

ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) COMO ADITIVO CONTROLADOR DE FILTRADO PARA FLUIDOS DE PERFORACIÓN BASE AGUA

Jhoan González, Ángel Martínez, Rubén Vega, Jesús Otahola

Escuela de Ingeniería de Petróleo, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Maturín, Venezuela.

E-mail: rvega@udo.edu.ve

RESUMEN

Tradicionalmente se emplea almidón de maíz como agente controlador de filtrado y aunado al amplio uso de esta hortaliza ha ocasionado el aumento de los costos de los productos base maíz. Es por ello que se desarrollaron tres tipos de almidones a partir de yuca (*Manihot esculenta*) a los cuales se le aplicaron procedimientos de calidad. Se seleccionó el almidón con fibra de yuca y se procedió a formular fluidos poliméricos base almidón de yuca y almidón de maíz (fluido patrón) como aditivos controladores de filtrado y se contaminaron con agua salada (2% y 4%) y crudo de 9 °API (2% y 4%), se estudiaron sus propiedades físicas como: viscosidad plástica, punto cedente, geles, filtrado y espesor de revoque. Se estableció un diseño estadístico de bloques al azar de matriz $n \times m$ con el fin de realizar un análisis de varianza, los resultados que presentaron diferencias significativas se analizaron con el uso de la prueba de rango múltiple de mínima diferencia significativa (M.D.S, $p < 0,05$). Se demostró que el fluido con almidón de yuca tuvo un comportamiento aceptable en las propiedades en estudio pero no se consiguió obtener el filtrado deseado, esto como consecuencia de haber utilizado la misma cantidad de almidón de maíz 2 lb/bl, por lo que se debió estimar la cantidad nuevamente obteniéndose una concentración de 4,5 lb/bl de almidón de yuca, ero a pesar del aumento es económicamente mejor emplear almidón de yuca (*Manihot esculenta*) que almidón de maíz.

Palabras claves: Almidón, filtrado, viscosidad plástica, fuerza de geles.

ABSTRACT

Traditionally used corn starch as a filtering agent and controller coupled with the widespread use of this vegetable has led to increased cost of corn-based products. That is why we developed three types of starches from cassava (*Manihot esculenta*) to which were applied quality procedures. Was selected cassava starch fiber and proceeded to make starch-based polymeric fluids cassava and corn starch (fluid pattern) as additives filtering driver and contaminated with salt water (2% and 4%) and oil of 9 ° API (2% and 4%), we studied their physical properties such as plastic viscosity, yield point, gel, filtering and thickness of plaster. Established a statistical design of random blocks of $n \times m$ matrix to analysis of variance, results showed significant differences were analyzed using multiple range test of least significant difference (MDS, $p < 0.05$). It was shown that the fluid with cassava starch was acceptable behavior in the properties under study but failed to obtain the desired filter, that as a result of having used the same amount of corn starch 2 lb / bbl, so it was due estimate the amount again obtaining a concentration of 4.5 lb / bbl of cassava starch, despite increased erosion is economically better to use cassava starch (*Manihot esculenta*) than corn starch.

Keywords: loss of movement, packing, permeability, yucca fiber

1. INTRODUCCIÓN

Los polímeros han sido usados en los fluidos de perforación desde los años 1930, cuando el almidón de maíz fue introducido como aditivo de control de filtrado (Aquino, 2000). Desde esa época, los polímeros se han vuelto más especializados y en consecuencia, su aceptación ha aumentado y es que los polímeros forman parte de prácticamente cada sistema base agua usado en la actualidad. A pesar de la importancia de tales controladores de filtrado en la tecnología de perforación actual, se han llevado a cabo muy pocas investigaciones acerca del estudio de su modo de acción. (Luzardo *et al*, 2001). No obstante, actualmente en la industria petrolera se busca la formulación de fluidos de perforación bajo las premisas de disminuir costos y preservar el medio ambiente (Ariza y Fajardo, 2010). En tal sentido, la creciente necesidad que tiene el estado venezolano de optimizar los procesos de exploración, perforación y producción petrolera en aras de incrementar la productividad y por ende la competitividad de la industria, ha conllevado a la formulación, desarrollo e implementación de numerosos proyectos en una gran diversidad de áreas.

