



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POSGRADO EN GEOGRAFÍA



*Colima
2003*

EFFECTOS AMBIENTALES DE LA ERUPCIÓN DE 1913, DEL VOLCÁN DE COLIMA Y SUS PROYECCIONES A FUTURO.

DON

03 MAY 2005

T E S I S

000339

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN GEOGRAFÍA (AMBIENTAL).

P R E S E N T A :

Rita Fonseca Alvarez

Dirigida por:

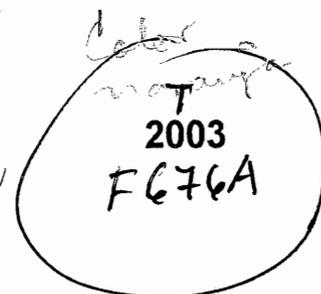
Dra. Ana Lillian Martin Del Pozzo

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO



POSGRADO EN GEOGRAFÍA
COORDINACIÓN

cat





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*LLEGAR AL OBJETIVO ES IMPORTANTE,
SI HEMOS ASIMILADO
LAS LECCIONES DEL RECORRIDO.
LA CONQUISTA... SE TRANSFORMA
EN UN NUEVO PUNTO DE PARTIDA
PARA INICIAR OTRA BÚSQUEDA Y
CONTINUAR APRENDIENDO...*

Paulo Coelho

*A mis hijos Sara y Marcos
que son el principal motivo
e inspiración”...*

*A mi mamá por el amor y
apoyo que siempre me ha brindado...*

*“A mi abuelo por sus
sus enseñanzas, confianza
y cariño”.....*

*A mi gran amiga y hermana
Fabiola que me ha enseñado
el valor de la verdadera amistad...*

*A Jorge y Enrique
por su tiempo y
apoyo incondicional...*

*A mi muy querida amiga
Angélica, por sus tan sabios
Consejos y apoyo moral que me
ha brindado en todo momento .*

*“A ti, por ser enseñarme,
que cuando se ama
las cosas adquieren
aún más sentido”...*

AGRADECIMIENTOS:

- *De manera muy especial agradezco a mi directora de tesis Dra. Ana Lillian Martin Del Pozzo, por el apoyo incondicional que en todo momento ha sabido brindarme .*
- *A la Dirección General de Estudios de Posgrado por el apoyo económico para la realización de mis estudios de maestría.*
- *A PAPIIT por el apoyo económico para la terminación de este trabajo de investigación.*
- *A la Coordinación de Posgrado en Geografía por el apoyo económico para la realización del trabajo de campo.*
- *A la UNAM y al Instituto de Geofísica, por haberme apoyado para lograr este nivel académico.*
- *Al Servicio Meteorológico Nacional por haberme proporcionado los datos de radiosondeo.*
- *A las Dras. Martha Cervantes, Carmen Juárez, Oralia Oropeza y Dr. José Lugo por aceptar ser sinodales del presente Trabajo, sobre todo por el tiempo dedicado para realizar los comentarios y sugerencias para el mejoramiento de este trabajo.*
- *Al Mtro. Roberto Bonifaz por el asesoramiento en el procesamiento de las imágenes de satélite.*
- *Al Dr. Mauro Valdez por el apoyo y asesoría en la solución del manejo de los datos de radiosondeo.*
- *Al Sr. Antonio por su amable colaboración en la búsqueda de información.*
- *Muy especialmente al Sr. Melchor Urzúa de Protección Civil de Colima, por el apoyo logístico incondicional que me brindo durante el trabajo de campo.*
- *De manera muy especial al personal del Posgrado en Geografía: Dr. Omar Moncada, Edith, Dr. Guillermo Aguilar, por su amable atención y buena disposición para la realización de trámites de posgrado.*
- *A mis amigos y compañeros Paty, Yola, Lety y Mario, Humberto, Fernando, Miguel Ángel, Lala, Alicia y Christian por su amistad y apoyo moral.*
- *A Francisco por su apoyo durante el trabajo de campo.*
- *A mi familia por el apoyo incondicional, el cariño y comprensión que en todo momento me han brindado. Especialmente a Alicia por todo el cariño y apoyo incondicional que me brindo en todo momento.*
- *A Mina por el apoyo especial que me brindo en uno de los momentos más críticos.*
- *Por último a todos mis profesores de maestría. Especialmente al Mtro. José Manuel Espinosa por su dedicación y disponibilidad incondicional que mostró en todo momento durante mis estudios de maestría.*

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
Objetivos	4
Hipótesis	4
CAPITULO I. MARCO METODOLÓGICO-CONCEPTUAL	
Metodología	5
Marco teórico conceptual	6
Tipo de erupciones	8
Trabajos previos	9
CAPÍTULO II. GENERALIDADES	
Localización	11
Marco tectónico	11
Marco geológico	13
Clima	14
Hidrología	14
Geomorfología	15
Volcán de Colima como área natural protegida	16
Características generales de flora y fauna	17
CAPÍTULO III. ACTIVIDAD HISTÓRICA DEL VOLCÁN DE COLIMA	
Historia eruptiva del Volcán de Colima	19
Actividad actual	27
Comportamiento eruptivo	29
precursores de la erupción de 1913	30
CAPÍTULO IV. ERUPCIÓN DE 1913	
Actividad previa al 20 de enero de 1913	32
20 de enero de 1913	32
Efectos de la Erupción	34
Impacto social	39
Impacto paisajístico	40
Impacto agropecuario	40
Impacto ecológico	40
CAPÍTULO V. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS	
Características de la población y vivienda	45
Planteles	46
Agricultura	46
Actividad ganadera	50
Infraestructura	51

CAPITULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Distribución de vientos	53
Uso del Suelo mediante percepción remota	58
Posibles escenarios	59
Escenario de impactos futuros:Caída piroclástica	60
Caída de ceniza de 100 centímetros	60
Caída de ceniza de 50 centímetros	61
Caída de ceniza de 15 centímetros	61
Caída de ceniza de 0.5 centímetros	63
Caída de ceniza de 0.1 centímetros	65
Caída de ceniza de 0.01 centímetros	66
Flujos piroclásticos	66
Lahares	68

CONCLUSIONES	70
---------------------	----

REFERENCIAS	72
--------------------	----

ANEXO	77
--------------	----

Lista de figuras

- Figura 1. Imagen LANDSAT 2000 del Complejo Volcánico de Colima.
- Figura 2. Ambiente tectónico regional de la parte occidental del Cinturón Volcánico Transversal.
- Figura 3. Humock El Campanario desde el Rancho El Jabalí, al suroeste del Volcán de Colima.
- Figura 4. Erupción del Volcancito del 13 de agosto de 1872.
- Figura 5. Erupción del Volcán de Colima del 7 de marzo de 1903.
- Figura 6. Pintura del cráter, febrero 1934
- Figura 7. Vista aérea del cráter en 1941
- Figura 8. Vista del lado norte del Volcán de Colima en 1909
- Fig 9. Volcán de Colima después de la erupción de 1913
- Fig 10. Isopacas de 1913 de 100 a 15 centímetros de espesor
- Fig 11. Isopacas distales de 0.5 cm a 0.01 centímetros de espesor
- Figura 12. Flujos piroclásticos de 1913 y posible alcance
- Figura 13. Lahares de 1913 y áreas de posible afectación
- Figura 14. Viviendas de Cofradía de Suchitlán (Colonia de la Yerbabuena).
- Figura 15. Telesecundaria Luis donaldo Colosio, La Becerrera, construida sobre el lecho del Río La Lumbre.
- Figura 16. Ingenio azucarero de Queseria al sureste del Volcán.
- Figura 17. Cultivo de caña del lado oriental del volcán (N19°24'33"W103°35'6").
- Figura 18. La frecuencia, número de veces que presentó la dirección del viento, está representada por barras. Las direcciones del viento corresponden a los cuadrantes. La línea representa la velocidad (promedio).
- Figura 19. Uso de suelo actual, distribución de ceniza y flujos piroclásticos de 1913.
- Figura 20. Uso de suelo de imagen de satélite Landsat TM (2000). El valor numérico significa la clase espectral.

Lista de Tablas

Tabla 1. Usos de algunas especies florísticas

Tabla 2. Especies en peligro de extinción

Tabla 3. Actividad del Volcán de Colima

Tabla 4. Localidades con caída de ceniza de la erupción del 20 de enero de 1913.

Tabla 5. Efectos producidos durante y después de la erupción del 20 de enero de 1913.

Tabla 6. Características de las clases y categorías del análisis del uso de suelo por percepción remota.

Tabla 7. Poblaciones que podrían ser afectadas por los flujos piroclásticos.

Resumen.

El Volcán de Colima ubicado al suroeste del Cinturón Volcánico Transversal, es considerado uno de los más activos de México. En 1913 se presentó la última erupción de gran magnitud. Se caracterizó por la destrucción del domo cratérico, acompañado por una columna pliniana que generó caída de ceniza y formación de flujos piroclásticos, los cuales descendieron por los flancos del volcán encañonándose por las barrancas hacia el suroeste, sur y sureste, alcanzando 15 kilómetros de distancia.

Actualmente el Volcán tiene un comportamiento similar a los precursores de las erupciones de 1818 y 1913. El cráter se encuentra parcialmente obstruido por un domo que ha sido destruido en parte por pequeñas explosiones. Actualmente también se han presentado derrumbes y flujos de bloques y caída de ceniza. Esta actividad ha originado la reubicación y evacuación de las poblaciones de mayor riesgo, ante la posibilidad de que en un futuro llegue a presentarse una erupción como la de 1913.

La evaluación de la erupción de 1913 se realizó a través de la documentación escrita, testimonios y trabajo de campo. Esto permitió identificar las áreas que fueron afectadas por la lluvia de ceniza, flujos piroclásticos y lahares. Con base en las poblaciones afectadas en 1913, se llevó a cabo el análisis socioeconómico actual (1999-2000). Posteriormente, se integró la información de vientos, uso de suelo e información socioeconómica. Esto permitió estimar las posibles zonas de afectación por la lluvia de ceniza y lapilli, flujos piroclásticos y lahares ante una erupción como la de 1913.

De acuerdo al análisis de distribución de los vientos, se observó que durante los meses de enero a mayo, noviembre y diciembre; en ocasiones en septiembre y octubre, la caída de ceniza y lapilli puede dirigirse hacia el este y noreste.

Si la columna fuera dirigida al este, el bosque de coníferas y latifoliadas, la selva mediana y baja subcaducifolia, como las poblaciones de Atenquique, Ciudad Guzmán, Zapotiltic, Juan Barragán, San Marcos y Quesería, podrían recibir la mayor cantidad de ceniza. También puede presentarse caída de ceniza en poblaciones de Michoacán, Guanajuato, México, Distrito Federal, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Querétaro y Veracruz. Los cultivos de caña de azúcar, el ingenio azucarero, las industrias de papel y cemento, así como la infraestructura de carreteras, electricidad, teléfonos, telégrafos, radio y televisión también podrían verse afectados.

