

## **Composición y área fuente de las areniscas de la formación San Cayetano**

### **Composition and source area of the sandstones of the San Cayetano formation**

Iris Álvarez-Ortíz<sup>1\*</sup>, Esther M. Cruz-Gómez<sup>1</sup>, Jorge L. Cobiella-Reguera<sup>1</sup>, Dámaso Cáceres Govea<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pinar del Río, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [irisr@upr.edu.cu](mailto:irisr@upr.edu.cu)

#### **Resumen**

La formación San Cayetano de edad Jurásico inferior?-Jurásico Superior (Oxfordiano) constituye la más antigua y extensa unidad estratigráfica en la Cordillera de Guaniguanico (occidente de Cuba) y forma parte de las unidades tectónicas Alturas de Pizarra del Sur (APS) y Sierra del Rosario/Alturas de Pizarra del Norte/Esperanza (SR/APN/E), separadas por secuencias carbonatadas. Está constituida por lutita, limolita y arenisca, en cortes aparentemente monótonos y algo metamorizados; hacia la parte superior se reportan intercalaciones de caliza y conglomerado. En las últimas décadas resulta limitada la información sobre la composición mineralógica y área fuente de las areniscas. Se realizó una revisión y reinterpretación de estas rocas, prestando especial atención a la caracterización petrográfica del cuarzo, litoclastos, feldespatos y granos de circón (con reportes de edades desde el Paleoproterozoico hasta Devónico temprano). Se obtuvo que el área fuente para estas rocas es de cratón interno y orógenos reciclados. A partir de estos resultados y el reporte de un intrusivo granítico registrado en el sitio M0077A (de  $326 \pm 5$  Ma, a 25 km de la línea de costa de Yucatán), permite especificar como área fuente a porciones del basamento del bloque Maya (parte norteña, actualmente bajo la estructura del impacto del Chicxulub). Además, los cortes de APS asemejan a sedimentos de crecida y línea de costa (predominio de pelitas) y los de SR/APN/E son más variados: sedimentos de abanicos, de talud y de pie de talud (predominan las areniscas).

**Palabras claves:** contenido de Qt/F/Lit; areniscas; formación San Cayetano; Pangea.

## Abstract

San Cayetano Formation, of Lower Jurassic?- Upper Jurassic (Oxfordian) age, constitutes the oldest and most extensive stratigraphic unit in the Guaniguanico Mountain Range (western Cuba) and is part of: Alturas de Pizarra del Sur (APS) and Sierra del Rosario/Alturas de Pizarra del Norte/Esperanza (SR/APN/E), separated by carbonate sequences. Lithologically, it is composed by shale, siltstone and sandstone, in apparently monotonous and somewhat metamorphosed sections; towards the upper part limestone and conglomerate interbedding is reported. Information on mineralogical composition and sediments source area for sandstones has been limited. A review and reinterpretation of these rocks is carried out, with special attention to the petrographic characterization of quartz, lithoclasts, feldspars and zircon grains (with age reports from the Paleoproterozoic to early Devonian). As a result, it is found that the source area for these rocks classifies as from: internal craton and recycled orogens. Based on these results, and the report of a granitic intrusive recorded at site M0077A with an age of  $326 \pm 5$  Ma (25 km from the Yucatan coastline), it is possible to specify some parts of the Maya block as the source area (northern part, currently under the Chicxulub impact structure and its coverage). It is also shown that the APS sequences resemble flood and shoreline sediments (predominance of pelites) while those of SR/APN/E are more varied: fan, slope and foot-slope sediments (sandstones predominate).

**Keywords:** Qt/F/Lit content; sandstones; San Cayetano Formation; Pangea.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la Cordillera de Guaniguanico se distinguen varias unidades tectonoestratigráficas (Pszczółkowski 1986, 1987, 1989, 1999; Iturralde-Vinent 1996; Cobiella-Reguera *et al.* 1997; Cobiella-Reguera 2008); la formación San Cayetano aflora en varias de ellas: Sierra de Los Órganos (SO), Alturas de Pizarras del Sur (APS), Sierra del Rosario/Alturas de Pizarras del Norte/Esperanza (SR/APN/E), según Cobiella-Reguera (2008). Presentan dos áreas de afloramientos bien definidas: APS y SR/APN/E (Figura 1). Se trata de una secuencia siliciclástica relacionada al margen continental, donde abundan las areniscas, existiendo además intercalaciones de limolitas, lutitas y esquistos. Sobre su edad se ha indicado Jurásico inferior?- Oxfordiano, pero Flores (2018) postula el inicio de estos depósitos en el Triásico superior (Rético) en secciones de Sierra del Rosario.

Dichos sedimentos han estado en el centro de atención de varios investigadores, pues se trata de la unidad estratigráfica más antigua y extendida en el territorio de Cuba Occidental, que además contiene valiosos yacimientos minerales metálicos y materia orgánica (generadora de hidrocarburos).

Dentro de los estudios realizados se pueden citar: De Golyer (1918); Meyerhoff y Hatten (1974); Pszczółkowski (1986, 1987, 1989, 1999); Haczewski (1976); Cobiella-Reguera *et al.* (1997); Cobiella-Reguera (2008); Rojas-Agramonte *et al.* (2008); Cazañas *et al.* (2017); Linares y García (2021). Durante la orogénesis cubana (Paleoceno– Eoceno temprano), esta secuencia fue movida hacia el norte, desarrollando deformaciones internas muy complejas, por lo cual ha resultado difícil establecer su espesor y condiciones de sedimentación.

Se ha indicado en la literatura divergencias en la fuente de aporte principal para las areniscas de la Fm. San Cayetano: terrenos constituidos por metamorfitas siálicas, cortes sedimentarios ricos en areniscas cuarzosas e intrusivos ácidos, orógenos del Paleozoico tardío del Sur de México, Guatemala y Honduras, macizos del Precámbrico y el Paleozoico temprano en el Norte de Suramérica (Colombia y/o Venezuela), y la península de Yucatán (Hutson, Mann y Renne 1998; Pszczółkowski 1986, 1987, 1989; Cobiella-Reguera *et al.* 1997; Rojas-Agramonte *et al.* 2008). También Haczewski (1976) propone un modelo general descriptivo de la sedimentación en el que distingue diferentes facies, que incluyen variados paleoambientes, como aluviales, abanicos submarinos, sedimentos deltaicos, y para el caso de Sierra del Rosario, depósitos marinos someros y flyschoides. Por otra parte, muchos investigadores coinciden en que forman un gran complejo deltaico jurásico (Meyerhoff y Hatten 1974; Haczewski 1976; Hutson, Mann y Renne 1998; Cobiella-Reguera 2008; Cobiella-Reguera y Oloriz 2009).

En el presente trabajo se utiliza información generada del estudio de algunos cortes arenosos de la Fm. San Cayetano y la reinterpretación de la composición de los clastos en las areniscas de esta secuencia (documentada en la literatura de los últimos años). Se parte además de la relación areniscas-pelitas en varios cortes estratigráficos de afloramientos y pozos, con la finalidad de ofrecer una visión más integral sobre la citada unidad litoestratigráfica en el contexto regional, en particular la composición de sus areniscas, fuente y condiciones de su deposición.

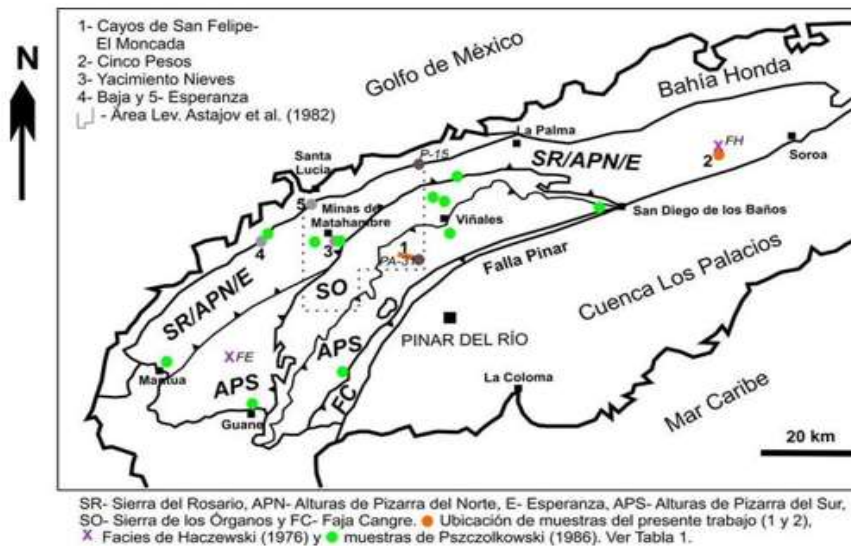


Figura 1. Área de estudio con las principales unidades estructurales del occidente de Cuba, realizado a partir de los trabajos de Pszczólkowski (1987, 1999) y Cobiella-Reguera (1996, 2008). Se da la ubicación de las muestras analizadas en el trabajo y de otros autores.

