

La caldera de colapso de Managua

Jean Pierre Bergoeing*

Summary

The Managua caldera is a recent volcanic event represented with its evolutionary stages until today. It is a capital space inhabited by more than one million people and hence its importance.

Key words: *Collapse caldera, gasmaar, tectonic fault, phreatic layer.*

Résumé

La caldeira de Managua répond á un évènement volcanique récent avec ses phases évolutives jusqu' á aujourd'hui. C'est l'espace où s'étend la capitale d'où son importance.

Mots clés: *Caldeira de collapsus, gasmaar, fissure tectonique, nappe phréatique.*

Resumen

La caldera de Managua es un evento volcánico reciente con sus etapas evolutivas hasta hoy. Es un espacio capitalino donde habita más de un millón de personas y de ahí su importancia.

Palabras claves: *Caldera de colapso, gasmaar, fisura tectónica, napa freática.*

Introducción

Managua, la capital de Nicaragua, área urbana de 174km² habitada por un millón de personas (2000), está asentada sobre una enorme caldera de colapso, probablemente de fines del Pleistoceno o comienzos de Holoceno que la hace muy joven. La caldera se inclina hacia el lago Xolotlán por lo que bajo el lago se encuentra una parte de ella. Al interior de la caldera de Managua se encuentran el cono volcánico pos-colapso de Chiltepe que se eleva a 518m de altitud. Posee dos cráteres como lo son: Apoyeque, formado hace unos 9,000 años (INETER 2002) y que posee una laguna

* Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica.

de aguas verdosas en su fondo obscurecido por las paredes abruptas del cráter, y Xiloá igualmente con un lago pluvial cratérico de aguas azules que se encuentra próximo al nivel que el lago Xolotlán y en donde abundan peces. Ambos cráteres forman parte de un cono volcánico poscolapso. En realidad si se observa la imagen radar SRTM de Nicaragua se puede apreciar a simple vista que la caldera de Managua es un vasto complejo que incluye al volcán Chiltepe y a la caldera de colapso de Masaya y probablemente también a la caldera de colapso de Laguna de Apoyo.

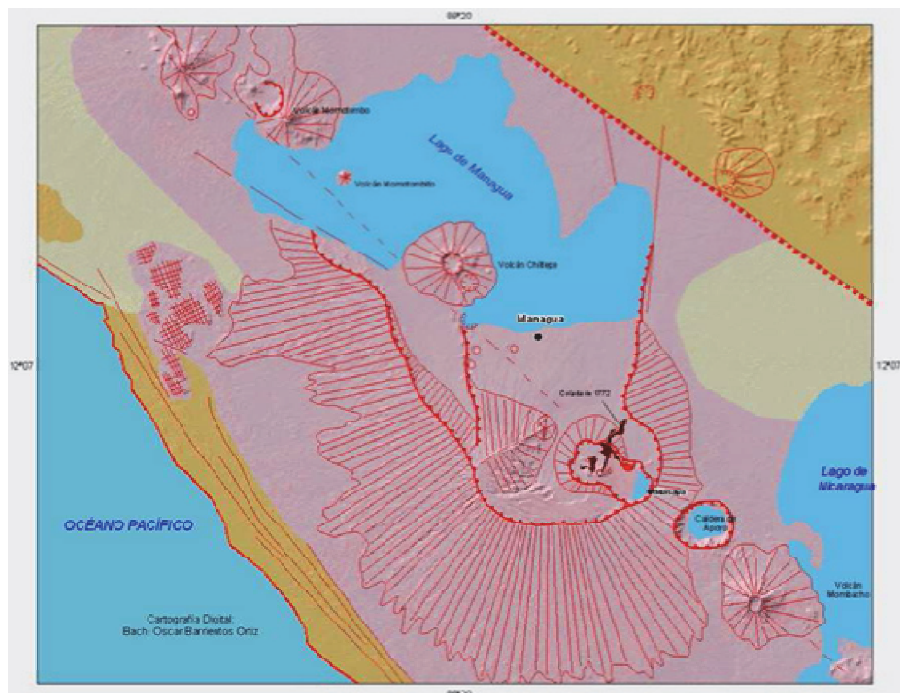
Del estudio de la columna estratigráfica generalizada de Managua elaborada por Rodríguez *et al.* (INETER, 2002), se deduce que el vulcanismo de Managua es muy reciente (Pleistoceno superior-Holoceno) y que se remontaría a unos 29,000 años. Sin embargo la base estructural volcánica está datada en tobas ignimbríticas y flujos piroclásticos de unos 870,000 años lo que nos hace remontarnos al Pleistoceno medio. El vulcanismo postcolapso se concentraría en un accidente mayor que es la falla Miraflores-Nejapa donde numerosas estructuras cratéricas se insertan con una dirección Norte-Sur.