En caso de que la columna se dirigiera al norte o noreste como en 1913, alrededor de 9,735 hectáreas de bosque de coníferas y latifoliadas y más de 4,708 hectáreas de selva caducifolia y subcaducifolia, podrían tener entre 50 y 15 centímetros de espesor de ceniza. Alrededor de 218 hectáreas de agricultura de riego y 15,312 de agricultura de temporal permanente (granos, hortalizas forrajeras y caña de azúcar) podrían verse afectadas. Las poblaciones de Juan Barragán, Ciudad Guzmán, Zapotiltic, Ejido Atenquique, Atenquique y Huescalapa pueden tener hasta 15 centímetros de espesor de ceniza. Esto podría producir el colapso de las viviendas, azolve de los pozos y depósitos de agua. También podrían obscurecerse algunas poblaciones como Ciudad Guzmán y Sayula. El valle agrícola de Ciudad Guzmán tuvo más de 15 centímetros de espesor de ceniza en 1913, y fueron sepultados algunos cultivos, se contaminaron los pastos, agua y se obstruyó el paso de algunas carreteras.

En un futuro, la infraestructura carretera, aeroportuaria, electricidad y suministro de agua podrían tener daños de diferente magnitud ante una erupción como la de 1913.

En caso de ocurrir una erupción durante los meses de junio a agosto la ceniza podría dirigirse al oeste, noroeste y sur. El bosque mesófilo de coníferas y latifoliadas, la agricultura (caña de azúcar, café, frutales, hortalizas y pastizal), la infraestructura carretera e instalaciones eléctricas y las poblaciones de El Borbollón, San José del Carmen, El Tecuán, Ameca, Autlán y Puerto Vallarta (incluyendo el aeropuerto), tendrían caída de ceniza.

Si la ceniza fuera distribuida al sur como ocurre durante el verano, Cofradía de Suchitlán, Suchitlán, Alcaraces, Cuauhtémoc, Colima, Manzanillo, Coquimatlán, Armería, Tecomán y parte del Océano Pacífico tendrían lluvia de ceniza. La actividad agrícola (frutales, caña de azúcar, hortalizas), ganadera, industrial, minera de Minatitlán y Coquimatlán y aerotransportes (Colima y Manzanillo) se verían obligados a parar actividades laborales.

Por otro lado, si los flujos piroclásticos tuvieran un alcance de 15 kilómetros como en 1913, alrededor de 6012 hectáreas podrían ser afectadas y el impacto social, económico y ecológico sería hacia las localidades de San Marcos, Tonila, Quesería, La Becerrera, La Yerbabuena, Hacienda San Antonio y ranchos el Jabalí y La Joya. Aproximadamente 4568 hectáreas del Parque Nacional Nevado de Colima y 5706 hectáreas de la zona de Protección de Flora y Fauna El Jabalí podrían ser afectadas si los flujos piroclásticos llegaran a tener la misma distribución que hace 90 años. 468.75 hectáreas de agricultura de riego y temporal (caña de azúcar, café y frutales). Los puentes El Cordobán y la Lumbre por donde atraviesa la carretera estatal que conduce a San José del Carmen y Colima, también podrían ser afectados por flujos piroclásticos. La escuela secundaria estatal de la Becerrera, la infraestructura eléctrica y tubería que distribuye el agua a San José del Carmen, La Becerrera y San Antonio podrían quedar sepultados por los flujos piroclásticos.

La removilización de los flujos piroclásticos sobre las barrancas y cauces de los ríos, en forma de lahares podrían tener un alcance mayor como ocurrió en 1913.

Actualmente, las áreas consideradas de alto riesgo son Juan Barragán, San Marcos, Tonila, Quesería, La Becerrera, La Yerbabuena y Rancho El Jabalí, debido a que están sobre flujos piroclásticos de 1913, por lo tanto, también son vulnerables a los flujos de lodo. Atenquique con 1,143 habitantes también debe considerarse como zona de alto riesgo, debido a que pueden generarse lahares secundarios y sepultar al pueblo e industrias de papel como ocurrió en 1952.

Ante la posibilidad de una erupción como la de 1913, la reconstrucción de escenarios es fundamental para la planeación y toma de decisiones.

Introducción.

El Volcán de Fuego, considerado como el volcán más activo de México, está ubicado en la porción suroeste del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT), entre los estados Colima y Jalisco.

Las últimas erupciones explosivas de considerable magnitud que se presentaron en el Volcán de Colima fueron las de 1818 y 1913 (Waitz, 1932). Estas violentas erupciones se caracterizaron por la presencia de columnas mayores a 20 kilómetros y por la formación de flujos piroclásticos (Saucedo, 1997) que rellenaron las depresiones alrededor del volcán hasta 15 km.

Durante la erupción ocurrida el 20 de enero de 1913, se produjo una fuerte lluvia de ceniza que llegó a Jalisco, Michoacán, Guanajuato, San Luis Potosí y Coahuila. En ciudad Guzmán, Jalisco se colapsaron los techos de las casas y se bloquearon las calles debido a la lluvia de ceniza que alcanzó hasta 15 cm de espesor (Waitz, 1932).

Actualmente existen centros de población con un desarrollo económico importante, ciudades como Colima y Ciudad Guzmán con más de 120 mil habitantes cada una que tienen como principal actividad económica el turismo y los servicios. Se encuentran localidades como la Becerrera, Yerbabuena, Quesería y San Marcos en un radio de 15 kilómetros del volcán aproximadamente, donde el cultivo de caña de azúcar y su procesamiento son la principal fuente de ingreso.

Ante la posibilidad de un evento explosivo del Volcán de Colima, la población que se encuentra establecida a menos de 20 kilómetros del volcán, está en zona de riesgo. El desarrollo de las actividades económicas y fuentes de inversión se verían seriamente afectadas en caso de presentarse una erupción similar a la de 1913.

El Volcán de Colima presenta un patrón de comportamiento similar a los precursores de la erupción de 1913, ya que el cráter se encuentra obstruido por un domo desde 1957 y se han presentado explosiones con emisión de piroclastos de caída, derrames de lava y flujos incandescentes tipo Merapi (Martin Del Pozzo, *et al.*, 2002). Esto pone en alto riesgo a los centros de población e infraestructura que se han establecido y desarrollado en las áreas próximas al volcán después de la erupción de 1913.

La realización de un estudio que permita estimar los impactos en el medio ambiente producidos por la erupción explosiva de 1913, permitirá identificar los escenarios que en un futuro pueden presentarse por un evento eruptivo de magnitud similar.

Objetivos.

-Caracterizar los efectos producidos en el medio ambiente por la erupción de 1913 del Volcán de Colima y extrapolarlos para estimar los efectos futuros de una erupción similar.

-Identificar los impactos socioeconómicos de las áreas circundantes al volcán ante un evento explosivo de esta magnitud.

-Identificar las zonas de mayor afectación en caso de una erupción similar a la de 1913.

Hipótesis central.

La erupción del 20 de enero de 1913 en el Volcán de Colima tuvo un impacto social y económico en las zonas circundantes. Debido al crecimiento poblacional de la zona una futura erupción puede producir daños importantes. La estimación del impacto que generó la erupción de 1913, permitirá extrapolar e identificar las localidades y actividades económicas de mayor afectación en caso de presentarse un evento de esta magnitud.

Hipótesis secundarias.

-Existe una alta probabilidad de que la población que se encuentra al norte y noreste del volcán, sea la más afectada por la lluvia de ceniza, debido a que en la mayor parte del año los vientos entran por el suroeste.

-En caso de presentarse una erupción como la de 1913, los flujos piroclásticos se transportarían principalmente por las barrancas del sur, sureste y suroeste del volcán.

- Los recursos forestales, ganaderos y agrícolas serían severamente dañados en caso de presentarse una erupción de la magnitud de 1913.

Capítulo I. Marco metodológico-conceptual.

Metodología.

La realización del trabajo de investigación se llevó a cabo en tres etapas:

Primera etapa.

- Revisión documental de la actividad histórica del Volcán de Colima.
- Obtención de información actual de la actividad del Volcán, así como los datos estadísticos de población y socioeconómicos.
- Análisis de uso de suelo, basado en la cartografía escala 1: 50 000 (E14B24; E14B25; E14B35 y E14B35); cubierta vegetal escala 1:250 000 (E13-3) y fotografías aéreas a la escala 1:75 000 (1995).
- Adquisición de los datos de radiosondeo de la estación Manzanillo.
- Reconocimiento de campo al Volcán de Colima.

Segunda etapa.

- Se llevó a cabo el análisis bibliográfico de la información previa a la erupción de 1913, así como del evento explosivo del mismo año.
- Se interpretó la información científica de la actividad actual del volcán.
- Se capturó, interpretó y procesó la información estadística de población y socioeconómica del año 2000, basándose en las áreas afectadas en 1913.
- El análisis de uso de suelo permitió estimar la distribución de los depósitos volcánicos de la erupción de 1913.
- Se procesó la imagen de satélite LANDSAT (TM) a través del criterio de clasificación supervisada y no supervisada.
- El procesamiento de la imagen permitió identificar los rasgos estructurales, morfológicos, así como la distribución generalizada de la cubierta forestal.
- Procesamiento de los datos de radiosondeo de 1992. Los datos se tomaron a partir de los 4000 metros hasta los 18 000 metros de altura máxima registrada.
- El trabajo de campo permitió verificar el uso de suelo y depósitos volcánicos.

Tercera fase.

- Con base en la descripción de la erupción de 1913, se realizaron dos mapas isopacas (áreas próximas y distales). Para el mapa de isopacas cercanas se tomó como base cartográfica el mapa topográfico E13-3 escala 1:250 000 (1998) y se localizaron los puntos con caída de ceniza. El mapa de isopacas distales tuvo como base la división política estatal escala 1:4 000 000 (1990). Los puntos de control de ambos mapas fueron tomados de Arreola (1915), Waitz (1932) y Saucedo (1997).
- Para la distribución de los flujos piroclásticos y lahares de 1913, se tomó como base el mapa de peligros de 1995 escala 1:100 000 y en la descripción del evento eruptivo.
- La identificación de las poblaciones afectadas por la caída de ceniza y de los flujos piroclásticos en 1913, permitió realizar el análisis socioeconómico actual de las mismas.

- Para identificar los posibles escenarios, se tomó como base el mapa de cubierta vegetal E-13-3 (2000) escala 1:250 000, integrando las isopacas, los flujos piroclásticos y el análisis socioeconómico (2000). Esto permitió extrapolar y estimar las áreas que pueden ser afectadas en un futuro por un evento similar al de 1913.
- La clasificación no supervisada de uso de suelo de la imagen de satélite, permitió verificar el uso agrícola en el mapa de cubierta vegetal.