En el caso de la perforación de pozos petroleros, la utilización de un adecuado fluido de perforación que cumpla con las condiciones requeridas para una determinada formación es de vital importancia. Es por ello que la correcta elección de los aditivos y la cantidad requerida para la formulación de los fluidos de una formación correspondiente, representa uno de los factores de importancia durante dicha operación.

Los polímeros orgánicos constituyen el grupo más grande de aditivos controladores de filtrado: almidones, derivados celulósicos como CMC ó PAC, poli acrilatos, e inclusive gomas xánticas. (Luzardo *et al*, 2001). El almidón básicamente está compuesto por dos polímeros, uno lineal llamado amilosa y otro ramificado llamado amilopectina. En presencia de agua y calor, las moléculas de amilosa empiezan a agruparse formando un gel que aumenta la viscosidad del sistema almidón-agua, este gel también es lo suficientemente fuerte para taponar micro fracturas presentes en las paredes del pozo (Thomas, 1982)

En lo que respecta a la investigación y buscando sustituir o alternar el almidón de maíz como controlador de filtrado, se estudiaron distintos tipos de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) basado en las premisas de que el almidón de maíz es un producto importado y suministrado por empresas prestadoras de servicio de costos que oscilan entre los 4 a 8 dolares/lb y además que en Venezuela existe suficiente cantidad de yuca (*Manihot esculenta*) como materia prima.

2. DESARROLLO

Se trabajó con tres (3) tipos de almidones. El primero de estos almidones elaborados fue el almidón nativo de yuca, que se obtuvo mediante las técnicas convencionales de retirado de la corteza, licuado, colado a través de un tamiz (tela con diámetro de tamiz para almidones), secado y molido (almidón nativo). El segundo fue un almidón tratado químicamente, este se obtuvo del almidón nativo, una parte se precalentó en baño de María (a temperatura de pre-gelatinización para este tipo de almidones). Se agregó a la solución de almidón preparada previamente y dicha mezcla se dejó reposar a temperatura ambiente. Una vez esto se agregó butanol, luego de un tiempo de agitación se adicionó una tercera parte de metanol respecto al volumen total de la suspensión, el producto obtenido fue molido y tamizado.

Finalmente el tercero fue el almidón junto a su fibra, este se obtuvo retirando los cortes de la yuca nativa amarga, se procedió a rayar convencionalmente, el producto obtenido se introdujo a una estufa para su secado, luego fue llevado a una molienda convencional.

Para determinar la calidad de los almidones se tomaron las tres muestras de salmuera de cloruro de sodio en agua destilada, adicionándosele posteriormente bicarbonato de sodio y bentonita y almidón de yuca, se determinaron sus propiedades reológicas a través del uso del viscosímetro rotacional y el volumen de filtrado por medio del filtro prensa API regidos por las normas internas de ScmiOiltools (Código IT-LB-80) y basados en los procedimientos establecidos por el Instituto Americano de Petróleo en su norma API 13-A. Posteriormente se formularon tres muestras de cada uno de los almidones y una de un fluido patrón (con almidón de maíz), de acuerdo al siguiente orden mostrado

Tabla 1. Aditivos para la formulación de las muestras de fluido polimérico con almidón de yuca (*Manihot esculenta*) o maíz (fluido testigo).