Los gasmaares

El término “mar” procede de la región del Eiffel en Alemania y hace referencia a los lagos que ocupan cráteres de antiguos episodios volcánicos, Los maares son cráteres producto de una explosión entre el encuentro de una napa freática o un río subterráneo y un ascenso magmático lo cual se traduce en la formación de enormes cantidades de gas que ascienden por fisuras y explotan en la superficie creando un cráter de explosión que luego puede convertirse en un lago y ser alimentado por la napa freática. El campo volcánico de Kichwambe, al sur del lago George en África oriental (Gran Rift) es un excelente ejemplo (Bergoeing, 2013). El edificio volcánico así generado por erupciones freato —magnéticas forman un cráter que se sitúa por debajo de la superficie topográfica original del terreno. Igualmente se producen conos de tobas por erupciones hidro-magnéticas de menor energía. Presentan mayor elevación que los anillos de tobas y los productos que forman tienen menor dispersión lateral. Los anillos de tobas están relacionados con erupciones hidro-magnéticas de alta energía en las que se generan oleadas basales que al detenerse forman depósitos anulares que enmarcan la depresión explosiva.

El área gasmaárica-fisural “Miraflores-Nejapa”

Al interior de la ciudad de Managua existen igualmente gasmaares o cráteres volcánicos de explosión. Se trata del área fisural volcánica Norte-Sur, “Miraflores-Nejapa” situada al Oeste de la ciudad de Managua, entre el volcán Chiltepe y los altos de Monte Tabor. El área encierra una serie de conos y anillos de tobas y cráteres que corresponden a erupciones freato magnéticas. Es decir zonas de explosión por el ascenso de magma desde la cámara mágmática aún activa de la caldera de



Simbología












	Vulcanismo cuaternario Quaternary vulcanism		Conos volcánicos Volcanic cones
	Vulcanismo terciario Tertiary vulcanism		Alineamientos estructurales Structural alignments
	Aluviones cuaternarios Quaternary alluvial deposits		Ranexos Ranexes
	Terciario sedimentario Tertiary sedimentary		Alineamiento volcánico cuaternario Quaternary volcanic alignment
	Borde de caldera Calderas rim		Borde Este del Graben de Nicaragua Nicaragua's East Grabben Edge
	Cráteres Craters		

Figura 1. Caldera de Managua. Fotointerpretación basada en imagen satelital radar SRTM, J.P. Bergoing, 2012.

