

UN NUEVO PROSPECTO DE SULFUROS MASIVOS VULCANOGÉNICOS PARA EL ÁREA DE ZACUALPAN-TONATICO (DENUNCIO LA VICTORIA) EDO. DE MÉXICO: PETROLOGÍA Y MICROTERMOMETRÍA DE CHIMENEAS COLAPSADAS

González Partida, E.¹; Farfan Panamá J. L.²; Camprubi, A.³; Canet C.³; González Ruiz⁴, Pura Alfonso⁵ y Vega González, M.¹

¹Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla; Apartado postal 1-742, C.P. 7600, Querétaro, Qro., México.

²Universidad Autónoma del Estado de Guerrero, Unidad de Ciencias de la Tierra Taxco. Ex Hacienda Taxco el Viejo. Gro.

³Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México, D.F. (México).

⁴Centro Nacional de Investigación Avanzada en Petrofísica, Qro., Qro. México. y U.M.R.-7566-G2R, Nancy-Université, Boulevard des Aiguillettes, B.P. 239, F-54506 Vandœuvre-lès- Nancy, France.

⁵Departament d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals, Universitat Politècnica de Catalunya, Avinguda Bases de Manresa 61-73, 08242 Manresa, Catalunya, España

RESUMEN

En México los sulfuros masivos vulcanogénicos (VMS) son principalmente Mesozoicos (Jurásico Superior a Cretácico Inferior), ocurren a lo largo del margen circumpacífico en lo que se conoce como Terreno Guerrero, un hijo de este Terreno, el Subterreno Teloloapan, es una secuencia litoestratigráfica guía en la exploración de sulfuros masivos vulcanogénicos del "cluster": Rey de Plata, Campo Morado-Suriana, Tlanilpa-Azulaquez, Tonatico/Zacualpan y Tizapa-Esmeralda-Santa Rosa.

En un afloramiento de VMS en el área de Tonatico/Zacualpan muestras tubulares con textura anular-radial de restos de chimeneas fueron analizadas por minerografía, microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS) y por Microtermometría de inclusiones fluidas. Se determinó una mineralogía compleja representada por, pirita, cuarzo, calcita con trazas de manganeso, fibroferrita, y sulfatos representados por: barita anhidrita, copiapita, anglesita, melanterita, plumbojarosita con Sr, milosevichita y loudebaquita.

Las inclusiones fluidas (IF) son del tipo líquido+vapor a líquido dominante: En las IF del cuarzo la salmuera es cálcica con valores en el rango de 13 al 33 % Eq. en peso CaCl₂, y temperaturas de homogenización (Th) en el rango de 135° a 195 °C mientras que para las calcita la salinidad fue de 16 a 18% Eq. en peso NaCl y temperaturas de homogenización de 135° a 148°C, y en la Barita de 140° 157°C y salinidades de 14 a 16.9 Eq. en peso NaCl. Estos valores implican una salmuera densa por lo que de existir más cuerpos minerales, estos deberían de estar proximales a su fuente. Por lo tanto, estudios de geología detallada, exploración geofísica y barrenación alrededor de los afloramientos podrían resultar de gran valor para hallar posibles mineralizaciones de interés económico.

Palabras Clave: Subterreno Teloloapan, sulfuros masivos vulcanogénicos, chimenea colapsada, Tonatico/Zacualpan.

ABSTRACT

In Mexico the massive sulfides vulcanogenic (VMS) are mainly Mesozoic (Jurassic to lower Cretaceous), occur along the margin of circumpacifico in what is known as land Warrior, a son of this land, underground Teloloapan, is a sequence litoestratigráfica guide in the exploration of massive sulfide vulcanogenic in the "cluster": Silver King, Morado-Suriana field, Tlanilpa-Azulaquez, TonaticoZacualpan and Tizapa-Esmeralda-Santa Rosa.