Productos y orden de agregado	Unidad	Cantidades	Mezcla, min
Agua	ml	283.5	0
Goma Xántica	g	1	5
Almidón (yuca o maíz (fluido testigo))	g	2	5
Carbonato de Calcio	g	48,8	5
Potasa Cáustica	g	Hasta un pH de 10	5

A estas muestras se le estudiaron sus propiedades físicas (reología y filtrado). Posteriormente se contaminaron las muestras con agua salada (2 % y 4% v/v) y crudo pesado (9 °API) en la misma proporción y cuyos volúmenes se indican en la tabla 2, se evaluaron los efectos que estos causaron en las propiedades físicas de las muestras formuladas con almidón de yuca y sobre muestras formuladas con almidón de maíz como fluido testigo.

Una vez obtenidos los resultados de las propiedades de cada muestra, se estableció un diseño estadístico de bloques al azar de matriz $n \times m$ donde “n” representa el número de tratamientos y “m” el número de repeticiones a fin de realizar un análisis de varianza. Los resultados con variaciones significativas fueron analizados con el uso de la prueba de rango múltiple de mínima diferencia significativa (M.D.S, $p < 0,05$), considerando como fluido patrón la muestra de fluido formulado con almidón de maíz.

Para la determinación del efecto del agente contaminante sobre las propiedades físicas de los fluidos base agua formulados como controladores de filtrado, derivados de yuca y de maíz se utilizaron 30 formulaciones de 1 bbl equivalente (350 cc) cada una, las cuales fueron representadas en 10 tratamientos con las siguientes especificaciones:

Tabla 2. Formulaciones para la determinación de los efectos de los agentes contaminantes sobre las propiedades físicas de fluidos de perforación.

No. de muestra	Nombre	Tipo de tratamiento
1	F1	Fluido base con almidón de Maíz
2	F2	Fluido base con almidón de Yuca
3	F3	F1 + 2% (V/V) de crudo pesado
4	F4	F2 + 2% (V/V) de crudo pesado
5	F5	F1 + 4% (V/V) de crudo pesado
6	F6	F2 + 4% (V/V) de crudo pesado
7	F7	F1+ 2% (V/V) CaCl ₂
8	F8	F2 + 2% (V/V) CaCl ₂
9	F9	F1+ 4% (V/V) CaCl ₂
10	F10	F2 + 4% (V/V) CaCl ₂

Las muestras de los fluidos fueron sometidas a pruebas reológicas de viscosidad plástica, punto cedente y esfuerzo de gel, de igual manera se determinó el filtrado y espesor de revoque, realizándose 3 repeticiones por cada tratamiento.

3. RESULTADOS

En la tabla 3, se muestran los resultados obtenidos de filtrado (cc/30min) y lectura del viscosímetro (600 rpm), como se puede observar los valores de filtrado obtenidos para los dos primeros tipos de almidones están por

encima del valor esperado para esta prueba como lo es 10 cm³/30 máx ó cercano a él, mientras que en lo que respecta a la lectura del viscosímetro (600 rpm) este debe ser 18 máximo (Normas internas de Scomi Oiltools (código IT-LB-80, 2009). En tal sentido se decidió continuar con la muestra 3 el almidón y fibra.

Tabla 3. Resultados para la determinación de la calidad de los almidones como agentes controladores de filtrado

Muestra	Tipo de almidón	Filtrado (cc/30 min)	Viscosímetro 600 r.p.m
1	Almidón nativo	65	7
2	Almidón tratado químicamente	67	7
3	Almidón y fibra	13,3	7

Una vez determinadas las propiedades físicas de las muestras correspondientes a los diferentes tratamientos, se analizaron cada una de las propiedades objeto de estudio. Dichas pruebas se realizaron a 120 °F y tal como se explicó en la metodología se aplicó un estudio estadístico de DMS para un $p \leq 0.05$, donde letras diferentes indican promedios estadísticamente diferentes.

Viscosidad plástica.

