

**IDENTIFICACION DE TRAYECTORIAS DE FLUJO DEL AGUA DE
INYECCION, UTILIZANDO TRAZADORES QUIMICOS ENTRE POZOS EN
EL CAMPO MATACHIN NORTE**

ALEXIS EDUARDO RODRIGUEZ MEJIA
Código: 2002201621

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE PETROLEOS
NEIVA
2008

**IDENTIFICACION DE TRAYECTORIAS DE FLUJO DEL AGUA DE
INYECCION, UTILIZANDO TRAZADORES QUIMICOS ENTRE POZOS EN
EL CAMPO MATACHIN NORTE**

ALEXIS EDUARDO RODRIGUEZ MEJIA

Trabajo realizado para optar al título de Ingeniero de Petróleos

**Director del trabajo de grado
GABRIEL MOLINA POLANIA
Ingeniero de Petróleos**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE PETROLEOS
NEIVA
2008**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Neiva, 10 de Septiembre de 2008

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios por darme la salud, el entendimiento y la oportunidad para llegar a este momento lleno de felicidad.

A mis padres Carlos Jorge Rodríguez y Amparo del Socorro Mejia que me dedicaron toda su vida con incansable amor y lucha, que me han enseñado a ser una persona de bien, que me erigieron con sólidos valores fundamentados en el amor, valores fuertemente aferrados a mi por que fueron cimentados con el mejor de los fraguantes...EL EJEMPLO.

A Pilar del Socorro Rodríguez Mejia quien más que ser mi hermanita mayor, ha sido, es y seguirá siendo mi amiga fiel, que me felicita y me regaña cuando toca, que si algún día llego a tener una pareja de hijos, espero que se la lleven tan bien como nosotros dos.

A mis Abuelitos, Los dos Carlos, Benildita y Jesusita a mis tías Ester, Rocío, Inecita Manena, Amparo, Liliana, Zunilda, a mis tíos Luis Carlos, Miguel, Pelos, Ramiro, Manuel, por que me dieron una infancia envidiable en Yaguará junto con todos mis primos.

A Edna Rocío Lizcano por que me acompañó y aguantó durante toda mi carrera y ahora hace parte de mi familia.

A mis amigos Alba Calderón, Mario Torrente, Pedro Gaitan, Sandra Gordillo y a todos aquellos que han puesto su granito de arena para que esto fuera posible.

ALEXIS EDUARDO RODRIGUEZ MEJIA

AGRADECIMIENTOS

A todo el personal de **PETROBRAS** y **CORELAB**, que me brindaron su apoyo incondicional.

Al Ingeniero **GABRIEL MOLINA POLANIA**. Ingeniero de Producción del Distrito Espinal Petrobras Colombia.

Al ingeniero **BALMORE DURAN**. Ingeniero de Yacimientos del Distrito Espinal Petrobras Colombia.

Al Doctor **MAHMOUD ASADI**, Ph.D., P.E. International Technology Manager. ProTechnics Division of Core Laboratories

Al Ingeniero **URIEL SANCHEZ TOSCANO**. División de Fluidos en Core Laboratories

Al Ingeniero **ERVIN ARANDA ARANDA**. Docente del área de Producción y Recobro de la Universidad Surcolombiana.

Al Ingeniero **JAIRO SEPULVEDA**. Docente del área de Simulación y Yacimientos de la Universidad Surcolombiana.

Al Doctor **FREDDY H. ESCOBAR**. Ph.D., Docente del área de Simulación y Yacimientos de la Universidad Surcolombiana.

CONTENIDO

	PAG.
1. GENERALIDADES	12
1.1 CAMPO MATACHIN	12
1.1.1 Reseña Histórica	12
1.1.2 Ubicación Geográfica	13
1.1.3 Información del campo	14
1.2 GEOLOGIA	15
1.2.1 Estratigrafía	15
1.2.2 Vista de perfil del modelo estructural	16
1.3 GENERALIDADES DE TRAZADORES ENTRE POZOS	18
1.3.1 Historia	18
1.3.2 ¿Que es un trazador entre pozos?	19
1.3.3 Tipos de trazadores entre pozos	21
1.3.4 Propiedades para seleccionar trazadores entre pozos	23
1.3.5 Información que puede ser obtenida de un programa de trazadores entre pozo	25
1.3.6 Movimiento de los trazadores químicos	33
1.3.7 Detección de trazadores químicos	35
1.3.8 Uso de los trazadores químicos	36
1.3.9 Recolección de muestras de trazadores	36
1.3.10 Ventajas y desventajas entre trazadores químicos y trazadores radioactivos	37
1.3.11 Costos de un programa de trazado	39
1.3.11.1 Parámetros de campo y yacimiento que afectan el costo de un programa de trazadores entre pozos	39
1.3.11.2 ¿Cual es el costo de utilizar un trazador entre pozos?	40

2. PROGRAMA DE MUESTREO Y ANALISIS	
EN MATACHIN NORTE	41
2.1 SIMULACION DEL YACIMIENTO	42
2.2 CANTIDAD Y TIPO DE TRAZADOR QUIMICO	44
2.3 PROGRAMA DE MUESTREO Y ANALISIS	45
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	46
3.1 INYECCION DE LOS TRAZADORES	46
3.2 TOMA DE LAS MUESTRAS	49
3.3 REPORTE DEL ANALISIS DE LAS MUESTRAS	50
3.4 RESULTADOS Y TRAZADORES DETECTADOS	54
4. CONCLUSIONES	58
5. RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFIA	61
ANEXOS	63

LISTADO DE FIGURAS

	PAG.
Figura 1. Ubicación geográfica	13
Figura 2. Estratigrafía	15
Figura 3. Modelo estructural	16
Figura 4. Modelo tridimensional de la estructura	17
Figura 5. Esquema de pozos inyectoros y productores	19
Figura 6. Esquema de trazador invadiendo formación	23
Figura 7. Esquema de trazadores avanzando irregularmente	25
Figura 8. Curva de concentración representando un yacimiento homogéneo	27
Figura 9. Curva de concentración representando canalización del agua de inyección	28
Figura 10. Curva de concentración representado zonas de múltiple permeabilidad	29
Figura 11. Curva de concentración real representando estratificación	31
Figura 12. Movimiento de los trazadores	33
Figura 13. Campo Matachín Norte mostrando pozos inyectoros y productores	41
Figura 14. Modelo del mapa estructural	42
Figura 15. Movimiento de los trazadores después de 2 meses de inyección y después de 12 meses de inyección.	43
Figura 16. Aspecto del trazador con el agua de inyección	46
Figura 17. Completando el volumen de químico a inyectar con agua de formación	46
Figura 18. Esquema del Montaje para la inyección del químico	47
Figura 19. Inyección en marcha	48

Figura 20. Recipientes etiquetados para la toma de muestras	49
Figura 21. Pozos donde fue detectado el IWT-1700	54
Figura 22. Correlación entre la grafica de producción del pozo VEN 006H, y la grafica de inyección del pozo VEN 001.	55
Figura 23. Pozo donde fue detectado el IWT-1900	57

LISTADO DE TABLAS

	PAG.
Tabla 1. Pozos en la estación Matachín Norte.	14
Tabla 2. Pozos inyectoros y productores del área de estudio.	41
Tabla 3. Tiempos de irrupción de los trazadores estimados por la simulación.	43
Tabla 4. Cantidades de trazador a inyectar.	44
Tabla 5. Programa de análisis y muestreo.	45
Tabla 6. Reporte del análisis del muestreo hasta el mes de abril.	50
Tabla 7. Reporte del análisis del muestreo hasta el mes de mayo.	51
Tabla 8. Reporte del análisis del muestreo hasta el mes de Agosto.	53

LISTADO DE ANEXOS

	PAG.
Anexo 1. Ficha Técnica del trazador entre pozos IWT-1700. SpectraFlood® Inter-Well Water Flood Tracers	64
Anexo 2. Ficha Técnica del trazador entre pozos IWT-1900 SpectraFlood® Inter-Well Water Flood Tracers	70

INTRODUCCION

En el campo Matachín se ha venido evidenciando la disminución de la producción de petróleo y aumento de la producción de agua en algunos pozos. Pozos recién perforados tienen una producción aceptable y al poco tiempo esta disminuye considerablemente. Esto puede ser ocasionado por una baja eficiencia de barrido de petróleo debido a la existencia de canales de alta permeabilidad que evitan que el agua de inyección se extienda a lo largo de la formación y realice un barrido apropiado.

El objetivo de este programa de trazadores entre pozos es evaluar la comunicación entre pozos, inyectando trazadores químicos en los pozos inyectoros y tomando muestras en los pozos productores.

El conocimiento de la trayectoria del agua de inyección es de gran importancia para conocer con mayor detalle las heterogeneidades del yacimiento, también para identificar los pozos productores que están siendo influenciados por los pozos inyectoros, y de esa manera tomar las decisiones apropiadas para que la producción se mantenga durante un periodo más prolongado o tenga una disminución mucho menor. Para esta labor se utilizaron trazadores entre pozos (IWT), que son el único medio con el que se puede realizar un monitoreo directo de la trayectoria de los fluidos inyectados.

RESUMEN

El éxito de un programa de inyección de agua, depende del conocimiento de las corrientes de flujo en el yacimiento y un apropiado patrón de inyección/producción.

En el campo matachín norte se ha presentado disminución en el caudal del aceite producido y aumento en el BSW. Debido a esto, un programa de trazadores entre pozos se diseñó y se implementó para investigar las corrientes de flujo desde el inyector hasta el productor, y así evaluar heterogeneidades del yacimiento y determinar conectividad entre pozos.

Inicialmente se propuso inyectar 9 trazadores químicos diferentes pero luego se decidió que solamente serían 2 trazadores, el IWT 1700 y el IWT 1900.

En este documento se presenta una recopilación de información para tener mayor conocimiento sobre los trazadores químicos entre pozos, su distribución areal con el tiempo en el yacimiento y además la propuesta, inyección, muestreo y resultados obtenidos en los pozos venganza del campo matachín norte.

ABSTRACT

A successful reservoir flood depends on prior knowledge of the flow stream within a reservoir and a proper injection/production pattern.

At Matachin Norte field is occurring a decreasing of the oil produced and at the same time an increasing of the BSW. Due to this, a chemical interwell tracer program was designed and implemented to fully investigate the flow stream within the current injection/production pattern and to evaluate reservoir heterogeneity, and verify the connectivity between injector and producer wells.

At the beginning was proposed the injection of 9 different chemical tracers but then was decided that only 2 chemical tracers will be injected, the IWT 1700 and the IWT 1900.

In this document is presented a search of information in order to have a good knowledge about interwell chemical tracers, IWT and besides the proposal, injection, sampling and results in the Venganza wells at Matachin Norte Field.

1. GENERALIDADES

1.1 CAMPO MATACHINES

1.1.1 Reseña Histórica

En el año 1987 se inicia la exploración sísmica, a finales de 1990 se perfora Venganza 1 y se prueba en enero de 1991 como pozo productor de petróleo. En el año 1992, se perfora el pozo Venganza 2 el cual no resulta productor. En el año de 1994 se perforaron Revancha 1 y Revancha 2, pozos que resultaron productores; en ese mismo año se declara la comercialidad del campo Matachines.

A principios del año 1996 se terminó la construcción del oleoducto Matachín – PPF. En el año de 1996 se inicia la construcción de facilidades para las estaciones denominadas Matachín Norte que maneja los pozos Venganza y Matachín Sur que maneja los pozos Revancha.

En el año 1997, se perforan los pozos: Revancha 3 y Venganza 3, los cuales resultan productores. En el año 1998 se coloca en producción de prueba el pozo Venganza 3 para solicitar comercialidad. En el año 1999, se perfora el pozo Venganza 4H, el cuál hace parte de Matachín Norte, resultando productor. Se inicia sísmica 3D en la cuál se involucra a los Municipios de Purificación, Prado y Suárez. En el año 2000, se perforan dos pozos que resultan productores; el pozo Venganza 8H y Venganza 6H. En el año 2001, se perforan 6 pozos en total, Venganza 5H, Venganza 9H, Venganza 12H, Revancha 4H, Revancha 5H y Revancha 7H; Este último no resulta productor. En el año 2002 se perforó Revancha 9H resultando productor.

1.1.2 Ubicación geográfica

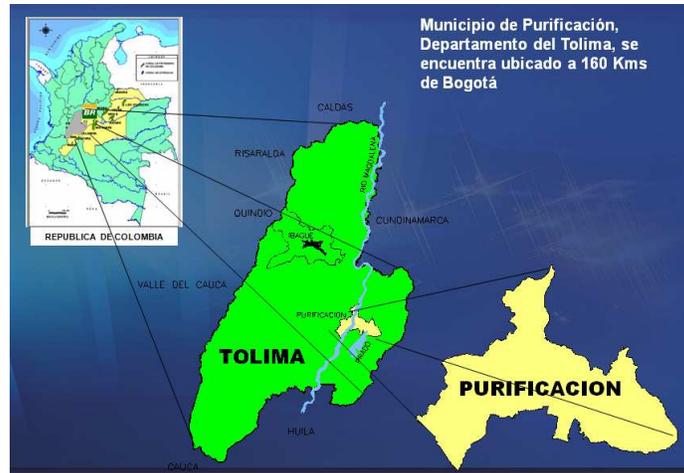


Figura 1. Ubicación geográfica

El Campo Matachines se encuentra en el área rural del municipio de Purificación en el departamento del Tolima, ubicada en las estribaciones de la cordillera oriental, cerca de la represa de Río Prado.

La estación Matachín Norte esta ubicada en la vereda San Diego en el “cerro Perico”, aproximadamente a 15 Km. al oriente del casco urbano del municipio de Purificación. Esta dividida en dos plataformas; La altura sobre el nivel del mar de las plataformas superior e inferior es de 740 y 720m., respectivamente.

La estación Matachín Sur esta ubicada en la vereda El Tambo a 6 Km. hacia el sur de la estación Matachín Norte; la temperatura promedio para el campo es de 80°F.

El bloque Espinal está delimitado al sur-este por el embalse de Prado, al sur-oeste por el municipio de Prado, al nor-oeste por el río Magdalena y oeste por el municipio de Purificación.

Su estructura es el resultado activo de una tectónica compresional que formó el sinclinal de Purificación en donde descansa actualmente el campo Purificación, a su vez la estructura es completada por una zona fallada por: las fallas Prado y Venganza, siendo esta ultima la que delimita el campo Matachines.