In an outcrop of VMS in the area of TonaticoZacualpan tubular specimens with anular-radial texture of remains of fireplaces were analyzed by minerografía, electron microscope scanning (SEM-EDS) and by Microthermometry of fluid inclusions. It was determined a complex mineralogy represented by, pyrite, quartz, calcite with traces of manganese, fibroferrita, and represented by sulfates: barite anhydrite, melanterite, copiapite, anglesite, plumbojarosita Sr, milosevichita and loudebaquita.

The fluid inclusions (IF) are dominant fluid liquid/vapor type: in the quartz, the brine is calcium with values in the range of 13 to 33 Eq. weight CaCl₂, and temperature of homogenization (Th) in the range of 135 to 195 ° C meanwhile for the calcite salinity was 16 to 18 EQ. weight NaCl and homogenization of 135 to 148 ° C, and temperatures in the bar 140 ° 157 ° C and salinities from Eq 14 to 16.9. weight NaCl. These values imply a dense brine so there is more mineral bodies, these should be proximal to its source. Therefore studies detailed geology, Geophysical Exploration and drilling around the outcrops may be of great value to find possible mineralization of economic interest.

Key words: Subterreno Teloloapan, massive sulfide chimney collapsed, vulcanogenicos, Tonic Zacualpan.

GENERALIDADES DE LOS VMS MEXICANOS

En México los sulfuros masivos vulcanogénicos (VMS) son principalmente Mesozoico (Jurásico Superior a Cretácico Inferior), ocurren a lo largo del margen circumpacífico en lo que se conoce como Terreno Guerrero (Giles y García-Fons 2000, Miranda-Gasca 2000, Camprubi, A., 2009, Orozco-Villaseñor 2010, Alfonso et al., 2011, Centeno-García et al., 2011 y Torró et al., 2011, Farfán et. al., 2013): La mayoría de estos depósitos se han clasificado dentro del tipo Kuroko (Charoy y González-Partida, 1984) con menas predominantes de Zn-Pb-Cu o Zn-Cu y valores subordinados de Ag y Au, dentro de una clasificación composicional. El volcanismo asociado, que varía de basáltico a riolítico, se ha clasificado como calci-alcalino con miembros tholeiíticos (González-Partida, 1984, 1993; Miranda-Gasca et al., 2001, Miranda-Gasca, 2003; Mengelle et al., 2006; Bissig et al., 2008). Estos depósitos formados en el fondo marino se interdigitan igualmente con sedimentos arenopelíticos junto con tobas y lavas almohadilladas, así como con calizas de la plataforma de Morelos. Las edades reportadas van desde el Aptiano-Albiano (Talavera-Mendoza et al., 1995, 2000, 2007), hasta el Jurásico Superior (Lewis et al, 2000; Mortensen et al., 2008), así en Rey de Plata y Campo Morado-Suriana la edad varía de 137 a 154 Ma (Oliver et al., 2000, 2001; Mortensen et al., 2008); En Tlanilpa-Azulaquez la edad es de 138.7 Ma (Rhys et al. 2000).

Algunos yacimientos están claramente formados en una cuenca de “back-arc settings” relacionada a un arco volcánico submarino del borde Occidental Mexicano del discutido Terreno Guerrero (González-Partida y Torres 1988; Mortensen et al., 2008). Cabe destacar que al menos los yacimientos de Rey de Plata- Azulaques-Tonic/Zacualpan y Tizapa del Sub-Terreno Teloloapan (Figura 1) se encuentran muy próximos a lo que fue la plataforma de Morelos. En el “cluster” de VMSs del Sub-Terreno Teloloapan destacan los yacimientos de Rey de Plata, Campo Morado-Suriana, Tlanilpa- Azulaquez, Tizapa-Esmeralda-Santa Rosa y recientemente el hallazgo en Zacualpan /Tonic (denuncio La Victoria) que se reporta por primera vez en este trabajo.

