

Evaluación preliminar de la goma exudada autóctona (*Dalbergia monetaria* L.F) como aditivo viscosificante en fluidos de perforación base agua

Preliminary evaluation of native exuded gum (*Dalbergia monetaria*) as viscosifier additive in water-based drilling fluids

Pérez-Cisneros, Miguel

Intevep, S.A. Urb. Santa Rosa, sector El Tambor, Los Teques, Edo. Miranda,
Caracas, 1020-A, Venezuela.

miguelaperezcisneros@gmail.com

Resumen

*En esta investigación se evaluó el comportamiento reológico de una goma exudada sin purificar denominada goma DM del árbol autóctono (*Dalbergia monetaria* L.F) en formulaciones de fluidos de perforación base agua utilizando las gomas Guar y Xántica como viscosificantes a una temperatura dinámica de envejecimiento de 250° F x 16 horas. La determinación de la eficiencia reológica en soluciones acuosas de la goma DM en comparación con las gomas Guar y Xántica purificadas, presentó eficiencias menores. La goma DM mostró una mayor estabilidad térmica frente a la goma Guar y menor a la goma Xántica. El uso de la goma DM sin purificar como alternativa a la goma Guar en fluidos de perforación a base de agua a temperaturas de envejecimiento ≤ 250 °F y usando cantidades ≥ 8 lbm/bbl, es factible.*

Palabras clave: *Dalbergia monetaria* L.F, gomas (hidrocoloides), goma Guar, goma Xántica, estabilidad térmica, Fluido de perforación base agua.

Abstract

*In this research, the rheological behavior of an unpurified exuded gum called DM gum from the native tree (*Dalbergia monetaria* L.F) was evaluated in formulations of water-based drilling fluids using Guar and Xanthan gums as viscosifiers at a dynamic aging temperature 250°F x 16 hours. The determination of rheological efficiency in aqueous solutions of DM gum compared to purified Guar and Xanthan gums, presented lower efficiencies. DM gum showed greater thermal stability compared to Guar gum and less than Xanthan gum. The use of DM gum without purified in substitution of Guar gum in water-based drilling fluids at aging temperatures ≤ 250 °F and using amounts ≥ 8 lbm/bbl, is feasible.*

Keyword: *Dalbergia monetaria* L.F, gums (hydrocolloids), Guar gum, Xanthan gum, thermal stability, water-based drilling fluids.

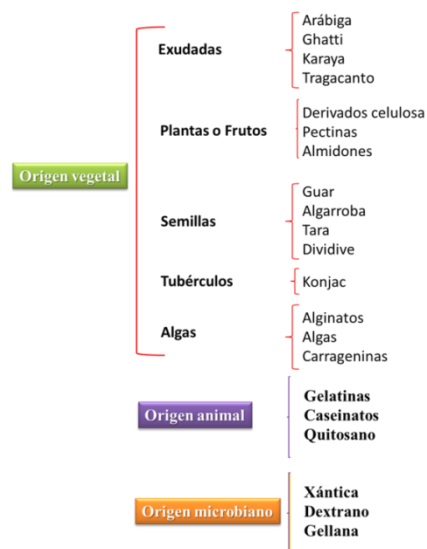
1 Introducción

En la industria petrolera una de las etapas primordiales en la exploración de yacimientos petroleros y gasíferos, es la etapa de perforación petrolera, cuya meta es encontrar hidrocarburos (petróleo y gas) en el subsuelo, facilitar su extracción por medio de pozos bien construidos y mantenidos, de forma segura, en el menor tiempo y costo posible. Los fluidos de perforación representan entre el 15% y 18% del costo total de perforar un pozo petrolero (API 14E 1991) y deben cumplir tres requerimientos sumamente importantes: i) fáciles de usar, ii) no ser demasiados costosos y iii) amigables ambientalmente. Los fluidos de perforación deben desempeñar varias funciones complejas y simultáneas. Limpiar el pozo de perforación, mantener los rípios y recortes en suspensión para su transporte hacia la superficie, proporcionar estabilidad a las paredes del pozo, formar un revoque o torta de filtración impermeable alrededor de las paredes del pozo, entre otras funciones relevantes (Lumms y col., 1986; Caenn y col., 2011). Estas funciones ejercidas por los fluidos de perforación para afrontar las complejidades de la perforación, son proporcionadas con la ayuda de aditivos químicos naturales y sintéticos para obtener las propiedades químicas, físicas y reológicas necesarias para perforar diversas formaciones geológicas en las mejores condiciones. Los aditivos más utilizados en los fluidos de perforación son: densificantes, viscosificantes, gelificantes, defloculantes o dispersantes, reductores de pérdida de fluidos, surfactantes, entre otros no menos importantes; los cuales en su gran mayoría están sometidos a regulaciones ambientales (IPIECA 2009).