1.1.3 Información del campo

- Profundidad media de pozo: 6.000 pies;
- OOIP: 438 MMBIs;
- FR: 14 - 16% actual;
- Porosidad: 18%;
- Permeabilidad: 10 md a 1500 md;
- API Crudo: 26°;
- Espesor promedio de producción: 900´;
- Mecanismo de producción: ACUIFERO activo / CAPA DE GAS activo

POZOS PRODUCTORES	POZOS INYECTORES DE AGUA	POZO SECO
11	3	1

Tabla1. Pozos en la estación Matachín Norte

1.2 GEOLOGIA

1.2.1 Estratigrafía

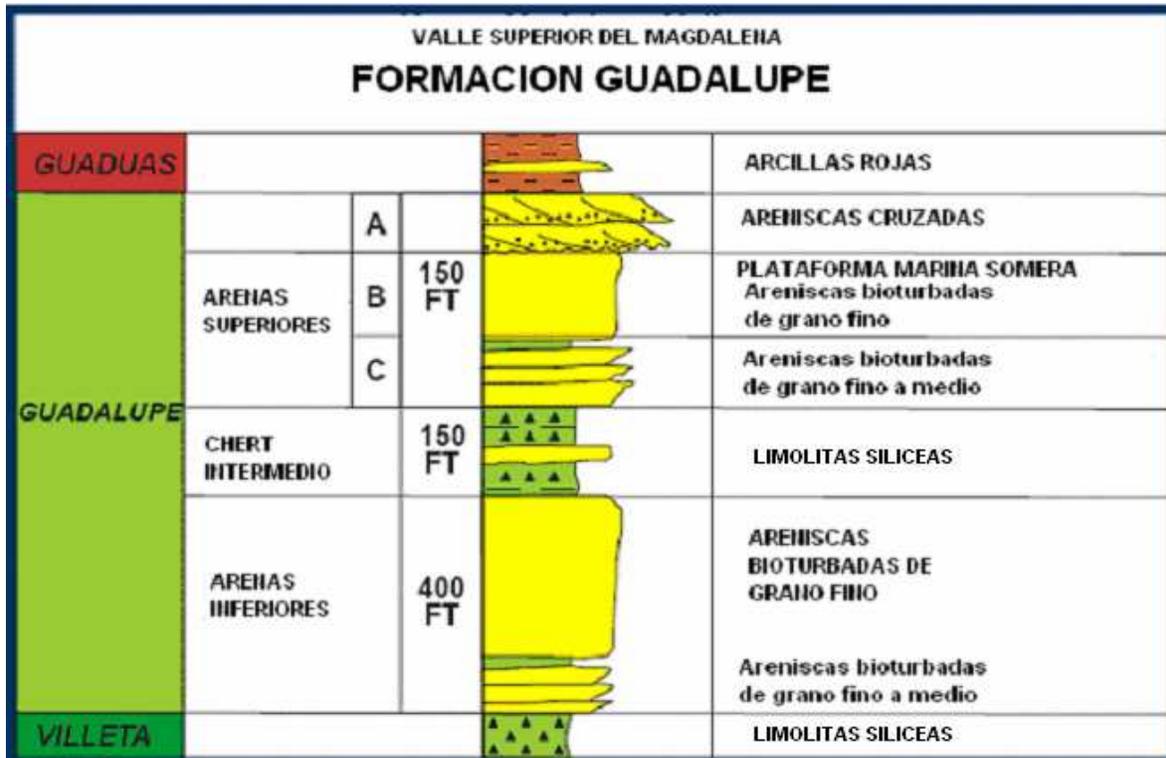


Figura 2. Estratigrafía. Tomado Del paper SPE 71636 Three-Dimensional Modeling of Structurally Complex Reservoirs: The Revancha Field Case

El yacimiento comprende areniscas superiores e inferiores de la formación Guadalupe, que están sobre el final del Cretáceo. Subsecuentemente, los shales fluvio-deltáicos de la formación Guaduas terciaria las cubrieron.

El desarrollo estructural del campo está relacionado con la formación de las cordilleras central y oriental, que ocurrió después de la depositación de la formación Guadalupe.

En el bloque espinal la formación Guadalupe tiene un espesor aproximado de 1000 pies y esta dividida en tres (3) unidades: El miembro de areniscas superior, el miembro de chert intermedio que es sedimento silíceo y el miembro de areniscas inferiores. Las areniscas superiores están divididas en tres unidades basadas en sus propiedades de yacimiento, y son las arenas A, B y C, mientras que las arenas inferiores no están divididas.

1.2.2 Vista de perfil del modelo estructural

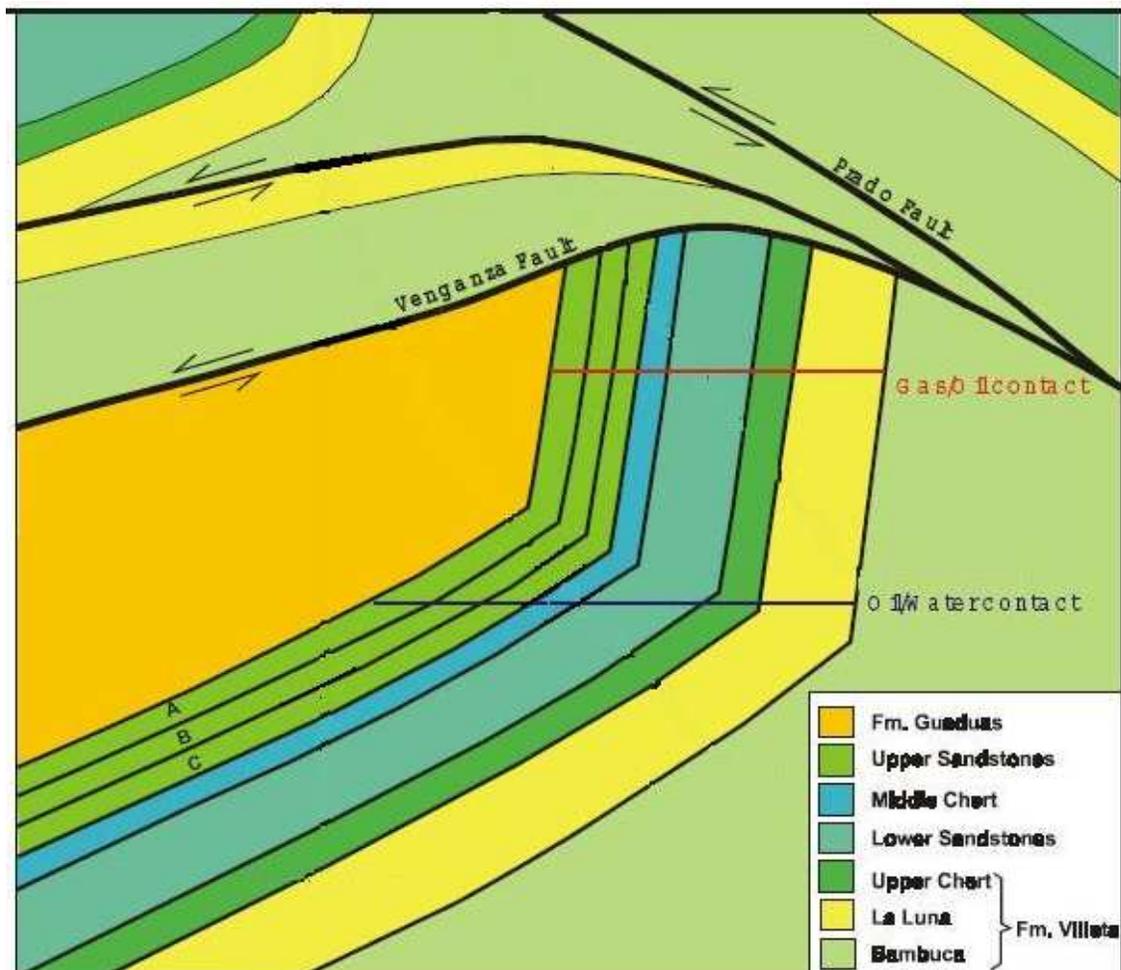


Figura 3. Modelo estructural. Tomado Del paper SPE 71636 Three-Dimensional Modeling of Structurally Complex Reservoirs: The Revancha Field Case

En general el ambiente estratigráfico de depositación es marino con una presencia de areniscas productoras en Guadalupe ubicada sobre el sello Villeta e infrayace al sello de Guaduas. Aunque la formación Caballos tiene producciones importantes en la asociación Caguán de Petrobras, en el bloque Espinal los resultados no han sido positivos.

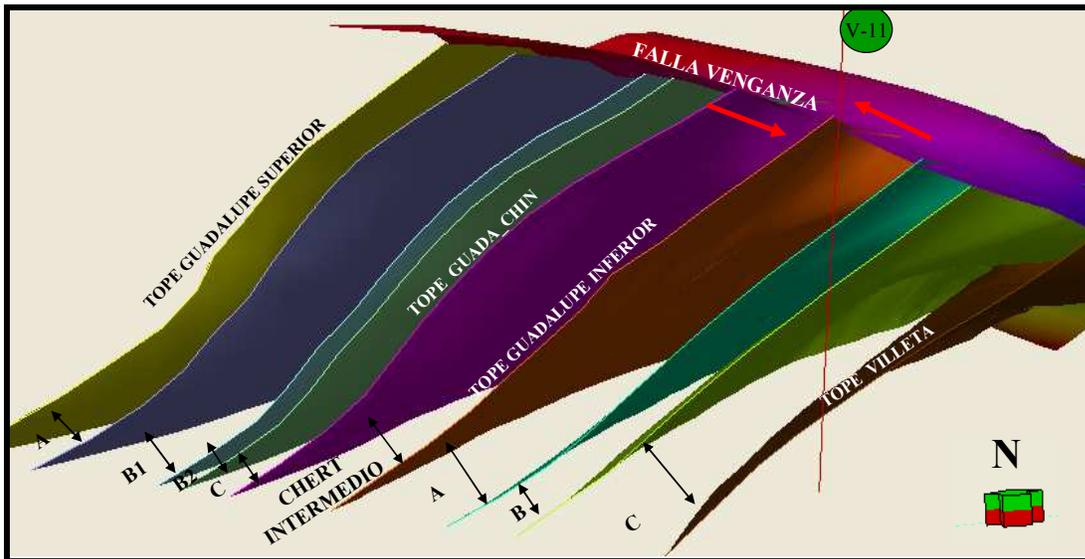


Figura 4. Modelo tridimensional de la estructura

1.3 GENERALIDADES DETRAZADORES ENTRE POZOS

1.3.1 Historia

Las pruebas con trazadores entre pozos fueron inicialmente desarrolladas para rastrear el movimiento de las aguas subterráneas a principio de 1900, y fueron ignorados por la industria del petróleo hasta mediados de 1950.

De ahí en adelante los ingenieros de petróleos han comenzado a ejecutar pruebas con trazadores químicos para determinar el flujo de los fluidos en los yacimientos con inyección de agua. Para esa época, un método sencillo de análisis cualitativo era la única técnica disponible para analizar los datos de las pruebas con trazadores.

En 1965 Brigham y Smith, fueron los primeros que desarrollaron un modelo semi-analítico, para predecir los tiempos de irrupción y los picos de concentración de los trazadores para un patrón de inyección de 5 puntos (five-spot pattern). En este estudio ellos asumían que los trazadores se movían radialmente desde el inyector hacia los productores a través de capas homogéneas, con dispersión longitudinal en la dirección de flujo. El número de las capas, espesor y permeabilidad de las capas fue utilizado para representar la heterogeneidad del yacimiento.

Luego en 1984, refinó su primer modelo y dió una solución analítica a las ecuaciones de flujo con dispersión longitudinal. Después de la publicación de estos dos importantes estudios, un buen número de pruebas con trazadores sobre estos modelos fue reportado.

1.3.2 ¿Qué es un trazador entre pozos?

Los trazadores son compuestos químicos que, disueltos en agua o en gas, se inyectan en los pozos inyectoros y se obtienen por medio de muestreo en los pozos productores, para obtener mejores descripciones de las características de los yacimientos. Se pueden usar en procesos de recuperación secundaria y terciaria, durante pruebas piloto de nuevas obras de inyección de fluidos y cuando se desee evaluar cualquier proyecto de inyección.

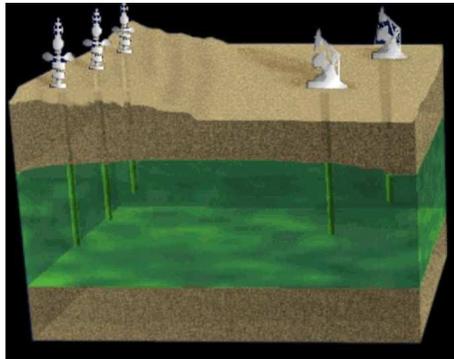


Figura 5. Esquema de pozos inyectoros y productores

Los trazadores entre pozos deben tener las siguientes características:

- Que no afecte la salud del personal
- Que sea seguro ecológicamente
- Que no reaccione con la formación, conexiones o tubulares.
- Que tenga concentraciones ambientales insignificantes en los fluidos del yacimiento.
- Que no tienda a mantenerse en el yacimiento.
- Que sea estable en condiciones de inyección, yacimiento y producción.
- Que pueda ser detectado a bajas concentraciones.
- Que no tenga problemas en su manejo e inyección o si los tiene que sean mínimos.

- Que su costo sea aceptable.

Las pruebas con trazadores químicos permiten detectar ciertas características de los yacimientos, difíciles de determinar por otros medios, tales como dirección preferencial de flujo, comunicación vertical y horizontal entre los pozos y las areniscas, evaluar la eficiencia de barrido de cada fluido inyectado, canalización, zonas inundadas, estratificación, distribución de permeabilidad y heterogeneidades del yacimiento.

Los trazadores, además, ayudan a identificar problemas de inyección y a determinar las velocidades relativas de los fluidos que se inyectan en los pozos. También se usan para determinar la saturación de crudo residual y para diseñar tratamientos conducentes a mejorar la eficiencia de barrido durante un proceso de inyección de gas.

1.3.3 Tipos de trazadores entre-pozos

La mayoría de estos trazadores entre pozos (*IWT*), pueden ser químicos o radioactivos.

Trazadores Fase Agua: Materiales que tienen alta solubilidad en agua y/o exhiben propiedades de flujo en el yacimiento que son muy similares a las del agua.

