

Suplemento electrónico 26-2-03

al artículo

Determinación de la viscosidad y su incertidumbre en fluidos de perforación usados en la construcción de pozos geotérmicos: aplicación en el campo de Los Humeros, Puebla, México

por

Efraín Gómez-Arias, Jorge Andaverde, Edgar Santoyo y Gustavo Urquiza

publicado en

Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 2009, 26(2), 516-529

Contenido

Figura A1. Eficiencia de las 13 pruebas de discordancia para muestra univariadas.

Figura A2. Histograma de la eficiencia de la pruebas de discordancia aplicadas a los valores de viscosidad (μ) calculados

Tabla A1. Pruebas de discordancia para las muestra univariadas normales con $k = 1$.

Tabla A2. Eficiencia de las pruebas de discordancia aplicadas en cada modelo reológico y en forma global.

Tabla A3. Análisis de datos de viscosidad dinámica estimados por los nueve modelos reológico-estadísticos a 11 velocidades de corte, después de haber sido tratados con la pruebas de discordancia para detectar datos desviados.

Bibliografía

Este suplemento contiene 12 páginas.

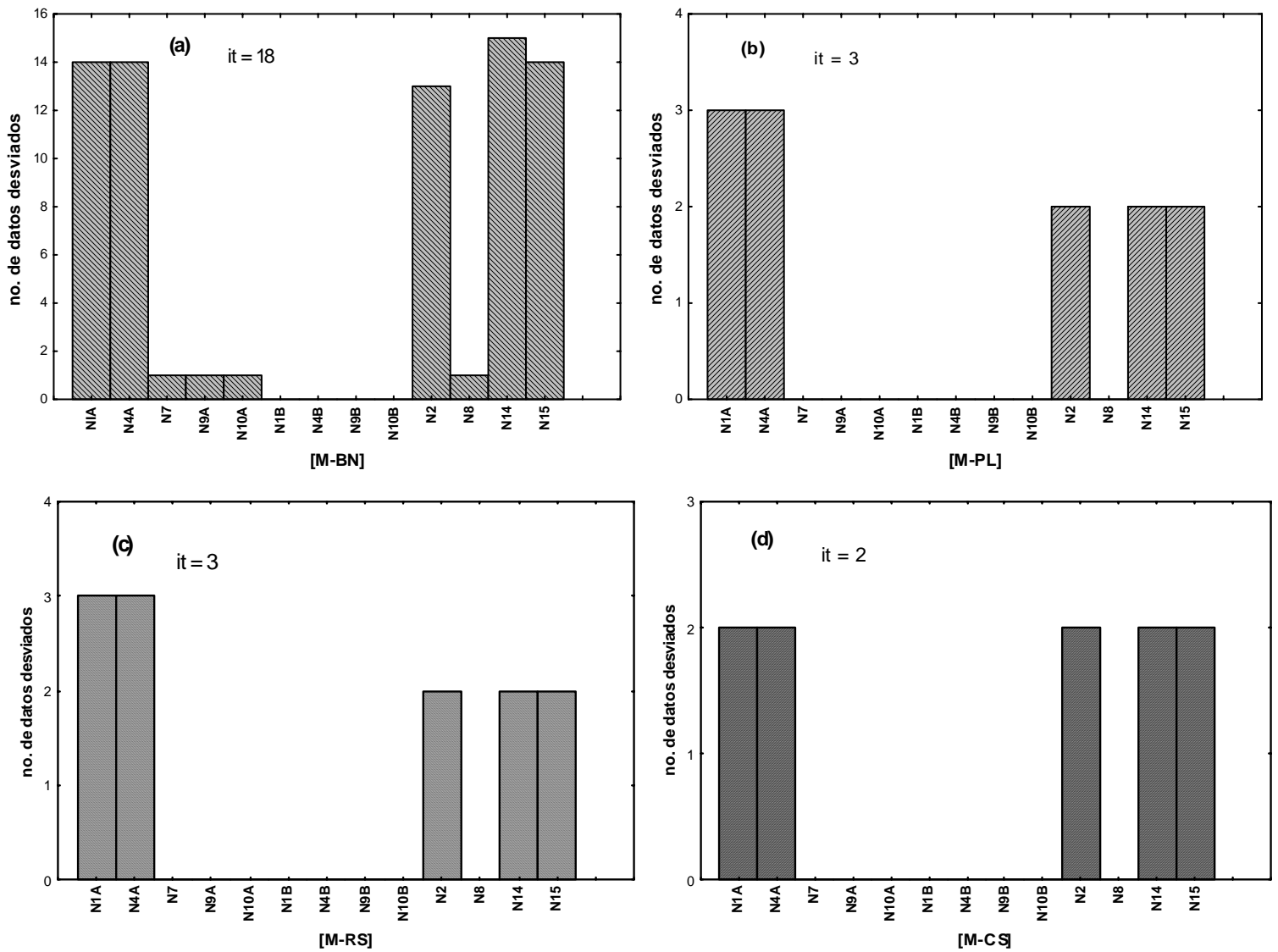


Figura A1. Eficiencia de las 13 pruebas de discordancia para muestra univariadas aplicada a los RES (estimación de residuales) calculados por los modelos reológicos. La figura (a) muestra la eficiencia de las pruebas para el M-BN, (b) M-PL, (c) M-RS, (d) M-CS, (e) M-SK, (f) M-HB (g) M-QR, (h) M-RSM, (i) M-SKM y (j) en forma global. Para las Figuras a- i el total de la muestra es de 114 datos, para el global (j) el total de datos es de 1023. El orden de las pruebas en los gráficos para el valor alto ó $x_{(n)}$ es (N1A, N4A, N7, N9a y N10A), para el valor bajo ó $x_{(1)}$ es (N1B, N4B, N9B y N10B) y para valores extremos $x_{(n)}$ ó $x_{(1)}$ es (N2, N8, N14 y N15). Para cada figura se muestra el número de iteraciones desarrolladas (it) en las cuales se detectó al menos un dato desviado.

