

WO 2015/153202

PCT/US2015/022261

RECUPERACIÓN DE PETRÓLEO ASISTIDA POR SURFACTANTES

UTILIZANDO SULFONATOS DE ÉTER DE ALCOHOL Y SURFACTANTES

CATIÓNICOS

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona en general con composiciones y métodos una recuperación mejorada de petróleo crudo de una formación subterránea que contiene hidrocarburos. Más específicamente, las composiciones son combinaciones de surfactantes que comprenden un sulfonato de éter de alcohol y una sal de amonio cuaternario.

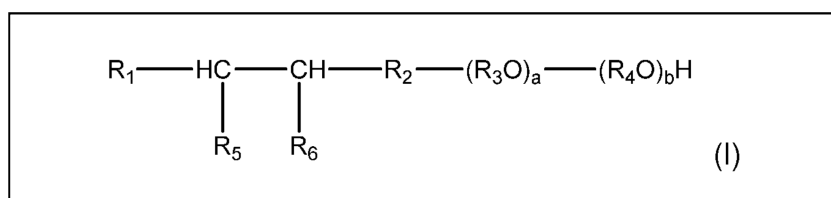
10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los aditivos químicos incluyendo surfactantes han sido añadidos a los pozos en los procesos de fracturación

hidráulica para incrementar la recuperación de petróleo crudo de formaciones subterráneas que contienen hidrocarburos. La fracturación hidráulica se puede utilizar para extender la vida de un pozo de petróleo mediante la
5 inyección de altos volúmenes de fluido de fracturación en el pozo y de bombear el fluido hacia lo profundo de pozo a presiones suficientes para crear o restaurar pequeñas fracturas en la roca del depósito desde el cual el petróleo se pueda liberar. Los surfactantes pueden actuar para
10 disminuir la tensión interfacial entre el fluido de fracturación y el petróleo atrapado dentro de las fracturas en el depósito y pueden cambiar la humectabilidad de la roca del depósito.

RESUMEN DE LA INVENCION

Se proporciona una composición para aumentar la recuperación de petróleo crudo de una formación subterránea que contiene hidrocarburos. La composición comprende un sulfonato de éter de alcohol y una sal de amonio cuaternario. El sulfonato de éter de alcohol tiene la fórmula I:



10 En donde:

R₁ es alquilo;

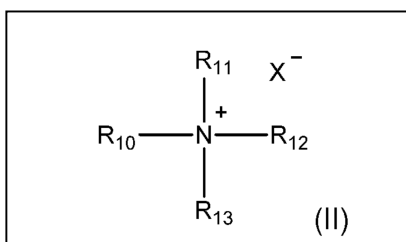
R₂ es alquilenos;

R₃ y R₄ son cada uno de forma independiente etileno o propileno;

R_5 es hidroxilo y R_6 es $-\text{SO}_3\text{M}$, o R_5 es $-\text{SO}_3\text{M}$ y R_6 es hidroxilo;

M es independientemente un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, hidronio, NH_3 o NH_2 ; y

5 a y b son cada uno independientemente un número entero de 0 a 30, y $a + b$ es igual a 1 a 60. La sal de amonio cuaternario tiene la fórmula II:



10

En donde:

R_{10} y R_{11} son independientemente alquilo C_8 a C_{30} ;

R_{12} y R_{13} son independientemente alquilo inferior; y

X⁻ es un anión. La relación en peso del sulfonato de éter de alcohol a la sal de amonio cuaternario está en el rango de aproximadamente 40:1 a aproximadamente 1:1.

También se proporciona un método para aumentar la
5 recuperación de petróleo crudo de una formación subterránea que contiene hidrocarburos. El método comprende la inyección de la composición descrita anteriormente en un pozo que está en contacto con la formación subterráneas que contiene hidrocarburos en una cantidad eficaz para reducir
10 la tensión interfacial entre el fluido de fracturación y el petróleo atrapado dentro de la formación y cambiar la humectabilidad de la formación subterránea que contiene hidrocarburos para recuperar el petróleo crudo de la formación subterránea que contiene hidrocarburos.