Los valores de viscosidad plástica (Vp) obtenidos para las muestras de fluidos poliméricos, demostraron que en lo que respecta a la resistencia al flujo causada por la fricción mecánica entre las partículas suspendidas y la viscosidad de la fase continua, no presentaron variaciones significativas entre sí, para una D.M.S= 2,04, a excepción de la muestra F8 que presentó un incremento significativo a las muestras formuladas con almidón de yuca y de 4,00 cPs (50%) en relación al fluido patrón bajo la presencia del mismo agente contaminante. Cabe destacar que como regla general, la viscosidad plástica debería ser mantenida al nivel más bajo posible en todos los casos, porque una baja VP puede aumentar la energía proporcionada a la barrena, mejorar el flujo en el espacio anular para la limpieza del pozo y reducir el uso y desgaste de los equipos, así como el consumo de combustible (MI- SWACO, p 5.4).

Tabla 4. Promedios, totales y M.D.S de viscosidad plástica (Vp) para fluidos poliméricos formulados con almidón de yuca y almidón de maíz sobre agentes contaminantes.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio
	I	II	III	M.D.S		
F1	9,00	7,00	8,00	A	24,00	8,00
F2	8,00	10,00	8,00	A	26,00	8,67
F3	9,00	8,00	8,00	A	25,00	8,33
F4	7,00	7,00	8,00	A	22,00	7,33
F5	6,00	6,00	7,00	A	19,00	6,33
F6	6,00	8,00	7,00	A	21,00	7,00
F7	8,00	7,00	8,00	A	23,00	7,67
F8	11,00	13,00	12,00	B	36,00	12,00
F9	8,00	7,00	7,00	A	22,00	7,33
F10	9,00	5,00	5,00	A	19,00	6,33
Total	81,00	78,00	78,00		237,00	

Punto cedente

En lo que respecta a los valores de punto cedente obtenidos reflejaron que los tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas con un M.D.S= 5, 88. Sin embargo, el fluido poliméricos formulados con almidón de maíz F8 y los formulados con almidón de yuca F9 y F10, no presentaron diferencias estadísticamente significativas en función del fluido patrón. Es importante señalar que los fluidos poliméricos formulados con almidón de yuca sin contaminar presentaron los menores valores de punto cedente a los formulados con almidón comercial. Es decir que no se comportaron como un fluido de reología inversa ($P_c < V_p$), característicos de los fluidos poliméricos, donde la interacción electroquímica es mayor a la mecánica, lo que asegura que la hidráulica de este sistema sea óptima (Lummus y Azar, 1986). Este comportamiento quizás se debió a que se necesite mayor cantidad de almidón de yuca que el empleado, porque inicialmente se utilizó la misma cantidad de almidón comercial para formular el fluido.

Tabla 5. Promedio, totales de M.D.S de punto cedente (P_c) para fluidos poliméricos formulados con almidón de yuca y almidón de maíz sobre agentes contaminantes.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio
	I	II	III	M.D.S		
F1	17,00	7,00	18,00	A	42,00	14,00
F2	7,00	3,00	7,00	B	17,00	5,67
F3	7,00	8,00	8,00	B	23,00	7,67
F4	5,00	11,00	7,00	B	23,00	7,67
F5	9,00	8,00	5,00	B	22,00	7,33
F6	4,00	7,00	8,00	B	19,00	6,33
F7	6,00	9,00	6,00	B	21,00	7,00
F8	10,00	15,00	14,00	A	39,00	13,00
F9	8,00	8,00	9,00	A	25,00	8,33
F10	4,00	14,00	12,00	A	30,00	10,00
Total	77,00	90,00	94,00		261,00	

Esfuerzo de gel (10 seg)

En lo que respecta a los valores de esfuerzo de geles obtenidos a 10 segundos para los fluidos poliméricos formulados demostraron que todos presentaron diferencias con respecto a la muestra patrón, no obstante todas ellos se comportaron estadísticamente similares entre sí, excepto el fluido F8 que presentó un comportamiento diferente a los demás tratamientos, presentando el valor mayor de esfuerzo de geles a los 10 segundos. La DMS fue de 0,92

Tabla7. Promedios, totales y M.D.S de los esfuerzos de geles (10 seg) para fluidos poliméricos a base almidón de yuca y almidón de maíz sobre agentes contaminantes

