

RECONSTRUCCION DE LA HISTORIA PALEOTERMAL DE LA SUBCUENCA DE LA BAJA GUAJIRA, COLOMBIA

Mario García González ⁽¹⁾, Ricardo Mier Umaña ⁽¹⁾, Luis E. Cruz Guevara ⁽¹⁾

(1) Escuela de Geología, Universidad Industrial de Santander

RESUMEN

La reconstrucción de la historia paleotermal de la Subcuenca de la Baja Guajira se realizó empleando tres métodos: 1) Cálculo del gradiente geotérmico y flujo de calor actuales en la Subcuenca de la Baja Guajira, 2) reflectancia de vitrinita, y 3) huellas de fisión en apatitos y zircones.

La reconstrucción paleotermal de la Subcuenca de la Baja Guajira se obtuvo con base en nuevos análisis de huellas de fisión y de reflectancia de vitrinita, identificándose cuatro eventos termales con las siguientes características:

El evento termal más antiguo se presentó en el Cretácico Superior entre 95 y 65 Ma, el segundo evento termal se presentó en el Eoceno Superior entre 40 a 35 Ma, el tercer evento termal ocurrió en el Mioceno Inferior a medio entre 22 a 15 Ma. El cuarto y último evento termal tuvo lugar en el Mioceno Superior entre 10 y 5 Ma.

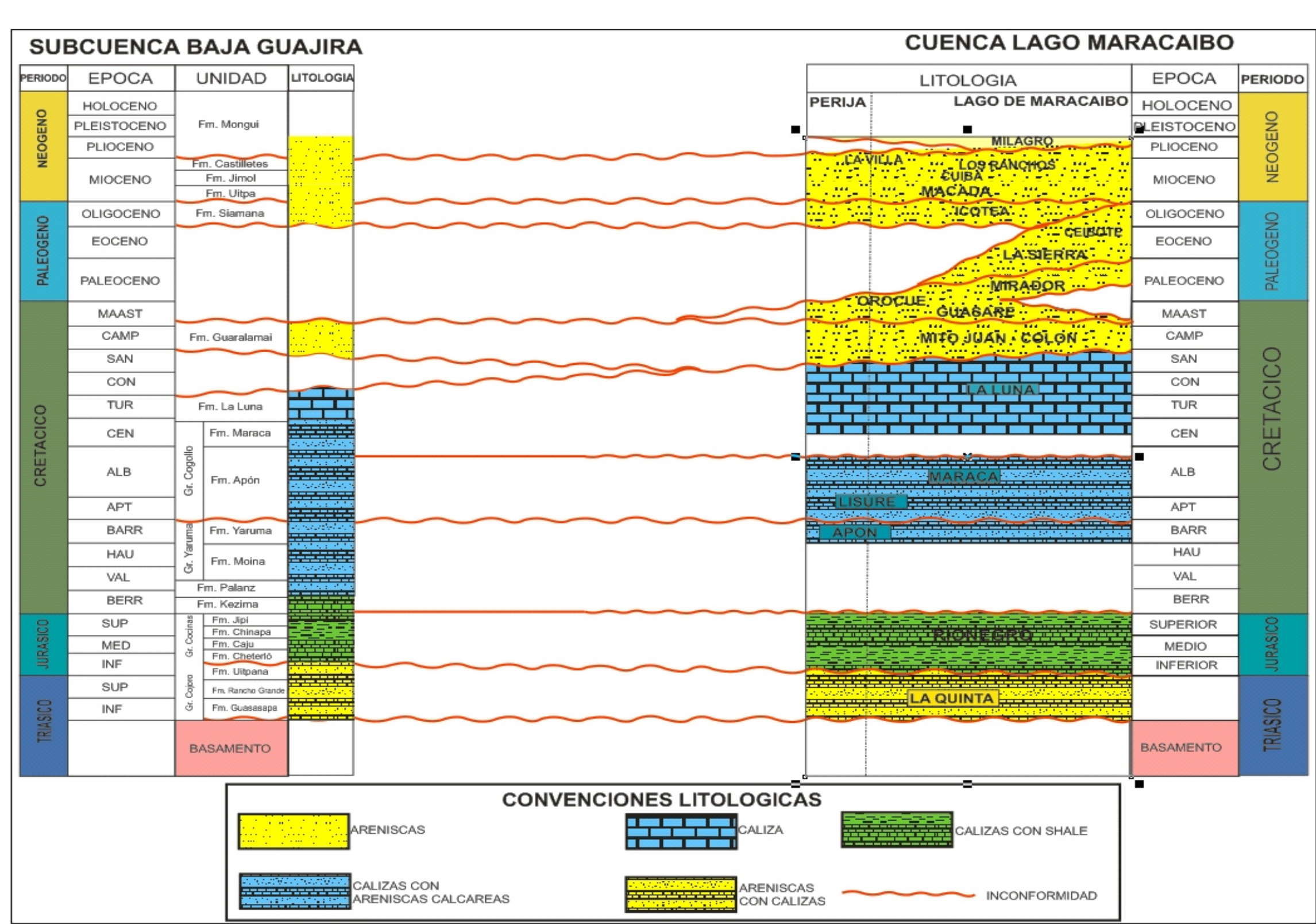
Los eventos termales de enfriamiento coinciden con cuatro discordancias previamente identificadas: 1) la discordancia al tope de la Formación Guaralamai del Cretácico Superior, 2) la discordancia a la base de la Formación Siamana en el Eoceno superior, 3) la discordancia al tope de la Formación Siamana en el Mioceno inferior y medio, y 4) la discordancia al tope de la Formación Castilletes en el Mioceno superior.