Se proporciona otro método para aumentar la recuperación de petróleo crudo de una formación subterránea que contiene hidrocarburos. El método comprende la inyección de un sulfonato de éter de alcohol y una sal de amonio

5 cuaternario en un pozo que está en contacto con la formación subterránea que contiene hidrocarburos en una cantidad eficaz para reducir la tensión interfacial entre fluido de fracturación y petróleo atrapado dentro de la formación y cambiar de la humectabilidad de la formación

10 subterránea que contiene hidrocarburos para recuperar el petróleo e crudo de la formación subterránea que contiene hidrocarburos. El sulfonato de éter de alcohol y la sal de amonio cuaternario son como se describen anteriormente.

Otros objetos y características serán en parte evidentes y en parte indicados a continuación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 ilustra los resultados de la prueba de imbibición de gotas para las gotas de surfactante de los Ejemplos 1I (gota 1), 1N Gota 2), 10 (Gota 3), y agua (Gota de 4).

Los caracteres de referencia correspondientes indican partes correspondientes en los dibujos.

10 DESCRIPCIÓN DE LAS INCORPORACIONES PREFERIDAS

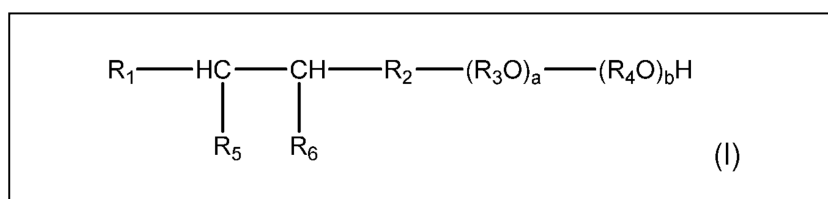
Se ha descubierto que ciertas combinaciones de surfactantes son más eficaces en el aumento de la recuperación de petróleo crudo de una formación subterránea que contiene hidrocarburos, en particular después de la fracturación

hidráulica, en comparación con los surfactantes convencionales usados para este propósito.

Se proporciona una composición para aumentar la recuperación de petróleo crudo de una formación subterránea

5 que contiene hidrocarburos, la composición que comprende un sulfonato de éter de alcohol y una sal de amonio cuaternario, la relación en peso del sulfonato de éter de alcohol a la sal de amonio cuaternario está en el rango de aproximadamente 40:1 a aproximadamente 1:1.

10 Sulfonato de éter de alcohol de la composición tiene la fórmula I:



En donde:

R_1 es alquilo;

R_2 es alquilenos;

R_3 y R_4 son cada uno de forma independiente etileno o

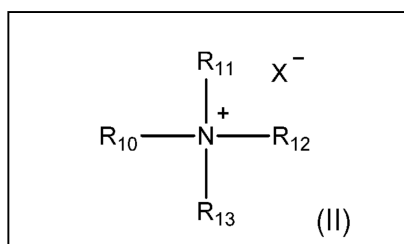
5 propileno;

R_5 es hidroxilo y R_6 es $-SO_3M$, o R_5 es $-SO_3M$ y R_6 es hidroxilo;

M es independientemente un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, hidronio, NH_3 o NH_2 ; y

10 a y b son cada uno independientemente un número entero de 0 a 30, y a + b es igual a 1 a 60.

La sal de amonio cuaternario de la composición tiene la fórmula II:



En donde:

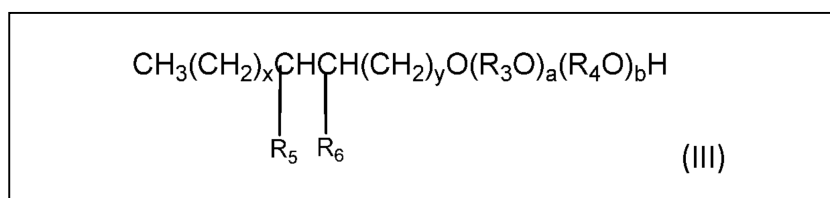
R_{10} y R_{11} son independientemente alquilo C_8 a C_{30} ;

5 R_{12} y R_{13} son independientemente alquilo inferior; y

X^{-} es un anión.

