

## Cambios en la producción de los pozos cercanos durante la inyección en el pozo Az-64 de Los Azufres, Mich.

**Magaly del Carmen Flores Armenta y Miguel Ramírez Montes**

Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Proyectos Geotermoelectrivos. Correo:

[miguel.ramirez02@cfec.gob.mx](mailto:miguel.ramirez02@cfec.gob.mx)

### Resumen

El pozo Az-64 se localiza en la zona norte del campo geotérmico de Los Azufres; Mich., y fue perforado en 2002 a una profundidad total de 1310 m en el sector Laguna Verde con la finalidad de suministrar vapor a la Unidad 14 de 25 MW. Entre octubre de 2006 y marzo de 2007 se le inyectó salmuera para determinar la afectación positiva o negativa en la producción de los pozos aledaños, Az-5, Az-13, Az-19D, Az-43, Az-48 y Az-32. Para ello se analizaron datos de producción de estos pozos mediante el sistema de telemetría que empezó a operar en el campo en los últimos días de noviembre de 2006. Este sistema tiene la ventaja de que permite monitorear de manera más precisa el comportamiento de los pozos y determinar la tendencia de los valores medidos, debido a que registra cada hora la información del pozo. Se encontró que los pozos afectados de manera negativa con la inyección de agua en el Az-64 son el Az-5, el Az-32 y el Az-48, cuya producción descendió entre un 5 y un 11% durante el periodo de inyección, regresando a sus valores originales después de suspenderla. En cambio, el pozo Az-43 fue afectado positivamente al aumentar su producción de vapor hasta un 30% en el periodo de la inyección. Sin embargo, después de suspender la inyección, el pozo se ha comportado inestablemente sin mostrar una tendencia definida y sin regresar a sus condiciones previas al inicio de la prueba. Los pozos Az-13 y Az-19 no presentaron ningún cambio apreciable en su producción durante la inyección en el pozo Az-64.

### Antecedentes

El pozo **Az-64** se localiza en la zona norte del campo geotérmico de Los Azufres, Mich., y fue perforado del 22 de mayo al 21 de julio de 2002 a una profundidad total de 1310 m en el sector Laguna Verde con la finalidad de suministrar vapor a la unidad 14 de 25 MW del proyecto Los Azufres II. Cerca de este pozo se localizan los pozos productores **Az-5, Az-13, Az-19, Az-32, Az-43 y Az-48**. El croquis de localización de los pozos se muestra en la Figura 1.

El pozo **Az-64**, al término de su construcción, presentó condiciones marginales de producción (alrededor de 8 t/h de vapor) y se integró al sistema de generación comercial el 29 de septiembre de 2002. Debido a su baja producción, se intervino mediante acidificación matricial con la finalidad de incrementar su producción y presión de cabeza, operación que se realizó el 20 de mayo de 2005. Sin embargo, posterior a esta intervención el pozo no mejoró sus características de producción y ya no pudo ser integrado al sistema de generación, por lo que se decidió probarlo como pozo inyector de recarga en este sector del campo, el cual presenta elevadas tasas de declinación de la presión de yacimiento. La prueba consistió en habilitarlo como inyector con el gasto producido por los pozos Az-48 y Az-51 e inyectar un trazador químico que monitoreara el movimiento del agua inyectada y los porcentajes de retorno en cada uno de los pozos vecinos.

A partir del 12 de Octubre comenzó a inyectarse 5 t/h de agua al pozo, la cual fue incrementándose de manera paulatina hasta alcanzar 21 t/h de agua. El 19 de Octubre y como parte de un estudio realizado por el IIE, se inyectaron 96,4 kg de hexafluoruro de azufre en el pozo Az-64, ese mismo día concluyó la inyección del producto, manteniendo la inyección de 21 t/h de agua geotérmica de

manera constante hasta el 8 de Marzo de 2007, fecha en la que se suspende la inyección y se cierra el pozo.

En la Tabla 1, se presenta un resumen con las características de los pozos productores que se localizan cerca del pozo Az-64 y que se analizarán a detalle más adelante.

Pozo	Distancia al Az-64 (m)	Producción	
		Vapor (t/h)	Agua (t/h)
Az-5	195	75	0
Az-43	392	52	2
Az-32	424	53	0
Az-19	491	63	10
Az-13	540	71	0,4

Tabla 1. Características de los pozos cercanos al Az-64.

