

Interpretación estratigráfica y estructural de la Cuenca de San Pedro (margen sudeste de la República Dominicana).

Stratigraphic and structural interpretation of the San Pedro Basin (south-eastern Dominican Republic offshore margin).

J.M. Gorosabel-Araus¹, J.L. Granja Bruña¹, A. Gallego-Mingo², A. Carbó-Gorosabel¹, R. Mas¹, J. Arribas³, M.E. Arribas³, S. López-Andrés³, M.L. Canales¹, A. Rodríguez-Zurrunero¹, R. Reynoso-Villafañá⁴, G. Rosario⁴, S.J. Muñoz-Tapia⁴

1 Grupo de Tectonofísica Aplicada. Dpto. de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología. Univ. Complutense, 28040, Madrid. josegoro@ucm.es, jlgranja@ucm.es, carbo@ucm.es, ramonmas@ucm.es, mcanales@ucm.es, arzurrunero@ucm.es,
2 CEPSA S.A., Avda. Castellana, 259A. Torre CEPSA, 28046, Madrid. agallego@cepsa.com
3 Dpto. de Mineralogía y Petrología. Univ. Complutense, 28040, Madrid. earribas@ucm.es, antares@ucm.es, arribas@ucm.es
4 Servicio Geológico Nacional. Avda Wiston Churchill 75, Santo Domingo, República Dominicana. villarey100@gmail.com, gregorio.michel@gmail.com, yuboa@hotmail.com

Resumen: La cuenca de San Pedro (CSP) se define como una depresión batimétrica con tendencia E-O y una extensión aproximada de 6000 km², situada en el margen sureste de la isla de La Española (República Dominicana y Haití). Estructuralmente se ubica en la parte trasera del Cinturón Deformado de los Muertos (CDM). Considerada tradicionalmente como una cuenca de edad Mioceno medio, cuyo relleno ha sido depositado en el espacio de configuración generado por la progresiva deformación del CDM. Sin embargo, gracias a la integración de los trabajos de cartografía geológica (Proyectos SYSMIN I y II) con datos de geofísica de subsuelo (sísmica de reflexión, registros de pozo y campos potenciales), ha sido posible proponer un nuevo modelo evolutivo de la cuenca que abarca desde el inicio de la sedimentación en un contexto de retro-arco desde el Cretácico Superior hasta la inversión de la cuenca en el Eoceno medio y la posterior evolución del conjunto CSP-CDM hasta la actualidad, pudiendo correlacionar las principales secuencias estratigráficas y estructuras con los datos de afloramiento y pozo.

Palabras clave: Geofísica, República Dominicana, sísmica, gravimetría, evolución.

Abstract: The San Pedro Basin (SPB) consists of an E-W bathymetric depression with an extension of 6000 km², located in the south-eastern margin of Hispaniola Island (Dominican Republic and Haiti). Structurally, the SPB is situated at the rear zone of the Muertos Thrust Belt (MTB). The basin has been dated as middle Miocene in the bibliography, with the infill deposited in the configuration space generated by the progressive deformation of the MTB. Nevertheless, the integration of the new systematic geological mapping (SYSMIN I&II Programs) with geophysical data (reflection seismic, well logs and potential fields) led us to propose a new evolution model of the basin from the start of sedimentation in Upper Cretaceous in a retro-arc context to the inversion of the basin in middle Eocene and the later evolution of the SPB-MTB system until present, establishing the correlation between main sequences with outcrops and well data.

Keywords: Geophysics, Dominican Republic, seismic, gravity, evolution.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca de San Pedro (CSP) es una depresión batimétrica con tendencia E-O localizada en el margen sudeste de la isla de La Española (Fig. 1). La cuenca ocupa un área aproximada de 6000 km² con una profundidad media de lámina de agua de 1400 m. Ha sido interpretada en la literatura científica como una cuenca de tipo ante-arco rellena con sedimentos de edad Mioceno medio hasta el Presente (Heubeck *et al.*, 1991). No obstante, se encuentra en la región compresiva de retroarco de las Antillas Mayores orientales, alejada de la verdadera zona de subducción a lo largo de las fosas de La Española y Puerto Rico, dispuesta en la parte trasera de un sistema de retro-cabalgamiento con vergencia sur conocido como el Cinturón Deformado de los Muertos (Granja Bruña *et al.*, 2014). Así mismo, la

correlación de unidades estratigráficas es controvertida ya que la nueva cartografía geológica de los Proyectos SYSMIN I y II ha aportado nuevas constricciones estratigráficas y estructurales que ponen en duda los modelos evolutivos establecidos para la cuenca.