De acuerdo a la relación existente entre el esfuerzo y la velocidad de corte, se definen dos tipos de comportamiento reológico, los fluidos newtonianos y no newtonianos. Los fluidos newtonianos exhiben una relación lineal y constante entre el esfuerzo y la velocidad de corte. En cambio, los fluidos no newtonianos, muestran características de proporcionalidad y de no proporcionalidad cuando experimentan esfuerzos y velocidades de corte, bajo un régimen de flujo laminar. Entre los fluidos no newtonianos están los pseudoplásticos, plásticos, dilatantes, tixotrópicos y reopéticos (Viscometer 2006). Los fluidos de perforación base agua-bentonítico empleando las gomas guar o xántica como aditivos viscosificantes, son considerados fluidos no newtonianos del tipo tixotrópico.

Son productos obtenidos de exudados de árboles, de semillas de vegetales, o producidas por microorganismos. Las gomas son moléculas de hidrocoloides muy grandes (macromoléculas) que tienen una gran afinidad por el agua (Whistler y col., 1973), donde se dispersan en menor o mayor medida, modificando la reología del fluido acuoso, incrementando la viscosidad y los geles. Según las características de las cadenas C-H, la longitud, ramificaciones y la distribución de las cargas eléctricas, son solubles en frío o requerir de tratamiento térmico para dispersarse en agua (Pasquel 2000; Zohuriaan, M. J., &

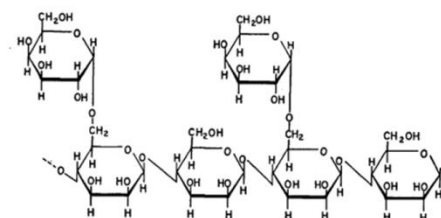
Shokrolahi y col., 2004). Dependiendo de la fuente se pueden clasificar de origen vegetal, animal y microbiano (Figura 1).



Fuente: elaboración propia.

Fig. 1. Clasificación general de las gomas hidrocoloides.

Ejemplos de hidrocoloides solubles en agua fría son las gomas guar, xántica, arábica, ghatti y tara. La goma Guar (*Cyamopsis tetragonolobus*), es un polisacárido hidrofílico procedente de la semilla de la planta de Guar, constituida por unidades de D-manopiranososa y D-galactopiranososa en proporción 2:1, unidas por enlaces glicosídicos (Bhaskar y col., 2013; Mudgil y col., 2014; Hasan y col., 2018) (Figura 2). Es altamente dispersable en agua y salmueras de diversos tipos y salinidad. Sin embargo, presenta poca estabilidad térmica (< 250 °F), no soporta ambientes de pH muy alcalinos y es afectada por la fermentación bacteriana (Pasquel 2001; Weaver 2003).

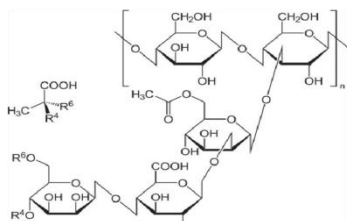


Fuente: Chudzikowski, (1971).

Fig. 2. Estructura química de la goma Guar.

La goma xántica es un biopolisacárido secretado por el género de bacterias *Xanthomonas campestris*, formada por D-glucopiranososa, D-manopiranososa y ácido D-glucourónico en proporción de 2,8:3:2, presentando grupos acetílicos y residuos de ácido pirúvico (Pasquel 2001; Downs 1992) (Figura 3). Muy utilizada en los fluidos de perforación base agua por presentar una excelente tolerancia a la salinidad y a los iones calcio y magnesio (Dureza del agua). Al igual que

la goma Guar, es afectada por la temperatura (≤ 250 °F) (Downs 1992).



Fuente: Pawar y col., (2015).

Fig. 3. Estructura química de la goma xántica.