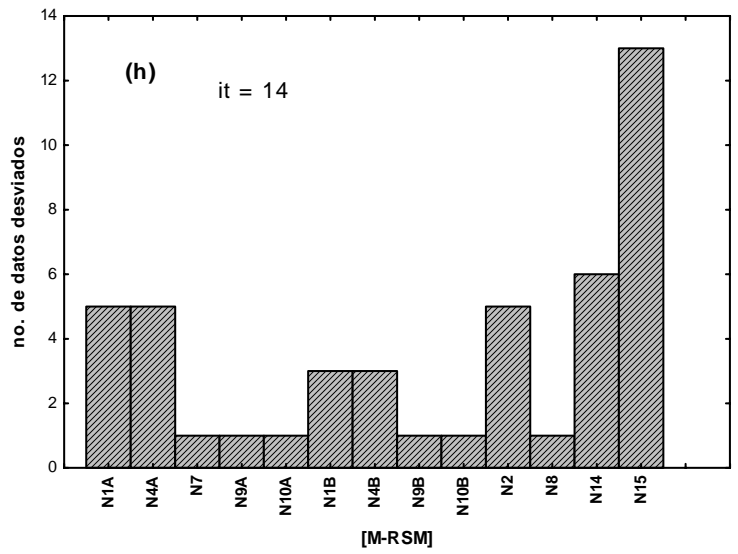
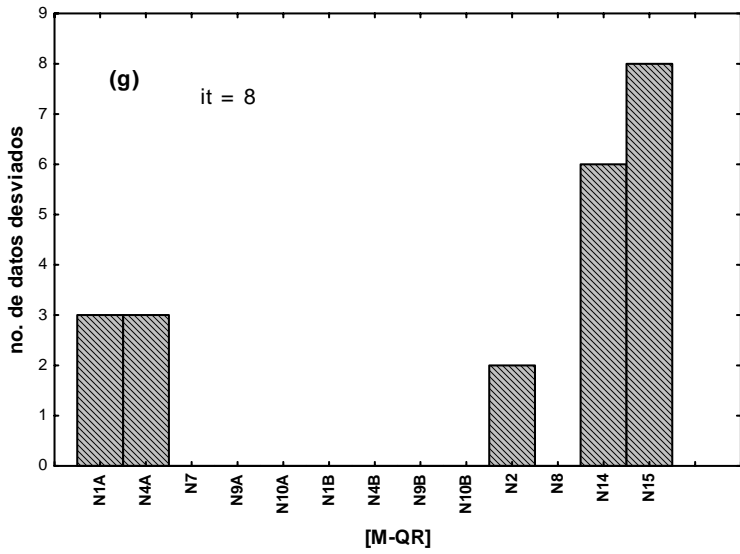
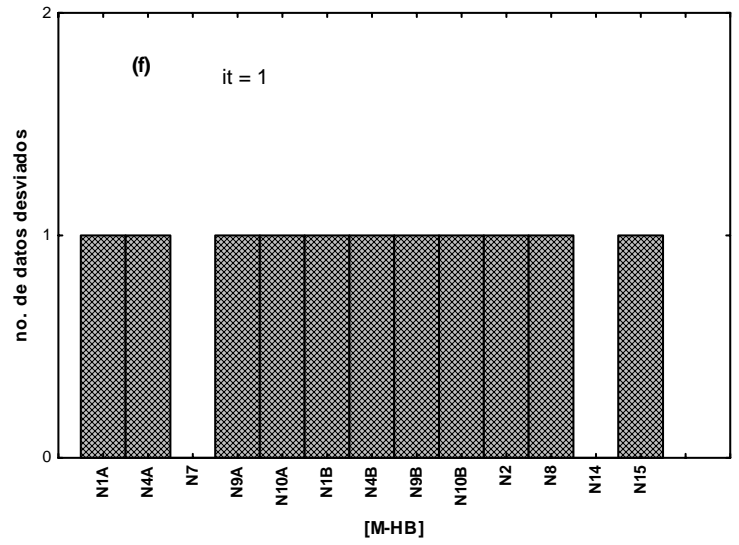
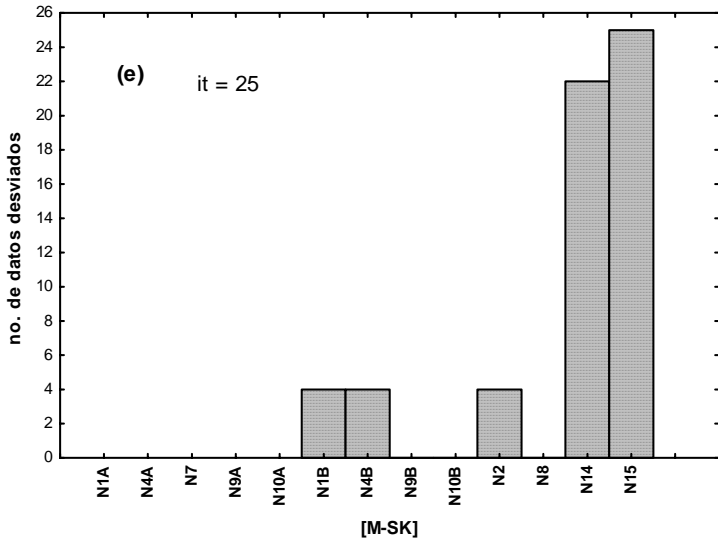


Figura A1. (continuación).

