

ANÁLISIS Y MAPA DE RIESGO DEL VOLCÁN COLIMA, MÉXICO

Carlos Suárez Plascencia y Gustavo Saavedra De La Cruz
Centro de investigación de la Facultad de Geografía
Universidad de Guadalajara, México

RESUMEN

La presente investigación consiste en la aplicación de un modelo que toma en cuenta la vulnerabilidad, la inversión, el análisis del relieve y el peligro de productos emanados de la actividad histórica del volcán de Colima; ello con la finalidad de determinar qué área son susceptibles de sufrir los efectos eruptivos del volcán que presenta la mayor actividad histórica y peligrosa del país, el cual se ubica en una de las regiones con más alto desarrollo económico y demográfico del occidente de la República Mexicana.

INTRODUCCIÓN

México se localiza en una de las principales zonas volcánicas activas del mundo; esto se manifiesta en la importancia que ha tenido el proceso magmático en la configuración del paisaje nacional, este proceso se ha manifestado con mayor intensidad en la provincia fisiográfica conocida como “Faja Volcánica Mexicana” en la que el número de erupciones y aparatos se cuentan por miles. Dentro de éstos, está el Volcán de Colima que ha presentado desde tiempos históricos una actividad cíclica de tipo explosivo con emisiones de flujos piroclásticos y grandes cantidades de ceniza y pómez de caída libre.

El volcán de Colimase ubica en el extremo occidental de Faja Volcánica, en la porción central del grabén Colima, con coordenadas geográficas (19°37'02"N y 103°37'02"W) que lo coloca entre las entidades federativas de Jalisco y Colima, en los municipios de Tuxpan, Zapotitlán de Vadillo, Tonila, Comala y Cuahutémoc. El objeto de este trabajo es la elaboración del **Mapa de Riesgo del Volcán de Colima**, el cual identifique de una manera precisa las áreas urbanas y rurales amenazadas por los diferentes productos que pueden emanar de la actividad civil de l Colima, así como el proporcionar información entendible a la sociedad civil que habita en los alrededores del volcán y a las autoridades correspondientes.

El trabajo fue dividido en dos partes, en la primera se analizó la actividad prehistórica e histórica del volcán, ello nos proporcionó elementos para que en la segunda parte se desarrollara el análisis de la dinámica cada uno de los productos volcánicos sobre el relieve del volcán y como estos elementos de riesgo podrían afectar las diferentes actividades sociales y económicas llevadas a cabo en el pie de monte y valles que circundan esta estructura volcánica.

HISTORIA ERUPTIVA

La actividad eruptiva del Volcán de Colima es dividida en dos períodos:

- a) Período histórico de 1576 a la fecha.
- b) Período prehistórico desde su origen hasta 1576.

La actividad eruptiva Prehistórica del Volcán de Colima por Robin (1987), fue dada en etapas sucesivas caracterizadas por los siguientes fenómenos magmáticos:

- I) Emisión de flujos andesíticos y desíticos.
- II) Emplazamiento de depósitos silíceos de flujo, ceniza y pómez.
- III) Flujos piroclásticos.
- IV) Depósitos plinianos de caída libre.
- V) Crecimiento de conos de escoria.

Este período de actividades se manifestó de manera continua en el desarrollo antiguo Volcán de Colima llamado "Paleofuego" (Robin. Et. Al.), dicho patrón dio término con una erupción calderica de forma elíptica 6.5 x 4 Km. de diámetro e inclinada hacia el sur (Romero. 1988), los detritos resultantes de esta explosión se extendieron en forma de abanico en el sector sur del volcán, alcanzando distancias aproximadas a los 40 kms y un volumen aproximado de 12 km³ (Robin. Et. Al.), la edad de este evento está fechada en 4,300 años (Lurh. 1980).

Posteriormente sobre el piso de la caldera del "Paleofuego" comenzó a formarse el actual Volcán de Colima cuya actividad comenzó a ser registrada de manera continua a partir de 1576 por diversos observadores. El análisis de estos registros. (Lurh. 1981), muestran cuatro ciclos de actividad, cada uno de ellos con una duración aproximada de cien años; el primer ciclo abarcó de 1576 a 1611, el segundo de 1611 a 1818, el tercero de 1818 a 1913 y finalmente el cuarto de 1913 al presente, esta actividad cíclica ha sido caracterizada por las siguientes fases:

- 1) Erupción violenta con desalojos del domo que ocupa el cráter, con emisión de flujo piroclásticos y material de caída libre.
- 2) Período de reposos de varias décadas.
- 3) Reinicio de la actividad con ascenso del domo de lava.
- 4) Derrames de lava por los flancos del volcán y pequeñas explosiones con emisiones de ceniza.
- 5) Terminación del ciclo, con las características de la primera fase.