Trazadores Fase Hidrocarburo: Materiales que tienen alta solubilidad en hidrocarburos y baja solubilidad en agua, y tienden a viajar con los hidrocarburos en el yacimiento.

Trazadores Fase Gas: Materiales que exhiben extremadamente baja solubilidad en agua e hidrocarburos, y tiende a viajar con la fase gas en el yacimiento.

Trazadores Fase Múltiple (*partitioning*): Materiales que exhiben cierto o algún grado de solubilidad en fases de hidrocarburo y acuosa. Principalmente utilizada para la determinación in-situ de la saturación de aceite.

Ejemplos de Trazadores Químicos Fase Gas e Hidrocarburos

- Gases Inertes (nitrógeno, argón, helio, neón)
- Hexafluoruro de Azufre (SF₆)
- Compuestos Cíclicos Perfluorinados (PFCs)

PDMCB: perfluorodimethylcyclobutane
PMCP: perfluoromethylcyclopentane
PMCH: perfluoromethylcyclohexane
PDMCH: perfluorodimethylcyclohexane (o, m, p)
PTMCH: perfluorotrimethylcyclohexane
PECH: perfluoroethylcyclohexane
IPPCH: isopropylperfluorocyclohexane

Ejemplos de Trazadores Radiactivos Fase Agua

- Agua Tritiada (HTO)
- Hexacianuro de Cobalto (Co(CN)₆)-3
- Thiocyanato Etiquetado (¹⁴CNS⁻)
- Sodio -22 (²²Na⁺)
- Alcoholes Tritiados (C₃H₃OH)
- Acetonas Tritiadas

1.3.4 Propiedades para seleccionar trazadores químicos

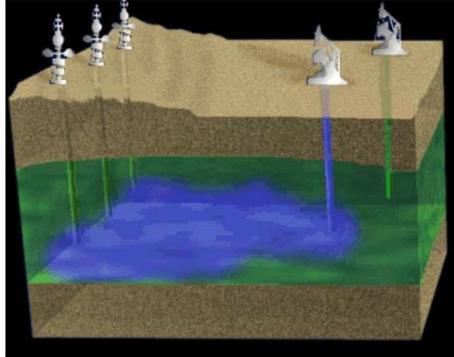


Figura 6. Esquema de trazador invadiendo formación

Para seleccionar los trazadores más indicados se deben tener en cuenta las siguientes características o propiedades que de cada uno se requieren para cerciorarse de que sean realmente efectivos y que no efectúen daños al yacimiento.

Deben ser inmunes a las bacterias y químicamente estables; muy solubles, de alta difusión molecular; y no deben ser absorbidos por la formación ni por las tuberías. Particularmente, en el caso de trazadores radioactivos, se debe conocer su tiempo medio de vida a fin de mantener control adecuado sobre el balance de masas del proceso.

No deben alterar la mineralogía ni las propiedades físico-químicas de los fluidos de las formaciones productoras, ni estar presentes naturalmente en el yacimiento. Y deben ser solubles, al menos en una de las fases presentes en las formaciones productoras.

No deben ser detectables por métodos corrientes de análisis, ya que así se garantiza que la cantidad de trazador inyectada y su tipo específico sean las variables principales a controlar en el proceso.

Más aún, los trazadores deben estar disponibles en el mercado local a bajo costo y ser de alto grado de pureza.

Además, para evaluar la viabilidad económica de las pruebas es necesario determinar los gastos relacionados con el transporte del material hasta el lugar de inyección, la recolección de las muestras y su manejo, y el costo de los análisis de laboratorio y de su correspondiente interpretación.

1.3.5 Información que puede ser obtenida de un programa de trazadores entre pozos

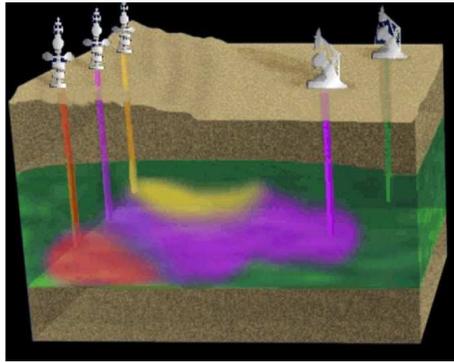


Figura 7. Esquema de trazadores avanzando irregularmente

Un programa de trazadores entre pozos puede llevarse a cabo para múltiples propósitos, y su diseño varía de acuerdo a la información que se desea obtener, como por ejemplo:

- Eficiencia volumétrica del barrido.
- Tendencias direccionales de flujo.
- Delineación de barreras del flujo.
- Eficiencia relativa de barrido de los fluidos inyectados.
- Evaluación de tratamientos para mejorar el barrido.
- Determinación de saturación de aceite o agua residual.
- Investigación de invasión de fluidos de perforación y/o pérdida de aceite durante operaciones de toma de núcleos.

A continuación, se resaltaré alguna información que puede ser obtenida de un programa de trazadores entre pozos; cada una de estas se desarrollan en un marco de tiempo de acuerdo con su diseño y objetivos. Por ejemplo si lo que se quiere es establecer comunicación entre pozos, entonces una vez que el trazador es detectado en las muestras colectadas de todos los pozos productores, el proyecto termina satisfactoriamente por que se han detectado los trazadores y con esto se establece la comunicación entre inyectores y productores.

- **Comunicación directa**

La evaluación de la comunicación tan solo esta basada en la detección del trazador. Si un trazador es detectado en una muestra colectada de un pozo productor, entonces esto es un indicativo de una comunicación directa entre el pozo inyector y el productor.

Sin embargo, el tiempo de tránsito del trazador y la concentración del trazador puede estar relacionada con heterogeneidad del yacimiento. Es importante notar que la evaluación de la comunicación directa obtenida del programa de trazadores entre pozos no debería suministrar información confusa de la trayectoria real del fluido en el yacimiento. Además, si el objetivo del proyecto es únicamente evaluación de comunicación, una vez el trazador es detectado en las muestras recolectadas de todos los pozos productores el programa puede ser terminado.

- **Homogeneidad o Heterogeneidad**

La heterogeneidad de formación es evaluada de la curva de respuesta del trazador. Por ejemplo, si el trazador es detectado un tiempo después de la inyección y su concentración gradualmente aumenta hasta un punto máximo, y luego disminuye gradualmente hasta cero con el tiempo formando una curva en forma de campana, esto indica que la formación es homogénea. Ver figura 8. Donde se observa que la concentración del trazador aumenta gradualmente hasta una concentración máxima aproximadamente de 350 ppb (partes por billón), y luego empieza a disminuir gradualmente hasta una concentración de cero formando una curva de concentración en forma de campana.

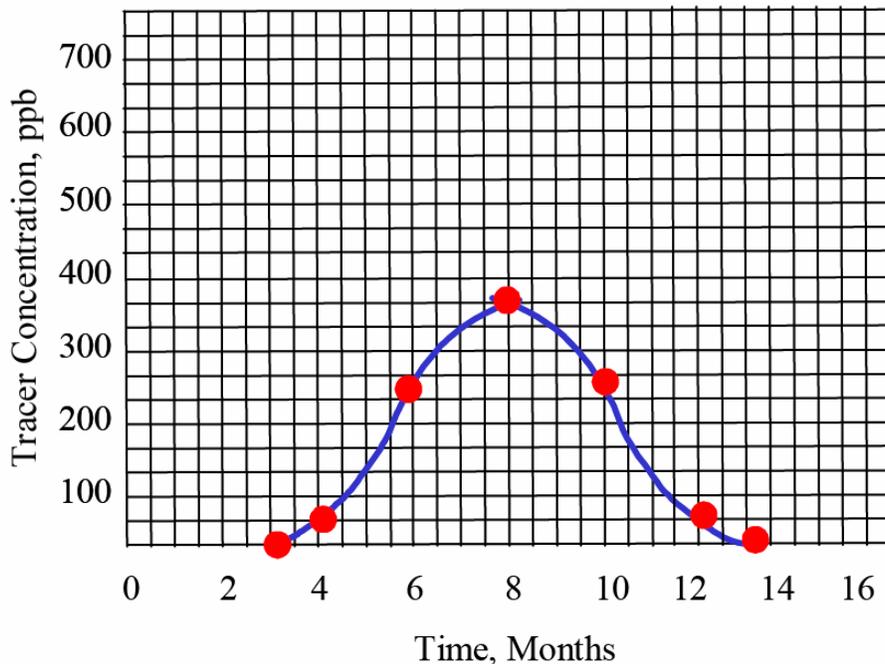


Figura 8. Curva de concentración representando un yacimiento homogéneo. Tomado del paper SPE 93241 Gas Flood-Flow Pattern Evaluation, Mesozoic Chiapas-Tabasco Basin Field Revisited.

Por otra parte, si la concentración del trazador se aproxima a un valor máximo y disminuye hasta cero en un periodo de tiempo corto después de la fecha de la inyección, esto indica que hay un canal de alta permeabilidad entre el pozo inyector y el pozo productor. Ver figura 9.

Figura 9. Curva de concentración representando canalización del agua de inyección

Para comprender lo anterior, considérese un canal de alta permeabilidad entre el pozo inyector y el productor. Cuando el trazador es inyectado, este se desplaza radialmente desde el pozo inyector hasta el pozo productor. Cuando el frente de avance alcanza el canal de alta permeabilidad, este se mueve a una velocidad mucho mayor hacia el final del canal. Esto causa que el desplazamiento del trazador alcance el pozo productor mas rápido, y por eso se observa una concentración de trazador alta en el pozo productor, que disminuye abruptamente. La porción de trazador que se fue por fuera del canal de alta permeabilidad, alcanza el pozo productor incrementando nuevamente la concentración de este en las muestras.

El primer pico de concentración del trazador, representa la existencia de un canal de alta permeabilidad. Intuitivamente, varios picos de concentración de trazador representan la existencia de canales de múltiples permeabilidades. Ver figura 10.

Es importante notar que si el volumen de fluido en un canal de alta permeabilidad es bajo y si la frecuencia de muestreo lejana, el trazador puede llegar e irse sin ser detectado. Por lo tanto, entre mas muestras sean analizadas, mas definida será la curva de concentración del trazador y de ahí que un análisis mas comprensivo de las heterogeneidades de la formación pueda ser realizado. Si el objetivo del programa de trazado es evaluar heterogeneidades en la formación, el análisis de las muestras debe continuar por largo tiempo después de la última muestra analizada con concentración cero, esto para asegurarse que la onda del trazador ha venido y se ha ido.

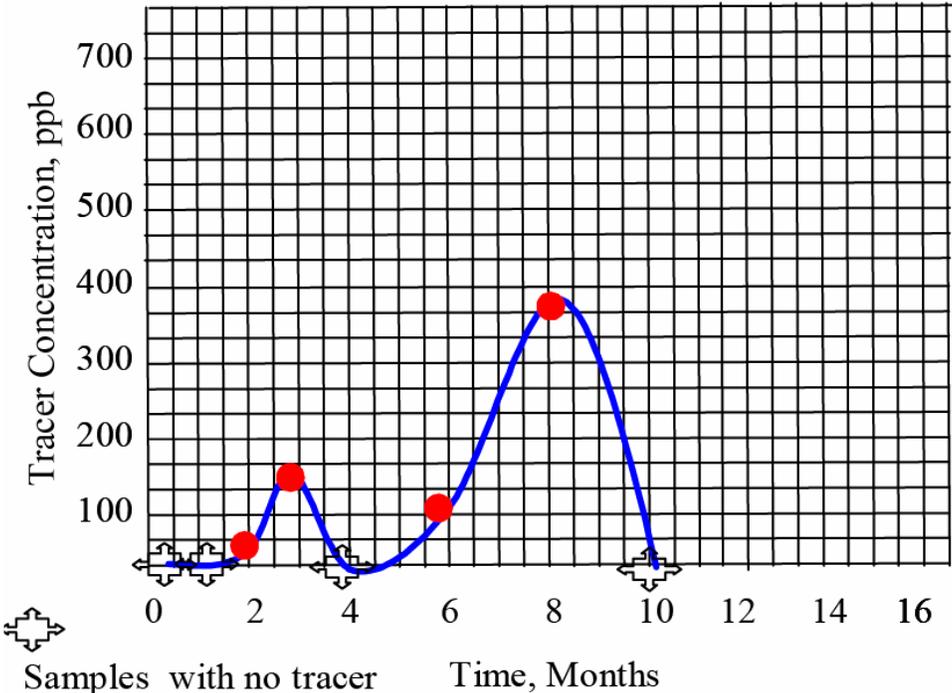


Figura 10. Curva de concentración representando zonas de multiple permeabilidad. Tomado del paper SPE 93241 Gas Flood-Flow Pattern Evaluation, Mesozoic Chiapas-Tabasco Basin Field Revisited.

- **Eficiencia de barrido**

Cuando el fluido es inyectado en un pozo inyector y producido por un pozo productor, las líneas dinámicas y la distribución de presión se desarrollan entre el pozo inyector y el productor. En un patrón simétrico convencional, una línea de flujo recta conecta los dos pozos con el gradiente de presión más alto. Como resultado, el fluido inyectado a través de esta línea de flujo alcanza el pozo productor antes que el fluido que se mueve por las otras líneas de flujo; esto causa que solo una parte del yacimiento esté contactado por el fluido inyectado. Sin embargo, la mayoría de los yacimientos exhiben anisotropía en permeabilidad, y por lo tanto el fluido de inyección se mueve con un patrón irregular tanto horizontal como verticalmente en el yacimiento dependiendo del gradiente de presión local.

El área contactada por el fluido inyectado se define como eficiencia de barrido areal, mientras que el volumen poroso contactado por el fluido inyectado es llamado, eficiencia de barrido volumétrico. La eficiencia de barrido volumétrica puede ser calculada de un programa de trazado. Si este es el objetivo del programa, el análisis de las muestras debe continuar hasta que la concentración del trazador sea cero, para generar una curva de trazador completa. Para calcular la eficiencia de barrido, se necesita un promedio diario del fluido de inyección y producción durante la vida del proyecto. Además, una prueba de adsorción en laboratorio utilizando ripios de la formación se debe realizar para calcular el coeficiente de adsorción.