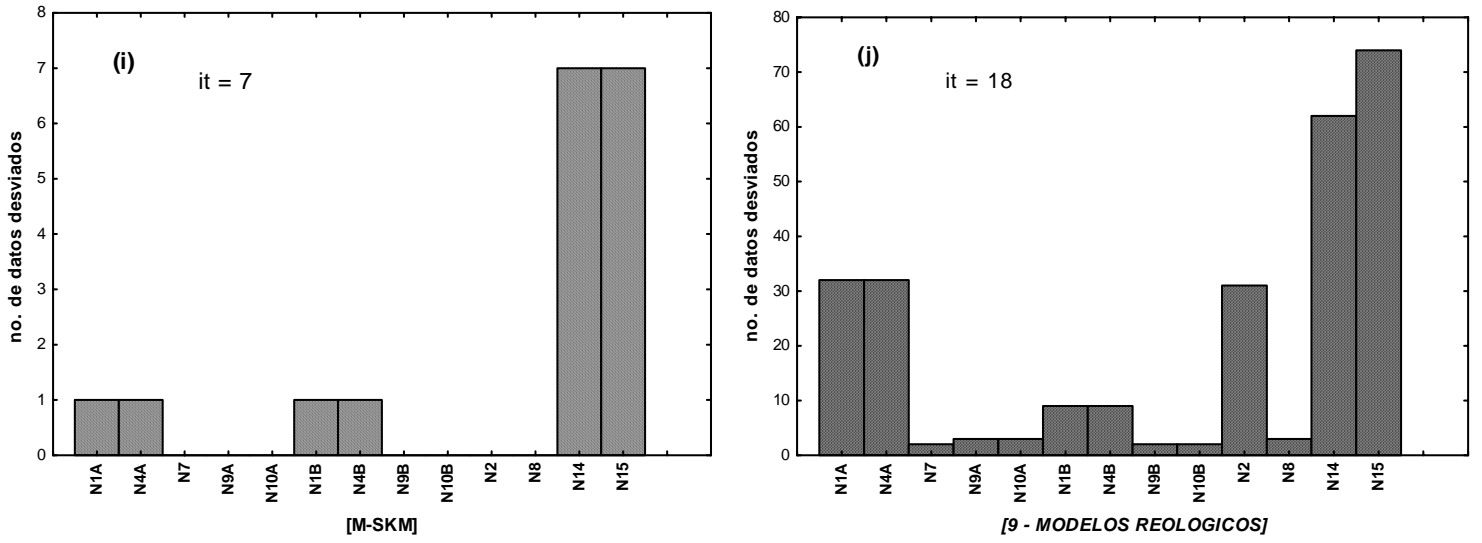


Figura A1. (continuación).

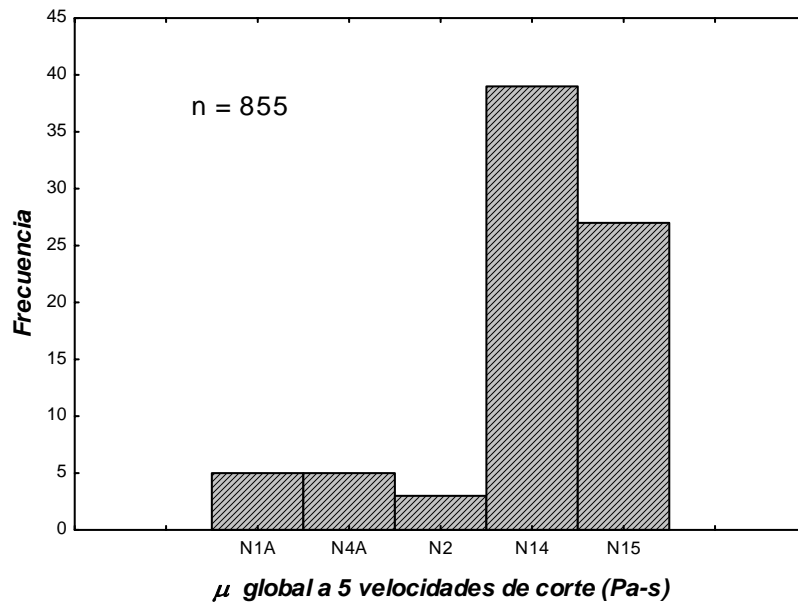


Figura A2. Histograma muestra la eficiencia de las pruebas de discordancia aplicadas a los valores de viscosidad (μ) calculados. Solamente las pruebas N1A, N4A, N2, N14 Y N15 detectaron datos desviados, siendo la prueba N14 la de mayor eficiencia.

Tabla A1. Pruebas de discordancia para las muestra univariadas normales con $k = 1$ (13 pruebas), las cuales fueron aplicadas en el presente trabajo (modificado de Verma, 2005).