A finales de 2013 se desarrolló la campaña geofísica NOR-CARIBE a bordo del B/O Sarmiento de Gamboa (I.P. Andrés Carbó Gorosabel). En esta campaña se adquirieron datos de sísmica de reflexión 2D en la CSP que han permitido obtener una imagen del subsuelo de la cuenca con una mejora en la relación señal-ruido y la resolución. Los nuevos datos fueron integrados e interpretados en conjunto con los precedentes de los sondeos exploratorios en la isla y el reprocesado de antiguas campañas sísmicas proporcionados por el Banco Nacional de Datos de Hidrocarburos.

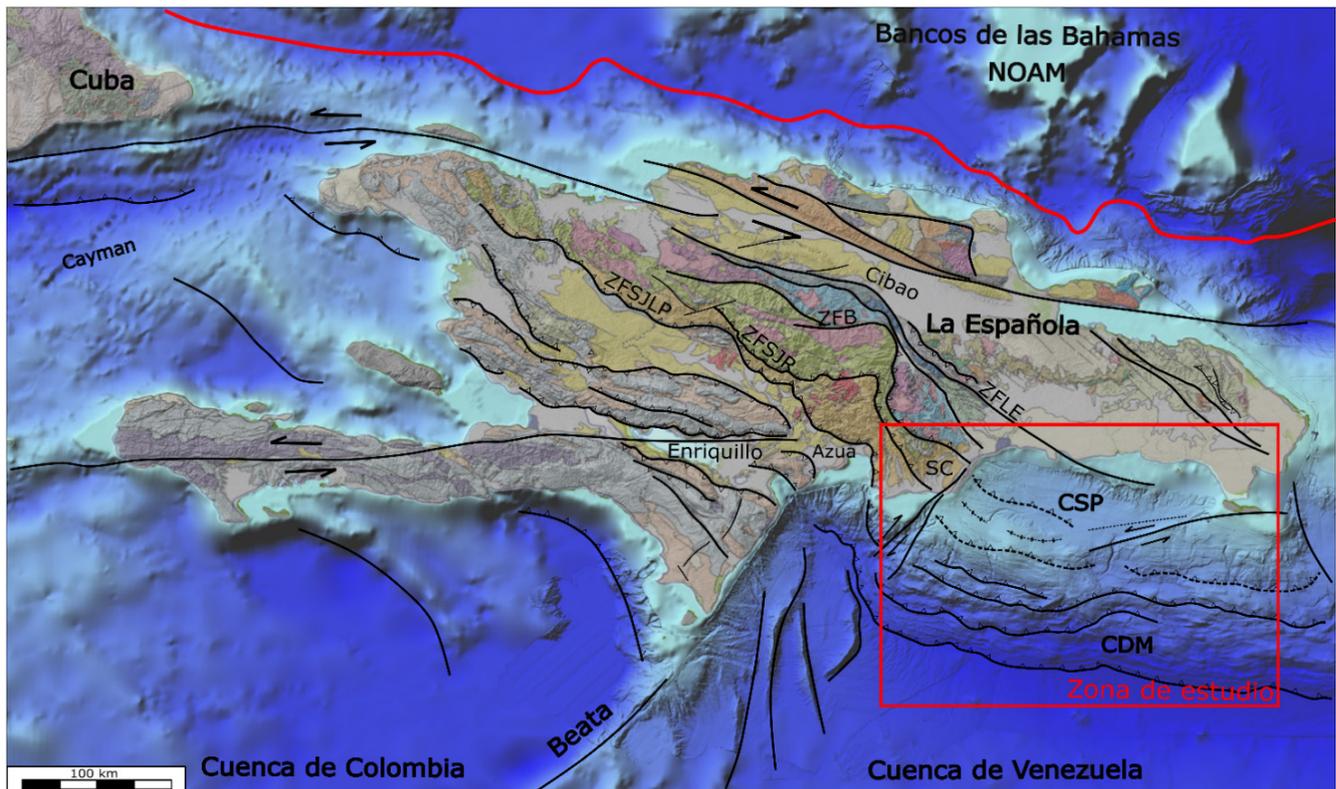


FIGURA 1, Contexto geológico de La Española incluyendo el mapa geológico regional sobre un modelo digital del terreno incluyendo la batimetría de alta resolución de los proyectos CARIBENORTE y NORCARIBE. CSP, Cuenca de San Pedro; CDM, Cinturón deformado de los muertos; SC, San Cristóbal; ZFSJLP, Zona de falla de San Juan – Los Pozos; ZFSJR, Zona de falla de San José Restauración; ZFB, Zona de falla de Bonao; ZFLE, Zona de falla de La Española. Modificado de Gorosabel-Araus *et al.* (2020).

Todo ello ha hecho posible una mejor definición de estructuras y secuencias sedimentarias que nos han permitido proponer un nuevo modelo de evolución tectono-sedimentaria para la CSP, correlacionando las principales secuencias interpretadas con las formaciones descritas en la cartografía geológica y los sondeos exploratorios, mediante el análisis de facies sísmicas.

MARCO GEOLÓGICO

La isla de la Española se encuentra situada en el límite septentrional entre las placas Norte Americana (NOAM) y Caribe (CARIB). Al norte de la isla de La Española se ha producido una subducción/colisión oblicua de la litosfera oceánica de la placa NOAM por debajo de la placa CARIB, según la orientación de $254^{\circ} (\pm 1^{\circ})$ y con una tasa de 20.0 ± 0.4 mm/año. El proceso generó un arco isla intra-oceánico durante el periodo Cretácico Inferior – Eoceno medio, cuyos materiales constituyen el basamento de las Antillas Mayores (Pérez-Estaún *et al.*, 2007). Como resultado de la convergencia oblicua de placas, los BB colisionan con la región NE de la isla de La Española originando un margen de colisión. Este proceso de colisión, desde su comienzo en el Eoceno ha condicionado todas las características estructurales, sismológicas y sedimentológicas del margen N de la placa CARIB (Mann *et al.*, 2002).