## Análisis de la producción de los pozos

Una de las alternativas para la recarga del yacimiento es la inyección de agua en zonas donde exista comunicación con los pozos productores, sin embargo, también puede impactar, negativamente, en la producción de los pozos aledaños al pozo en el que se inyecta el agua. Para conocer el grado de este impacto se analizaron las gráficas de producción de los pozos aledaños al **Az-64: Az-13, Az-5, Az-19D, Az-43, Az-48 y Az-32**.

### Pozo Az-5

Este pozo fue construido del 19 de febrero al 8 de mayo de 1979 a una profundidad de 1493 m. Tiene tubería de revestimiento de 9 5/8" de diámetro de 0 a 1045,0 m, liner ciego de 7" de 995,0 m a 1071,0 m y liner ranurado de 7" de diámetro de 1071,0 m hasta 1489,0 m.

La producción de vapor del pozo en octubre de 2006 fue de 75 t/h y la presión de cabezal de 27 bara. El pozo no produce agua. La declinación del pozo calculada en el segundo semestre de 2006 fue de 5,45% (Pronostico de vapor 2006, RE-YAC-003-2006). En la figura 2 se presenta el comportamiento de la producción de vapor en el pozo, en esta gráfica, la línea roja muestra los datos registrados en el GDManager y la línea verde los datos registrados en la telemetría. El pozo ha estado integrado al sistema regulado con orificio de 101,6 mm (4") desde el mes de noviembre de 2002. En la gráfica se observa que, durante el periodo de inyección de agua en el Pozo **Az-64**, el gasto de vapor disminuyó 5 t/h (7%), sin manifestar producción de agua. La presión de cabezal también disminuye ligeramente de 27 bara a 25,5 bara.

De acuerdo al análisis de declinación de la producción de este pozo, ésta se incrementó durante el periodo de inyección en el **Az-64**, pasando de 5,45 % a 14,9%. Una vez suspendida la inyección en el pozo, la producción de vapor tiende a incrementarse ligeramente, a los valores que le corresponderían de acuerdo al análisis de declinación.

La diferencia entre los valores registrados en las bases de datos GDManager y telemetría es mínima y únicamente se observa al inicio de la entrada en operación del sistema de telemetría.

A partir de los datos analizados del GDManager y telemetría, el pozo **Az-5** si se ve afectado **negativamente** en la producción cuando se le inyecta al Pozo Az-64.

### Pozo Az-13

Este pozo fue construido del 18 de junio de 1979 al 22 de febrero de 1980 a una profundidad de 1219 m. Tiene tubería de revestimiento de 9 5/8" de diámetro de 0 a 1003,0 m, liner ciego de 7" de 941,0 m a 1021,0 m y liner ranurado de 7" de diámetro de 1021,0 m hasta 1215,0 m.

La producción de vapor medida en octubre de 2006 fue de 68,9 t/h, el gasto de agua medido de 0,4 t/h y la presión de cabezal de 23,3 bara. La declinación del pozo calculada en el segundo semestre de 2006 fue de 0,81% (Pronostico de vapor 2006, RE-YAC-003-2006)

Los datos registrados en las bases de datos GDManager (línea roja) y telemetría (línea verde) muestran una diferencia considerable en el valor de vapor medido (figura 3), la razón de esta diferencia puede ser inferida a una falla en el equipo de medición de telemetría. El pozo se ha mantenido regulado con orificio de 101,6 mm (4") desde el año 1999. Los valores de presión registrados en el GDManager y telemetría son coincidentes y registran la misma tendencia del pozo. Con los datos registrados en el GDManager, no se observa una variación en la producción de vapor y agua ni en la presión de cabezal del pozo durante la inyección de agua al Az-64.

### Pozo Az-19

Este pozo fue construido del 11 de julio al 26 de octubre de 1980 a una profundidad de 1666 m, se localiza 491 m al Oeste del pozo Az-64. La tubería de revestimiento de 9 5/8" de diámetro esta instalada de 0 a 995,0 m, el liner ciego de 7" de 939,57 m a 990,94 m y el liner ranurado de 7" de diámetro de 990,94 m hasta 1663,0 m.