El árbol (*Dalbergia monetaria* L.F) es una planta perenne con un solo tallo (tronco), con alturas que oscilan entre los 2 a 5 metros en altura, dependiendo de las condiciones ambientales. Se desarrolla bien entre los 200 a 400 metros sobre el nivel del mar. Exuda una goma poco resinosa que semeja a la goma arábica (de Carvalho 1997; Clamens y col., 2015) (Figura 4).



Fuente: elaboración propia.

Fig. 4. Árbol, fruto y goma exudada de la *Dalbergia monetaria*.

Esta investigación tratará sobre la funcionalidad de la goma exudada autóctona (*Dalbergia monetaria*), como aditivo viscosificante y gelificante para fluidos de perforación base agua, como estrategia para la autosuficiencia y la sustitución de gomas viscosificantes importadas en la formulación de fluidos de perforación base agua.

2 Parte Experimental

La evaluación de la goma DM sin purificar como aditivo viscosificante para fluidos de perforación base agua, se realizó mediante de tres (3) etapas metodológicas:

- La primera etapa: involucró el secado, la molienda y la pulverización de la goma DM, para obtener un producto con baja humedad y granulometría entre 60 μ m y 70 μ m, correspondiente a las mallas de 200 a 230 mesh.
- La segunda etapa: consistió en la evaluación del desempeño reológico de las gomas DM vs. Guar y Xántica en soluciones acuosas.
- La tercera etapa: contempló la evaluación del comportamiento reológico de las gomas DM vs. Guar y

Xántica en una formulación de fluido de perforación base agua estándar a una temperatura 250 °F.

2.1 Materiales y equipos

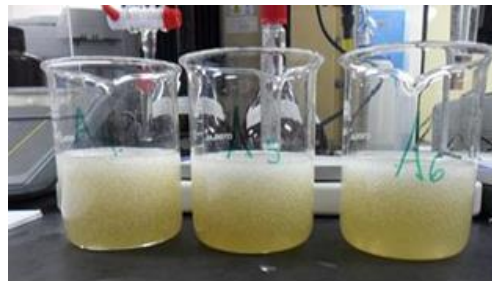
Los equipos utilizados en la preparación de los fluidos de perforación se encuentran reseñados en las normas API 13B-1 2009 e ISO 10414-1:2008. Molino marca Corona y pulverizador automático marca Spex.

Etapas 1:

La goma DM se colectó de árboles de apariencia sana, ubicados en Boquerón, estado Anzoátegui, Venezuela. Se recolectaron 2 kg de goma DM, se secaron a 50 °C en estufa. Luego, se molieron con un molino manual marca Corona, para obtener la goma DM sin purificar desmenuzada, con un tamaño de partículas entre 0,1 y 0,5 mm. Posteriormente, se pulveriza por presión y fricción con un pulverizador automático marca Spex hasta una malla de 230 mesh.

Etapas 2:

Se prepararon soluciones acuosas con agua destilada de goma DM con un 1,0 g, 2,0 g, 3,0 g, 4,0 g, 5,0 g, 6,0 g y 8,0 g por barril de agua destilada (1 barril lab $\equiv$ 350 mL y 1 g $\equiv$ 1 lbm), hasta obtener soluciones viscosas fluidas (Figura 5). De igual manera se elaboraron soluciones acuosas con agua destilada con las gomas Guar y Xántica con un 1,0 g, 2,0 g, 3,0 g, 4,0 g y 5,0 g, por barril de agua destilada, hasta obtener soluciones viscosas fluidas (Clamens y col., 2015). El desempeño reológico de las soluciones acuosas, se determinó en base a la cantidad de goma por barril. Las medidas reológicas se realizaron por medio del viscosímetro de lectura directa Fann 35A.



Fuente: elaboración propia.

Fig. 5. Soluciones acuosas de la goma DM.

Etapas 3:

Se prepararon cinco formulaciones de fluidos de perforación base agua (Densidad 12 lpg) y estabilizadas a 150 °F x 16 horas. Posteriormente, se someten a envejecimiento térmico rotativo a 250 °F x 16 horas. Luego se mide las lecturas reológicas a 120 °F (Lummus y col., 1986; Caenn y col., 2011) (Tabla 1).

Tabla 1. Formulación de fluido base de perforación (Fbase).