- **Estratificación**

La estratificación puede ser evaluada de un programa de trazado. Debido a las variaciones en permeabilidad, la cual es comúnmente exhibida en una curva de trazador completa. Por ejemplo, si la concentración del trazador se aproxima a un pico máximo y gradualmente alcanza la concentración cero antes del segundo pico, esto es indicativo de dos capas de permeabilidad diferente.

Figura 11. Curva de concentración real representando estratificación.
Tomado del paper SPE 81005 Gas Flood-Flow Pattern Evaluation, A
successful interwell field study

En la figura 11 se observa como la concentración del trazador aumenta abruptamente hasta casi 10000 ppt (partes por trillón), y luego vuelve a disminuir rápidamente hasta un valor de cero, luego transcurre un tiempo y se inicia nuevamente otro pico de concentración del trazador hasta casi

8000ppt y disminuye en poco tiempo a valores cercanos a cero. Con la aparición de estos dos picos de concentración se determina que existen dos capas de permeabilidad diferente.

Si este el objetivo del un programa de trazadores entre pozos es determinar estratificación, entonces se debe generar una curva completa de trazador.

- **Saturación de aceite residual**

La saturación de aceite residual es un parámetro esencial a obtener en la evaluación de recobro terciario. Varios métodos están disponibles para determinar la saturación de aceite residual. Estas técnicas pueden ser, historia de producción, pruebas de inyección de laboratorio, análisis de núcleos y pruebas de trazadores entre pozos. Cada técnica tiene sus ventajas y desventajas. Las pruebas de trazadores entre pozos debido a su amplia y variable profundidad de investigación, y generalmente libre de afección por la cercanía al pozo, es superior a todos los otros métodos.

1.3.6 Movimiento de los trazadores

El movimiento de trazadores puede ser dividido en dos categorías generales

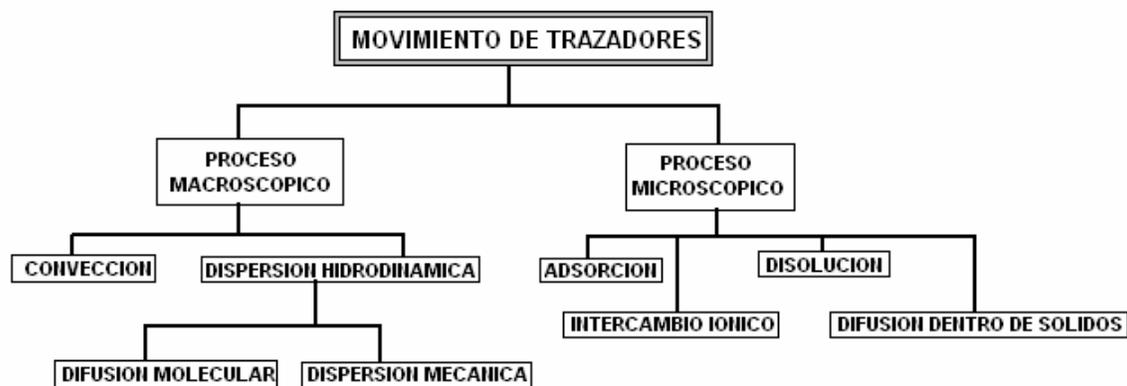


Figura 12. Movimiento de los trazadores

- (1) Proceso Macroscópico
- (2) Proceso Microscópico

El proceso macroscópico incluye dos fenómenos, convección y dispersión hidrodinámica. La convección es debida al movimiento general de los fluidos causado por diferencias de densidad natural o gradientes de presión.

La dispersión hidrodinámica esta compuesta de dos partes, la difusión molecular y la dispersión mecánica.

La difusión molecular resulta de gradientes de concentración establecida entre dos fluidos miscibles.

La dispersión mecánica es el resultado del movimiento de partículas individuales del fluido a través de canales tortuosos en un medio poroso. Estos procesos macroscópicos son causados por heterogeneidades del yacimiento o por el medio poroso y propiedades de la composición del fluido.

El proceso microscópico incluye adsorción, intercambio iónico, disolución y difusión dentro de sólidos. Estos procesos son debidos a cambios químicos o físicos en el trazador y conllevan a la retención del mismo en el yacimiento.

1.3.7 Detección de trazadores químicos

- **¿Como se detectan los trazadores entre pozos?**

Mediante el uso de un equipo de cromatografía de gas ajustada y espectrometría. Cada trazador puede ser distinguido en una muestra de agua. Ya que todos ellos son de una familia, pueden ser detectados mediante un mismo análisis.

- **¿Cuales son los límites de detección?**

La familia de los trazadores entre pozos puede ser detectada a concentraciones tan bajas como 5 partes por trillón (ppt), bajo condiciones ideales de laboratorio, y tan bajas como 50 ppt bajo la mayoría de las aplicaciones de campo. La concentración mínima detectable real de trazador para cualquier programa dado, será determinada de las investigaciones de laboratorio utilizando una muestra de agua de producción real del campo.

- **¿Son los trazadores entre pozos seguros?**

La seguridad es un tema de gran relevancia ya sea en el transporte o en el manejo de los trazadores. Los IWT son especialmente mezclados, luego estos pueden ser transportados sin mayores requerimientos de equipos espaciales ni montajes. Como con cualquier químico, se deben tomar ciertas precauciones en la manipulación e inyección del trazador, además este debe realizarse por personal entrenado. Estos tendrán una concentración mínima, diluida hasta el punto que el manejo es seguro.

1.3.8 Uso de los trazadores químicos

¿Cuándo se usan los trazadores entre-pozos?

- Durante las etapas piloto de los nuevos proyectos de inyección para recuperación secundaria.
- Cuando los problemas operacionales comienzan a ocurrir, tal como, una inesperada irrupción de agua.
- Cuando se evalúan varios mecanismos de recuperación terciaria.
- Cuando se evalúan diferentes tratamientos realizados.
- Durante cualquier proyecto de recuperación, para evaluar el progreso del proyecto y ayudar en la anticipación de problemas potenciales

1.3.9 Recolección de muestras de trazadores entre-pozos

1. Las muestras se toman de pozos productores adyacentes a los inyectores con períodos regulares para medir su contenido de trazador.
2. Las muestras deberán ser tomadas de la cabeza del pozo cada vez que sea posible o en su defecto, siempre en el mismo sitio.
3. Las muestras son tomadas con mayor frecuencia inmediatamente después de que el trazador es inyectado y con menor frecuencia cada que se incrementa el tiempo desde la inyección.
4. La cantidad de muestra requerida varía dependiendo del tipo de trazador.
5. Se requiere de especial cuidado para evitar la contaminación de las muestras durante la inyección y la recolección.

1.3.10 Ventajas y desventajas entre trazadores químicos y trazadores radioactivos

Trazadores químicos

Ventajas:

- Materiales que son relativamente más económicos.
- Los ácidos benzoicos tienen los límites de detección más bajos de todos los trazadores químicos, por lo tanto la mayoría de los programas requiere solo pequeñas cantidades de estos materiales.
- La mayoría de las veces no se requieren permisos o licencias especiales para transporte, importación e inyección.
- Estos materiales son fáciles de manejar, mezclar e inyectar en el campo y no requieren equipos especiales.

Desventajas:

- Los límites de detección son generalmente mayores comparados con los trazadores radioactivos, excepto los ácidos benzoicos.
- Bajo ciertas condiciones de diseño, tales como espesor del estrato o amplio espaciamiento entre pozos, grandes cantidades de químico serán requeridos para obtener la concentración mínima analizable. El costo asociado con el transporte de esa cantidad a la locación, el tiempo del mezclado con el fluido base, y la inyección del químico en el pozo aumentarán el costo.
- Las bacterias en un yacimiento, cercanías del pozo, disminuirán la vida efectiva de algunos trazadores químicos, tales como los alcoholes.
- Altas temperaturas de yacimiento pueden tener un efecto negativo en la estabilidad de algunos trazadores químicos, limitando su uso a programas de corta duración.

Trazadores radioactivos

Ventajas:

- Tienen niveles de detección extremadamente bajos, de ahí que menos trazador radioactivo será necesitado para el programa que con trazadores químicos. Esto mejorará el manejo y transporte del trazador, especialmente en locaciones remotas y costa afuera.
- Son muy seguros en las cantidades utilizadas ya que su nivel de detección es muy bajo y muchos de estos trazadores son emisores beta o de baja energía gamma.

Desventajas:

- Los materiales radioactivos son más riesgosos que los químicos.
- Únicamente personal entrenado y certificado puede manipularlos.
- Se requieren licencias y permisos especiales en algunas áreas para importar y bombear estos materiales.
- El costo de los materiales radioactivos normalmente es mayor que el de los materiales químicos en base de peso.
- Retrasos de tiempo (meses) en la inyección puede afectar la cantidad de material radioactivo requerido, especialmente en materiales con vida media corta.

1.3.11 Costos de un programa de trazadores

1.3.11.1 Parámetros de campo y de yacimiento que afectan el costo de un programa de trazado entre pozos.

- Espaciamiento entre pozos: Entre mayor sea la distancia entre pozos, mayor será la cantidad de material trazador requerido debido a efectos de disolución en el yacimiento y deterioro del trazador.
- Rata de producción e inyección: A mayores ratas de producción e inyección, mas rápidamente fluirá el material trazador y por lo tanto, menos material trazador es requerido para el programa.
- Espesor del intervalo: Los requerimientos de material trazador se incrementan en intervalos de gran espesor.
- Saturación actual, en la formación, de la fase en la que se inyecta el trazador: A mayor saturación de la fase a ser trazada (agua, gas o hidrocarburo), mayor es el requerimiento de material trazador. Esto se debe a un incremento en la disolución del material trazador en el yacimiento a medida que aumenta la saturación de la fase trazada.
- Distribución vertical kh en el yacimiento: La distribución vertical de los valores kh, tienen una gran influencia en el tiempo de irrupción (Inicial Tracer Breakthrough ITBT). El ITBT, es un parámetro de diseño primario utilizado en la determinación de la cantidad de trazador que será inyectado. A mayor heterogeneidad de la distribución vertical kh, menos trazador se requiere para producir una concentración detectable en el ITBT.

1.3.11.2 ¿Cual es el costo de utilizar un trazador entre pozos?

Es mucho más que solo el costo de la materia prima del trazador. El costo de un IWT trazador entre pozos se define como la sumatoria de los siguientes costos:

- Costo del material trazador.
- Costo del transporte del material trazador a la locución del pozo.
- Costo de todas las licencias y permisos requeridos.
- Costo del mezclado e inyección del material trazador.
- Costo de los recipientes, recolección, manejo, y envío de las muestras.
- Costo del análisis de las muestras.

2. PROGRAMA DE MUESTREO Y ANALISIS EN MATACHIN NORTE

El campo incluye 5 pozos inyectoros, y 8 pozos productores de monitoreo.

Pozos inyectores	Pozos productores
VEN-001	VEN-004H
VEN-003	VEN-005H
VEN-011	VEN-006H
VEN-016	VEN-007
REV-003	VEN-008H
	VEN-009
	VEN-012H
	VEN-014

Tabla 2. Pozos inyectoros y productores del área de estudio.

El objetivo del programa de trazado es evaluar la comunicación entre pozos, inyectando trazadores químicos en los pozos inyectoros y tomando muestras en los pozos productores.

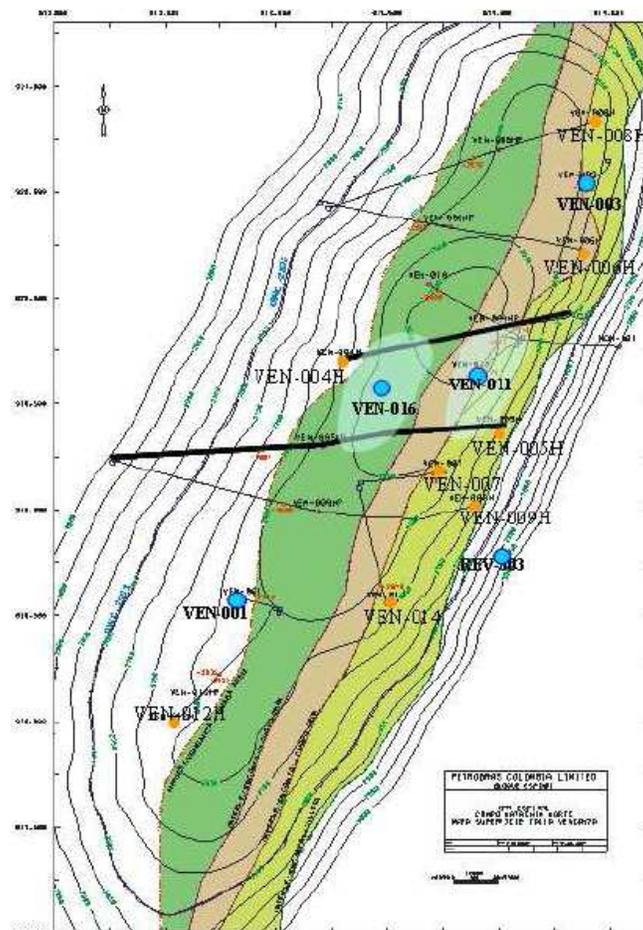


Figura 13. Campo matachín norte, mostrando pozos inyectoros y productores.

2.1 SIMULACIÓN DEL YACIMIENTO

Las propiedades del yacimiento fueron utilizadas en un simulador 3-D black oil, para simular el movimiento de los trazadores en el yacimiento, para obtener la cantidad de trazador químico requerido para la inyección de cada uno, y estimar el tiempo de irrupción. El modelo asume un coeficiente de variación de permeabilidad Dykstra-Parsons de 0.65, el cual es una medida de la no uniformidad de un conjunto de datos.