Área volcánica fisural poscolapso de Managua formada por gasmaares

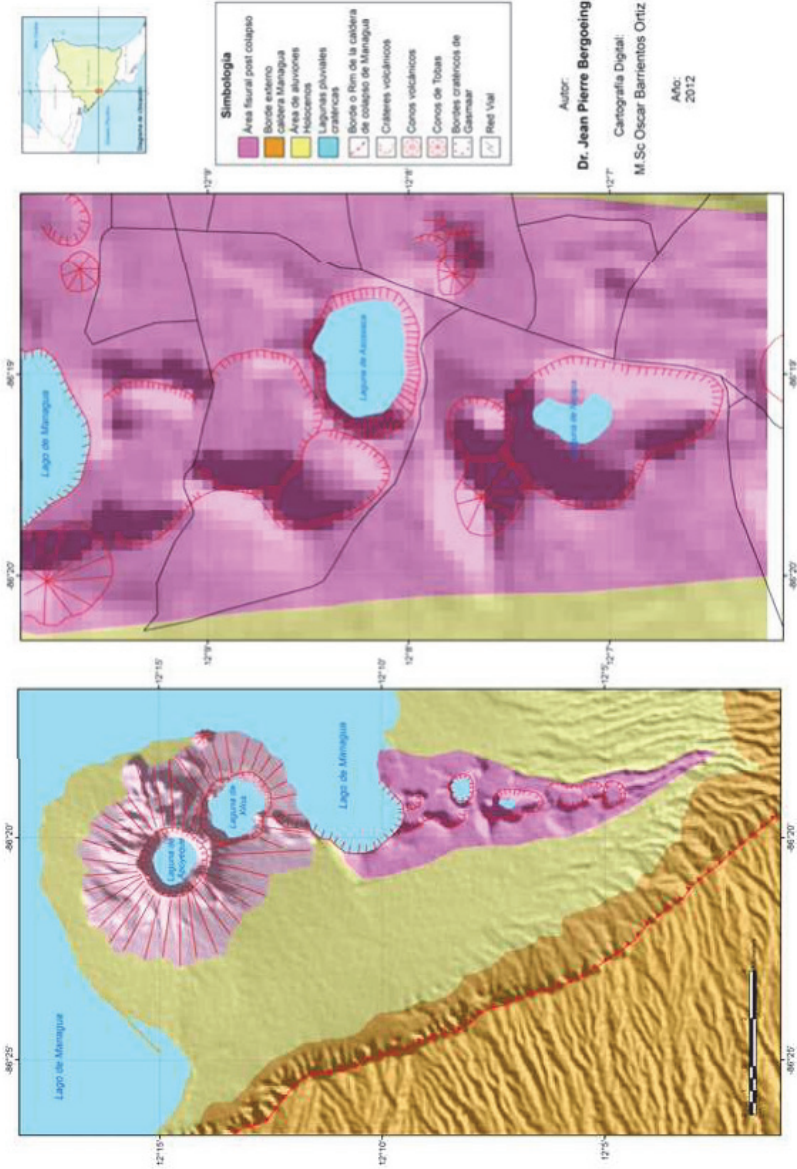


Figura 2. Área fisural Miraflores-Nejapa y gasmaares. Fotointerpretación geomorfológica J.P. Bergeoeing, 2012.

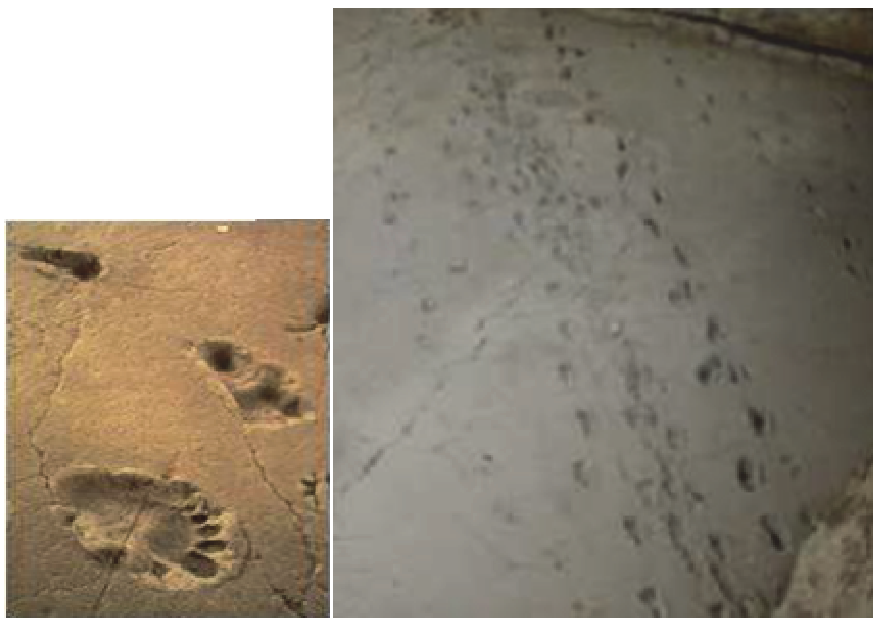


Figura 3. Huellas de Acahualinca dejadas por un grupo indígena que huían probablemente de una erupción gasmaárica hace unos 2,000 años (fotografías. J.P. Bergoeing, 2012).