LOCALIZACIÓN



Mapa de la Península de la Guajira mostrando los rasgos fisiográficos y tectónicos que caracterizan y delimitan la Subcuenca de la Baja Guajira. 1) Sierra Nevada de Santa Marta, 2) Serranía de Perijá, 3) Serranía de Cosinas, 4) Serranía de Jarara, 5) Serranía de Macuira, 6) Cuenca de Cesar-Ranchería, 7) Subcuenca de Portete y 8) Subcuenca de Cocinetas

ESTRATIGRAFÍA



Columna estratigráfica generalizada de la Subcuenca de la Baja Guajira, y su correlación cronoestratigráfica con la Cuenca de Maracaibo en Venezuela

METODOLOGÍA

La reconstrucción de la historia paleotermal de la Subcuenca de la Baja Guajira se realizó empleado tres métodos: 1) Cálculo del gradiente geotérmico y flujo de calor actuales en la Subcuenca de la Baja Guajira, 2) reflectancia de vitrinita la cual registra la máxima paleotemperatura alcanzadas por la muestra, y 3) huellas de fisión en apatitos y zircones las cuales registran las temperaturas de enfriamiento ocurridas durante los diferentes levantamientos de la cuenca así como también las edades de estos eventos. Las metodologías anteriores permiten hacer un análisis inverso que registra eventos de calentamiento y enfriamiento de la cuenca.

Máxima paleotemperatura obtenida de datos de Ro en muestras de la Serranía Cosinas, Subcuenca de la Baja Guajira, Colombia

Número de referencia	Identificación muestra	Unidad estratigráfica	Edad estratigráfica (Ma)	Reflectancia de vitrinita %Ro ¹ (%)	Máxima paleotemperatura ² (°C)
VR1	E1M2	Grupo Yuruma	146-100	1.28	161
VR2	E10M1	Fm Maraca	100-66	1.18	155
VR3	E10M2	Fm Maraca	100-66	1.18	155
VR4	E11M1	Grupo Yuruma	146-100	1.24	158
VR5	E16M1	Fm Maraca	100-66	1.21	157
VR6	E17M1	Grupo Yuruma	146-100	1.31	162
VR7	E3M1	Fm Jipi	162-146	1.40	167
VR8	E5M3	Fm Siamana	34-23	1.08	148
VR9	E8M1	Fm Macuira	>542	1.57	170
VR10	E16M1	Grupo Yuruma	146-100	1.21	157
VR11	E9M1	Fm Maraca	100-66	1.19	156

¹ Valores medidos de Ro

² Máxima paleotemperatura estimada de valores medidos de %Ro usando el algoritmo de Burnham y Sweeney (1989). Todos los estimados fueron determinados usando un gradiente de calentamiento asumida de 1°C/Ma y un gradiente de enfriamiento de 10°C/Ma.

