

COMPATIBILIDADES E INTERACCIONES

Sección B4

Compatibilidad con fluidos en yacimientos petrolíferos

B4.1	Introducción	2
B4.2	Compatibilidad con otras salmueras de formiato	2
B4.3	Compatibilidad con salmueras de haluros	2
B4.3.1	Salmueras de haluros monovalentes	2
B4.3.2	Salmueras de haluros bivalentes	2
B4.4	Compatibilidad con el agua de mar	4
B4.5	Compatibilidad con base de aceite	4
B4.6	Compatibilidad con lodos de bases de aceite y sintética	4
B4.7	Compatibilidad con fluidos de perforación basados en agua	4
B4.8	Compatibilidad con el metanol	4
B4.9	Compatibilidad con el glicol	4
	Referencias	5

El Manual técnico de formiatos se actualiza de manera continua.
Para verificar si existe una versión más reciente de esta sección, visite el sitio
www.salmuerasdeformiato.com/manual



Specialty Fluids

AVISO Y DESCARGO DE RESPONSABILIDAD. Los datos y las conclusiones que figuran en este documento se basan en trabajos que se consideran confiables; sin embargo, CABOT no puede garantizar y no garantiza que otros obtengan resultados y/o conclusiones similares. Esta información se proporciona para su conveniencia y para fines meramente informativos. No se otorga garantía alguna, ya sea expresa o tácita, en lo relativo a esta información, o cualquier producto al que se refiera. CABOT NO SE HACE RESPONSABLE DE GARANTÍA ALGUNA, EXPRESA O TÁCITA, YA SEA DE COMERCIALIZACIÓN O IDONEIDAD PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR EN CUANTO A (i) LA INFORMACIÓN, (ii) CUALQUIER PRODUCTO O (iii) VIOLACIÓN DE PROPIEDAD INTELECTUAL. Por el presente documento, CABOT no se hace responsable ni acepta responsabilidad alguna, en ningún caso, en caso de daños de cualquier tipo en relación con el uso o la fiabilidad de esta información o de cualquier producto con el que se encuentre relacionada.

© 2009 Cabot Corporation, MA, EE. UU. Todos los derechos reservados. CABOT es una marca comercial registrada de Cabot Corporation.

B4.1 Introducción

Las salmueras de formiato monovalentes usadas como fluidos de construcción de pozos son muy hidrosolubles y de alta densidad. Estas salmueras no contienen iones bivalentes, si bien es normal que se añadan algunos iones de carbonato bivalentes como tampón.

La compatibilidad de las salmueras de formiato con otros fluidos en yacimientos petrolíferos es importante para saber cuándo se necesita un fluido espaciador, para el diseño de los fluidos espaciadores y para el manejo de salmueras de formiato contaminadas con otros fluidos.

B4.2 Compatibilidad con otras salmueras de formiato

Todas las salmueras de formiato monovalentes usadas en yacimientos petrolíferos son muy hidrosolubles y, puesto que las de menor densidad son más baratas que las de alta densidad, es normal mezclar unas con otras. Lo normal es que el formiato de cesio se mezcle con el de potasio, y este último, con el de sodio. También se puede mezclar el formiato de sodio con el de cesio; pero el primero se satura a una densidad mucho menor que la de saturación del formiato de potasio, por lo que esta mezcla requiere más formiato de cesio que una mezcla de formiatos de cesio y de potasio de la misma densidad, de modo que no es rentable. Por consiguiente, lo normal es mezclar solamente el formiato de sodio con el de cesio si por alguna razón no conviene usar el de potasio.

Toda contaminación de una salmuera de formiato con otra no causa ningún problema de compatibilidad ni tampoco precipitación. Sin embargo, la contaminación de una salmuera de formiato de alta densidad con otra de menor densidad reduce la densidad de la salmuera y se necesita más salmuera o polvo de la especie más pesada para restaurar la densidad alta.

La salmuera de formiato de potasio (ponderada con sólidos o no ponderada) es de uso común como fluido espaciador cuando se usa un fluido de formiato de alta densidad que contiene cesio.

B4.3 Compatibilidad con salmueras de haluros

Las salmueras de haluros se usan con regularidad como fluidos de terminación y empaquetadores. Dos tipos de salmueras de haluros se utilizan en yacimientos petrolíferos: salmueras de haluros

monovalentes (cloruro de sodio, cloruro de potasio y bromuro de sodio) y bivalentes (cloruro de calcio, bromuro de calcio, bromuro de zinc y sus mezclas). Aunque algunas combinaciones de salmueras de formiato y haluros no forman precipitados al mezclarlas, se debería tener cuidado porque los iones de haluros, en especial los de cloruro, son muy corrosivos y, por ende, no se deberían mezclar con salmueras de formiato.