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio
	I	II	III	M.D.S		
F1	1,00	1,00	1,00	A	3,00	1,00
F2	2,00	2,00	2,00	B	6,00	2,00
F3	3,00	2,00	2,00	B	7,00	2,33
F4	2,00	3,00	2,00	B	7,00	2,33
F5	3,00	2,00	2,00	B	7,00	2,33
F6	2,00	3,00	3,00	B	8,00	2,67
F7	3,00	2,00	2,00	B	7,00	2,33
F8	4,00	4,00	4,00	C	12,00	4,00
F9	3,00	2,00	2,00	B	7,00	2,33
F10	2,00	3,00	3,00	B	8,00	2,67
Total	25,00	24,00	23,00	0,00	72,00	

Esfuerzo de gel (10 min)

Los valores de esfuerzo de gel obtenidos a 10 minutos se pueden apreciar en la tabla 8, en ella para una DMS de 0,92 obtenida muestra que los fluidos F1 y F2 no tienen diferencias significativas entre ambas, pero si tienen un comportamiento distinto con respecto a los demás fluidos los cuales se comportan iguales entre ellos exceptuando al fluido F8 el cual aumentó significativamente y varió estadísticamente con respecto a todos tratamientos.

Es de hacer notar, que las propiedades de viscosidad plástica y los esfuerzos de geles del fluido F8 presentó mayor variación respecto al fluido patrón en comparación con los otros fluidos, lo que permite inferir que la presencia de crudos pesados como agente contaminante causa incrementos en las propiedades reológicas de los fluidos de perforación formulados con almidón de maíz como controlador de filtrado a diferencia de los fluidos formulados con almidón de yuca quienes presentaron un comportamiento similar al del fluido sin contaminar, brindando mayor resistencia a la presencia de crudo y agua salada como agentes contaminantes.

Tabla 8. Promedio, totales y M.D.S de los esfuerzos de geles (10 min) para fluidos poliméricos a base almidón de yuca y almidón de maíz sobre agentes contaminantes.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio
	I	II	III	M.D.S		
F1	2,00	2,00	2,00	A	6,00	2,00
F2	2,00	1,00	2,00	A	5,00	1,67
F3	4,00	3,00	3,00	B	10,00	3,33
F4	3,00	3,00	3,00	B	9,00	3,00
F5	3,00	3,00	3,00	B	9,00	3,00
F6	2,00	3,00	3,00	B	8,00	2,67
F7	2,00	1,00	3,00	B	6,00	2,00
F8	4,00	5,00	4,00	C	13,00	4,33
F9	3,00	3,00	3,00	B	9,00	3,00
F10	2,00	3,00	3,00	B	8,00	2,67
Total	27,00	27,00	29,00		83,00	

En lo que respecta al comportamiento de los esfuerzos de gel, los esfuerzos excesivos pueden causar complicaciones, tales como: presiones excesivas cuando se interrumpe la circulación después de un viaje, pistoneo excesivo al sacar la tubería del pozo y aumento brusco de la presión durante la introducción de la tubería en el pozo. (MI-SWACO, p.5.7). Por lo que se considera aceptable la actuación del fluido de almidón de yuca

Volumen de revoque

Los valores del revoque para las muestras de fluidos poliméricos formulados se muestran en la tabla 9 y presentaron un valor de DMS de 0,66. Se puede constatar que los espesores de revoques obtenidos para las formulaciones con almidón de yuca sin contaminar y almidón de maíz contaminados con agua salada con 2 y 4% presentan diferencias estadísticamente significativas similares respecto al fluido testigo, excepto cuando los fluidos poliméricos formulados con almidón de yuca son contaminados con agua salada en un porcentaje de 2 y 4 % v/v y los tratamientos contaminados con crudo pesado con 2 y 4%, donde el espesor de revoque aumenta debido a el incremento de partículas que aporta el crudo y las de sal que aporta el agua salada cuando existe contaminación con estos.