### 1.1. Marco geológico regional de la formación San Cayetano

Haczewski (1976) señala que la Fm. San Cayetano puede ser considerada como un depósito transicional de los estadios del *rift-drift* (terrestres, aluviales, lagunares y marinos someros) en una condición de ruptura continental. Hutson, Mann y Renne (1998) indican que la parte superior de las secuencias de esta formación representan depósitos deltaicos de *post-rift*. Pszczólkowski (1999) señala que las unidades de Guaniguanico correspondientes al Jurásico Inferior- Calloviano? /Oxfordiano inferior son del estadio *syn-rift* y las de edad Calloviano? / Oxfordiano medio- Santoniano de *drift*, y además que este conjunto litológico se depositó originalmente en una zona de *rift* formada entre la península de Yucatán y América del Sur, durante la fragmentación de Pangea. Por otra parte, Linares y García (2021) consideran estos sedimentos de un ambiente continental-deltaico (*syn-rift*) de edad Triásico superior (tardío)- Jurásico (Oxfordiano), e incluyen el Miembro Castellanos de esta secuencia (Jurásico medio Calloviano- Jurásico superior Oxfordiano) al final del *syn-rift*.

El citado Miembro ha sido poco reconocido desde que Astajov *et al.* (1982) lo proponen, ya que se distingue por tener gran parecido con algunas partes de la Fm. San Cayetano. Cobiella-Reguera (2021) indica que la UPS representa la parte norte del delta Jurásico (primario) y la SR/APN/E, la del sur. Depósitos similares relacionados a esta ruptura y formación del Golfo de México, se reportan en el centro y NE de México en diferentes unidades estratigráficas, por ejemplo, en las Formaciones Zacatecas, El Alamar, La Boca y La Joya (Barboza-Gudiño, Tristán-González y Torres-Hernández 1999; Barboza-Gudiño *et al.* 2010; 2014; Wengler *et al.* 2019); también en el Sur

de México y Guatemala, la formación Ayuquila (Campos-Madrigal *et al.* 2013) y el recientemente reconocido Grupo Todos Santos (Molina *et al.* 2020).

La unidad que se estudia fue denominada por su autor como *Cayetano Formation* (De Golyer 1918); sin embargo, a partir del trabajo de Dickerson y Butt (1935) comienza a generalizarse el uso de Fm. San Cayetano. Según el léxico estratigráfico (2013) el espesor no sobrepasa los 6000 m y según Haczewski (1976) los cambios faciales en esta secuencia ocurren en distancias cortas, tanto vertical como lateralmente. Su base se desconoce y su contacto con las unidades suprayacentes es transicional (Haczewski 1976; Pszczółkowski 1986; 1987; 1999; Cobiella-Reguera *et al.* 1997; Cobiella-Reguera 2008; Rojas-Agramonte *et al.* 2008). El Léxico Estratigráfico de Cuba (2023) reconoce en ella el Miembro Castellanos como su parte superior (rocas de granos más finos, más arcillosas y carbonatadas con abundante materia orgánica).

Su área de desarrollo está involucrada en las unidades tectónicas APS y la SR/APN/E, y su espesor es variable. La primera está integrada exclusivamente por la Fm. San Cayetano, sin su Miembro. Dicha unidad se encuentra por encima de las unidades calcáreas de Sierra de los Órganos, al norte y por debajo de la Faja Cangre, al sur; mientras que al oeste (zona de Guane) se halla por debajo de SR/APN/E (Figura 1). Forman complejas estructuras plicativas y disyuntivas a diversas escalas y se reconocen ventanas tectónicas donde afloran unidades carbonatadas de SO (ej., los Cayos de San Felipe al NNW de la ciudad de Pinar del Río). En la unidad SR/APN/E, esta formación en su conjunto se relaciona con *nappes* de carbonatos (Jurásico superior-Cretácico) y constituye la secuencia estratigráfica inferior de todas las unidades. Estas unidades están tectonizadas y muestran que su desplazamiento fue en general hacia el norte o norte-noroeste (Piotrowska 1987).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada incluyó: a) una exhaustiva revisión bibliográfica y de los datos disponibles por el Departamento de Geología de la Universidad de Pinar del Río, b) el análisis de 37 muestras (Tabla 1) y su estudio petrográfico, usando un microscopio óptico estándar Novel (NP- 107 B) de dicha institución, correspondiente a un perfil realizado desde Cayo de San Felipe hasta El Moncada (Viñales), separándose en 3 grupos: metareniscas (n=7), arenisca cuarzosa (n=3) y arenisca cuarzo-feldespática (n=5), además de la revisión de varios cortes en la zona de Cinco Pesos (San Cristóbal; Figura 1), y c) confección de diagramas ternarios FQtLit de clasificación de las areniscas (McBride 1963; Folk 1974) y de discriminación tectónica F/Qt/Lit (Dickerson *et al.* 1983). Se complementa la base de datos (Tabla 1 y Figura 1) con muestras del trabajo de: Pszczolkwki (1986), Izquierdo, Díaz y Lara (1988)-sector Baja (Minas de Matahambre)-; Rodríguez, Catá y Cruz-Gámez (1984)-

manifestación Nieves-; Cáceres y Cruz-Gámez (1987) -del área del levantamiento de Astajov *et al.* (1982)- y Pineda y Hechevarría (1994) -yacimiento Castellano (2 km al SW de Santa Lucía), zona Esperanza (3 km al SW de Santa Lucía) y este de Minas de Matahambre.

Tabla 1. Contenidos de Qt, Pl, Fk y Lt (%) en las areniscas de Alturas de Pizarra del Sur y Sierra del Rosario/Alturas de Pizarras del Norte/Esperanza

Ubicación	UT	Litología	Qz	Pl	Fk	Lit	Otros min.	Autores
Los Jazmines, San Juan y Martínez, La Güira, Guane (n=5)	APS	Subarcosa, Subarcosa lítica	76.1	-	13.5	10.4	-	Pszsckólwki (1986)
Sierra Ancón, San Vicente, Minas de Matahambre y Dora, La Palma (n=11)	APN	Arenisca Qz, Subarenisca lítica	82.4	-	10.3	7.3	-	Pszsckólwki (1986)
El Moncada-San Felipe (n= 15)	APS	Arenisca Qz, Subarcosa lítica	75.0	7.0	10.0	7.0	Chl, Py, Ms, Ca, Ap, Zr, Tm (1)	Presente trabajo
Sector Baja (n=10)	APN	Subarcosa	80.0	10.0	1.0	5.0	Chl, Zr, Tm, Ms, Ap, Gr (4)	Izquierdo, Díaz y Lara (1988)
Nieves (n=25)	APN	Subarcosa	76.0	10.0	2.0	7.0	Ms, Zr, Ttn, Tm, Ep, (5)	Rodríguez, Catá y Cruz-Gámez (1984)
Nieves (n=18)	APN	Arenisca Qz	84.0	3.0	1.0	5.0	Ms, Zr, Ttn, Tm, Ep, Ap (7)	
Levantamiento Astajov <i>et al.</i> (1982) (n=50)	APN	Arenisca Qz	79.0	2.0	1.0	1.0	Ms, Zr, Ttn (3)	Cáceres y Cruz-Gámez (1987)

Cinco Pesos (n=22)	APN	Arenisca Qz, Subarenisca lítica, Subarcosa	88.0	1.2	1.0	1.8	Tm, Zr, Ttn, Ms, Anf (7)	Presente trabajo
Castellano (n=8)		Arenisca Qz	98.6		1.25	0.2	Py, Zr, Tm, Ttn (1.5)	Pineda y Hechevarría (1994)
Este de Minas de Matahambre (n=10)	APN	Arenisca Qz	97.6		2.14	0.2	Zr, Tm, Ttn (2)	
Esperanza (n=12)		Arenisca Qz	97.8		2.19	-	Zr, Tm, Ttn (1)	

**Nota:** Los % son el recálculo de todos los componentes de la roca excluyendo la matriz o cemento. Símbolos utilizados: Qz-cuarzo, Pl-plagioclasa, Fk-feldespatos potásicos y Lt-fragmentos líticos. Las muestras de Pszskolwki (1986) incluyen también en Fk, las plagioclasas. Otros símbolos: Zr-circón, Tm-turmalina, Ms-muscovita, Gr-granate, Ep-epidota, Rt-rutilo, Ttn-titanita, Chl-clorita, Py-pirita y Anf-anfíbol. Ubicación en Figura 1.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Relaciones de las areniscas en cortes y secciones de pozo en APS y SR/APN/E

Las areniscas de la Fm. San Cayetano se encuentran formando intercalaciones con limolita, lutita, esquisto y escasas calizas (Figura 2), por lo general más resistentes a la meteorización. Frecuentemente de color gris claro a blanco, aunque se pueden observar otras tonalidades, en las partes inferiores de los cortes los colores son también verdes. En la Figura 3 (A-H) se muestra el aspecto de estas areniscas en afloramientos y sus relaciones con las pelitas.