Marco teórico conceptual.

Las erupciones volcánicas son manifestaciones de materiales magmáticos que salen hacia la superficie terrestre a través de un conducto o fisura. La manera en que se puede separar el gas puede producir una salida más explosiva y violenta al exterior. Los magmas pueden adquirir presiones muy altas llegando a provocar explosiones o colapsos.

Los magmas pueden evolucionar en el tiempo al disminuir la temperatura, cambiar la presión y composición química o mezclarse con pulsos nuevos. El magma de acuerdo a sus componentes químicos se divide en tres grupos: riolítico, basáltico y andesítico.

Los magmas riolíticos son ricos en sílice y aluminio (SiO_2 y Al_2O_3), poseen más del 62% de sílice y se caracterizan por tener temperaturas inferiores a los 900°C (Williams y McBirney, 1979). Su composición química y baja temperatura hace que tengan una alta viscosidad. Los volátiles se acumulan en un volumen cada vez menor de líquido residual, por lo que se incrementa la presión de los gases y por lo tanto su explosividad es mayor (Meléndez y Fuster, 1991; Duff, 1993). Las lavas riolíticas, son generalmente de color claro y se enfrían rápidamente en forma de coladas espesas muy cortas o acumulándose en el cráter, formando una especie de domo redondeado. Las rocas más representativas de este tipo de magma son las riolitas y traquitas (Duff, 1993).

Los magmas basálticos son ricos en bases CaO , MgO , FeO , y tienen menos del 53% de SiO_2 . Su temperatura varía entre 1000 y 1200°C (Williams y McBirney, 1979). La temperatura de salida es elevada y su viscosidad baja, por lo que su enfriamiento y cristalización es más rápido en comparación con los magmas ácidos (Williams y McBirney, 1979 y Duff, 1993). Los magmas basálticos son más fluidos y se diferencian del magma silíceo por contener una mayor cantidad de volátiles (Duff, 1993). Las lavas basálticas por su gran movilidad toman una forma suave u ondulada en la parte superior del derrame lávico y por debajo tienen una corteza plástica o uniforme (Duff, 1993). Las lavas de acuerdo a su morfología se dividen en:

- Pahoehoe flujos suaves con superficies plegadas o trenzadas.
- Tipo "aa" lavas mas viscosas de superficies rugosas y escoráceas.
- Tipo Bloque, lavas densas muy viscosas.
- Almohadilladas (Pillow lava) lavas tubulares formadas por erupciones subacuosas.

Los magmas intermedios se pueden derivar de un magma que se genera por diferenciación o por fusión parcial y presenta una composición química intermedia del 53% a 62% de SiO_2 (Williams y McBirney, 1979). Los magmas riolíticos e intermedios se distinguen por ser muy viscosos y promover la polimerización, solidifican rápidamente en las inmediaciones del cráter o incluso en la misma chimenea volcánica, tapándola e impidiendo la salida de las nuevas masas de magma. La viscosidad del magma permite que sea más explosivo debido a la pérdida de gases que se da en ambientes cercanos a la superficie y por lo tanto, genera piroclastos (Meléndez y Fuster, 1991 y Duff, 1993). Por lo general, Las lavas andesítico-dacíticas se caracterizan por presentar un color gris en su

mayoría y recorrer pocas distancias a partir de sus centros eruptivos. Las rocas más representativas de las lavas intermedias son la andesita y la dacita (Duff, 1993).

Cada erupción volcánica difiere en la cantidad de gas acumulado en el magma. Las erupciones explosivas pueden generar abundantes piroclastos que van desde cenizas finas, hasta bloques de varios metros de diámetro (Mcphie, *et al.*, 1993). Los materiales piroclásticos se forman por la pulverización de fragmentos de lava consolidada producidos durante las explosiones volcánicas o por la proyección en la atmósfera de gotas de lava líquida que se consolida total o parcialmente antes de caer al suelo (Chester, 1993).

Cuando el magma es pulverizado al salir a la superficie durante una erupción volcánica se tiene como productos piroclásticos a la ceniza (partícula menor a 2 mm de diámetro); lapilli (material volcánico fragmentado más de 2 mm) y bloques (fragmentos de gran tamaño y volumen) que caen cerca del borde del cráter (Zimanowsky, *et al.*, 2003).

La pómez, es una roca volcánica altamente vesicular, con o sin cristales, de peso ligero y por lo regular presenta colores claros. La escoria es un piroclasto altamente vesicular de composición andesítica y basáltica (Mcphie, *et al.*, 1993). Las bombas volcánicas, resultan de la consolidación de lava en el aire, de tamaño mayor a la pómez y pueden presentar una forma ovoidal resultado de la rotación en el aire durante su solidificación o tomar forma de pan agrietado.

La ceniza puede causar daños a la infraestructura eléctrica, de transporte e infraestructura social, así como a los cuerpos de agua, y a las actividades económicas (Spence, *et al.*, 1996 y Mercado, *et al.*, 1996). Además, pueden producir efectos nocivos en los animales que se alimentan de pastizales y otras plantas en las que se han acumulado. También pueden producir la desorganización del tránsito al acumularse en carreteras. La lluvia de ceniza también representa un peligro para la aeronavegación debido a las partículas finas y gases ácidos que pueden distribuirse en la estratosfera.

Otros productos volcánicos que también se encuentran en el Volcán de Colima y por su frecuencia y peligrosidad son:

Flujos piroclásticos. Los flujos piroclásticos son mezclas de gases volcánicos, agua, ceniza y otras partes sólidas de mayor dimensión que se deslizan por las laderas de un volcán a temperaturas que oscilan entre los 150°C y 300°C. Como la proporción de los sólidos es mayor que la de fluidos, las nubes ardientes poseen gran inercia y su movimiento es controlado por la topografía, avanzando a lo largo de trayectorias de máxima pendiente. Si su velocidad es muy grande pueden remontar colinas u otros accidentes topográficos. El poder destructivo que representan los flujos piroclásticos es grande y puede hacerse poco para aminorarlos en las zonas más cercanas a un volcán. El riesgo debido a este fenómeno puede mitigarse por evacuación de la población y destinando los terrenos amenazados por este riesgo a actividades que no requieran la creación de infraestructura. Las velocidades máximas que pueden alcanzar los flujos o nubes ardientes es de 600 km/h con una velocidad promedio de 250 km/h (Francis, 1995).

Oleada de Piroclastos o *surges*. Consisten en una mezcla de gases y cenizas volcánicas a temperaturas elevadas; pero a diferencia de las anteriores, la proporción de gases es mayor que la de sólidos y se propagan con gran turbulencia. Por lo general son de menor densidad si se compara con otro tipo de flujos piroclásticos (Francis, 1995). Los fragmentos en los flujos piroclásticos de pómez, escoria, lapilli y oleadas, pueden tener una apreciable redondez debido a la abrasión durante el transporte (Mcphie, *et al.*, 1993; Francis, 1995).

Las oleadas de piroclastos pueden viajar con velocidades de hasta 600 km/h, a temperaturas superiores a 400°C y son extremadamente destructivas. Aunque su alcance puede ser menor que el de un flujo de piroclastos, pueden propagarse a lo largo de varios kilómetros, sin importar la topografía del terreno (Francis, 1995).

Avalanchas de escombros, se generan a partir del rompimiento del edificio volcánico y posteriormente forma un cráter abierto tipo herradura (Siebert, 1989). Los flujos son muy rápidos y están constituidos por una mezcla de rocas que se mueven bajo la fuerza de gravedad. El riesgo que esto representa es semejante al de los flujos de piroclastos, aunque su alcance puede ser menor ó mayor cuando su fuente de energía es gravitacional. En algunos casos, gran parte del edificio puede ser fracturado por desgajamiento del mismo (Francis, 1995).

Flujos de lodo o lahares, se forman por la mezcla de agua y detritos que se originan en un volcán. Su ocurrencia es particularmente frecuente después de una erupción, pues los productos de la misma se mezclan con el agua contenida en la nieve y lagos que pueden existir en los cráteres o laderas de los volcanes, o con el agua pluvial. Por esta razón, los poblados aledaños a los cursos naturales de agua están sujetos a esta amenaza.

El alcance máximo de los flujos puede ser de varias decenas de kilómetros, dependiendo de las pendientes sobre las que avance (Duff, 1993). El azolvamiento de los cauces puede ocurrir periódicamente y el lahar puede avanzar por distancias mayores. A estas segundas etapas se les conoce como lahares secundarios.

Tipo de erupciones.

Gregori Mercalli a principios del siglo XX clasificó los *estilos de erupción*, basándose en las erupciones y volcanes típicos. De esta manera describió a las erupciones Islándicas, Estrombolianas, Vulcanianas y Plinianas. Sin embargo, posteriormente fue necesario incluir otros estilos de erupciones, tales como: Hawaiano, Peleano, San Vicente, Merapi, Asama y Santa Helena-Bezimianny, ampliando de esta manera los tipos de erupción de acuerdo al comportamiento de determinados volcanes (Francis, 1995). A continuación se describen sus características:

Islándicas. Son erupciones de fisura, con emisiones no explosivas de medianos a grandes volúmenes de lava basáltica. Producen extensos campos de lava y algunos pequeños conos de salpicaduras de escorias (Williams y McBirney, 1979).

Hawaianas. Son parecidas a las erupciones islándicas, pero con actividad central más pronunciada. Se forman cuando el volcán arroja lentamente lava líquida poco espesa, sin escape explosivo de gases. La lava de esta actividad volcánica es muy fluida y caliente. La salida de los gases tiene lugar sin violencia catastrófica y raras veces con explosiones leves. No se proyectan cenizas (Williams y McBirney, 1979).

Estrombolianas. Se caracteriza por una actividad regular que puede ser rítmica o continua. Se tiene la presencia de lava fluida o viscosa, con emisión abundante de gases y vapores, con explosiones frecuentes generalmente de baja intensidad (Francis, 1995). Los fragmentos que produce la erupción son generalmente incandescentes. Este tipo de erupciones produce conos de escoria o de cenizas, en ocasiones con bastante rapidez alrededor de la boca volcánica, como por ejemplo el cono del Parícutín que se levantó en días durante 1943. El volcán Popocatépetl ha presentado algunas erupciones de este tipo a partir de 1994. En ocasiones los volcanes presentan abundantes costras de lava delgada y conos prominentes bien formados (Duff, 1993 y Francis, 1995).

Vulcaniana. Este tipo de erupción es de explosividad moderada a violenta con emisión de lava fluida o viscosa que se solidifica rápidamente. Tiene explosiones fuertes con emisión de gases y fragmentos sólidos o semisólidos de lava juvenil, bloques líticos, cenizas y pómez, bombas y bloques (Francis, 1995). Las cenizas y escorias se proyectan a gran altura desde el cráter, formando una nube densa y oscura en forma de coliflor, a medida que sube y se extiende. Los derrames lávicos subsecuentes a estas manifestaciones se solidifican relativamente rápido.