Tabla 9. Promedio, totales y M.D.S de espesor de revoque para fluidos poliméricos a base almidón de yuca y almidón de maíz sobre agentes contaminantes

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio
	I	II	III	M.D.S		
F1	1,00	0,5	1,00	A	2,00	1,00
F2	1,00	1,00	1,00	A	3,00	1,00
F3	1,00	1,00	1,00	A	3,00	1,00
F4	1,00	1,00	1,00	A	3,00	1,00
F5	0,50	1,00	1,00	B	2,50	0,83
F6	1,00	0,50	0,50	B	2,00	0,67
F7	2,00	1,00	1,00	B	4,00	1,33
F8	2,00	2,00	2,00	B	6,00	2,00
F9	1,00	2,00	2,00	B	5,00	1,67
F10	2,00	2,00	2,00	B	6,00	2,00
Total	12,50	11,50	12,50			

Volumen de filtrado

En la tabla 10 se muestra el volumen de filtrado obtenido mediante el filtro prensa API durante un periodo de 30 minutos, en el cual se puede observar que las muestras contaminadas presentaron estadísticamente un comportamiento similar al fluido testigo (F1), el cual fue formulado con almidón de maíz comercial como agente controlador de filtrado, excepto el fluido polimérico preparado con almidón de yuca (F2), el cual no presentó el comportamiento o volumen de filtrado esperado. Sin embargo, este fluido en presencia de los agentes contaminantes agua salada (F5, F6) y crudo pesado (F9, F10), presentaron un volumen de filtrado menor que el de las muestras formuladas con el mismo aditivo sin presencia de agentes contaminantes (F2), incluso presentaron comportamientos estadísticamente similares que el fluido patrón o testigo (F1), lo que permite inferir que los fluidos poliméricos formulados con almidón de yuca como controladores de filtrado pueden ser aplicados en la perforación de formaciones con presencia de crudo extra pesado o en ambientes salinos manteniendo un comportamiento similar al desarrollado por el aditivo comercial estudiado.

Tabla 10. Promedios, totales y M.D.S de volumen de filtrado para fluidos poliméricos a base almidón de yuca y almidón de maíz sobre agentes contaminantes.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio
	I	II	III	M.D.S		
F1	10,60	19,40	21,50	A	51,50	17,17
F2	34,70	48,00	37,30	B	120,00	40,00
F3	12,20	18,50	17,60	A	48,30	16,10
F4	19,00	19,80	19,40	A	58,20	19,40
F5	16,00	25,90	27,80	A	69,70	23,23
F6	26,00	22,20	22,70	A	70,90	23,63
F7	13,50	13,80	14,10	A	41,40	13,80
F8	9,50	8,50	9,70	A	27,70	9,23
F9	18,30	19,90	20,10	A	58,30	19,43
F10	16,50	18,60	17,90	A	53,00	17,67
Total	176,30	214,60	208,10		599,00	

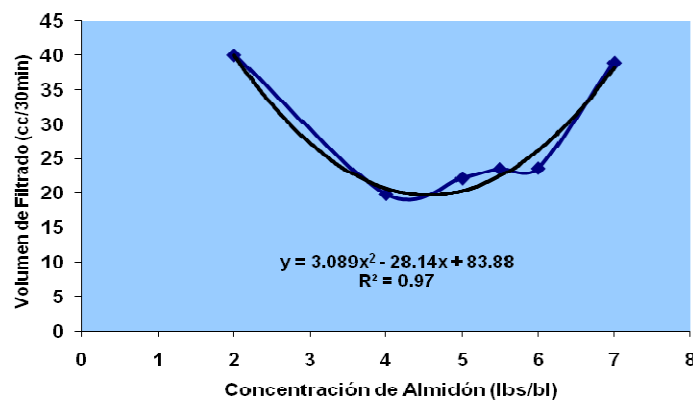
En lo que respecta al fluido F2 presentó un comportamiento distinto con respecto al fluido patrón en el volumen de filtrado, tal diferencia se debió a que se formuló con almidón de yuca con la misma cantidad de almidón de