Preferiblemente, el sulfonato de éter de alcohol de la composición tiene la fórmula III

10



En donde:

R_3 es isopropileno y R_4 es etileno, o R_3 es etileno y R_4 es isopropileno;

R_5 es hidroxilo y R_6 es $-\text{SO}_3\text{M}$, o R_5 es $-\text{SO}_3\text{M}$ y R_6 es hidroxilo;

M es independientemente Na, K, Ca, Mg, hidronio, NH_3 o NH_2 ;

x y y son cada uno independientemente un número entero de 0

5 a 27, y $x + y$ es igual a 5 a 27; y

a y b son cada uno independientemente un número entero de 0

a 30, y $a + b$ es igual a 1 a 60.

Para el sulfonato de éter de alcohol de fórmula I o III, se prefiere que cada R_3 sea isopropileno y R_4 sea etileno.

10 Para el sulfonato de éter de alcohol de fórmula III, R_5 puede ser hidroxilo y R_6 puede ser $-\text{SO}_3\text{M}$. Alternativamente, R_5 puede ser $-\text{SO}_3\text{M}$ y R_6 puede ser hidroxilo.

Para el sulfonato de éter de alcohol de fórmula III, x y y cada uno puede ser independientemente un número entero de 0

a 15, y $x + y$ puede ser igual a 5 a 15. Preferiblemente, x puede ser 7 y y puede ser 8 (es decir, la parte de alcohol del compuesto se deriva de alcohol de oleilo).

Para el sulfonato de éter de alcohol de fórmula I o III, a puede ser de 2 a 25, b puede ser de 2 a 25, y $a + b$ puede ser igual a 4 a 50. De forma alternativa, a es 3 a 20, b es de 6 a 20, y $a + b$ es igual a 9 a 40. Como otra alternativa, a es de 5 a 18, b es de 10 a 12, y $a + b$ es igual a 15 a 30. Preferiblemente, a es 18, b es 10, y $a + b$ es igual a 28.

10 El sulfonato de éter de alcohol es preferiblemente soluble en agua, biodegradable, estable térmicamente, tolerante a la sal y/o se fabrica a partir de recursos renovables.

Los surfactantes de sulfonato de éter de alcohol de fórmula I o III están disponibles comercialmente de Oil Chem

Technologies of Sugar Land, en Texas y se pueden fabricar por métodos conocidos tales como los descritos en la Patente de los Estados Unidos No. 7.629.299.

Para el surfactante de amonio cuaternario, R_{10} y R_{11} pueden ser independientemente alquilo C_8 a C_{18} . Preferiblemente, R_{10} y R_{11} son cada uno coco (una mezcla de alquilo C_{12} y C_{18} alquilo).

Para el surfactante de amonio cuaternario, R_{10} y R_{11} pueden ser independientemente metilo o etilo.

10 X^- del surfactante de amonio cuaternario puede ser cualquier anión, tal como un haluro, un sulfato, un nitrato, un nitrito, un carbonato, o un carboxilato.

La sal de amonio cuaternario es preferiblemente dispersable en agua, térmicamente estable, y/o biodegradable.

Los surfactantes de sal de amonio cuaternario de la fórmula II están disponibles comercialmente de varios proveedores, incluyendo Nalco Champion (Houston, Texas), Stepan (Northfield, Illinois), y Akzo Nobel Surface Chemistry LLC (Chicago, Illinois).

La relación en peso del sulfonato de éter de alcohol a la sal de amonio cuaternario en la composición puede estar en el rango de aproximadamente 20:1 a aproximadamente 1:1, o desde aproximadamente 10:1 a aproximadamente 1:1.