Peleana. Fenómenos eruptivos de este tipo se pueden presentar con poca frecuencia. Presenta emisiones violentas de flujos piroclásticos y gases asociada a la destrucción de domos y formación de espinas en el cráter (Francis, 1995). La mezcla de gases y partículas a elevadas temperaturas son arrojadas lateralmente en forma de nubes ardientes. Se consideran de alta peligrosidad para las zonas adyacentes, por la presencia de flujos piroclásticos (Duff, 1993 y Francis, 1995).

San Vicente. Son erupciones magmáticas violentas. En este tipo de erupción se produce un colapso vertical de la columna eruptiva, formando flujos piroclásticos o nubes ardientes, que se desplazan lateralmente sobre los flancos del cono volcánico (Chester, 1993).

Merapi. Estas erupciones forman nubes ardientes o flujos piroclásticos por el colapso gravitacional del domo o por el frente de los flujos de lava (Francis, 1995). Este tipo de erupción puede constituir un riesgo a las zonas adyacentes, por la presencia de las avalanchas incandescentes.

Pliniana. Son erupciones violentas ricas en gas. Se caracterizan por la presencia de columnas que llegan a sobrepasar los 30 km de altura, provocando la dispersión de tephra (ceniza y pómez) que puede cubrir amplias zonas (Duff, 1993 y Francis, 1995).

Asama. Son erupciones que se acompañan de enormes flujos piroclásticos principalmente riolíticos y con gran cantidad de pómez de caída. Este tipo de erupciones está asociado al hundimiento o colapso que sufre el volcán y posteriormente forma una caldera, consecuencia de la gran explosividad y volumen del material emitido.

Santa Helena (Bezimianny). Es una erupción paroxismal. Se caracteriza por la presencia de avalanchas producto de la ruptura del cono que origina la formación de calderas (Francis, 1995). El nombre de este tipo de erupción viene del volcán Santa Helena en Washington, y el Bezimianny en Kamchatka (Decker y Decker, 1981).

Trabajos previos.

El Volcán de Colima ha tenido una actividad eruptiva significativa durante los últimos cinco siglos. Se ha manifestado una serie de erupciones con distinto grado de explosividad. La información existente de los siglos XV, XVI y XVII es poca y muy ambigua. A partir de los siglos XIX y XX la documentación es de carácter científico y más detallada. La información de Bárcena (1887) da a conocer los eventos eruptivos y sísmicos del Volcán de Colima y sus alrededores, así como las observaciones de campo que realizó durante sus ascensos al volcán.

Ordoñez (1897), describió los rasgos más importantes que percibió durante el ascenso que llevó a cabo desde la Hacienda de Quesería. Arreola (1915) realizó un catálogo de las erupciones más antiguas del Volcán de Colima, proporcionando las características de los distintos eventos de manera detallada y sistemática a partir de las observaciones que realizó desde el seminario de Zapotlán hoy Ciudad Guzmán.

Durante los períodos de 1894 a 1914, las observaciones realizadas a partir de los observatorios de Zapotlán y Colima quedaron registrados en efemérides por Severo Díaz (1906) e informes técnicos escritos por José María Arreola (1915). Waitz (1915 y 1932) hizo una recopilación de los datos históricos y bibliográficos acerca de este volcán, además del reconocimiento geológico y al igual que Arreola (1915), realizaron una descripción sobre las nubes ardientes y lahares ocurridos en enero de 1913.

Mooser (1961) describió sus observaciones de la expedición al Volcán de Colima que llevó a cabo en 1958, y dio una descripción de la historia geológica y las estructuras más importantes. Demant (1979), hizo una interpretación vulcanológica y petrogénica.

Luhr y Carmichael (1980 y 1982) realizaron un análisis mineralógico y petrológico del Complejo Volcánico de Colima donde mencionan que en el Volcán de Colima la mezcla de magmas se lleva a cabo en la etapa pre-eruptiva debido a entrada de pulsos del magmas básico y andesítico.

Luhr y Presteggaard, (1988) y Stoopes y Sheridan (1992) estudiaron la formación de la caldera del Volcán de Colima y sus depósitos de avalancha. Ellos mencionan que la caldera tiene características similares con las calderas y avalanchas del Monte Santa Helena, Monte Shasta y Bezymianny. Estos volcanes tienen una caldera en forma de herradura. Por otro lado, Luhr y Carmichael (1990), consideran que durante los últimos 400 años el volcán de Colima ha presentado 4 ciclos eruptivos, postulando que cada uno de ellos ha terminado con una potente erupción de tipo Peleano. Sus datos están centrados principalmente en los productos del tercer y cuarto ciclo del Volcán de Colima. Cada ciclo culminó con una erupción explosiva en 1818 y 1913. Estos autores concluyen que el cuarto ciclo está próximo a finalizar.

Arreola (1915) y Waitz (1915 y 1932) notaron que existía ciclicidad en el comportamiento eruptivo del Volcán. Por otro lado, Martin Del Pozzo *et al.*, (1987, 1995 y 2002) mencionan que la actividad actual es semejante a la precursa de 1913 y por lo que un evento como el de 1913 es posible que ocurra en un futuro próximo. A través del análisis de la historia volcánica que realizaron mencionan que las erupciones con caída y flujos piroclásticos son probables en un futuro próximo.

Rodríguez Elizarrarás (1991) realizó un levantamiento geológico semidetallado. Lugo Hubp *et al.*, (1993) realizaron un estudio a detalle sobre la geomorfología del Complejo Volcánico de Colima. Saucedo (1997) hizo una reconstrucción de la erupción de 1913 a partir del levantamiento de secciones estratigráficas. Cortés, (2002) realizó un estudio detallado de los depósitos de avalancha y flujos de escombros originados por el colapso del lado suroeste del Volcán de Colima hace 3600 años.

Capítulo II. Generalidades.

2.1. Localización.

El Volcán de Colima ($19^{\circ}30'44''\text{N}$ y $103^{\circ}37'02''\text{W}$) es un cono central andesítico que se localiza en el sector occidental del Cinturón Volcánico Transversal (CVT), en la parte central de la depresión tectónica conocida como Graben de Colima (Figuras 1 y 2).

La altura del volcán varía de 3960 a 4000 m, debido a los constantes cambios del domo que tapa el cráter desde 1957 (Lugo Hubp, *et al.*, 1993). Este Volcán es la manifestación más joven de un complejo volcánico que corre de N a S, formado por los volcanes El Cántaro, Nevado de Colima y Volcán de Colima (Figuras 1 y 2).

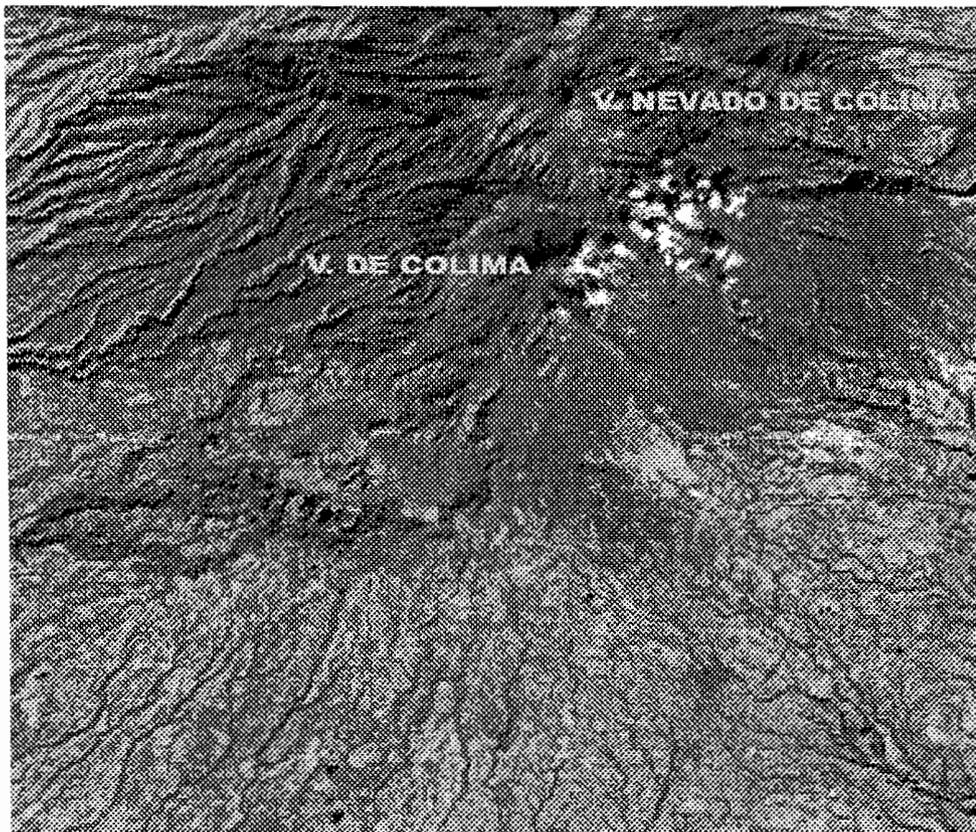


Figura 1. Imagen de satélite LANDSAT 2000 del Complejo Volcánico de Colima.

Marco tectónico.

El Cinturón Volcánico Transversal ocupa la parte central del territorio mexicano, desde los estados de Nayarit y Colima hasta el Estado de Veracruz. Su origen está asociado a la subducción de las placas de Cocos y Rivera debajo de la placa de Norteamérica (Figura 2).