MARCO GEOLÓGICO

En general las rocas del área de estudio están representadas por una secuencia dominada por grauvacas y lutitas tobáceas y de manera ocasional se observan lentes de lavas tipo almohadilladas, hialoclastitas y conglomerados epiclásticos (del Sub-Terreno Teloloapan), a estas rocas Talavera-Mendoza et al. (1995) y Talavera-Mendoza y Guerrero-Suastegui (2000) les han asignado una edad del Titoniano - Aptiano Superior. Según Farfán et. al., (2013) El subterreno Teloloapan limita al este con el Terreno Mixteca, al oeste con el subterreno Arcelia-Palmar Chico, al norte con el Cinturón Volcánico Transmexicano y al sur con el Terreno Xolapa (Figura 1). Según los autores anteriores el Subterreno Teloloapan está compuesto por dos conjuntos litológicos: 1°) una secuencia basal, constituida por rocas metavolcánicas y volcanoclásticas de composición basáltico-andesítica a lo que se llama Formación Villa de Ayala (FVA), y 2°) una cubierta sedimentaria representada por las Formaciones Acapetlahuaya, Amatepec, Miahuatepec, Teloloapan y Grupo Balsas. La Formación Villa de Ayala es de edad Titoniano-Hauteriviano (Mortensen et al., 2008) y presenta una variación litológica de lavas almohadilladas, lavas masivas, brechas y hialoclastitas interestratificadas con sedimentos silíceos con radiolarios (Talavera-Mendoza et al., 1995; Talavera-Mendoza y Guerrero-Suastegui, 2000). Hacia la cima se halla en contacto transicional con la Formación Acapetlahuaya, del Aptiano, que se compone de lutitas y areniscas volcánicas en estratificación delgada (Farfán et. al., 2013). La FVA (Sub-Terreno Teloloapan) es un blanco de exploración.

LA CHIMENEA COLAPSADA DE ZACUALPAN/TONATICO: RESULTADOS

Se sabe que la morfología ideal de un depósito SMV típico, consiste en una lente concordante (estratiforme) de sulfuros masivos, compuesto por un 60% ó más de sulfuros (Sangster y Scott, 1976), que en muchos casos es subyacente estratigráficamente por un stockwork, discordante, (o zona de vetillas), que contiene mineralización de sulfuros. El contacto superior de los lentes de sulfuros masivos con la pared de la roca es colgante y usualmente en sus extremos se acuña, pero el contacto inferior es