Una de estas características es que al sur de la isla se ha desarrollado un sistema compresivo: el Cinturón Deformado

de los Muertos (CDM) y el Surco de los Muertos (SM) con una profundidad media de 5000 m. El sistema CDM-SM ha sido considerado como una zona de subducción incipiente, pero estudios más recientes sugieren un cabalgamiento del arco isla sobre la cuenca de Venezuela (Granja Bruña, 2008). El origen y posterior evolución de la CSP está íntimamente ligado al CDM.

DATOS Y METODOLOGÍA

Para la elaboración de este trabajo, se integró e interpretó la información geológica y geofísica procedente de diversas fuentes tratando de generar una base de datos lo más completa posible.

La información geológica proviene de la cartografía sistemática 1:50.000 de los proyectos financiados por la Unión Europea SYSMIN I (1994-2001) y II (2007-2010) y la bibliografía científica, realizando nuevas correlaciones estratigráficas y perfiles geológicos a escala regional de las distintas cuencas de la isla.

Los datos de subsuelo fueron recopilados del Banco Nacional de Datos de Hidrocarburos de la República Dominicana, incluyendo: 71 pozos exploratorios y 805 perfiles de sísmica 2D. De entre toda la información, 10 pozos fueron seleccionados para su análisis post-mortem con relación a su profundidad total, litologías alcanzadas y calidad de los registros. La imagen de subsuelo fue mejorada gracias al

reprocesado de 25 líneas que se integraron a las adquiridas en el proyecto NORCARIBE 2013 y a los levantamientos sistemáticos de batimetría multihaz (Fig. 2) de las campañas CARIBENORTE (2009) y NORCARIBE (2013). La interpretación consistió en la identificación de las principales discordancias de la cuenca seguido del análisis de facies sísmicas y del estudio estructural mediante la plataforma PETREL.