Formulación	Unidad	FBase
Agua	mL	330
Bentonita	lbm	4

Goma Guar	lbm	0
Goma Xántica	lbm	0
Goma DM	lbm	0
Barita	lbm	55

3 Resultados y Discusión

Los resultados experimentales se presentan de acuerdo al orden dado por las etapas metodológicas de la investigación.

Etap 1:

Se obtuvo un polvo goma DM con excelente textura y apariencia, de color blanco crema. La molienda de la goma DM tuvo una merma del 2%. La textura es diferente a las gomas Guar y Xántica purificadas, pero similar al almidón (Figura 6).



Fuente: elaboración propia.

Fig.6. Colores de la goma DM antes de moler, molida y pulverizada.

Etap 2:

En las Tablas (2, 3 y 4) se muestran los valores reológicos de las lecturas reológicas a seis (6) velocidades de corte de las soluciones acuosas con distintas cantidades de las gomas DM, Guar y Xántica.

Tabla 2. Lecturas reológicas de la solución acuosa de la goma DM.

Lectura reológica (120 °F)	Unidad	Cantidad (g) de goma DM en solución acuosa						
		1	2	3	4	5	6	8
600	r/min	6	13	23	40	44	57	90
300	r/min	3	7	14	26	29	40	64
200	r/min	2	4	11	21	24	32	52
100	r/min	1	2	7	14	16	22	37
6	r/min	0	0	1	3	3	6	12
3	r/min	0	0	1	3	3	5	11
Propiedades reológicas medidas a 120 °F								
VP	cPs	3	6	9	14	16	17	26
PC	lb/100pie ²	0	1	5	12	14	23	38
Gel 10s	lb/100pie ²	0	0	1	4	5	10	18
Gel 10min	lb/100pie ²	0	0	1	15	15	30	50

Tabla 3. Lecturas reológicas de la solución acuosa de la goma Guar.

Lectura reológica (120 °F)	Unidad	Cantidad (g) de goma Guar en solución acuosa			
		1	2	3	4
600	r/min	14	45	88	154
300	r/min	8	34	73	129

200	r/min	7	29	64	117
100	r/min	4	21	52	96
6	r/min	0	4	15	35
3	r/min	0	3	11	25
Propiedades reológicas medidas a 120 °F					
VP	cPs	6	11	15	25
PC	lb/100pie ²	2	23	58	104
Gel 10s	lb/100pie ²	0	3	10	24
Gel 10min	lb/100pie ²	0	3	11	26

Tabla 4. Lecturas reológicas de la solución acuosa de la goma Xántica.

Lectura reológica (120 °F)	Unidad	Cantidad (g) de goma Xántica en solución acuosa				
		1	2	3	4	5
600	r/min	12	29	72	94	182
300	r/min	8	21	56	77	140
200	r/min	7	19	48	69	125
100	r/min	4	15	38	58	113
6	r/min	0	4	19	33	52
3	r/min	0	3	17	29	48
Propiedades reológicas medidas a 120 °F						
VP	cPs	4	8	16	17	42
PC	lb/100pie ²	4	13	40	60	138
Gel 10s	lb/100pie ²	0	3	17	29	45
Gel 10min	lb/100pie ²	0	3	18	30	48

Al comparar las lecturas reológicas similares de las gomas DM, Guar y Xántica en todo el intervalo de velocidades de corte en función de las cantidades de las gomas Guar y Xántica con respecto a la goma DM en soluciones acuosas, se obtuvo los siguientes valores de eficiencia reológica.

Tabla 5. Eficiencia reológica de las gomas Guar y Xántica vs. goma DM.

Lectura dial viscosímetro (lb/100pie ²)	Goma Guar (g)	Goma DM (g)	Eficiencia reológica (e)
25	1	3	3,0
50	2	5	2,5
100	3	8	2,6
			$\bar{e} = 2,7$
Lectura dial viscosímetro (lb/100pie ²)	Goma Xántica (g)	Goma DM (g)	Eficiencia reológica (e)
25	2	3	1,5
50	3	5	1,6
100	4	8	2,0
			$\bar{e} = 1,7$

La relación de desempeño reológico promedio hallada experimentalmente para las gomas Guar y Xántica con respecto a la goma DM sin purificar, son de 2,7 y 1,7 veces mayor respectivamente. A continuación se ilustra de manera gráfica, las comparaciones de los valores de las lecturas reológicas de las soluciones acuosas de las gomas DM, Guar y Xántica (Figuras 7, 8 y 9).

