente dice así ... Punto 10: "Otorgamiento de poder

12 general amplio al VP Corporativo de Servicios Jurídicos" ... PODER GENERAL AMPLIO CON

13 FACULTADES DE ADMINISTRACIÓN, DISPOSICIÓN, BANCARIO y JUDICIAL, a favor del Doctor

14 Germán Vito FERNANDEZ LAHORE, titular del Documento Nacional de Identidad Número 20.231.

15 807 ...". ES COPIA FIEL, mandato otorgado mediante escritura pública número 286 del 5 de julio de

16 2017, ante el escribano Carlos Emilio Del Río, al folio 615 del Registro 746 a su cargo, que en original

17 tengo a la vista y en copia obra agregado al folio 1180 del protocolo 2017 el que contiene facultades

18 suficientes para este acto, doy fe. Y el compareciente, en el carácter invocado, manifestando que el

19 mismo se encuentra vigente, EXPONE: Que confiere PODER GENERAL a favor de a Miguel Ángel

20 ASSAD, titular del DNI 16.596.685, para que en nombre y representación de YPF S.A. pueda: (1)

21 Trámites administrativos. Representar a la poderdante ante cualquiera y todas las sociedades públi-

22 cas y/o privadas o mixtas, fundaciones y asociaciones, con sus nombres actuales o los que puedan

23 resultar de sus respectivos cambios. (1.2) Ante las autoridades administrativas, sean ellas nacionales,

24 provinciales o municipales o mixtas y demás autoridades, incluso Banco Central, Banco de la Nación

25 Argentina, Banco de la Provincia de Buenos Aires, Banco Ciudad de Buenos Aires y/o cualquier otro

12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
Dirección de Reg. y Mandatos  
11/03/2021





N 025547324

banco del país o del extranjero; Presidencia de la Nación, ministerios, secretarías, subsecretarías, departamentos, direcciones y juntas, empresas de correos y telecomunicaciones, Agua y Saneamientos Argentinos S.A. y cualquiera otra empresa de aguas, Empresas de electricidad ya sean productoras o distribuidoras, Empresas de gas ya sean productoras o distribuidoras, Dirección General de Aduanas, Unidad de Información Financiera (UIF), Administración Federal de Ingresos Públicos, Dirección General Impositiva y sus delegaciones regionales, ARBA, AGIP, Receptorías, Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, Dirección Nacional de Migraciones, Cámaras Paritarias, Inspección General de Justicia, Registros Públicos de Comercio, Registros de la Propiedad Inmueble, Registros Automotores, Registros de mandatos, Dirección Nacional de Registros del Automotor y Créditos Prendarios, Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Presidencia de la Nación, Ministerios, Secretarías y Subsecretarías, Gobiernos Provinciales, Municipalidades, Empresas del Estado, Tribunales de Falta y Tribunales Fiscales de la Nación, de las Provincias y de las Municipalidades, Oficinas de Recaudación de la Nación, de las Provincias y de las municipalidades, Registro Nacional de Precursores Químicos, Administración Nacional de la Seguridad Social, Administración Nacional del Seguro de Salud, Obras Sociales, Líneas Aéreas del Estado Argentino, Aerolíneas Argentinas, Empresas de Ferrocarriles y demás organismos del Estado y cualesquiera otras entidades autárquicas, autónomas, Nacionales, Provinciales y Municipales que existan actualmente o puedan existir en el futuro. Policía Federal, Policía Metropolitana y Policías Provinciales, Gendarmería Nacional, Prefectura Naval Argentina, Policía de Seguridad Aeroportuaria. La nómina precedente no es limitativa sino meramente informativa, designándolo, a tal efecto, su representante legal ante cada una de las reparticiones arriba mencionadas. (1.3) Ante las autoridades de cualquier empresa privada, Obras Sociales, Empresas de Electricidad, ya sean productoras o distribuidoras sea oficial o particular, Empresas de Gas ya sean productoras o distribuidoras sea oficial o particular, líneas aéreas particulares, Empresas de Ferrocarriles, Empresas de Transporte de todo tipo, ya sea terrestre, marítimo o aéreo, Consorcios de Copropietarios, Administraciones y Compañías de Seguros y también ante todas las oficinas, particulares y