Tipo de Estadístico*	Clave**	Descripción de la prueba**	Valores probados**	Estadístico de la prueba**	Significado de la prueba***
(i)	N1A	Más alto	$x_{(n)}$	$TN1_{(a)} = (x_{(n)} - \bar{x}) / s$	Mayor que
	N1B	Más bajo	$x_{(1)}$	$TN1_{(b)} = (\bar{x} - x_{(1)}) / s$	Mayor que
	N2	Extremo	$x_{(n)}$ ó $x_{(1)}$	$TN2 = Max : \left[\begin{array}{l} (x_{(n)} - \bar{x}) / s; \\ (\bar{x} - x_{(1)}) / s \end{array} \right]$	Mayor que
(ii)	N4A	Más alto	$x_{(n)}$	$TN4_{(a)} = S^2_{(n)} / S^2$	Menor que
	N4B	Más bajo	$x_{(1)}$	$TN4_{(b)} = S^2_{(1)} / S^2$	Menor que
(iii)	N7	Más alto	$x_{(n)}$	$TN7_{(a)} = (x_{(n)} - x_{(n-1)}) / (x_{(n)} - x_{(1)})$	Mayor que
	N8	Extremo	$x_{(n)}$ ó $x_{(1)}$	$TN8 = \left[\begin{array}{l} (x_{(n)} - x_{(n-1)}) / \\ (x_{(n)} - x_{(1)}); \\ (x_{(2)} - x_{(1)}) / \\ (x_{(n)} - x_{(1)}), \end{array} \right]$	Mayor que
	N9A	Más alto	$x_{(n)}$	$TN9_{(a)} = (x_{(n)} - x_{(n-1)}) / (x_{(n)} - x_{(2)})$	Mayor que
	N9B	Más bajo	$x_{(1)}$	$TN9_{(b)} = (x_{(2)} - x_{(1)}) / (x_{(n-1)} - x_{(1)})$	Mayor que
	N10A	Más alto	$x_{(n)}$	$TN10_{(a)} = (x_{(n)} - x_{(n-1)}) / (x_{(n)} - x_{(3)})$	Mayor que
N10B	Más bajo	$x_{(1)}$	$TN10_{(b)} = (x_{(2)} - x_{(1)}) / (x_{(n-2)} - x_{(1)})$	Mayor que	

Tabla A1 (continuación). Pruebas de discordancia para las muestra univariadas normales con K = 1 (13 pruebas), las cuales fueron aplicadas en el presente trabajo (modificado de Verma, 2005).

Tipo de Estadístico*	Clave**	Descripción de la prueba**	Valores probados**	Estadístico de la prueba**	Significado de la prueba***
(iv)	N14	Extremo	$x_{(n)}$ ó $x_{(1)}$	$TN14 = \frac{n^{1/2} \left\{ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \right\}}{\left\{ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right\}^{3/2}}$	Mayor que
	N15	Extremo	$x_{(n)}$ ó $x_{(1)}$	$TN15 = \frac{n \left\{ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \right\}}{\left\{ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right\}^2}$	Mayor que

* Muestra el tipo de prueba de discordancia para datos univariados (i: el estadístico de la desviación o la dispersión; ii: el estadístico de la suma de cuadrados; iii: el estadístico de exceso o de dispersión; y iv: el estadístico de momento o de alto orden).

** Define el tipo de prueba, el dato a probar y el estadístico de la prueba

*** El valor obtenido en cada estadístico es comparado con un valor crítico a un nivel de confianza del 99% (0.01) sugerido por Verma, 2005 y para el caso el cual resulte mayor que el dato analizado es rechazado y si el caso es viceversa, es decir, menor que el dato analizado o probado es rechazado. Los valores críticos se encuentran en los siguientes trabajos: Verma (2005), Verma y Quiroz-Ruiz (2006a, 2006b), Verma et al. (2008).

Tabla A2. Muestra las eficiencia de las pruebas de discordancia aplicadas en cada modelo reológico y en forma global.