maiz (2 lb/bl), esto conllevó a obtener resultados que no satisfacen los requerimientos de la industria. En tal sentido, a fin de determinar la concentración de almidón de yuca que arrojará resultados similares a los obtenidos con el controlador de filtrado a base de almidón de maíz, se realizaron variaciones de las concentraciones de almidón de yuca utilizados anteriormente, para determinar el efecto de dicha variación sobre el volumen de filtrado de cada muestra. Se realizaron tres (3) repeticiones para cada concentración (tabla 11), ajustándose posteriormente a un modelo de regresión lineal.

Tabla 11. Efecto de la variación de la concentración de almidón de yuca sobre el volumen de filtrado para fluidos poliméricos

Concentración de controlador de filtrado	Repeticiones			Total	Promedio (cc)
	I	II	III		
2 lbs/bl	34,70	48,00	37,30	120,00	40,00
4 lbs/bl	20,50	19,40	19,60	59,50	19,83
5 lbs/bl	22,90	21,10	22,40	66,40	22,13
5,5 lbs/bl	23,90	23,60	23,00	70,50	23,50
6 lbs/bl	23,90	23,80	23,10	70,80	23,60
7 lbs/bl	38,20	39,40	39,10	116,70	38,90

Del estudio se obtuvo una ecuación polinómica de segundo grado, con un valor de R de 0,97 que permitió modelar el comportamiento de las variables estudiadas. Mediante la aplicación de la ecuación se determinó que para igualar el volumen de filtrado obtenido en el tratamiento con agente controlador de filtrado a base de maíz sin contaminar (F1), se debe utilizar una concentración de 4,5 lb/bl de almidón de yuca.



Gráfica 1. Efecto de la variación de la concentración de almidón de yuca sobre el volumen de filtrado para fluidos poliméricos

Seguidamente se determinó el porcentaje de rendimiento y el costo unitario por saco del producto de almidón de yuca que podría ser usado como aditivo controlador de filtrado en fluidos de perforación base agua se realizaron estudios con la yuca (*Manihot esculenta*) usadas para la evaluación y resultados de dicha investigación cuyos cálculos y resultados se muestran a continuación:

Peso de la yuca con concha: 163,14 g.

Peso de la yuca sin concha: 137,64 g

Peso de la yuca seca: 50, 80 g

Para el cálculo y resultado del porcentaje de rendimiento de la yuca nativa se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{Pesodelayucaseca (gr)}}{\text{Pesodelayucaconconcha (gr)}} \times 100$$

Mediante este resultado se infiere que por cada kilo de yuca destinado a la obtención del producto utilizado como controlador de filtrado se obtendrán 0,3114 kg de almidón junto a su fibra. Una vez determinado el porcentaje de rendimiento se determinó el costo unitario en Bs.F por cada saco de 50 lb (22,68 kg) de almidón de yuca netamente natural usado como aditivo controlador de filtrado, cuyos resultados se muestran a continuación:

$$\frac{(22,68 \text{ kg del producto})(1 \text{ kg de yuca nativa})}{0,3114 \text{ kg del producto}} = 72,83 \text{ kg de yuca}$$

Lo que significa que para cada saco de 50 lb del producto controlador de filtrado de almidón de yuca se necesitarán 72,83 kg de yuca. En la tabla 12 se muestran los costo por saco de 50 lb de almidón de maíz y almidón de yuca, sabiendo que el kg de yuca posee un valor de 0,650 BsF/ kg

Tabla 12. Comparación de precios de los aditivos controladores de filtrado elaborados con almidón de yuca y almidón de maíz (comercial).