Por último, los datos de gravimetría y magnetismo provienen de fuentes públicas WMAG y Sandwell *et al.* (2014) así como de *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA) y del *Bureau Gravimétrique Internationale* (BGI). El procesado, interpretación y modelado se realizaron mediante el software Oasis Montaj.

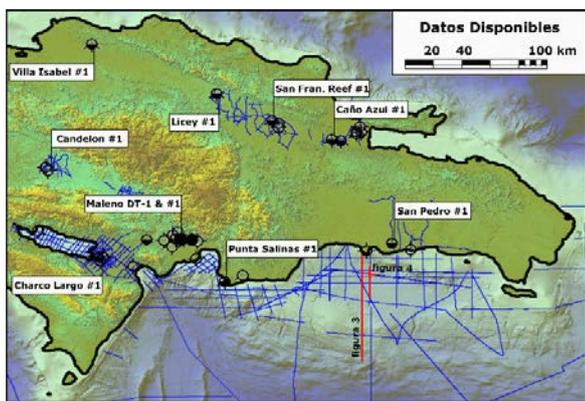


FIGURA 2, Datos disponibles para la realización de este trabajo. Modificado de Gorosabel-Araus *et al.* (2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El relleno de la CSP ha sido dividido en 6 mega secuencias sedimentarias separadas por discordancias regionales (Fig. 3). Estos límites son identificables a lo largo de toda la cuenca, tanto en los perfiles longitudinales como transversales. Mediante al estudio de estructuras y facies sísmicas se han establecido los siguientes límites de secuencia: Cretácico Superior, Eoceno Medio, Oligoceno, Mioceno Medio y Mioceno Superior, que son correlacionados con las principales discordancias y secuencias sedimentarias propuestas en la bibliografía (Biju-Duval *et al.*, 1982; Heubeck *et al.*, 1991; Pérez-Varela *et al.*, 2010; Abad *et al.*, 2010).

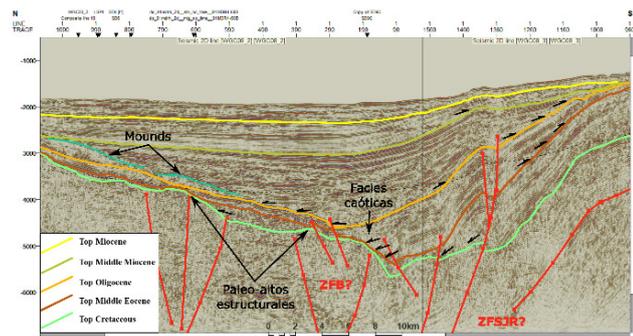


FIGURA 3, Perfil WGC-08 interpretado, modificado de Gorosabel-Araus *et al.* (2020). Posición en fig. 2.

La secuencia cretácica, calada con el pozo San Pedro #1, consiste en una sucesión de reflectores plano-parallelos de amplitud media-alta que se han correlacionado con los depósitos de cuenca profunda de la formación Las Palmas (Pérez-Varela *et al.*, 2010). El resto de las secuencias cenozoicas están discordantes sobre ella.

La secuencia Paleoceno – Eoceno Medio se compone de una serie de reflectores plano-parallelos con alta continuidad lateral que se correlacionan con las facies profundas del Grupo Peralta, expuesto a lo largo del CDM y alcanzado en los pozos Punta Salinas #1 y Candelon #1.

