

DIRECCIÓN DE OPERACIÓN GEOLÓGICA
SUBDIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
ESTUDIOS ESPECIALES E INVESTIGACIÓN
OFICINA CENTRAL PACHUCA



CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR, SINALOA Y NAYARIT

OCTUBRE 2017

SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO
DIRECCIÓN DE OPERACIÓN GEOLÓGICA
SUBDIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
ESTUDIOS ESPECIALES E INVESTIGACIÓN

DIANA FLORES HUERTA
HERMES ROCHIN GARCÍA
NATALIA AMEZCUA TORRES
JUAN PABLO REYES MENDOZA

PRESTADOR DE SERVICIO SOCIAL:
JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ

Esta información es para uso exclusivo del SGM. El uso e impresión fuera de mySIG se considera **COPIA NO CONTROLADA** y es responsabilidad de la o el usuario cerciorarse que utiliza la versión vigente. A partir de la fecha de vigencia quedan sin validez las versiones anteriores, lineamientos, circulares y cualquier otro comunicado, formal o informal, que se haya emitido al respecto.

www.sgm.gob.mx

CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR, SINALOA Y NAYARIT

Introducción

Esta carta es una compilación de edades geocronológicas los estados de Baja California Sur, Sinaloa y Nayarit. La base de datos cuenta con 1014 registros, 494 de Baja California Sur, 244 de Sinaloa y 276 de Nayarit. Los datos geocronológicos fueron recopilados de publicaciones arbitradas e inéditas y comprenden varios métodos como Ar-Ar, C, FT, K-Ar, Rb-Sr, Re-Os, Sm-Nd y U-Pb.

La distribución de las edades se puede ver en el Anexo 1, donde a cada punto se le asignó un código de color de acuerdo a la edad. La norma de colores se basa en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2016 (Fig.1).

Los datos en formato digital están contenidos y representados en un archivo *shape*, con la proyección conforme cónica de Lambert, en el datum *World Geodetic System 84 (WGS84)*.

Debido a que algunas de las publicaciones no proporcionan las coordenadas del sitio de colecta o el sistema de coordenadas en el que fueron tomadas, fue necesario georeferir los mapas de los textos consultados para hacer una estimación de coordenadas. En el campo de observaciones se indican las muestras en ésta situación.

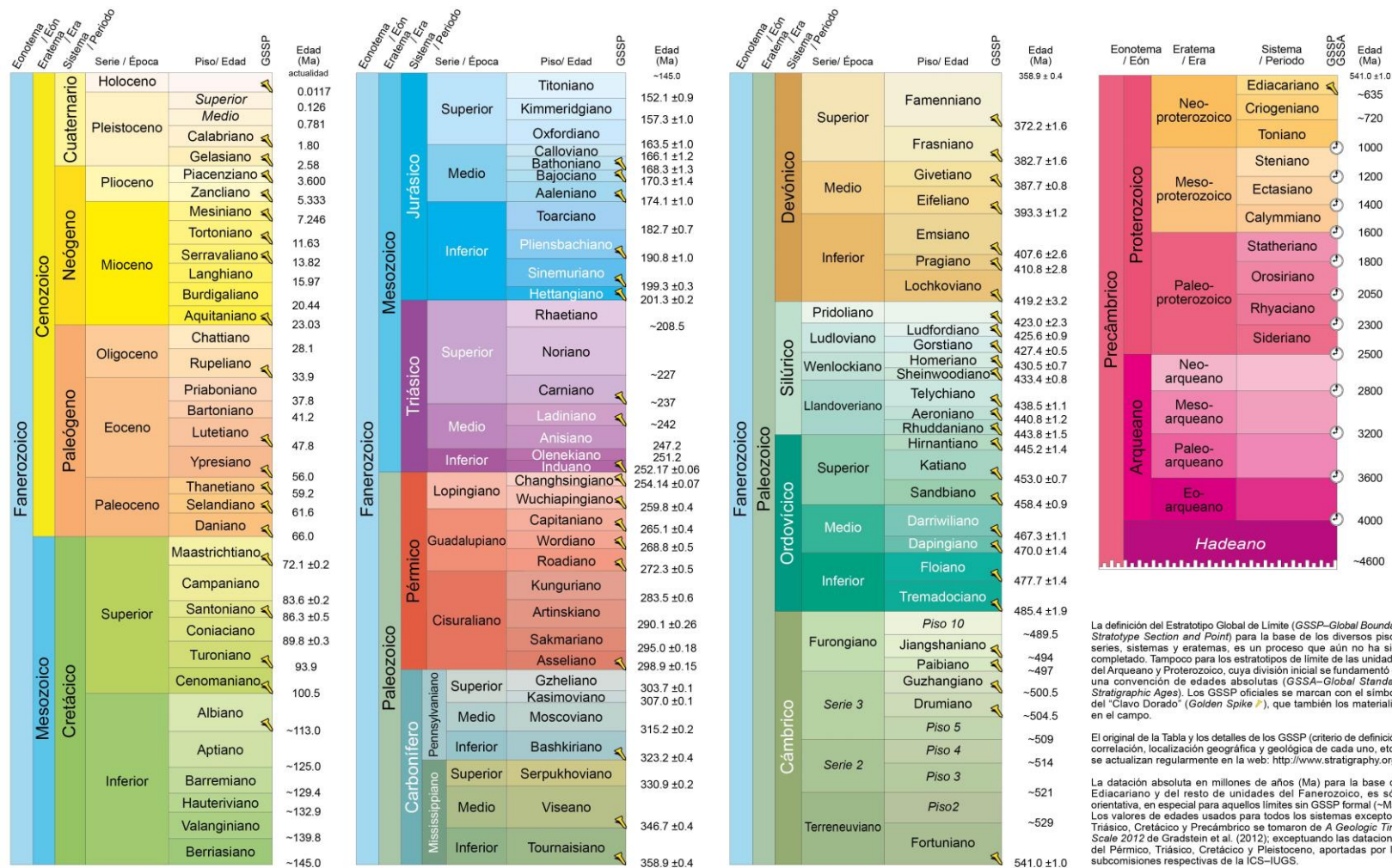


TABLA CRONOESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL

www.stratigraphy.org

Comisión Internacional de Estratigrafía

v 2016/04



La norma de colores se rige por la de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CCGM-IUGS) - <http://www.ccgim.org>



Este borrador final, es una adaptación al español de América y una edición del Servicio Geológico Colombiano (SGC). La coordinación estuvo a cargo de Juan Carlos Gutiérrez-Marco de la Universidad Complutense de Madrid y Jorge Gómez Tapias del SGC, quienes recibieron contribuciones de diversas subcomisiones estratigráficas, servicios geológicos y profesionales radicados en México, Argentina, Chile, Perú, Ecuador y Uruguay. En Venezuela, la terminología cronoestratigráfica sigue las pautas del castellano de España.



Tabla diseñada por K.M. Cohen, S.C. Finney y P.L. Gibbard
Enero de 2013, 2015 © International Commission on Stratigraphy (IUGS)
Citar como: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. y Fan, J.-X. (2013) actualizado
The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204
<http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2016-04SpanishAmerDraft.pdf>

Figura 1- Tabla Conoestratigráfica Internacional.

Campos de la base de datos

DES_CLAV: División o subdivisión de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (TCI) 2016 que emite la Comisión Internacional de Estratigrafía <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>.

RANGO_MA: Intervalo de edad en millones de años de la división o subdivisión de la TCI

NUMERO: Identificador

MUESTRA: Clave de identificación de la muestra

ESTADO: Entidad federativa

LONG: Longitud en grados decimales en el sistema de coordenadas WGS 84

LAT: Latitud en grados decimales en el sistema de coordenadas WGS 84

X_WGS84: Longitud en grados, minutos y segundos en el sistema de coordenadas WGS84

Y_WGS84: Latitud en grados, minutos y segundos en el sistema de coordenadas WGS84

ZONA: Zona de proyección UTM

CARTA_250: Nombre y clave de carta escala 1:250,000

CARTA_50: Nombre y clave de carta escala 1:50,000

TIPO_ROCA: Clasificación de roca de acuerdo su origen

ROCA: Descripción litológica

METODO: Método geocronológico empleado

MINERAL: Tipo de material fechado

EDAD_MA: Edad en millones de años

ERROR: Precisión analítica de la edad

TIPO_EDAD: Interpretación de la edad reportada

HEREDADOS: Edades heredadas en millones de años o

REFERENCIA: Cita bibliográfica consultada

UNIDAD: Formación, unidad litoestratigráfica o provincia geológica a la que pertenece la roca formal o informal

LOC_TIPO: Localidad tipo de la muestra

OBSERVACION: Comentarios

PROYE: Sistema de coordenadas con el que se tomaron las coordenadas publicadas

Y_ORG: Latitud reportada en el texto de referencia

X_ORG: Longitud reportada en el texto de referencia

EDAD_MA_ET: Etiqueta

Abreviaciones

- | | | | |
|---------|----------------------|-------|----------------|
| • Ar-Ar | Argón-Argón | • Grt | Granate |
| • C | Carbono | • Hbl | Hornblenda |
| • FT | Trazas de fisión | • Hyp | Hiperstena |
| • K-Ar | Potasio-Argón | • Mg | Magnesio |
| • Rb-Sr | Rubidio-Estroncio | • Mn | Manganeso |
| • Re-Os | Renio-Osmio | • Ms | Muscovita |
| • Sm-Nd | Samario-Neodimio | • Mo | Molibdeno |
| • U-Pb | Uranio-Plomo | • Olv | Olivino |
| • Anf | Anfibol | • Pl | Plagioclasa |
| • Bn | Bornita | • Py | Pirita |
| • Bt | Biotita | • Qtz | Cuarzo |
| • Ccp | Calcopirita | • Sn | Sanidina |
| • Cpx | Clinopiroxeno | • ND | No determinado |
| • Cu | Cobre | • Fm | Formación |
| • Fks | Feldespatos potásico | | |

Algunas de las abreviaciones de minerales están basadas en Whitney y Evans, 2010.

Referencias

- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L., y Fan, J.-X. (2013; actualizado) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36:199-204.
- Whitney, D.L., y Evans, B.W., 2010, Abreviations for names of rock-forming minerals: American Mineralogist, 95, 185-187.

Referencias Geocronológicas

- Aguillón-Robles, A., Calmus, T., Benoit, M., Bellon, H., Maury, R. C., Cotten, J., Bourgois, J., and Michaud, F., 2001, Late Miocene adakites and Nb-enriched basalts from Vizcaino Peninsula, Mexico: Indicators of East Pacific Rise subduction below southern Baja California?, *Geology*, v. 29, no. 6, p. 531-534.
- Anderson, T. H., and Schmidt, V. A., 1983, The evolution of Middle America and the Gulf of Mexico–Caribbean Sea region during Mesozoic time: *Geological Society of America Bulletin*, v. 94, no. 8, p. 941-966.
- Barra, F., Ruiz, J., Valencia, V. A., Ochoa-Landín, L., Chesley, J. T., and Zurcher, L., 2005, Laramide Porphyry Cu-Mo Mineralization in Northern Mexico: Age Constraints from Re-Os Geochronology in Molybdenite: *Economic Geology*, v. 100, no. 8, p. 1605-1616.
- Bellon, H., Aguillón-Robles, A., Calmus, T., Maury, R. C., Bourgois, J., and Cotten, J., 2006, La Purísima volcanic field, Baja California Sur (Mexico): Miocene to Quaternary volcanism related to subduction and opening of an asthenospheric window: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 152, no. 3–4, p. 253-272.
- Benoit, M., Aguillón-Robles, A., Calmus, T., Maury, R. C., Bellon, H., Cotten, J., Bourgois, J., and Michaud, F., 2002, Geochemical Diversity of Late Miocene Volcanism in Southern Baja California, Mexico: Implication of Mantle and Crustal Sources during the Opening of an Asthenospheric Window: *The Journal of Geology*, v. 110, no. 6, p. 627-648.
- Bonini, J. A., and Baldwin, S. L., 1998, Mesozoic metamorphic and middle to late Tertiary magmatic events on Magdalena and Santa Margarita Islands, Baja California Sur, Mexico: Implications for the tectonic evolution of the Baja California continental borderland: *Geological Society of America Bulletin*, v. 110, no. 8, p. 1094–1104.
- Bot, A., Geoffroy, L., Authemayou, C., Bellon, H., Graindorge, D., and Pik, R., 2016, Miocene detachment faulting predating EPR propagation: Southern Baja California: *Tectonics*, v. 35, no. 5, p. 1153-1176.
- Calmus, T., Aguillón-Robles, A., Maury, R. C., Bellon, H., Benoit, M., Cotten, J., Bourgois, J., and Michaud, F., 2003, Spatial and temporal evolution of basalts and magnesian andesites (“bajaïtes”) from Baja California, Mexico: the role of slab melts: *Lithos*, v. 66, no. 1–2, p. 77-105.
- Calmus, T., Poupeau, G., Bourgois, J., Michaud, F., Mercier de Lépinay, B., Labrin, E., and Azdimousa, A., 1999, Late Mesozoic and Cenozoic thermotectonic history of the Mexican Pacific margin (18 to 25°N): new insight from apatite and zircon fission-track analysis of coastal and offshore plutonic rocks: *Tectonophysics*, v. 306, no. 2, p. 163-182.
- Carrillo-Chávez, A., Huyck, H., Zentilli, M., and Griest, A., 1999, Age constraints on host rocks of Los Uvares gold deposit: Magmatic pulses in southernmost Baja California, Mexico: *Geofísica Internacional*, v. 38, no. 1, p. 27-33.
- Clark, K. F., and Damon, P. E., 1979, Metallization epoch during Late Mesozoic and Cenozoic magmatism, Sinaloa, Mexico Consejo de Recursos Minerales, v. Archivo Técnico 250258, p. 35.
- Clark, K. F., Damon, P. E., Schutter, S. R., and Shafiqullah, M., 1979, Magmatismo en el norte de México en relación a los yacimientos metalíferos: AIMMGM Memoria Técnica XIII, p. 8-57.
- Conly, A. G., Brenan, J. M., Bellon, H., and Scott, S. D., 2005, Arc to rift transitional volcanism in the Santa Rosalía Region, Baja California Sur, Mexico: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 142, no. 3–4, p. 303-341.
- Conly, A. G., Scott, S. D., and Bellon, H., 2011, Metalliferous Manganese Oxide Mineralization Associated with the Boléo Cu-Co-Zn District, Mexico: *Economic Geology*, v. 106, no. 7, p. 1173-1196.

- Conly, A. G., Scott, S. D., Bellon, H., and Beaudoin, G., 2001, The Boleo Cu –Co–Zn deposit, Baja California Sur, Mexico: the role of magmatically derived fluids in the genesis of a synsedimentary deposit. In: Piestrzynski, A. et al. (Eds.), Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century p. 223–226.
- Cuéllar-Cárdenas, M. A., Nieto-Samaniego, Á. F., Levresse, G., Alaniz-Álvarez, S. A., Solari, L., Ortega-Obregón, C., and López-Martínez, M., 2012, Límites temporales de la deformación por acortamiento Laramide en el centro de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 29, no. 1, p. 179–203.
- Damon, P. E., Nieto-Obregon, J., and Delgado-Argote, L. A., 1979, Un plegamiento neogenico en Nayarit y Jalisco, y evolución geomorfica del Río Grande de Santiago: AIMMGM, Memoria Técnica XIII, p. 156–191.
- Damon, P. E., Shafiqullah, M., and Clark, K. F., 1983, Geochronology of the porphyry copper deposits and related mineralization of Mexico: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 20, no. 6, p. 1052–1071.
- De Cserna, Z., Schmitter, E., Damon, P. E., Livingston, D. E., and Kulp, J. L., 1962, Edades isotopicas de rocas metamorficas del centro y sur de Guerrero y de una monzonita cuarcífera del norte de Sinaloa, v. 54, p. 71–84.
- Drake, W. R., 2005, Structural analysis, stratigraphy, and geochronology of the San José island accommodation zone, Baja California Sur [M.Sc. thesis: Northern Arizona University, 271 p.
- Duque-Trujillo, J., Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., López-Martínez, M., Lonsdale, P., Bryan, S. E., Kluesner, J., Piñero-Lajas, D., and Solari, L., 2015, Timing of rifting in the southern Gulf of California and its conjugate margins: Insights from the plutonic record: Geological Society of America Bulletin, v. 127, no. 5–6, p. 702–736.
- Durán-Calderón, J. I., 2016, Estratigrafía regional y significado tectónico del Grupo Comondú en Baja California Sur, México [M.Sc thesis: Centro de Geociencias, UNAM, 193 p.
- Ferrari, L., Conticelli, S., Vaggelli, G., Petrone, C. M., and Manetti, P., 2000b, Late Miocene volcanism and intra-arc tectonics during the early development of the Trans-Mexican Volcanic Belt: Tectonophysics, v. 318, no. 1, p. 161–185.
- Ferrari, L., López-Martínez, M., Aguirre-Díaz, G., and Carrasco-Núñez, G., 1999, Space-time patterns of Cenozoic arc volcanism in central Mexico: From the Sierra Madre Occidental to the Mexican Volcanic Belt, v. 27, p. 303–306.
- Ferrari, L., López-Martínez, M., Orozco-Esquivel, T., Bryan, S. E., Duque-Trujillo, J., Lonsdale, P., and Solari, L., 2013, Late Oligocene to Middle Miocene rifting and synextensional magmatism in the southwestern Sierra Madre Occidental, Mexico: The beginning of the Gulf of California rift: Geosphere, v. 9, no. 5, p. 1161–1200.
- Ferrari, L., López-Martínez, M., and Rosas-Elguera, J., 2002, Ignimbrite flare-up and deformation in the southern Sierra Madre Occidental, western Mexico: Implications for the late subduction history of the Farallon plate: Tectonophysics, v. 21, no. 4, p. 1–24.
- Ferrari, L., Nelson, S. A., Rosas-Elguera, J., Aguirre-Díaz, G. J., and Venegas-Salgado, S., 1997, Tectonics and volcanism of the western Mexican Volcanic Belt: in Aguirre-Díaz, G., Aranda-Gómez, J., Carrasco-Núñez, G., and Ferrari, L., Magmatism and tectonics in central and northwestern Mexico—A selection of the 1997 IAVCEI General Assembly excursions, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ferrari, L., Pasquaré, G., Venegas-Salgado, S., and Romero-Rios, F., 2000, Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block: Geological Society of America Special Papers, v. 334, p. 65–83.
- Ferrari, L., Petrone, C. M., Francalanci, L., Tagami, T., Eguchi, M., Conticelli, S., Manetti, P., and Venegas-Salgado, S., 2003, Geology of the San

CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR, SINALOA Y NAYARIT

- Pedro-Ceboruco Graben, western Trans-Mexican Volcanic Belt: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 20, no. 3, p. 165-181.
- Fletcher, J. M., Grove, M., Kimbrough, D., Lovera, O., and Gehrels, G. E., 2007, Ridge-trench interactions and the Neogene tectonic evolution of the Magdalena shelf and southern Gulf of California: Insights from detrital zircon U-Pb ages from the Magdalena fan and adjacent areas: *Geological Society of America Bulletin*, v. 119, no. 11-12, p. 1313-1336.
- Frey, H. M., Lange, R. A., Hall, C. M., and Delgado-Granados, H., 2004, Magma eruption rates constrained by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronology and GIS for the Ceboruco-San Pedro volcanic field, western Mexico: *GSA Bulletin*, v. 116, no. 3-4, p. 259-276.
- Frey, H. M., Lange, R. A., Hall, C. M., Delgado-Granados, H., and Carmichael, I. S. E., 2007, A Pliocene ignimbrite flare-up along the Tepic-Zacoalco rift: Evidence for the initial stages of rifting between the Jalisco block (Mexico) and North America: *GSA Bulletin*, v. 119, no. 1-2, p. 49-64.
- Frey, H. M., Lange, R. A., Hall, C. M., Nelson, S. A., Delgado-Granados, H., Mastin, L., and Wineberg, D., 2014, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of Volcán Tepetitlic, western Mexico: Implications for the origin of zoned rhyodacite-rhyolite liquid erupted explosively from an andesite stratovolcano after a prolonged hiatus: *GSA Bulletin*, v. 126, no. 1-2, p. 16-30.
- Fries, C., Jr., and Rincon-Orta, C., 1965, Nuevas aportaciones geocronológicas y técnicas empleadas en el laboratorio de geocronometría: *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Boletín*, v. 73, no. 57-134.
- Frizzell, V. A., Fox, L. K., Mooser, F. C., and Ort, K. M., 1984, Late Cretaceous granitoids, Cabo San Lucas block, Baja California Sur, Mexico: *EOS*, v. 65, no. 45, p. 1151.
- Gastil, G., Krummenacher, D., and Minch, J., 1979, The record of Cenozoic volcanism around the Gulf of California: *Geological Society of America Bulletin*, v. 90, no. 9, p. 839-857.
- Gastil, G., Rector, R., Hazelton, G., Al-Riyami, R., Hanes, J., Farrar, E., Böhnel, H., Ortega-Rivera, A., and Guzman, J. G., 1999, Late Cretaceous pillow basalt, siliceous tuff and calc-turbidite near Porohui, northern Sinaloa, Mexico, in Bartolini, C., Wilson, J. L., and Lawton, T. F., eds., *Mesozoic sedimentary and tectonic history of north-central Mexico*, *Geological Society of America*.
- Gastil, R. G., Krummenacher, D., Doupont, J., Bushee, J., Jensky, W., and Barthelmy, D., 1976, La zona batolítica del sur de California y el occidente de México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 37, no. 2, p. 84-90.
- Hausback, B., 1984, Cenozoic volcanic and tectonics evolution of Baja California Sur, Mexico: in Frizzell, V., ed., *Geology of Baja California peninsula: Pacific Section: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, v. 199, p. 219-236.
- Henry, C. D., and Aranda-Gómez, J. J., 2000, Plate interactions control middle-late Miocene, proto-Gulf and Basin and Range extension in the southern Basin and Range: *Tectonophysics*, v. 318, no. 1, p. 1-26.
- Henry, C. D., and Fredrikson, G., 1987, Geology of part of southern Sinaloa, Mexico, adjacent to the Gulf of California: *Geological Society of America Map and Chart Series*, v. MCH063, p. 14.
- Henry, C. D., McDowell, F. W., and Silver, L. T., 2003, Geology and geochronology of granitic batholithic complex, Sinaloa, México: Implications for Cordilleran magmatism and tectonics: *Geological Society Of America Special Papers*, v. 374, p. 237-273.
- Holt, J. W., Holt, E. W., and Stock, J. M., 2000, An age constraint on Gulf of California rifting from the Santa Rosalía basin, Baja California Sur, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 112, no. 4, p. 540-549.

CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR, SINALOA Y NAYARIT

- Hosack, A. M., 2006, Structure of the Agua Verde Accommodation Zone, Baja California Sur, Mexico [M.Sc. thesis: Northern Arizona University, 167 p.
- Iriondo, A., Kunk, M. J., Winick, J. A., and CRM, C. d. R. M., 2003, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating studies of minerals and rocks in various areas in Mexico: USGS/CRM Scientific Collaboration (Part I): U.S. Geological Survey Open File Report, OF-03-020, p. 79.
- Iriondo, A., Kunk, M. J., Winick, J. A., and Minerales, C. d. R., 2004, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating studies of minerals and rocks in various areas in Mexico: USGS/CRM scientific collaboration (Part II): U.S. Geological Survey Open-File Report 04-1444, p. 46.
- Keppie, J. D., Dostal, J., Miller, B. V., Ortega-Rivera, A., Roldán-Quintana, J., and Lee, J. W. K., 2006, Geochronology and Geochemistry of the Francisco Gneiss: Triassic Continental Rift Tholeiites on the Mexican Margin of Pangea Metamorphosed and Exhumed in a Tertiary Core Complex: International Geology Review, v. 48, no. 1, p. 1-16.
- Kimbrough, D. L., Grove, M., and Morton, D. M., 2015, Timing and significance of gabbro emplacement within two distinct plutonic domains of the Peninsular Ranges batholith, southern and Baja California: Geological Society of America Bulletin, v. 127, no. 1-2, p. 19-37.
- Kimbrough, D. L., and Moore, T. E., 2003, Ophiolite and volcanic arc assemblages on the Vizcaino Peninsula and Cedros Island, Baja California Sur, México: Mesozoic forearc lithosphere of the Cordilleran magmatic arc: Geological Society of America Special Papers, v. 374, p. 43-71.
- Mahar, M. A., Goodell, P. C., and Feinstein, M. N., 2016, Tectono-magmatic evolution of the Chihuahua-Sinaloa border region in northern Mexico: Insights from zircon-apatite U-Pb geochronology, zircon Hf isotope composition and geochemistry of granodiorite intrusions: Lithos, v. 264, p. 555-576.
- McDowell, F. W., and Keizer, R. P., 1977, Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlán, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 88, p. 1479-1487.
- McFall, C. C., 1968, Reconnaissance geology of the Concepcion bay area, Baja California, Mexico: Stanford University Publication, Geological Sciences, v. 10, no. 5, p. 25.
- McLean, H., 1988, Reconnaissance geologic map of the Loreto and part of the San Javier quadrangles, Baja California Sur, Mexico: U. S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-2000, scale 1:50,000.
- McLean, H., Hausback, B. P., and Knapp, J. H., 1987, The geology of west-central Baja California Sur, Mexico. U. S. Geological Survey, vol.1579, 16 pp.
- Murillo-Muñeton, G., 1991, Análisis petrológico y edades K-Ar de las rocas metamórficas e ígneas pre-Cenozoicas de la región de La Paz-Los Cabos, Baja California Sur: First International Meeting on the Geology of the Baja California Peninsular, La Paz, Baja California Sur. Abstracts with Programs, p. 55.
- Pallares, C., Bellon, H., Benoit, M., Maury, R. C., Aguillón-Robles, A., Calmus, T., and Cotten, J., 2008, Temporal geochemical evolution of Neogene volcanism in northern Baja California (27° - 30° N): Insights on the origin of post-subduction magnesian andesites: Lithos, v. 105, no. 1-2, p. 162-180.
- Pallares, C., Maury, R. C., Bellon, H., Royer, J.-Y., Calmus, T., Aguillón-Robles, A., Cotten, J., Benoit, M., Michaud, F., and Bourgois, J., 2007, Slab-tearing following ridge-trench collision: Evidence from Miocene volcanism in Baja California, México: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 161, no. 1-2, p. 95-117.
- Peralta-Miranda, A., and García-Pérez, L., 2013, Geología y geocronología de la Isla San Juanito, archipiélago de las Islas Marías, Nayarit, México [Tesis de licenciatura: Facultad de Ingeniería,

CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR, SINALOA Y NAYARIT

Universidad Nacional Autónoma de México, 86 p.

geocronológicos (U-Pb, Rb-Sr), geoquímicos e isotópicos (Rb, Sr, Sm, Nd): Servicio Geológico Mexicano, Informe Interno, p. 30.

Pérez-Venzor, J. A., 2013, Estudio geológico-geoquímico del borde oriental del Bloque de Los Cabos Baja California Sur, México [Ph.D. thesis: Instituto de Geología, UNAM, 297 p.

Rodriguez-Castaneda, J. L., and Rodriguez-Torres, R., 1992, Geología estructural y estratigrafía del área entre Guadalajara y Tepic, estados de Jalisco y Nayarit, México: Revista Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, v. 10, p. 99–110.

Petrone, C. M., Tagami, T., Francalanci, L., Matsumura, A., and Sudo, M., 2001, Volcanic systems in the San Pedro-Ceboruco graben (Nayarit, Mexico) in the light of new K-Ar geochronological data: Geochemical Journal, v. 35, no. 2, p. 77–88.

Salas, G. P., 1975, Carta y Provincias Metalogenéticas de la República Mexicana Consejo de Recursos Minerales, 242 p.

Plata-Hernández, E., 2002, Cartografía y estratigrafía del área de Timbáchichí, Baja California Sur, México [Tesis de licenciatura: Universidad Autónoma de Baja California Sur, 113 p.

Sarmiento-Villagrana, A., Vega-Granillo, R., Talavera-Mendoza, O., and Roberto, V.-S. J., 2016, New age constraints on magmatism and metamorphism of the Western Sonoran Complex and their implications for an earliest Late Cretaceous orogeny on northwestern Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 33, no. 2, p. 170–182.

Pompa-Mera, V., Schaaf, P., Hernández-Treviño, T., Weber, B., Solís-Pichardo, G., Villanueva-Lascurain, D., and Layer, P., 2013, Geology, geochronology, and geochemistry of Isla María Madre, Nayarit, Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 30, no. 1, p. 1–23.

Schaaf, P., Böhnell, H., and Pérez-Venzor, J. A., 2000, Pre-Miocene palaeogeography of the Los Cabos Block, Baja California Sur: geochronological and palaeomagnetic constraints: Tectonophysics, v. 318, no. 1–4, p. 53–69.

Puy-Alquiza, M. J., Miranda-Avilés, R., and López-Martínez, M., 2010, Revisión estratigráfica de Punta Coyote (Baja California Sur, México) e implicaciones para el volcanismo de la Sierra Madre Occidental y el arco Comondú: Estudios Geológicos, v. 66, no. 2, p. 16.

Sieron, K., and Siebe, C., 2008, Revised stratigraphy and eruption rates of Ceboruco stratovolcano and surrounding monogenetic vents (Nayarit, Mexico) from historical documents and new radiocarbon dates: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 176, no. 2, p. 241–264.

Richter, K., and Carmichael, I. S. E., 1992, Hawaiites and related lavas in the Atenguillo graben, western Mexican Volcanic Belt: Geological Society of America Bulletin, v. 104, no. 12, p. 1592–1607.

Solé, J., Salinas, J. C., González-Torres, E. A., and Cendejas Cruz, J. E., 2007, Edades K/Ar de 54 rocas ígneas y metamórficas del occidente, centro y sur de México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 24, no. 1, p. 104–119.

Richter, K., Carmichael, I. S. E., Becker, T. A., and Renne, P. R., 1995, Pliocene-Quaternary volcanism and faulting at the intersection of the Gulf of California and the Mexican Volcanic Belt: Geological Society of America Bulletin, v. 107, no. 6, p. 612–626.

Soto, M. A., and Ortega, J. G., 1982, Geología del Río Santiago en los estados de Jalisco y Nayarit, México: Memoria XII Convención Sociedad Geológica Mexicana, p. 20.

Rochin-García, H., Flores-Huerta, D., Arroyo-Pérez, D., and Amezcua, N., 2016, Nuevos datos

Umhoefer, P. J., Dorsey, R. J., Willsey, S., Mayer, L., and Renne, P., 2001, Stratigraphy and

geochronology of the Comondú Group near Loreto, Baja California sur, Mexico: *Sedimentary Geology*, v. 144, no. 1–2, p. 125-147.

Vega-Granillo, R., Salgado-Souto, S., Herrera-Urbina, S., Valencia, V., Ruiz, J., Meza-Figueroa, D., and Talavera-Mendoza, O., 2008, U–Pb detrital zircon data of the Rio Fuerte Formation (NW Mexico): Its peri-Gondwanan provenance and exotic nature in relation to southwestern North America: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 26, no. 4, p. 343-354.

Vega-Granillo, R., Salgado-Souto, S., Herrera-Urbina, S., Valencia, V., and Vidal-Solano, J. R., 2011, Metamorphism and deformation in the El Fuerte region: their role in the tectonic evolution of NW Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 28, no. 1, p. 10-23.

Vega-Granillo, R., Sarmiento-Villagrana, A., Salgado-Souto, S., and Araux-Sánchez, E., 2016, P-T conditions of earliest Late Cretaceous metamorphism in the Western Sonobari Complex, northwestern Mexico: tectonic implications: *International Geology Review*, v. 59, no. 7, p. 812-828.

Vega-Granillo, R., Vidal-Solano, J. R., and Herrera-Urbina, S., 2012, Island arc tholeiites of Early Silurian, Late Jurassic and Late Cretaceous ages in the El Fuerte region, northwestern Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 29, no. 2, p. 492-513.

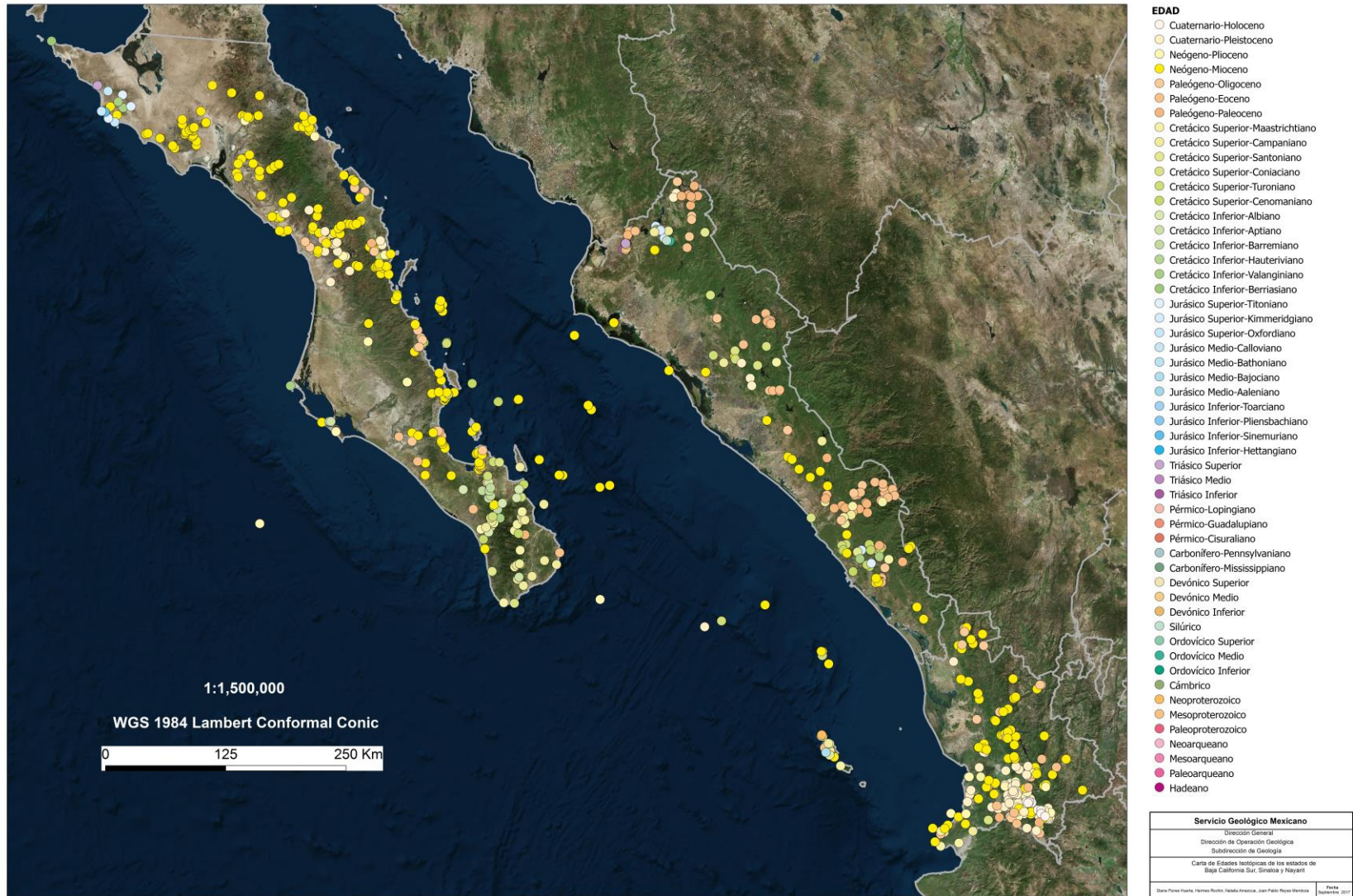
Vega-Granillo, R., Vidal-Solano, J. R., Solari, L., López-Martínez, M., Gómez-Juárez, O. S., and Herrera-Urbina, S., 2013, Geochemical and geochronological constraints on the geologic evolution of the western Sonobari Complex, northwestern México, v. 11, p. 443-463.

Zimmermann, J. L., Stussi, J. M., González-Partida, E., and Arnold, M., 1988, K-Ar evidence for age and compositional zoning in the Puerto Vallarta-Rio Santiago Batholith (Jalisco, Mexico): *Journal of South American Earth Science*, v. 1, no. 3, p. 267-274.

CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR, SINALOA Y NAYARIT

ANEXO 1

CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR, SINALOA Y NAYARIT



**DIRECCIÓN DE OPERACIÓN GEOLÓGICA
SUBDIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
ESTUDIOS ESPECIALES E INVESTIGACIÓN
OFICINA CENTRAL PACHUCA**



CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

MARZO 2016

**Servicio Geológico Mexicano
Dirección de Operación Geológica
Subdirección de Geología
Estudios Especiales e Investigación**

**Diana Flores Huerta
Natalia Amezcua Torres
Juan Pablo Reyes Mendoza**

*Esta información es para uso exclusivo del SGM. El uso e impresión fuera de mySIG se considera COPIA NO CONTROLADA y es responsabilidad de la o el usuario cerciorarse que utiliza la versión vigente.
A partir de la fecha de vigencia quedan sin validez las versiones anteriores, lineamientos, circulares y cualquier otro comunicado, formal o informal, que se haya emitido al respecto.*

www.sgm.gob.mx

Introducción

Esta carta es una compilación de edades geológicas del Estado de Chihuahua. Más de 400 edades fueron recopiladas de publicaciones arbitradas e inéditas, y están contenidas en una base de datos. Los datos geocronológicos en esta base de datos comprenden varios métodos como Ar-Ar, K-Ar, U-Pb y Rb-Sr.

La distribución de las edades se puede ver en el Anexo 1, donde a cada punto se le asignó un código de color de acuerdo a su edad. Se puede observar que los sitios de colecta de muestras se localizan principalmente en una franja E-W, que va de Moris hasta la ciudad de Chihuahua. Predominan dataciones en rocas volcánicas y plutónicas de la provincia de la Sierra Madre Occidental, con edades entre Eoceno-Oligoceno.

La Carta Geocronológica de Chihuahua se encuentra accesible en la plataforma GeoInfoMex del SGM. Los datos en formato digital están contenidos y representados en un archivo *shape*, con la proyección conforme cónica de Lambert, en el datum *World Geodetic System 84 (WGS84)*.

Debido a que algunas de las publicaciones no proporcionan las coordenadas del sitio de colecta o el sistema de coordenadas en el que fueron tomadas, fue necesario georeferir los mapas de los textos consultados para hacer una estimación de coordenadas. En el campo de observaciones se indican las muestras con coordenadas estimadas.

Campos de la base de datos

DESCRIPCION: División o subdivisión de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (TCI) 2015 que emite la Comisión Internacional de Estratigrafía <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>.

RANGO: Intervalo de edad en millones de años de la división o subdivisión de la TCI

MUESTRA: Clave de identificación de la muestra

ESTADO: Entidad federativa

X_WGS84: Longitud en grados, minutos y segundos en el sistema de coordenadas WGS84

Y_WGS84: Latitud en grados, minutos y segundos en el sistema de coordenadas WGS84

CARTA_250: Nombre y clave de carta geológico-minera, escala 1:250,000

CARTA_50: Nombre y clave de carta geológico-minera, escala 1:50,000

ROCA: Descripción litológica.

METODO: Método geocronológico

MINERAL: Tipo de material datado

EDAD_MA: Edad en millones de años

ERROR: Precisión analítica de la edad

TIPO_EDAD: Interpretación de la edad reportada

HEREDADOS_MA: Edades heredadas en millones de años

UNIDAD: Formación, unidad litoestratigráfica o provincia geológica a la que pertenece la roca

LOC_TIPO: Localidad tipo de la muestra

REFERENCIA: Cita bibliográfica consultada

OBSERVACION: Comentarios

Abreviaciones

K-Ar	Potasio-Argón
Rb-Sr	Rubidio-Estroncio
U-Pb	Uranio-Plomo
Pb alfa	Plomo alfa
Ar-Ar	Argón-Argón

NR	No reportado
Fm	Formación
IOCG	Óxidos de hierro-cobre-oro
Zn	Zinc
Pb	Plomo
Cu	Cobre
Ag	Plata
Fe	Hierro
Au	Oro
Co	Cobalto
Mo	Molibdeno
Mn	Manganeso
W	Wolframio
U	Uranio
REE	Elementos de Tierras Raras
Cd	Cadmio
Ge	Germanio
V	Vanadio

Bibliografía

- Alba, L. A., y Chavez, R., 1974, K-Ar ages of volcanic rocks from the central Sierra Peña Blanca, Chihuahua, Mexico: *Isochron West*, v. 10, p. 21-23.
- Aranda-Gómez, J. J., Luhr, J. F., Housh, T. B., Connor, C. B., Becker, T., y Henry, C. D., 2003, Synextensional Pliocene–Pleistocene eruptive activity in the Camargo volcanic field, Chihuahua, México: *Geological Society of America Bulletin*, v. 115, no. 3, p. 298-313.
- Bagby, W., 1979, *Geology, geochemistry, and geochronology of the Batopilas region, Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico* [Ph.D.]: University of California, Santa Cruz, 271 p.
- Baker, T., y Lang, J., 2003, Reconciling fluid inclusion types, fluid processes, and fluid sources in skarns: an example from the Bismark Deposit, Mexico: *Mineralium Deposita*, v. 38, no. 4, p. 474-495.
- Blount, J. G., 1993, *The geochemistry, petrogenesis, and geochronology of the Precambrian meta-igneous rocks of Sierra Del Cuervo and Cerro El Carrizalillo, Chihuahua, Mexico* [Ph.D.]: Austin, University of Texas at Austin, 242 p.
- Bockoven, N. T., (1980), *Reconnaissance geology of Yecora-Ocampo area, Sonora and Chihuahua, México* [Ph.D.]: Austin, University of Texas at Austin, 197 p.
- Bryan, S. E., Ferrari, L., Reiners, P. W., Allen, C. M., Petrone, C. M., Ramos-Rosique, A., y Campbell, I. H., 2008, New Insights into Crustal Contributions to Large-volume Rhyolite Generation in the Mid-Tertiary Sierra Madre Occidental Province, Mexico, Revealed by U–Pb Geochronology: *Journal of Petrology*, v. 49, no. 1, p. 47-77.
- Cameron, K. L., Cameron, M., Bagby, W. C., Moll, E. J., y Drake, R. E., 1980, Petrologic characteristics of mid-Tertiary volcanic suites, Chihuahua, Mexico: *Geology*, v. 8, no. 2, p. 87-91.
- Campbell, A. R., 1977, *Volcanic rocks of the La Perla area, Chihuahua, Mexico* [Master thesis]: University of Texas at Austin, 110 p.
- Clark, K. F., Damon, P. E., Schutter, S. R., y Shafiqullah, M., 1979, Magmatismo en el norte de México en relación a los yacimientos metalíferos: AIMMGM Memoria Técnica XIII, p. 8-57.
- Damon, P. E., Shafiqullah, M., y Clark, K. F., 1981, Evolución de los arcos magmáticos en México y su relación con la metalogénesis: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 5, p. 223–238.
- Damon, P. E., Shafiqullah, M., y Clark, K. F., 1983, Geochronology of the porphyry copper deposits and related mineralization of Mexico: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 20, no. 6, p. 1052-1071.
- de Cserna, Z., Rincón-Orta, C., Solorio-Munguía, J., y Schmitter-Villada, E., 1968, Una edad radiométrica pérmica temprana de la región de Placer de Guadalupe, noreste de Chihuahua: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 31, no. 1, p. 65-73.
- Denison, R. E., Burke, W. H. J., Hetherington, E. A., y Otto, J. B., 1971, Basement rock framework of parts of Texas, southern New Mexico and northern Mexico: in *The geologic framework of the Chihuahua Tectonic Belt: Midland, West Texas* Geol. Society, p. 3-14.
- Fayek, M., Ren, M., Goodell, P. C., Dobson, P., Saucedo, A., Kelts, A., Utsunomiya, S., Ewing, R. C., Riciputi, L. R., y Reyes, I., Paragenesis and geochronology of the Nopal I uranium deposit, Mexico, in *Proceedings International high level radioactive*

- waste management conference, Las Vegas, Nevada, American Nuclear Society, 2006, p. 55-62.
- Fries, C., Jr., 1962, Lista de fechas geoquímicas reportadas para minerales y rocas mexicanas, con un comentario sobre su significado geológico y geotectónico: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Boletín, v. 65, p. 85-109.
- Gardner, J. M., 1995, Epithermal mineralization in the Sierra Madre Occidental, and the metallogeny of northwestern Mexico [Ph.D.]: University of Arizona, 248 p.
- Grant, G. J., y Ruiz, J., 1988, The Pb-Zn-Cu-Ag deposits of the Granadina Mine, San Francisco del Oro-Santa Barbara District, Chihuahua: Economic Geology, v. 83, no. 8, p. 1683-1702.
- Haenggi, W. T., 2001, Tectonic history of the Chihuahua trough, Mexico and adjacent USA, Part I: the pre-Mesozoic setting: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 54, no. 1, p. 28-66.
- Hernández-Noriega, L., Hernández, M., Pérez-Vargas, M. A., Ramírez-Tello, E., Rivera-Ruiz, T., Jiménez-Carrillo, G., y Zubiate-Ruiz, J., 1999, Cartografía geológica-minera y geoquímica carta Ciudad Camargo G13-2, escala 1:250,000, Estado de Chihuahua (informe técnico), Consejo de Recursos Minerales, 96 p.
- Herrera-Galván, J. D., 2001, Carta geológico-minera Ojinaga cave H13-8, escala 1:250,000, Estado de Chihuahua (informe técnico): Consejo de Recursos Minerales, 91 p.
- Iriondo, A., Kunk, M. J., Winick, J. A., y Consejo de Recursos Minerales, 2003, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating studies of minerals and rocks in various areas in Mexico: USGS/CRM Scientific Collaboration (Part I): United States Geological Survey, Open File Report 03-020, p. 79.
- Iriondo, A., Kunk, M. J., Winick, J. A., y Consejo de Recursos Minerales, 2004, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating studies of minerals and rocks in various areas in Mexico: USGS/CRM scientific collaboration (Part II): United States Geological Survey, Open File Report 04-1444, p. 46.
- Keller, P. C., Bockoven, N. T., y McDowell, F. W., 1982, Tertiary volcanic history of the Sierra del Gallego area, Chihuahua, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 93, no. 4, p. 303-314.
- Limón-González, M., 1986, Evaluación geológico-geoquímica de la provincia de Chihuahua: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 38, no. 2, p. 3-58.
- Mauger, R. L., McDowell, F. W., y Blount, J. G., 1983, Grenville-age Precambrian rocks of Los Filtros area, near Aldama, Chihuahua, Mexico, en Clark, K. F., y Goodell, P. C., eds., Geology and mineral resources of north-central Chihuahua: El Paso Geological Society, Guidebook, p. 165-168.
- McDowell, F. W., 2007, Geologic transect across the Northern Sierra Madre Occidental volcanic field, Chihuahua and Sonora, México: Geological Society of America Digital Map and Chart Series 6, p. 70.
- McDowell, F. W., y Mauger, R. L., 1994, K-Ar and U-Pb zircon chronology of Late Cretaceous and Tertiary magmatism in central Chihuahua State, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 106, no. 1, p. 118-132.
- McDowell, F. W., y McIntosh, W. C., 2012, Timing of intense magmatic episodes in the northern and central Sierra Madre Occidental, western Mexico: Geosphere, v. 8, no. 6, p. 1505-1526.

- Megaw, P. K. M., y McDowell, F. W., 1983, Geology and geochronology of volcanic rocks of the Sierra Pastorias area, Chihuahua, Mexico, en Clark, K.F., y Goodell, P.C., eds., Geology and mineral resources of north-central Chihuahua: El Paso Geological Society Field Conference, Guidebook, p. 195-204.
- Murillo, M. G., y Torres, R., 1987, Mapa petrogenético y radiométrico de la República Mexicana: Instituto Mexicano del Petróleo, Exploración Proyecto C-2010 (inédito).
- Murray, B. P., Busby, C. J., Ferrari, L., y Solari, L. A., 2013, Synvolcanic crustal extension during the mid-Cenozoic ignimbrite flare-up in the northern Sierra Madre Occidental, Mexico: Evidence from the Guazapares Mining District region, western Chihuahua: *Geosphere*, v. 9, no. 5, p. 1201-1235.
- Murray, B. P., Busby, C. J., y Verde-Ramírez, M. A., 2014, Extension and magmatism in the Cerocahui basin, northern Sierra Madre Occidental, western Chihuahua, Mexico: *International Geology Review*, p. 1-26.
- Oviedo-Padrón, E. G., Aranda-Gómez, J. J., Chávez-Cabello, G., Molina-Garza, R. S., Iriondo, A., González-Becerra, P. C., Cervantes-Corona, J. A., y Solorio-Munguía, J., 2010, Tectónica de la sierra Cuesta El Infierno y su posible relación con fallas reactivadas cerca del levantamiento de Plomosas, Chihuahua, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 27, no. 3, p. 389-411.
- Prian, J.-P., Herrera-Galván, J. D., de los Santos-Montaño, J., Sánchez-Garrido, E., Arrollo-Ortíz, E., y Tarín, G., 1999, Cartografía geológica-minera y geoquímica carta Hidalgo del Parral G13-5, escala 1:250,000, Estado de Chihuahua (informe técnico), Consejo de Recursos Minerales, 124 p.
- Rankama, K., (1954), *Isotope geology*: Pergamo Press, Ltd., Londres, 535 p.
- Ruiz, J., Patchett, P. J., y Ortega-Gutierrez, F., 1988, Proterozoic and Phanerozoic basement terranes of Mexico from Nd isotopic studies: *Geological Society of America Bulletin*, v. 100, no. 2, p. 274-281.
- Shafiqullah, M., Damon, P. E., y Clark, K. F., 1983, K–Ar chronology of Mesozoic–Cenozoic continental magmatic arcs and related mineralization in Chihuahua, en Clark, K.F., Goodell, P.C. (eds.), *Geology and Mineral Resources of North–Central Chihuahua*: El Paso, Texas, El Paso Geological Society, Guidebook, p. 303-315.
- Swanson, E. R., Kempter, K. A., McDowell, F. W., y McIntosh, W. C., 2006, Major ignimbrites and volcanic centers of the Copper Canyon area: A view into the core of Mexico's Sierra Madre Occidental: *Geosphere*, v. 2, no. 3, p. 125-141.
- Swanson, E. R., y McDowell, F. W., 1985, Geology and geochronology of the Tomochic caldera, Chihuahua, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 96, no. 12, p. 1477-1482.
- Torres-Vargas, R., Ruiz, J., Patchett, P. J., y Grajales, J. M., 1999, Permo-Triassic continental arc in eastern Mexico: Tectonic implications for reconstructions of southern North America, in Bartolini, C. Wilson, J.L., Lawton T.F., (eds.), *Mesozoic Sedimentary and Tectonic History of North-Central México*: Boulder: Geological Society of America Special Papers, v. 340, p. 191-196.
- Villarreal-Fuentes, J., Levresse, G., Nieto-Samaniego, A. F., y Corona-Esquivel, R., 2014, New geological and

geochronological data of the Placer de Guadalupe uplift, Mexico: a new piece of the Late Triassic–Jurassic Nazas Arc?: *International Geology Review*, v. 56, no. 16, p. 2000-2014.

Wark, D. A., Kempter, K. A., y McDowell, F. W., 1990, Evolution of waning, subduction-related magmatism, northern Sierra Madre Occidental, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 102, no. 11, p. 1555-1564.

Wells, R. C., 1930, Uraninite from Placer de Guadalupe, Chihuahua: *American Mineralogist*, v. 151, p. 470-473.

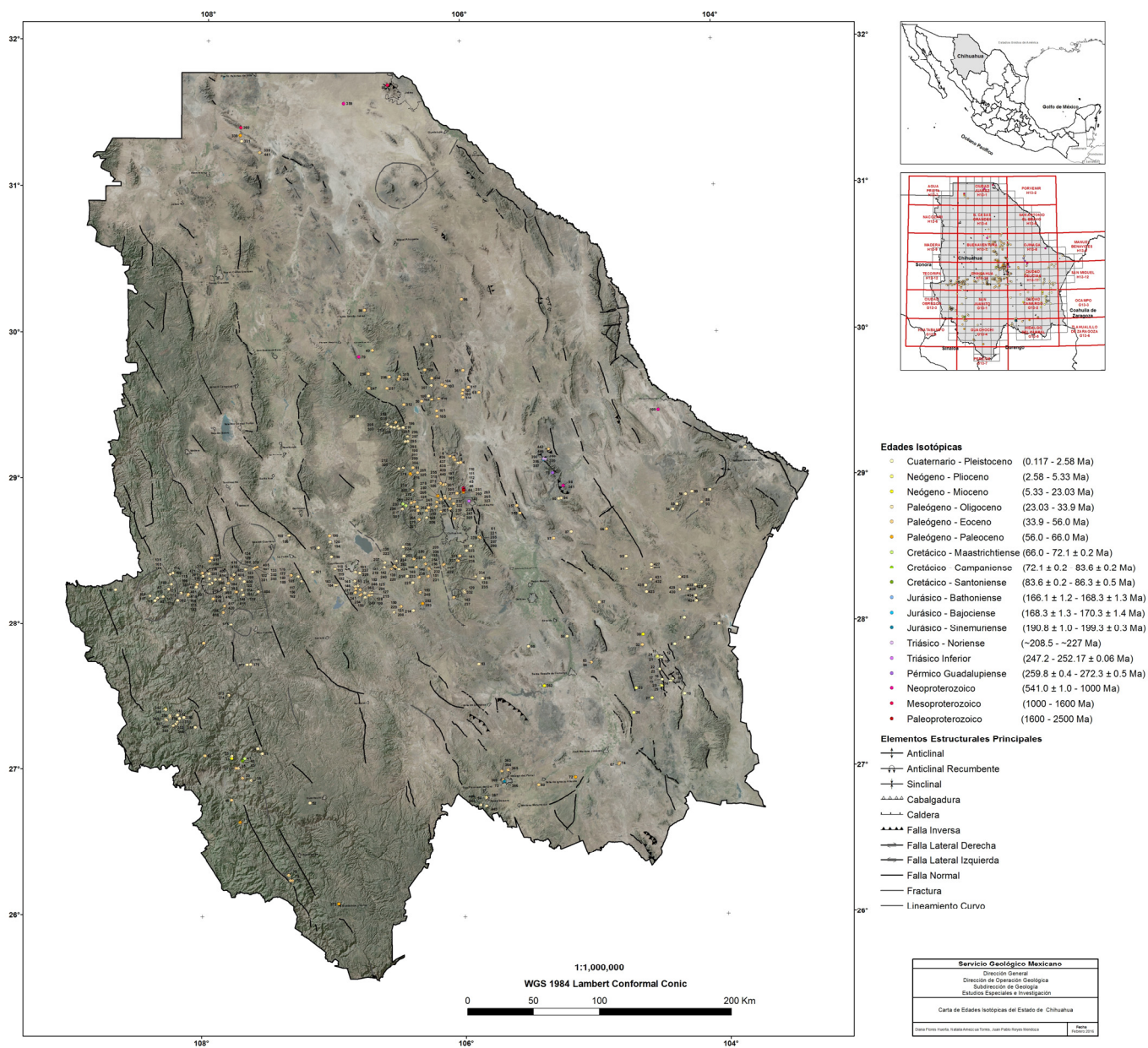
Carta Geocronológica del Estado de Chihuahua

Anexos

A1 Carta Geocronológica del Estado de Chihuahua



Carta Geocronológica del Estado de Chihuahua



**DIRECCIÓN DE OPERACIÓN GEOLÓGICA
SUBDIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
ESTUDIOS ESPECIALES E INVESTIGACIÓN
OFICINA CENTRAL PACHUCA**



CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE HIDALGO, NUEVO LEÓN, SAN LUIS POTOSÍ Y TAMAULIPAS

ENERO 2018

**Servicio Geológico Mexicano
Dirección de Operación Geológica
Subdirección de Geología
Estudios Especiales e Investigación**

**Luz Esmeralda Martínez Sánchez
Hermes Rochin García
Natalia Amezcua Torres
Juan Pablo Reyes Mendoza
Diana Flores Huerta**

**Prestador de Servicio Social:
José Manuel Hernández Barrera**

Esta información es para uso exclusivo del SGM. El uso e impresión fuera de mySIG se considera **COPIA NO CONTROLADA** y es responsabilidad de la o el usuario cerciorarse que utiliza la versión vigente.
A partir de la fecha de vigencia quedan sin validez las versiones anteriores, lineamientos, circulares y cualquier otro comunicado, formal o informal, que se haya emitido al respecto.

www.sgm.gob.mx

Contenido

Introducción.....	3
Campos de la base de datos	5
Abreviaciones*	6
Referencias	7
Referencias Geocronológicas.....	7
Anexo 1	11

Introducción

Esta carta es una compilación de edades geocronológicas de los estados de Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas. La base de datos cuenta con 298 registros, 62 de Hidalgo, 43 de Nuevo León, 108 de San Luis Potosí y 85 de Tamaulipas. Los datos geocronológicos fueron recopilados de publicaciones arbitradas e inéditas, y comprenden varios métodos como Ar-Ar, C, K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd, Th-Pb y U-Pb.