El pozo se ha mantenido integrado al sistema de suministro de vapor regulado con orificio de 101,6 mm (4") de diámetro desde 2004. La producción de este pozo medida en octubre de 2006 es de 65,3 t/h de vapor y 16,4 t/h de agua, la presión de cabezal medida es de 20,9 bara. La declinación del pozo calculada en el segundo semestre de 2006 fue de 3,08% (Pronóstico de vapor 2006, RE-YAC-003-2006). Se analizó la información registrada en las bases de datos GDManager y telemetría, figura 4, para determinar el comportamiento de la producción del pozo durante el periodo de inyección en el Az-64.

En esta gráfica se observa un comportamiento inestable en la producción de vapor entre los meses de febrero de 2006 y abril de 2007, por lo cual no se puede definir la variación en la producción asociada a la inyección en el Pozo Az-64. Durante el periodo de inyección no se observó algún cambio en la tendencia de la presión de cabezal en el pozo.

### Pozo Az-32

Este pozo fue construido del 22 de enero al 15 de mayo de 1982 a una profundidad de 1559 m. Tiene tubería de revestimiento de 9 5/8" de diámetro de 0 a 980,11 m, liner ciego de 7" de 931,89 m a 1005,0 m y liner ranurado de 7" de diámetro de 1005,0 m hasta 1556,0 m.

Desde mayo de 2004, el pozo esta regulado con orificio de 114,3 mm (4,5") de diámetro. A partir de 1999, el pozo dejó de producir agua. La producción de vapor medida en octubre de 2006 fue de 53,4 t/h y una presión de cabezal de 15,2 bara. La declinación del pozo calculada en el segundo semestre de 2006 fue de 3,28% (Pronostico de vapor 2006, RE-YAC-003-2006)

En la figura 5 se presenta el comportamiento de la producción de vapor y presión de cabezal del pozo, en esta gráfica el pozo **Az-32** muestra valores estables que comienzan a descender al inicio de la inyección, manteniéndose con este comportamiento hasta su término. El valor promedio de vapor antes de la inyección fue de 53 t/h y al finalizar la inyección, se midieron 47 t/h de vapor, durante

la inyección, la producción de vapor disminuyó 6 t/h (11%). Este valor de vapor se mantuvo durante 3 meses y después de este tiempo se ha incrementado ligeramente la producción hasta alcanzar 50 t/h de vapor en septiembre. El porcentaje de declinación se incrementó durante el periodo de inyección en el pozo Az-64, pasando de 3,28% a 18,3%. La presión de cabezal muestra también variaciones antes y durante la inyección.

Con los datos registrados en el GDManager, se observa una variación en la producción de vapor en el pozo durante la inyección de agua al pozo Az-64. El porcentaje de declinación, se incrementó igualmente en este periodo hasta 18,3%.

Esto nos indica que el pozo **Az-32** si se ve afectado **negativamente** en la producción cuando se le inyecta al Pozo **Az-64**

#### Pozo Az-43

Este pozo fue construido del 20 de junio de 1983 al 14 de febrero de 1984 a una profundidad de 1799 m, posteriormente fue intervenido del 4 de mayo al 1 de julio de 1988. Tiene tubería de revestimiento de 9 5/8" de diámetro de 0 a 767,0 m, liner ciego de 7" de 647,0 m a 818,3 m y liner ranurado de 7" de diámetro de 818,3 m hasta 1503,07 m. De 0 a 105,5 m tiene T.R. de 7" de diámetro.

La producción del pozo medida en septiembre de 2006 fue de 51,2 t/h de vapor y 2,6 t/h de agua, la presión de cabezal medida fue de 14,3 bara. El pozo esta regulado con orificio de 114,3 mm (4,5") desde mayo de 2004. La declinación del pozo calculada en el segundo semestre de 2006 fue de 7,63% (Pronostico de vapor 2006, RE-YAC-003-2006). En el pozo **Az-43**, figura 6, se observa un incremento en la producción de vapor 10 días después del inicio de la inyección, de 50 t/h a 65 t/h, sin embargo, la presión de cabezal y el gasto de agua se mantiene estables durante el periodo de inyección. La producción de vapor disminuye al terminar la inyección, aunque se ha observado un comportamiento inestable del pozo al variar la producción.

A partir de los datos analizados se puede determinar que la inyección de agua en el pozo **Az-64** afecta **positivamente** la producción de vapor en este pozo, al incrementar 15 t/h de vapor manteniéndose sin variación la presión de cabezal. En julio, la producción de vapor registrada en la telemetría muestra valores diferentes a lo registrado en el GDManager, por lo cual, es necesario verificar los instrumentos de medición en este pozo para determinar lo que esta ocurriendo con la producción de vapor.