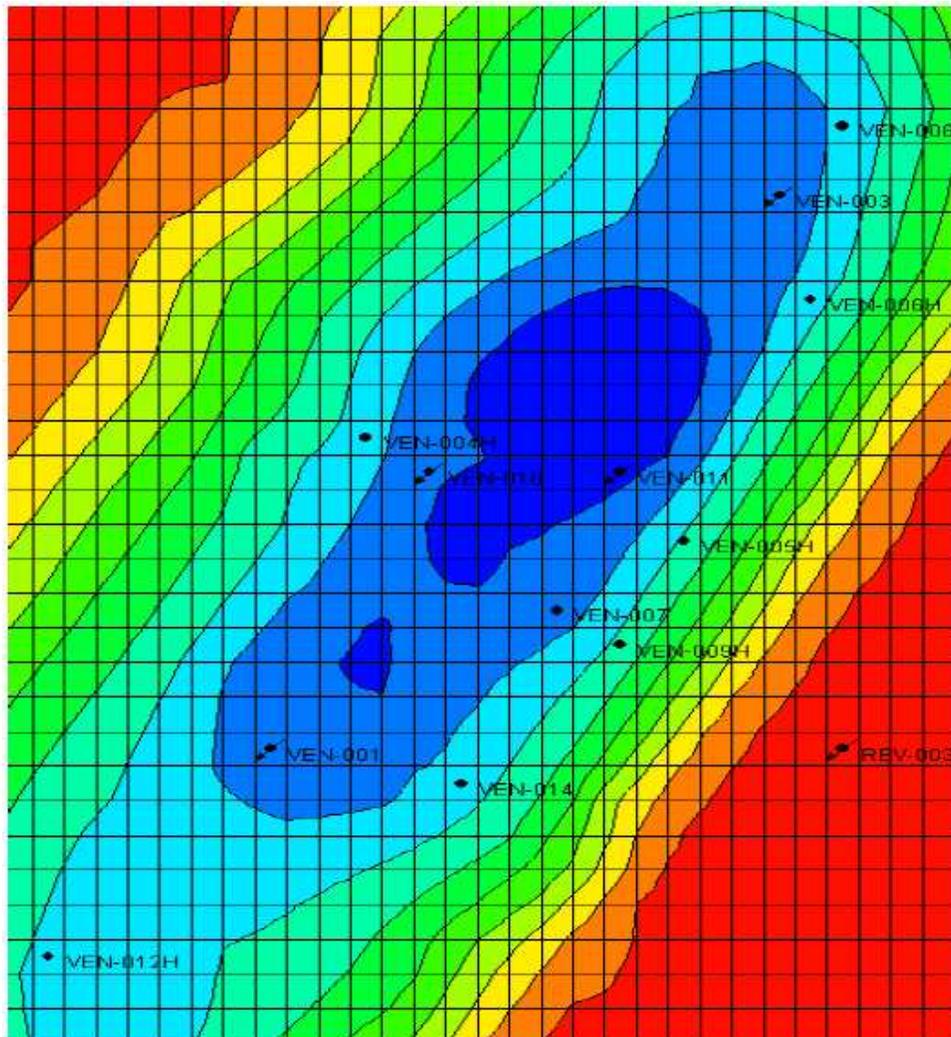


Figura 14. Modelo del mapa estructural

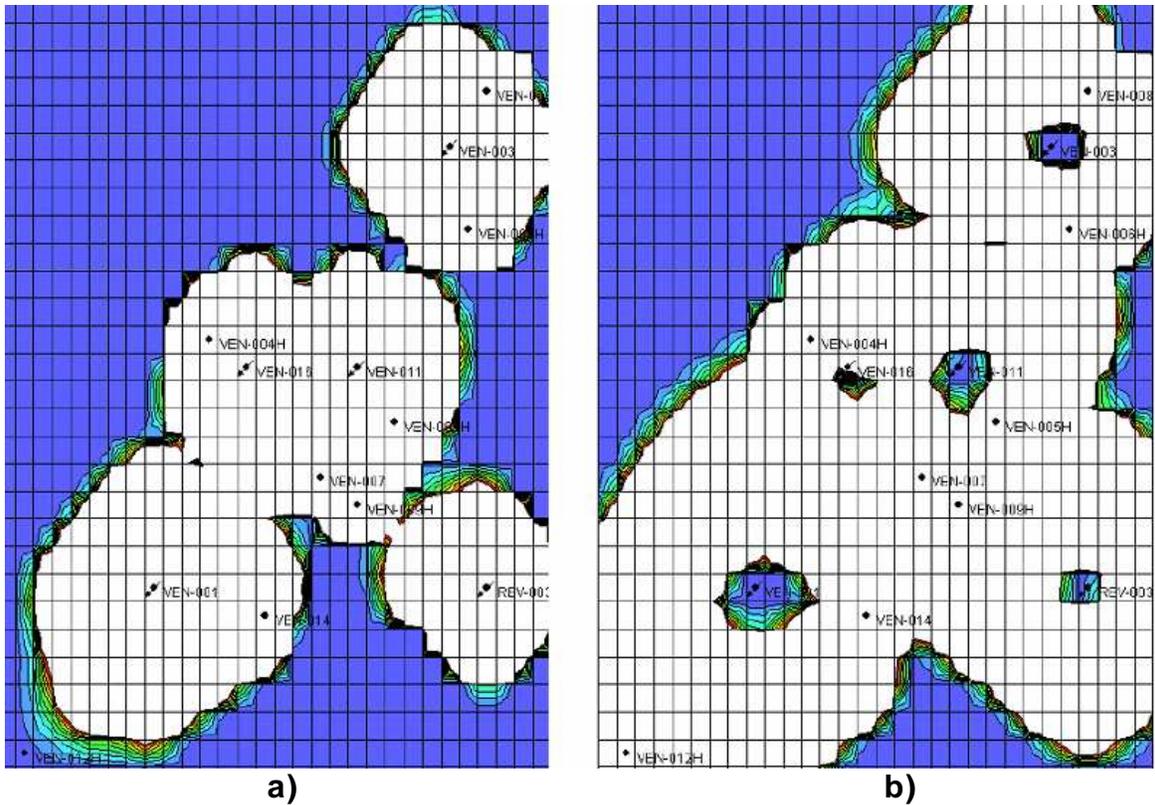


Figura 15. Movimiento de los trazadores químicos. **a)** Después de 2 meses de inyección. **b)** Después de 12 meses de inyección.

Los tiempos de irrupción de los trazadores estimados, son obtenidos del simulador y se presentan en la tabla 3. Sin embargo, es importante notar que el movimiento de los y los tiempos de irrupción de los trazadores obtenidos del simulador son bajo condiciones simplificadas extremas que podrían dar tiempos de irrupción diferentes a los reales.

Production well	Breakthrough time, Month
VEN-004H	1
VEN-005H	1
VEN-006H	1
VEN-007	1
VEN-008H	1
VEN-009H	1
VEN-012H	6
VEN-014	1

Tabla 3. Tiempos de irrupción de los trazadores estimados por la simulación

2.2 CANTIDAD Y TIPO DE TRAZADOR QUIMICO

Cuando se diseña un trabajo de trazado y se calcula la cantidad de trazador requerido, un factor de seguridad es utilizado en el diseño de todas las incertidumbres tales como espesor neto, porosidad, fluctuaciones en la rata de inyección durante la vida del proyecto, distancias entre los pozos inyectoros y productores, etc. El factor de seguridad no solo se utiliza para tener en cuenta lo anterior, sino también para asegurar todo el volumen de poro disponible a ser llenado con el trazador a una concentración mayor a las del límite de detección. Por lo tanto si el trazador no se observa después de un largo tiempo, no se debe pensar que el trazador inyectado no fue suficiente. Los largos tiempos de irrupción pueden ser debido a heterogeneidades en la formación. Aquí hay un numero de diferentes (Interwell Water Tracers) IWT disponibles. Estos trazadores tienen características químicas únicas que los hacen detectables individualmente. Es posible detectarlos a concentraciones tan bajas como 50 partes por trillón.

En la tabla 4, se muestran las cantidades y nombres de trazadores químicos que se contemplaron para el programa, pero hasta la fecha solo se han inyectado el trazador IWT 1700 en el pozo inyector VEN 001, y el IWT 1900, en el pozo inyector VEN 003.

Well ID	Layer	Chemical Tracer Type	Chemical tracer, kg
VEN-016	1	IWT-1000	6.3
	2	IWT-1100	6.3
	3	IWT-1200	6.3
VEN-011	1	IWT-1400	6.3
	2	IWT-1500	6.3
	3	IWT-1600	6.3
VEN-001	1	IWT-1700	9.6
VEN-003	1	IWT-1900	12.1
REV-003	1	IWT-2000	12.1

Tabla 4. Cantidades de trazador a inyectar

3.3 PROGRAMA DE MUESTREO Y ANÁLISIS

A continuación se presenta el programa diseñado para el muestreo y análisis de las muestras tomadas en los pozos productores. Se puede notar, que la frecuencia de muestreo es mayor a la de análisis, pero cuando se detecta el trazador, se analizan muestras anteriores para obtener mejores tiempos de irrupción de los trazadores y también una curva de concentración del trazador más detallada.

Después de la inyección del trazador, se propuso coleccionar una muestra por pozo diaria y analizar una muestra por pozo cada 5 días durante las 2 primeras semanas, para un total de 15 muestras coleccionadas y 3 muestras analizadas por pozo.

Para la semana 3 y 4, se propuso coleccionar una muestra por pozo cada 3 días y analizar una por pozo cada semana, para un total de 5 muestras coleccionadas y 2 muestras analizadas por pozo.

Desde la semana 5 hasta la 26 se propuso coleccionar una muestra semanal por pozo y analizar 1 muestra cada 15 días.

A partir de la semana 27 hasta finalizar, se coleccionará 1 muestra por pozo semanal y se analizará 1 muestra mensual por pozo.

Production wells	During the first 2 weeks		During the weeks of 3 and 4		During the weeks 5 to 26		During the weeks of 27 to 52	
	Collection	Analysis	Collection	Analysis	Collection	Analysis	Collection	Analysis
	one per well per day	one per well every 5 days	One per 3 days	One per week	one per well per week	One per well every 2 weeks	One per well every week	One per well every month
VEN-004H	15	3	5	2	21	10	26	6
VEN-005H	15	3	5	2	21	10	26	6
VEN-006H	15	3	5	2	21	10	26	6
VEN-007	15	3	5	2	21	10	26	6
VEN-008H	15	3	5	2	21	10	26	6
VEN-009	15	3	5	2	21	10	26	6
VEN-012H	15	3	5	2	21	10	26	6
VEN-014	15	3	5	2	21	10	26	6
Total	120	24	40	16	168	80	208	48
Pre-injection	8	8						
Total collected during the first month			128					
Total analyzed during the first month			32					
Total collected during 12 months			544					
Total analyzed during 12 months			176					

Tabla 5. Programa de muestreo y análisis.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 INYECCIÓN DE LOS TRAZADORES



Figura 16. Aspecto del trazador con el agua de inyección

El procedimiento de inyectar los trazadores químicos entre pozos IWT-1700, y el IWT-1900, para este caso particular fue sencillo, debido a que la sustancia química a inyectar es considerada no riesgosa, de fácil transporte, no considera riesgo de fuego y para mayor información vease fichas técnicas de los trazadores en los anexos del documento.



Figura 17. Completando el volumen de químico a inyectar con agua de formación

Se recibieron 12.66 kilos del trazador químico IWT-1900, este venía previamente preparado en 4 canecas con capacidad para 60 litros cada una. Luego con agua de formación tomada de una de las boquillas de inyección se completó el volumen de cada una de las canecas para obtener un volumen total de inyección de 240 litros listo para inyectar. Igualmente se hizo para los 10.85 kilos del trazador IWT-1700.

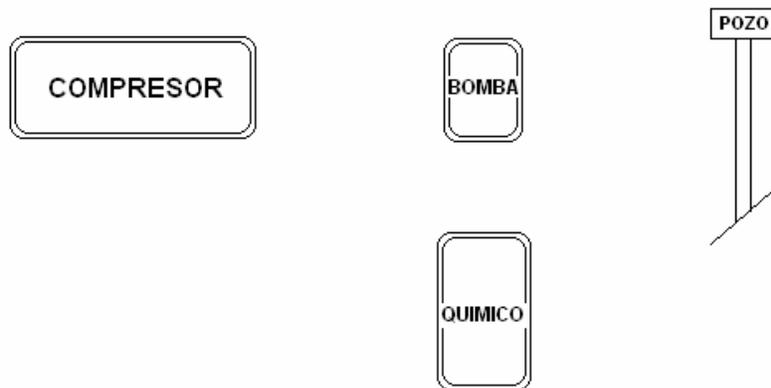


Figura 18. Esquema del Montaje para la inyección del químico

La bomba de “*by pass*” marca Checkpoint, con cilindro de ½ pulgada, funciona cuando el compresor le suministra presión, y esta a su vez bombea el químico trazador. La presión a la salida de la bomba se empieza a regular (aumentar) hasta que sea mayor a la presión en cabeza del pozo. Para este caso la presión a superar fue de 2100 psi.



Figura 19. Inyección en marcha.

Una vez empezó la inyección a ejecutarse se tomó el tiempo inicial y final, registrándose tiempo o duración de la inyección de 9 horas para el IWT-1900. Con esto se deduce que el caudal de inyección del trazador fue de 26 litros/hora aproximadamente.

3.2 TOMA DE LAS MUESTRAS

Los datos de mayor relevancia en las etiquetas de las muestras deben ser los siguientes:

Nombre compañía operadora: PETROBRAS COLOMBIA LTD
Nombre del campo: MATACHIN NORTE
Pozo productor: (nombre del pozo)
Fecha de muestreo: (dd/mm/aa)



Figura 20. Recipientes etiquetados para la toma de muestras

Las muestras deben ser tomadas con mucha disciplina, de acuerdo al cronograma de muestreo programado. Las garrafas tienen una capacidad de 1 litro, y deben estar limpias en el momento de la toma de la muestra para evitar que la muestra se contamine con otra sustancia.

3.3 REPORTE DEL ANALISIS DE LAS MUESTRAS

Monitoring well	Sample Date	Elapsed time, days	IWT-1000 ppt	IWT-1100 ppt	IWT-1200 ppt	IWT-1400 ppt	IWT-1500 ppt	IWT-1600 ppt	Elapsed time, days	IWT-1700 ppt	Elapsed time, days	IWT-1900 ppt
Venganza-04H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	25-Apr-08								9	N.D.	8	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
Venganza -05H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
Venganza-06H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
Venganza-07	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
Venganza -08H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	20-Apr-08								4-Jan-00	N.D.	3-Jan-00	N.D.
	23-Apr-08								7-Jan-00	N.D.	6-Jan-00	N.D.
	26-Apr-08								10-Jan-00	N.D.	9-Jan-00	N.D.
venganza-9H	19-Apr-08								3-Jan-00	N.D.	3-Jan-00	N.D.
	21-Apr-08								5-Jan-00	N.D.	5-Jan-00	N.D.
	24-Apr-08								8-Jan-00	N.D.	8-Jan-00	N.D.
	27-Apr-08								11-Jan-00	N.D.	11-Jan-00	N.D.
Venganza-12H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3-Jan-00	N.D.	2-Jan-00	N.D.
	21-Apr-08								5-Jan-00	N.D.	4-Jan-00	N.D.
	24-Apr-08								8-Jan-00	N.D.	7-Jan-00	N.D.
	27-Apr-08								11-Jan-00	N.D.	10-Jan-00	N.D.
Venganza-14	19-Apr-08								3-Jan-00	N.D.	2-Jan-00	N.D.
	21-Apr-08								5-Jan-00	N.D.	4-Jan-00	N.D.
	24-Apr-08								8-Jan-00	N.D.	7-Jan-00	N.D.
	27-Apr-08								11-Jan-00	N.D.	10-Jan-00	N.D.