B4.3.1 Salmueras de haluros monovalentes

Las tres salmueras de haluros monovalentes son relativamente compatibles con las de formiatos. Las combinaciones que se podrían precipitar se muestran en la tabla 1 para la temperatura ambiental y en la tabla 2 para 70°C (158°F) [1]. Como puede verse, el formiato de sodio es totalmente compatible con todas las salmueras de haluros monovalentes, mientras que el formiato de cesio es compatible con el $NaCl$, KCl y, a temperaturas altas, con el $NaBr$. El formiato de potasio forma precipitados al contacto con todas las salmueras de haluros monovalentes, salvo con niveles de contaminación muy bajos (<10% vol) a ciertas temperaturas. Estas pruebas se realizan con salmueras de formiato sin tampón, con excepción del formiato de cesio, al que se añade un pequeño volumen de tampón. La contaminación de las salmueras de formiato sin tampón por salmueras de haluros monovalentes no causa efectos adversos en el el tampón de carbonato/bicarbonato.

B4.3.2 Salmueras de haluros bivalentes

Las salmueras de formiato bivalentes son menos solubles que las de haluros monovalentes, de modo que se precipita formiato bivalente cuando las salmueras de formiato tienen contacto con salmueras de haluros bivalentes o sus mezclas. Los precipitados son los formiatos de calcio y de zinc. Otros precipitados podrían ser los bromuros de potasio o de cesio, si bien son más solubles que las sales de formiatos bivalentes. En las tablas 1 y 2, se brinda una indicación general del grado de precipitación esperado cuando se contaminan salmueras de formiato sin tampón con salmueras de haluros bivalentes a la temperatura ambiental y a 70°C (158°F), respectivamente [1].

Es importante señalar que cuando una salmuera de haluro bivalente contamina a salmueras de formiato con tampón, el tampón siempre se precipita en la forma de carbonatos de calcio o de zinc. Si ocurre tal contaminación de una salmuera de formiato con tampón, es necesario añadir más tampón de carbonato/bicarbonato hasta que se precipiten todos los iones bivalentes y se restablezca la concentración de tampón deseada.

Tabla 1 Compatibilidad entre las salmueras de formiato concentradas y las de haluros concentradas a la temperatura ambiental (20-25°C [68-77°F]). Las salmueras usadas para las pruebas son: *NaFo* 1.30 g.e. / 10.85 ppg, *KFo* 1.56 g.e. / 13.02 ppg, *CsFo* 2.20 g.e. / 18.36 ppg, *KCl* 1.16 g.e. / 9.68 ppg, *NaCl* 1.20 g.e. / 10.01 ppg, *NaBr* 1.53 g.e. / 12.77 ppg, *CaCl₂* 1.39 g.e. / 11.60 ppg, *CaBr₂* 1.71 g.e. / 14.27 ppg, y *ZnBr₂* 2.30 g.e. / 19.19 ppg. La tabla muestra la cantidad de precipitado que se forma.

Mezcla de salmueras Temperatura ambiental	Proporción de formiato sobre haluro de la mezcla (vol/vol)				
	90 : 10	75 : 25	50 : 50	25 : 75	10 : 90
NaFo + NaCl	No	No	No	No	No
NaFo + KCl	No	No	No	No	No
NaFo + NaBr	No	No	No	No	No
NaFo + CaCl₂	Poca	Intermedia	Mucha	Intermedia	Poca
NaFo + CaBr₂	Poca	Intermedia	Mucha	Intermedia	Poca
NaFo + ZnBr₂	No	Poca	Intermedia	Poca	No
KFo + NaCl	Trazas	Poca	Intermedia	Poca	Trazas
KFo + KCl	Trazas	Poca	Intermedia	Poca	Trazas
KFo + NaBr	Trazas	Intermedia	Mucha	Intermedia	No
KFo + CaCl₂	Poca	Intermedia	Mucha	Intermedia	Poca
KFo + CaBr₂	Intermedia	Mucha	Mucha	Mucha	Poca
KFo + ZnBr₂	Intermedia	Mucha	Mucha	Mucha	Intermedia
CsFo + NaCl	No	No	No	No	No
CsFo + KCl	No	No	No	No	No
CsFo + NaBr	Trazas	Intermedia	Intermedia	Poca	No
CsFo + CaCl₂	Poca	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Trazas
CsFo + CaBr₂	Intermedia	Mucha	Mucha	Mucha	Intermedia
CsFo + ZnBr₂	Intermedia	Mucha	Mucha	Mucha	Intermedia

Tabla 2 Compatibilidad entre las salmueras de formiato concentradas y las de haluros concentradas a 70°C (158°F). Las salmueras usadas en las pruebas son las siguientes: *NaFo* 1.30 g.e. / 10.85 ppg, *KFo* 1.56 g.e. / 13.02 ppg, *CsFo* 2.20 g.e. / 18.36 ppg, *KCl* 1.16 g.e. / 9.68 ppg, *NaCl* 1.20 g.e. / 10.01 ppg, *NaBr* 1.53 g.e. / 12.77 ppg, *CaCl₂* 1.39 g.e. / 11.60 ppg, *CaBr₂* 1.71 g.e. / 14.27 ppg, y *ZnBr₂* 2.30 g.e. / 19.19 ppg.