Figura 4. Gasmaar de Asosca con laguna cratérica pluvio-freática y cono de tobas (fotografía cortesía de Dalila María Montealgre, 2012).



Figura 5. Laguna craterica pluvio-freática de Nejapa y cono de tobas de Motastepe de unos 3,000 años (fotografía cortesía de Dalila Maria Montealegre, 2012).



Figura 6. Volcán Santiago, activo, al interior de la caldera de Masaya (fotografía J.P. Bergoeing, 1982).

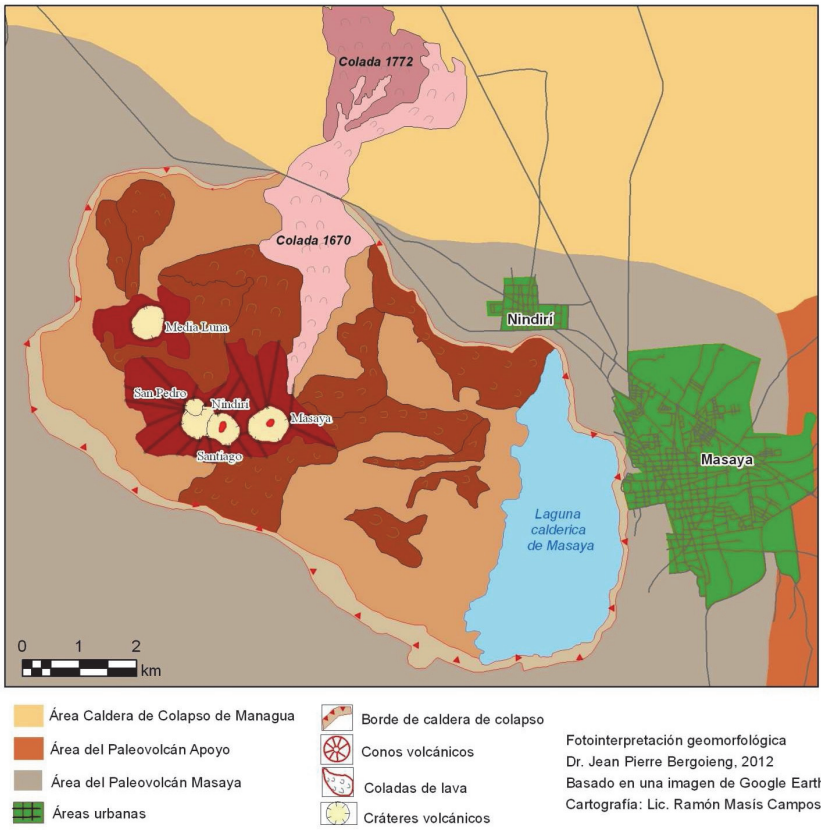


Figura 7. Fotointerpretación geomorfológica de la caldera de Masaya basada en una imagen satelital, Google Earth 2012 (fotografía J.P. Bergoing, 2012).

Managua. Entre estas estructuras mencionaremos el cráter de la laguna de Tiscapa formado hace unos 5,000 años que tiene una profundidad de 50 metros. El cráter circular ocupado por la laguna de Asososca del mismo periodo con un diámetro de 1.2km y una profundidad de 95 metros, está a su vez rodeado por una serie de conos de tobas que la separan de la laguna de Nejapa que es otro gasmaar o cráter de explosión. Los cráteres se caracterizan por ser bastante planos en su parte superior y de altitudes sub-iguales rodeados por conos volcánicos de tobas que se presentan como colinas aisladas de color sombrío. Tiscapa, Asososca y Nejapa son lagunas que se encuentran actualmente alimentadas por la napa freática del lago Xolotlán y por ello presentan un caudal de agua constante. Los otros cráteres de explosión o gasmaares que se sitúan más al sur no presentan alimentación freática y por ello están secos.