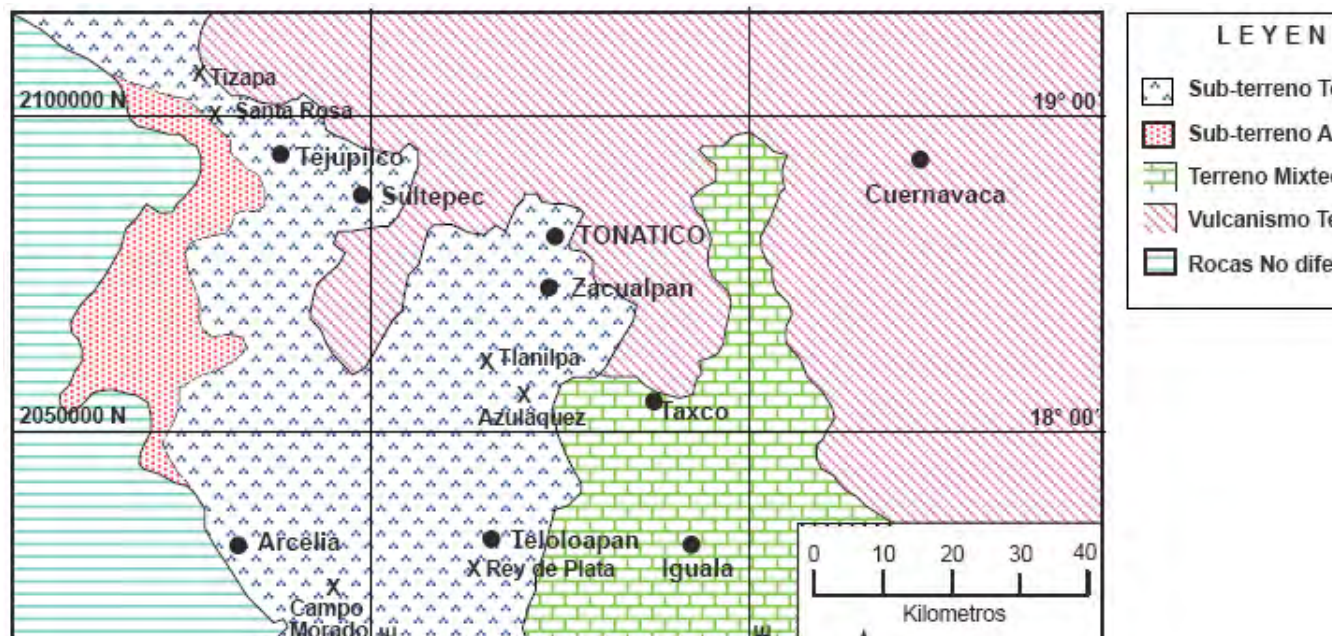


Figura 1. Esquema geológico de la localización del área de estudio (Zacualpan/Tonatico). Modificado de Rhys et al., (2000) y Farfán et. al., (2013). Leyenda: los triángulos en gris corresponden al Sub Terreno Teloapan, los cuadros rojos al sub-Terreno Arcelia, los rectángulos verdes (símbolo de caliza) al terreno Mixteco y las rayas en color rosa al vulcanismo Terciario-Reciente. En cuadros azules roca no diferenciada.

usualmente gradacional dentro de la zona de vetillas, así un sólo depósito puede consistir en varios lentes individuales de sulfuros masivos y ellos estar o no debajo de las zonas de “stockwork”.

La interpretación convencional que se da a estas morfologías es que la zona de “stockwork”, representa la forma de conducto casi en la superficie de un sistema submarino hidrotermal y un lente de sulfuro masivo es el resultado producido por la acumulación de sulfuros tras su precipitación de los componentes de las soluciones hidrotermales en el piso marino alrededor de la abertura de descarga. En la zona de descarga es común que se formen conductos denominados “chimeneas”, sin embargo, éstas son muy poco frecuentes: En los VMS Mexicanos, estas no se habían reportado: En este trabajo se describen desde el punto de vista petrológico y microtermométrico restos de una chimenea como evidencia de la posible existencia de un nuevo VMS en el área de Tonatico-Zacualpan.

DISCUSIÓN

Muestras tubulares de restos de chimeneas fueron analizadas por minerografía y microscopio electrónico de barrido (SEM-EDS ver Figura 2). Además se realizó microtermometría de inclusiones fluidas en 7 muestras de ganga de cuarzo, calcita y barita. Se determinó una mineralogía compleja representada por, Pirita, cuarzo, calcita con trazas de manganeso, fibroferrita, sulfatos y sulfatos complejos representados por: barita anhidrita, fibroferrita, copiapita, anglesita melanterita, plumbojarosita con Sr, milosevichita ó loudebaquita.

Las inclusiones fluidas analizadas son del tipo líquido+vapor a líquido dominante, En el cuarzo la salmuera es cálcica con valores en el rango de 13 al 33 % Eq. en peso CaCl_2 , y temperaturas de homogeneización (Th°C) en el rango de $\text{Th} = 135^\circ$ a 195°C mientras que para las calcita la salinidad fue de 16 a 18% Eq. en peso NaCl y temperaturas de formación de $\text{Th} = 135^\circ$ a 148°C y en la Barita de Th°C 140° a 157°C y salinidades de 14 a 16.9 Eq. en peso NaCl . Estos valores implican una salmuera densa por lo que de existir más cuerpos minerales, estos deberían de estar proximales a su fuente, por lo, tanto estudios de geología detallada, exploración geofísica y barrenación alrededor de los afloramientos podrían resultar de gran valor para hallar posibles mineralizaciones de interés económico.

CONCLUSIÓN.

1. Las chimeneas colapsadas presentan una mineralogía caracterizada por Pirita, con trazas de manganeso, fibroferrita, sulfatos y sulfatos complejos representados por: barita anhidrita, fibroferrita, copiapita, anglesita melanterita, plumbojarosita, milosevichita, loudebaquita y una de ganga de cuarzo, calcita y barita.
2. Los fluidos mineralizantes son del tipo líquido+vapor a líquido dominante, la salmuera es cálcica y varía en salinidad en un rango de 13 al 33 % Eq. en peso CaCl_2 , con temperaturas de homogeneización que varían de 135° a 195°C .