Tabla 6. Reporte del análisis del muestreo hasta el mes de abril.

Monitoring well	Sample Date	Elapsed time, days	IWT-1000 ppt	IWT-1100 ppt	IWT-1200 ppt	IWT-1400 ppt	IWT-1500 ppt	IWT-1600 ppt	Elapsed time, days	IWT-1700 ppt	Elapsed time, days	IWT-1900 ppt
Venganza-04H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	25-Apr-08								9	N.D.	8	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	16	N.D.
12-May-08								26	N.D.	25	N.D.	
Venganza -05H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	16	N.D.
12-May-08								26	N.D.	25	N.D.	
Venganza-06H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	1-May-08								15	N.D.	14	N.D.
3-May-08								23	N.D.	22	N.D.	
Venganza-07	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	16	N.D.
9-May-08								23	N.D.	22	N.D.	
Venganza -08H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	20-Apr-08								4	N.D.	3	N.D.
	23-Apr-08								7	N.D.	6	N.D.
	26-Apr-08								10	N.D.	9	N.D.
	1-May-08								15	N.D.	14	N.D.
	9-May-08								23	N.D.	22	N.D.
Venganza-9H	19-Apr-08								3	N.D.	3	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	5	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	8	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	11	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	17	N.D.
	12-May-08											
Venganza-12H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	16	N.D.
12-May-08								26	N.D.	25	N.D.	
Venganza-14	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	16	N.D.
	12-May-08								26	N.D.	25	N.D.

Tabla 7. Reporte del análisis del muestreo hasta el mes de mayo

Monitoring well	Sample Date	Elapsed time, days	IWT-1000 ppt	IWT-1100 ppt	IWT-1200 ppt	IWT-1400 ppt	IWT-1500 ppt	IWT-1600 ppt	Elapsed time, days	IWT-1700 ppt	Elapsed time, days	IWT-1900 ppt
Venganza-04H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	25-Apr-08								9	N.D.	8	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	16	N.D.
	12-May-08								26	N.D.	25	N.D.
	20-May-08								34	N.D.	33	N.D.
	3-Jun-08								48	N.D.	47	N.D.
	17-Jun-08								62	N.D.	61	N.D.
	1-Jul-08								76	N.D.	75	N.D.
	15-Jul-08								90	N.D.	89	N.D.
	29-Jul-08								104	N.D.	103	N.D.
	5-Aug-08								111	N.D.	110	N.D.
19-Aug-08								125	N.D.	124	N.D.	
2-Sep-08								139	N.D.	138	N.D.	
Venganza -05H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	16	N.D.
	12-May-08								26	N.D.	25	N.D.
	20-May-08								34	N.D.	33	N.D.
	3-Jun-08								48	N.D.	47	N.D.
	17-Jun-08								62	N.D.	61	N.D.
	1-Jul-08								76	N.D.	75	N.D.
	15-Jul-08								90	N.D.	89	N.D.
	29-Jul-08								104	N.D.	103	N.D.
	5-Aug-08								111	N.D.	110	N.D.
19-Aug-08								125	<50	124	N.D.	
2-Sep-08								139	<50	138	N.D.	
Venganza-06H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	1-May-08								15	N.D.	14	N.D.
	9-May-08								23	N.D.	22	N.D.
	20-May-08								34	N.D.	33	N.D.
	3-Jun-08								48	N.D.	47	N.D.
	17-Jun-08								62	N.D.	61	N.D.
	1-Jul-08								76	N.D.	75	N.D.
	15-Jul-08								90	N.D.	89	N.D.
	29-Jul-08								104	N.D.	103	N.D.
	5-Aug-08								111	N.D.	110	N.D.
19-Aug-08								125	N.D.	124	N.D.	
2-Sep-08								139	<50	138	N.D.	
Venganza-07	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	16	N.D.
	9-May-08								23	N.D.	22	N.D.
	20-May-08								34	N.D.	33	N.D.
	3-Jun-08								48	N.D.	47	N.D.
	17-Jun-08								62	N.D.	61	N.D.
	1-Jul-08								76	N.D.	75	N.D.
	15-Jul-08								90	N.D.	89	N.D.
	29-Jul-08								104	N.D.	103	N.D.
	5-Aug-08								111	N.D.	110	N.D.
19-Aug-08								125	N.D.	124	<50	
2-Sep-08								139	N.D.	138	<50	

Continúa en la página siguiente...

Venganza -08H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	20-Apr-08								4	N.D.	3	N.D.
	23-Apr-08								7	N.D.	6	N.D.
	26-Apr-08								10	N.D.	9	N.D.
	1-May-08								15	N.D.	14	N.D.
	9-May-08								23	N.D.	22	N.D.
	20-May-08								34	N.D.	33	N.D.
	3-Jun-08								48	N.D.	47	N.D.
	17-Jun-08								62	N.D.	61	N.D.
	1-Jul-08								76	N.D.	75	N.D.
	15-Jul-08								90	N.D.	89	N.D.
	29-Jul-08								104	N.D.	103	N.D.
	5-Aug-08								111	N.D.	110	N.D.
	19-Aug-08								125	N.D.	124	N.D.
2-Sep-08								139	N.D.	138	N.D.	
Venganza-9H	19-Apr-08								3	N.D.	3	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	5	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	8	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	11	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	17	N.D.
	12-May-08								26	N.D.	26	N.D.
	20-May-08								34	N.D.	34	N.D.
	3-Jun-08								48	N.D.	48	N.D.
	17-Jun-08								62	N.D.	62	N.D.
	1-Jul-08								76	N.D.	76	N.D.
	15-Jul-08								90	N.D.	90	N.D.
	29-Jul-08								104	N.D.	104	N.D.
	5-Aug-08								111	N.D.	111	N.D.
	19-Aug-08								125	N.D.	125	N.D.
2-Sep-08								139	N.D.	139	N.D.	
Venganza-12H	3-Mar-08		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		N.D.
	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	16	N.D.
	12-May-08								26	N.D.	25	N.D.
	20-May-08								34	N.D.	33	N.D.
	3-Jun-08								48	N.D.	47	N.D.
	17-Jun-08								62	N.D.	61	N.D.
	1-Jul-08								76	N.D.	75	N.D.
	15-Jul-08								90	N.D.	89	N.D.
	29-Jul-08								104	N.D.	103	N.D.
	5-Aug-08								111	N.D.	110	N.D.
19-Aug-08								125	N.D.	124	N.D.	
2-Sep-08								139	N.D.	138	N.D.	
Venganza-14	19-Apr-08								3	N.D.	2	N.D.
	21-Apr-08								5	N.D.	4	N.D.
	24-Apr-08								8	N.D.	7	N.D.
	27-Apr-08								11	N.D.	10	N.D.
	3-May-08								17	N.D.	16	N.D.
	12-May-08								26	N.D.	25	N.D.
	20-May-08								34	N.D.	33	N.D.
	3-Jun-08								48	N.D.	47	N.D.
	17-Jun-08								62	N.D.	61	N.D.
	1-Jul-08								76	N.D.	75	N.D.
	15-Jul-08								90	N.D.	89	N.D.
	29-Jul-08								104	N.D.	103	N.D.
	5-Aug-08								111	N.D.	110	N.D.
	19-Aug-08								125	N.D.	124	N.D.
2-Sep-08								139	N.D.	138	N.D.	

Tabla 8. Reporte del análisis del muestreo hasta el mes de agosto

3.4 RESULTADOS Y TRAZADORES DETECTADOS

El trazador químico *IWT-1700 inyectado en venganza 001*, fue detectado en los pozos VENGANZA 005H Y VENGANZA 006H a concentraciones inferiores a 50ppt, estas son concentraciones muy bajas que se consideran únicamente cualitativas y solo se menciona la detección pero no se puede cuantificar la concentración en partes por trillón.

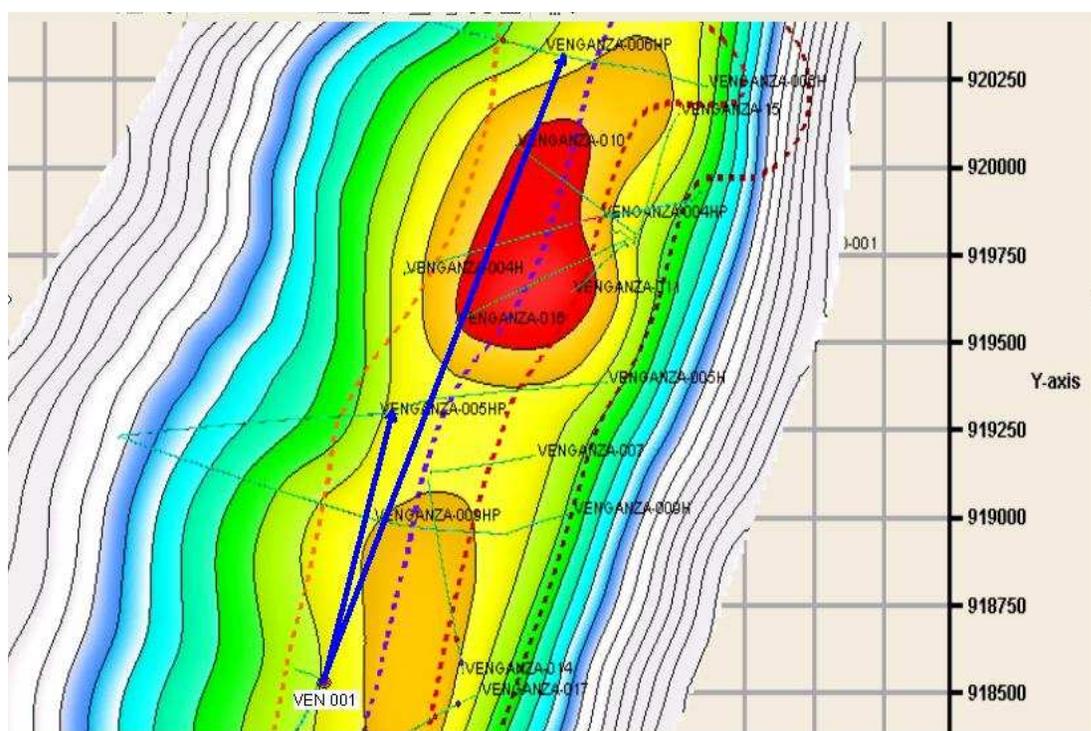


Figura 21. Pozos donde fue detectado el IWT-1700

Se puede observar que el pozo Vengaza 006H está a mayor distancia del pozo VEN 001, sin embargo el trazador se detectó en ambos pozos, en VEN 005 y VENH 006h casi al mismo tiempo. Significa que el pozo venganza 006H está más influenciado que el pozo venganza 005H por el pozo venganza 001. Se puede notar a continuación en las siguientes graficas, que el comportamiento del pozo VEN 006H está al parecer, íntimamente ligado a la inyección en el pozo VEN 001.

a)

b)

Figura 22. Correlación entre **a)** La grafica de producción del pozo VEN 006H, y **b)** La grafica de inyección del pozo VEN 001.

En la figura 22a se observa la historia de producción del pozo VEN 006H, donde se observan 4 escalas, L1 y L2 a la izquierda y R1 y R2 a la derecha.

Los valores de L1 son para línea negra que representa el fluido total, los valores de L2 corresponden a la línea café que muestra solo el aceite producido. La escala R1 es para la línea azul que representa el BSW, y R2 es la escala de la línea verde que representa la sumergencia efectiva de la bomba.

En la figura 22b se muestran las variaciones en el caudal de inyección del pozo VEN 001, desde el año 2003 hasta parte del año 2008.

Entre el año 2003 y 2005, la cantidad del agua inyectada en VEN 001 se fue aumentando, y en el pozo VEN 006H, y se nota como la curva del BSW aumenta igualmente mientras el aceite producido disminuye.

Durante el año 2006 la inyección en VEN 001 se disminuyó, y en la grafica de producción del pozo VEN 006H se observa que también disminuye el BSW, mientras el aceite producido aumenta.

Para el periodo del 2007, se vuelve a incrementar la rata de inyección en VEN 001, y de nuevo el BSW en el pozo VEN 006H se dispara y se nota que el caudal de aceite disminuye.

Con las anteriores graficas y la detección del trazador IWT-1700 queda corroborado que el pozo VEN 001, tiene alta influencia sobre el pozo VEN 006H.

Aunque hay más pozos productores donde debería detectarse el trazador y este no se ha detectado, no se debe pensar que no hay conectividad. El trazador puede tomar mayor tiempo en presentarse debido a la heterogeneidad de la formación.

El trazador químico **IWT-1900 inyectado en venganza 003**, fue detectado en el pozo VENGANZA 007 a los 124 días después de su inyección, con una concentración inferior a 50ppt, por lo tanto es una concentración muy baja y por este motivo se considera únicamente cualitativa.