Aditivo controlador de filtrado (sks)	Precio (Bs.F)	Precio (\$)
Almidón de maíz (comercial)	193,00	44,9
Almidón de yuca (natural)	47,34	10,5

Los siguientes resultados arrojaron que el producto elaborado tiene una variación económica considerablemente menor (\$ 34,4) para la industria, no obstante, cabe destacar que aunque se debe aplicar el doble del producto elaborado con almidón de yuca para igualar los resultados controladores de filtrado del usado actualmente en la industria sigue siendo económicamente favorable dicha aplicación, además de ser un producto netamente natural.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El almidón natural de yuca junto a su fibra arrojó resultados satisfactorios como aditivo controlador de filtrado en fluidos de perforación base agua viscoelásticos.
2. Se necesita más almidón de yuca (4,5 lbs/bls) para obtener el mismo resultado del volumen de filtrado con respecto al almidón de maíz.(Fluido patrón)
3. El uso de almidón de yuca como aditivo controlador de filtrado en fluido de perforación base agua es económicamente viable en relación con el aditivo de uso comercial (almidón de maíz).
4. Los valores resultantes de las propiedades en estudio para los tratamientos de fluidos formulados con almidón de yuca fueron estadísticamente similares a los de fluido polimérico testigo (almidón de maíz comercial).
5. Los fluidos controladores de filtrado base almidón de yuca presentan valores aceptables en presencia de ambientes salinos o cuando existe contaminación con crudo pesado.

Dentro de las recomendaciones se plantearon:

1. Aplicar otro método para obtener almidón modificado de yuca que permita mejorar su eficiencia como aditivo controlador de filtrado.

2. Determinar el efecto de la variación de la temperatura sobre las propiedades de los fluidos poliméricos formulados con almidón de yuca como agente controlador de filtrado.
3. Determinar la eficiencia del almidón de yuca como controlador de filtrado en sistemas de fluidos de perforación a base de agua salada.

REFERENCIAS

- AQUINO C. 2000. “Tecnología de perforación y fluidos de perforación”. UDO. Venezuela.
- ARIZA, E Y FAJARDO, A. 2010. Factibilidad del uso de almidón de plátano como aditivo para lodos de perforación. Revista ION, Bucaramanga (Colombia), 23: 15-22.
- BARBERII E. 1998. El Pozo Ilustrado”. Fondo Editorial CIED. Caracas, Venezuela.
- INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO. 2004. Specification for Drilling-Fluid Materials (API 13-A), Sixteenth Edition, EEUU.
- LUMMUS, J., AZAR, J. 1986. Drilling Fluids Optimización-A Practical Field Approach, PennWell Publishing Company, Tulsa (Oklahoma), pp. 83-91
- LUZARDO P, ESPINAL L, MULLER A. 2001. Estudio del comportamiento de polímeros hidrosolubles como controladores de filtrado en fluidos de perforación. IV Seminario de Fluidos de Perforación y Completación.
- PRIETO.A “Tecnología aplicada a fluidos de perforación” 1993.
- SCOMIOILTOOLS 2009. Control de calidad del almidón (Código IT-LB-80).
- THOMAS.1980. Thermal Stability of Starch- and Carboxymethyl Cellulose-Based Polymers Used in Drilling Fluids. SPE Journal, 22 (2), 1982, 171-180.
- TORRE, L. 2000. Variación de las Propiedades Reológicas en Fluidos Base Aceite al ser Contaminado con Sólidos de Perforación, Caracas, Venezuela, pp.90-120.
- TOVAR, L. 2005. Diseño de formulación un fluido de perforación tipo polimérico e incidencia de la contaminación con sólidos de perforación en este sistema, Caracas, Venezuela, pp. 10-70.
- VALERA H .1999. Selección del tamaño de partículas de carbonato de calcio en fluidos del tipo Drill-in: teoría y aplicación, pp. 5-10,15-22. Caracas, Venezuela.
- Velazquez, D y Cruz J. 2003. Evaluación y optimización de materiales utilizados actualmente en el control de perdidas de circulación” Proyecto F.30271, Instituto Mexicano del Petróleo.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.