La distribución de las edades se puede ver en el Anexo 1, donde a cada punto se le asignó un código de color de acuerdo a la edad. La norma de colores se basa en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2016 (Fig.1).

Los datos en formato digital están contenidos y representados en un archivo *shape*, con la proyección conforme cónica de Lambert, en el datum *World Geodetic System 84 (WGS84)*.

Debido a que algunas de las publicaciones no proporcionan las coordenadas del sitio de colecta o el sistema de coordenadas en el que fueron tomadas, fue necesario georeferir los mapas de los textos consultados para hacer una estimación de coordenadas. En el campo de observaciones se indican las muestras en esta situación.

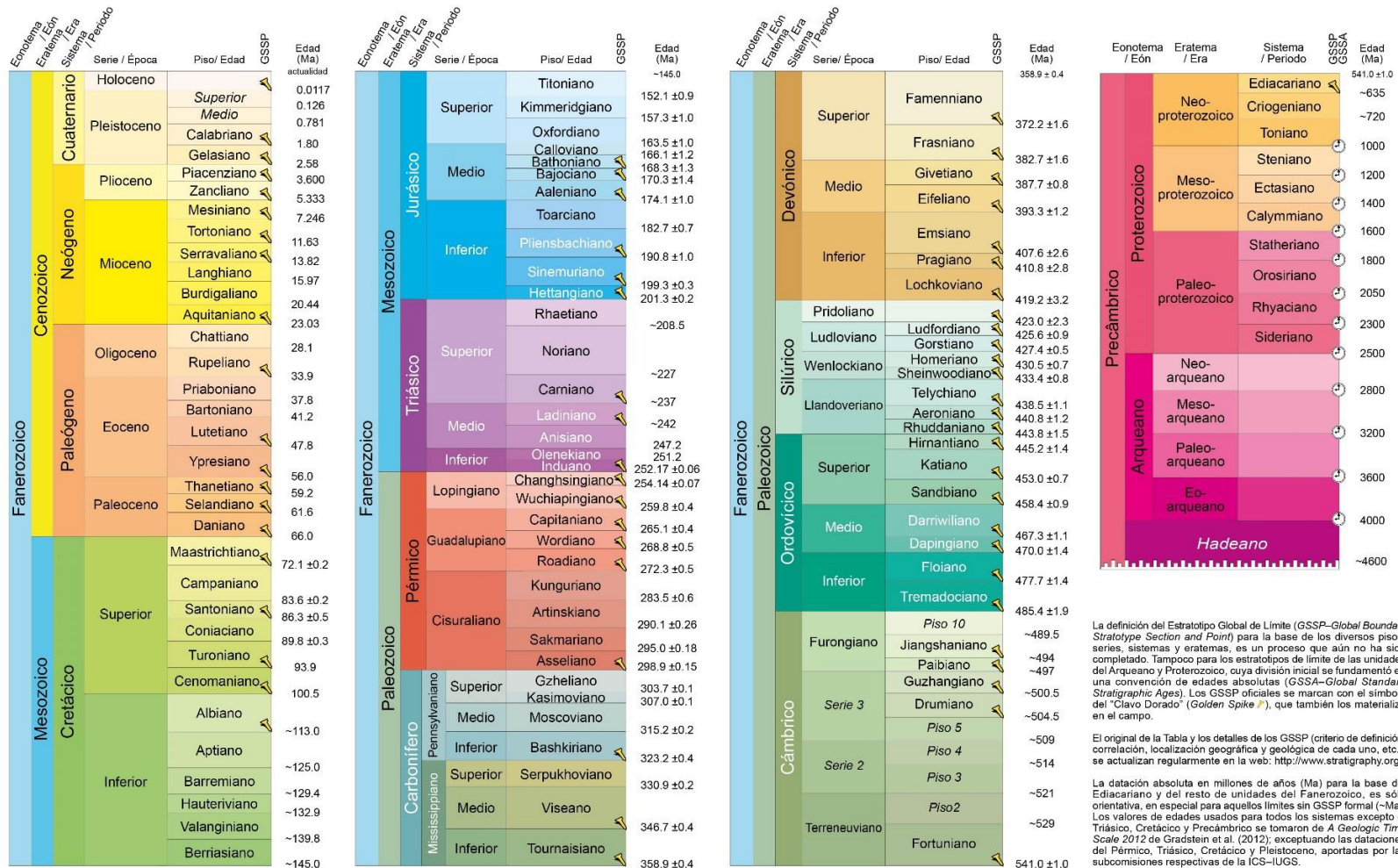


TABLA CRONOESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL

www.stratigraphy.org

Comisión Internacional de Estratigrafía

v 2016/04



La norma de colores se rige por la de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGM-IUGS) - <http://www.cgm.org>



Este borrador final, es una adaptación al español de América y una edición del Servicio Geológico Colombiano (SGC). La coordinación estuvo a cargo de Juan Carlos Gutiérrez-Marco de la Universidad Complutense de Madrid y Jorge Gómez Tapias del SGC, quienes recibieron contribuciones de diversas subcomisiones estratigráficas, servicios geológicos y profesionales radicados en México, Argentina, Chile, Perú, Ecuador y Uruguay. En Venezuela, la terminología cronoestratigráfica sigue las pautas del



Tabla diseñada por K.M. Cohen, S.C. Finney y P.L. Gibbard
Enero de 2013, 2015 © International Commission on Stratigraphy (ICS)
Citar como: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. y Fan, J.-X. (2013, actualizado)
The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204
<http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2016-04-SpanishAmerDraft.pdf>

Figura 1- Tabla Cronoestratigráfica Internacional.

Campos de la base de datos

DES_CLAV: División o subdivisión de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (TCI) 2016 que emite la Comisión Internacional de Estratigrafía <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>.

RANGO_MA: Intervalo de edad en millones de años de la división o subdivisión de la TCI

NÚMERO: Identificador

MUESTRA: Clave de identificación de la muestra

ESTADO: Entidad federativa

LONG: Longitud en grados decimales en el sistema de coordenadas WGS 84

LAT: Latitud en grados decimales en el sistema de coordenadas WGS 84

X_WGS84: Longitud en grados, minutos y segundos en el sistema de coordenadas WGS84

Y_WGS84: Latitud en grados, minutos y segundos en el sistema de coordenadas WGS84

ZONA: Zona de proyección UTM

CARTA_250: Nombre y clave de carta escala 1:250,000

CARTA_50: Nombre y clave de carta escala 1:50,000

TIPO_ROCA: Clasificación de roca de acuerdo su origen

ROCA: Descripción litológica

MÉTODO: Método geocronológico empleado

MINERAL: Tipo de material fechado

EDAD_MA: Edad en millones de años

ERROR: Precisión analítica de la edad

TIPO_EDAD: Interpretación de la edad reportada

HEREDADOS: Edades heredadas en millones de años

REFERENCIA: Cita bibliográfica consultada

UNIDAD: Formación, unidad litoestratigráfica o provincia geológica a la que pertenece la roca formal o informal

LOC_TIPO: Localidad tipo de la muestra

OBSERVACIÓN: Comentarios

PROYE: Sistema de coordenadas con el que se tomaron las coordenadas publicadas

Y_ORG: Latitud reportada en el texto de referencia

X_ORG: Longitud reportada en el texto de referencia

EDAD_MA_ET: Etiqueta

Abreviaciones*

• Ar-Ar	Argón-Argón	• Grt	Granate
• C	Carbono	• Hbl	Hornblenda
• FT	Trazas de fisión	• Hyp	Hiperstena
• K-Ar	Potasio-Argón	• Mg	Magnesio
• Rb-Sr	Rubidio-Estroncio	• Mn	Manganeso
• Re-Os	Renio-Osmio	• Ms	Muscovita
• Sm-Nd	Samario-Neodimio	• Mo	Molibdeno
• U-Pb	Uranio-Plomo	• Olv	Olivino
• Anf	Anfíbol	• Pl	Plagioclasa
• Bn	Bornita	• Py	Pirita
• Bt	Biotita	• Qtz	Cuarzo
• Ccp	Calcopirita	• Sn	Sanidina
• Cpx	Clinopiroxeno	• ND	No determinado
• Cu	Cobre	• Fm	Formación
• Fks	Feldespatos potásicos		

*Algunas de las abreviaciones de minerales están basadas en Whitney y Evans, 2010.

Referencias

- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L., y Fan, J.-X. (2013; actualizado) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36:199-204.
- Whitney, D.L., y Evans, B.W., 2010, Abbreviations for names of rock-forming minerals: American Mineralogist, 95, 185-187.

Referencias Geocronológicas

- Aguillón-Robles, A., Aranda-Gómez, J. J., y Solorio-Munguía, J., 1994, Geología y tectónica de un conjunto de domos riolíticos del Oligoceno medio en el sur del Estado de San Luis Potosí, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 11, no. 1, p. 29-42.
- Aguillón-Robles, A., Tristán-González, M., Aguirre-Díaz, G. J., López-Doncel, R., Bellon, H., y Martínez-Esparza, G., 2014, Eocene to Quaternary mafic-intermediate volcanism in San Luis Potosí, central Mexico: The transition from Farallon plate subduction to intra-plate continental magmatism: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 276, p. 152-172.
- Aguillón-Robles, A., Tristán-González, M., Aguirre-Díaz, G. J., y Bellon, H., 2009, Syn-extensional intra-plate trachydacite-rhyolitic dome volcanism of the Mesa Central, southern Sierra Madre Occidental volcanic province, Mexico: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 187, no. 1, p. 33-52.
- Aguirre-Díaz, G. J., y López-Martínez, M., 2009, Geologic evolution of the Donguinyó-Huichapan caldera complex, central Mexican Volcanic Belt, Mexico: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 179, no. 1-2, p. 133-148.
- Aranda-Gómez, J. J., Carranza-Castañeda, O., Luhr, J. F., y Housh, T., 2002, Origen y edad de los sedimentos continentales en el Valle de Jaumave, Tamaulipas: Union Geofísica Mexicana, Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra, GEOS, v. 22, no. 2, p. 327.
- Barboza-Gudino, J. R., Ramírez-Fernández, J. A., Torres-Sánchez, S. A., y Valencia, V. A., 2011, Geocronología de circones detríticos de diferentes localidades del Esquisto Granjeno en el noreste de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 63, no. 2, p. 201-216.
- Barboza-Gudino, J. R., Hoppe, M., Gómez-Anguiano, M., y Martínez-Macias, P. R., 2004, Aportaciones para la interpretación estratigráfica y estructural de la porción noroccidental de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 21, no. 3, p. 299-319.
- Barboza-Gudiño, J. R., Orozco-Esquivel, M. T., Gómez-Anguiano, M., y Zavala-Monsiváis, A., 2008, The Early Mesozoic volcanic arc of western North America in northeastern Mexico: Journal of South American Earth Sciences, v. 25, no. 1, p. 49-63.
- Bartolini, C., 1998, Stratigraphy, geochronology, geochemistry and tectonic setting of the Mesozoic Nazas formation, Northcentral Mexico: PhD dissertation, University of Texas, El Paso, p. 495.
- Bartolini, C., Lang, H., y Stinnesbeck, W., 1999, Volcanic rock outcrops in Nuevo Leon, Tamaulipas and San Luis Potosí, Mexico: Remnants of Permian-Early Triassic magmatic arc?, in Bartolini, C., et al., eds., Mesozoic Sedimentary and Tectonic History of North-Central Mexico: Geological Society of America Special Papers, v. 340, p. 347-356.
- Bloomfield, K. y Cepeda-Davila, L., 1973, Oligocene alkaline igneous activity in NE Mexico: Geological Magazine, v. 110, no. 6, p. 551-555.
- Caballero, M., Lozano, S., Ortega, B., Urrutia, J., y Macias, J. L., 1999, Environmental characteristics of Lake Tecocomulco, northern basin of Mexico, for the last 50,000 years: Journal of Paleolimnology, v. 22, no. 4, p. 399-411.
- Camacho-Angulo, F., 1987, Estudios geológicos regionales y semidetalle, alrededor del sitio de Barra El Tordo, Tamaulipas: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 48, no. 2, p. 57-67.
- Cameron, K. L., Lopez, R., Ortega-Gutiérrez, F., Solari, L. A., Keppie, J. D., y Schulze, C., 2004, U-Pb geochronology and Pb isotopic compositions of leached feldspars: Constraints on the origin and evolution of Grenville rocks from eastern and southern Mexico, in Tollo, R.P., Corriveau, L., McLelland, J.M., Bartholomew, M.J. (eds.), Proterozoic Tectonic Evolution of the Grenville Orogen in North America: Geological Society of America Memoirs, v. 197, p. 755-769.
- Cantagrel, J. M., y Robin, C., 1979, K-Ar dating on eastern Mexican volcanic rocks — Relations between the andesitic and the alkaline provinces: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 5, no. 1-2, p. 99-114.
- Carpenter, D. L., 1997, Tectonic history of the metamorphic basement rocks of the Sierra del Carmen, Coahuila, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 109, no. 10, p. 1321-1332.
- Chávez-Cabello, G., Aranda-Gómez, J. J., e Iriondo-Perrone, A., 2011, Culminación de la Orogenia Laramide en la Cuenca de Sabinas, Coahuila, México: Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol, v. 56, no. 1-2, p. 80-91.

- De Cserna, Z. y Ortega-Gutiérrez, F., 1978, Reinterpretation of Isotopic age data from the Granjeno Schist, State of Tamaulipas: Contestación, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista 2, p. 212-215.
- De Cserna, Z., J. L. Graf Jr., y Ortega-Gutiérrez, F., 1977, Aloctono del Paleozoico inferior en la región de Ciudad Victoria, Estado de Tamaulipas: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, México, Revista 1, no. 1, p. 33-43.
- Denison, R. E., Kenny, G. S., Burke, W. H., y Hetherington, E. A., 1969, Isotopic Ages of Igneous and Metamorphic Boulders from the Haymond Formation (Pennsylvanian), Marathon Basin, Texas, and their Significance: Geological Society of America Bulletin, v. 80, no. 2, p. 245-256.
- Dowe, D. S., Nance, R. D., Keppie, J. D., Cameron, K. L., Ortega-Rivera, A., Ortega-Gutiérrez, F., y Lee, J. W. K., 2005, Deformational History of the Granjeno Schist, Ciudad Victoria, Mexico: Constraints on the Closure of the Rheic Ocean?: International Geology Review, v. 47, no. 9, p. 920-937.
- Fastovsky, D. E., Hermes, O. D., Strater, N. H., Bowring, S. A., Clark, J. M., Montellano, M., y Hernandez, R., 2005, Pre-Late Jurassic, fossil-bearing volcanic and sedimentary red beds of Huizachal Canyon, Tamaulipas, Mexico: Geological Society of America Special Papers, v. 393, p. 401-426.
- Ferrari, L., López-Martínez, M., Aguirre-Díaz, G., y Carrasco-Núñez, G., 1999, Space-time patterns of Cenozoic arc volcanism in central Mexico: From the Sierra Madre Occidental to the Mexican Volcanic Belt: Geology, v. 27, no. 4, p. 303-306.
- Ferrari, L., Tagami, T., Eguchi, M., Orozco-Esquivel, M. T., Petrone, C. M., Jacobo-Albarrán, J., y López-Martínez, M., 2005, Geology, geochronology and tectonic setting of late Cenozoic volcanism along the southwestern Gulf of Mexico: The Eastern Alkaline Province revisited: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 146, no. 4, p. 284-306.
- Fries Jr, C., Schmitter, E., Damon, P. E., Livingston, D. E., y Erickson, R., 1962, Edad de las rocas metamórficas en los Cañones de la Peregrina y de Caballeros, parte centro-occidental de Tamaulipas: Boletín del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, v. 64, p. 55-69.
- Palomo, A. G., Macías, J. L., Tolson, G., Valdez, G., y Mora, J. C., 2002, Volcanic stratigraphy and geological evolution of the Apan region, east-central sector of the Trans-Mexican Volcanic Belt: Geofísica Internacional, v. 41, no. 2, p. 133-150.
- García-Tovar, G. P., Martínez-Serrano, R. G., Solé, J., Correa-Tello, J. C., Núñez-Castillo, E. Y., Guillou, H., y Monroy-Rodríguez, E., 2015, Geología, geocronología y geoquímica del vulcanismo Plio-Cuaternario del Campo Volcánico Apan-Tecomulco, Faja Volcánica Trans-Mexicana: Revista mexicana de ciencias geológicas, v. 32, no. 1, p. 100-122.
- Garrison, J. M., y McMillan, N. J., 1999, Jurassic continental rift magmatism in northeast Mexico: Alloctonic metaigneous blocks in the El Papalote evaporite diapir, La Popa basin, Nuevo Leon, Mexico. Mesozoic sedimentary and tectonic history of north-central Mexico: Geological Society of America Special Paper, v. 340, p. 319-332.
- Garrison Jr, J. R., 1978, Reinterpretation of isotopic age data from the Granjeno Schist, Ciudad Victoria, Tamaulipas: Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, v. 2, p. 87-89.
- González-Naranjo, G. A., Molina-Garza, R. S., Aranda-Gómez, J., Tristán-González, M., Aguillón-Róbles, A., Iriondo, A., y Bellón, H., 2012, Paleomagnetismo y edad de la Ignimbrita Panalillo Superior, Campo Volcánico de San Luis Potosí, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 64, p. 387-409.
- Handschy, J. W., Keller, G. R., y Smith, K. J., 1987, The Ouachita system in northern Mexico: Tectonics, v. 6, no. 3, p. 323-330.
- Iriondo, A., Kunk, M. J., Winick, J. A., y CRM, C. d. R. M., 2003, 40Ar/39Ar dating studies of minerals and rocks in various areas in Mexico: USGS/CRM Scientific Collaboration (Part I). U.S.: Geological Survey Open File Report, p. 03-020.
- Iriondo, A., Kunk, M. J., Winick, J. A., y Minerales, C. d. R. M., 2004b, 40Ar/39Ar dating studies of minerals and rocks in various areas in Mexico: USGS/CRM scientific collaboration (Part II). U.S.: Geological Survey Open-File Report 04-1444, p. 46.
- Jones, N. W., McKee, J. W., Márquez D. B., Tovar, J., Long, L. E., y Laudon, T. S., 1984, The Mesozoic La Mula Island, Coahuila, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 95, no. 10, p. 1226-1241.
- Keppie, J. D., Dostal, J., Nance, R. D., Miller, B. V., Ortega-Rivera, A., y Lee, J. K. W., 2006, Circa 546 Ma plume-related dykes in the ~1 Ga Novillo Gneiss (east-central Mexico): Evidence for the initial separation of Avalonia: Precambrian Research, v. 147, no. 3-4, p. 342-353.
- Lawton, T. F., 2012, Age of The Caracol Formation, Sierra de Parras, Coahuila, Mexico: Geological Society of America Cordilleran Section 108th Annual Meeting, Abstract with Programs, v. 44, no. 3, p. 76.
- Lawton, T. F., Bradford, I. A., Vega, F. J., Gehrels, G. E., y Amato, J. M., 2009, Provenance of Upper Cretaceous-Paleogene sandstones in the foreland basin system of the Sierra Madre Oriental, northeastern