Paleotemperaturas máximas a partir de datos de %Ro en muestras de pozo de la Subcuenca de la Baja Guajira.

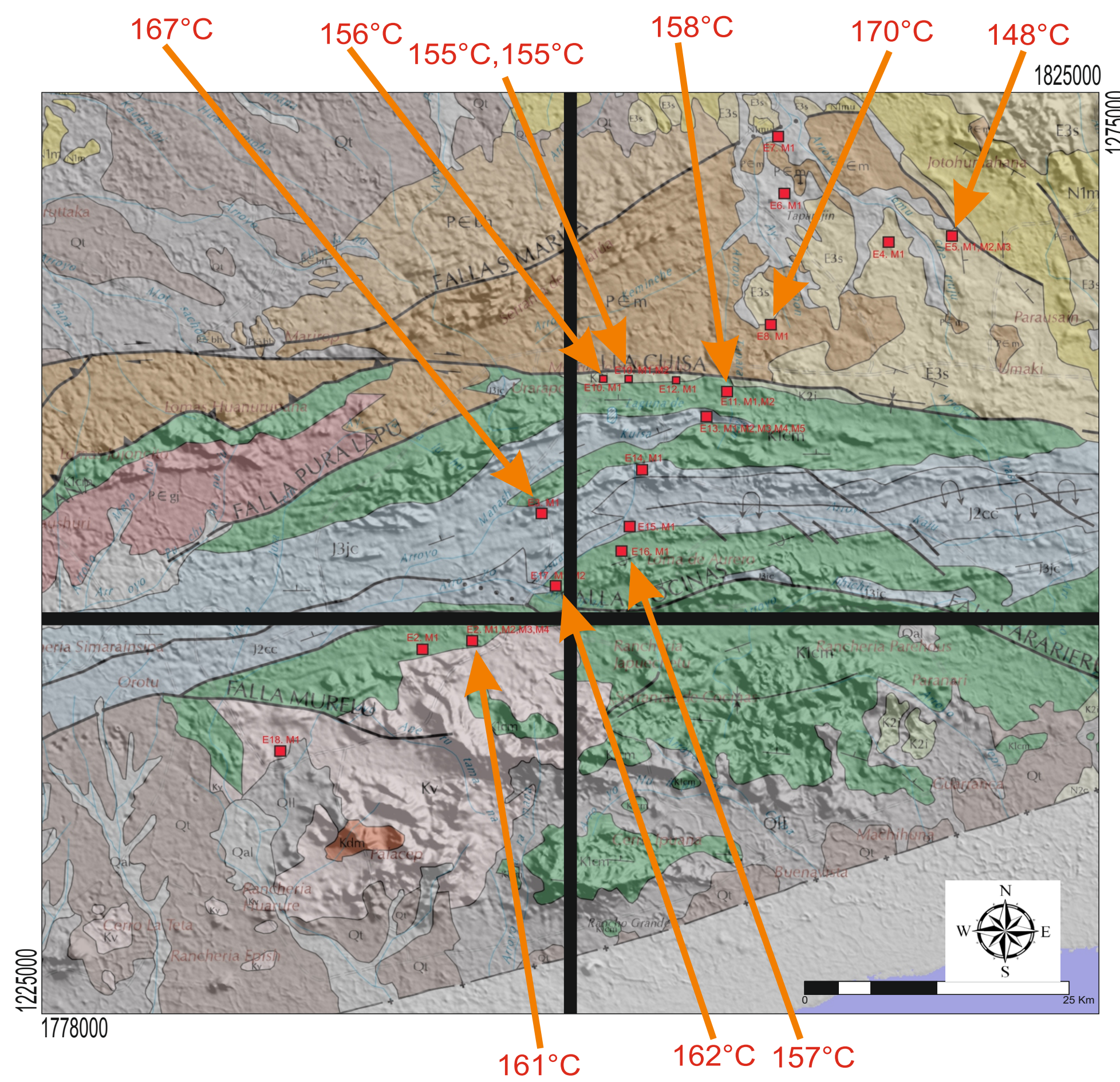
Nombre del pozo	Profundidad (m)	Temperatura Actual ¹ (°C)	Subdivisión Estratigráfica	Edad Estratigráfica (Ma)	Ro ² (%)	Paleotemperatura Máxima ³ (°C)
Sorpresa-1	?	?	Mioceno temprano	23-16	1.22	157
Ranchería-1	?	?	Mioceno tardío	12-5	0.79	127
Manauere-1	552	33	Mioceno tardío	16-12	0.97	142
Pavón-1	826	49	Mioceno medio	16-12	1.14	152
Maicao-1	1128	67	Mioceno tardío	12-5	0.48	83
Ballena-2	1417	84	Mioceno tardío	12-5	0.58	97
Chuchupa-5	1457	87	Mioceno medio	16-12	1.26	160
Chuchupa-6	1469	87	Mioceno tardío	12-5	0.58	97
Chuchupa-1	1530	91	Mioceno tardío	12-5	0.54	93
Ballena-1	1585	95	Mioceno medio	16-12	0.60	99
Tiburón-1	1637	98	Mioceno tardío	12-5	0.44	76
Almeja-1	1676	100	Mioceno medio	16-12	1.26	160
Riohacha-1	1804	108	Mioceno tardío	12-5	1.14	152
Mero-1	2179	130	Mioceno medio	16-12	0.49	84
Aruchara-1	2182	130	Mioceno tardío	12-5	0.87	135