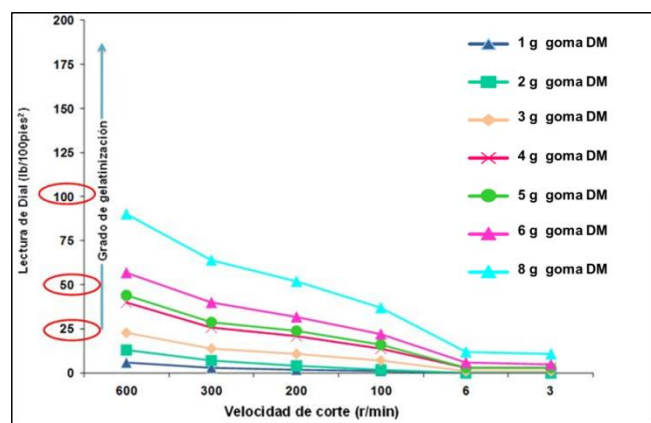


Fig. 7. Desempeño reológico de soluciones acuosas de goma DM estabilizadas a 150 °F x 16 horas en función de la concentración.

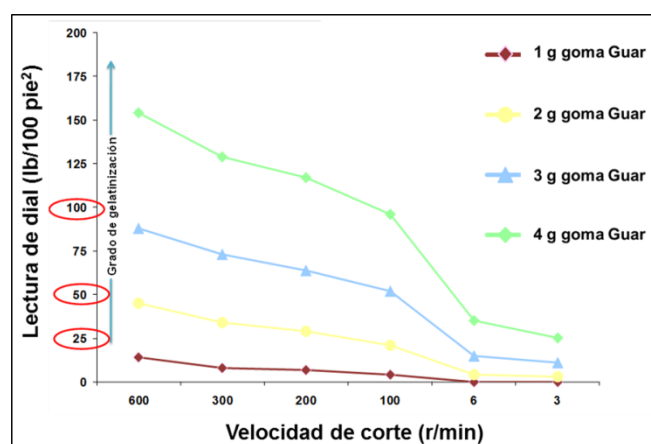


Fig. 8. Desempeño reológico de soluciones acuosas de goma Guar estabilizadas a 150 °F x 16 horas en función de la concentración.

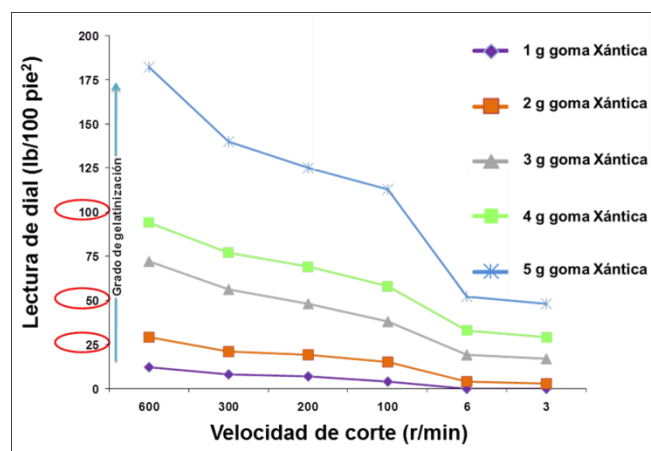


Fig. 9. Desempeño reológico de soluciones acuosas de goma Xántica estabilizadas a 150 °F x 16 horas en función de la concentración.

Etapas 3:

Se presenta en la Tablas (6 y 7) los comportamientos reológicos antes y después del envejecimiento térmico rotativo de los fluidos de perforación base agua con las gomas DM, Guar y Xántica.

De acuerdo a los resultados de eficiencia reológica de las gomas Guar y Xántica con respecto a la goma DM, se escogió las cantidades de goma por barril requeridas para formular los fluidos. Las cantidades fueron las siguientes: 3 lbm/barril de goma Guar, 4 lbm/barril de goma Xántica y 8 lbm/barril de goma DM.

Tabla 6. Comportamiento reológico antes del envejecimiento térmico rotativo de los fluidos con las gomas DM, Guar y Xántica.