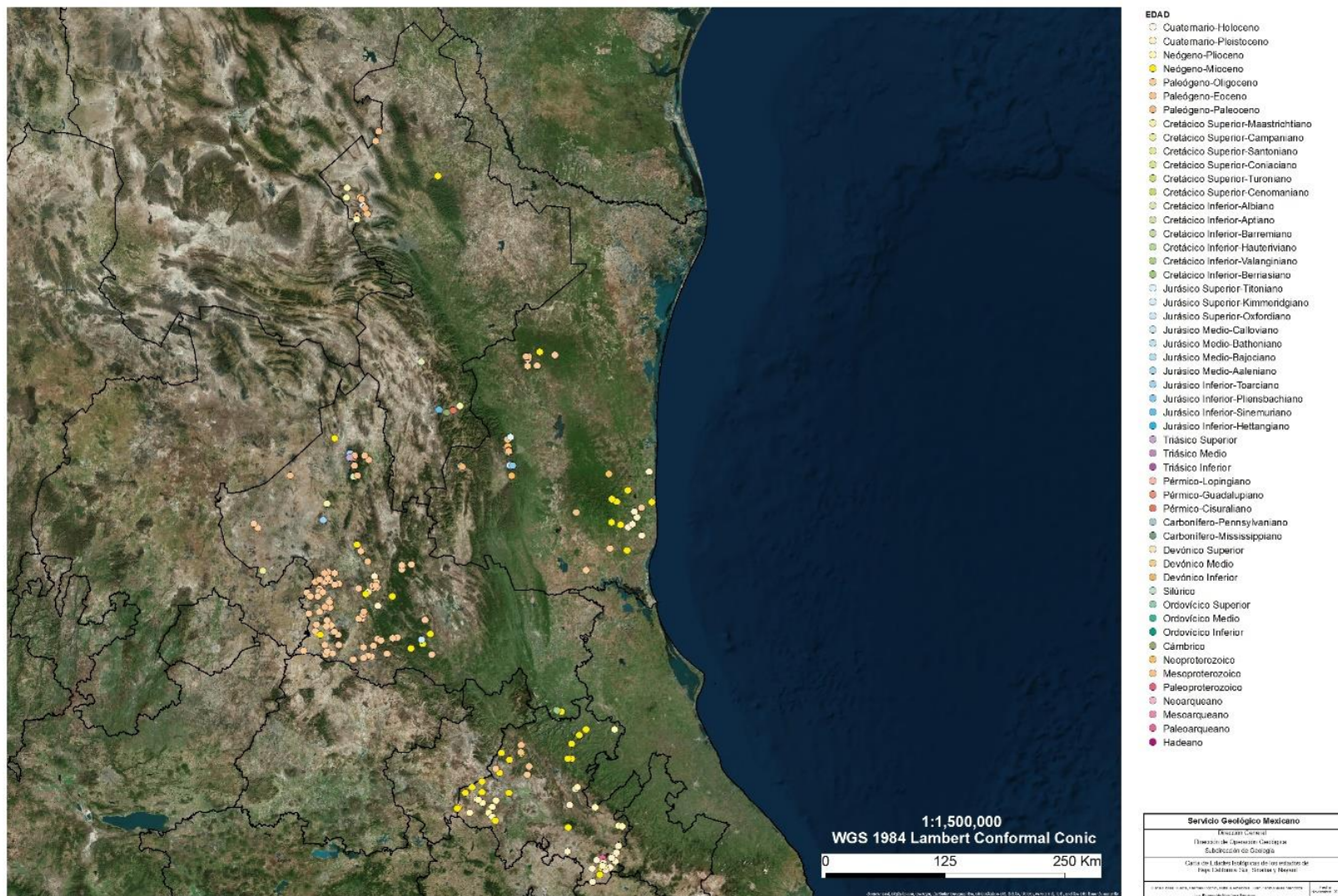
- Mexico, and its bearing on fluvial dispersal systems of the Mexican Laramide Province: *Geological Society of America Bulletin*, v. 121, no. 5-6, p. 820-836.
- Lopez, R., Cameron, K. L., y Jones, N. W., 2001, Evidence for Paleoproterozoic, Grenvillian, and Pan-African age Gondwanan crust beneath northeastern Mexico: *Precambrian Research*, v. 107, no. 3-4, p. 195-214.
- López-Hernández, A., García-Estrada, G., Aguirre-Díaz, G., González-Partida, E., Palma-Guzmán, H., y Quijano-León, J. L., 2009, Hydrothermal activity in the Tulancingo-Acocolco Caldera Complex, central Mexico: exploratory studies: *Geothermics*, v. 38, no. 3, p. 279-293.
- López-Infanzón, M., 1986, Estudio petrogenético de las rocas ígneas en las Formaciones Huizachal y Nazas: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 47, no. 2, p. 1-42.
- López-Martínez, R., Barragán, R., Reháková, D., Martini, M., y Eguiluz de Antunano, S., 2015, Calpionellid biostratigraphy, U-Pb geochronology and microfacies of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Pimienta Formation (Tamazunchale, San Luis Potosí, central-eastern Mexico): *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 67, no. 1.
- Mascuñano, E., Levresse, G., Cardellach, E., Tritlla, J., Corona-Esquivel, R., y Meyzen, C., 2013, Post-Laramide, Eocene magmatic activity in Sierra de Catorce, San Luis Potosí, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 30, no. 2, p. 299-311.
- McKee, E. H., Dreier, J. E., y Noble, D. C., 1992, Early Miocene hydrothermal activity at Pachuca-Real del Monte, México: an example of space-time association of volcanism and epithermal Ag-Au vein mineralization: *Economic Geology*, v. 87, no. 6, p. 1635-1637.
- McKee, J. W., Jones, N. W., y Long, L. E., 1990, Stratigraphy and provenance of strata along the San Marcos fault, central Coahuila, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 102, no. 5, p. 593-614.
- Milán, M., y Herrera, J., 1987, Aspectos geológicos importantes de la exploración geotérmica del campo de Pathé: *Geotermia-Revista Mexicana de Geoenergía*, vol. 3, p. 31-39.
- Molina-Garza, R., 2005, Paleomagnetic reconstruction of Coahuila, Mexico: the Late Triassic Acatita intrusives: *Geofísica Internacional*, v. 44, no. 2, p. 197-210.
- Molina-Garza, R., Chávez-Cabello, G., Iriando, A., Porras-Vázquez, M. A., y Terrazas-Calderón, G. D., 2008, Paleomagnetism, structure and ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology of the Cerro Mercado pluton, Coahuila: Implications for the timing of the Laramide orogeny in northern Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 25, no. 2, p. 284-301.
- Nance, R. D., Fernández-Suárez, J., Keppie, J. D., Storey, C., y Jeffries, T. E., 2007, Provenance of the Granjeno Schist, Ciudad Victoria, México: Detrital zircon U-Pb age constraints and implications for the Paleozoic paleogeography of the Rheic Ocean: *Geological Society of America Special Papers*, v. 423, p. 453-464.
- Ocampo-Díaz, Y. Z. E., Talavera-Mendoza, O., Jenchen, U., Valencia, V. A., Medina-Ferrusquia, H. C., y Guerrero-Suastegui, M., 2014, Procedencia de la Formación La Casita y la Arcosa Patula: implicaciones para la evolución tectono-magmática del NE de México entre el Carbonífero y el Jurásico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 31, p. 45-63.
- Ortega-Gutiérrez, F., Ruiz, J., y Centeno-García, E., 1995, Oaxaquia, a Proterozoic microcontinent accreted to North America during the late Paleozoic: *Geology*, v. 23, no. 12, p. 1127-1130.
- Rubio-Cisneros, I. I., y Lawton, T. F., 2011, Detrital zircon U-Pb ages of sandstones in continental red beds at Valle de Huizachal, Tamaulipas, NE Mexico: Record of Early-Middle Jurassic arc volcanism and transition to crustal extension: *Geosphere*, v. 7, no. 1, p. 159-170.
- Rubio-Cisneros, I. I., Ramírez-Fernández, J. A., y García-Obregón, R., 2011, Análisis preliminar de procedencia de rocas clásticas jurásicas del valle de Huizachal, Sierra Madre Oriental: Influencia del vulcanismo sinsedimentario y el basamento cristalino: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 63, no. 2, p. 137-156.
- Sewell, C. R., 1968, The Candela and Monclova belts of igneous intrusions, a petrographic province in Nuevo León: *Annual Meeting Geological Society of America, Abstract with Programs*, p. 273.
- Solé, J., Salinas, J. C., González-Torres, E. A., y Cendejas Cruz, J. E., 2007, Edades K/Ar de 54 rocas ígneas y metamórficas del occidente, centro y sur de México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 24, no. 1, p. 104-119.
- Stewart, J. H., Blodgett, R. B., Boucot, A. J., Carter, J. L., y López, R., 1999, Exotic Paleozoic strata of Gondwanan provenance near Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, in Ramos, V.A. and Keppie, J.D., (eds.), *Laurentia-Gondwana Connections before Pangea: Geological Society of America Special Papers*, p. 227-252.
- Stewart, J. H., Poole, F. G., Harris, A. G., Repetski, J. E., Wardlaw, B. R., Mamet, B. L., y Morales-Ramírez, J. M., 1999, Neoproterozoic (?) to Pennsylvanian inner-shelf, miogeoclinal strata in sierra Agua Verde, Sonora, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 16, no. 1, p. 35-42.
- Torres, R., Ruiz, J., Patchett, P. J., y Grajales, J. M., 1999, A Permo-Triassic continental arc in eastern Mexico:

Tectonic implications for reconstructions of southern North America: Special Papers-Geological Society of America, p. 191-196.

- Tristán-González, M., Aguillón-Robles, A., Barboza-Gudiño, J. R., Torres-Hernández, J. R., Bellon, H., López-Doncel, R., y Labarthe-Hernández, G., 2009, Geocronología y distribución espacial del vulcanismo en el Campo Volcánico de San Luis Potosí: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 61, no. 3, p. 287-303.
- Valdez Moreno, G., Aranda-Gómez, J. J., y Ortega-Rivera, A., 2011, Geoquímica y petrología del campo volcánico de Ocampo, Coahuila, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 63, no. 2, p. 235-252.
- Venegas-Rodríguez, G., Barboza-Gudiño, J. R., y López-Doncel, R. A., 2009, Geocronología de circones detríticos en capas del Jurásico Inferior de las áreas de la Sierra de Catorce y El Alamito en el estado de San Luis Potosí: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 26, no. 2, p. 466-481.
- Viera Décida, F., Ramírez Fernández, J. A., Velasco Tapia, F., y Orozco-Esquivel, M. T., 2009, Relaciones petrogenéticas del magmatismo en la Provincia Alcalina Oriental Mexicana: Ciencia UANL, v. 12, no. 1, p. 42-49.
- Zavala-Monsiváis, A., Barboza-Gudiño, J. R., Velasco-Tapia, F., y García-Arreola, M. E., 2012, Sucesión volcánica Jurásica en el área de Charcas, San Luis Potosí: Contribución al entendimiento del Arco Nazas en el noreste de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 64, no. 3, p. 277-293.

Anexo 1

CARTA GEOCRONOLÓGICA DE HIDALGO, NUEVO LEÓN, SAN LUIS POTOSÍ Y TAMAULIPAS



DIRECCIÓN DE OPERACIÓN GEOLÓGICA
SUBDIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
ESTUDIOS ESPECIALES E INVESTIGACIÓN
OFICINA CENTRAL PACHUCA



CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA Y SONORA

ABRIL 2017

Servicio Geológico Mexicano
Dirección de Operación Geológica
Subdirección de Geología
Estudios Especiales e Investigación

Diana Flores Huerta
Natalia Amezcua Torres
Hermes Rochin García
Juan Pablo Reyes Mendoza

Esta información es para uso exclusivo del SGM. El uso e impresión fuera de mySIG se considera **COPIA NO CONTROLADA** y es responsabilidad de la o el usuario cerciorarse que utiliza la versión vigente.
A partir de la fecha de vigencia quedan sin validez las versiones anteriores, lineamientos, circulares y cualquier otro comunicado, formal o informal, que se haya emitido al respecto.

www.sgm.gob.mx

Introducción

Esta carta es una compilación de edades geocronológicas de los estados de Baja California y Sonora. La base de datos cuenta con 2230 registros, 1077 de Baja California y 1153 de Sonora. Los datos geocronológicos fueron recopilados de publicaciones arbitradas e inéditas y comprenden varios métodos como Ar-Ar, FT, K-Ar, Re-Os, U-Pb, U-Th-Pb y Rb-Sr.

La distribución de las edades se puede ver en el Anexo 1, donde a cada punto se le asignó un código de color de acuerdo a la edad. La norma de colores se basa en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2016.

Los datos en formato digital están contenidos y representados en un archivo *shape*, con la proyección conforme cónica de Lambert, en el datum *World Geodetic System 84 (WGS84)*.

Debido a que algunas de las publicaciones no proporcionan las coordenadas del sitio de colecta o el sistema de coordenadas en el que fueron tomadas, fue necesario georeferir los mapas de los textos consultados para hacer una estimación de coordenadas. En el campo de observaciones se indican las muestras en ésta situación.

Campos de la base de datos

DES_CLAV: División o subdivisión de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (TCI) 2016 que emite la Comisión Internacional de Estratigrafía <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>.

RANGO_MA: Intervalo de edad en millones de años de la división o subdivisión de la TCI

NUMERO: Identificador

MUESTRA: Clave de identificación de la muestra

ESTADO: Entidad federativa

LONG: Longitud en grados decimales en el sistema de coordenadas WGS 84

LAT: Latitud en grados decimales en el sistema de coordenadas WGS 84

X_WGS84: Longitud en grados, minutos y segundos en el sistema de coordenadas WGS84

Y_WGS84: Latitud en grados, minutos y segundos en el sistema de coordenadas WGS84

ZONA: Zona de proyección UTM

CARTA_250: Nombre y clave de carta escala 1:250,000

CARTA_50: Nombre y clave de carta escala 1:50,000

TIPO_ROCA: Clasificación de roca de acuerdo su origen

ROCA: Descripción litológica

METODO: Método geocronológico empleado

MINERAL: Tipo de material fechado

EDAD_MA: Edad en millones de años

ERROR: Precisión analítica de la edad

TIPO_EDAD: Interpretación de la edad reportada

HEREDADOS: Edades heredadas en millones de años o

REFERENCIA: Cita bibliográfica consultada

UNIDAD: Formación, unidad litoestratigráfica o provincia geológica a la que pertenece la roca formal o informal

LOC_TIPO: Localidad tipo de la muestra

OBSERVACION: Comentarios

PROYE: Sistema de coordenadas con el que se tomaron las coordenadas publicadas

Y_ORG: Latitud reportada en el texto de referencia

X_ORG: Longitud reportada en el texto de referencia

EDAD_MA_ET: Etiqueta

Abreviaciones

• Ar-Ar	Argón-Argón	• Fks	Feldespatos potásico
• K-Ar	Potasio-Argón	• Grt	Granate
• FT	Trazas de fisión	• Hbl	Hornblenda
• Re-Os	Renio-Osmio	• Mo	Molibdeno
• Rb-Sr	Rubidio-Estroncio	• Ms	Muscovita
• U-Pb	Uranio-Plomo	• Olv	Olivino
• U-Th-Pb	Uranio-Torio-Plomo	• Pb	Plomo
• Ag	Plata	• Pl	Plagioclasa
• Anf	Anfibol	• Px	Piroxeno
• Anh	Anhidrita	• Py	Pirita
• Au	Oro	• Qtz	Cuarzo
• Bt	Biotita	• Spn	Esfena
• Ccp	Calcopirita	• W	Wolframio
• Chl	Clorita	• Zn	Zinc
• Co	Cobalto	• ND	No determinado
• Cu	Cobre	• Fm	Formación
• Ep	Epidota		

Algunas de las abreviaciones de minerales están basadas en Whitney y Evans, 2010.