##### *Alturas de Pizarra del Sur*

Cortes típicos de San Cayetano se dan en la Figura 2. El primero corresponde al pozo PA-31 (Astajov *et al.* 1982) ubicado en Los Cayos de San Felipe. Las areniscas como se observa no predominan en el corte, intercalándose con esquistos; éstos últimos alcanzan en algunos intervalos una supremacía de un 70%-85%. Los intervalos arenosos varían entre 0.5 m hasta 5 m.

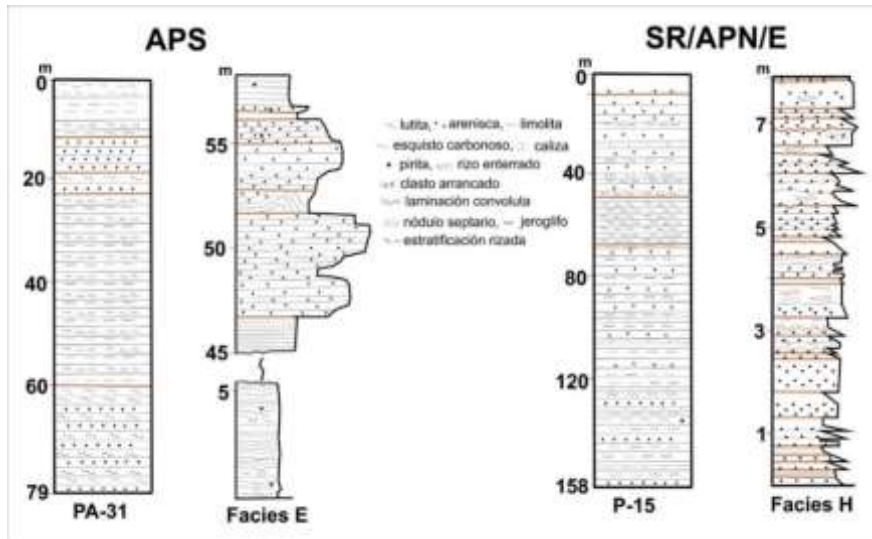


Figura 2. Cortes de la Fm. San Cayetano. A partir de los pozos PA-31 y P-15 de Astajov *et al.* (1982) y las facies E y H de Haczewski (1976), para la APS y SR/APN/E.

El segundo corte que se presenta corresponde a la facies E dado por Haczewski (1976) en el río Mantua (Figuras 1 y 2). En el mismo hay presencia de arenisca intercalada como capas aisladas en las rocas lutíticas de color negro que predominan en el corte. Las areniscas en ocasiones tienen estratificación inclinada, y no forman espesores significativos. Otras facies que describe este autor es la F (lecho del río cercano al monumento Marina Azcuy, carretera Pinar- Viñales), donde las areniscas se intercalan con las lutitas de forma similar a la facies E (Figura 3A y B). Se indica para ambas facies un ambiente de lagunas extensas con circulación restringida y grandes aportes de materia orgánica. El hallazgo de ammonites (no identificado) en esta unidad tectónica (Figura 3D) similar a los descritos en SR/APN/E (Myczynski y Pszczólkowski 1976), indica que en algunas partes la sedimentación terrígena persistió también aquí (secciones de APS) hasta el Oxfordiano.



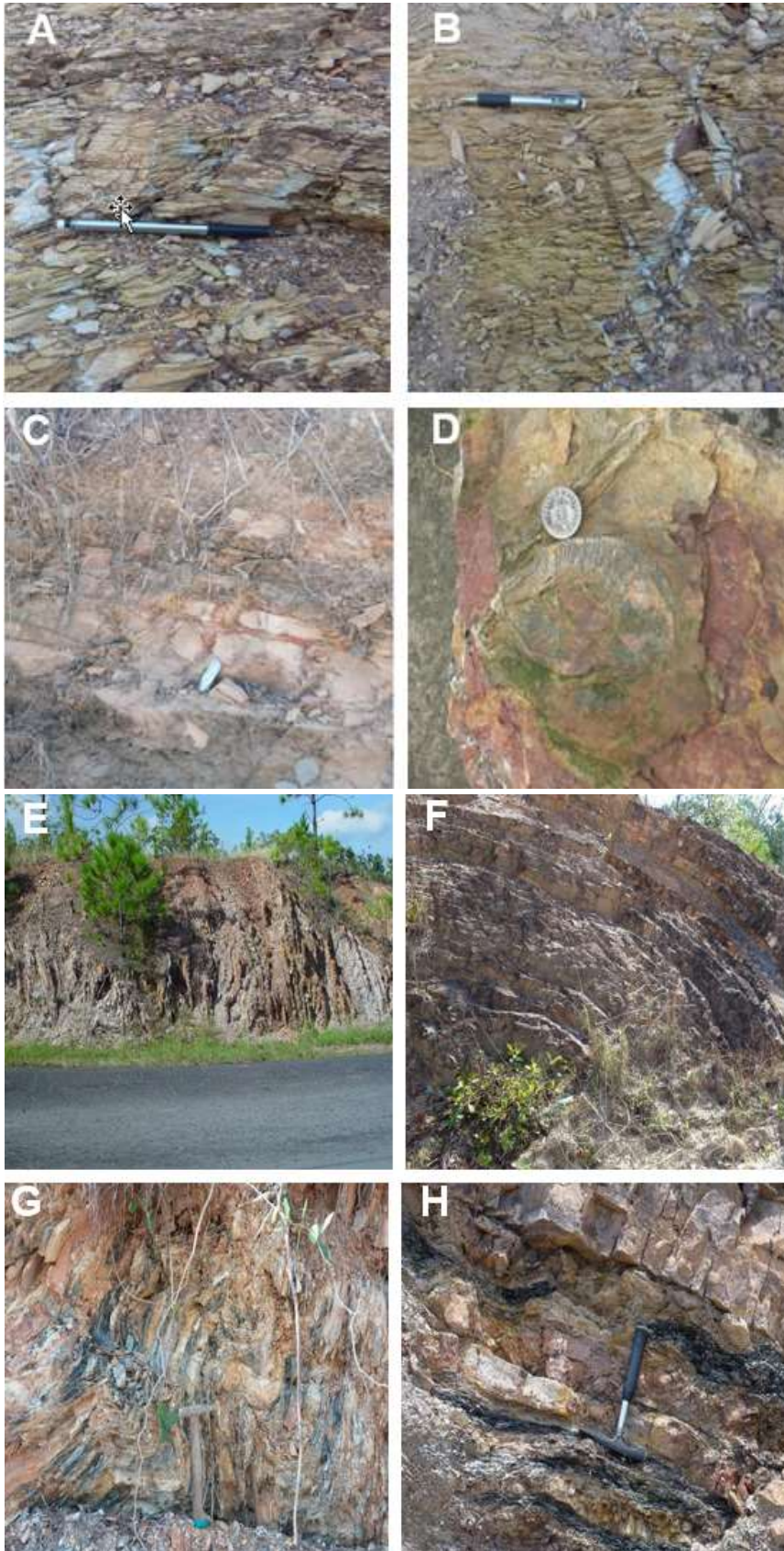


Figura 3. Afloramientos de la Fm. San Cayetano. APS: A) estrato de arenisca de grano fino (13 cm) en un corte esencialmente pelítico de color crema, B) sección de pelitas gris oscuro (localidad Monumento Marina Azcuy, carretera Pinar del Río- Viñales), C) arenisca estratificada de grano medio (50 cm), corte donde predomina las pelitas sobre las areniscas (localidad Los Jazmines, 2.5 km de Viñales) y D) pelita con molde de ammonite deformado (no identificado), hallado en el límite Norte de APS con SO (límite con Sierra Quemado- Moncada, Viñales). La parte no mostrada del molde se compone de carbonato, por lo que representa la parte superior de esta formación; SR/APN/E: E y F) afloramientos donde predominan las areniscas de grano medio intercaladas con pelitas (carretera Viñales- La Palma), G) sección donde predomina el material pelítico con materia orgánica (manifestación Nieves, Minas de Matahambre; Miembro Castellanos), y H) areniscas con estratificación variable con pequeñas intercalaciones de lutita carbonosa orientada (localidad Cinco Pesos). La foto F es cortesía de Mónica Matos Giral y el ammonites fue encontrado por estudiantes de la Universidad de Pinar del Río en una práctica de cartografía del año 2013.