26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50





1 administrativas. La nómina precedente no es limitativa sino meramente informativa. A tal efecto podrá  
2 tramitar ante todas y cualesquiera de ellas cualquier clase de asuntos, formular peticiones e intimacio-  
3 nes, solicitar inscripciones y bajas, elevar mociones, títulos, declaraciones juradas, suscribir notas,  
4 formularios, cartas documento y telegramas, pruebas y documentos, notificarse de todo tipo de reso-  
5 luciones que recaigan sobre expedientes que se formen, consentirlas o presentar contra ellas los re-  
6 cursos que las leyes permiten, y realizar todos aquellos actos que pudieran requerirse para el cumpli-  
7 miento del presente mandato, pagar impuestos y derechos, efectuar publicaciones, otorgar instrumen-  
8 tos públicos y privados, tramitar solicitudes, contestar vistas, apelar, solicitar datos, informes, planos,  
9 certificaciones, testimonios y copias certificadas de documentos en que la sociedad tenga interés, an-  
10 te cualquier Registro o Archivo Público o privado. Asimismo, podrá comparecer ante escribanos y de-  
11 más funcionarios públicos requiriendo constataciones y peticiones en las que la sociedad mandante  
12 pudiera estar interesada o involucrada y practiquen los demás actos, gestiones y diligencias que re-  
13 quiera el cabal cumplimiento de este mandato. (2) Suscriba acuerdos de confidencialidad con empre-  
14 sas públicas y/o privadas y/o con universidades y/o con organismos de la administración pública, de  
15 tal modo que su representada pueda actuar tanto como parte Reveladora o Receptora de informa-  
16 ción. (3) Hasta un límite máximo por operación de hasta dólares estadounidenses cincuenta y seis mi-  
17 llones (USD 56.000.000) y/o que el plazo de cada operación no supere los ocho (8) años, pueda sus-  
18 cribir, negociar, formalizar, perfeccionar, celebrar y/o rescindir contratos y ofertas contractuales de  
19 venta, consignación, comodatos, de adquisición y cesión de derechos a favor de la sociedad mandan-  
20 te, distribución, concesión y suministro de crudo, gas natural, GNL, energía eléctrica y productos refi-  
21 nados, así como también de combustibles, lubricantes, fertilizantes, agroquímicos y granos recibidos  
22 en canje de combustible, acuerdos de almacenamiento y transporte, de locación de obra, de locación  
23 de servicios, de seguro, de arrendamiento de bienes inmuebles, con facultades para pactar en cada  
24 caso los precios, plazos que no superen los ocho (8) años, formas de pago y todas y cada una de las  
25 condiciones y modalidades que viere convenir a los intereses de la mandante. (4) Hasta un límite má-

JUDICIAL  
... y Archivo Judicial  
... Mandatos  
... Argentina





VIRGINIA  
CF  
Mat

N 025547325

ximo por operación de hasta dólares estadounidenses tres millones (USD 3.000.000) pueda negociar, presentar ofertas, formalizar, celebrar y perfeccionar contratos de compra de materias primas, productos semielaborados y productos terminados con destino al ciclo productivo o reventa y sus gastos asociados, incluyendo logística y almacén por déficit o superávit operativo, de crudo, de GLP, de productos refinados, de materias primas básicas de química, de fertilizantes, de biocombustible, de productos intermedios, de combustibles marinos, de gastos asociados a ventas de crudos y otros productos y transporte de líquido producto, de contratación de buques asociados a compras y ventas de crudo, de gas natural y productos en el exterior y de embarcaciones para movimiento marítimo o fluvial de crudos, gas natural, productos, incluyendo gastos asociados a dichas contrataciones, contrataciones entre compañías controladas y/o vinculadas a YPF S.A., de servicios corporativos administrativos-financieros con sociedades controladas y/o vinculadas a YPF S.A., contratación de forwarders. (5) Aceptar, cancelar, modificar o liberar garantías personales y/o reales a favor de YPF S.A. accesorias a contratos y ofertas comerciales. A TAL EFECTO se lo faculta para que suscriba los documentos públicos y/o privados necesarios para el cumplimiento del presente mandato; y que no podrá sustituir. LEO al compareciente, quien en prueba de conformidad la otorga y firma ante mí, doy fe.- **Germán Vito FERNÁNDEZ LAHORE.** Esta mi sello VIRGINIA GATTI. CONCUERDA con su escritura matriz que pasó ante mi al folio 287 del Registro 596 a mi cargo. Para "YPF SOCIEDAD ANONIMA" expido la presente PRIMERA COPIA en dos fojas de actuación notarial numeradas correlativamente del N 025547324 al presente, que sello y firmo en el lugar y fecha de su otorgamiento.-