Mezcla de salmueras 70°C (158°F)	Proporción de formiato sobre haluro de la mezcla (vol/vol)				
	90 : 10	75 : 25	50 : 50	25 : 75	10 : 90
NaFo + NaCl	No	No	No	No	No
NaFo + KCl	No	No	No	No	No
NaFo + NaBr	No	No	No	No	No
NaFo + CaCl₂	Poca	Intermedia	Mucha	Intermedia	Poca
NaFo + CaBr₂	Poca	Intermedia	Mucha	Intermedia	Poca
NaFo + ZnBr₂	No	Poca	Intermedia	No	No
KFo + NaCl	Trazas	Poca	Intermedia	Poca	No
KFo + KCl	Trazas	Poca	Intermedia	Poca	No
KFo + NaBr	Trazas	Intermedia	Mucha	No	No
KFo + CaCl₂	Poca	Intermedia	Mucha	Intermedia	Poca
KFo + CaBr₂	Intermedia	Mucha	Mucha	Mucha	Poca
KFo + ZnBr₂	Intermedia	Mucha	Mucha	Mucha	No
CsFo + NaCl	No	No	No	No	No
CsFo + KCl	No	No	No	No	No
CsFo + NaBr	No	Intermedia	No	No	No
CsFo + CaCl₂	Poca	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Trazas
CsFo + CaBr₂	Intermedia	Mucha	Mucha	Mucha	Intermedia
CsFo + ZnBr₂	Intermedia	Mucha	Mucha	Mucha	Intermedia

B4.4 Compatibilidad con el agua de mar

Las tres salmueras de formiato usadas en yacimientos petrolíferos, las de sodio, potasio y cesio, son compatibles con el agua de mar a temperaturas ambiental y alta [2][3]. Esto significa que no se forman precipitados cuando se contaminan estas salmueras con agua de mar en cantidades realistas. A temperatura más baja (temperatura del lecho marino), se podría formar una pequeña cantidad de sulfato de potasio si el formiato de potasio concentrado se contamina con agua de mar en una cierta proporción (cerca de 10 – 25% [vol/vol] de agua de mar). En la tabla 3, se muestran los resultados de las pruebas de compatibilidad del agua de mar y el formiato de potasio concentrado. Los sulfatos de sodio y cesio son significativamente más solubles que el de potasio, además de que las salmueras de formiato de sodio y de cesio tienen menor concentración molar, de modo que no se espera que ocurra precipitación de sulfatos en estas dos salmueras.

Cuando se usan en el campo, es normal tamponar las salmueras de formiato con carbonato y bicarbonato de sodio o de potasio. Si se contaminan las salmueras de formiato con agua de mar, los componentes de tampón se precipitan de inmediato con los iones bivalentes del agua de mar. En una situación en la que una salmuera de formiato con tampón se ha contaminado con agua de mar, es necesario añadir más tampón de carbonato/bicarbonato hasta que se precipiten todos los iones bivalentes y se restablezca la concentración de tampón deseada.

B4.5 Compatibilidad con base de aceite

Las salmueras de formiato no son surfactantes y normalmente no contienen ningún aditivo surfactante. Por lo tanto, cuando las salmueras de formiato tienen contacto con aceite, es improbable que ocurra la emulsificación. Así pues, los desplazamientos entre salmueras de formiato no requerirían fluidos espaciadores.

B4.6 Compatibilidad con lodos de bases de aceite y sintética

El contacto de salmueras de formiato con lodos de bases de aceite y sintética se debería evitar, ya que estos lodos contienen emulsificadores. Por consiguiente, se debería prevenir la contaminación siempre que sea posible, ya que puede ocurrir fácilmente la emulsificación.

B4.7 Compatibilidad con fluidos de perforación basados en agua

Se cree que las salmueras de formiato son compatibles con la mayor parte de los fluidos de perforación basados en agua. Los fluidos de perforación basados en salmueras de haluros normalmente son de salmueras de haluros monovalentes, de modo que no se esperan problemas de precipitación cuando estos fluidos tienen contacto entre sí.

Las salmueras de haluros bivalentes se usan muy poco en los fluidos de perforación, si bien el contacto de tales fluidos con una salmuera de formiatos puede hacer que se precipiten sales de formiatos bivalentes.