#### *Sierra del Rosario/Alturas de Pizarra del Norte/Esperanza*

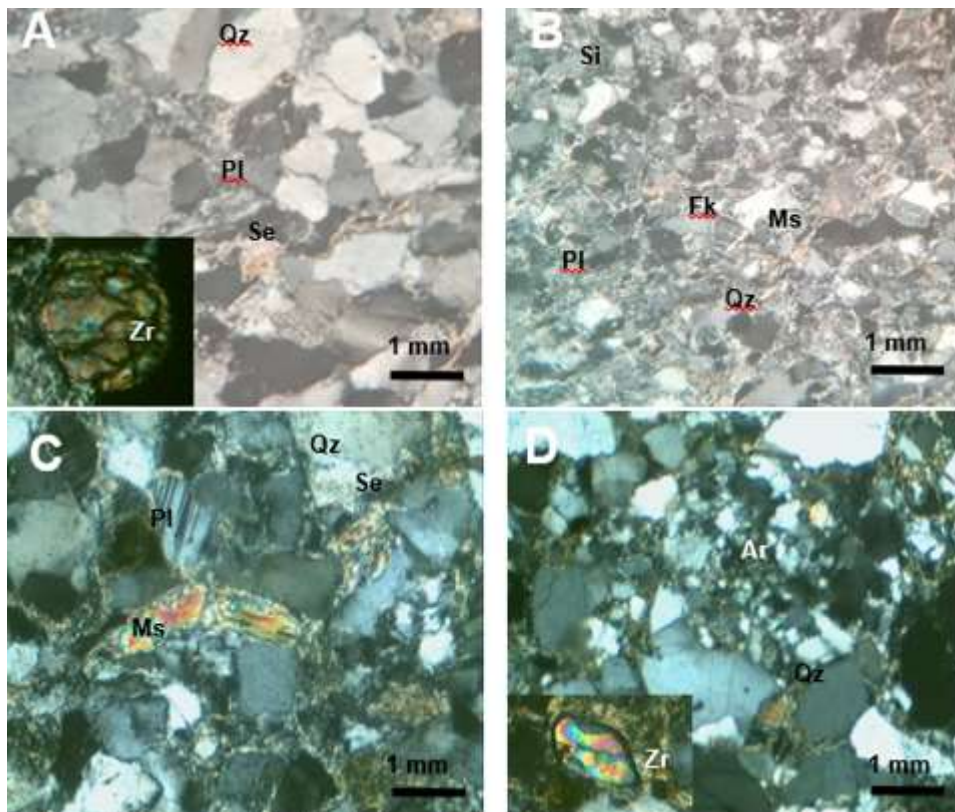
Los cortes que se dan de esta unidad estructural corresponden al pozo P-15 ubicado al Norte de Viñales (Astajov *et al.* 1982) y la facies H descrita por Haczewski (1976) en los alrededores de Cinco Pesos (Figuras 1 y 2). En el primero, parte del pozo muestra un predominio de areniscas con intercalaciones de pelitas carbonosas, a diferencia de la parte media inferior del pozo, donde abundan las limolitas intercaladas con escasas areniscas y calizas. Las areniscas se describen como de grano medio a fino y por lo general poseen cemento carbonatado. Areniscas de este tipo también se observan en la carretera Viñales- La Palma (Figura 3E y F). Por otra parte, la facies H tiene intercalaciones de areniscas en capas con gradación y lutitas. Las areniscas predominan en el corte con la presencia de detritos vegetales y clastos de lodos (Figura 3H). En las lutitas se describen estructuras onduladas y de convolución. La presencia de material carbonoso también se reporta en las facies I (tipo *flysch*) descrita por este mismo autor (1 km al este de Cinco Pesos). También la abundancia de materia carbonosa es un rasgo que distingue las secciones del Miembro Castellanos; en las manifestaciones Nieves y Mella (Minas de Matahambre, Figura 3G) y los yacimientos Santa Lucía y Castellano (Figuras 45 y 48; Cazañas *et al.* 2017), resaltan las pelitas pizarrosas y calizas, ambas muy carbonosas.

### **3.2. Composición mineralógica de las areniscas**

Las areniscas de APS son cuarzosas mayormente de grano fino con: cuarzo (76%-75%), plagioclasa (7%), feldespatos potásicos (10%-13.5%) y litoclastos (8%-10.4%) de rocas sedimentarias, todos con cierta orientación; también poseen moscovita, calcita, apatito, circón, turmalina, clorita, piritita como minerales accesorios, (Tabla 1; Figura 4 A-C). El cuarzo es el mineral

más abundante, distinguiéndose varios tipos de cristales por su forma y disposición: (1) subredondeados, (2) alargados y orientados, (3) empaquetados, (4) con recristalización dinámica en bordes y (5) monocristalino y criptocristalino. En ocasiones se observan como granos individuales y muestran una selección de buena a moderada (Figura 4 B). Están cementados por un material sericítico y silíceo a veces orientado. Como mineral accesorio se destaca el circón (0.5%) redondeado y fracturado (Figura 4A).

Estas rocas clasifican como arenisca cuarzosa, subarcosa y subarcosa lítica (Figura 5a) según McBride (1963) y Folk (1974), y en el diagrama de discriminación tectónica FQtLit (Figura 6a) se identifican con el campo de orógeno reciclado.