¹ Temperaturas actuales estimadas con base en el gradiente geotérmico actual.

² Valores medidos de %Ro

³ Máxima paleotemperatura estimada de valores medidos de %Ro usando el algoritmo de Burnham y Sweeney (1989). Todos los estimados fueron determinados usando un gradiente de calentamiento asumida de 1°C/Ma y un gradiente de enfriamiento de 10°C/Ma.

Localización de las muestras recolectadas para los análisis de HFA, HFZ y de reflectancia de vitrinita en la Serranía Cosinas, Subcuenca de la Baja Guajira



Resumen del análisis de las paleotemperaturas: Datos de HFA y obtenidos de muestras de afloramiento, Subcuenca de la Baja Guajira

Número de muestra	Unidad Estratigráfica	Edad Estratigráfica (Ma)	Paleotemperatura máxima ¹ (°C)	Episodio de enfriamiento ² (Ma)	Pico de paleotemperatura ³ (°C)	Episodio de enfriamiento ⁴ (Ma)	Reflectancia de Vitrinita equivalente (%)
E1M1	Yuruma	146-100	No apatito	-	-	-	-
E1M2	Yuruma	146-100	>120	40 a 22	50-60	22 a 5	>0.74
E1M3	Yuruma	146-100	>105	40 a 10	-	-	>0.64
E1M4	Yuruma	146-100	No apatito	-	-	-	-
E2M1	Yuruma	146-100	>130	40 a 25	40 - 75	12 a 0	>0.82
E4M1	Siamana	34-23	95-110	55 a 5	-	-	0.56-0.87
E5M1	Siamana	34-23	115-130	45 a 20	40 - 95	24 a 0	0.70-0.82
E5M2	Siamana	34-23	No apatito	-	-	-	0.30-0.56
E5M3	Siamana	34-23	>110	55 a 35	45 - 100	34 a 0	0.31-0.61
E11M1	Yuruma	146-100	No apatito	-	-	-	-
E11M2	Yuruma	146-100	>120	95 a 65	55 - 80	40 a 0	>0.74
E13M1	Cajú	176-161	110-120	42 a 28	50 - 70	22 a 2	0.67-0.74
E13M2	Cajú	176-161	>110	40 a 10	-	-	>0.67
E13M3	Cajú	176-161	No apatito	-	-	-	-
E13M4	Cajú	176-161	120-130	45 a 35	45 - 70	18 a 0	0.74-0.82
E13M5	Cajú	176-161	No apatito	-	-	-	-
E14M1	Chinapa	161-146	>110	50 a 25	-	-	>0.67
E15M1	Cajú	176-161	>120	50 a 30	35 - 90	30 a 0	>0.74
E17M1	Yuruma	146-100	?	?	110-120	22 a 12	0.67-0.74
E3M1	Cajú	176-161	>105	45 a 18	-	-	>0.64
E4M2	Siamana	34-23	>125	40 a 28	40 - 80	20 a 0	0.30-0.46
E8M1	Macuira	>542	No apatito	-	-	-	-
E9M1	Cogollo	100-66	>110	65 a 33	60 - 85	20 a 0	>0.67
E16M1	Yuruma	146-100	?	?	>100	35 a 0	>0.61
E17M2	Yuruma	146-100	?	?	>110	22 a 15	>0.67
					30 - 60	10 a 0	
	Sincronismo AFTA	Post-deposición	(Ma) ⁵	95 a 65	-	22 a 15	-
				40 a 35	-	10 a 5	-