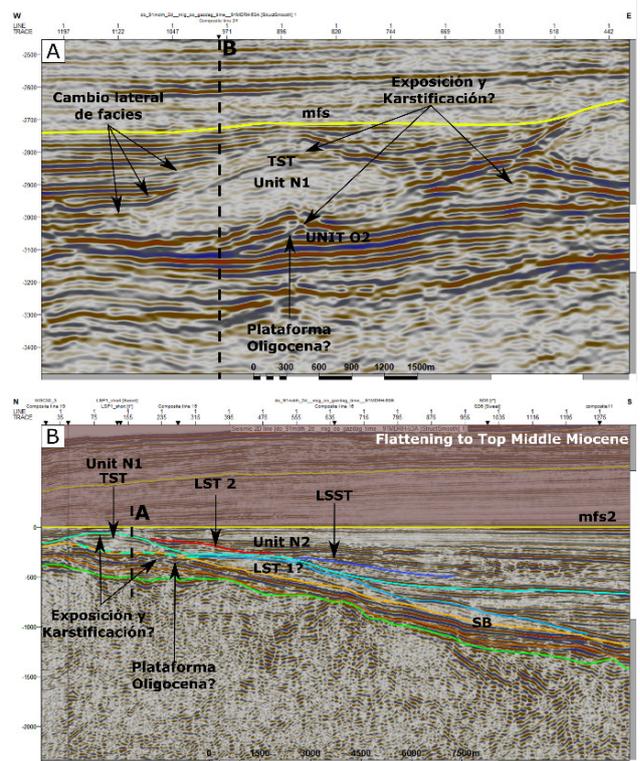


FIGURA 4, Interpretación sísmica de los ciclos de transgresión - regresión de una rampa carbonática en términos de estratigrafía secuencial. A, sección transversal. B, sección longitudinal. Posición en fig. 2. Modificado de Gorosabel-Araus *et al.* (2020)

La interpretación conjunta de la sísmica (Fig. 3) y los mapas de anomalías magnéticas (Fig. 5) pronostican la presencia de altos de basamento interpretados como paleo-altos estructurales sobre los cuales se habrían depositado facies someras. Ejemplo de ello es la interpretación de una rampa carbonática para el periodo Oligoceno – Mioceno (Fig. 4). El *flattening* del horizonte del Mioceno Medio (Fig. 4B), junto al análisis de las facies sísmicas, ha permitido interpretar ciclos transgresivos – regresivos dentro de una secuencia general transgresiva marcada por una arquitectura de *back-stepping*. Estas variaciones relativas del nivel del mar son observadas en niveles progradantes que coincidirían temporalmente con la potencial exposición y karstificación de las plataformas anteriores (Fig. 4A). Ciclos transgresivos – regresivos de similares características han sido descritos en tierra, como las superficies transgresivas

que se han observado en la región de San Cristóbal (Abad *et al.*, 2010), los carbonatos del pozo Caño Azul #1 en el norte de la isla o descritos en el margen sur de Puerto Rico para el Oligoceno – Mioceno Medio (Frost *et al.*, 1983).

Bordeando los paleo-altos, se interpretan facies distales representadas por reflectores plano-paralelos con amplitud alta donde se diferencian facies caóticas y de estructura *hummocky*, que dominan el registro en las regiones cercanas a las principales estructuras (Fig. 5). Esto se interpreta como niveles desorganizados que se correlacionan con las formaciones El Limonal y Ocoa, descritas en la región de San Cristóbal. Dichas formaciones consisten en una sucesión de conglomerados y areniscas que pasas a una alternancia rítmica de margas y areniscas turbidíficas con intercalaciones de calcarenitas y conglomerados con olistolitos, cuyo depósito se interpreta como consecuencia de la inversión de la cuenca desde el Eoceno medio (Heubeck *et al.*, 1991; Pérez-Varela *et al.*, 2010).

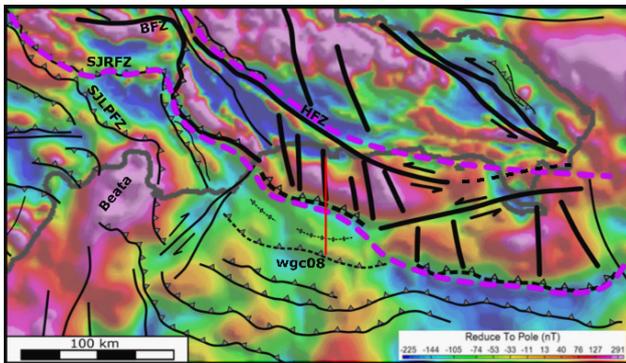


FIGURA. 5, Mapa de anomalías magnéticas reducido a polo. Los máximos relativos observados en la cuenca se interpretan como altos de basamento. En rojo, posición del perfil WGC08 interpretado en la fig. 3. Modificado de Gorosabel-Araus *et al.* (2020)

CONCLUSIONES

La interpretación conjunta de la sísmica de reflexión, la cartografía geológica, los pozos exploratorios y las anomalías magnéticas ha permitido establecer una nueva interpretación del relleno sedimentario y la estructura de la Cuenca de San Pedro, identificando las discordancias del Cretácico Superior (identificada en el pozo San Pedro #1), Eoceno medio, Oligoceno, Mioceno medio y Mioceno superior.