Formulación	Unidad	Fbase	F1	F2	F3
Agua	mL	330	330	330	330
Bentonita	lbm	4	4	4	4
Goma Guar	lbm	0	3	0	0
Goma Xántica	lbm	0	0	4	0
Goma DM	lbm	0	0	0	8
Barita	lbm	55	55	55	55
Lectura reológica (120 °F)	Unidad	Fbase	F1	F2	F3
600	r/min	5	84	86	114
300	r/min	3	68	73	79
200	r/min	2	60	69	64
100	r/min	1	50	62	44
6	r/min	0	19	43	11
3	r/min	0	14	40	10
Propiedades reológicas a 150 °F x 16 horas y medidas a 120 °F					
VP	cPs	2	16	13	35
PC	lb/100 pie²	1	52	60	44
Gel 10s	lb/100 pie²	0	11	40	12
Gel 10min	lb/100 pie²	0	14	43	32

Tabla 7. Comportamiento reológico después del envejecimiento térmico rotativo de los fluidos con las gomas DM, Guar y Xántica.

Formulación	Unidad	Fbase	F1	F2	F3
Agua	mL	330	330	330	330
Bentonita	lbm	4	4	4	4
Goma Guar	lbm	0	3	0	0
Goma Xántica	lbm	0	0	4	0
Goma DM	lbm	0	0	0	8
Barita	lbm	55	55	55	55
Lectura reológica (120 °F)	Unidad	Fbase	F1	F2	F3
600	r/min	3	7	64	19
300	r/min	2	4	50	13
200	r/min	1	3	43	10
100	r/min	0	2	30	5
6	r/min	0	0	5	0
3	r/min	0	0	4	0
Propiedades reológicas después del envejecimiento a 250 °F x 16 horas y medidas a 120 °F					
VP	cPs	1	3	14	6
PC	lb/100 pie²	1	1	46	7
Gel 10s	lb/100 pie²	0	0	4	0
Gel 10min	lb/100 pie²	0	0	5	2

En la Figura (10), se ilustra el comportamiento reológico de los fluidos formulados con las gomas DM, Guar y Xántica antes del envejecimiento a 250 °F, pero estabilizados a 150 °F x 16 horas. Se observa que las tres gomas tienen comportamientos reológicos similares a altas velocidades de corte, entre 600 r/min y 100 r/min. No obstante, la Xántica muestra un comportamiento reológico distinto a bajas velocidades de corte, entre 6 r/min y 3 r/min. Este

comportamiento es consistente con los mayores valores de esfuerzos de geles de 10 s y 10 min que presenta la goma Xántica con respecto a las gomas DM y Guar.

Se presenta en la Figura (11) el comportamiento reológico de las gomas DM, Guar y Xántica después del envejecimiento rotativo a 250 °F x 16 horas. Los efectos del oxígeno disuelto y el estrés térmico en los fluidos, se puede monitorear siguiendo la degradación térmica, oxidativa-reductiva de los biopolímeros en el seno del fluido por medio de la pérdida de los valores de diseño de las propiedades reológicas (lecturas reológicas a distintas velocidades, viscosidad plástica, punto cedente y esfuerzo de gel) del fluido a distintas temperaturas y asumiendo que el único aditivo con la función primaria de proporcionar viscosidad son los biopolímeros (Villada y col., 2017; Ismaili y col., 2020). Se observa una disminución de los valores de las lecturas reológicas en todo el intervalo de velocidades de corte, entre 600 r/min y 3 r/min para todas las formulaciones (F1, F2 y F3). Siendo la formulaciones F1 y F3 las que experimentaron la disminución de los valores de las lecturas reológicas más acentuadas, seguidamente de la formulaciones F2. En consecuencia, estos fluidos no tendrán la capacidad sustentar y transportar los recortes de perforación (ripios) hacia la superficie, debido a la depolimerización oxidativa que experimentaron las gomas, alterando las propiedades viscosificantes y gelificantes de las mismas (Reddy y col., 2004; Khouryieh y col., 2007; BeMiller y col., 2012).