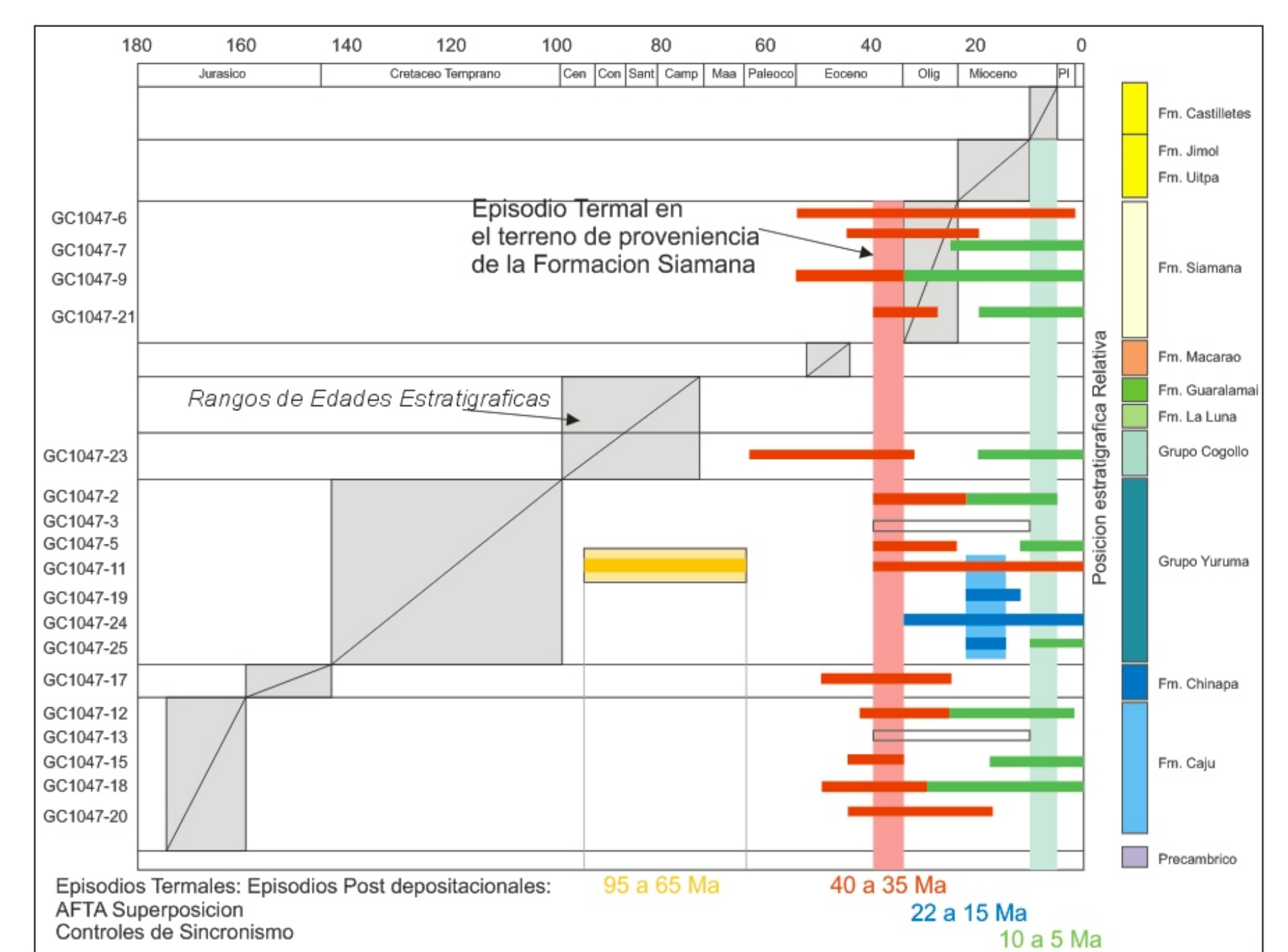
¹ Temperatura promedio de superficie en el presente asumido de 30 °C

² Interpretación de la historia termal del HFA se basa asumiendo una tasa de calentamiento de 1°C/Ma y una tasa de enfriamiento de 10°C/Ma. Los rangos de paleotemperaturas y enfriamientos citados corresponden a límites de confiabilidad de ±95%.