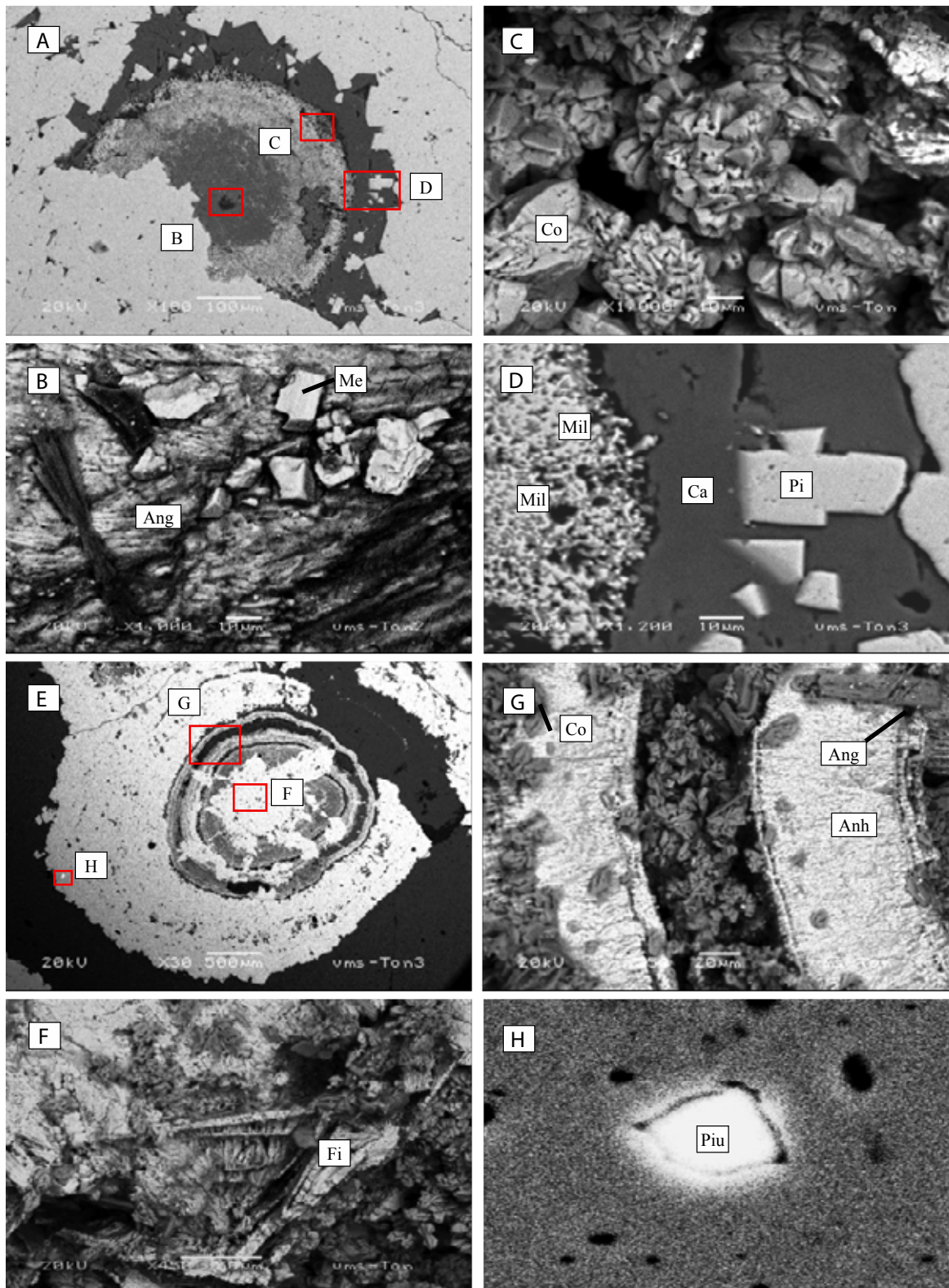


Figura 2. Imágenes de SEM-EDS. Donde: Ca= Calcita, Pi= Pirita, Ang= Anglesita, Me= Melanterita, Co = Copiapita, Piu= Plumbojarosita, Mil= Milosevichita, Fi= Fibroferrita, Anh= Anhidrita. La escala (barra) es en μm =micrones.