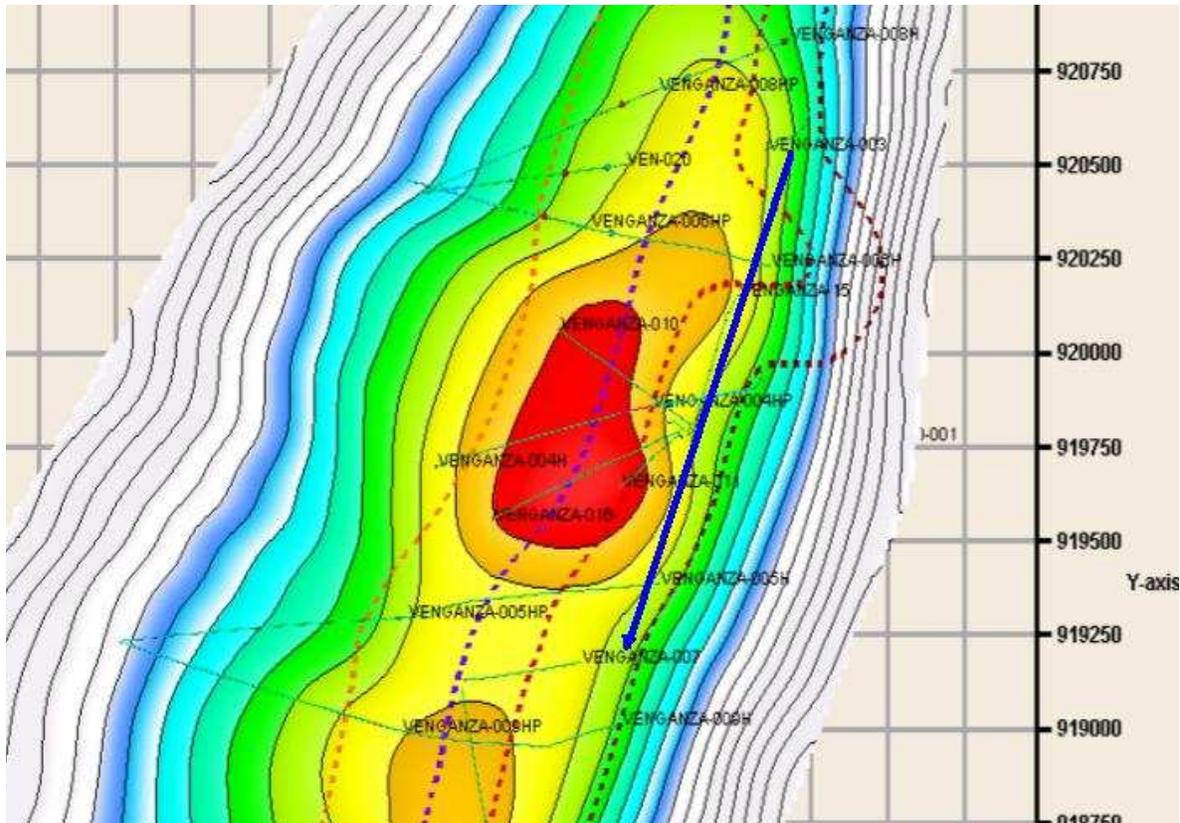


Figura 23. Pozo donde fue detectado el IWT-1900

Hasta el momento, solo se puede decir que el pozo inyector VEN 003 tiene comunicación directa con el pozo VEN 007, debido a que el trazador solo se ha presentado en este pozo. Estos dos pozos tanto el inyector como el productor están completados en el miembro de arenas inferiores, y aunque la irrupción de los trazadores, estimados en la simulación, se esperaba después de 1 mes; esta ha ocurrido después de 4 meses de inyectado el trazador indicando que la formación no es tan simplificada como se pensaba para la simulación.

4. CONCLUSIONES

Debido a que no se presentó en los pozos productores ninguna irrupción temprana de los trazadores inyectados en los pozos VEN 001 y VEN 003, se puede verificar que no existen canalizaciones del agua de inyección a través de zonas de alta permeabilidad que estén afectando la eficiencia de barrido del agua.

Sabiendo que los trazadores entre pozos son la única manera directa para determinar comunicación entre pozos; se confirma así la conectividad entre el pozo inyector VEN 001 y el pozo productor VEN 006H, y la conectividad con el pozo VEN 005H, debido a la detección del IWT 1700 en estos. Sin embargo esto no significa que no exista conectividad con los demás pozo productores, pues el trazador puede tardar mayor tiempo en aparecer debido a heterogeneidades en la formación. Ver figura 21.

El comportamiento de la grafica de producción del pozo VEN 006H, y la grafica de la inyección del pozo VEN 001 de la figura 22, se correlacionan perfectamente, aparentemente indicando la influencia del pozo inyector sobre el productor; sin embargo en ocasiones se tienen graficas de diferentes pozos con caudal de inyección similares, en estos casos no se podría determinar cual es el pozo inyector la que realmente esta influenciando algún pozo productor. Pero con la detección del trazador IWT 1700, queda corroborada la alta influencia del pozo VEN 001 sobre el pozo VEN 006H.

Queda verificada la comunicación directa entre el pozo inyector VEN 003, y el pozo productor VEN 007, con la irrupción del trazador IWT-1900. De los pozos productores que pinchan el miembro de arenas inferiores hasta la fecha, después de 4 meses de inyección del trazador, el pozo VEN 007 es el único en el que se muestra el trazador. Ver figura 23.

De acuerdo con la simulación; se esperaba irrupción del trazador en la mayoría de los pozos productores, un mes después de su inyección. ver tabla 3. Luego de 4 meses tan solo se ha detectado el IWT-1700 en 2 pozos, y el IWT-1900 en 1 pozo. Con esto se clarifica, que las arenas de la formación Guadalupe no son tan homogéneas y simplificadas como se pensó para la simulación. La cercanía de un pozo con otro no es garantía de mayor influencia entre pozos como se observó con el trazador inyectado en el pozo inyector VEN 001, ya que el pozo VEN 006, esta a mayor distancia que el VEN 005, sin embargo el pozo VEN 001 tiene mayor influencia sobre el VEN 006 que sobre el pozo VEN 005.

Los pozos en los cuales se detectaron los trazadores, quedan identificados como los pozos sobre los que los inyectores tienen mayor influencia. Con esta información los ingenieros de yacimientos, pueden analizar y modificar las ratas de inyección del agua, en busca de las ratas ideales de inyección.

5. RECOMENDACIONES

Continuar hasta culminar con el muestreo y análisis de los trazadores químicos entre pozos tal y como se diseñó el programa, para obtener las curvas de concentración de los trazadores químicos, y de esa manera lograr un mayor entendimiento de las heterogeneidades del yacimiento.

Es importante que después de que la concentración del trazador empieza a disminuir a tal grado que parece terminarse, se siga monitoreando durante algún tiempo, puesto que en ocasiones este vuelve a aparecer y se registran nuevos picos indicando la presencia de un mayor número de zonas con diferente permeabilidad.

Seguir etiquetando correctamente los recipientes que albergan las muestras para no tener problemas o confusiones. Y realizar un purgado apropiado de estos recipientes para no tener contaminación de las muestras.

Las muestras deben ser guardadas ya que, en ocasiones se necesita analizar otras muestras, además luego de terminado el proyecto se recomienda que las muestras sean guardadas aproximadamente durante 6 meses.

BIBLIOGRAFIA

- ✚ Pizarro, J. and Souza O. " Three-Dimensional Modeling of Structurally Complex Reservoirs: The Revancha Field Case " Paper SPE71636 New Orleans, Louisiana, 30 September–3 October 2001.
- ✚ Mercado M., Asadi M. and Martinez B. "Gas flood flow pattern evaluation: Mesozoic Chiapas Tabasco Basin Field Revisited" Paper SPE 93241. Rio de Janeiro, Brazil. 20-23 June 2005.
- ✚ Brigham, W.E., and Smith, D.H "Prediction of Tracers Behavior in Five-Spot Flow," Paper SPE 1130 presented at the 1965 SPE Production Research Symposium, Tulsa. Mayo 3-4
- ✚ Abbaszadeh-Dehghan, M and Brigham, W.E "Analysis of Well-to-Well Tracer Flow for Determine Reservoir Layering" Journal of Petroleum Technology. 1984 October.
- ✚ Lichtenberg, G.L., "Field Application of Interwell Tracers for Reservoir Characterization of EOR pilot areas" paper SPE 31652 presented at the 1991, Production Operation Symposium. Oklahoma April 7-9
- ✚ Wagner, O.R Baker, L.E and Scott, G.R., "The Design and Implementation of Multiple Tracers Programs for Multi-fluid Multi-well Injection Projects" paper SPE 5125 presented at SPE AIME 49th Annual Fall Meeting, Houston TX, October 6-9 1974.
- ✚ Ford, W.O.J, "Some Case Histories of Remedial Work Resulting from Water Tracer Surveys" paper SPE 1429. Journal of Petroleum Technology . July 1966

- ✚ Hutchins, R.D., Dovan, H.T, and Sandiford, B.B., “Aqueous Tracers for Oil Field Applications” paper SPE 21049 Presented at SPE International Symposium on Oil Field Chemistry. Anaheim, California. Febrero 1991
- ✚ Dugstad, O., Aurdal T., and Galdigal, C., and Torgersen H.J., “Application of tracers to Monitor Fluid Flow in The Snorre Field: A Field Study”paper SPE 54627 presented at the 1999 SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas. October 3-4
- ✚ Buckley, S.E and Leverett, M.C., “Mechanism of Fluid Displacement in Sands” Trans. AIME 146: 107-11, 1942
- ✚ Cheung, S., Edwards A. and Howard, J. “A Novel Approach to Interwell Tracer Design and Field Case History” paper SPE 56610 Presented at The 1999 SPE Annual Technical Conference and Exhibition. October 3-6.

✚ **Páginas de internet.**

- ✚ http://www.petroleo.com/pi/secciones/PI/ES/MAIN/IN/ARCHIVO/1995_2000/doc_31141_HTML.html?idDocumento=31141
- ✚ <http://ojeito.com/TrazadoresIWT.htm>
- ✚ <http://www.noldor.com.ar/noldorweb/detalles/recsec800.htm>
- ✚ <http://www.corelab.com/protechnics/tracers/tracers.asp>

ANEXOS

ANEXO 1. Ficha Técnica del trazador entre pozos IWT-1700.

SpectraFlood® Inter-Well Water Flood Tracers

SpectraFlood® Inter-Well Water Flood Tracers

MSDS Number: 1700-IWT, Effective: August 22, 2002
IWT 1700

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

- 1.1. Sinónimos: NINGUNO
- 1.2. CAS No.: Ver abajo
- 1.3. Peso molecular: Ver abajo
- 1.4. Formula Química: Privada
- 1.5. Código de Producto: IWT 1700

2. INFORMACION COMPOSICION

Ingrediente	CAS No	Porcent	Riesgoso
Privado	Privado	98+%	No

3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

3.1. Revisión de emergencia
PERJUDICIAL SI SE SUMINISTRA VIA ORAL, RESPIRATORIA O ABSORBIDO POR LA PIEL.

3.2. Efectos en la salud
Perjudicial si se suministra vía oral, respiratoria o absorbido por la piel. El vapor o la bruma irritan los ojos, membranas mucosas y vías respiratorias. Las propiedades físicas químicas y toxicológicas no han sido investigadas rigurosamente.

3.3. Primeros Auxilios
En caso de contacto, inmediatamente lavar los ojos o la piel con abundante agua al menos durante 15 minutos mientras se remueve la ropa y zapatos contaminados. Si se inhala, salir al aire fresco. Si no se puede respirar, dar respiración artificial. Si se dificulta respirar, dar oxígeno. Llamar un medico. Lavar las prendas contaminadas antes de usar de Nuevo.

4. MEDIDAS CONTRA EL FUEGO

4.1. Fuego:

No se considera con riesgo de fuego.

4.2. Explosión:

Puede causar fuego y explosión cuando entra en contacto con materiales incompatibles.

4.3. Medio para extinguir el fuego:

Spray de agua, Dióxido de Carbono, polvo químico seco, alcohol o espuma de polímero.

4.4. Información especial:

Utilizar aparatos de respiración y ropa de protección para evitar contacto con la piel y los ojos. Emite humo tóxico en condiciones de fuego. Descomposición térmica puede producir CO₂, CO y HF.

4.5. Medidas de prevención

Utilizar un respirador apropiado, botas de caucho y guantes de caucho fuertes. Absorber con arena y ubicar en un contenedor cerrado para disposición. Ventilar el área y lavar el sitio del derrame después de recoger el material por completo.

4.6. Método de disposición de residuos:

Disolver o mezclar el material con un solvente combustible y quemarlo en un incinerador químico equipado con scrubber. Cumplir todas las leyes federales, estatales y locales.

5. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Mantener en un contenedor cerrado. Proteger contra daños físicos. Almacenar en un área fresca y seca, lejos de Fuentes de calor, humedad e incompatibilidades. No almacenar con aluminio o magnesio.

Utilizar respirador apropiado por NIOSH/MSHA, guantes resistentes a químicos, gafas de seguridad. Tomar una ducha prolongada, igualmente lavar los ojos.

No respirar el vapor. El vapor es riesgoso. No llevar a los ojos, o piel, o ropa. Es irritante. Lavarse prolongadamente después de su manipulación.

6. CONTROL A EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL

6.1. Límite de exposición aerotransportada:

6.1.1. OSHA Límite de Exposición Permisible (PEL):

Información no encontrada.

6.1.2. ACGIH Valor del Límite del Umbral (TLV):

Información no encontrada.

6.1.3. Sistema de ventilación:

Un sistema de escapes locales y/o generales se recomienda para limitar las exposiciones de los empleados. Ventilación de escape local es generalmente preferida.

6.1.4. Respiradores Personales aprobados por NIOSH:

Un respirador de mitad de cara debe usarse. Un respiradote de cara completa puede ser usado. Para emergencias o casos donde los niveles de exposición son desconocidos, ADVERTENCIA: Los respiradores purificadores de aire, no protegen a los trabajadores en ambientes de oxígeno deficiente.

6.1.5. Protección de la piel:

Utilizar ropa de protección impermeable, como botas, guantes, batas de laboratorio, delantales, para prevenir el contacto con la piel.

6.1.6. Protección de los ojos:

Utilizar gafas de seguridad y/o mascararas de cara completa. Mantener un lavaojos en el área de trabajo.

7. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

7.1. Apariencia:

Polvo blanco o sólido cristalino.

7.2. Olor:

Sin Olor.

7.3. Solubilidad:

Información no encontrada.

7.4. pH:

N. A.

7.5. % Volátiles por volumen @ 21°C (70°F):

Información no encontrada.

7.6. Punto de ebullición:

Información no encontrada.

7.7. Punto de fusión:

188-190°C

7.8. Presión de vapor (mm Hg):

Información no encontrada.

7.9. Rata de evaporación (BuAc = 1):

Información no encontrada.

8. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

8.1. Estabilidad:

Estable bajo condiciones ordinarias de uso y almacenamiento.

8.2. Productos de la descomposición:

Descomposición termal puede producir CO, CO₂, HF.

8.3. Riesgos de polimerización:

No se conoce ocurrido.