Modelo	Baja eficiencia (0.00 – 0.33)	Mediana eficiencia (0.34 – 0.67)	Alta eficiencia (0.68 – 1.00)
M-BN	N1B; N4B; N9B; N10B		N1A; N4A; N7; N9A; N10A; N2; N8; N14; N15
M-PL	N7; N9A; N10A; N1B; N4B; N9B; N10B; N8	N2; N14; N15	N1A; N4A
M-RS	N7; N9A; N10A; N1B; N4B; N9B; N10B; N8	N2; N14; N15	N1A; N4A
M-CS	N7; N9A; N10A; N1B; N4B; N9B; N10B; N8		N1A; N4A; N2; N14; N15
M-SK	N1A; N4A; N7; N9A; N10A; N1B; N4B; N9B; N10B; N2; N8		N14; N15
M-HB	N7; N14		N1A; N4A; N9A; N10A; N1B; N4B; N9B; N10B; N2; N8; N15
M-QR	N7; N9A; N10A; N1B; N4B; N9B; N10B; N2 N8	N1A; N4A	N14; N15
M-RSM	N7; N9A; N10A; N1B; N4B; N9B; N10B; N8	N1A; N4A; N2	N15; N14
M-SKM	N1A; N4A; N7; N9A; N10A; N1B; N4B; N9B; N10B; N2; N8		N14; N15
GLOBAL	N7; N9A; N10A; N1B; N4B; N9B; N10B; N8	N1A; N4A; N2	N15; N14

Tabla A3. Análisis de datos de viscosidad dinámica estimados por los nueve modelos reológico-estadísticos a 11 velocidades de corte, después de haber sido tratados con la pruebas de discordancia para detectar datos desviados.

Fluido	100 s ⁻¹				200 s ⁻¹				300 s ⁻¹				400 s ⁻¹			
	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}
632	0.0204	0.0037	0.1814	9	0.0154	0.0019	0.1234	9	0.0132	0.0019	0.1439	9	0.0118	0.0020	0.1695	9
679	0.050	0.001	0.020	7	0.036	0.001	0.028	7	0.0302	0.0012	0.0397	8	0.0280	0.0031	0.1107	9
680	0.025	0.005	0.200	9	0.0184	0.0024	0.1304	9	0.0156	0.0023	0.1474	9	0.0138	0.0023	0.1667	9
681	0.0342	0.0022	0.0643	8	0.0240	0.0012	0.0500	8	0.0210	0.0026	0.1238	9	0.0187	0.0028	0.1497	9
682	0.030	0.005	0.167	9	0.0230	0.0023	0.100	9	0.0197	0.0024	0.1218	9	0.0177	0.0026	0.1469	9
683	0.053	0.011	0.207	9	0.039	0.007	0.179	9	0.033	0.007	0.212	9	0.030	0.007	0.233	9
685	0.0459	0.0037	0.0806	8	0.0322	0.0044	0.1366	9	0.0259	0.0027	0.1042	8	0.0238	0.0039	0.1639	9
686	0.110	0.011	0.100	8	0.076	0.018	0.237	9	0.063	0.018	0.286	9	0.055	0.017	0.309	9
689	0.066	0.012	0.182	9	0.052	0.005	0.096	9	0.0451	0.0039	0.0865	9	0.0433	0.0012	0.0277	7
690	0.079	0.007	0.089	7	0.059	0.006	0.102	9	0.051	0.005	0.098	9	0.046	0.006	0.130	9
691	0.036	0.007	0.194	9	0.0271	0.0038	0.1402	9	0.0229	0.0036	0.1572	9	0.0204	0.0038	0.1863	9
692	0.039	0.008	0.205	9	0.029	0.005	0.172	9	0.024	0.005	0.208	9	0.021	0.005	0.238	9
693	0.042	0.006	0.143	9	0.0339	0.0026	0.0767	9	0.0300	0.0027	0.0900	9	0.0276	0.0032	0.1159	9
694	0.0544	0.0033	0.0607	8	0.0436	0.0030	0.0688	9	0.0384	0.0019	0.0495	8	0.0363	0.0035	0.0964	9
701	0.0278	0.0022	0.0791	8	0.0197	0.0014	0.0711	8	0.0167	0.0010	0.0599	8	0.0153	0.0021	0.1373	9
900	0.053	0.015	0.2830	9	0.041	0.007	0.171	9	0.0361	0.0040	0.1108	9	0.0330	0.0037	0.1121	9
901	0.0297	0.0036	0.1212	8	0.0261	0.0019	0.0728	8	0.0242	0.0012	0.0496	8	0.0229	0.0008	0.0349	8
902	0.057	0.008	0.140	9	0.0497	0.0006	0.0121	7	0.0438	0.0015	0.0342	9	0.04114	0.00029	0.00705	6
684	0.0075	0.0043	0.5733	8	0.0063	0.0036	0.5714	8	0.0057	0.0033	0.5789	8	0.0053	0.0032	0.6038	8