La última actividad explosiva del volcán que dio término al tercer ciclo, ocurrió el 20 de enero de 1913, hincando con una violenta erupción pliniana, sin que ocurran eventos premonitorios, los vientos dominantes trasladaron a la nube de ceniza hacia el norte, depositando un metro en las faldas del Nevado de Colima, 7 cms., en Cd. Guzmán y 0.5 cms., en Guadalajara (Waitz. 1932). La actividad explosiva continuó con la emisión de Flujos Piroclásticos que descendieron por los flancos para encajonarse en varias barrancas, alcanzando distancias superiores a los 15 kms. Esta erupción fue repentina y

sólo duró cuatro días, dando como resultado la formación de un cráter con bordes dentados y con una profundidad de 300 metros.

En 1957 la actividad se reinicia tras 44 años de reposo, como emanaciones de vapor y el ascenso del piso del cráter, el cual comenzó a derramar lava en bloques sobre el flanco norte en 1961, los derrames se continuaron en los años de 1975 y 1976 por los flancos NE y SE alcanzando distancias de 3 y 4.7 kms respectivamente. En 1981 se produce un nuevo derrame por el flanco sur, que alcanza la costa 2500 msnm y longitud de 1.5 kms. La actividad decreció por una década; el 14 de febrero de 1991 se incrementa la actividad sísmica del volcán, la cual se mantiene una semana de manera constante, la tercera semana de febrero se aparecía el crecimiento de un pequeño domo en el cráter; en abril el domo alcanza el borde de la cima y comienza a derramar lava en bloque por las barrancas de Zarco y otra aledaña a ésta sin nombre. La actividad tipo Merapi prevaleció por espacio de dos meses, en la que además de los derrames se sucedieron emisiones de pequeños flujos piroclásticos, producto del entallamiento de los frentes de lava. Actualmente el volcán fumarólica y pequeños sismos en el área.

RIESGOS VOLCÁNICOS

La investigación denominada “EVALUACIÓN DEL RIESGO SOCIAL Y ECONÓMICO DE LA REGIÓN CIRCUNDANTE AL VOLCÁN DE COLIMA” nos permite establecer, en los distintos escenarios de riesgo, la vulnerabilidad de la región los diferentes productos que pueda emitir el volcán en una fase explosiva; dicha vulnerabilidad es mayor en el sector sur del volcán que en el sector norte, debido a la barrera topográfica que representa el Nevado de Colima, cuya estructura sólo permitiría el paso de material de caída libre hacia el norte. La zona de una mayor riesgo por la actividad volcánica es delimitada a partir de la Barranca de Atenquique el Este, y la Barranca de Plátanos al oeste, ambos encajonamientos unidos casi de forma perpendicular con las barrancas de los ríos Tuxpan y Armería. De acuerdo con Martín del Pozzo (1988), los principales productos emitidos en anteriores etapas explosivas, que pueden representar peligro sobre la vida y los bienes instalados en esta zona de riesgo, son los siguientes:

- a) Caída de ceniza
- b) Flujos piroclásticos
- c) Flujo de lava
- d) Flujo de lodo (lahares)
- e) Avalanchas de escombros

A) CAÍDA DE CENIZA

Los efectos de las caídas de ceniza varían dependiendo del volumen del material expulsado, la duración o intensidad de la erupción y la duración de los vientos dominantes al suceder ésta. La dirección de los vientos dominantes en el Volcán de Colima son de SW-NE durante la mayor parte del año, a excepción de los primeros meses en que varían de NW y E; si sumamos estas características de los antecedentes históricos de las erupciones de 1818 y

1913, en que se reportaron caída de ceniza en Cd. Guzmán y San Luis Potosí (Flores, 1987) y la erupción de 1991 en que la ceniza fue distribuida por los vientos hacia el norte, sur y noreste, tal situación nos permiten establecer dos escenarios de riesgo para este tipo de producto:

- a) Escenario de riesgo alto
- b) Escenario de riesgo medio

El primero afectaría principalmente a 62 localidades ubicadas en el sector norte del complejo volcánico "Volcán Nevado de Colima", siendo las principales Ciudad de Guzmán, Tuxpan, Tamazula, la zona conurbana de Zapotiltic-Huescalapa, Zapotitlán de Vadillo, Venustiano Carranza, Atenquique, Tecalitlán, Alista, Copala, El Fresnito y un gran número de pequeñas localidades y rancherías diseminadas en toda la región.