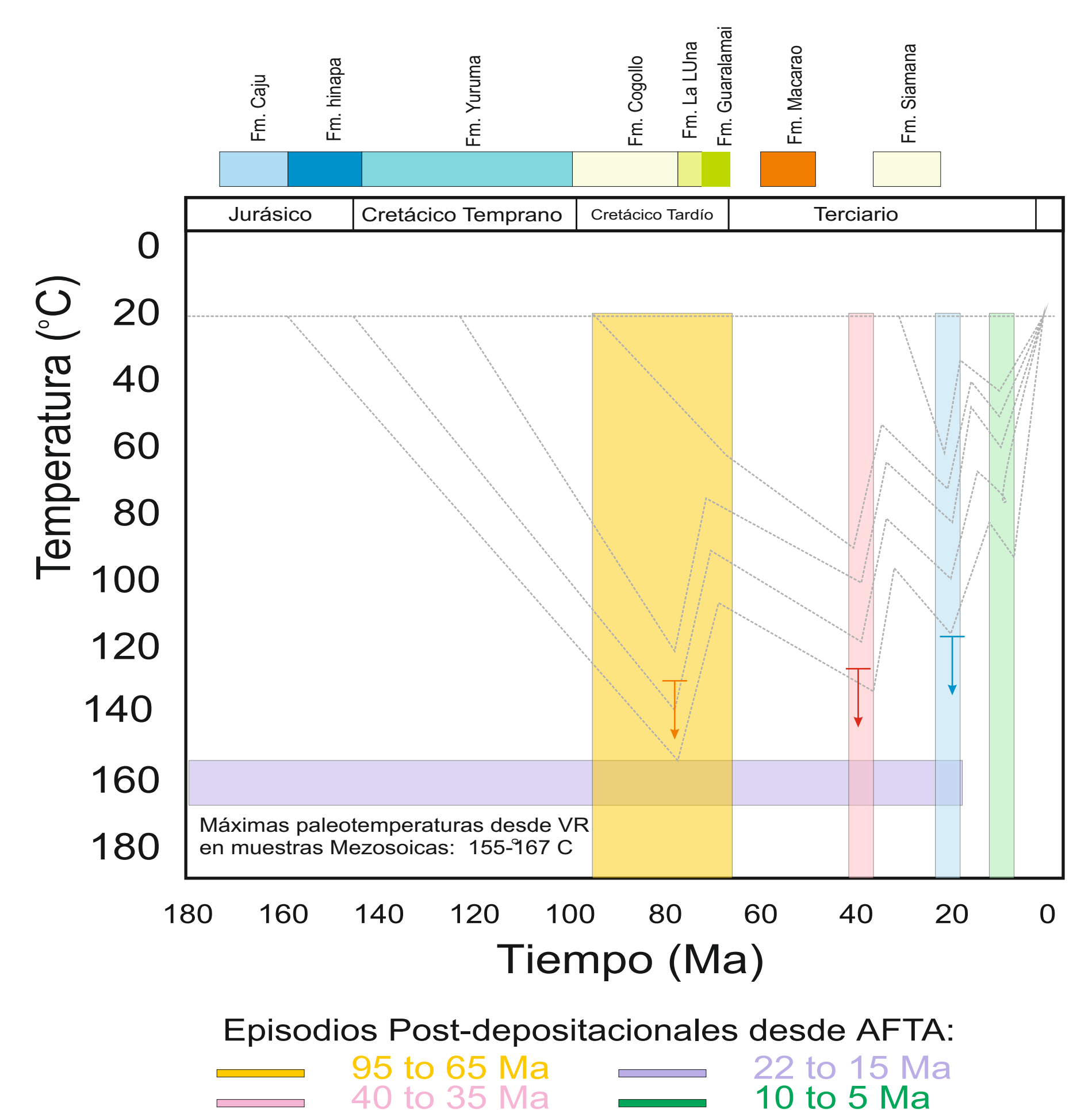
³ Controles en el sincronismo integrado del HFA basado en la superposición de controles de sincronismo obtenidos de muestras individuales asumiendo que estas representan episodios termales post-depositacionales regionales significativos y coherentes. Nótese que los controles integrados de sincronismo no incluyen controles de los episodios de proveniencia

⁴ Calculados de temperaturas máximas derivadas de las medidas de %Ro usando la cinética de Burnham y Sweeney (1989).