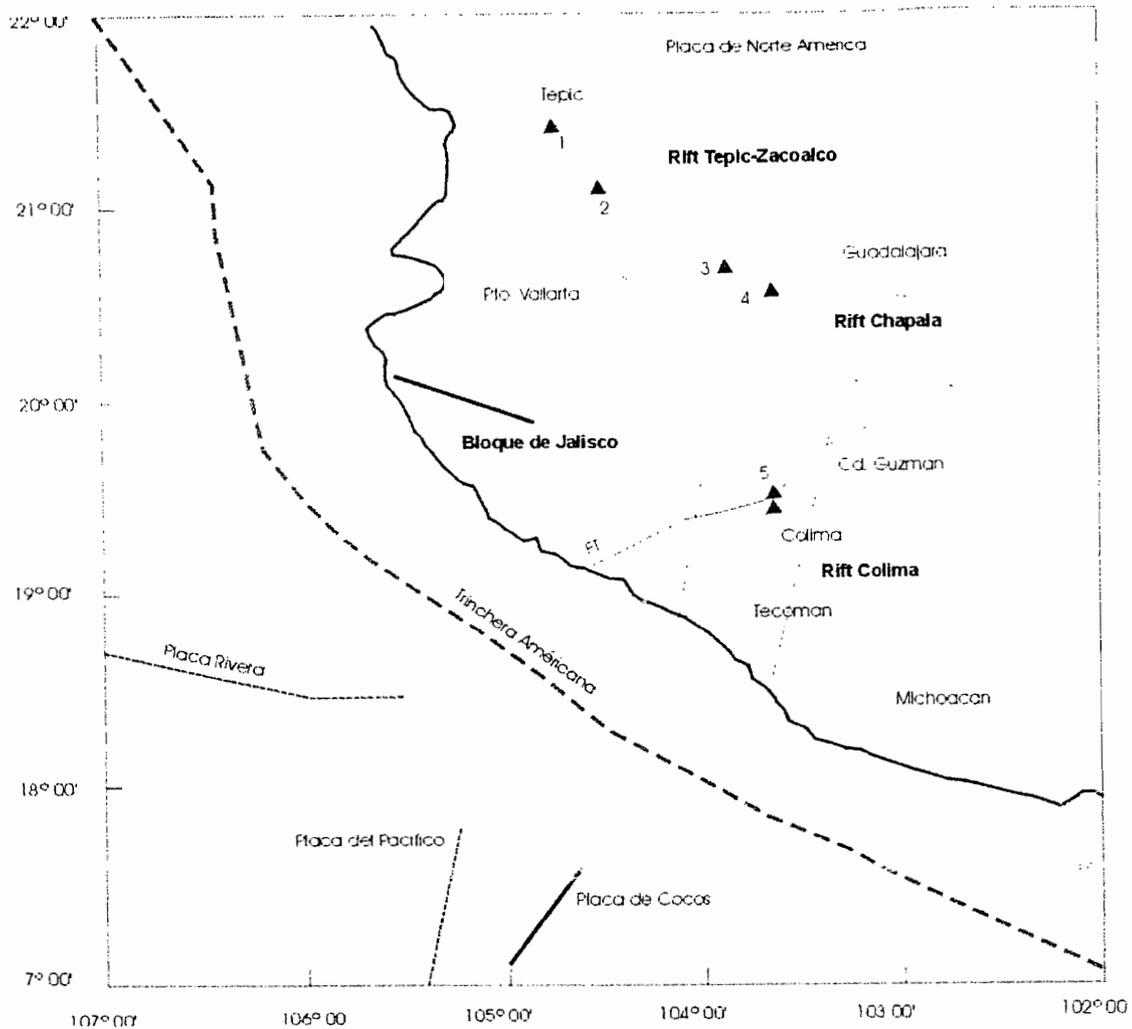


Figura 2. Ambiente tectónico regional de la parte occidental del Cinturón Volcánico Transversal. 1: V. Sangangüey; 2: V. Ceboruco; 3: V. Tequila; 4: Caldera La Primavera; 5: Complejo Volcánico Colima; FT: Falla Tamazula (Modificada de Núñez y Sánchez, 1999).

El Vulcanismo Cuaternario en la parte oeste del CVT está relacionado a dos ambientes tectónicos presentes en esta región (Allan, 1986):

- 1) La subducción de la Placa de Rivera bajo la Placa de Norte América y
- 2) El desarrollo de tres zonas de rift (Figura. 2).

Las depresiones tectónicas de Chapala, Tepic-Zacoalco y Colima, confluyen a 50 km aproximadamente. Se extienden al sur-suroeste de la ciudad de Guadalajara, a partir de este punto, el Graben de Chapala corre alrededor de 110 km hacia el este, el Graben de Tepic-Zacoalco se extiende a más de 200 km al noroeste hasta la costa del Océano Pacífico, y hacia el sur el Graben de Colima llega hasta el Complejo Volcánico de Colima cerca de ciudad Guzmán.

El vulcanismo alcalino y calcoalcalino de esta región se encuentra asociado a estos ambientes tectónicos (Allan, 1986; Macías *et al.*, 1993, Luhr y Carmichael, 1990).

Por otro lado, Garduño, *et al.*, (1998) consideran que la falla Tamazula (FT) está activa y podría ser considerada como el límite suroriental del bloque de Jalisco y por tanto correspondería a la extensión continental del límite entre las placas de Rivera y Cocos (Figura 2).

La Falla de Tamazula tiene una dirección noreste-suroeste y una extensión de más de 160 km. Es una estructura que puede estar influyendo en la geometría del Rift de Colima y en la evolución volcánica del complejo volcánico de Colima. Garduño *et al.*, (1998) consideran que la influencia de la FT sobre el Complejo Volcánico de Colima ha sido un factor determinante en el control de la dirección de los colapsos por gravedad de los antiguos edificios volcánicos de este complejo. Sugieren que dicha falla ha facilitado el ascenso de magma a través de fallas y fracturas para dar origen a erupciones magmáticas, y consideran que pudo haber jugado un papel importante en las erupciones históricas del Volcán de Colima. La emisión de lavas andesíticas y dacíticas ricas en sílice en el complejo volcánico de Colima, han formado conos con pendientes muy inclinadas que se vuelven muy inestables (Cortes, 2002) por lo que la actividad tectónica- sísmica y volcánica pueden generar la alimentación de magma e inestabilidad gravitacional de los edificios volcánicos.

Marco geológico regional.

El Nevado de Colima y Volcán de Fuego forman una cadena N-S de volcanes en pareja al igual que el Iztaccíhuatl y Popocatepetl; Cofre de Perote y Pico de Orizaba.

El Paleo-Fuego al colapsarse hace 4500 años dio origen a una depresión lateral en forma de herradura (Robin *et al.*, 1987) en la cual creció un nuevo cono activo (Luhr y Prestegard, 1990).

En la parte este, sur y suroeste del Volcán está formada por rocas sedimentarias mar'nas clásticas y de facies evaporíticas del Cretácico. Estas rocas están acompañadas de una secuencia de rocas volcánicas intermedias félsicas de arco cretácico (Pantoja-Alor y Estrada Barraza, 1986; Rosas-Elguera *et al.*, 1996). También se encuentran intrusivos granodioríticos y basaltos de arco Cretácico e (*op.cit.*).

La Cuenca de Colima fue rellenada con gravas y sedimentos coluviales de edad Plio-Pleistoceno y volcanoclásticos, incluyendo depósitos primarios de avalancha de escombros volcánicos, flujos piroclásticos de bloques y ceniza y lahares Pleistocénicos y Holocénicos del complejo volcánico de Colima (Pantoja Alor y Estrada Barraza, 1986, Rodríguez Elizarrarás, 1995, Saucedo, 1997 y Cortes, 2002,).

También sobresale la Formación Atenquique es una secuencia volcano-sedimentaria pleistocénica que subyace a los productos del Volcán de Fuego (Martin Del Pozzo, *et al.*, 1987). Se caracteriza por una estratificación mal desarrollada y poco consolidada, constituida por depósitos vulcano-sedimentarios y por unidades volcánicas.

Los horizontes sedimentarios están formados por arcillas arenosas de color café grisáceo que muestran una estratificación fina y transicionalmente cambian a aglomerados compuestos por fragmentos de rocas volcánicas subredondeadas a subangulares, en las cuales predominan las andesitas porfídicas (Martin Del Pozzo, *et al.*, 1987).

También se encuentran secuencias de lahares mal clasificados, unidades de ceniza y lapilli grueso de composición andesítica de caída libre, así como flujos piroclásticos retrabajados (Martin Del Pozzo, *et al.*, 1987, Saucedo, 1997). A esta secuencia Rodríguez Elizarrarás (1995) los clasifica como lahares la Cofradía y la distribución principal de esta unidad se localizan en las zonas más bajas del volcán de Colima.

Clima.

En la zona en estudio la temperatura media máxima anual es de 24°C y la mínima varía de 5 a 7°C, con una precipitación media anual de 120 a 600 mm. Sobre el valle el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, su temperatura media anual es de 22°C, con una precipitación media anual de 1200 mm. La zona de transición entre el valle y la montaña presenta un clima semiseco con una temperatura media anual mayor a 18°C con precipitaciones entre los 1600 y 1800 mm. Conforme va aumentando la altitud el régimen térmico disminuye sobre las faldas del volcán, predominando un clima semicálido con temperaturas que van entre 18 y 22°C. Las partes altas del volcán se encuentran restringidas a climas templados y semifríos. La temperatura media anual para las zonas templadas varía de 12 a 18°C y en las zonas semifrías (a partir de 3200 msnm) la temperatura media anual se encuentra entre los 5 y 12°C y en diciembre y enero se presentan heladas y nevadas.

De acuerdo a Pérez Villegas, (1990) y Galindo, *et al.*, (1998) la mayor parte del año los vientos provienen del suroeste y sur.

Los vientos del sur aparecen en los meses de marzo, junio y octubre. Los vientos del suroeste predominan principalmente en los meses de enero a marzo, julio agosto, noviembre y diciembre. Los vientos del norte y noreste son predominantes en enero, febrero y noviembre, aunque también aparecen durante la época de lluvias.

En el otoño e invierno los vientos son acompañados por fuertes temporales. De acuerdo a la escala de Beaufort (Perez Villegas, 1990) la velocidad promedio de los vientos varía entre 2 a 4 m/s. Los vientos del este y sureste en primavera y el verano alcanzan una velocidad que va de 4 a 6 m/s y los vientos del noreste tienen una velocidad de 6 a 8 m/s.

Hidrología.

La red fluvial es de tipo radial, extendiéndose a partir de los 3600 msnm en todas direcciones. El mayor desarrollo de la red fluvial se encuentra al este y oeste del cono volcánico, con los barrancos más profundos que sirven de cauces para los afluentes que alimentan a los ríos Armería por el oeste y Tuxpan por el este. Estos ríos forman valles angostos de paredes escarpadas hasta desembocar en el Océano Pacífico. Los escurrimientos temporales y permanentes de estas dos cuencas, van a controlar la distribución de los flujos piroclásticos y/o lahares.

Las cabeceras de algunos ríos nacen a partir de los 3700 msnm. San Marcos, Quesería, El Fresnal, San Antonio y La Becerrera se encuentran cerca de los cauces por donde han fluido las nubes ardientes y lahares, por lo que los hace vulnerables (Lugo Hubp, *et al.*, 1993).

Existen varios manantiales sobre todo en el flanco sur del volcán como son: Cardona, La Joya, El Durazno, La Lumbre, Santa Cruz, Monte Grande, El Muerto y Causenta. Al oeste del volcán se encuentran ubicados algunos lagos como el Lago María (1280 msnm), el Lago La Escondida (1420 msnm) y Laguna Colorada (620 msnm) existen a su vez, algunos pequeños bordos localizados cerca de las poblaciones de Quesería, La Esperanza y Cuauhtémoc.

La zona en estudio desde el punto de vista ambiental tiene una de las funciones más importantes para el hombre, ser una recarga para los mantos acuíferos que abastecen a más de 100 000 personas (INEGI, 1999). El deterioro ambiental de los ríos de la zona en estudio presentan poca contaminación principalmente se da por desechos orgánicos como papel y azúcar. (Martinez Muhlia, *et al.*, 1990).