AGRADECIMIENTOS.

Los estudios fueron parcialmente financiados por el proyecto PAPIIT # IN101113-3 por lo que agradecemos a la UNAM por este apoyo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, P., Torró, L., Mesa, C., Parcerisa, D., Mata-Perelló, J.M., González-Partida, E., Canet, C., García-Vallès, M., 2011. Mineralogical characterisation of the Tizapa ore deposit, Mexico. En Barra, F., Reich, M., Campos, E., and Tornos, F. (eds.), 11th SGA Biennial Meeting – Let's talk ore deposits. Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile, 2, 781-783.
- Bissig, T., Mortensen, J.K., Tosdal, R.M., Hall, B.V., 2008, The rhyolite-hosted VMS district of Cuale, Guerrero Terrane, west-central Mexico: silver-rich, base-metal mineralization emplaced in a shallow submarine continental margin setting: *Economic Geology* 103, 141–160.
- Camprubí, A., 2009, Major metallogenic provinces and epochs of Mexico. *SGA News* 25, 1–20.
- Centeno-García, E., Busby, C., Busby, M., Gehrels, G., 2011, Evolution of the Guerrero composite terrane along the Mexican margin, from extensional fringing arc to contractional continental arc: *Geological Society of America Bulletin* 123, 1776–1797.
- Charoy B., González-Partida, E., 1984, Analyses des phases fluides associées a la genèse des amas sulfurés et des filons Au-Ag de la province de Taxco-Guanajuato (Mexique) : *Bulletin de Minéralogie* 107, 285–305.
- Farfán Panamá J. L., González Partida, E., Camprubi, A., Canet C., González Ruiz, Pura Alfonso y Vega González, M., 2013, Caracterización Petrológica y Microtermometría de las Chimeneas Colapsadas de los Sulfuros Masivos exhalativos Vulcanogénicos del área de Zacualpan-Tonatico Edo. de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. En Prensa.
- Giles, David A., García-Fons, Javier, 2000, Volcanogenic Deposits in Mexico: The Producing Mines in VMS Deposits of Latin America, Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, p 135-140.
- González-Partida, E., 1993, Datos geoquímicos de roca total para la secuencia volcanosedimentaria Cretácica en Cuale-El Rubí, Jalisco, y Tierra Caliente, Guerrero, México: *Geofísica Internacional* 32, 249–259.
- González-Partida, E., 1984, Análisis de las inclusiones fluidas e isótopos de azufre, hidrógeno y oxígeno de los sulfuros masivos de Tizapa-Sta Rosa, Edo. de México: *Geomimet* 128, 66–76.
- González-Partida, E., Torres-Rodríguez, V., 1988, Evolución tectónica de la porción centro-occidental de México y su relación con los yacimientos minerales asociados: *Geofísica Internacional* 27, 543–581.
- Lewis, P.W., Rhys, D.A., 2000, Geological setting of the Tizapa volcanogenic massive sulphide deposit, Mexico State, Mexico. en Sherlock, R.L., Logan, M.A.V. (eds.), *Volcanogenic Massive Sulphide Deposits of Latin America*, Geological Association of Canada Special Publication 2, 87-112.
- Mengelle-López, J.J., Picazo-Alba, M.A., Canet, C., Camprubí, A., Prol-Ledesma, R.M., 2006, Depósitos VMS de la Cuenca La Esperanza, Guanajuato: *Boletín de Mineralogía* 17, 11–12.
- Miranda-Gasca, M.A., 2000, The metallic ore-deposits of the Guerrero Terrane, western Mexico: an overview: *Journal of South American Earth Sciences* 13, 403–413.