Alternativamente, esta relación en peso puede estar en el rango de aproximadamente 20:1 a aproximadamente 10:1.

La composición puede comprender además un vehículo, tal como un vehículo líquido. Preferiblemente, el vehículo

comprende agua, un alcohol, un éter, un glicol, o una combinación de los mismos.

La composición se puede proporcionar como un concentrado para dilución antes de su uso, o en forma diluida mediante

5 la incorporación de un vehículo en la composición.

La composición también puede incluir aditivos de yacimientos de petróleo usados normalmente en la fracturación hidráulica o fractura post-primaria.

Se proporciona un método para aumentar la recuperación de

10 petróleo crudo de una formación subterránea que contiene hidrocarburos. El método comprende la inyección de la composición en un pozo que está en contacto con la formación subterránea que contiene hidrocarburos. La composición se usa en una cantidad eficaz para reducir la

tensión interfacial entre fluido de fracturación y el petróleo atrapado dentro de la formación y cambiar la humectabilidad de la formación subterránea que contiene hidrocarburos para recuperar el petróleo crudo de la

5 formación subterránea que contiene hidrocarburos.

La cantidad de la composición puede ser eficaz en el cambio de la humectabilidad de un depósito de humedecido con petróleo a humedecido con agua, o de humedecido con mezcla a humedecido con agua.

10 La cantidad de total de sulfonato de éter de alcohol y surfactantes de sales de amonio cuaternario en la composición puede estar en el rango de 0.01% en peso a 3% en peso con base en el peso total de la composición.

El fluido de fracturación comprende preferiblemente salmuera para inyección. La salmuera para inyección puede comprender de 97 a 99.99% del volumen del fluido de fracturación.

- 5 Otro método para aumentar la recuperación de petróleo crudo de una formación subterránea que contiene hidrocarburos comprende inyectar un sulfonato de éter de alcohol y una sal de amonio cuaternario en un pozo que está en contacto con la formación subterránea que contiene hidrocarburos. El
- 10 sulfonato de éter de alcohol y la sal de amonio cuaternario se utilizan en una cantidad eficaz para reducir la tensión interfacial entre fluido de fracturación y el petróleo atrapado dentro de la formación y cambiar la humectabilidad de la formación subterránea que contiene hidrocarburos para

recuperar el petróleo crudo de la formación subterránea que contiene hidrocarburos. El sulfonato de éter de alcohol tiene la fórmula I o III tal como se describe en el presente, y la sal de amonio cuaternario tiene la fórmula

5 II tal como se describe en el presente.

El sulfonato de éter de alcohol y la sal de amonio cuaternario se pueden inyectar de forma secuencial en el pozo. Alternativamente, el sulfonato de éter de alcohol y la sal de amonio cuaternario pueden ser inyectados en el

10 pozo de forma simultánea.

Los aditivos adicionales típicamente utilizados en la fracturación hidráulica o utilizados en la fracturación post-primaria pueden ser inyectados en el pozo, tal como un agente de viscosidad, un disolvente, un álcali, un

coadyuvante de retorno del flujo, un no-emulsionante, un reductor de fricción, un interruptor, un agente de reticulación, un biocida o un agente de sostén (por ejemplo, arena). Estos aditivos son típicamente menos de 1% del
5 volumen de fluido de fracturación.

La formación subterránea que contiene hidrocarburos puede comprender un depósito de arenisca o un depósito de carbonato.

La etapa de inyección de los métodos de la invención se
10 puede producir después de la fracturación hidráulica del pozo.

La etapa de inyección de los métodos de la invención se puede producir durante la fracturación hidráulica del pozo.

Los métodos de la invención son especialmente útiles cuando el depósito tiene una ultra baja permeabilidad, una baja porosidad, capacidad de humectación con petróleo, una alta temperatura, y/o una alta salinidad, y/o cuando existe una

5 alta concentración de cationes divalentes en el fluido de fracturación y el agua producida.