Los fluidos de perforación basados en agua tradicionales normalmente se ponderan con barita. La barita es levemente soluble en salmueras concentradas (consulte la sección B12), por lo que se debería evitar tal contaminación siempre que sea posible. Las salmueras de formiato también podrían tener efecto adverso en los glicoles enturbiantes de uso común en algunos fluidos de perforación de lutitas basados en agua. Cuando se añaden tales glicoles enturbiantes a una salmuera de formiato, disminuye su punto de enturbiamiento y se enturbia (separación de fases) a una temperatura mucho menor que la correspondiente al agua, o a una salmuera menos concentrada.

B4.8 Compatibilidad con el metanol

Las salmueras de formiato y metanol son totalmente miscibles y no ocurre precipitación con ninguna proporción de mezclado [4].

B4.9 Compatibilidad con el glicol

La compatibilidad de las salmueras concentradas de formiatos de potasio y de cesio con los cuatro glicoles de uso común ha sido sometida a pruebas [4]. Los glicoles probados fueron el monoetilenglicol (MEG), dietilenglicol (DEG), trietilenglicol (TEG) polietilenglicol (PEG). Se mezclaron los fluidos con proporciones diferentes y se mantuvieron por varias horas a la temperatura ambiental y a 70°C (158°F). No hubo reacciones significativas, si bien se observó algo de turbiedad o cristalización mínima con las mezclas de 50/50% de volumen de algunas combinaciones de formiatos/glicol. Los resultados se resumen en la tabla 4.

Tabla 3 Compatibilidad entre una salmuera de formiato de potasio al 75% (1.57 g.e. / 13.10 ppg) y el agua de mar a temperaturas distintas. La salmuera de formiato de potasio usada para la prueba no contenía tampón. El precipitado mínimo que se formó con 10 y 25% de agua de mar es el sulfato de potasio.

Temperatura	Proporción de la mezcla de formiato de potasio sobre agua de mar (vol/vol)								
	99 : 1	98 : 2	95 : 5	97 : 3	90 : 10	75 : 25	50 : 50	25 : 75	10 : 90
5°C (41°F)	-	-	-	-	Precip. ligera	Precip. ligera	-	-	-
Ambiental	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70°C (158°F)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4 Compatibilidad de las salmueras de formiato de potasio y de cesio concentradas con cuatro glicoles (MEG, DEG, TEG, y PEG) después de una hora de exposición a la temperatura ambiental y a 70°C (158°F). Las salmueras usadas para la prueba son la de formiato de potasio, 1.56 g.e. / 13.02 ppg, y formiato de cesio, 2.20 g.e. / 18.36 ppg.

Salmuera	Temperatura	Proporción de formiato sobre glicol de la mezcla (vol/vol)				
		90 : 10	75 : 25	50 : 50	25 : 75	10 : 90
KFo + MEG	Ambiental	-	Turbiedad ligera	Turbiedad	Turbiedad ligera	-
	70°C (158°F)	-	-	-	-	-
KFo+ DEG	Ambiental	-	-	-	-	-
	70°C (158°F)	-	-	Color amarillo claro	Color amarillo claro	Color amarillo
KFo + TEG	Ambiental	-	-	Precipitación	-	-
	70°C (158°F)	-	-	-	-	-
KFo + PEG	Ambiental	Turbiedad	Turbiedad	Turbiedad	Turbiedad ligera	Turbiedad ligera
	70°C (158°F)	Precipitación	Precipitación	Turbiedad	-	-
CsFo + MEG	Ambiental	Estratificación	Estratificación	Estratificación	Estratificación	Estratificación
	70°C (158°F)	-	-	Turbiedad muy ligera	Turbiedad muy ligera	-
CsFo + DEG	Ambiental	Estratificación	Estratificación	Estratificación	Estratificación	Estratificación
	70°C (158°F)	-	-	-	-	-
CsFo + TEG	Ambiental	Estratificación	Estratificación	Turbiedad muy ligera, estratificación	Turbiedad, estratificación	Turbiedad muy ligera, estratificación
	70°C (158°F)	Color amarillo	Color amarillo	Turbiedad, color amarillo	Turbiedad, color amarillo	Color amarillo
CsFo + PEG	Ambiental	-	-	Turbiedad ligera	Turbiedad ligera	-
	70°C (158°F)	-	-	Turbiedad, color amarillo	Turbiedad	-

Referencias

[1] "Compatibility between formate and halide brines", informe N° LR-268, Cabot Operations & Technical Support Laboratory Aberdeen, septiembre de 2008.

[2] "Compatibility between formate brines and seawater", informe N° LR-261, Cabot Operations & Technical Support Laboratory Aberdeen, diciembre de 2008.

[3] "Seawater contamination", informe N° LR-305, Cabot Operations & Technical Support Laboratory Aberdeen, marzo de 2009.

[4] "Formate Brine Compatibility with Glycols and Methanol", informe N° LR-281, Cabot Operations & Technical Support Laboratory Aberdeen, febrero de 2009.