Geomorfología.

El Volcán de Colima se formó en la planicie de una fosa tectónica limitada en la parte oriental y occidental por elevaciones montañosas, lo que favoreció que los productos del volcán se extendieran hacia el sur formando un gran pie de monte que va de los 2000 hasta los 600 msnm (Lugo Hubp, *et al.*, 1993). El cono superior ha sido afectado frecuentemente por acumulaciones de lava y piroclastos, por lo que el desarrollo de suelos y vegetación es casi nulo. El cono superior presenta una pendiente de 35 grados y no hay disección fluvial, debido a la juventud de los materiales que los constituyen (Lugo Hubp, *et al.*, 1993).

El cono inferior del volcán también presenta una pendiente fuerte, de más de 25 grados, con una red radial de barrancos estrechos. La erosión fluvial es intensa, ya que es favorecida por la fuerte pendiente, la presencia de material poco consolidado y el débil desarrollo del suelo y vegetación (Lugo Hubp, *et al.*, 1993).

En las laderas del volcán se encuentran cuatro estructuras: El Volcancito (3580 msnm) a 100 m al noreste del cráter, Los Hijos (2720 msnm) y La Pitaya (2420 msnm). Son estructuras menores de aproximadamente 120-300 m de altura sobre su base, con pendiente de más de 30-35° y disección muy débil, debido a su juventud.

El relieve de los hummocks entre el sureste y suroeste coincide con el límite de dos depósitos de avalancha al sur de Colima. La erosión que predomina es de tipo fluvial y se mantiene en una densa red de barrancos donde se produce la erosión más intensa por procesos en remoción en masa, que depende del material constituyente, de la pendiente del terreno y de la capa suelo-vegetación (Figura 3).

El Volcán de Colima tiene algunas barrancas hacia el sur, suroeste y sur (que descienden aproximadamente de la cota de 1000 m por distancia hasta 10 a 20 km las cuales, son producto de la disección fluvial y erosión remontante (Lugo Hubp, *et al.*, 1993).

La red fluvial es uno de los principales agentes modeladores del terreno que a partir de intensos procesos erosivos han dado forma a toda una serie de barrancas con fuertes disecciones entre las que destacan al Este y sureste las Barrancas de Atenquique, Limón y Beltrán; al sur la barranca del Muerto, Montegrande y San Antonio, y al suroeste la Lumbre.



Figura 3. Humock El Campanario desde el Rancho El Jabalí, al suroeste del Volcán de Colima.

Volcán de Colima como Área Natural Protegida.

La zona de estudio junto con El Nevado de Colima, conforman el parque Nacional Nevado de Colima el cual fue decretado el 6 de diciembre de 1940. Abarca una superficie de 22 000 hectáreas (Challenger, 1998). Los límites se marcan a partir de los 2500 msnm, incluyendo los terrenos agrícolas y poblados que se encuentran dentro de la misma curva de nivel y se les considera un radio de protección no menor de 100 metros (SEMARNAP, 2000). Dentro de la zona de estudio, también se encuentra la zona de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre El Jabalí, decretada el 14 de agosto de 1981 cubre un área de 5178 hectáreas (Challenger, 1998) y forma parte del municipio Comala, Col. Alrededor de los 1800 metros de altitud en el lado suroeste se encuentra también la Reserva Ecológica Privada Schultze de 215 hectáreas, inicia a partir del Borbollón y limita con el Parque Nevado de Colima. En esta zona se cultiva, café, durazno y cuenta con una zona de pastizal para el ganado bovino. Esta reserva favorece económicamente a la familia encargada.

Las reservas ecológicas de la zona de estudio permiten proteger el suelo contra la degradación, a través de la conservación y restauración de los bosques. Esto permite preservar las condiciones climáticas e hidrológicas para el desarrollo de la actividad agrícola, forestal e industrial de la región.

Características generales de flora y fauna.

De acuerdo a Rzedowski (1978) y Challenger (1998) las diversas comunidades vegetativas varían de acuerdo a la altitud y condiciones climáticas en que se desarrollan. La selva mediana subcaducifolia se distribuye sobre lomeríos suaves y en los valles con una altitud media de 750 msnm. Las especies que predominan son el Huizache (*Acacia farnesiana*), Copal Cuajote (*Bursera excelsa*), guayaba (*Psidium guajava*).

La selva baja caducifolia, se distribuye al igual que el pastizal inducido y la selva mediana subcaducifolia sobre lomeríos suaves y barrancas a una altura de aproximadamente 825 msnm donde predominan las especies de Guácima (*Guazuma ulmifolia*), Guajes (*Lysiloma sp.*), Copal (*Bursera sp.*), Huizache (*Acacia farnesiana*), Espino Blanco (*Acacia acatlensis*), Jacanicuil (*Inga spuria*), Mora y Timbuchillo (*Conostegia xalapensis*).

El Bosque de pinos, encinos y liquidambar, se distribuye principalmente sobre las laderas del Complejo Volcánico. A una altura de 1200 msnm y esta compuesto en su comunidad arbórea principalmente por Nogal (*Juglans sp.*), Fresnos (*Fraxinus sp.*), Tescalama (*Ficus petiolaris*), encino (*Quercus spp.*), Pino avellano (*Pinus oocarpa*), Pino Chino (*Pinus leiophylla*), Pino escobetón (*Pinus michoacana*), Pino Blanco (*Pinus pseudostrobus*). Dentro de la comunidad de arbustos predomina la Sangre de Dragón (*Crotón draco*), que está alternado con cafetales.

El pastizal inducido asociado con la selva mediana, baja y matorral, también se localiza sobre lomeríos suaves con cañadas a una altura promedio de 1400 msnm. Se compone básicamente de pasto en los géneros de *Muhlenbergia sp.*, *Setaria sp.*, *Aristida sp.* y *Elymus sp.*, así como *Hyptis steliulata*, *Lippia sp.*, *Baccharis sp.*, *Zanthoxylum sp.* y *Bunchosia sp.* El matorral se encuentra a partir de los 1500 msnm y se compone principalmente de Copal (*Bursera bipinnata*), Tepame (*Accia pennatula*) o Guayaba (*Psidium guajava*), Salvia (*Hypsis albida*), Frutilla (*Lantana camara*).

La vegetación empieza a ser más exuberante entre los 1500 y 2600 msnm, predominando el bosque caducifolio natural de oyamel, pino y liquidambar. El bosque natural de coníferas de pino, aile y oyamel, asociado con matorral y pastizal natural predomina a partir de los 2600 msnm. Entre los 3100 y 3940 msnm no se encuentra vegetación.

Debe considerarse que la fertilidad relativa de los suelos mesófilos de montaña hace que éstos resulten atractivos para la agricultura, pero las pronunciadas pendientes y la elevada precipitación pluvial que caracterizan este tipo de bosque, significan un alto riesgo de erosión para sus suelos. La degradación por la quema y tala clandestina hace que la regeneración natural sea mucho mas lenta, sobre todo porque destruye las semillas y plántulas en su mayoría.

La riqueza florística y faunística de la zona en estudio se encuentra vegetación de uso potencial como el Bosque subcaducifolio, caducifolio y de coníferas (Tabla 1).

Tabla 1. Usos de algunas especies florísticas.

Planta	Nombre científico	Uso
pitahaya	<i>(Sennecereus queretaroensis)</i>	Fruta consumida como fruta fresca, seca o conserva. Uso medicinal.
-Mezquite -Cocuite -Alache	<i>Prosopis Juliflora</i> <i>Gliricidia sepium</i> <i>Anoda cristata</i>	Flores, consumida como verdura cruda o cocida. Semillas secas consumidas como granos o cereales. Construcción, medicinal, materia prima para artesanía.
Guamuchil	<i>Pithecellobium</i>	Fruta consumida como fruta fresca, seca o conserva.
Chaya	<i>Cnidoscolus chayamansa</i>	Flores, frutas, tallos, hojas, semillas, se consume como verdura cruda o cocida.
Hoja Santa	<i>Piper auritum</i>	Condimentos, bebidas, preservadores y otros usos Comestibles. Uso medicinal.
Huaya	<i>Talisia olivaeformis</i>	Fruta consumida como fruta fresca, seca o conserva.

Fuente: López Vilchis, et al., 1990.

La fauna silvestre que se encuentra principalmente en la zona de bosque mesófilo de montaña y selva, consiste en halcones, pájaros carpinteros, colibríes, venado cola blanca, armadillos, puma, gato montés y una gran diversidad reptiles. Estas especies se consideran en peligro de extinción (Tabla 2).

Tabla 2. Especies en peligro de extinción.

Nombre científico	Nombre común
<i>Felis onca</i>	Jaguar
<i>Felis pardalis</i>	Ocelote
<i>Felis yagoo arundi</i>	Leoncillo
<i>Tayasso tajacu</i>	Jabalí
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca
<i>Didelphis virginianus</i>	Tlacuache
<i>Dosypus novemcinctus</i>	Armadillo
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	Conejo mexicano
<i>Sciurus aurogaster</i>	Ardilla Gris
<i>Sciurus variegatus</i>	Ardilla de las rocas
<i>Spemophilus annulatus</i>	Ardilla cola anillada

Fuente: López Vilchis, et al., 1990.

Las ardillas que viven en el bosque de pino y encino participan como depredadores y dispersoras de las semillas o plantas. Otras especies como los colibríes, mariposas y polillas actúan como polinizadores.

Es importante considerar que las perturbaciones antropogénicas resultado de la tala, la agricultura y los incendios forman grandes claros en el bosque de pino. Estos claros producen en el suelo irradiación solar directa en la superficie del suelo, poca sombra y humedad y a la larga, en el caso de las tierras dedicadas a la agricultura o cría de ganado, tendrán disminución de la materia orgánica y fertilidad del suelo, además de una modificación radical en el microclima forestal. También se reduce la infiltración del agua de lluvia y la recarga de los mantos acuíferos.

Capítulo III. Actividad histórica del Volcán de Colima.

Historia eruptiva del Volcán de Colima.

La actividad del Volcán de Colima, ha permitido la modificación constante del relieve del cono y los alrededores, debido a la presencia de derrames de lava de corta longitud, los cuales se han desbordado por el cráter principal y por el Volcancito en 1869 (ubicado en la ladera noreste del volcán), flujos piroclásticos de bloques y ceniza (flujos ardientes de ceniza caliente con rocas), oleadas (flujos turbulentos de ceniza), piroclastos de caída (bloques balísticos, ceniza, lapilli y pómez), lahares (corrientes de lodo y bloques) y avalanchas de escombros (producto de un sector del volcán). A través de los documentos históricos y estudios geológicos se ha podido interpretar la actividad del Volcán.

A principios del siglo XVI se empieza a tener un registro eruptivo escrito y se pudo ver que hay una estrecha relación entre la sismicidad y la mayor parte de las erupciones.