- Miranda-Gasca, M.A., 2003, The volcanogenic massive sulfide deposits of Mexico. *Proceedings of the 99th Annual Meeting, Cordilleran Section, Geological Society of America*, paper 24-1.
- Miranda-Gasca, M.A., De la Garza, V., Téllez, R., Hernández, A., 2001, The Rey de Plata Cretaceous Zn-Pb-Cu-Ag-Au volcanogenic massive sulfide deposit, Guerrero, Mexico: *Society of Economic Geologists Special Publication* 8, 277–290.
- Mortensen, J.K., Hall, B.V., Bissig, T., Friedman, R.M., Danielson, T., Oliver, J., Rhys, D.A., Ross, K.V., Gabites, J.E., 2008, Age and paleotectonic setting of volcanogenic massive sulfide deposits in the Guerrero Terrane of Central Mexico: constraints from U-Pb age and Pb isotope studies: *Economic Geology* 103, 117–140.
- Oliver, J., Payne, J., Rebagliati, M., Cluff, R., 2000, Precious-metal-bearing volcanogenic massive sulphide deposits, Campo Morado, Guerrero, Mexico. In: Sherlock, R.L., and Logan, M.A.V. (eds.), *Volcanogenic Massive Sulphide Deposits of Latin America*, Geological Association of Canada Special Publication 2, 57-69.
- Oliver, J., Payne, J., Kilby, D., Rebagliati, M., 2001, Lower Cretaceous precious metal-rich volcanogenic massive sulfide deposits, Campo Morado, Guerrero, Mexico. *Society of Economic Geologists Special Publication* 8, 265-276.
- Orozco Villaseñor F.J. 2010.- Mineralogy and genesis of the Rayas ore shoot, and its geological relation with other ore bodies, Veta Madre, Guanajuato, México. *Water Rock Interaction*, in Birkle & Torres-Alvarado (eds). Taylor & Francis Group ISBN9780415604260. Pp. 219-222.
- Rhys, D., Eons, G., Ross, K., 2000, Geological setting of deformed VMS-type mineralization in the Azulaques-Tlanilpa area, northern Guerrero State, México. In: Sherlock, R.L., and Logan, M.A.V. (eds.), *Volcanogenic Massive Sulphide Deposits of Latin America*, Geological Association of Canada Special Publication 2, 113-133..
- Sangster, D. F., Scott, S. D., 1976, Precambrian strata-bound, massive Cu-Zn-Pb sulfide ores of North America. In K. H. Wolf (Ed.) *Cu, Zn, Pb and Ag Deposits*, V. 6. Elsevier, Amsterdam, p. 129-222.
- Talavera-Mendoza, O., Ruiz, J., Gehrels, G.E., Valencia, V.A., Centeno-García, E., 2007, Detrital zircon U/Pb geochronology of southern Guerrero and western Mixteca arc successions (southern Mexico): New insights for the tectonic evolution of the southwestern North America during the late Mesozoic. *Geological Society of America Bulletin* 119, 1052–1065.
- Talavera-Mendoza, O., Ramírez, E. J., Guerrero-Suástegui, M., 1995, Petrology and Geochemistry of the Teloloapan Subterrene, a Lower Cretaceous evolved intra-oceanic island-arc: *Geofísica Internacional*, v. 34, p. 3-22.
- Talavera-Mendoza, O. y Guerrero-Suastegui, M. (2000), Geochemistry and isotopic composition of the Guerrero Terrane (western Mexico): implications for the tectono-magmatic evolution of southwestern North America during the Late Mesozoic: *Journal of South American Earth Sciences*, 13, 297–324.
- Torró, L., Alfonso, P., González-Partida, E., Canet, C., Gómez-Fernández, F., 2011, Preliminary study of fluid inclusions and sulphur isotopes of the Tizapa ore deposit, Mexico. En Barra, F., Reich, M., Campos, E., and Tornos, F. (eds.), 11th SGA Biennial Meeting – Let's talk ore deposits. Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile, 2, 775-777.