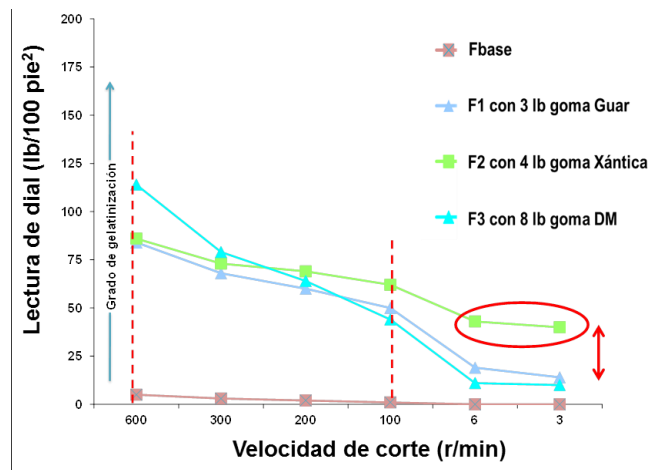


Fig. 10. Comportamiento reológico de las formulaciones de fluidos base agua con las gomas DM, Guar y Xántica antes del envejecimiento térmico rotativo y estabilizados a 150 °F x 16 horas.

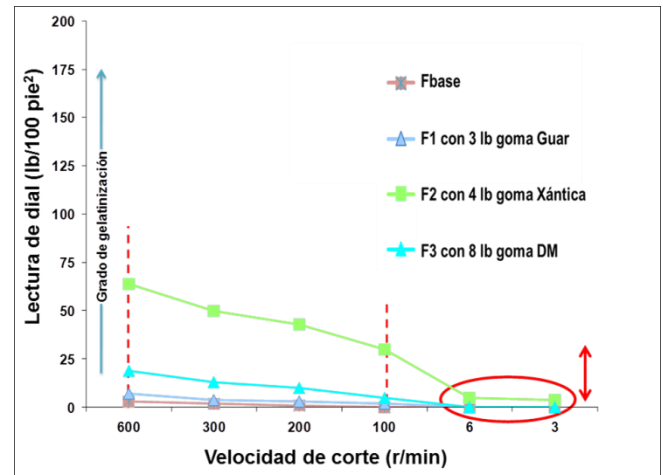


Fig. 11. Comportamiento reológico de las formulaciones de fluidos base agua con las gomas DM, Guar y Xántica después del envejecimiento térmico rotativo a 250 °F x 16 horas.

4 Conclusiones

La goma DM sin purificar presentó menor desempeño reológico en soluciones acuosas en comparación con las gomas Guar y Xántica purificadas, siendo la goma Guar 2,7 veces más eficiente y la goma Xántica 1,7 veces con respecto a la goma DM.

La goma DM muestra mayor estabilidad térmica que la goma Guar a 250 °F.

Es factible el uso de la goma DM sin purificar como alternativa a la goma Guar en fluidos de perforación a base de agua a temperaturas de envejecimiento ≤ 250 °F y utilizando cantidades ≥ 8 lbm/bbl.

Conflicto de intereses:

El autor declara que no hay conflicto de intereses.

Referencias

- API 14E (1991). Recommended practice for design and installation of offshore production platform piping systems. 5TH ed.
<https://www.consultoracegroup.com>
- BeMiller, J. N., & Whistler, R. L. (Eds.). (2012). Industrial gums: polysaccharides and their derivatives. Academic Press.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id>.
- Bhaskar, D. A., Uttam, K. J., Singh, A. M., Jayram, C. M., & Bhanudas, S. R. (2013). Plant exudates and mucilage as pharmaceutical excipients. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research*, 3(4).
<https://dokumen.tips > documents>
- Caenn, R., Darley, H. C., & Gray, G. R. (2011). Composition and properties of drilling and completion fluids. Gulf professional publishing.
<https://www.elsevier.com > caenn>