La segunda comprende 37 localidades localizadas en la zona sur inmediata al volcán, las poblaciones con mayor importancia en esta zona son Quesería, Tonila, San Marcos, La Esperanza y Tenexcamilpa.



Los daños que causaría la caída de ceniza en las localidades mencionadas, así como a las industrias establecidas dentro y fuera de estas áreas urbanas, serían los siguientes:

* Colapso de los techos de las casas habitación construida con materiales de mala calidad, según datos del INEGI (1990) el 6.47% de las casas ubicadas en la zona de riesgo por caída de ceniza fueron construidas con materiales

como lámina, cartón o desecho, habitando en ellas aproximadamente 12,300 personas.

* Colapso de los techos y estructuras de las industrias establecidas en la zona como son los ingenios de Quesería, Tamazula y Tecalitlán, además de la papelería de Atequique, las cementeras y caleras entre otras, por el peso de las cenizas acumuladas sobre ellos. Un ejemplo de estos daños los tenemos en otros sitios tras las erupciones ocurridas el año pasado en el Volcán Pinatubo, en Filipinas, y en el Volcán Hudson, en el sur de Chile, el primero dejó inoperable la base aérea de Clark y la estación naval de Subic, ambas de los Estados Unidos, además de una gran cantidad de poblaciones y tierras agrícolas sepultadas por las cenizas en las laderas del Pinatubo (Ponongbayan, 1991); en tanto la erupción del Volcán Hudson región de Aysen- a 1260 km al sur de Santiago de Chile, produjo grandes destrozos que, según un informe del servicio Nacional de Geología, las cenizas cubrieron 40,000 km² en seis días, causando daños a la agricultura, ganadería, obras públicas y propiedades privadas de la región; las pérdidas sumaron cerca de los 40 millones de dólares, y la capa de ceniza varió desde 0.05 mts., hasta 2.5 mts., de espesor inutilizando 175.000 hectáreas de cultivos y la muerte de 15 mil cabezas de ganado por inanición (boletín de prensa emitido por el Gobierno de Chile, el 23 de Agosto de 1991).

* Daño en los suelos agrícolas y en los de agostadero, los cuales varían de acuerdo al espesor de las cenizas acumuladas; esta acumulación inutilizaría, por un tiempo indeterminado, gran parte de las 122,570 hectáreas de tierras de cultivo; la producción agrícola afectada inmediatamente sería de 2'321,475 toneladas de maíz, caña, sorgo, frijol, café y otros cultivos (producción de 1991) cuyo costo de garantías es de 128'635,000 dólares aproximadamente (información personal de CONASUPO); la población dedicada a las actividades agropecuarias y silvícola serían 44,551 personas (INEGI, 1991) así como 21,915 personas (INEGI, Et, Al, 1991) empleadas en la zona que depende directamente de la producción de la caña y silvícola.

* Otros sectores importantes que se verían afectados por este tipo de emisión volcánica son las comunicaciones y suministro de electricidad y agua.

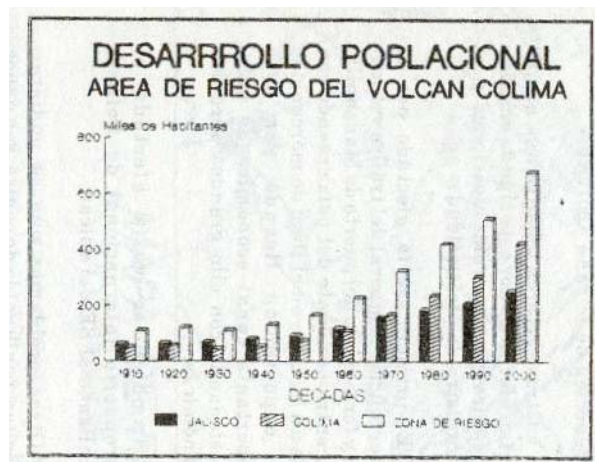
El primero, sería afectado por la interrupción temporal del tráfico vehicular y ferroviario del puerto de Manzanillo al centro-occidente del país creando con ello un bloque en el flujo de mercancías de exportación llevado por ese importante canal económico de l país, ocasionando con ello grandes pérdidas económicas.