A menos que se indique lo contrario, un grupo "alquilo" tal como se describe en el presente documento solo o como parte de otro grupo es un radical de hidrocarburo monovalente

10 saturado lineal opcionalmente sustituido que contiene de uno a veinte átomos de carbono y preferiblemente de uno a doce átomos de carbono, o un radical de hidrocarburo monovalente saturado ramificado opcionalmente sustituido que contiene de tres a veinte átomos de carbono, y

preferiblemente de tres a ocho átomos de carbono. El término "alquilo inferior" es un radical de hidrocarburo monovalente saturado lineal opcionalmente sustituido que contiene de uno a seis átomos de carbono o un radical de hidrocarburo monovalente saturado ramificado opcionalmente sustituido, que contiene de tres a seis átomos de carbono. Ejemplos de grupos alquilo inferior no sustituidos incluyen metilo, etilo, n-propilo, i-propilo, n-butilo, i-butilo, s-butilo, t-butilo, n-pentilo, i-pentilo, s-pentilo, t-pentilo, y similares.

El término "-eno" tal como se utiliza como un sufijo como parte de otro grupo denota un radical bivalente en el cual se elimina un átomo de hidrógeno de cada uno de dos carbonos terminales del grupo, o si el grupo es cíclico, de

cada uno de dos átomos de carbono diferentes en el anillo.

Por ejemplo, alquileo denota un grupo bivalente de alquilo

tal como etileno ($-\text{CH}_2\text{CH}_2-$) o isopropileno ($-\text{CH}_2(\text{CH}_3)\text{CH}_2-$).

Para mayor claridad, la adición del sufijo -eno no está

5 destinada a modificar la definición de la palabra principal

sino denotar un radical bivalente. Por lo tanto,

continuando con el ejemplo anterior, alquileo denota un

radical de hidrocarburo bivalente saturado lineal

opcionalmente sustituido.

10 Habiendo descrito la invención en detalle, será evidente

que las modificaciones y variaciones son posibles sin

apartarse del alcance de la invención definida en las

reivindicaciones adjuntas.

EJEMPLOS

Los siguientes ejemplos no limitantes se proporcionan para ilustrar adicionalmente la presente invención.

Ejemplo 1: Prueba de Estabilidad Acuosa

Como una prueba inicial de estabilidad, se determinó la solubilidad de las composiciones que contienen surfactantes en las salmueras para reducir la posibilidad de daños a un depósito en pruebas de campo posteriores. Esta prueba de detección asegura que ningún sólido se precipite cuando la composición entra en contacto con un fluido de formación o fluido de fracturación. Las composiciones que contienen surfactantes se prepararon mediante la adición de las composiciones a una salmuera de formación de Bakken (27% de sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés)) para formar mezclas acuosas con concentración de 0.2% de

surfactantes totales. Las mezclas fueron monitorizadas para la verificar la estabilidad a 90°C y fueron observadas para verificar la precipitación y la formación de la suspensión.

Una mezcla que permanece visiblemente transparente se
5 considera que tiene suficiente estabilidad acuosa. Los
resultados se presentan en la Tabla 1:

Ej.	Sulfonato de Éter de Alcohol (AES) de la Fórmula III							Sal de Amonio Cuaternario (QAS) de la Fórmula II	Relación en Peso de AES a QAS	Otro surfactante	Resultados de Estabilidad Observada
	x	y	R ₃	a	R ₁	b	M				
A	7	8	isopropileno	4	etileno	3	Na	-	-	-	Separado
B	7	8	isopropileno	8	etileno	3	Na	-	-	-	Separado
C	7	8	isopropileno	10	etileno	3	Na	-	-	-	Separado
D	7	8	isopropileno	12	etileno	3	Na	-	-	-	Separado
E	7	8	isopropileno	18	etileno	2	Na	-	-	-	Separado
F	7	8	isopropileno	18	etileno	4	Na	-	-	-	Separado
G	7	8	isopropileno	18	etileno	8	Na	-	-	-	Transparente
H	7	8	isopropileno	18	etileno	8	Na	-	-	-	Transparente
I	7	8	isopropileno	18	etileno	10	Na	-	-	-	Transparente
J								Cloruro de lauril trimetil amonio	-	-	Transparente
K								-	-	Mezcla de sulfonato de éter de alcohol y alcohol etoxilado	Separado
L								-	-	Alcohol etoxilado	Transparente