#### Pozo Az-48

Este pozo fue construido del 21 de septiembre de 1985 al 14 de febrero de 1986 a una profundidad de 2693 m. Tiene tubería de revestimiento de 9 5/8" de diámetro de 0 a 1708,0 m, liner ciego de 7" de 1632,0 m a 2275,23 m y liner ranurado de 7" de diámetro de 2275,23 m hasta 2685,14 m.

El pozo ha estado integrado al sistema de suministro de vapor regulado con orificio de 76,2 mm (3") de diámetro desde agosto de 2004. En el mes de marzo de 2007 se cambió el orificio de restricción al pozo, quedando instalado un orificio de 88,9 mm (3,5") de diámetro. La producción del pozo medida en el mes de septiembre de 2006 fue de 43 t/h de vapor y 16,9 t/h de agua, con una presión de cabezal de 28,3 bara. La declinación del pozo calculada en el segundo semestre de 2006 fue de 3,49% (Pronóstico de vapor 2006, RE-YAC-003-2006)

Durante la etapa de inyección en el **Az-64** se observó en este pozo una variación en la producción de vapor, disminuyendo en 2 t/h (5%).

El porcentaje de declinación se incrementó durante el periodo de inyección en el pozo **Az-64**, pasando de 3,49% a 10,9%. La presión de cabezal muestra también variaciones antes y durante la inyección.

Con los datos registrados en el GDManager y telemetría se observa una afectación **negativa** en la producción del pozo cuando se le inyecta agua al pozo **Az-64**, de 2 t/h aproximadamente. El incremento en la producción del pozo en el mes de marzo es debido a un cambio de orificio realizado. Sin embargo la apertura en media pulgada al orificio de restricción, no aumentó de manera considerable la producción del mismo.

## Conclusiones

La telemetría comenzó a operar en la zona norte del campo Los Azufres a partir del 28 de Noviembre de 2006, 40 días después del inicio de la inyección en el pozo **Az-64**. Para determinar el comportamiento de la producción y verificar los datos registrados en la telemetría, se graficó la producción registrada en la base de datos GDManager desde enero de 2006 y hasta agosto de 2007

En el pozo **Az-13** los valores registrados en la telemetría varían con respecto a lo registrado en el GDManager, por lo cual los valores de la telemetría en este pozo no son confiables para una interpretación. Con los datos registrados en el GDManager, no se observa variación en la producción de vapor y agua ni en la presión de cabezal del pozo durante la inyección de agua al **Az-64**.

En el pozo **Az-43**, se observó un incremento en la producción de vapor 10 días después del inicio de la inyección, de 50 t/h a 65 t/h, manteniéndose constante la presión de cabezal y el gasto de agua. La producción de vapor disminuyó al terminar la inyección, en unas 10 t/h y continúa con un comportamiento inestable. A partir del mes de julio de 2007, se han observado diferencias entre lo medido con telemetría y lo registrado en el GDManager, lo cual hace suponer que los instrumentos de medición se han visto afectados por alguna razón siendo necesaria su revisión.

Los pozos que se ven afectados de manera **negativa** con la inyección de agua en el Pozo **Az-64** son los siguientes: **Az-5, Az-32 y Az-48**. El porcentaje de afectación varía del 5 al 11% de la producción dependiendo cada pozo. En los pozos mencionados, el porcentaje de declinación se incrementó durante el periodo de inyección, regresando a los valores originales después de suspender la inyección.

El pozo que se ve afectado de manera positiva con la inyección de agua en el **Az-64**, es el **Az-43**. En él se observa que la producción de vapor se incrementa hasta un 30% en el periodo de la inyección, mas sin embargo, después de suspender la inyección, el pozo se ha mantenido inestable sin mostrar una tendencia y sin regresar a las condiciones previas al inicio de la prueba.

Los pozos **Az-13** y **Az-19**, no presentaron afectaciones en su producción durante la inyección en el pozo **Az-64**.

## Bibliografía

1. CFE, Base de datos GDManager del Campo Geotérmico Los Azufres, Mich.
2. CFE, Croquis de terminación de pozos del Campo Geotérmico Los Azufres, Mich.