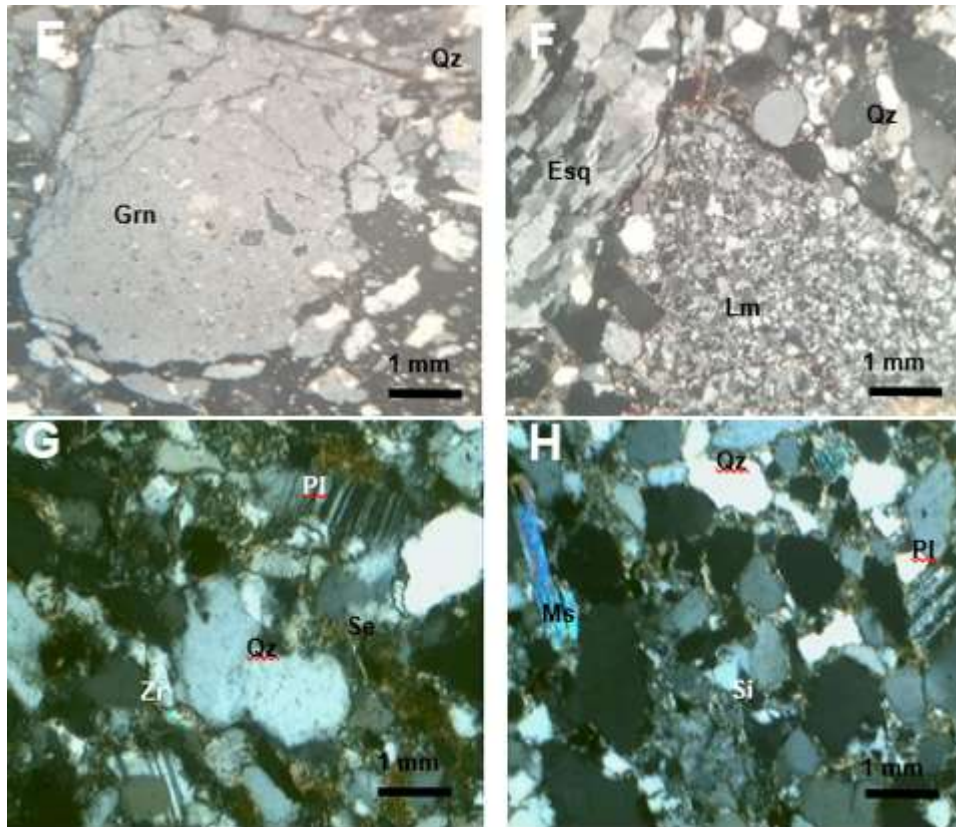


Figura 4. Fotomicrografías de areniscas. APS: A- Muestra M-29. Arenisca cuarzosa de grano medio con cemento sericítico (Se) orientado, se destaca el grano de circón redondeado y fracturado. B- Cuarzo empaquetado y recrystalizado, microclina subredondeada (CN, 10x). C- Muestra 100 (N). Arenisca con cuarzo, plagioclasa, moscovita y cemento sericítico-silíceo. Cuarzo con recrystalización dinámica (CN, 10x). SR/APN/E: D- Muestra 227. Arenisca de grano grueso con cemento sericítico- silíceo abundante. Cuarzo con mala selección, angulosos y subredondeados, litoclasto de arenisca (Ar) y grano de circón idiomorfo (Zr) (CN, 4x). E- Muestra 227A. Litoclasto de granitoide anguloso (CN, 4x). Grn-granitoide. F- Muestra 227-B3. Subarenisca lítica. Litoclastos subangulosos, con mala selección y cemento silíceo- arcilloso (CN, 4x). Esq-esquistos Qz, Lm-limolita Qz. G- Muestra 231. Arenisca con cuarzo y feldespato de grano medio, con cemento silíceo- sericítico y mala selección. El cuarzo es subanguloso y el zircón subredondeado (CN, 10x) y H- Muestra 233. Arenisca cuarzosa de grano medio con cemento silíceo. El cuarzo es subanguloso y subredondeado. Moscovita como accesorio (CN, 10x). Los símbolos de los minerales son según Whitney y Evans (2010).

En SR/APN/E las areniscas presentan una granulometría de fina a gruesa, tienen cuarzo monocristalino y criptocristalino (76%-88%), feldespato (plagioclasa: 10%-12% y microclina: 0.1%-10.3%) (Figuras 4 D-H), también abundan los fragmentos líticos (1%-7.3%), de arcillas, pedernal, cuarcita, limolita, arenisca, carbonato, granitoides, rocas volcánicas y esquistos (Figuras 4 D-F). Además, poseen moscovita, calcita, apatito, circón, turmalina, clorita y pirita como minerales accesorios (Tabla 1). El cemento es

silíceo, sericítico y carbonatado, a veces con impurezas de material carbonoso, arcilloso y ferruginoso. La redondez de los fragmentos es irregular, pero predominan los subredondeados; mientras que los litoclastos son subangulosos y suelen ser de mayores dimensiones que el resto de los componentes de estas rocas (Figura 4D-F), de aspecto grano dimensional. Se reporta en las areniscas de la parte superior de esta secuencia, en el área de Cinco Pesos, guijarros de caliza silicificada (de hasta 4 cm) con fósiles redepositados del Paleozoico tardío y el Pérmico (Pszczółkowski 1989). Mientras que en el Miembro Castellanos el mayor grado de madurez (Pineda y Hechevarría 1994).

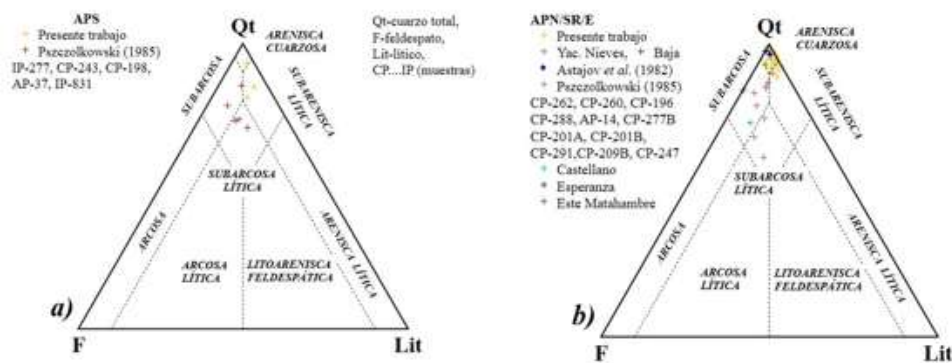


Figura 5. Diagrama triangular para la clasificación para las areniscas (McBride 1963; Folk 1974) de APS y SR/APN/E. Qt- incluye cuarzo, cuarcita y pedernal y F- plagioclasas y feldespatos potásicos.

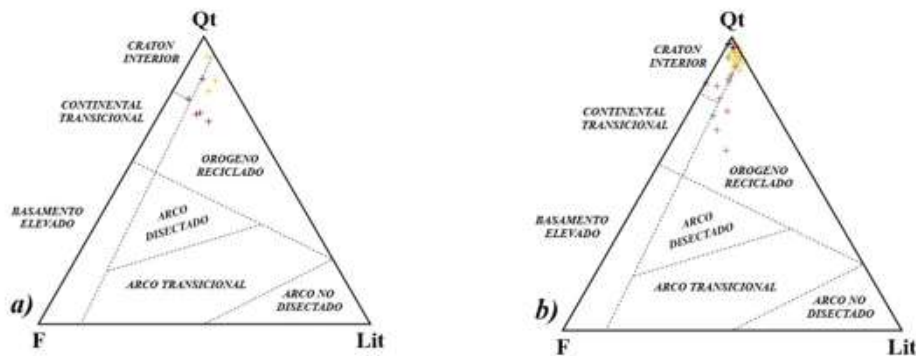


Figura 6. Diagrama de procedencia para las areniscas (Dickinson *et al.* 1983) de APS y SR/APN/E. Símbolos en Figura 5.

Estas rocas clasifican como arenisca cuarzosa, subarcosa, subarcosa lítica y subarenita lítica (Figura 5b), y en el diagrama de discriminación tectónica FQtLit (Figura 6b) se identifican con el campo de orógeno reciclado y cratón interior.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1. Contraste composicional en las areniscas de la Formación San Cayetano

Las areniscas son comunes en los cortes estudiados de esta secuencia (Figura 2), con tendencia a una mayor presencia en las secciones de

SR/APN/E (excepto para su Miembro Castellanos). En su composición mineralógica resalta el contenido de cuarzo (Tabla 1; Figura 4); este mineral en APS es mono y criptocristalino, tienen una selección de buena a moderada, son granos subredondeados, empaquetados y con orientación; mientras que en SR/APN/E difieren de esas características en que su granulometría es variable (Figura 4G y H). Resultan ser el producto de uno o varios ciclos de sedimentación, con posterior recristalización por el dinamometamorfismo durante los cabalgamientos. Abundan los litoclastos de composición diversa en SR/APN/E (Figura 4D-F) en relación a los correspondientes a APS. Es común en las areniscas de ambas unidades el cemento sericítico y silíceo, así como minerales accesorios (Tabla 1), de ellos se destaca el circón; este mineral en APS es por lo general redondeado, mientras en SR/APN/E se observan además de aspecto idiomorfo (Figura 4A y D).

Rojas-Agramonte *et al.* (2008) describe granos de circón en las areniscas de la Fm. San Cayetano de edades: Paleoproterozoico (~2479-1735 Ma), Mesoproterozoico temprano y Grenviliano (~1556-985 Ma)- más abundantes; Panafricano (561 Ma); Ordovícicos (~451 Ma) y Devónico temprano (~398 Ma). Para este conjunto de granos proponen varias ubicaciones de la fuente (fundamentalmente el Norte de Suramérica-Colombia y/o Venezuela, y la península de Yucatán), en el contexto de la ruptura de Pangea (Fig. 7 de Rojas-Agramonte *et al.* 2008). Esta variedad de edades y las formas observados en el presente trabajo (Figuras 4A y D), junto a la diversidad de granos de cuarzo presentes, los granos de feldespato y litoclastos graníticos, permiten indicar que las areniscas contienen un registro de materiales que son el resultado de la erosión de un orógeno compuesto esencialmente por: (1) rocas sedimentarias terrígenas ricas en cuarzo, (2) rocas metamorfozadas, y (3) roca intrusiva granítica. Dicho supuesto se sustenta además con las poblaciones de procedencia obtenidas en la Figura 5: orógeno reciclado y cratón.