^avalor de la media; ^bvalor de la desviación estándar; ^cvalor del coeficiente de variación; ^dnúmero de datos.

Tabla A3 (cont.). Análisis de datos de viscosidad dinámica estimados por los nueve modelos reológico-estadístico a 11 velocidades de corte, después de haber sido tratados con la pruebas de discordancia para detectar datos desviados.

Fluido	500 s ⁻¹				600 s ⁻¹				700 s ⁻¹				800 s ⁻¹			
	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}
632	0.0108	0.0022	0.2037	9	0.0101	0.0022	0.2178	9	0.0094	0.0023	0.2447	9	0.0089	0.0024	0.2697	9
679	0.0255	0.0031	0.1216	9	0.0236	0.0034	0.1441	9	0.0220	0.0039	0.1773	9	0.021	0.005	0.2381	9
680	0.0126	0.0024	0.1905	9	0.0116	0.0025	0.2155	9	0.0108	0.0026	0.2407	9	0.0101	0.0028	0.2772	9
681	0.0170	0.0029	0.1706	9	0.0157	0.0031	0.1974	9	0.0146	0.0032	0.2192	9	0.0137	0.0035	0.2555	9
682	0.0163	0.0029	0.1779	9	0.0151	0.0030	0.1987	9	0.0142	0.0031	0.2183	9	0.0134	0.0033	0.2463	9
683	0.027	0.007	0.259	9	0.025	0.007	0.280	9	0.023	0.007	0.304	9	0.022	0.008	0.364	9
685	0.0214	0.0038	0.1776	9	0.0196	0.0038	0.1939	9	0.0180	0.0041	0.2278	9	0.017	0.005	0.294	9
686	0.050	0.017	0.340	9	0.045	0.017	0.378	9	0.041	0.018	0.439	9	0.038	0.019	0.500	9
689	0.038	0.006	0.158	9	0.036	0.006	0.167	9	0.034	0.007	0.206	9	0.033	0.007	0.212	9
690	0.042	0.006	0.143	9	0.040	0.006	0.150	9	0.037	0.007	0.189	9	0.035	0.007	0.200	9
691	0.0186	0.0040	0.2151	9	0.0172	0.0041	0.2384	9	0.0161	0.0042	0.2609	9	0.0152	0.0043	0.2829	9
692	0.019	0.005	0.263	9	0.018	0.005	0.278	9	0.017	0.005	0.294	9	0.016	0.005	0.313	9
693	0.0258	0.0036	0.1395	9	0.0244	0.0039	0.1598	9	0.0233	0.0042	0.1803	9	0.0223	0.0044	0.1973	9
694	0.0341	0.0039	0.1144	9	0.0324	0.0042	0.1296	9	0.031	0.005	0.161	9	0.030	0.005	0.167	9
701	0.0140	0.0023	0.1643	9	0.0129	0.0024	0.1860	9	0.0121	0.0026	0.2149	9	0.0113	0.0028	0.2478	9
900	0.0309	0.0042	0.1359	9	0.029	0.005	0.172	9	0.028	0.005	0.179	9	0.027	0.006	0.222	9
901	0.0219	0.0007	0.0319	8	0.0211	0.0008	0.0379	8	0.0204	0.0011	0.0539	9	0.0198	0.0015	0.0758	8
902	0.0386	0.0023	0.0596	9	0.0369	0.0029	0.0786	9	0.0368	0.0024	0.0652	7	0.0357	0.0030	0.0840	7
684	0.0050	0.0031	0.6200	8	0.0048	0.0031	0.6458	8	0.0047	0.0031	0.6596	8	0.0045	0.0030	0.6667	8

^avalor de la media; ^bvalor de la desviación estándar; ^cvalor del coeficiente de variación; ^dnúmero de datos.