Secuencia de episodios de enfriamiento de la Subcuenca de la Baja Guajira, basados en análisis de HFA Y HFZ en muestras de afloramiento.



Historia termal generalizada para la Subcuenca de la Baja Guajira basada en los resultados de huellas de fisión en apatitos y zircones, y reflectancia de vitrinita (Ro) de muestras de afloramiento de la Serranía Cosinas.



CONCLUSIONES

La reconstrucción paleotermal de la Subcuenca de la Baja Guajira se obtuvo con base en nuevos análisis de huellas de fisión y de reflectancia de vitrinita identificándose cuatro eventos termales con las siguientes características:

El evento termal más antiguo se presentó en el Cretácico Superior entre 95 y 65 Ma, en donde se registra un enfriamiento de 50°C que afectó a las formaciones del Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior. La paleotemperatura máxima registrada en la Formación Cajú es de 155°C. El Segundo evento termal se presentó en el Eoceno Superior entre 40 a 35 Ma, en donde las formaciones del Jurásico y Cretácico registran un enfriamiento de 30°C en donde la paleotemperatura a máxima registrada durante este evento es de 130°C. El tercer evento termal ocurrió en el Mioceno Inferior a medio entre 22 a 15 Ma, en donde las formaciones sufrieron un enfriamiento de 30°C, en el cual la paleotemperatura máxima registrada es de 115°C. El cuarto y último evento termal tuvo lugar en el Mioceno Superior entre 10 y 5 Ma, en donde la secuencia sedimentaria sufre un importante evento de enfriamiento de hasta 70°C. La máxima paleotemperatura de este evento fué de 90°C.

Los eventos termales de enfriamiento coinciden con cuatro discordancias previamente identificadas: 1) la discordancia al tope de la Formación Guaralamai del Cretácico Superior, 2) la discordancia a la base de la Formación Siamana en el Eoceno superior, 3) la discordancia al tope de la Formación Siamana en el Mioceno inferior y medio, y 4) la discordancia al tope de la Formación Castilletes en el Mioceno superior.

REFERENCIAS

BARRERO, D., PARDO, A., VARGAS, C. Y MARTINEZ, J., 2007. Colombian sedimentary basins: Nomenclature, boundaries and petroleum geology, a new proposal. ANH, Bogotá.

BURNHAM, A. K. y SWEENEY, J., 1989. A chemical kinetic model of vitrinite maturation and reflectance. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53.

GARCÍA-GONZÁLEZ, M., CRUZ-GUEVARA, L.C., MIER-UMAÑA, R., et al., (2009). Evolución Térmica De La Subcuenca De La Baja Guajira. Informe interno N° 56 de 2008 UIS-ANH, en: www.anh.gov.co

GREEN, P.F., et al., 1989. Apatite Fission Track Analysis As A Paleotemperature Indicator For Hydrocarbon Exploration. In Naeser N.D. And Mcculloh, T. (Eds), Thermal History Of Sedimentary Basins – Methods And Case Histories, Springer-Verlag, New York, 181-195

MERCADO, M., 2003. Mapa Geológico del Departamento de La Guajira, Escala 1:250000. *Memoria Explicativa, INGEOMINAS*.

PULIDO, O., et al., 1991. Compilación y análisis de la información de la Subcuenca de la Baja Guajira. *ECOPETROL, informe interno 2303*.

RODRIGUEZ, G. y LONDOÑO, A., 2002. Memorias del mapa geológico del Departamento de La Guajira, Geología, recursos minerales y amenazas potenciales. *INGEOMINAS*.

RUBIO, R., et al., 1998. Evaluación regional, Cuenca de la Baja Guajira. Informe final. Vicepresidencia adjunta de exploración gerencia de estudios regionales. *Informe interno, Ecopetrol*.