#### **4.2. Posible área fuente: porción norteña del bloque Maya**

En muchas regiones de México y Norte de América del Sur se reportan secuencias de siliciclastos semejantes en edades a los de la Fm. San Cayetano (Tabla 2). En ellos, a partir de la edad determinada en los circones se indica su procedencia; por ejemplo, Wengler *et al.* (2019) investigan la proveniencia de las rocas Triásico-Jurásico de Mesa Central, México (formaciones Zacatecas, Nazas y La Joya) y señalaron que los circones de estas rocas con 1290-900 Ma corresponden al microcontinente Oaxaquia, los de 720-450 Ma a los bloques Chortis, Maya, Coahuila y Florida, los de 445-310 Ma a Acatlán y Maya, los de 300-240 Ma al arco Pérmico-Triásico y los de 200-150 Ma al arco volcánico Nazas. También Molina *et al.* (2020) reportan en el Grupo Todos Santos (Sur de México y Guatemala) de edad Triásico superior-Jurásico medio, una población de circones que incluye: Paleoproterozoico

(2.2-2.0 Ga, 1.90-1.75 Ga); Grenvillianos (1.3-0.95 Ga); Panafricano (0.75-0.5 Ga) y Pérmico tardío (260 Ma). A partir de entonces, señalan que la parte inferior de este Grupo (Fm. Valle Nacional- Triásico Superior) representa secuencias de una fase inicial del rifting durante la ruptura de Pangea; la Fm. La Silla (Jurásico inferior- medio) registra un evento de arco continental y la Fm. Jiquipilas (Jurásico medio) constituye el evento de rift más joven. Indicando además que dichas secuencias están relacionadas con ambiente fluvial y fluvial-lacustre. Todo lo cual indica que durante el Triásico superior y el Jurásico prevalecieron cuencas similares, donde arribaban materiales terrígenos derivados de la erosión de distintos complejos pre-mesozoicos (basamento) cercanos.

La edad reportada para la Fm. San Cayetano (Jurásico inferior?- Oxfordiano) y el reporte reciente dado por Flores (2018), de diferentes especímenes de palinomorfos de edad Triásico superior (Rético) en secuencias de Sierra del Rosario, atestiguan un mayor rango de edad para estos depósitos, al menos para algunos de sus cortes. De este modo, permite vincular a San Cayetano con los depósitos de las formaciones Zacatecas, El Alamar y Jiquipilas (Tabla 2), relacionadas también a la ruptura de Pangea. En este proceso se establecieron simultáneamente diferentes sistemas fluviales que tributaron abundantes detritos de distintas fuentes orogénicas (sedimentos reciclados, metasedimentos e intrusivos fundamentalmente) a las cuencas desarrolladas.

Son varios los criterios sobre la posición y composición de la fuente de aporte del material terrígeno a la cuenca de sedimentación, y ubicación donde se depositó la Fm. San Cayetano: (1) Haczewski (1976) sugiere los orógenos del Paleozoico tardío del Sur de México, Guatemala y Honduras, (2) Pszczólkowski (1986) propone una fuente de aporte del tipo orógeno reelaborado separada de la cuenca por un amplio terreno cratónico, (3) Pszczólkowski (1987) documenta fósiles del Paleozoico tardío y el Pérmico en clastos de calizas silicificadas, señalando un transporte largo y procedencia distante de Centro América y suroeste de América del Norte, (4) Cobiella-Reguera *et al.* (1997) indican un aporte de terrenos constituidos por metamorfitas siálicas con una cobertura sedimentaria rica en areniscas cuarzosas y de intrusivos ácidos al final de la sedimentación, (5) Hutson, Mann y Renne (1998) concluyen que la fuente está localizada en Norteamérica (orógenos Taconic-Norteamérica y Acadian-Yucatán) expuestos en la Península de Yucatán, (6) Pszczólkowski (1999) indica que la dirección principal del transporte de los materiales es probablemente desde el SW y no directamente de los escarpes del valle del rift, y (7) Rojas-Agramonte *et al.* (2008) señalan como posible fuente a macizos del Precámbrico y el Paleozoico temprano, en el Norte de Suramérica (Colombia y/o Venezuela) y la península de Yucatán. A partir de estos criterios y la distribución de diferentes orógenos, fuentes reportadas en la literatura para

la región (Ortega-Gutiérrez *et al.* 1994; Rojas-Agramonte *et al.* 2008; Wengler *et al.* 2019) durante la ruptura de Pangea, se propone que porciones del basamento premesozoico del bloque Maya (basamento cristalino enterrado bajo la estructura del impacto del Chicxulub), fue la principal fuente erosionada.

Marton y Buffler (1994) señalan que durante la etapa de *sin-rift* del Triásico Tardío (?) al Jurásico Medio tardío, el bloque relativamente estable de Yucatán se trasladó hacia el sureste (coordenadas actuales) a lo largo de una importante zona de transformación en el este de México. La plataforma de Yucatán está integrada por corteza continental en el extremo suroeste de la placa norteamericana, al oeste del Golfo y de Cuba occidental. Posee una potente cubierta Jurásico superior- Cretácico de varios kilómetros de espesor y su basamento se ha descrito en el bloque Maya. Este bloque lo integran esencialmente la península de Yucatán (porción norteña), y el macizo de Chiapas, zonas de Guatemala y las montañas Maya en Belice (Ortega-Gutiérrez *et al.* 2010; Weber *et al.* 2012) en su porción sureña. El basamento (pre-mesozoico) está conformado por rocas de edades Grenviliano y Panafricana, fundamentalmente metamórficas (Zhao *et al.* 2020). También se documenta en el macizo Chiapas que estas rocas están intruidas por granitos deformados (granitos del complejo Guichicovi; Keppie *et al.* 2012) y en la montaña Maya (Belice; Steiner y Walker 1996) de edad Silúrico tardío. Recientemente Zhao *et al.* (2020), a partir de los resultados del proyecto científico Expedición IODP-ICDP (con 364 núcleos)- sitio M0077A (a 25 km de la línea de costa de Península de Yucatán), reportan fragmentos graníticos en materiales fundidos y brechas relacionados con el impacto de Chixhulub, y obtienen edades en los mismos de  $326 \pm 5$  Ma (a partir de circones), e indican que constituye el primer reporte de magmatismo Paleozoico tardío en el bloque Maya (porción norte), y lo relacionan con la convergencia de Laurentia y Gondwana. De este modo, la naturaleza de los materiales reportados en el basamento del bloque Maya, en particular su parte norteña (en el sentido de Iturralde-Vinent 2005- Fig. 3; Zhao *et al.* 2020- Figs. 1 y 2, y citas de este trabajo), son suficientes para justificar la posible fuente para los fragmentos que se registran en las areniscas de la Fm. San Cayetano (Tabla 1, Figura 7); así como la población de edades en los circones documentada por Rojas-Agramonte *et al.* (2008). Estos materiales fueron transportados por corrientes fluviales bien establecidas y duraderas hasta la cuenca San Cayetano, ubicada posiblemente en la parte SE de esta porción del orógeno Maya (Iturralde-Vinent 2005; Fig. 3). En esta cuenca se establecieron varios ciclos de elevación y descenso del mar, hasta el cese de la sedimentación y deposición de carbonatos.



Tabla 2. Población de circones de la Fm. San Cayetano y en sedimentos del Triásico Superior- Jurásico en el centro, NE y Sur de México, y Guatemala

Ubicación	Autor	Unidad	Edad	Litología	Edad en circones							
					P	G	PA	O	Dt	PT	J	
NE de Mx	Barboza-Gudiño <i>et al.</i> (2014)	La Boca	Rhaetiano Toarciano	Arenisca roja, limolita, lutita, conglomerado y capas volcánicas	X	X					X	X
		El Alamar	Carniano Noriano	Arenisca, limolita, lutita de color café rojizo, horizontes de material volcánico		X	X				X	
Mesa Central (México)	Wengler <i>et al.</i> (2019)	La Joya	Bajociano Calloviano	Conglomerado arenisca, limolita		X	X					
		Zacatecas	Carniano Noriano	Arenisca, limolita, lutita, conglomerado	X	X	X				X	X
Sur de México y Guatemala	Molina <i>et al.</i> (2020)	Grupo Todos Santos: (A) Fm. Jiquipilas, (B) Fm. La Silla y (C) Fm. Valle Nacional	Triásico superior- Jurásico medio	A: brecha, conglomerado, arenisca, lutita y raros carbonatos y yesos B: volcánicos C: arenisca, conglomerado	X	X	X				X	
Occidente Cuba	Rojas-Agramonte <i>et al.</i> (2008)	San Cayetano	Jurásico inferior?- Jurásico superior	Arenisca, limolita, lutita y escaso conglomerado	X	X	X	X	X			

**Nota:** P-Paleoproterozoico (2500-1600 Ma), G- Grenvillianos (1300-900 Ma), PA-Panafricano (650-500 Ma), O-Ordovícico (485-444 Ma), Dt-Devónico temprano (419-393 Ma), PT-Pérmico-Triásico (299-201 Ma) y J-Jurásico (201-145 Ma), según Cohen *et al.* (2022): [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org).