26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50

VIRGINIA GATTI  
ESCRIBANA  
Mat 4930

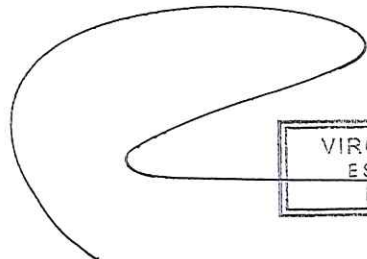
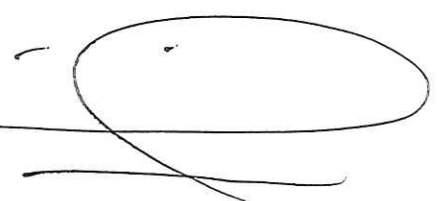


210312000401

1 EL COLEGIO DE ESCRIBANOS de la Ciudad de Buenos Aires, Capital  
2 Federal de la República Argentina, en virtud de las facultades que le  
3 confiere la ley orgánica vigente, LEGALIZA la firma del escribano GATTI,  
4 VIRGINIA obrantes en el documento anexo: 1° copia firmada por dicho  
5 escribano en la foja de Actuación Notarial N-25547325 con fecha  
6 11/03/2021 respecto de la escritura 126 de fecha 11/03/2021 pasada al  
7 folio 287 del registro notarial 596. La presente legalización 210312000401,  
8 no juzga sobre el contenido y forma del documento y puede ser verificada  
9 en la página web del Colegio de Escribanos de la Ciudad de Buenos  
10 Aires. [www.colegio-escribanos.org.ar](http://www.colegio-escribanos.org.ar)



Firmado Digitalmente por Colegio de Escribanos de la Ciudad de Buenos Aires. Escribano Legalizador PASQUINI, DONATELLA, Matrícula 5661. Buenos Aires, 12/03/2021 12:46.-

  
  
VIRGINIA GATTI  
ESCRIBANA  
Mat. 4930



XNET  
GOBIERNO DE MENDOZA

828 - BOLSA DE COMERCIO MENDOZA  
SERVICIOS TRANSACCIONALES

Terminal Fecha Pago Hora Transaccion  
82807204 25/03/2021 08:42 000675275  
Usuario: 1407

-888-TASA RETRIB. POR SERVICIOS

Cod.de TASA: 00734  
Codigo Variable  
SERVICIOS TRANSACCIONALES  
Importe: \$1.100,00

DETALLE DE SU PAGO:  
pesos: 1.100,00

Control: HTS9J4 D11XEU M  
8880073401000011000005

-TICKET VALIDO COMO COMPROBANTE DE PAGO-  
SERVICIOS TRANSACCIONALES

DEFENSA DEL CONSUMIDOR MZA.08002226678

XNET





---

## DRP - Dirección de Registros Públicos

1°, 3° y 4° Circunscripción - Provincia de Mendoza

Inscrito y resguardado en el SIRC. INSCRIPCIÓN DE MANDATOS del Poder GENERAL ADMINISTRATIVO, con Escritura Nro 126, a los días 11/03/2021. SE INSCRIBE CONFORME A LO ROGADO. Con Nro de Entrada 99571, Mendoza 26/03/2021. Derechos \$ 1100 de tasa y \$ 680 de sobretasa.

---

### Firmado Digitalmente

Por: QUIROGA PINO DAVID FERNANDO

Fecha de Firma: 30/03/2021

Tramite: 45876

Entrada: 99571

QUIROGA PINO DAVID FERNANDO