Figura 8. Laguna de Apoyo estructura caldérica de colapso probablemente contemporánea a la caldera de Managua (fotografía cortesía de Flavio Escarpa, 2008).

Sin embargo, la fisura Norte-Sur “Miraflores-Nejapa” se puede volver a reactivar por actividad tectónica y con ello producirse nuevos ascensos magmáticos que provocarían un nuevo periodo de explosiones gasmaáricas, ello en un zona densamente poblada.

El lago Xolotlán o de Managua tiene una extensión de 58km de largo por 32km de ancho que cubre unos 1,049km², corresponde a la parte sumergida de la caldera de colapso de Managua, el lago es alimentado por los ríos Sinecapa, Viejo, Pacora y San Antonio. En él, la ciudad de Managua vierte sus aguas negras aportando unos 32 millones de galones/día = 121,120m³/día haciendo del lago un espejo de agua sumamente contaminado. El lago evacua sus aguas a través del río Tipitapa hacia el Lago Cocibolca o de Nicaragua. En el sector del lago Xolotlán se encuentran las huellas humanas de Acahualinca impresas en los sedimentos de cenizas volcánicas depositados por una violenta erupción datado mediante 14C de hace 2,120 años y que marca el paso de unos 15 individuos probablemente huyendo de ese evento (Schmincke, H. *et al.*, 2008). Por su geomorfología este evento puede ser asociado a una explosión gasmaárica como lo deja suponer los pequeños cráteres de explosión del sector aledaño al lago.

El conjunto volcánico del Masaya

Se sitúa al SE de la meseta volcánica de Los Pueblos. El conjunto volcánico conforma una caldera de colapso compuesta por tres cráteres principales: el Masaya o Santiago activo, el Nandirí y el San Pedro separados del cráter principal que presen-

ta igualmente actividad fumarólica. Corresponde a la edificación de un cono volcánico después del colapso de la caldera de Managua, que evolucionó convirtiéndose en un volcán hace unos 10,000 años y posteriormente igualmente colapsó, creando de este modo una caldera al interior de otra anterior mucho más grande que es la de Managua. Al interior de la caldera existen innumerables coladas de lavas basálticas donde destacan dos principales que se dirigen hacia el norte y que son las de 1670 y 1772. Es en la parte oriental del complejo donde se observa el borde de la caldera de colapso, ocupada en parte por un lago pluvial conocido como “Laguna de Masaya”. El rim de la caldera posee 80m de caída libre. Jaime Incer B. (2008) afirma que el conjunto corresponde a un volcanismo de tipo escudo. Atribuye su formación al Holoceno (2,500 años) y su base está compuesta por basaltos y tefra.

El colapso que formó la caldera emitió ignimbritas por lo que se trató de una explosión violenta. El cráter Nandirí hizo erupción en 1670 y en 1772 otra erupción con emisión de lavas basálticas surgió por una fisura del cono Masaya. De este cono surgió una colada que es probablemente la de 1772 y que se dirigió hacia el norte alcanzando el lago Xolotlán (7.5km). Sería la más importante de los tiempos modernos. En 2003 una erupción de cenizas y vapor se elevó a 6km, la última erupción data de 2008. El cráter Santiago, único activo emite vapores de dióxido de sulfuro.

La caldera de Apoyo

Próximo a la caldera de Masaya se encuentra la laguna de Apoyo que es otra caldera de colapso, más antigua, de forma casi circular de 6km de diámetro y con paredes verticales conformadas por estratificaciones de basaltos, dacitas, tobas, escorias, cineritas y material lahárico. Posee un lago que ocupa toda la depresión y es de singular belleza. El lago de Apoyo tiene una profundidad de 176 metros de los cuales 100 están bajo el nivel del mar.

En sus bordes presenta aguas termales. El volcán pre-Apoyo colapsó hace unos 23 mil años, (Espinoza *et al.* 2008) creando la caldera de colapso por lo que sería contemporánea con el episodio formativo de la caldera de Managua.