En 1576 El volcán de Colima estaba activo. Se registró una erupción que causó la muerte "*a muchachos de terror*" y se tuvo gran actividad sísmica (Tello, 1651; Bárcena, 1887 y Arreola, 1915). Se sabe que el 10 de enero de 1585 una erupción acompañada de actividad sísmica produjo la caída de ceniza que provocó la obscuridad en los alrededores del volcán, causando la muerte de ganado, la ceniza se distribuyó a más de 40 leguas (220 km) (Arreola, 1915).

El 14 de enero de 1590 hubo una erupción que duró doce horas, hacia el suroeste hubo lluvia de ceniza. La actividad fue seguida por una plaga que dio muerte a varios nativos (Mota Padilla, 1742 en Bretón *et al.*, 2002).

En 1602, se observó actividad fumarólica (Portillo 1702, citado en Bretón *et al.*, 2002). A finales de 1606, el 19 de noviembre ocurrió un sismo que precedió a la erupción que expulsó una gran cantidad de gas el 25 de noviembre. El 13 de diciembre del mismo año ocurrió una fuerte expulsión de ceniza a tal grado que obscureció el cielo por mucho tiempo, como si fuera de noche, llegando la ceniza hasta Michoacán a más de 200 km al este del Volcán (Arreola, 1915). Cinco años después (1611), el 15 de abril y 29 de octubre de 1611 hubo una erupción que produjo una gran lluvia de ceniza, lapilli y escoria que obscureció la zona, dispersándose a 40 leguas (220 km) de distancia del volcán (Tello 1651, Arreola 1915 y Bárcena, 1887). Durante 1612 y 1613, la actividad sísmica constante continuó hasta 1613, ocasionando desastres en las poblaciones de Zapotlán, Guadalajara y otros lugares se reportaron explosiones freáticas (Bárcena, 1887).

Una erupción en 1623 provocó la caída de ceniza en Zacatecas, que se localiza a más de 400 km al nor-noreste del Volcán y obscureció la ciudad y la gente asustada salió de sus casas refugiándose en la iglesia una hora y media, sin embargo, considera que no hay una relación con el Volcán de Colima.

En 1690, ocurrió una violenta erupción con fuerte sismicidad y emisión de gran cantidad de ceniza, (Medina, 1983). En 1711 hubo caída de ceniza en Guadalajara durante 3 días obscureciendo la ciudad. En 1749, se registró una erupción pero Bárcena (1887) y Arreola (1915) no la mencionan.

Esta actividad eruptiva estuvo asociada a la fuerte sismicidad que provocó la muerte a muchas personas y daños a las viviendas y templos en las ciudades de Zapotlán el Grande y Amacueca (Waitz, 1932). La erupción de 1771 del Volcán de Colima fue similar a la de 1711, provocó lluvia de ceniza durante tres días en la ciudad de Guadalajara (Bárcena, 1887 y Arreola, 1915).

Durante 1794, se presentó una explosión que "*reventó una boca de fuego en su cima*", acompañada de fuerte estrépito, arrojando peñascos y cenizas de todo su circuito y a 9 leguas se sintió un hervor subterráneo. Después de la erupción hubo actividad fumarólica (Arreola, 1915). En 1795, la actividad estuvo acompañada de emisiones de ceniza que eran dirigidas hacia Zapotlán el Grande (Waitz, 1932). Se registró caída de material piroclástico en 1804. El 25 de marzo de 1806, una erupción explosiva acompañada de humo y ceniza fue asociada a la actividad sísmica (Bárcena, 1887 y Arreola, 1915). Se menciona que por la tarde del mismo día se produjo un terremoto que afectó a la Ciudad de Zapotlán el Grande (Ciudad Guzmán), donde murieron 2 000 personas. A partir de esta fecha la actividad del Volcán fue constante hasta 1808, en este año, presentó actividad fumarólica y se menciona que las lavas iluminaban sus flancos por las noches (Arreola, 1915).

Una de las erupciones recientes más explosivas que ha presentado el Volcán de Colima se inició el 15 de febrero de 1818 (Bárcena, 1887; Waitz, 1932). Sobre esta misma erupción, Bárcena (1886) y Arreola (1915), señalan que estuvo acompañada de detonaciones subterráneas y arrojó a la atmósfera escoria y ceniza, la cual cayó en ciudades como Guadalajara, Zacatecas, Guanajuato, San Luis Potosí y Ciudad de México. En Zapotlán (hoy Ciudad Guzmán), fue necesario barrer con escobas las cenizas de los techos de las casas y algunos se colapsaron por efecto de la carga. Los habitantes del poblado San Marcos (ubicado a 14 km al sureste del volcán) mencionaron que la "*lava*" (flujos piroclásticos) descendía por la barranca del Muerto (lado sur del volcán), destruyendo el bosque y ganado que encontraba a su paso (Bárcena, 1887; Arreola, 1915 y Waitz, 1932). En mayo del mismo año, se presentó un terremoto en el que hubo más de 80 muertos y 72 heridos.

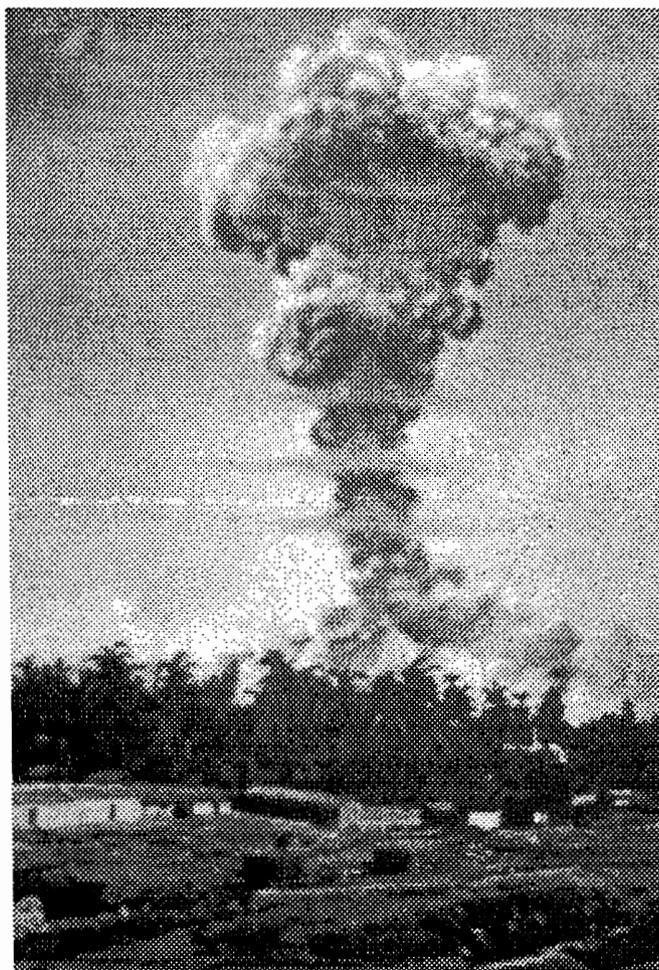
Algunos informes que describen la morfología del Volcán antes de la erupción de 1818 señalan que el cráter estaba ocupado por un domo, el cual fue destruido durante esta erupción, quedando después un cráter abierto en forma de embudo con una profundidad máxima de 230 m y mínima de 50 m, con un diámetro mayor de 500 m con rumbo noreste-suroeste y uno menor de 450 m de rumbo noroeste-sureste (Dollfus y Montserrat, 1867). Después de varios años de inactividad el nivel de lava en el interior del cráter tuvo un ascenso en los años 1866-69.

Seis años después de la erupción de 1818, "*se escuchó el rumor como trueno, pareciera que los árboles y las montañas serían arrancados*" (Arreola, 1915).

Después de 1818 la actividad efusiva más importante fue la que dio origen al domo adventicio conocido como "Volcancito". Este empezó a formarse el 12 de junio de 1869 como un montículo en el flanco noreste del cono principal. Durante su formación se observó que a través de una grieta radial salía lava de bloques que iba amontonándose. También hubo emisión de humo negro y posteriormente de lavas.

En agosto de 1869, los derrames de lava avanzaron de 2 a 6 m por día cayendo las rocas incandescentes de los frentes de lava producto de los derrumbes por la Barranca de San Marcos.

La última actividad relacionada al cono adventicio "Volcancito" se inició el 26 de febrero de 1872 y terminó en agosto de ese mismo año. Esta actividad se caracterizó por presentar varias explosiones (26 de febrero, 19, 27 y 28 de marzo, 10 de abril y 13 de agosto), provocaron sismos que se sintieron en los lugares más cercanos al volcán. Además, se desarrollaron grandes columnas de ceniza (Figura 4) y se registraron en San Marcos y San Gabriel hoy Venustiano Carranza (Bárcena, 1887).



**Figura 4. Erupción del Volcancito del 13 de agosto de 1872, vista desde Tonila.
(Fotografía de Manuel Gómez en Bárcena, 1887).**

Luhr y Carmichael (1990) mencionan un flujo de lava de 1872 sobre el flanco noroeste del volcán que sale del cráter principal. Sin embargo, Bárcena en 1886, menciona que dicha actividad fue del "Volcancito". En 1873 y 1877 se registró actividad fumarólica en cráter principal (*op.cit*).

Se menciona que durante 1875-1876 se presentaron temblores en la región. El 7 de agosto de 1879, se sintió un fuerte temblor y fue precedido por fuerte ruido subterráneo (Secretaría de la Defensa Nacional, 1879 en García *et al.*, 1996).

En 1881 el Volcán empieza una nueva fase de actividad eruptiva desarrollada en el conducto central produciendo gases y ceniza, los cuales se dispersaron hacia el noroeste llegando hasta Ciudad Guzmán (Arreola, 1915), así como un flujo de lava en bloques sobre el costado suroeste, entre las barrancas Cordobán oeste y este. En este mismo año el cráter ya se encontraba tapado por un domo de lava, el cual rebasaba su borde superior. En 1882 se presentó una erupción y un temblor que fue acompañado de ruido subterráneo (García, *et al.*, 2003). El Volcán continuó una fase de calma hasta 1885 (Arreola, 1915).

A partir del 26 de diciembre de 1885 se inició una nueva etapa de actividad que continuó hasta finales de 1886 (Bárcena, 1887). Entre las 6 y 7 de la noche se escuchó una fuerte detonación que vino acompañada de un sacudimiento y apareció en el cono principal una columna que provocó la caída de bloques incandescentes sobre el flanco suroeste, mismos que a su paso levantaban grandes nubes de polvo (derrames de lava acompañados de flujos tipo merapi), para terminar acumulándose hacia la base oeste-suroeste provocando incendios en los bosques de las partes altas que se lograron extinguir en dos semanas. Durante este mismo periodo se reportó caída de ceniza sobre la Ciudad de Colima y fuertes explosiones (Arreola, 1915 y Bárcena, 1887).