- Chudzikowski, R. J. (1971). *Guar gum and its applications*. *J Soc Cosmet Chem*, 22(1), 43.
<https://www.scirp.org › reference>
- Clamens, C., De Pinto, G. L., Rincón, F., & Vera, A. (2015). *Exudados gomosos de plantas localizadas en Maracaibo, Venezuela*. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 103(2), 119-125.
<https://www.researchgate.net/publication/271446708>
- de Carvalho, A. M. (1997). *A synopsis of the genus Dalbergia (Fabaceae: Dalbergieae) in Brazil*. *Brittonia*, 87-109.
<https://doi.org/10.2307/2807701>
- Downs, J. D. (1992). *High temperature stabilisation of xanthan in drilling fluids by the use of formate salts*. In *Physical Chemistry of Colloids and Interfaces in Oil Production: Proceedings of the 6th IFP Exploration and Production Research Conference, Held in Saint-Raphaël, September 4-6, 1991 (Vol. 49, p. 197)*. Editions TECHNIP.
http://www.formatebrine.com/publications/1968043?dm_device=desktop
- Hasan, A. M., & Abdel-Raouf, M. E. (2018). *Applications of guar gum and its derivatives in petroleum industry: A review*. *Egyptian journal of petroleum*, 27(4), 1043-1050.
<https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.03.005>
- Ismail, A. R., Mohd Norddin, M. N. A., Latefi, N. A., Oseh, J. O., Ismail, I., Gbadamosi, A. O., & Agi, A. J. (2020). *Evaluation of a naturally derived tannin extracts biopolymer additive in drilling muds for high-temperature well applications*. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 10, 623-639.
<https://doi.org/10.1007/s13202-019-0717-7>
- Khouryieh, H.A., Herald, T.J., Aramouni, F., & Alavi, S. (2007). *Intrinsic viscosity and viscoelastic properties of xanthan/guar mixtures in dilute solutions: effect of salt concentration on the polymer interactions*. *Food Research International*, 40(7), 883-893.
[doi:10.1016/j.foodres.2007.03.001](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.03.001)
- Lummus, J. L., & Azar, J. J. (1986). *Drilling fluids optimization: a practical field approach*.
<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2012.11.011>
- Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2014). *Guar gum: processing, properties and food applications—a review*. *Journal of food science and technology*, 51, 409-418.
[DOI: 10.1007/s13197-011-0522-x](https://doi.org/10.1007/s13197-011-0522-x)
- Pasquel, A. (2001). *Gomas: una aproximación a la industria de alimentos*. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 1(1), 1-8.
<http://bibliotecavirtual.corpmontana.com>
- Pawar, H. A., Kamat, S. R., & Choudhary, P. D. (2015). *An overview of natural polysaccharides as biological macromolecules: their chemical modifications and pharmaceutical applications*. *Biology and Medicine*, 7(1), 1.
[DOI:10.4172/0974-8369.1000224](https://doi.org/10.4172/0974-8369.1000224)
- Reddy, T.T., & Tammishetti, S. (2004). *Free radical degradation of guar gum*. *Polymer Degradation and Stability*, 86(3), 455-459.
[DOI:10.1016/j.polyimdegradstab.2004.05.017](https://doi.org/10.1016/j.polyimdegradstab.2004.05.017)
- Villada, Y., Gallardo, F., Erdmann, E., Casis, N., Olivares, L., & Estenoz, D. (2017). *Functional characterization on colloidal suspensions containing xanthan gum (XGD) and polyanionic cellulose (PAC) used in drilling fluids for a shale formation*. *Applied Clay Science*, 149, 59-66.
<https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.08.020>
- Viscometer, M. L. B. (2006). *More Solutions to Sticky Problems: A Guide to Getting More from Your Brookfield Viscometer*. Brookfield Engineering Labs. Inc. Middleboro, USA.
<http://www.brookfieldengineering.com/education/applications/index.asp>
- Weaver, J., Gdanski, R., & Karcher, A. (2003, February). *Guar gum degradation: a kinetic study*. In *International symposium on oilfield chemistry*. OnePetro. Weaver, J., Gdanski, R., & Karcher, A. (2003, February). *Guar gum degradation: a kinetic study*. In *International symposium on oilfield chemistry*. OnePetro.
<https://doi.org/10.2118/80226-MS>
- Whistler, R. L. (1973). *Solubility of polysaccharides and their behavior in solution*.
[DOI:10.5772/intechopen.70137](https://doi.org/10.5772/intechopen.70137)
- Zohuriaan, M. J., & Shokrolahi, F. J. P. T. (2004). *Thermal studies on natural and modified gums*. *Polymer testing*, 23(5), 575-579.
<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2003.11.001>

Recibido: 10 de diciembre de 2022

Aceptado: 15 de marzo de 2023

Pérez Cisneros, Miguel Angel: Doctor en ciencias de la ingeniería (UCV). Maestría en ingeniería ambiental (UCAB). Especialista I&D avanzado en el Intevep S.A., con 35 años de experiencia.
<https://orcid.org/0000-0003-3839-3332>.