Tabla A3 (cont.). Análisis de datos de viscosidad dinámica estimados por los nueve modelos reológico-estadístico a 11 velocidades de corte, después de haber sido tratados con la pruebas de discordancia para detectar datos desviados.

Fluido	900 s ⁻¹				1000 s ⁻¹				1100 s ⁻¹			
	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}	X ^a	S ^b	Cv ^c	n ^{od}
632	0.0084	0.0026	0.3095	9	0.0079	0.0027	0.3418	9	0.0076	0.0029	0.3816	9
679	0.020	0.005	0.250	8	0.020	0.005	0.250	8	0.019	0.006	0.316	8
680	0.0095	0.0030	0.3158	9	0.0089	0.0033	0.3708	9	0.0084	0.0037	0.4405	9
681	0.0129	0.0038	0.2946	9	0.0122	0.0043	0.3524	9	0.011	0.005	0.455	9
682	0.0127	0.0035	0.2756	9	0.0121	0.0037	0.3058	9	0.0115	0.0040	0.3478	9
683	0.021	0.008	0.381	9	0.019	0.008	0.421	9	0.018	0.009	0.500	9
685	0.016	0.005	0.313	9	0.014	0.006	0.429	9	0.013	0.007	0.538	9
686	0.035	0.022	0.628	9	0.032	0.025	0.781	9	0.029	0.028	0.965	9
689	0.031	0.008	0.258	9	0.030	0.008	0.267	9	0.029	0.008	0.276	9
690	0.033	0.008	0.242	9	0.032	0.009	0.281	9	0.030	0.010	0.333	9
691	0.0143	0.0045	0.3147	9	0.014	0.005	0.357	9	0.013	0.005	0.385	9
692	0.015	0.006	0.400	9	0.014	0.006	0.429	9	0.013	0.006	0.462	9
693	0.021	0.005	0.238	9	0.021	0.005	0.238	9	0.020	0.005	0.250	9
694	0.029	0.005	0.172	9	0.028	0.006	0.214	9	0.027	0.006	0.222	9
701	0.0107	0.0031	0.2897	9	0.0101	0.0035	0.3465	9	0.0095	0.0039	0.4105	9
900	0.026	0.006	0.231	9	0.026	0.007	0.269	9	0.025	0.007	0.280	9
901	0.0192	0.0019	0.0990	8	0.0187	0.0023	0.1230	9	0.0182	0.0028	0.1538	8
902	0.0331	0.0044	0.1329	9	0.032	0.005	0.156	9	0.031	0.005	0.161	9
684	0.0044	0.0030	0.6818	8	0.0043	0.0030	0.6977	8	0.0042	0.0030	0.7143	8

^avalor de la media; ^bvalor de la desviación estándar; ^cvalor del coeficiente de variación; ^dnúmero de datos.

Bibliografía

- Verma, S.P., 2005, Estadística Básica para el Manejo de Datos Experimentales: Aplicación en la Geoquímica (Geoquimiometría): México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, 186 p.
- Verma, S.P., Quiroz-Ruiz, A., 2006a, Critical values for six Dixon tests for outliers in normal samples up to sizes 100, and applications in science and engineering: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 23(2), 133-161.
- Verma, S.P., Quiroz-Ruiz, A., 2006b, Critical values for 22 discordancy tests for outliers in normal samples up to sizes 100, and applications in science and engineering: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 23(3), 302-319.
- Verma, S. P., Quiroz-Ruiz, A., Díaz-González, L., 2008, Critical values for 33 discordancy tests variants for outliers in normal samples up to sizes 1000, and applications in quality control in earth science: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25(1), 82-96.