Referencias

- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L., y Fan, J.-X. (2013; actualizado)
The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36:199-204.
- Whitney, D.L., y Evans, B.W., 2010, Abreviations for names of rock-forming minerals: American Mineralogist, 95, 185-187.

Referencias Geocronológicas

- Aguillón-Robles, A., Calmus, T., Benoit, M., Bellon, H., Maury, R. C., Cotten, J., Bourgois, J., and Michaud, F., 2001, Late Miocene adakites and Nb-enriched basalts from Vizcaino Peninsula, Mexico: Indicators of East Pacific Rise subduction below southern Baja California?: *Geology*, v. 29, no. 6, p. 531-534.
- Almirudis-Echeverría, E., 2010, Petrogénesis y geocronología $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ del plutonismo Laramídico en el área Sobai Satechi, Sonora (Tesis de licenciatura): Universidad de Sonora, 103 p.
- Alsleben, H., Wetmore, P. H., and Paterson, S. R., 2014, Structural evidence for mid-Cretaceous suturing of the Alisitos arc to North America from the Sierra Calamajue, Baja California, Mexico: *Geological Society of America Memoirs*, v. 211, p. 691-711.
- Alsleben, H., Wetmore, P. H., Gehrels, G. E., and Paterson, S. R., 2012, Detrital zircon ages in Palaeozoic and Mesozoic basement assemblages of the Peninsular Ranges batholith, Baja California, Mexico: constraints for depositional ages and provenance: *International Geology Review*, v. 54, no. 1, p. 93-110.
- Amato, J. M., Lawton, T. F., Mauel, D. J., Leggett, W. J., González-León, C. M., Farmer, G. L., and Wooden, J. L., 2009, Testing the Mojave-Sonora megashear hypothesis: Evidence from Paleoproterozoic igneous rocks and deformed Mesozoic strata in Sonora, Mexico: *Geology*, v. 37, no. 1, p. 75-78.
- Anderson, T. H., and Silver, L. T., 1977, U-Pb isotope ages of granitic plutons near Cananea, Sonora: *Economic Geology*, v. 72, no. 5, p. 827-836.
- Anderson, T. H., and Silver, L. T., 1979, The role of the Mojave-Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora, en Anderson, T. H. y Roldán-Quintana, J. (eds) *Geology of Northern Sonora: Annual Meeting of the Geological Society of America*, University of Pittsburgh, Pittsburgh, Guidebook, Field Trip 27, p. 59-68.
- Anderson, T. H., and Silver, L. T., 2005, The Mojave-Sonora megashear-field and analytical studies leading to the conception and evolution of the hypothesis: *Geological Society of America Special Papers*, v. 393, p. 1-50.
- Anderson, T. H., Rodríguez-Castañeda, J. L., and Silver, L. T., 2005, Jurassic rocks in Sonora, Mexico: Relations to the Mojave-Sonora megashear and its inferred northward extension: *Geological Society of America Special Papers*, v. 393, p. 51-95.
- Anderson, T. H., Silver, L. T., and Salas, G. A., 1980, Distribution and U-Pb isotope ages of some lineated plutons, northwestern Mexico: *Geological Society of America Memoirs*, v. 153, p. 269-283.
- Araux-Sánchez, E., 2000, Geología y yacimientos minerales de la Sierra Pinta, municipio de Puerto Peñasco, Sonora (Tesis de maestría): Universidad de Sonora, 121 p.
- Arvizu, H. E., and Iriando, A., 2011, Estudios isotópicos de Hf en zircones de granitoides pérmicos en el NW de México: Evidencia de mezcla de magmas generados a partir de la fusión de múltiples fuentes corticales: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 28, no. 3, p. 493-518.
- Arvizu, H. E., and Iriando, A., 2015, Control temporal y geología del magmatismo Permo-Triásico en Sierra Los Tanques, NW Sonora, México: Evidencia del inicio del arco magmático cordillerano en el SW de Laurencia: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 67, no. 3, p. 545-586.
- Arvizu, H. E., Iriando, A., Izaguirre, A., Chávez-Cabello, G., Kamenov, G. D., Solís-Pichardo, G., Foster, D. A., and Lozano-Santa Cruz, R., 2009a, Rocas graníticas pérmicas en

Carta Geocronológica del Estado de Baja California y Sonora

- la Sierra Pinta, NW de Sonora, México: Magmatismo de subducción asociado al inicio del margen continental activo del SW de Norteamérica: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 26, no. 3, p. 109-728.
- Arvizu, H. E., Iriondo, A., Izaguirre, A., Chávez-Cabello, G., Kamenov, G. D., Foster, D. A., Lozano-Santa Cruz, R., and Solís-Pichardo, G., 2009b, Gneises bandeados paleoproterozoicos (~1.76-1.73 Ga) de la Zona Canteras-Puerto Peñasco: Una nueva ocurrencia de rocas de basamento tipo Yavapai en el NW de Sonora, México: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, v. 61, no. 3, p. 375-402.
- Arvizu-Gutiérrez, H. E., 2008, El basamento paleoproterozoico Yavapai-Mazatzal en los alrededores de la Sierra Pinta, NW Sonora: Su importancia para el entendimiento del magmatismo pérmico y el inicio del margen continental activo de Norteamérica (Tesis de licenciatura): Universidad Autónoma de Nuevo León, 181 p.
- Arvizu-Gutiérrez, H. E., 2012, Magmatismo permo-triásico en el NW de Sonora, México: Inicio de la subducción y maduración de un margen continental activo (Tesis de maestría): Universidad Nacional Autónoma de México, 250 p.
- Axen, G. J., Grove, M., Stockli, D., Lovera, O. M., Rothstein, D. A., Fletcher, J. M., Farley, K., and Abbott, P. L., 2000, Thermal evolution of Monte Blanco dome: Low-angle normal faulting during Gulf of California rifting and late Eocene denudation of the eastern Peninsular Ranges: *Tectonics*, v. 19, no. 2, p. 197-212.
- Baldwin, S. L., and Harrison, T. M., 1989, Geochronology of Blueschists from West-Central Baja California and the Timing of Uplift in Subduction Complexes: *The Journal of Geology*, v. 97, no. 2, p. 149-163.
- Baldwin, S. L., and Harrison, T. M., 1992, The P-T-t history of blocks in serpentinite-matrix mélange, west-central Baja California: *Geological Society of America Bulletin*, v. 104, no. 1, p. 18-31.
- Barnard, F. L., 1963, Structural geology of the Sierra de los Cucapas, northeastern Baja California, Mexico, and Imperial County, California (Ph.D. thesis): University of Colorado, 157 p.
- Barra, F., and Valencia, V. A., 2014, Late Cretaceous porphyry copper mineralization in Sonora, Mexico: Implications for the evolution of the Southwest North America porphyry copper province: *Mineralium Deposita*, v. 49, no. 7, p. 879-884.
- Barra, F., Ruiz, J., Valencia, V. A., Ochoa-Landín, L., Chesley, J. T., and Zurcher, L., 2005, Laramide porphyry Cu-Mo mineralization in northern Mexico: Age constraints from Re-Os geochronology in molybdenite: *Economic Geology*, v. 100, no. 8, p. 1605-1616.
- Barth, A. P., Jacobson, C. E., Jacques-Ayala, C., Roldán-Quintana, J., and Pedrick, J. N., 2008, Age of the Altar Schist and Cretaceous deformation in the Caborca-Altar region of Northwestern Sonora (abstract): *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 40, no. 6, p. 198.
- Bartolini, C., Damon, P. E., Shafiqullah, M., and Morales-Montaño, M., 1994, Geochronologic contribution to the Tertiary sedimentary-volcanic sequences (Báucarit Formation) in Sonora, México: *Geofísica Internacional*, v. 33, p. 67-77.
- Bartolini, C., Morales-Montaño, M., Damon, P. E., and Shafiqullah, M., 1993, Tertiary stratigraphy and geochronology (K-Ar) of the San José de Gracia area, central Sonora, Mexico, en González, C., y Vega, L., eds., III Simposio de la geología de Sonora y áreas adyacentes (resumen): Hermosillo, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; y Universidad de Sonora, Departamento de Geología, Libro de resúmenes, p. 13-15.

- Bennett, S. A., Atkinson, W. W., and Kruse, F. A., 1993, Use of Thematic Mapper Imagery to Identify Mineralization in the Santa Teresa District, Sonora, Mexico: *International Geology Review*, v. 35, no. 11, p. 1009-1029.
- Bennett, S. E. K., Oskin, M. E., and Iriondo, A., 2013, Transtensional rifting in the proto-Gulf of California near Bahia Kino, Sonora, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 125, no. 11-12, p. 1752-1782.
- Bennett, S. E. K., Oskin, M. E., Dorsey, R. J., Iriondo, A., and Kunk, M. J., 2015, Stratigraphy and structural development of the southwest Isla Tiburón marine basin: Implications for latest Miocene tectonic opening and flooding of the northern Gulf of California: *Geosphere*, v. 11, no. 4, p. 977-1007.
- Bennett, S. E. K., Oskin, M. E., Iriondo, A., and Kunk, M. J., 2016, Slip history of the La Cruz fault: Development of a late Miocene transform in response to increased rift obliquity in the northern Gulf of California: *Tectonophysics*, v. 693, Part B, p. 409-435.
- Bockoven, N. T., 1980, Reconnaissance geology of Yecora-Ocampo area, Sonora and Chihuahua, Mexico (Ph.D. thesis): University of Texas at Austin, 197 p.
- Böhnell, H., Delgado-Argote, L. A., and Kimbrough, D. L., 2002, Discordant paleomagnetic data for middle-Cretaceous intrusive rocks from northern Baja California: Latitude displacement, tilt, or vertical axis rotation?: *Tectonics*, v. 21, no. 5, p. 1049-1060.
- Bryant, B. A., 1986, Geology of the Sierra Santa Rosa Basin, Baja California Mexico (M.Sc. thesis): San Diego State University, 75 p.
- Busby, C., Fackler Adams, B., Mattinson, J., and Deoreo, S., 2006, View of an intact oceanic arc, from surficial to mesozonal levels: Cretaceous Alisitos arc, Baja California: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 149, no. 1-2, p. 1-46.
- Callihan, S., Wetmore, P. H., Ducea, M., and Caplinger, M., 2007, Bimodal dikes in the core of the Peninsular Ranges batholith: The southern continuation of the San Marcos dike swarm: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 39, no. 6, p. 225.
- Calmus, T., Aguillón-Robles, A., Maury, R. C., Bellon, H., Benoit, M., Cotten, J., Bourgois, J., and Michaud, F., 2003, Spatial and temporal evolution of basalts and magnesian andesites ("bajaaites") from Baja California, Mexico: the role of slab melts: *Lithos*, v. 66, no. 1-2, p. 77-105.
- Carrasco, A. P., Kimbrough, D. L., and Herzig, C. T., 1995, Cretaceous arc-volcanic strata of the western Peninsular Ranges: comparison of the Santiago Peak Volcanics and Alisitos Group: *Abstracts of Peninsular Geological Society International Meeting on Geology of the Baja California Peninsula*, v. III, p. 19.
- Chávez-Cabello, G., Molina-Garza, R., Delgado-Argote, L., Contreras-Flores, R., Ramírez, E., Ortega-Rivera, A., Böhnell, H., and Lee, J., 2006, Geology and paleomagnetism of El Potrero pluton, Baja California: Understanding criteria for timing of deformation and evidence of pluton tilt during batholith growth: *Tectonophysics*, v. 424, no. 1-2, p. 1-17.
- Clark, K. F., Damon, P. E., Schutter, S. R., and Shafiqullah, M., 1979, Magmatismo en el norte de México en relación a los yacimientos metalíferos: AIMMG Memória Técnica XIII, p. 8-57.
- Cox, D. P., Miller, R. J., and Woodbourne, K. L., 2006, The Laramide Mesa Formation and the Ojo de Agua Caldera, Southeast of the Cananea Copper Mining District, Sonora, Mexico: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006-5022, 7 p.
- Damon, P. E., 1975, Dating of Mesozoic-Cenozoic Metallogenic Provinces

Carta Geocronológica del Estado de Baja California y Sonora

- within the Republic of Mexico (1965-1975), en Salas, G. P., Carta y provincias metalogenéticas de la República Mexicana: Consejo de Recursos Minerales, p. 242.
- Damon, P. E., and Bikerman, M., 1964, Potassium-Argon dating of post-Laramide plutonic and volcanic rocks within the Basin and Ranges province of southeastern Arizona and adjacent areas: Arizona Geological Society Digest, v. 7, no. 63-78.
- Damon, P. E., and Mauger, R. L., 1966, Epeirogeny-orogeny viewed from the Basin and Range Province: Metallurgical, and Petroleum Engineers Transactions, v. 235, p. 99-112.
- Damon, P. E., Livingston, D. E., Mauger, R. L., Giletti, B. J., and Pantoja-Alor, J., 1962, Edad del Precámbrico "Anterior" y de otras rocas del zocalo de la region de Caborca-Altar de la parte noroccidental del Estado de Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Boletín, v. 64, p. 11-44.
- Damon, P. E., Shafiqullah, M., and Clark, K. F., 1983a, Geochronology of the porphyry copper deposits and related mineralization of Mexico: Canadian Journal of Earth Sciences, v. 20, no. 6, p. 1052-1071.
- Damon, P. E., Shafiqullah, M., Roldán-Quintana, J., and Cochemé, J. J., 1983b, El batolito Laramide (90-40 Ma) de Sonora: AIMMGM Memoria Técnica XV, p. 63-95.
- Damon, P. E., Shafiqullah, M., Harris, R. C., and Spencer, J. E., 1996, Compilation of unpublished Arizona K-Ar dates from the University of Arizona Laboratory of Isotope Geochemistry, 1971-1991: Arizona Geological Survey Open File Report 96-18, p. 53.
- Darin, M. H., Bennett, S. E. K., Dorsey, R. J., Oskin, M. E., and Iriondo, A., 2016, Late Miocene extension in coastal Sonora, México: Implications for the evolution of dextral shear in the proto-Gulf of California oblique rift: Tectonophysics, v. 693, Part B, p. 378-408.
- De Jong, K. A., Escarcega-Escarcega, J. A., and Damon, P. E., 1988, Eastward thrusting, southwestward folding, and westward backsliding in the Sierra La Vibora, Sonora, Mexico: Geology, v. 16, no. 10, p. 904-907.
- Dean, D. A., 1975, Geology, alteration, and mineralization of the El Alacran area, northern Sonora, Mexico (M.Sc. thesis): University of Arizona, 222 p.
- Del Rio Salas, R., Ochoa-Landín, L., Ruiz, J., Eastoe, C., Meza-Figueroa, D., Zuñiga-Hernández, H., Mendivil-Quijada, H., and Quintanar-Ruiz, F., 2013, Geology, stable isotope, and U-Pb geochronology of the Mariquita porphyry copper and Lucy Cu-Mo deposits, Cananea District, Mexico: A contribution to regional exploration: Journal of Geochemical Exploration, v. 124, p. 140-154.
- Del Rio-Salas, R., Ochoa-Landín, L., Valencia-Moreno, M., Calmus, T., Meza-Figueroa, D., Salgado-Souto, S., Kirk, J., Ruiz, J., and Mendivil-Quijada, H., 2017, New U-Pb and Re-Os geochronology of Laramide porphyry copper mineralization along the Cananea lineament, northeastern Sonora, Mexico: Contribution to the understanding of the Cananea copper district: Ore Geology Reviews, v. 81, Part 3, p. 1125-1136.
- Delgado-Argote, L. A., 2000, Evolución tectónica y magmatismo Neógeno de la margen oriental de Baja California central (Ph.D. thesis): Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 175 p.
- Delgado-Argote, L. A., López-Martínez, M., Pérez-Flores, M. A., and Fernandez-Tomé, R., 1995, Emplacement of the nucleus of the San Telmo Pluton, Baja California, from geochronologic, fracture, and magnetic data: Geological Society of America Special Papers, v. 301, p. 191-204.
- Demant, A., and Cochemé, J. J., 1993, The tertiary Yecora caldera, Sonora, Mexico en Rodríguez Castañeda, J. L. y Thierry Calmus (eds.) III Simposio

Carta Geocronológica del Estado de Baja California y Sonora

- de la Geología de Sonora y áreas adyacentes: Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México y Departamento de Geología Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora., p. 173-184.
- Eberly, L. D., and Stanley, T. B., 1978, Cenozoic stratigraphy and geologic history of southwestern Arizona: Geological Society of America Bulletin, v. 89, no. 6, p. 921-940.
- Engel, A. E. J., and Engel, C. G., 1971, Mafic and ultramafic rocks: In: The Sea. Maxwell, A. (editors), Wiley, New York, v. 4, no. 1, p. 465-519.
- Enríquez-Castillo, M., Iriondo, A., Chávez-Cabello, G., and Kunk, M. J., 2009, Interacción termal entre magmas graníticos laramídicos y rocas encajonantes mesoproterozoicas: Historia de enfriamiento de intrusivos de la Sierrita Blanca, NW Sonora: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 61, no. 3, p. 451-483.
- Escalona-Alcázar, F. d. J., Delgado-Argote, L. A., López-Martínez, M., and Rendón-Márquez, G., 2001, Late Miocene volcanism and marine incursions in the San Lorenzo Archipelago, Gulf of California, Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 18, no. 2, p. 111-128.
- Farfán Panamá, J. L., 2002, Caracterización de los yacimientos en skarn de Buenavista en Cananea, Sonora (Tesis de maestría): Universidad de Sonora, 113 p.
- Gans, P. B., 1997, Large-magnitude Oligo-Miocene extension in southern Sonora: Implications for the tectonic evolution of northwest Mexico: Tectonics, v. 16, no. 3, p. 388-408.
- García-Cortéz, J. Á., and Corral-Gastelum, R., 2006, Informe de la carta geológico-minera y geoquímica Santa Cruz H12-B42 escala 1:50 000 (informe): Servicio Geológico Mexicano, 103 p.
- García-Cortéz, J. Á., Morales-Morales, H., and Mancillas-Gutiérrez, A., 2001, Informe de la carta geológico-minera Agua Prieta clave H12-3, ESCALA 1:250 000, Estado de Sonora: Consejo de Recursos Minerales, 91 p.
- García-Martínez, D., Molina-Garza, R. S., Roldán-Quintana, J., and Mendivil-Quijada, H., 2014, Ca. 13 Ma strike-slip deformation in coastal Sonora from a large-scale, en-echelon, brittle-ductile, dextral shear indicator: implications for the evolution of the California rift: Geofísica Internacional, v. 53, no. 4, p. 435-456.
- Gastil, G., Krummenacher, D., and Minch, J., 1979, The record of Cenozoic volcanism around the Gulf of California: Geological Society of America Bulletin, v. 90, no. 9, p. 839-857.
- Gastil, R. G., and Krummenacher, D., 1977, Reconnaissance geology of coastal Sonora between Puerto Lobos and Bahía Kino: Geological Society of America Bulletin, v. 88, no. 2, p. 189-198.
- Gastil, R. G., Kimbrough, D. L., Kimbrough, J. M., Grove, M., and Shimizu, M., 2014, The Sierra San Pedro Mártir zoned pluton, Baja California, Mexico: Geological Society of America Memoirs, v. 211, p. 739-758.
- Gastil, R. G., Krummenacher, D., Doupont, J., Bushee, J., Jensky, W., and Barthelmy, D., 1976, La zona batolítica del sur de California y el occidente de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 37, no. 2, p. 84-90.
- Gastil, R. G., Neuhaus, J., Cassidy, M., Smith, T. J., Ingle, J. C., Jr., and Krummenacher, D., 1999, Geology and paleontology of southwestern Isla Tiburón, Sonora, Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 16, no. 1, p. 1-34.
- Gastil, R. G., Phillips, R. P., and Allison, E. C., 1975, Reconnaissance geology of state of Baja California: Geological Society of America Memoir v. 140, p. 170.
- Gehrels, G. E., Stewart, J. H., and Ketner, K. B., 2002, Cordilleran-margin quartzites in Baja California