La meseta de los pueblos

Es una superficie volcánica extensa, que alcanza los 934 metros de altitud y domina la ciudad de Managua. Desciende progresivamente hacia el lago Xolotlán, mediante escalones neo-tectónicos. Numerosos ríos disectan la vertiente del Pacífico de dicha meseta que es el remanente de un antiguo edificio volcánico del Pleistoceno, que ocupaba todo el sector de Managua y Masaya y es testigo mudo de la movida actividad volcánica de este sector de Nicaragua cuyo ejemplo es la caldera de Masaya que se ubica en su flanco Sur-Este

Conclusiones

La cronología secuencial de los eventos volcánicos se puede describir de la siguiente manera:

1. Creación del volcán Managua hace unos 900,000 años
2. Erupción y colapso del volcán Managua y del volcán pre-Apoyo hace unos 27,000 años
3. Creación del volcán Pre-Masaya hace unos 25,000 años
4. Erupción y colapso del volcán Masaya y creación de la actual caldera hace unos 10,000 años
5. Creación del volcán Chiltepe hace unos 15,000 años
6. Creación de los cráteres gasmaáricos en el área fisural Miraflores-Nejapa hace unos 2,000 años (Huellas de Acahualinca)

A partir de la observación y descripción de los depósitos en el sector de estudio se concluye que los cráteres de Asososca, Nejapa y todos aquellos que se encuentran en el sector de situado sobre la fisura Miraflores-Nejapa de Managua son cráteres gasmaáricos de explosión o anillos de tobas formados por intensas erupciones freatomagmáticas. Las erupciones dieron lugar a la emisión de oleadas piroclásticas, brechas de explosión y caídas piroclásticas y son el resultado de cambios en el sistema hidromagmático del sector.

Esta área de Managua es particularmente vulnerable ya que se sitúa en un espacio densamente poblado. En sus alrededores, la caldera de Masaya es igualmente digna de vigilancia puesto que una erupción como la de 1772 puede reproducirse y esta vez afectar a un gran número de residencias. Laguna de Apoyo es igualmente una caldera de colapso activa y que puede reconstruir nuevamente el cono inicial. Por todo ello hay que tomar consciencia que estos episodios se volverán a repetir en el tiempo y hay que tomar las disposiciones preventivas que se imponen.

Bibliografía

- Atwater, T., "Implicaciones de las placas tectónicas de la evolución tectónica Cenozoica del oeste de América del Norte", *Geol. Society of America Bulletin*, vol. 81, pp. 3513-3556, USA, 1970.
- Auboin J. & Azéma J., "A propos de l'origine de la plaque caraïbe: la façade pacifique de l'Amérique Centrale. C.R.", *Académie des Sciences de Paris*, t. 29, 7 juillet 1980, Paris, 1980.
- Aubrun Ch.V., *L'Amérique Centrale*, Presses Universitaires de France, Que Sais-je núm. 513, Paris, 1974.