M								-	-	Óxido de dimetilamina C ₁₂ -C ₂₂	Transparente
N								Cloruro dicocodimetil amonio	-	-	Separado
O	7	8	isopropileno	18	etileno	10	Na	Cloruro dicocodimetil amonio	20:1	-	Transparente
P	7	8	isopropileno	18	etileno	10	Na	Cloruro dicocodimetil amonio	10:1	-	Transparente

Ejemplo 2: Prueba de Imbibición Espontánea

Las celdas de imbibición se sumergieron en un baño de temperatura con ajuste de alta temperatura (90°C). Tapones de núcleo de Eagle Ford fueron saturados con petróleo de Bakken y se almacenaron durante 4 días para alcanzar la condición de humectación con petróleo. Todos los núcleos fueron luego puestos en Celdas de Imbibición de Vidrio con graduaciones de precisión en 0.1 mL. Las celdas fueron llenadas con un volumen de solución de surfactante primero, y después se sumergieron en un baño de temperatura a 90°C durante un máximo de 500 horas (Hr) hasta que no se desplazó hacia fuera más petróleo. El volumen de petróleo expulsado fue utilizado para calcular la proporción de petróleo y el porcentaje de recuperación de petróleo de

Petróleo Original en su Lugar (OOIP, por sus siglas en inglés). Durante el proceso de imbibición espontánea, los núcleos tenían todas las caras abiertas. No se añadió presión de confinamiento durante el proceso de imbibición.

5 Se asumió que no había ningún gas presente en los núcleos o el petróleo, ya que fueron aspirados antes de la imbibición. La Tabla 2 muestra la recuperación de petróleo para diversos surfactantes sometidos a prueba en el Ejemplo 1.

10 Tabla 2: Recuperación de petróleo versus tiempo de utilización de núcleos de Eagle Ford y petróleo de Bakken para 0.2% de surfactantes en 2% de TDS a 90°C

Tiempo (Hr)	% de Recuperación de Petróleo							
	Ej. 1H	Ej. 1I	Ej. 1J	Ej. 1K	Ej. 1L	Ej. 1M	Ej. 1O	Solo salmuera
0	NT	NT	NT	NT	NT	0	NT	0

65	5.21	2.41	8.22	NT	NT	NT	13.89	NT
89	10.42	2.41	12.33	NT	NT	NT	16.21	NT
113	10.42	4.81	12.33	NT	NT	NT	20.84	NT
137	10.42	9.63	14.39	NT	NT	NT	25.47	NT
233	14.32	9.63	18.50	NT	NT	NT	27.78	NT
241	15.63	9.63	20.56	NT	NT	NT	27.78	NT
257	15.63	14.44	20.56	NT	NT	NT	27.78	NT
281	15.63	14.44	20.56	16.99	0.51	15.12	30.10	NT
385	15.63	14.44	22.61	NT	NT	NT	32.42	NT
437	15.63	19.25	24.67	NT	NT	NT	37.05	NT
457	18.23	19.25	24.67	NT	NT	NT	39.36	NT
481	20.83	19.25	24.67	NT	NT	NT	41.68	NT
628	20.83	19.25	26.72	NT	NT	NT	41.68	NT

NT = No sometido a prueba

Cloruro dicocodimetil amonio (Ej. 1N) no se sometió a prueba para verificar la recuperación de petróleo, ya que no era compatible con la salmuera, causando una separación de fase (véase la Tabla 1). El Ej. 10, una proporción de 20:1 en peso de un sulfonato de éter de alcohol a la mezcla de surfactante de sal de amonio cuaternario, presentó la recuperación de petróleo más alta.