En este trabajo se evidencia que el registro de los sedimentos y composición de las areniscas en la Fm. San Cayetano, tanto en APS como en SR/APN/E son poco variables y responden a condiciones de deposición en un margen

continental pasivo, con el desarrollo de un amplio delta, donde se registran cambios en cortas distancias (Figuras 2 y 7): (a) predominio de pelitas sobre las areniscas- sedimentos de crecida y línea de costa (I) en APS, y (b) predominio de las areniscas sobre las pelitas y algunos carbonatos- sedimentos de abanicos (II), sedimentos de talud (III) y sedimentos de pie de talud (IV) en SR/APN/E, ajustándose a Haczewski (1976).



**Figura 7.** Diagrama hipotético de las condiciones de sedimentación y área fuente para los detritos de la cuenca San Cayetano (SE de la porción norteña del bloque Maya) durante la ruptura de Pangea. Basado en los resultados del presente trabajo y los criterios dados por Pszczółkowski (1986), Haczewski (1976), Cobiella-Reguera *et al.* (1997) y Zhao *et al.* (2020).

## 5. CONCLUSIONES

- En las areniscas de la Fm. San Cayetano predominan clastos silíceos subredondeados, en APS con una selección de buena a moderada, mientras que en SR/APN/E tienen granulometría variable y sus litoclastos poseen una más variada composición. Es frecuente en las areniscas de ambas unidades el cemento sericítico y silíceo. Son comunes también los granos de circón: en APS este mineral es por lo general redondeado, y en SR/APN/E además se observan de aspecto idiomorfo. La población de circones reportados en las areniscas es similar a los descritos en secuencias siliciclásticas de los depósitos de las formaciones Zacatecas, El Alamar y Jiquipilas del centro, NE y Sur de México, y Guatemala (Triásico superior- Jurásico), relacionadas igualmente a la ruptura de Pangea.
- Las áreas fuentes obtenidas para APS y SR/APN/E de cratón interno y orógenos reciclados se propone sean porciones del basamento del bloque Maya (rocas sedimentarias y metasedimentarias Grenvilianas-Panafricanas y rocas granitoides similares a las registradas en el sitio M0077A con de edad  $326 \pm 5$  Ma, a 25 km de la línea de costa de Península de Yucatán), actualmente bajo la estructura del impacto del Chicxulub. Estas unidades fueron erosionadas, y sus materiales

transportados por corrientes fluviales bien establecidas y duraderas hasta la cuenca San Cayetano, ubicada posiblemente al SE de la porción norteña de este bloque e integrándose a la península de Yucatán. Se desarrollan en un ambiente transicional deltaico- marino somero, que unido al sistema *nappe* escamado que desarrolló en durante la orogénesis cubana (Paleoceno- Eoceno temprano), hace que cualquiera reconstrucción estratigráfica de los mismos sea compleja. Por tanto, solo se puede indicar que existe una tendencia a observar (a) un predominio de pelitas sobre areniscas: sedimentos de crecida y línea de costa (I) en la APS, y (b) una supremacía de las areniscas sobre pelitas y algunos carbonatos: sedimentos de abanicos (II), de talud (III) y de pie de talud (IV) en SR/APN/E.

## 6. REFERENCIAS

- Astajov, K.; Solianik, V.; Semiliev, V.; Martínez, D.; Fernández, R.; Cubiña, J. y Dimidov, S. 1982: Informe de levantamiento geológico a escala 1: 50 000 en la parte NO de la Provincia de Pinar del Río. Archivo Servicio Geológico de Cuba.
- Barboza-Gudiño, J. R.; Ocampo-Díaz, Y. Z. E.; Zavala-Monsiváis, A. y López-Doncel, R. A. 2014: Procedencia como herramienta para la subdivisión estratigráfica del Mesozoico temprano en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(3): 303-324. Consultado: 23/02/2022. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57232747002>.
- Barboza-Gudiño, J. R.; Tristán-González, M. and Torres-Hernández, J. R. 1999: Tectonic setting of pre-Oxfordian units from central and northeastern Mexico: A review. In Bartolini, C., *et al.* (eds.). *Mesozoic sedimentary and tectonic history of north-central Mexico*. Geological Society of America Special Paper, 340: 197-210. DOI: 10.1130/0-8137-2340-X.197.
- Barboza-Gudiño, J. R.; Zavala-Monsiváis, A.; Venegas-Rodríguez, G. and Barajas-Nigoche, L. D. 2010: Late Triassic stratigraphy and facies from northeastern Mexico: Tectonic setting and provenance. *Geosphere*, 6(5): 621-640. <https://doi.org/10.1130/GES00545.1>.
- Cáceres, D. y Cruz-Gámez, E. M. 1987: Tratamiento estadístico de resultados petrográficos en rocas sedimentarias clásticas. *Serie Geológica*, 3: 79-86.
- Campos-Madriral, E.; Centeno-García, E.; Mendoza-Rosales, C. C. y Silva-Romo, G. 2013: Sedimentología, reconstrucción paleoambiental y significado tectónico de las sucesiones clásticas del Jurásico Medio en el área de Texcalapa, Puebla - Huajuapán de León, Oaxaca: Revisión de las Formaciones Ayuquila y Tecomazúchilo. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 30(1): 24-50.

- Cazañas, X.; Torres, J. L.; Lavaut, W.; Cobiella-Reguera, J. L.; Capote, C.; González, V.; López, J. L.; Bravo, F.; Llanes, A. I.; González, D.; Ríos, Y.; Ortega, Y.; Yasmany, R.; Correa, A.; Pantaleón, G.; Torres, M.; Figueroa, D.; Martín, D.; Rivada, R. y Núñez, A. 2017: *Mapa Metalogénico de la República de Cuba a escala 1:250 000*. Instituto de Geología y Paleontología, Centro Nacional de Información Geológica. 169 p. ISBN 978-959-7117-77-3.
- Cobiella-Reguera, J. A.; Hernández-Escobar, A.; Díaz-Díaz, N. y Obregón-Pérez, P. 1997: Estudio de algunas areniscas de las formaciones San Cayetano y Polier, Sierra del Rosario, Cuba occidental. *Minería y Geología*, XIV(3): 59-68.
- Cobiella-Reguera, J. L. 1996: Estratigrafía y eventos jurásicos en la Cordillera de Guaniguanico, Cuba occidental. *Minería y Geología*, 13(1): 11-25.
- Cobiella-Reguera, J. L. 2008: Reconstrucción palinspástica del paleomargen mesozoico de la América del Norte en Cuba occidental y el sudeste del Golfo de México. Implicaciones para la evolución del SE del Golfo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 25(3): 382-401.
- Cobiella-Reguera, J. L. 2021: An Overview to the Tectonics of Cuba. In Pardo, M. (ed.). *Geology of Cuba, Regional Geology Reviews*. Springer Publishing House, 189-218. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67798-5>.
- Cohen, K. M.; Finney, S. C.; Gibbard, P. L. y Fan, J. X. 2022: The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36: 199-204. Consultado: 23/02/2022. Disponible en: <http://www.stratigraphy.org>.
- Colectivo de autores. 2023: *Léxico Estratigráfico de Cuba*.
- De Golyer, E. 1918: The Geology of Cuban petroleum deposits. *AAPG Bulletin*, 2: 133-167.
- Dickerson, R. E. and Butt, W. H. 1935: Cuban Jurassic: Geological Notes. *AAPG Bulletin*, 19: 116-118. <https://doi.org/10.1306/3D932CB4-16B1-11D7-8645000102C1865D>.
- Dickinson, W. R.; Beard, L. S.; Brakenridge, G. R.; Erjavec, J. L.; Ferguson, R. C.; Inman, K. F.; Knepp, R. A.; Lindberg, F. A. and Ryberg, P. T. 1983: Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America Bulletin*, 94: 222-235. <https://doi.org/10.1130/0016-7606>.
- Flores, A. 2018: Estudio palinológico de la Formación San Cayetano y su vinculación con la exploración de hidrocarburos. *Anuario de la Sociedad Cubana de Geología*, 3: 89-99.
- Folk, R. L. 1974: *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin: Hemphil Publishing Company. 182 p.
- Haczewski, G. 1976: Sedimentological reconnaissance of the San Cayetano Formation: An accumulative continental margin in the Jurassic of Western Cuba. *Acta Geologica Polonica*, 26(2): 331-353.