Mediante el análisis estructural y de facies sísmicas, se ha establecido la correlación de las principales secuencias de la cuenca con las formaciones descritas en la cartografía geológica en la región de San Cristóbal y los sondeos exploratorios. Así, se han identificado las facies profundas del periodo Cretácico – Eoceno, el desarrollo y evolución de una rampa carbonática de edad Oligoceno – Mioceno, o las facies caóticas relativas a los depósitos sin-tectónicos producto de la inversión de la cuenca desde el Eoceno medio.

REFERENCIAS

- Abad M. F. (2010). Memoria de la hoja geológica 6170-1 (Nizao) correspondiente a la cartografía geológica 1:50,00 de la República Dominicana. Proyecto SYSMIN. Ministerio de Energía y Minas.
- Biju-Duval, B., Bizon, G., Mascle, A., y Muller, C. (1982). Active margin processes; field observations in southern Hispaniola. *Am. Assoc. Pet. Geol. Mem.* 34, 325–344.
- Frost S.H., Harbour J.L., Beach D.K., Realini M.J., y Harris P.M. (1983). Oligocene reef tract development southwestern Puerto Rico. *Sedimenta IX. The comparative Sedimentology Laboratory, Division of Marine Geology and Geophysics, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric science, Miami*, 141 pp.
- Gorosabel-Araus J.M., Granja-Bruña J.L., Gallego-Mingo A., Gómez de la Peña L., Rodríguez-Zurrunero A., Mas R., Carbó-Gorosabel A., Navarro-y Comet J. (2020). New constraints on the tectono-sedimentary evolution of the San Pedro Basin (South-Eastern Dominican Republic): Implications for its hydrocarbon potential, in Davidson, I., Hull, J.N.F., Pindell, J. (Eds.) *The Basins, Orogens and Evolution of the Southern Gulf of Mexico and Northern Caribbean*. Geological Society of London, Special Publications, 504, <https://doi.org/10.1144/SP504-2019-224>
- Granja Bruña J.L. (2008): Geodinámica del borde sur de las Antillas Mayores Orientales. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 315 pp.
- Granja Bruña J.L., Carbó-Gorosabel, A. Llanes Estrada, P. Muñoz-Martín, A. ten Brink, U. Gómez Ballesteros, M. Druet, M. y Pazos, A. (2014). Morphostructure at the junction between the Beata ridge and the Greater Antilles island arc (offshore Hispaniola southern slope). *Tectonophysics* 618 (2014) 138–163.
- Heubeck, C. y Mann, P. (1991). Structural geology and Cenozoic tectonic history of the southeastern termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 262, 315–336.
- Mann, P., Calais, E., Ruegg, J-C., DeMets, C., y Jansma, P.E. (2002). Oblique collision in the north-eastern Caribbean from GPS measurements and geological observations. *Tectonics* 2(6): 1057, doi:10.1029/2001TC0011304.
- Pérez-Estaún, A., Hernaiz Huerta, P. P., Lopera, E., Joubert, M., Escuder-Viruete, J., Diaz de Neira, A., Monthel, J., García-Senz, J., Ubrien, P., Contreras, P., Bernárdez, E., Stein, G., Deschamps, I., García-Lobón, J. L., y Ayala, C. (2007). Geología de la República Dominicana: de la construcción de arco-isla a la colisión arco-continente. *Boletín Geológico y Minero*, 188(2):157-174.
- Pérez-Varela, F. (2010). Memoria de la hoja geológica 6170-IV (Baní) correspondiente a la cartografía geológica 1:50,00 de la República Dominicana. Proyecto SYSMIN. Ministerio de Energía y Minas.