Ejemplo 3: Prueba de Imbibición Espontánea

Las celdas de imbibición se sumergieron en un baño de temperatura con ajuste de alta temperatura (90°C). Tapones de núcleo de Eagle Ford fueron saturados con condensado de Eagle Ford y se almacenaron durante 20 días para alcanzar la condición de humectación con petróleo. Todos los núcleos fueron luego puestos en Celdas de Imbibición de Vidrio con graduaciones de precisión en 0.1 mL. Las celdas fueron llenadas con un volumen de solución de surfactante primero, y después se sumergieron en un baño de temperatura a 90°C o 120°C durante un máximo de 500 horas hasta que no se desplazó hacia fuera más petróleo. El volumen de petróleo expulsado fue utilizado para calcular la proporción de petróleo y el porcentaje de recuperación de petróleo de

00IP. Durante el proceso de imbibición espontánea, los núcleos tenían todas las caras abiertas. No se añadió presión de confinamiento durante el proceso de imbibición.

Se asumió que no había ningún gas presente en los núcleos o el petróleo, ya que fueron aspirados antes de la imbibición. La Tabla 3 muestra la recuperación de petróleo para diversos surfactantes sometidos a prueba en el Ejemplo 1.

Tabla 3: Recuperación de petróleo versus tiempo de utilización de núcleos de Eagle Ford y condensados de Eagle Ford para 0.2% de surfactantes en 2% de TDS a 90°C

Tiempo (Hr)	% de Recuperación de Petróleo					
	Ej. 1I	Ej. 1J	Ej. 10	Ej. 1P	Mezcla de imidazol acrilado y cloruro de alquildimetil bencil amonio	Solo salmuera
0	0	0	0	0	0	0

40	24.07	4.15	18.52	22.82	23.28	10.15
49	26.48	8.30	20.84	25.36	23.28	15.22
64	28.88	12.45	23.15	32.97	27.51	17.75
72	33.70	12.45	23.15	35.50	27.51	20.29
138	40.92	14.52	30.10	58.32	29.63	30.44
161	43.32	16.60	30.10	60.86	29.63	30.44
184	43.32	16.60	32.42	63.40	31.74	30.44
208	45.73	16.60	32.42	63.40	31.74	30.44
232	45.73	16.60	32.42	63.40	31.74	30.44
304	48.14	16.60	34.73	63.40	31.74	30.44
328	48.14	16.60	34.73	63.40	33.86	30.44
352	48.14	18.67	34.73	63.40	35.97	30.44
376	48.14	20.75	34.73	63.40	35.97	30.44
448	48.14	20.75	34.73	63.40	35.97	30.44
572	48.14	22.83	34.73	63.40	38.09	30.44

El Ej. 1P, una proporción de 10:1 en peso de un sulfonato de éter de alcohol a la mezcla de surfactante de sal de amonio cuaternario, presentó la recuperación de petróleo más alta.

5 Ejemplo 4: Prueba de Imbibición Espontánea

Las celdas de imbibición se sumergieron en un baño de temperatura con ajuste de alta temperatura (120°C). Tapones

de núcleo de Eagle Ford fueron saturados con petróleo de Bakken y se almacenaron durante 4 a 8 semanas para alcanzar la condición de humectación con petróleo. Todos los núcleos fueron luego puestos en Celdas de Imbibición de Vidrio con graduaciones de precisión en 0.1 mL. Las celdas fueron
5 llenadas con un volumen de solución de surfactante primero, y después se sumergieron en un baño de temperatura a 90°C o 120°C durante un máximo de 500 horas hasta que no se desplazó hacia fuera más petróleo. El volumen de petróleo
10 expulsado fue utilizado para calcular la proporción de petróleo y el porcentaje de recuperación de petróleo de OOIP. Durante el proceso de imbibición espontánea, los núcleos tenían todas las caras abiertas. No se añadió presión de confinamiento durante el proceso de imbibición.