También se vería afectado el Aeropuerto internacional de Colima, localizado al sE del volcán.

Otros problemas que se pudieran suscitar, por la caída de ceniza, son daños a las líneas utilizadas para el suministro de energía eléctrica, el cual provocaría la suspensión del servicio en un importante sector de la zona de riesgo así como la reducción del flujo eléctrico en puntos alejados, como lo es la ciudad de

Guadalajara; este tipo de efecto también lo resentirían las líneas telegráficas y telefónicas, además de posibles incendios forestales.

*El polvo suspendido en el aire puede provocar problemas respiratorios y visuales en la población y en los animales; las sustancias tóxicas emitidas durante una fase explosiva podrían continuar los suministros de agua que proveen a la gran mayoría de las localidades ubicadas en un radio de 20 km., o fijar elementos venenosos en la vegetación que sirve como forraje para el ganado.



B) Flujos Piroclásticos

Los flujos emitidos por el Volcán de Colima durante las etapas explosivas que caracterizan la terminación de cada ciclo eruptivo (M. Del Pozzo, 1987, se han analizado fundamentalmente por las barrancas que tienen su origen en la parte superior del cono volcánico, la ocurrencia de este fenómeno en la terminación de los ciclos eruptivos del Colima hacen actualmente que la zona inmediata al cono volcánico presente una alta probabilidad de ocurrencias, ello que vendría afectar a la actividad económica y demográfica desarrollada en el pie de monte y valle del sector sur, sureste y suroeste de esta estructura volcánica.

Durante la erupción de 1913 Waitz (1932) reportó que los flujos emitidos en esta crisis volcánica se analizaron por las barrancas de Al Lumbre, Beltrán, y una barranca situada al sur, extendiéndose hasta 15 km., del cráter, con estos antecedentes, junto con las observaciones de campo realizadas durante dos años con Martín del Pozzo, se delimitó el área de riesgo para los flujos piroclásticos y surges. Los límites de esta zona son al oriente la intersección de la Barranca Plátanos y de Beltrán con el río Tuxpan; en la ladera poniente, la Barranca de La Lumbre, continuándose por el río Armería hacia el sur y, cerca de la localidad de La Caja, el límite se une al primer punto, formando una especie de abanico; el área total de esta zona es de 397.5 km².

El área descrita es dividida en dos áreas de riesgo:

- Área de alto riesgo
- Área de riesgo medio

Los centros poblacionales situados en la primera zona de riesgo que encuentran expuestos a sufrir serios daños por este tipo de emisión volcánica, son 21 en donde habitan 15,915 personas (INEGI. Et. Al.) distribuidos en 3.177 viviendas, las localidades más importantes son Quesería, Tonila y San Marcos, existen en la zona dos localidades –La Hierbabuena y Juan Barragán- que presentan alto riesgo por estar ubicadas a menos de 10 kilómetros de la cima del volcán.

Los daños que podrán sufrir el área descrita serían similares a los ocurridos en otros volcanes, como el Chichonal en Chiapas (1982) donde los flujos piroclásticos y surges destruyeron a las poblaciones situadas en un radio de 7 kilómetros del volcán, matando a 2, 000 personas y desapareciendo toda actividad productiva por varios años (Duffield, 1984; Lurch y Varekamp, 184).

En la segunda área de riesgo se ubican 27 localidades con una población total de 24,866 personas que habitan en 3,527 casas, el sector SW posee cierta protección por la barrera topográfica de orientación E-W, con una altura de 200 metros y en su parte superior una longitud aproximada de 1 kilómetro.

Las principales poblaciones de esta área de riesgo son: Cofradía de Suchitlán, Suchitlán, Chiapa, Ocotillo, Cuahutémoc, Alcaraces y el Platanar.

Como ya se ha descrito, en esta zona se lleva a cabo una importante actividad económica, dominando las actividades agrícolas e industriales, las cuales pueden ser destruidas y/o afectadas total o parcialmente si se encuentran dentro de la trayectoria directa de un flujo o surge.