- Bergoeing J.P., “Tectónica de placas y vulcanismo en el área del Gran Rift”, *Revista Reflexiones*, Universidad de Costa Rica (en prensa), 2013.
- , *Paisajes volcánicos de Costa Rica*, Editorial Jadine, San José, Costa Rica, 2009.
- , *Geomorfología de Costa Rica*, Librería Francesa, San José, Costa Rica, 2007.
- , “Photointerprétation géomorphologique du versant Pacifique du Nicaragua, Amérique Centrale”, in *Revue Mapped Monde*, núm. 2, pp. 5-8, Montpellier, 1987.
- , “Le Costa Rica: contribution à une étude géomorphologique régionale”, tesis de Estado, Universidad de Aix-Marseille II, Francia (Mirofilmado por la Universidad de Lille), 1987, 437 pp.
- , “Reconocimiento geomorfológico de la vertiente del Pacífico de Nicaragua”, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, *Revista Geográfica*, núm. 106, México, pp. 69-94, 1986.
- Bullard F., “Volcanic activity en Costa Rica and Nicaragua en 1954”, *American Geophys*, Union Trans, no. 37, USA, pp. 75-82, 1956.
- CGS, “Investigación geológica de las amenazas naturales en Nicaragua y en otros países de América Central. Proyecto de asistencia técnica de la República Checa a los países de América Central”, INETER-SNET, Nicaragua, 2005.
- Coates, A.G. and Obando, “The Geologic evolution of Central American Istmus”, in Jacson, J.B.C., Budd A.F. and Coates A.G., *Evolution an environment in tropical America*, University Chicago Press, 1996.
- Delmelle, P.; Stix, J.; Baxter, P.J.; García-Álvarez, J.; Barquero, J., “Atmospheric dispersion, environmental effects and potential health hazard associated with the low-altitude gas plume of Masaya volcano, Nicaragua”, *Bulletin of Volcanology*, 10.1007/s00445-002-0221-6, 2002.
- Dengo G., *Estructura geológica, historia tectónica y morfología de América Central*, Centro Regional de Ayuda Técnica AID, México, 1968.
- Espinoza, E.; Gutiérrez, C.; Cerrato, D.; Vázquez-Prada, D., “Cartografía geológica y geomorfológica de la Reserva Natural Laguna de Apoyo”, Programa Integral por el Ordenamiento Ambiental de Apoyo –AMICTLAN-Geólogos del Mundo-INETER-UNAN, Ed. Agencia Catalana de Cooperación al Desarrollo, Catarina, Nicaragua, 2008, 75 pp.
- Fisher, R.V.; Waters, A.C., *Base surge bed forms in maar volcanoes: American Journal of Science*, no. 268, pp. 157-180, 1970.
- Franco A., *Cinématique Actuelle du Nord de l’Amérique Centrale: Zone de Jonction Triple Amérique du Nord Amérique-Cocos-Caraïbe. Apport des données sismologiques et géodésiques aux modèles régionaux*, Université Paris Sud - Paris XI, 2008.

- González-Becerra, P.C., *Evolución geológica del maar Hoya de Solís, Valle de Santiago, Guanajuato, México: Linares, N.L., Universidad Autónoma de Nuevo León*, Facultad de Ciencias de la Tierra, tesis profesional, 2005, 197 p.
- Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales (INETER), “Actualización del Mapa de fallas geológicas de Managua”, Informe Técnico, abril, Managua, Nicaragua, 2002.
- Lorenz, V., “On the formation of maars”, *Bulletin of Volcanology*, no. 37, pp. 183-204, 1973.
- Oviedo-Padrón, E.G., “Análisis geológico-estructural del complejo de mares de Valle de Santiago, Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato, México: Linares”, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, tesis profesional, 2005, 119 p.
- Rogers, R.D., *Jurassic-Recent tectonic and stratigraphic history of the Chortis block of Honduras and Nicaragua (northern Central America)*, The University of Texas at Austin, Ph. D. dissertation, 289 p., 2003.
- Rymer, H.; Van Wyk De Vries, B.; Stix, J., and Williams-Jones, G., “Pit crater structure and processes governing persistent activity at Masaya Volcano, Nicaragua”, *Bulletin of Volcanology*, no. 59, pp. 345-355, 1998.
- Schimels B., “Recent decline en the level of lake Nicaragua”, *Amer. Geol.*, no. 28, pp. 396-398, USA, 1901.
- Siebert L.; Alvarado G.E.; Vallance J.W. and van Wyk de Vries B., “Large-volume volcanic edifice failures in Central America and associated hazards”, in Rose W. I.; Bluth G.J.S.; Carr M.J.; Ewert J.W.; Patino L.C. and Vallance J.W. (eds.), “Volcanic hazards in Central America”, *Geol Soc Soc Amer Spec Pap*, no. 412, pp. 1-26, 2006.
- Viramonte, J.G. and Incer-Barquero, J., “Masaya, the Mouth of Hell, Nicaragua: Volcanological interpretation of the myths, legends and anecdotes”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, volume 176, issue 3, October 1, 2008, pp. 419-426, Elsevier Science, 2008.
- Williams-Jones, G.; Rymer, H., and Rothery, D.A., “Gravity changes and passive degassing at the Masaya caldera complex, Nicaragua”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 123, nos. 1-2, pp. 137-160, 2003.