Carta Geocronológica del Estado de Baja California y Sonora

- implications for tectonic transport: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 199, no. 1-2, p. 201-210.
- Gómez-Valencia, A. M., Vidal-Solano, J. R., López-Martínez, M., Vega-Granillo, R., and Pallares, C., 2015, Petrografía, geoquímica y geocronología del magmatismo orogénico en Rayón: Características petrológicas de los últimos magmas asociados a la subducción en Sonora, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 32, no. 2, p. 219-238.
- González-Becuar, E., Pérez-Segura, E., Vega-Granillo, R., Solari, L., González-León, C. M., Solé, J., and López-Martínez, M., 2017, Laramide to Miocene syn-extensional plutonism in the Puerta del Sol area, central Sonora, Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 34, no. 1, p. 45-61.
- González-León, C. M., McIntosh, W. C., Lozano-Santacruz, R., Valencia-Moreno, M., Amaya-Martínez, R., and Rodríguez-Castañeda, J. L., 2000, Cretaceous and Tertiary sedimentary, magmatic, and tectonic evolution of north-central Sonora (Arizpe and Bacanuchi Quadrangles), northwest Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 112, no. 4, p. 600-610.
- González-León, C. M., Solari, L., Solé, J., Ducea, M. N., Lawton, T. F., Bernal, J. P., Becuar, E. G., Gray, F., Martínez, M. L., and Santacruz, R. L., 2011, Stratigraphy, geochronology, and geochemistry of the Laramide magmatic arc in north-central Sonora, Mexico: *Geosphere*, v. 7, no. 6, p. 1392-1418.
- González-León, C. M., Solari, L., Valencia-Moreno, M., Heimpel, M. A. R., Solé, J., Becuar, E. G., Santacruz, R. L., and Arvizu, O. P., 2017, Late Cretaceous to early Eocene magmatic evolution of the Laramide arc in the Nacozari quadrangle, northeastern Sonora, Mexico and its regional implications: *Ore Geology Reviews*, v. 81, Part 3, p. 1137-1157.
- González-León, C. M., Valencia, V. A., Lawton, T. F., Amato, J. M., Gehrels, G., Leggett, W. J., Montijo-Contreras, O., and Fernández, M. A., 2009, The lower Mesozoic record of detrital zircon U-Pb geochronology of Sonora, México, and its paleogeographic implications: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 26, no. 2, p. 301-314.
- González-León, C. M., Valencia, V. A., López-Martínez, M., Bellon, H., Valencia-Moreno, M., and Calmus, T., 2010, Arizpe sub-basin: A sedimentary and volcanic record of Basin and Range extension in north-central Sonora, Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 27, no. 2, p. 292-312.
- Griffith, R., and Hoobs, J., 1993, Geology of the southern Sierra Calamajue, Baja California Norte, Mexico: *Geological Society of America Special Papers*, v. 279, p. 43-60.
- Gross, E. L., Stewart, J. H., and Gehrels, G. E., 2000, Detrital zircon geochronology of Neoproterozoic to Middle Cambrian miogeoclinal and platformal strata: Northwest Sonora, Mexico: *Geofísica Internacional*, v. 39 no. 4, p. 295-308.
- Gutiérrez-Coronado, A., Iriando, A., Rodríguez-Castañeda, J. L., Wooden, J. L., Budahn, J. R., Lozano-Santacruz, R., and Hernández-Treviño, T., 2008, Paleoproterozoic gneisses of the San Luisito Hill in NW Sonora: Extending the Mexican Yavapai province of SW Laurentia, *Geological Society of America, Abstracts with Programs Volume 40*, p. 144.
- Hayama, Y., Shibata, K., and Takeda, H., 1984, K-Ar ages of the low-grade metamorphic rocks in the Altar massif, Northwest Sonora, Mexico: *Journal of the Geological Society of Japan*, v. 90, no. 8, p. 589-596.
- Herrera-López, P., Iriando, A., and Rodríguez-Castañeda, J. L., 2005, Preliminary time constraints and geochemistry of the Proterozoic

- basement from Sierra Los Ajos and Cerros Las Mesteñas, NE Sonora, Mexico (resumen): GEOS, Unión Geofísica Mexicana, Resúmenes y Programas, v. 25, no. 1, p. 87-88.
- Housh, T. B., and McDowell, F. W., 2005, Isotope provinces in Laramide and mid-Tertiary igneous rocks of northwestern Mexico (Chihuahua and Sonora) and their relation to basement configuration: Geological Society of America Special Papers, v. 393, p. 671-692.
- Húñez-Vejar, A., Iriondo, A., Paz-Moreno, F., Izaguirre-Pompa, A., and Arvizu, H. E., 2013, Metagranodioritas del Jurásico medio-tardío en el área de El Capitán en el NW de Sonora: Magmatismo calcoalcalino cordillerano en el SW de Norte América (resumen): GEOS, Unión Geofísica Mexicana, Resúmenes y Programas, v. 33, no. 1, p. 267.
- Iriondo, A., 2001, Proterozoic basements and their Laramide juxtaposition in NW Sonora, Mexico: Tectonic constraints on the SW margin of Laurentia (Ph.D. Thesis): University of Colorado, Boulder, 222 p.
- Iriondo, A., Izaguirre, A., and Arvizu, H. E., 2013, Reordenamiento geológico del área Mina La Colorada y sus alrededores: Estudios de geocronología de utilidad en la exploración mineral de la Compañía Minera Pitalla: Reporte. Convenio de Colaboración entre Centro de Geociencias, UNAM-Compañía Minera Pitalla, S.A. de C.V. Número de Convenio: CV-COSJ-CGEO-002-II/2012.
- Iriondo, A., Premo, W. R., Martínez-Torres, L. M., Budahn, J. R., Atkinson, W. W., Siems, D. F., and Guarás-González, B., 2004a, Isotopic, geochemical, and temporal characterization of Proterozoic basement rocks in the Quitovac region, northwestern Sonora, Mexico: Implications for the reconstruction of the southwestern margin of Laurentia: Geological Society of America Bulletin, v. 116, no. 1-2, p. 154-170.
- Iriondo, A., Kunk, M. J., Winick, J. A., and Consejo de Recursos Minerales, 2004b, 40Ar/39Ar dating studies of minerals and rocks in various areas in Mexico: USGS/CRM scientific collaboration (Part II): U.S. Geological Survey Open-File Report 04-1444, p. 46.
- Iriondo, A., Kunk, M. J., Winick, J. A., and CRM, C. d. R. M., 2003, 40Ar/39Ar dating studies of minerals and rocks in various areas in Mexico; USGS/CRM Scientific Collaboration (Part I): U.S. Geological Survey Open File Report, OF-03-020, p. 79.
- Ishiki-Pérez, N. H., Iriondo, A., Ruiz-Segoviano, S., Paz-Moreno, F., Izaguirre, A., and Arvizu, H. E., 2013, Acotamiento temporal de la deformación dúctil Sierra Cipriano, NW de Sonora: Estudios geocronológicos U-Pb en zircones de rocas graníticas (resumen): en Reunión Anual 2013, Unión Geofísica Mexicana, Puerto Vallarta, Jalisco, México: GEOS, Unión Geofísica Mexicana, A.C., Resúmenes y Programas, v. 33, no. 1, p. 266.
- Izaguirre, A., Kunk, M. J., Iriondo, A., McAleer, R., Caballero-Martínez, A., and Espinosa-Arámburu, E., 2015, The Laramide Caborca Orogenic Gold Belt of northwestern Sonora, México: White mica 40Ar/39Ar geochronology from Au-rich quartz veins: U.S. Geological Survey Open File Report 2015, p. 58.
- Izaguirre-Pompa, A., 2009, El basamento paleoproterozoico (~1.71-1.68 Ga) Yavapai en el área Mina La Herradura en el NW de Sonora: Sus implicaciones para el desarrollo del arco magmático continental Mesozoico-Cenozoico del NW de México (Tesis de Maestría): Universidad Nacional Autónoma de México, 202 p.
- Jacques-Ayala, C., 1990, Caborca-Altar Geology: Cretaceous sedimentation and compression, Tertiary uplift and extension: in Gehrels, G.E., and Spencer, J.E., eds., Geologic excursions through the Sonoran desert region, Arizona and Sonora:

- Arizona Geological Special Paper 7, p. 183-202.
- Jacques-Ayala, C., Barth, A. P., Wooden, J. L., and Jacobson, C. E., 2009, Provenance and U-Pb geochronology of the Upper Cretaceous El Chanate Group, northwest Sonora, Mexico, and its tectonic significance: *International Geology Review*, v. 51, no. 9-11, p. 1051-1077.
- Jacques-Ayala, C., García-Barragán, J. C., De Jong, K. A., Grajales, N. M., López, M., and Layer, P. W., 1993, Age constraints for Cretaceous-Early Tertiary thrusting and folding in northwest Sonora: en González, C., Vega, L. (eds.), III Simposio de la Geología de Sonora y áreas adyacentes: Hermosillo, Sonora, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Universidad de Sonora, Departamento de Geología, p. 61-63.
- Johnson, S. E., Fletcher, J. M., Fanning, C. M., Vernon, R. H., Paterson, S. R., and Tate, M. C., 2003, Structure, emplacement and lateral expansion of the San José tonalite pluton, Peninsular Ranges batholith, Baja California, México: *Journal of Structural Geology*, v. 25, no. 11, p. 1933-1957.
- Johnson, S. E., Tate, M. C., and Mark Fanning, C., 1999, New geologic mapping and SHRIMP U-Pb zircon data in the Peninsular Ranges batholith, Baja California, Mexico: Evidence for a suture?: *Geology*, v. 27, no. 8, p. 743-746.
- Kimbrough, D. L., and Moore, T. E., 2003, Ophiolite and volcanic arc assemblages on the Vizcaino Peninsula and Cedros Island, Baja California Sur, México: Mesozoic forearc lithosphere of the Cordilleran magmatic arc: *Geological Society of America Special Papers*, v. 374, p. 43-71.
- Kimbrough, D. L., Grove, M., and Morton, D. M., 2015, Timing and significance of gabbro emplacement within two distinct plutonic domains of the Peninsular Ranges batholith, southern and Baja California: *Geological Society of America Bulletin*, v. 127, no. 1-2, p. 19-37.
- Kimbrough, D. L., Smith, D. P., Mahoney, J. B., Moore, T. E., Grove, M., Gastil, R. G., Ortega-Rivera, A., and Fanning, C. M., 2001, Forearc-basin sedimentary response to rapid Late Cretaceous batholith emplacement in the Peninsular Ranges of southern and Baja California: *Geology*, v. 29, no. 6, p. 491-494.
- Krummenacher, D., Gastil, R. G., Bushee, J., and Doupont, J., 1975, K-Ar Apparent Ages, Peninsular Ranges Batholith, Southern California and Baja California: *Geological Society of America Bulletin*, v. 86, no. 6, p. 760-768.
- Lee, J., Meghan, M. M., Crippen, R., Hacker, B., and Ledesma-Vázquez, J., 1996, Middle Miocene extension in the Gulf Extensional Province, Baja California: Evidence from the southern Sierra Juarez: *Geological Society of America Bulletin*, v. 108, no. 5, p. 505-525.
- Lewis, C. J., 1996, Stratigraphy and geochronology of Miocene and Pliocene volcanic rocks in the Sierra San Fermín and southern Sierra San Felipe, Baja California, Mexico: *Geofísica Internacional*, v. 35, no. 1, p. 3-25.
- Livingston, D. E., 1973, A plate tectonic hypothesis for the genesis of porphyry copper deposits of the southern Basin and Range Province: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 20, no. 2, p. 171-179.
- Lucas, S. G., McIntosh, W. C., and González-León, C. M., 1996, Eocene $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age data of supposed Cretaceous volcanics (rhyolite tuff formation) in northeastern Sonora, Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 13, no. 2, p. 184-187.
- Luhr, J. F., Aranda-Gómez, J. J., and Housh, T. B., 1995, San Quintín Volcanic Field, Baja California Norte México: Geology, petrology, and geochemistry: *Journal of Geophysical Research*, v. 100, no. B7, p. 10353-10380.

Carta Geocronológica del Estado de Baja California y Sonora

- Lynch, D. J., 1981, Genesis and geochronology of alkaline volcanism in the Pinacate Volcanic Field northwestern Sonora, Mexico (Ph.D.thesis): University of Arizona, 248 p.
- Marrs, C. K., and Guilbert, J. M., 1981, Geology and depositional environment of the Oposura massive sulfide deposit, Sonora, Mexico in Luc Ortlieb y Jaime Roldán-Quintana (eds) *Geology of Northwestern Mexico and Southern Arizona, Field Guides and Papers: Geological Society of America Field Guides Papers*, p. 169-212.
- Martín-Barajas, A., Stock, J. M., Layer, P., Hausback, B., Renne, P., and López-Martínez, M., 1995, Arc-rift transition volcanism in the Puertecitos Volcanic Province, northeastern Baja California, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 107, no. 4, p. 407-424.
- Mauel, D. J., Lawton, T. F., González-León, C., Iriondo, A., and Amato, J. M., 2011, Stratigraphy and age of Upper Jurassic strata in north-central Sonora, Mexico: *Southwestern Laurentian record of crustal extension and tectonic transition: Geosphere*, v. 7, no. 2, p. 390-414.
- McCandless, T. E., and Ruiz, J., 1993, Rhenium-Osmium Evidence for Regional Mineralization in Southwestern North America: *Science*, v. 261, p. 1282-1286.
- McDowell, F. W., 2007, *Geologic transect across the Northern Sierra Madre Occidental volcanic field, Chihuahua and Sonora, México: Geological Society of America Digital Map and Chart Series 6*, p. 70.
- McDowell, F. W., and McIntosh, W. C., 2012, Timing of intense magmatic episodes in the northern and central Sierra Madre Occidental, western Mexico: *Geosphere*, v. 8, no. 6, p. 1505-1526.
- McDowell, F. W., and Roldán-Quintana, J., 1993, Geochronology of Mesozoic-Cenozoic magmatism in south-central Sonora: A proegress report: en González-León y Vega-Granillo (eds) *III Simposio de la geología de Sonora y áreas adyacentes: Instituto de Geología, UNAM y Departamento de Geología, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, resúmenes*, p. 77-80.
- McDowell, F. W., Roldán-Quintana, J., and Amaya-Martínez, R., 1997, Interrelationship of sedimentary and volcanic deposits associated with Tertiary extension in Sonora, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 109, no. 10, p. 1349-1360.
- McDowell, F. W., Roldán-Quintana, J., and Connelly, J. N., 2001, Duration of Late Cretaceous-early Tertiary magmatism in east-central Sonora, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 113, no. 4, p. 521-531.
- McEldowney, R. C., 1970, *Geology of the northern Sierra Pinta Baja California, Mexico (M.Sc. thesis): San Diego State College*, 79 p.
- Mead, R. D., 1982, Summary of K-Ar isotopic ages determined at Ohio State University: Reporte inédito, 12 p.
- Mead, R. D., Kesler, S. E., Foland, K. A., and Jones, L. M., 1988, Relationship of Sonoran tungsten mineralization to the metallogenic evolution of Mexico: *Economic Geology*, v. 83, no. 8, p. 1943-1965.
- Measures, M. A., 1996, *Geology of the Agua Caliente region, southeast Sierra San Pedro Martir, Baja California, Mexico (M.Sc. thesis): San Diego State University*, 105 p.
- Meinert, L. D., 1982, Skarn, manto, and breccia pipe formation in sedimentary rocks of the Cananea mining district, Sonora, Mexico: *Economic Geology*, v. 77, no. 4, p. 919-949.
- Miranda-Gasca, M., and De Jong, K. A., 1992, The Magdalena mid-Tertiary extensional basin: in Clark, K.F., Roldán-Quintana, J., and Schmidt, R.H., *El Paso Geological Society, Geology and Mineral Resources of the Sierra Madre Occidental, Mexico*,