3. Estado actual del Proyecto Geotermoeléctrico de Los Azufres. Residencia Los Azufres. Diciembre de 1997.
4. Estrada R., "Injection experiences in the Los Azufres Geothermal Field" Geothermal Resources Council. TRANSACTIONS, vol. 20, sep/oct 1996.
5. Iglesias E., Torres R., Reyes N. (2007) "Estudio con trazadores en la zona norte del campo geotérmico de Los Azufres, Mich. Tercera etapa" Informe final IIE/11/13359/I01F, Instituto de Investigaciones Eléctricas
6. Medina E., Sandoval A., Waldo R. (2006) Pronóstico de suministro de vapor segundo semestre de 2006. Residencia de Estudios. Informe RE-YAC-003-2006.
7. Tello, M., Medina E., Sandoval A. (2005) "Resultados de la estimulación ácida del pozo Az-64 en el Campo Geotérmico Los Azufres" Informe DINYAC-020-2005, CFE-GPG.
8. Torres M., Tello M., Pinette M., López A., Venegas S., Ramírez G., Arellano F., Moreno J., Tello E., Sánchez R., Estrada R., Viggiano J. "Características y capacidades del yacimiento Geotérmico de Los Azufres, Mich. Informe IYAZ-008/91. Enero de 1992



Figura 1. Localización del Pozo Az-64 en la zona norte del campo de Los Azufres

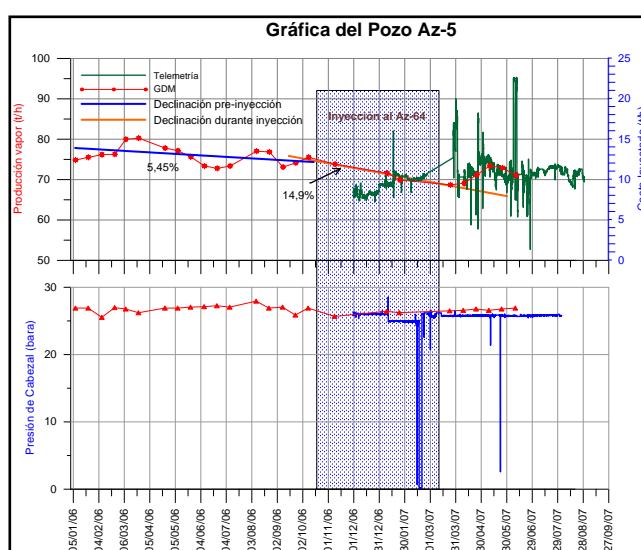


Figura 2. Comportamiento de la producción del Pozo Az-5.

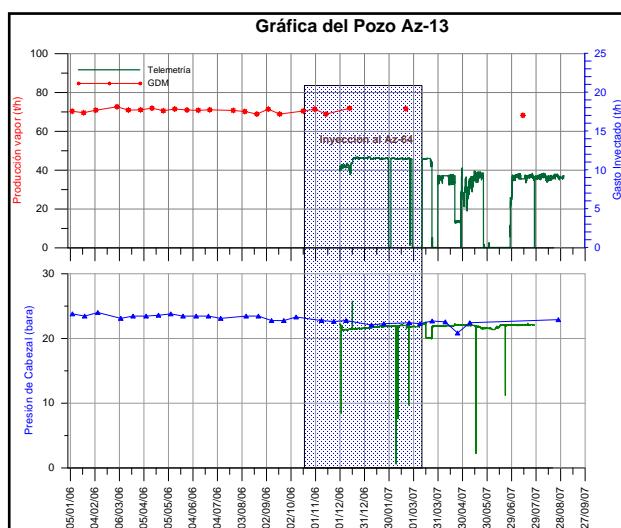


Figura 3. Comportamiento de la producción en el pozo Az-13.

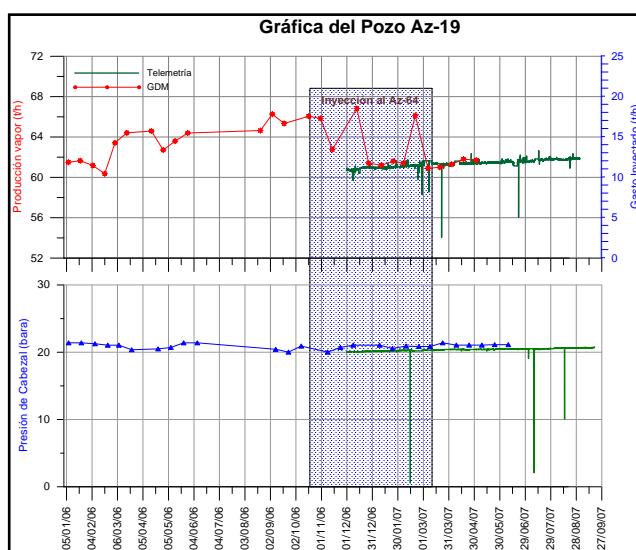


Figura 4. Comportamiento de la producción del pozo Az-19.