Las actividades agrícolas predominantes son los cultivos de maíz y caña, ambos con un alto grado de rendimiento; el primero representa aproximadamente el 10% del total cultivado en el áreas, esto es 14,000 hectáreas que tienen una producción aproximada de 42,000 toneladas con un precio de garantía de 9.5 millón de dólares, mientras que el cultivo de caña cuenta con una superficie de 11,000 hectáreas, las cuales tienen una producción de 592,000 toneladas con un valor de 10'853,000 dólares. La producción de caña en la zona constituye la materia prima del Ingenio de Quesería, localizado a 15 kilómetros al sureste del volcán, esta agroindustria de empleo directo a 644 personas, así como a un sinnúmero de jornaleros que reciben entre 25,000 y 30,000 pesos diarios (10 dólares) en época de zafra (información directa del Ingenio de Quesería); la producción de azúcar asciende a 60,000 toneladas y se comercializa hacia el centro-occidente del país, Estados Unidos y Canadá.

C) Flujos de Lodo (Lahares)

Una erupción del Volcán de Colima puede depositar gran cantidad de material piroclástico sin consolidar en sus laderas; que al mezclarse con agua juvenil o por lluvias originadas por la propia erupción o de temporada, pueden producir flujos de lodo o lahares, que se desplazarían a través de las barrancas existentes en los sectores oeste, este y sur del volcán. Estos podrían alcanzar distancias mayores que los propios flujos piroclásticos, afectando a las

localidades, actividades económicas e infraestructura carretera o de ferrocarril que se encuentra en los márgenes o sobre las barrancas en que fluyan.

Las localidades que podrían verse afectadas en su estructura urbana o en las actividades económicas que desarrollan en su entorno son La Hierbabuena, Juan Barragán, La Caja, Huisichi, Atenquique y otras más. Cabe señalar que Atenquique ya fue destruido en la década de los 40's por un flujo de lodo cuyo origen obedeció a factores atmosféricos y no a volcánicos; tal situación hace vulnerable a esa importante localidad industrial.

D) Flujos de Lava

El área de mayor riesgo, por emisiones de lava, se circunscribe a la parte superior del cono y presenta un riesgo reducido a la población asentada en los valles y partes bajas del volcán; ello obedece a que el cráter viscoso de las lavas andesíticas arrojadas en anteriores eventos históricos, no han permitido que éstas bajen (varios años después de su emisión) a cotas inferiores a los 2.000 metros S.N.M.M; otro riesgo inherente a los derrames de lava son la probabilidad de emisión de pequeños flujos piroclásticos producto de la explosión que sufren las lavas al entrar en contacto con la atmósfera (tipo San Vicente).

Las localidades que tienen alto riesgo por los flujos de lava es el nuevo centro ejidal de población Juan Barragán, localidades ubicada a escasos 8 kilómetros al Este del cráter a una altura de 1.400 metros S.N.M.M., y situada en el parteaguas de las barrancas de Beltrán y de los duraznos, la Hierbabuena, Confradía, Atenguillo y Caseuntla.

Los daños económicos por este tipo de emisión se remitirían a la destrucción total de los suelos que se vean afectados por el avance de la lava, dado que su recuperación tendría cientos de años. Otros daños serían los incendios forestales que mermarían los suministros de madera requeridos por la Compañía Industrial de Atenquique para el proceso de la celulosa y el papel.

E) Avalancha de Escombros

El riesgo de evento que de origen al colapso estructural de un segmento de la actual estructura del volcán y, por consecuencia, de una avalancha de escombros del tipo volcán Santa Elena, es baja; pero de originarse, el riesgo que implicaría a la población, y a las actividades económicas desarrolladas en la región sur, serían a escala sin precedentes en el país, puesto que plantearía la evacuación total de los habitantes de la zona sur del volcán, incluyendo localidades importantes como Quesería, Cuahutémoc, Tepames y la Zona Metropolitana de Colima (el sector norte del áreas de riesgo está protegida por el Nevado de Colima, volcán extinto de 4.300 metros S.N.M.M.); se perderían, además, casi totalmente las actividades agropecuarias, industriales comerciales y turísticas, así como la mayor parte de la infraestructura instalada en la región.

DISCUSIÓN

El Volcán Colima es un aparato de características geodinámicas de grandes zonas de subducción, es decir, es un volcán que emite lavas de tipo andesítico, con una alta viscosidad, la cual tiende a formar un domo que obstruye el cráter, permitiendo acumular altas presiones de gas, el gas se expande de manera explosiva arrastrando consigo grandes cantidades de ceniza y lava en forma de nubes ardientes y caída de piroclastos hacia los valles y el pie de monte del volcán; el impacto de estos productos es tal que podían destruir toda actividad ya sea urbana o económica de manera temporal o permanente.