Se asumió que no había ningún gas presente en los núcleos o el petróleo, ya que fueron aspirados antes de la imbibición. La Tabla 4 muestra la recuperación de petróleo para diversos surfactantes sometidos a prueba en el Ejemplo

5 1.

Tabla 4: Recuperación de petróleo versus tiempo de utilización de núcleos de Eagle Ford y petróleo de Bakken para 0.1% de surfactantes en 27% de TDS a 120°C

Tiempo (Hr)	% de Recuperación de P etróleo			Tiempo (Hr)	% de Recuperación de Pe tróleo	
	Ej. 1J	Ej. 10			Ej. 1J	Ej. 10
0.00	0.00	0.84		134.75	15.04	41.20
0.50	0.00	0.84		150.75	15.04	41.20
1.50	0.00	2.94		159.25	15.04	41.20
2.50	0.30	6.31		174.75	16.54	41.20
6.50	0.30	16.82		182.75	17.45	41.20
17.75	0.90	31.53		200.85	18.05	41.20
19.75	4.51	33.64		226.40	18.05	41.20
21.75	6.02	33.64		247.75	18.05	41.20
23.75	6.02	33.64		254.25	18.05	41.20
25.75	6.02	35.74		273.75	19.55	41.20
29.75	6.02	35.74		297.75	19.55	41.20

46.75	6.02	37.84		319.50	19.55	41.20
57.25	7.52	38.68		325.85	21.06	41.20
79.25	9.02	38.68		343.50	21.06	41.20
81.75	10.53	38.68		372.00	22.56	42.05
87.25	11.43	38.68		391.00	22.56	42.05
103.75	13.54	38.68		398.00	22.56	42.05
107.75	13.54	39.94		415.00	24.07	42.05
110.75	13.54	39.94		424.50	24.07	42.05
126.75	13.54	39.94		463.00	24.07	42.05
132.25	15.04	41.20				

El Ej. 10, una proporción de 20:1 en peso de un sulfonato de éter de alcohol a la mezcla de surfactante de sal de amonio cuaternario, presentó una mayor recuperación de petróleo que el surfactante catiónico sometido a prueba.

5 Ejemplo 5: Prueba de Capacidad de Humectación

Una gota de solución de surfactante (0.2%) se colocó en el núcleo humedecido con petróleo y se observó la imbibición como una función del tiempo. La Figura 1 muestra los resultados de imbibición de gotas para los surfactantes del

Ejemplo 1I como la gota, 1N como la gota 2 y 10 como la gota 3 a una concentración de 0.2% en alta salinidad (27% TDS) de salmuera. Dejando a un lado las variaciones en el tamaño de las gotas y la rugosidad de la superficie, la imbibición de la gota 3 de la composición del Ejemplo 10 fue completa y rápida (es decir, la gota desapareció). Se observó visualmente que el ángulo de contacto de la gota 3 estuvo cerca de cero. Por el contrario, la presencia de las gotas 1 y 2 de los Ejemplos 1I y 1N todavía era evidente después de 15 minutos, lo que sugiere que la combinación de surfactantes fue más eficaz que los surfactantes individuales.

Cuando se introducen elementos de la presente invención o las incorporaciones preferidas de la misma, los artículos

"un/una", "el/la" y "dicho/dicha" pretenden significar que hay uno o más de los elementos. Los términos "que comprende", "que incluye" y "que tiene" pretenden ser inclusivos y significan que puede haber elementos
5 adicionales distintos de los elementos enumerados.

En vista de lo anterior, se observará que se logran los diversos objetos de la invención y se alcanzan otros resultados ventajosos.

Debido a que se podrían hacer diversos cambios en las
10 composiciones y los métodos anteriores sin apartarse del alcance de la invención, se pretende que toda la materia contenida en la descripción anterior y mostrada en el dibujo adjunto sea interpretada como ilustrativa y no en un sentido limitante.