- Hutson, F.; Mann, P. and Renne, P. 1998. 40Ar-39Ar dating of single muscovite grains in Jurassic siliciclastic rocks (San Cayetano Formation): Constraints on the paleoposition of western Cuba. *Geology*, 26(1): 83-86.
- Iturralde-Vinent, M. A. 1996: Introduction to Cuban geology and tectonics, in Iturralde-Vinent, M.A. (ed.). *Cuban ophiolites and volcanic arcs*. IUGS/UNESCO International Geological Correlation Programme. Project 364. Geological Correlation of Ophiolites and volcanic arcs in the Circum Caribbean Realm, Miami, Florida Special Contribution (1), 3-35.
- Iturralde-Vinent, M. A. 2005: La Paleogeografía del Caribe y sus implicaciones para la biogeografía histórica. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 25-26: 49-78.
- Izquierdo, M.; Díaz, D. y Lara, J. 1988: Características petrográficas de las rocas presentes en el sector Baja. *Boletín de Geociencias*, 3(3): 11-16.
- Keppie, J. D.; Murphy, J. B.; Nance, R. D. and Dostal, J. 2012: Mesoproterozoic Oaxaquia type basement in peri-Gondwanan terranes of Mexico, the Appalachians and Europe: T<sub>DM</sub> age constraints on extent and significance. *International Geology Review*, 54(3): 313-324. DOI: 10.1080/00206814.2010.543783.
- Linares, E. y García, D. E. 2021: Stratigraphy of Cuba. In Pardo, M. (ed.). *Geology of Cuba, Regional Geology Reviews*. Springer Publishing House, 143-188. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67798-5>.
- Marton, G. y Buffler, R. 1994: Jurassic Reconstruction of the Gulf of Mexico Basin. *International Geology Review*, 36: 545-586. <https://doi.org/10.1080/00206819409465475>.
- McBride, E. F. 1963: A classification of common sandstones. *Journal of Sedimentary Research*, 33: 664-669.
- Meyerhoff, A. y Hatten, C. 1974: Bahamas salient of North America: tectonic framework, stratigraphy and petroleum potential. *AAPG Bulletin*, 56(6): 1201-1236.
- Molina-Garza, R.; Lawton, T.; Barboza-Gudiño, J. R.; Sierra-Rojas, M. I.; Guadarrama, A. and Pindell, J. 2020: Geochronology and correlation of the Todos Santos Group, western Veracruz and eastern Oaxaca States, Mexico: Implications for regional stratigraphic relations and the rift history of the Gulf of Mexico. *The Geological Society of America Special Paper*, 546. DOI:10.1130/2020.2546(06).
- Myczynski, R. y Pszczólkowski, A. 1976: The ammonites and age of the San Cayetano Formation from the Sierra del Rosario, Western Cuba. *Acta Geologica Polonica*, 26: 321-330.
- Ortega-Gutiérrez, F.; Ortega-Obregón, C.; Solari, L. A. and Eliás-Herrera, M. 2010: The Maya-Chortis Boundary: A Tectonostratigraphic Approach. *International Geology Review*, 49(11): 996-1024. DOI: 10.2747/0020-6814.49.11.996.

- Ortega-Gutiérrez, F.; Sedlock, R. L. and Speed, R. C. 1994: Phanerozoic tectonic evolution of Mexico. In Speed, R.C. (ed.). *Phanerozoic evolution of North American continent-ocean transitions*. Boulder, Colorado, Geological Society of America, Continent-Ocean Transect Volume, 265–306.
- Pineda, J. L. y Hechevarría, A. 1994: *Composición mineralógica de algunas areniscas de la Formación San Cayetano en el yacimiento Castellano y regiones cercanas del Noreste de Pinar del Río*. Trabajo de diploma. Repositorio Universidad de Pinar del Río. 46 p.
- Piotrowska, K. 1987: Las Estructuras de nappes en la Sierra de los Órganos. En Pszczolkowski, A.; Pistrowska, K.; Piotrowski, J.; de la Torre, A.; Myczynski, R. y Haczewski, G., (eds.). *Contribución a la Geología de la Provincia de Pinar del Río*. La Habana: Editorial Científico Técnica. 85-156.
- Pszczółkowski, A. 1986: Composition of the clastic material from the arenites of the San Cayetano Formation. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 11: 67-78.
- Pszczółkowski, A. 1987: Secuencias miogeosinclinales de la Cordillera de Guaniguanico: litoestratigrafía, descripción de las facies y paleogeografía. En Pszczółkowski, A. (ed.). *Contribución a la geología de la provincia Pinar del Río*. La Habana: Editorial Científico-Técnica. 5-84.
- Pszczółkowski, A. 1989: Late Paleozoic fossils from pebbles in the San Cayetano Formation, Sierra del Rosario, Cuba. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 59: 27-40.
- Pszczółkowski, A. 1999: The exposed passive margin of North America in western Cuba. In Mann, P. (ed.). *Caribbean basins*. Amsterdam: Elsevier. Sedimentary Basins of the World, 4: 93–121.
- Rodríguez, R. G.; Catá, R. A. y Cruz-Gámez, E. M. 1984: Estudio petrográfico de las rocas encajantes del yacimiento Nieves. Minas de Matahambre, Pinar del Río. *Minería y Geología*, 1: 49-68.
- Rojas-Agramonte, Y.; Kroener, A.; Pindell, J.; García-Casco, A.; García-Delgado, D.; Liu, D. and Wang, Y. 2008: Detrital zircon geochronology of Jurassic Sandstones of Western Cuba (San Cayetano Formation): implications for the Jurassic paleogeography on the NW proto-Caribbean. *American Journal Science*, 308: 639-656.
- Steiner, M. B. and Walker, J. D. 1996: Late Silurian plutons in Yucatan. *Journal of Geophysical Research*, 101: 17727-17735.
- Weber, B.; Scherer, E. E.; Martens, U. K. and Mezger, K. 2012: Where did the lower Paleozoic rocks of Yucatan come from? A U–Pb, Lu–Hf, and Sm–Nd isotope study. *Chemical Geology*, 312–313: 1–17.
- Wengler, M.; Barboza-Gudiño, J. R.; Thomsen, T. B. and Meinhold, G. 2019: Sediment provenance of Triassic and Jurassic sandstones in central Mexico

during activity of the Nazas volcanic arc. *Journal of South American Earth Sciences*, 92: 329-349. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.03.009>.

Whitney, D. L. and Evans, B. W. 2010: Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95(1): 185-187. <https://dx.doi.org/10.2138/am.2010.3371>.

Zhao, J.; Xiao, L.; Gulick, S. P. S.; Morgan, J. V.; Kring, D.; Urrutia Fucugauchi, J.; Schmieder, M.; de Graaff, S. J.; Wittmann, A.; Ross, C. H.; Claeys, P.; Pickersgill, A.; Kaskes, P.; Goderis, S.; Rasmussen, C.; Vajda, V.; Ferrière, L.; Feignon, J. G.; Chenot, E.; Perez-Cruz, L.; Satop, H. and Yamaguchi, K. 2020: Geochemistry, geochronology and petrogenesis of Maya Block granitoids and dykes from the Chicxulub Impact Crater, Gulf of México: Implications for the assembly of Pangea. *Gondwana Research*, 82: 128–150. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.12.003>.

### Información adicional

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

### Contribución de autores

IAO y EMCG: estudio petrográfico de las secciones delgadas, estableciendo las diferencias entre las areniscas. Elaboración de esquemas estratigráficos de la Fm. San Cayetano a partir de datos de pozos reportados por Astajov et al. (1982) y las facies establecidas por Haczewski (1976). Obtención de diagramas triangulares, a partir del sistema STATISTICA, para el análisis composicional de las rocas. Revisión e interpretación de la geología regional del occidente de Cuba sobre la Fm. San Cayetano y de Centroamérica para ambientes de sedimentos siliciclásticos de similar edad. JLCR: levantamiento y toma de muestras del perfil 5 Pesos (APN). Revisión e interpretación de la geología regional del occidente de Cuba sobre la Fm. San Cayetano y de Centroamérica para ambientes de sedimentos siliciclásticos de similar edad. Participa en los debates e intercambios de la investigación y aporta criterios importantes para la construcción de la figura 7. DCG: Muestreo en el perfil Cayo San Felipe-Moncada de la unidad APS y toma de muestras representativas. Descripción y discusión de los elementos tectónicos descritos en el artículo. Revisión e interpretación de la geología regional del occidente de Cuba sobre la Fm. San Cayetano y de Centroamérica para ambientes de sedimentos siliciclásticos de similar edad.

### ORCIDs

IAO, <https://orcid.org/0009-0005-2918-7782>

EMCG, <https://orcid.org/0000-0001-8887-7277>

JLCR, <https://orcid.org/0000-0002-3832-0275>

DCG, <https://orcid.org/0009-0007-5807-5282>

Recibido: 23/03/2023

Aceptado: 31/03/2023