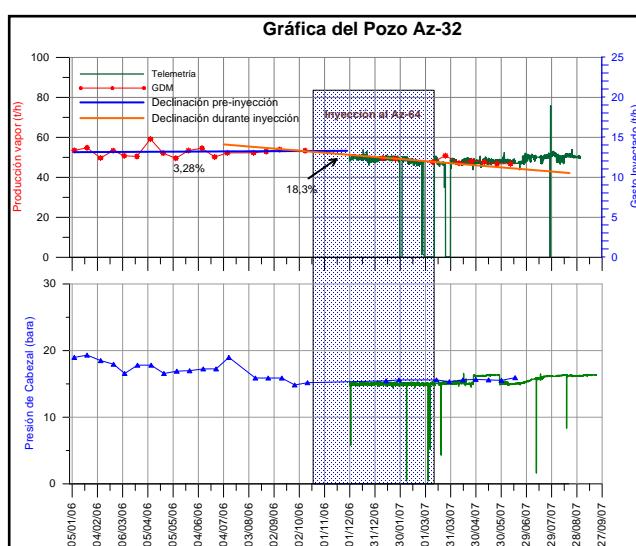


Figura 5. Comportamiento de la producción en el pozo Az-32.

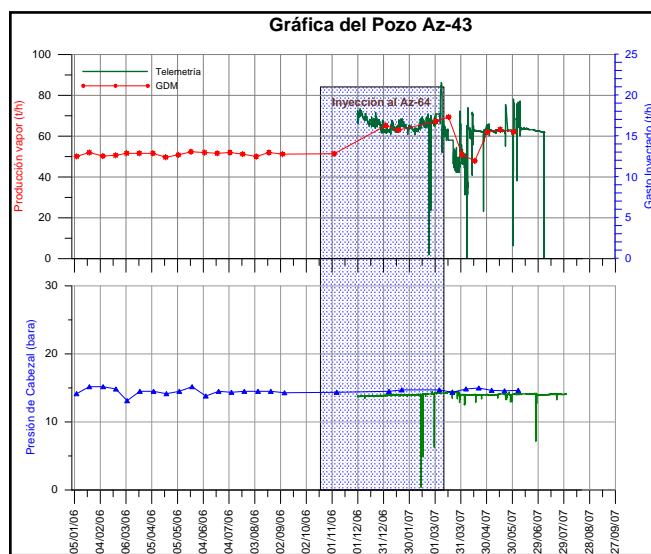


Figura 6. Comportamiento de la producción en el pozo Az-43.

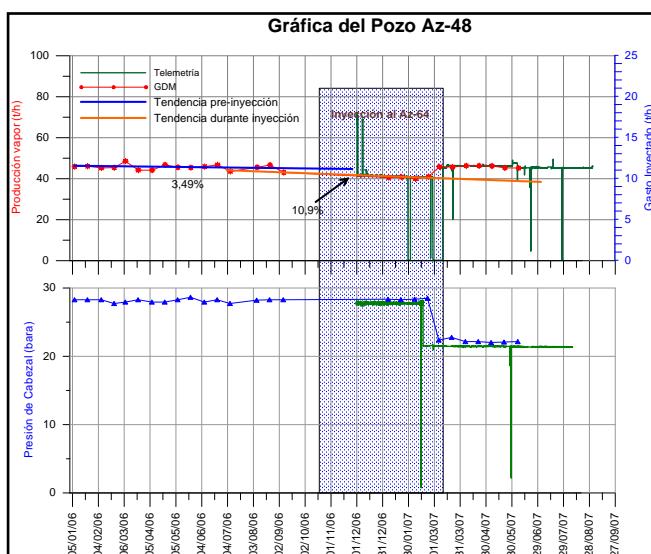


Figura 7. Comportamiento de la producción en el pozo Az-48.