En la erupción de 1913, los medios informativos de la época (periódicos) y algunas personas entrevistadas no reportaron pérdidas económicas, por lo que consideramos que éstas fueron mínimas y que se debieron fundamentalmente a que la mayor parte de la población y las actividades productivas se desarrollaban en las haciendas. Esta situación de principios de siglo ha ido modificándose paulatinamente con el transcurso de los años, hasta tener en el presente una amplia distribución poblacional y una alta dinámica actividad económica; como ejemplo de esta distribución podemos citar los nuevos asentamientos de La Hierbabuena y Juan Barragán, así como las altas tasas de crecimiento presentadas por la región de riesgo en la década pasada, que en algunos casos fueron superiores al 6% anual.

En 1913, la población de la zona de riesgo era de aproximadamente 108,000 habitantes (Dirección General de Estadística, 1913), que representa el 25.22% de la población actual con posibilidades de ser afectadas por una actividad explosiva; así como, la actividad económica, se centraba principalmente en las haciendas como las de San Marcos, Huescalapa, La Purísima, el Jazmín y otras.

Actualmente la población susceptible a ser afectada, directa o indirectamente por una posible actividad explosiva del Volcán Colima, es de 426 mil habitantes (INEGI, 1991) distribuida en los municipios de Tuxpan, Zapolitic, Ciudad Guzmán, Colima, Villa de Álvarez, Cuahutémoc, Comala, Coquimatlán, Ixtlahuacán, Armería y Tecomán.

La actual diversificación económica de la zona se apoya en una amplia infraestructura, -principalmente carretera y portuaria- la cual ha permitido en los últimos 10 años el desarrollo de la región, estas particularidades regionales han incrementado considerablemente el riesgo volcánico que presenta el Volcán de Colima con respecto al escenario pre-eruptivo de 1913 en toda su zona de influencia.

BIBLIOGRAFÍA

*Duffield, W.A., Tilling, R.L. y Canual, R. 1984. **Geology of the Chicon Colcano, Chiapas, México.** Jour, Volcanol. Geotherm. Res. 20:117-134.

*Flores Díaz, J. 1987. **Las Erupciones del Volcán Colima,** Cuadernos de Difusión científica de la Universidad de Guadalajara. Núm. 10:17-18.

*Lurh, J.F. y Varekampa, J. 1984. **El Chichón Volcano, Chiapas, México.** Jour, Volcanol. Geotherm. Res. 23:1-191.

*Lurh, J.F. 1981. **History and Cyclity of Eruptions of Colima Volcano.** Volcano News. 7:1-3.

*Lurh, J.F. y Carmichael. 1980. **The Colima Volcanic Complex, México: Part I. Postcaldera Andesitas From Volcan Colima.** Contrib. Min. Petrol. 71:345-372.

*Martín del Pozzo. A.L. 1987. **Lo Flujos Piroclásticos del Volcán de Colima, México.** Geof. Int., Special Volume on Mexican Volcanic Belt-part 3B (Ed. S.P. Verma) 26:291-307.

*Punongbayan, R. 1991. **Informe de prensa del 12 de junio de 1991.** Periódico el Informador de Guadalajara.

*Secretaría de Fomento, Colonización e Industria. Dirección General de Estadística. 1914. **III Censo General de población (1913).** 11-19.

*Robin, C., Mossand, P., Camos, G., Cantagrel, J.M., Gourgaud., y Vicent, P.M. 1987. **Eruptive History of the Colima Volcanic Complex (México).** Jour Vulcanol. Geotherm. Res. 31:99-113.

*Romero, V., y Martín del Pozzo. 1988. **el origen de la caldera del Volcán de Colima.** Geof. Int.

*Secretaría de Programación y Presupuesto. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1991. **XI Censo General de Población y Vivienda, tomos Jalisco y Colima.**

*Suárez Plascencia, C., y Martín del Pozzo, A.L., 1989. **Volcanic Risk at Colima Volcano: Economic and Geographic Aspects.** Continental Magmastidm Abstracts. IAVCEI Bull. 131:260.

*Watz, P., 1932. **Datos Históricos y Bibliografía acerca del Volcán de Colima.** Memoria de la Sociedad Científica Antonio Alzate. México. 53:349-384.