8.4. Incompatibilidades:

8.4.1. Ácidos fuertes.

8.4.2. Bases fuertes.

8.4.3. Agentes oxidantes fuertes.

8.4.4. Agentes reductores fuertes

8.5. Condiciones a evitar:

Calor, humedad, incompatibles.

9. INFORMACION TOXICOLOGICA

Información no encontrada.

10. INFORMACION ECOLOGICA

10.1. Destino Ambiental:

Información no encontrada.

10.2. Toxicidad ambiental:

Información no encontrada.

10.3. Consideraciones para disposición

Cualquiera que no pueda ser guardada para recobro o reciclaje debe ser manejada de manera apropiada, en instalaciones de desechos aprobadas. Aunque no este en la lista RCRA, este material puede exhibir una o más características de desechos peligrosos y requiere análisis apropiado. Los requerimientos de disposición específicas. El procesamiento, uso o contaminación de este producto, las opciones del manejo de residuos. Regulaciones de disposiciones locales y estatales pueden diferir de las federales.

11. INFORMACION DE TRANSPORTE

CLASIFICADO COMO NO RIESGOSO.

12. INFORMACION REGULATORIA

12.1. Estado de inventario químico - Parte 1

Ingrediente	TSCA	EC	Japón	Australia
Privado IWT 1700	No	No	No	No

12.2. Estado de inventario químico - Parte 2

Ingrediente	Corea	DSL	NDSL	Phil.
Privado IWT 1700	No	No	No	No

12.3. Regulaciones Federales, Estatales e Internacionales - Parte 1

Ingrediente	RQ	TPQ	SARA	302	SARA	313	Cat.
			List		Químico.		
Privado IWT 1700	No	No	No		No		

12.4. Regulaciones Federales, Estatales e Internacionales - Parte 2

Ingrediente	CERCLA	RCRA 261.33	TSCA 8(d)
Privado IWT 1700	No	No	No

12.5. Convención de Armas Químicas

Convención de Armas Químicas:	No
TSCA 12(b):	No
CDTA:	No
SARA 311/312:	
Agudo:	No
Crónico:	No
Fuego:	No
Presión:	No
Reactividad:	No

13. WHMIS:

Este MSDS ha sido preparado de acuerdo con los criterios de riesgo de Regulaciones de Productos Controlados (CPR) y el MSDS contiene toda la información requerida por el CPR.

14. OTRA INFORMACION

14.1. Clasificación NFPA:

Salud: 3 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 1

14.2. ETIQUETA DE ADVERTENCIA DE RIESGO:

ENVENENAMIENTO! PELIGRO! RIESGOSO O FATAL SI SE TRAGA O INHALA.

14.3. Etiqueta de precauciones:

No llevar a los ojos, o piel o ropa. No respirar la bruma. Utilizar solo con adecuada ventilación.

Mantenga el contenedor cerrado. Lavar prolongadamente después de manipular

14.4. Etiqueta de primeros auxilios:

Si se traga, INDUCIR EL VOMITO. Suministrar grandes cantidades de agua. Nunca suministrar algo oral a una persona inconsciente. En caso de contacto, inmediatamente lavar los ojos o la piel con suficiente agua durante al menos 15 minutos mientras se remueve la ropa o zapatos contaminados. Lavar la ropa antes de usar de nuevo. Si se inhala salir al aire fresco. Si no se puede respirar, dar respiración artificial. Si se dificulta respirar, dar oxígeno. Llamar un médico. Lavar las prendas contaminadas antes de usar de Nuevo.

14.5. Uso del Producto:

Trazador de Yacimientos de Petróleo.

15. REVISION DE INFORMACION:

Secciones del MSDS cambiadas desde la última revisión del documento:
Ninguna.

16. ABSTENCION:

PROTECHNICS INTERNATIONAL (UNA COMPAÑÍA DE CORELAB) SUMINISTRA LA INFORMACION CONTENIDA AQUI DE BUENA FE, PERO NO SE RESPONSABILIZA DE SU COMPRENSIÓN O PRESICION. ESTE DOCUMENTO SE PROPUSO SOLO COMO GUIA PARA LAS APROPIADAS PRECAUCIONES EN EL MANEJO DEL MATERIAL POR UNA PERSONA ENTRENADA PARA EL USO DEL PRODUCTO. LOS INDIVIDUOS QUE RECIBEN LA INFORMACION DEBEN EJERCITAR SU JUICIO INDEPENDIENTE PARA DETERMINAR SU ADECUACION PARA UN PROPOSITO PARTICULAR. DE ACUERDO CON LO ANTERIOR, PROTECHNICS INTERNATIONAL (UNA COMPAÑÍA DE CORELAB) NO SERA RESPONSABLE POR DAÑOS QUE RESULTEN DEL USO O CONFIANZA EN ESTA INFORMACION.

ANEXO 2. Ficha Técnica del trazador entre pozos IWT1900

SpectraFlood® Inter-Well Water Flood Tracers.

SpectraFlood® Inter-Well Water Flood Tracers

MSDS Number: 1900-IWT, Effective: June 24, 2002

IWT 1900

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

- 1.1. Sinónimos: NINGUNO
- 1.2. CAS No.: Ver abajo
- 1.3. Peso molecular: Ver abajo
- 1.4. Formula Química: Privada
- 1.5. Código de Producto: IWT 1900

2. INFORMACION COMPOSICION

Ingrediente	CAS No	Porcent	Riesgoso
Privado	Privado	98+%	No

3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

3.1. Revisión de emergencia
PERJUDICIAL SI SE SUMINISTRA VIA ORAL, RESPIRATORIA O ABSORBIDO POR LA PIEL.

3.2. Efectos en la salud
Perjudicial si se suministra vía oral, respiratoria o absorbido por la piel. El vapor o la bruma irritan los ojos, membranas mucosas y vías respiratorias. Las propiedades físicas, químicas y toxicológicas no han sido investigadas rigurosamente.

3.3. Primeros Auxilios
En caso de contacto, inmediatamente lavar los ojos o la piel con abundante agua al menos durante 15 minutos mientras se remueve la ropa y zapatos contaminados. Si se inhala, salir al aire fresco. Si no se puede respirar, dar respiración artificial. Si se dificulta respirar, dar oxígeno. Llamar un medico. Lavar las prendas contaminadas antes de usar de Nuevo.

4. MEDIDAS CONTRA EL FUEGO

4.1. Fuego:
No se considera con riesgo de fuego.

4.2. Explosión:
Puede causar fuego y explosión cuando entra en contacto con materiales incompatibles.

4.3. Medio para extinguir el fuego:

Spray de agua, Dióxido de Carbono, polvo químico seco, alcohol o espuma de polímero.

4.4. Información especial:

Utilizar aparatos de respiración y ropa de protección para evitar contacto con la piel y los ojos. Emite humo tóxico en condiciones de fuego. Descomposición térmica puede producir CO₂, CO y HF.

4.5. Medidas de prevención

Utilizar un respirador apropiado, botas de caucho y guantes de caucho fuertes. Absorber con arena y ubicar en un contenedor cerrado para disposición. Ventilar el área y lavar el sitio del derrame después de recoger el material por completo.

4.6. Método de disposición de residuos:

Disolver o mezclar el material con un solvente combustible y quemarlo en un incinerador químico equipado con scrubber. Cumplir todas las leyes federales, estatales y locales.

5. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Mantener en un contenedor cerrado. Proteger contra daños físicos. Almacenar en un área fresca y seca, lejos de Fuentes de calor humedad e incompatibilidades. No almacenar con aluminio o magnesio.

Utilizar respirador apropiado por NIOSH/MSHA, guantes resistentes a químicos, gafas de seguridad. Tomar una ducha prolongada igualmente lavar los ojos.

No respirar el vapor. El vapor es riesgoso. No llevar a los ojos, o piel, o ropa. Es irritante. Lavarse prolongadamente después de su manipulación.

6. CONTROL A EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL

6.1. Limite de exposición aerotransportada:

6.1.1. OSHA Limite de Exposición Permisible (PEL):

Información no encontrada.

6.1.2. ACGIH Valor del Limite del Umbral (TLV):

Información no encontrada.

6.1.3. Sistema de ventilación:

Un sistema de escapes locales y/o generales se recomienda para limitar las exposiciones de los empleados. Ventilación de escape local es generalmente preferida.

6.1.4. Respiradores Personales aprobados por NIOSH:

Un respirador de mitad de cara debe usarse. Un respirador de cara completa puede ser usado. Para emergencias o casos donde los niveles de exposición son desconocidos, **ADVERTENCIA:** Los respiradores purificadores de aire, no protegen a los trabajadores en ambientes de oxígeno deficiente.

6.1.5. Protección de la piel:

Utilizar ropa de protección impermeable, como botas, guantes, batas de laboratorio, delantales, para prevenir el contacto con la piel.

6.1.6. Protección de los ojos:
Utilizar gafas de seguridad y/o mascararas de cara completa. Mantener un lavaojos en el área de trabajo.

7. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

7.1. Apariencia:

Sólido de blanco a blanquecino.

7.2. Olor:

Sin Olor.

7.3. Solubilidad:

Información no encontrada.

7.4. pH:

N. A.

7.5. % Volátiles por volumen @ 21°C (70°F):

Información no encontrada.

7.6. Punto de ebullición:

Información no encontrada.

7.7. Punto de fusión:

85-87°C

7.8. Presión de vapor (mm Hg):

Información no encontrada.

7.9. Rata de evaporación (BuAc = 1):

Información no encontrada.

8. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

8.1. Estabilidad:

Estable bajo condiciones ordinarias de uso y almacenamiento.

8.2. Productos de la descomposición:

Descomposición termal puede producir CO, CO₂, HF.

8.3. Riesgos de polimerización:

No ha ocurrido (reportado).

8.4. Incompatibilidades:

8.4.1. Ácidos fuertes.

8.4.2. Bases fuertes.

8.4.3. Agentes oxidantes fuertes.

8.4.4. Agentes reductores fuertes

8.5. Condiciones a evitar:

Calor, humedad, incompatibles.

9. INFORMACION TOXICOLOGICA

Información no encontrada.

10. INFORMACION ECOLOGICA

10.1. Destino Ambiental:

Información no encontrada.

10.2. Toxicidad ambiental:

Información no encontrada.

10.3. Consideraciones para disposición

Cualquiera que no pueda ser guardada para recobro o reciclaje debe ser manejada de manera apropiada en instalaciones de desechos aprobadas. Aunque no esté en la lista RCRA, este material puede exhibir una o más características de desechos peligrosos y requiere análisis apropiado. Los requerimientos de disposición específicas. El procesamiento, uso o contaminación de este producto, las opciones del manejo de residuos. Regulaciones de disposiciones locales y estatales pueden diferir de las federales.

11. INFORMACION DE TRANSPORTE

CLASIFICADO COMO NO RIESGOSO.

12. INFORMACION REGULATORIA

12.1. Estado de inventario químico - Parte 1

Ingrediente	TSCA	EC	Japón	Australia
Privado IWT 1900	No	No	No	No

12.2. Estado de inventario químico - Parte 2

Ingrediente	Corea	DSL	NDSL	Phil.
Privado IWT 1900	No	No	No	No

12.3. Regulaciones Federales, Estatales e Internacionales - Parte 1

Ingrediente	RQ	TPQ	SARA	302	SARA	313	Cat.
			List		Químico.		
Privado IWT 1900	No	No	No		No		

12.4. Regulaciones Federales, Estatales e Internacionales - Parte 2

Ingrediente	CERCLA	RCRA 261.33	TSCA 8(d)
Privado IWT 1900	No	No	No

12.5. Convención de Armas Químicas

Convención de Armas Químicas:	No
TSCA 12(b):	No
CDTA:	No
SARA 311/312:	
Agudo:	No
Crónico:	No
Fuego:	No
Presión:	No
Reactividad:	No

13. WHMIS:

Este MSDS ha sido preparado de acuerdo con los criterios de riesgo de Regulaciones de Productos Controlados (CPR) y el MSDS contiene toda la información requerida por el CPR.

14. OTRA INFORMACION

14.1. Clasificación NFPA:

Salud: 3 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 1

14.2. ETIQUETA DE ADVERTENCIA DE RIESGO:

ENVENENAMIENTO! PELIGRO! RIESGOSO O FATAL SI SE TRAGA O INHALA.

14.3. Etiqueta de precauciones:

No llevar a los ojos, o piel o ropa. No respirar la bruma. Utilizar solo con adecuada ventilación.

Mantenga el contenedor cerrado. Lavar prolongadamente después de manipular

14.4. Etiqueta de primeros auxilios:

Si se traga, INDUCIR EL VOMITO. Suministrar grandes cantidades de agua. Nunca suministrar algo oral a una persona inconsciente. En caso de contacto, inmediatamente lavar los ojos o la piel con suficiente agua durante al menos 15 minutos mientras se remueve la ropa o zapatos contaminados. Lavar la ropa antes de usar de nuevo. Si se inhala salir al aire fresco. Si no se puede respirar, dar respiración artificial. Si se dificulta respirar, dar oxígeno. Llamar un médico. Lavar las prendas contaminadas antes de usar de Nuevo.

14.5. Uso del Producto:

Trazador de Yacimientos de Petróleo.

15. REVISION DE INFORMACION:

Secciones del MSDS cambiadas desde la última revisión del documento: Ninguna.

16. ABSTENCION:

PROTECHNICS INTERNATIONAL (UNA COMPAÑIA DE CORELAB) SUMINISTRA LA INFORMACION CONTENIDA AQUI DE BUENA FE, PERO NO SE RESPONSABILIZA DE SU COMPRENSIÓN O PRESICION. ESTE DOCUMENTO SE PROPUSO SOLO COMO GUIA PARA LAS APROPIADAS PRECAUCIONES EN EL MANEJO DEL MATERIAL POR UNA PERSONA ENTRENADA PARA EL USO DEL PRODUCTO. LOS INDIVIDUOS QUE RECIBEN LA INFORMACION DEBEN EJERCITAR SU JUICIO INDEPENDIENTE PARA DETERMINAR SU ADECUACION PARA UN PROPOSITO PARTICULAR. DE ACUERDO CON LO ANTERIOR, PROTECHNICS INTERNATIONAL (UNA COMPAÑIA DE CORELAB) NO SERA RESPONSABLE POR DAÑOS QUE RESULTEN DEL USO O CONFIANZA EN ESTA INFORMACION.