Carta Geocronológica del Estado de Baja California y Sonora

- Guidebook for the Field Conference, El Paso, Texas, p. 377-384.
- Mora-Álvarez, G., and McDowell, F. W., 2000, Miocene volcanism during late subduction and early rifting in the Sierra Santa Ursula of western Sonora, Mexico: Geological Society of America Special Papers, v. 334, p. 123-141.
- Morales, M., Bartolini, C., Damon, P. E., and Shafiqullah, M., 1990, K-Ar dating stratigraphy and extensional deformation of Sierra Lista Blanca, central Sonora, Mexico: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 7.
- Nagy, E. A., Grove, M., and Stock, J. M., 1999, Age and stratigraphic relationships of pre- and syn-rift volcanic deposits in the northern Puertecitos Volcanic Province, Baja California, Mexico: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 93, no. 1-2, p. 1-30.
- Negrete-Aranda, R., Cañón-Tapia, E., Brandle, J. L., Ortega-Rivera, A., Lee, J. K. W., Spelz, R. M., and Hinojosa-Corona, A., 2010, Regional orientation of tectonic stress and the stress expressed by post-subduction high-magnesium volcanism in northern Baja California, Mexico: Tectonics and volcanism of San Borja volcanic field: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 192, no. 1-2, p. 97-115.
- Neuhaus, J. R., 1989, Volcanic and nonmarine stratigraphy of southwest Isla Tiburon, Gulf of California, Mexico (M.Sc. thesis): San Diego State University, 170 p.
- Niño-Estrada, L., Iriondo, A., García-Flores, R., McDowell, F. W., Izaguirre, A., Bennett, S. E. K., and Oskin, M. E., 2014, Edades Cretácicas de rocas batolíticas del Isla Tiburón, Golfo de California: Geocronología U-Pb en zircones mediante técnicas de ablación láser e ICP-MS (resumen): GEOS Unión Geofísica Mexicana Reunión Anual, Puerto Vallarta, Mexico.
- Nourse, J. A., Premo, W. R., Iriondo, A., and Stahl, E. R., 2005, Contrasting Proterozoic basement complexes near the truncated margin of Laurentia, northwestern Sonora-Arizona international border region: Geological Society of America Special Papers, v. 393, p. 123-182.
- Ortega-Rivera, A., 2003, Geochronological constraints on the tectonic history of the Peninsular Ranges Batholith of Alta and Baja California: Tectonic implications for western México: Geological Society of America Special Papers, v. 374, p. 297-335.
- Ortega-Rivera, A., Farrar, E., Hanes, J. A., Archibald, D. A., Gastil, R. G., Kimbrough, D. L., Zentilli, M., López-Martínez, M., Féraud, G., and Ruffet, G., 1997, Chronological constraints on the thermal and tilting history of the Sierra San Pedro Mártir pluton, Baja California, México, from U/Pb, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, and fission-track geochronology: Geological Society of America Bulletin, v. 109, no. 6, p. 728-745.
- Oskin, M. E., 2002, Part I. Tectonic Evolution of the Northern Gulf of California, Mexico, Deduced from Conjugate Rifted Margins of the Upper Delfín Basin; Part II. Active Folding and Seismic Hazard in Central Los Angeles, California (Ph.D. thesis): California Institute of Technology, 481 p.
- Pallares, C., Bellon, H., Benoit, M., Maury, R. C., Aguillón-Robles, A., Calmus, T., and Cotten, J., 2008, Temporal geochemical evolution of Neogene volcanism in northern Baja California (27° - 30° N): Insights on the origin of post-subduction magnesian andesites: Lithos, v. 105, no. 1-2, p. 162-180.
- Pallares, C., Maury, R. C., Bellon, H., Royer, J.-Y., Calmus, T., Aguillón-Robles, A., Cotten, J., Benoit, M., Michaud, F., and Bourgois, J., 2007, Slab-tearing following ridge-trench collision: Evidence from Miocene volcanism in Baja California, México: Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 161, no. 1-2, p. 95-117.

Carta Geocronológica del Estado de Baja California y Sonora

- Paz Moreno, F. A., Demant, A., Cochemé, J.-J., Dostal, J., and Montigny, R., 2003, The Quaternary Moctezuma volcanic field: A tholeiitic to alkali basaltic episode in the central Sonoran Basin and Range Province, Mexico: *Geological Society of America Special Papers*, v. 374, p. 439-455.
- Paz-Moreno, F. A., Jobin, E., and Demant, A., 2009, La Sierra Basomari: Volcanismo potásico del Mioceno inferior en el NE de Sonora, México (resumen), in *Proceedings XIX Congreso Nacional de Geoquímica*, Ensenada, Baja California, v. 15, p. 40.
- Peña-Alonso, T. A., Delgado-Argote, L. A., Weber, B., Velasco-Tapia, F., and Valencia, V., 2012, Geology and emplacement history of the Nuevo Rosarito plutonic suite in the southern Peninsular Ranges batholith, Baja California, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 29, no. 1, p. 1-23.
- Pérez-Segura, E., 2006, Estudio metalogénico de los yacimientos de Ni-Co (Cu-Zn) de la Esperanza, Sonora central: caracterización de los depósitos y sus relaciones con el magmatismo laramídico (Tesis doctoral): Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, 214 p.
- Pérez-Segura, E., González-Partida, E., and Valencia, V. A., 2009, Late Cretaceous adakitic magmatism in east-central Sonora, Mexico, and its relation to Cu-Zn-Ni-Co skarns: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 26, no. 2, p. 411-427.
- Poole, F. G., Madrid, R. L., and Oliva-Becerril, J. F., 1991, Geological setting and origin of stratiform barite in central Sonora, Mexico, in Raines, G. L., Lisle, R. E., Schafer, R. W., Wilkinson, W. H. (eds), *Geology and ore deposits of the Great Basin*: Geological Society of Nevada, v. 1, p. 517-522.
- Poulsen, K. H., Mortensen, J.K., and Walford, P.C., 2008, San Francisco gold deposit, Santa Ana region, Sonora, Mexico: Laramide orogenic, intrusion-related mineralization? In Spencer, J.E., and Titley, S.R., eds., *Ores and orogenesis: Circum-Pacific tectonics, geologic evolution, and ore deposits*: Arizona Geological Society Digest, v. 22, p. 547-559.
- Premo, W. R., Iriondo, A., and Nourse, J. A., 2003, U-Pb zircon geochronology of Paleoproterozoic basement in northwestern Sonora, Mexico: Evidence for affinity to SW US provinces: *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 99th Cordilleran Section Meeting, Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico, p. 67.
- Pubellier, M., 1987, Relations entre domaines cordilléraire et mésogéen au nord du Mexique; étude géologique de la vallée de Sahuaripa, Sonora central (Ph.D. thesis): Université de Paris 6, 219 p.
- Pubellier, M., Rangin, C., Rascon, B., Chorowicz, J., and Bellon, H., 1995, Cenomanian thrust tectonics in the Sahuaripa region, Sonora: Implications about northwestern Mexico megashears: *Geological Society of America Special Papers*, v. 301, p. 111-120.
- Quintanar-Ruiz, F. J., 2008, La Herradura ore deposit: an orogenic gold deposit in northwestern Mexico (M.Sc. thesis): University of Arizona, Tucson, Arizona, USA, 97 p.
- Ramos-Velázquez, E., 2011, Estudio termo tectónico de las rocas intrusivas de la región de Cataviña-San Luis Gonzaga (Baja California) y del batolito costero de Sonora: análisis de la extensión cenozoica en ambos márgenes del Golfo de California (Tesis doctoral): Universidad Nacional Autónoma de México, 168 p.
- Ramos-Velázquez, E., Calmus, T., Valencia, V., Iriondo, A., Valencia-Moreno, M., and Bellon, H., 2008, U-Pb and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the coastal Sonora batholith: New insights on Laramide continental arc magmatism: *Revista Mexicana de*

Carta Geocronológica del Estado de Baja California y Sonora

- Ciencias Geológicas, v. 25, no. 2, p. 314-333.
- Rascón-Heimpel, M. A., Valencia-Moreno, M., Ochoa-Landiñ, L., and Calmus, T., 2012, Geología y geoquímica del pórfido cuprífero Los Alisos, distrito minero de La Caridad, Sonora, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 29, no. 2, p. 355-383.
- Renne, P. R., 1991, High resolution ^{40}Ar - ^{39}Ar chronostratigraphy of the Late Cretaceous El Gallo Formation, Baja California del Norte, Mexico: Geophysical Research Letters, v. 18, no. 3, p. 459-462.
- Rodríguez-Castañeda, J. L., Roldán-Quintana, J., and Ortega-Rivera, A., 2015, Mesozoic gliding and Tertiary basin and range tectonics in eastern Sonora, Mexico: Geofísica Internacional, v. 54, no. 3, p. 221-244.
- Roldán-Quintana, J., 1976, The geology and mineralization of the San Felipe are east-central Sonora, Mexico (Tesis de maestría): Iowa University, 120 p.
- Roldán-Quintana, J., 1982, Evolución tectónica del Estado de Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 5, no. 2, p. 178-185.
- Roldán-Quintana, J., 1989, Geología de la Hoja Baviácora, Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología Revista, v. 8, p. 1-14.
- Roldán-Quintana, J., 2002, Caracterización geológico-geoquímica y evolución del arco magmático Mesozoico-Terciario entre San Carlos y Maycoba, sur de Sonora (Tesis de doctorado): Universidad Nacional Autónoma de México, 185 p.
- Roldán-Quintana, J., McDowell, F. W., Delgado-Granados, H., and Valencia-Moreno, M., 2009, East-west variations in age, chemical and isotopic composition of the Laramide batholith in southern Sonora, Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 26, no. 3, p. 543-563.
- Ruiz-Segoviano, S., Iriondo, A., Ishiki-Pérez, N. H., Paz-Moreno, F., Izaguirre, A., and Arvizu, H. E., 2013, Brechamiento cataclástico de granitos del Cretácico Tardío (~96 Ma) en San Luis Río Colorado, NW de Sonora (resumen): GEOS, Unión Geofísica Mexicana Reunión Anual, Puerto Vallarta, Jalisco, p. 266.
- Salas, G. P., 1975, Carta y provincias metalogenéticas de la República Mexicana: Consejo de Recursos Minerales, p. 242.
- Sansores-Bolivar, O., and Wynne, F., 1977, Geología, mineralización y origen de las brechas de cuarzo-turmalina del distrito minero de Santa Ana de Yécora, Sonora, México: AIMMG, Memoria técnica XII, p. 501-549.
- Sarmiento-Villagrana, A., Vega-Granillo, R., Talavera-Mendoza, O., and Vidal-Solano, J. R., 2016, New age constraints on magmatism and metamorphism of the Western Sonobari Complex and their implications for an earliest Late Cretaceous orogeny on northwestern Mexico: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 33, no. 2, p. 170-182.
- Schaaf, P., Roldán-Quintana, J., and Calmus, T., 1999, Terrane reconnaissance in NE Sonora, México, in light of Sr-Nd-Pb isotopic data from coastal belt granitoids: Abstracts with Programs, EOS 80 (supplement), F1079-F1080.
- Scherkenbach, D. A., Sawkins, F. J., and Seyfried, W. E., 1985, Geologic, fluid inclusion, and geochemical studies of the mineralized breccias at Cumobabi, Sonora, Mexico: Economic Geology, v. 80, p. 1566-1592.
- Schmidt, K. L., and Paterson, S. R., 2002, A doubly vergent fan structure in the Peninsular Ranges batholith: Transpression or local complex flow around a continental margin buttress?: Tectonics, v. 21, no. 5, p. 14-11.
- Schmidt, K. L., Paterson, S. R., Blythe, A. E., and Kopf, C., 2009, Mountain building across a lithospheric boundary during arc

Carta Geocronológica del Estado de Baja California y Sonora

- construction: The Cretaceous Peninsular Ranges batholith in the Sierra San Pedro Martir of Baja California, Mexico: *Tectonophysics*, v. 477, no. 3-4, p. 292-310.
- Seiler, C., 2009, Structural and thermal evolution of the Gulf Extensional Province in Baja California, Mexico: Implications for Neogene rifting and opening of the Gulf of California (Ph.D. thesis): University of Melbourne, 307 p.
- Seiler, C., Fletcher, J. M., Kohn, B. P., Gleadow, A. J. W., and Raza, A., 2011, Low-temperature thermochronology of northern Baja California, Mexico: Decoupled slip-exhumation gradients and delayed onset of oblique rifting across the Gulf of California: *Tectonics*, v. 30, no. TC3004.
- Seiler, C., Gleadow, A. J. W., Fletcher, J. M., and Kohn, B. P., 2009, Thermal evolution of a sheared continental margin: Insights from the Ballenas transform in Baja California, Mexico: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 285, no. 1-2, p. 61-74.
- Seiler, C., Quigley, M. C., Fletcher, J. M., Phillips, D., Gleadow, A. J. W., and Kohn, B. P., 2013, Stratigraphy and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Santa Rosa basin, Baja California: Dynamic evolution of a constrictional rift basin during oblique extension in the Gulf of California: *Basin Research*, v. 25, no. 4, p. 388-418.
- Shafiqullah, M., Damon, P. E., Lynch, D. J., Reynolds, S. J., Rehrig, W. A., and Raymond, R. H., 1980, K-Ar geochronology and geologic history of southwestern Arizona and adjacent areas: *Arizona Geological Society* v. 12, p. 201-260.
- Sillitoe, R., 1976, A reconnaissance of the Mexican porphyry copper belt: Royal School of Mines of London, Department of Mining Geology.
- Smith, J. T., Smith, J. G., Ingle, J. C., Gastil, R. G., Boehm, M. C., Roldán-Quintana, J., and Casey, R. E., 1985, Fossil and K-Ar age constraints on upper middle Miocene conglomerate, SW Isla Tiburón, Gulf of California (abstract): *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 17, no. 6, p. 409.
- Soto-Verdugo, L. C., 2006, El zócalo ígneo-metamórfico Sierrita Prieta, Sonora norte central, México: Características petrográficas, geoquímicas y geocronológicas (Tesis de licenciatura): Universidad de Sonora, 113 p.
- Stock, J. M., 1989, Sequence and geochronology of Miocene rocks adjacent to the main Gulf Escarpment: Southern Valle Chico, Baja California Norte, Mexico: *Geofísica Internacional*, v. 28, no. 5, p. 851-896.
- Tate, M. C., Norman, M. D., Johnson, S. E., Fanning, C. M., and Anderson, J. L., 1999, Generation of Tonalite and Trondhjemite by Subvolcanic Fractionation and Partial Melting in the Zarza Intrusive Complex, Western Peninsular Ranges Batholith, Northwestern Mexico: *Journal of Petrology*, v. 40, no. 6, p. 983-1010.
- Valencia, V. A., Barra, F., Weber, B., Ruiz, J., Gehrels, G., Chesley, J., and Lopez-Martinez, M., 2006, Re-Os and U-Pb geochronology of the El Arco porphyry copper deposit, Baja California Mexico: Implications for the Jurassic tectonic setting: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 22, no. 1-2, p. 39-51.
- Valencia, V. A., Noguez-Alcántara, B., Barra, F., Ruiz, J., Gehrels, G., Quintanar, F., and Valencia-Moreno, M., 2006, Re-Os molybdenite and LA-ICPMS-MC U-Pb zircon geochronology for the Milpillas porphyry copper deposit: insights for the timing of mineralization in the Cananea District, Sonora, Mexico: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 23, no. 1, p. 39-53.
- Valencia, V. A., Ruiz, J., Barra, F., Gehrels, G., Ducea, M., Titley, S. R., and Ochoa-Landín, L., 2005, U-Pb zircon and Re-Os molybdenite geochronology from La Caridad porphyry copper deposit: insights for the duration of magmatism and

- mineralization in the Nacozari District, Sonora, Mexico: *Mineralium Deposita*, v. 40, no. 2, p. 175-191.
- Valencia-Moreno, M., Iriondo, A., and González-León, C., 2006, Temporal constraints on the eastward migration of the Late Cretaceous-early Tertiary magmatic arc of NW Mexico based on new $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ hornblende geochronology of granitic rocks: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 22, no. 1-2, p. 22-38.
- Valenzuela-Navarro, L. C., Valencia-Moreno, M., Iriondo, A., and Premo, W. R., 2003, The El Creston Granite: A new confirmed Paleoproterozoic locality in the Opodepe areas, north-central Sonora, Mexico, *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 99th Cordilleran Section Meeting, Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico, p. 83.
- Vega-Granillo, R., and Calmus, T., 2003, Mazatan metamorphic core complex (Sonora, Mexico): structures along the detachment fault and its exhumation evolution: *Journal of South American Earth Sciences*, v. 16, no. 4, p. 193-204.
- Velázquez-Santelíz, A. F., 2014, Efecto del basamento proterozoico sobre el magmatismo de arco cordillerano del SW de Norte América: Estudios en Sierra San Francisco, NW de Sonora (Tesis de licenciatura): Universidad Autónoma de Nuevo León, 126 p.
- Vidal-Solano, J. R., Demant, A., Paz-Moreno, F., Lapierre, H., Ortega-Rivera, A., and Lee, J. K. W., 2008, Insights into the tectonomagmatic evolution of NW Mexico: Geochronology and geochemistry of the Miocene volcanic rocks from the Pinacate area, Sonora: *Geological Society of America Bulletin*, v. 120, no. 5/6, p. 691-708.
- Vidal-Solano, J. R., Paz-Moreno, F., Demant, A., and López-Martínez, M., 2007, Ignimbritas hiperalcalinas del Mioceno medio en Sonora Central: revaluación de la estratigrafía y significado del volcanismo terciario: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 24, no. 1, p. 47-67.
- Wetmore, P. H., Alsleben, H., Paterson, S. R., Ducea, M. N., Gehrels, G. E., and Valencia, V. A., 2005, Field Trip to the Northern Alisitos Arc Segment: Ancestral Agua Blanca Fault Region: Field Conference Guidebook for the VII International Meeting of the Peninsular Geological Society: Ensenada, Baja California, Mexico, Peninsular Geological Society, p. 39.
- Wodzicki, W. A., 1995, The evolution of Laramide igneous rocks and porphyry copper mineralization in the Cananea district, Sonora, Mexico [Ph.D. thesis]: University of Arizona., 181 p.
- Wodzicki, W. A., 2001, The evolution of magmatism and mineralization in the Cananea District, Sonora, Mexico in Albinson, T., Nelson, C.E. (eds), *New Mines and Discoveries in Mexico and Central America: Society of Economic Geologist Special Publication Number 8*, p. 241-261.
- Wong, M. S., and Gans, P. B., 2008, Geologic, structural, and thermochronologic constraints on the tectonic evolution of the Sierra Mazatán core complex, Sonora, Mexico: New insights into metamorphic core complex formation: *Tectonics*, v. 27, no. 4, doi:10.1029/2007TC002173.
- Wong, M. S., Gans, P. B., and Scheier, J., 2010, The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ thermochronology of core complexes and other basement rocks in Sonora, Mexico: Implications for Cenozoic tectonic evolution of northwestern Mexico: *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, v. 115, no. B7, p. B07414.
- Zuñiga-Hernández, L. G., 2010, Estudio geológico, geoquímico y metalogenético del cuadrángulo Huépac-Moctezuma, Centro-Noroeste de Sonora, México (Tesis de maestría): Universidad de Sonora, 126 p.

ANEXO 1

CARTA GEOCRONOLÓGICA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA Y SONORA