El 6 de enero de 1886 hubo una erupción acompañada de una detonación que abrió una nueva boca en el flanco suroeste un poco abajo del cráter existente. En esta erupción hubo una prolongada actividad sísmica y estuvo acompañada por la caída de ceniza y flujos incandescentes de roca que descendieron por la barranca de La Lumbre (flujos tipo merapi). En los meses de enero, febrero, mayo, agosto y septiembre) la actividad continuó con explosiones y la emisión de ceniza disminuyendo a finales del mes de septiembre de ese mismo año. Bárcena (1887), menciona que el 26 de agosto en la madrugada, las calles y edificios de la Ciudad de Colima se cubrieron de ceniza.

Tres años después (1889), se registró una erupción acompañada de fuertes detonaciones que produjo caída de ceniza y las lavas bloque, acompañadas por flujos tipo merapi que están asociados al derrumbe del frente de lava al bajar por las pendientes abruptas del cono. Durante esta erupción también se produjeron incendios en los bosques del volcán y (Puga, 1890; Arreola, 1915). Arreola (1915) hace referencia al 16 de febrero de 1890, cuando un "*fuerte trueno*" y la formación de una gran nube acompañada de rayos que la serpenteaban, produjo caída de arena gruesa en Zapotlán, Jal; Silao, Mich., y la ciudad de Guanajuato.

De 1891 a 1892 se desarrolló una nueva actividad eruptiva que se caracterizó por una abundante caída de ceniza hacia el suroeste del volcán (Arreola, 1915). En 1892 la ceniza cayó en Ciudad Guzmán (23 marzo) y en la Ciudad de Colima (6 de mayo). En 1894 el volcán presentó únicamente actividad fumarólica.

En 1897 y 1898 se produjo caída de ceniza y derrames de bloques incandescentes que provocaron incendios en el Nevado de Colima (Díaz, 1906 y Arreola, 1915). Durante los años 1899-1900 se reportó actividad fumarólica. En 1901 y 1902 hubo emisión de ceniza local y un derrame de escorias (Díaz, 1906).

Durante febrero y marzo de 1903, se reportó una etapa de intensa actividad en el volcán que produjo caída de ceniza y lapilli junto con escorias sobre Ciudad Guzmán, por lo menos en tres ocasiones (formando una capa de hasta 1 mm de espesor en una de éstas). También hubo caída de ceniza en Tuxpan, Tecalitlán y en Guadalajara (Figura 5). La erupción produjo pequeñas avalanchas de rocas sobre el costado oriental del volcán que tuvieron alcances de 4 a 5 km. Las explosiones de febrero y marzo destruyeron parcialmente el domo, formando un cráter de forma ovalada con un diámetro mayor y menor de 50 y 30 metros (Arreola, 1915 y Starr, 1903). Esta erupción fue acompañada de relámpagos, truenos, ruidos y deformación en el flanco oeste del cráter. También se presentaron flujos o derrumbes tipo merapi, caída de ceniza en febrero, marzo, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, así como emisión de material incandescente en mayo, agosto y septiembre. No se menciona la formación de un nuevo flujo de lava asociado a esta actividad (Arreola, 1915 y Waitz, 1932). La etapa comprendida entre los años de 1893 a 1903 fue importante porque se instaló el Observatorio del Volcán de Colima y dio inicio el monitoreo sísmico y eruptivo por el padre Arreola en Colima y Castellanos en Zapotlán, Jalisco.

En marzo, noviembre y diciembre de 1904 y enero, febrero, marzo, abril, julio y agosto de 1905, se reportaron derrames y bloques incandescentes (escorias) con posible emisión de ceniza en el volcán (Díaz, 1906). Los derrames bajaron principalmente por el suroeste y se presentaron detonaciones y ruidos volcánicos frecuentes. En estos dos años disminuyó la actividad sísmica.

El 18 de diciembre de 1908 ocurrió una explosión que causó caída de ceniza hacia Armería y produjo "*materia en ignición y ruidos subterráneos*" (Waitz, 1915 y 1932). En 1909 sin aparente deformación en el volcán, ni actividad sísmica, se presentaron varias erupciones que abrieron dos cavidades en el domo y se produjo un lahar en el flanco sur (Waitz, 1932).

A partir de enero de 1909, el volcán tuvo emisiones de ceniza y ruidos subterráneos. Esta actividad se presentó en febrero y marzo. La erupción del 8 de febrero sobresale por la explosión que expulsó "fragmentos en ignición con frecuentes ruidos subterráneos" (Waitz, 1932), expulsó bloques y bombas de trayectoria balística que formaron cráteres de impacto de 0.5 metros a 2 metros de diámetro y llegaron hasta 3 km de distancia. Se formó un cráter de explosión cuando se escuchó una fuerte detonación acompañada de un ligero temblor y un trueno que hizo vibrar puertas y ventanas en los poblados cercanos. La concavidad se encuentra en la parte norte del domo, tenía 50 m (noreste-suroeste), por 30 m (noroeste-sureste). La erupción produjo incendios en los pastizales de las laderas sur del Nevado de Colima y norte del Volcán de Colima (Arreola, 1915).

Las erupciones también produjeron caída de lapilli y ceniza al este-noreste del volcán y hacia el oeste-suroeste llegando a las ciudades de Colima y Armería. Se menciona la presencia de un lahar hacia el lado norte y oeste del volcán. Esta etapa eruptiva culminó con una erupción el 5 de marzo, la cual produjo un derrame y lluvia de ceniza al este y noreste (Waitz, 1932).

De 1909 a principios de 1913 el volcán se mantuvo únicamente en actividad fumarólica, con ruidos subterráneos y actividad sísmica constante.

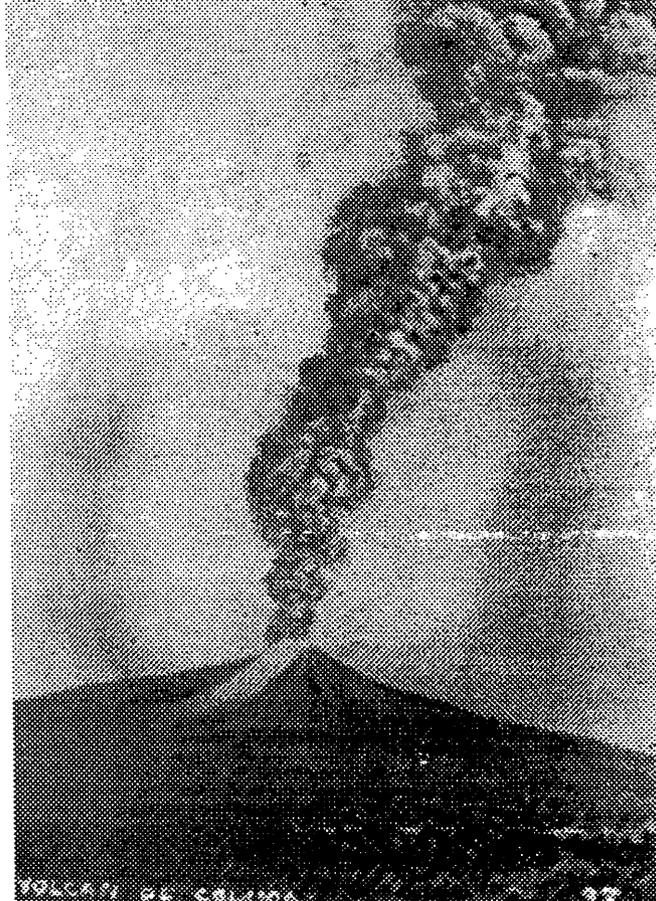


Figura 5. Erupción del Volcán de Colima del 7 de marzo de 1903 (Arreola, 1915).

A partir de enero de 1909, el volcán tuvo emisiones de ceniza y ruidos subterráneos. Esta actividad se presentó en febrero y marzo. La erupción del 8 de febrero sobresale por la explosión que expulsó "fragmentos en ignición con frecuentes ruidos subterráneos" (Waitz, 1932), expulsó bloques y bombas de trayectoria balística que formaron cráteres de impacto de 0.5 metros a 2 metros de diámetro y llegaron hasta 3 km de distancia. Se formó un cráter de explosión cuando se escuchó una fuerte detonación acompañada de un ligero temblor y un trueno que hizo vibrar puertas y ventanas en los poblados cercanos. La concavidad se encuentra en la parte norte del domo, tenía 50 m (noreste-suroeste), por 30 m (noroeste-sureste).

La erupción produjo incendios en los pastizales de las laderas sur del Nevado de Colima y norte del Volcán de Colima (Arreola, 1915). Las erupciones también produjeron caída de lapilli y ceniza al este-noreste del volcán y hacia el oeste-suroeste llegando a las ciudades de Colima y Armería. Se menciona la presencia de un lahar hacia el lado norte y oeste del volcán. Esta etapa eruptiva culminó con una erupción el 5 de marzo, la cual produjo un derrame y lluvia de ceniza al este y noreste (Waitz, 1932).

De 1909 a principios de 1913 el volcán se mantuvo únicamente en actividad fumarólica, con ruidos subterráneos y actividad sísmica constante.

La erupción de 1913 se inició el 18 de enero con una serie de explosiones que generaron densas nubes de vapor y ceniza que ascendían desde la cima del volcán hasta grandes alturas para después inclinarse por la acción de los vientos dominantes hacia el noreste.

El 20 de enero se formó una columna que provocó la caída de ceniza en la parte central y noreste del país. En Zapotlán Jalisco, cayó ceniza suficiente para formar una capa de 10 a 15 cm de espesor, mientras que en Guadalajara alcanzó los 0.5 cm (Waitz, 1915). También se reportó caída de ceniza en Saltillo, Coahuila. En la tarde del 20 de enero se formaron nubes ardientes de bloques y cenizas a temperaturas superiores a los 400°C, éstas se desplazaron por los flancos noroeste y sur del volcán, para encajonarse después por las barrancas (Waitz, 1932). Los flujos alcanzaron distancias de 15 km del cráter y formaron depósitos con espesores de 40 m.

La morfología de la cima del volcán cambió drásticamente durante la erupción de 1913, se formó un cráter de aproximadamente 400 m de diámetro y una profundidad incierta. Después de diez años de reposo Friedlander observó en 1922, que la lava se encontraba a más de 300 m de profundidad del borde del cráter, cuyo diámetro era de 400 m. En 1931 Zehle observó que la lava había ascendido de 100 a 50 m de profundidad y el contorno del cráter se presentaba muy irregular, formado por picos (Figura 6), (Arreola 1913; Waitz, 1932; Mooser, 1961). El nivel de lava continuó subiendo (Figura 7) y en 1957 se había formado nuevamente un domo irregular de frentes abruptos que rellenó el cráter sobrepasando el borde inferior del mismo.

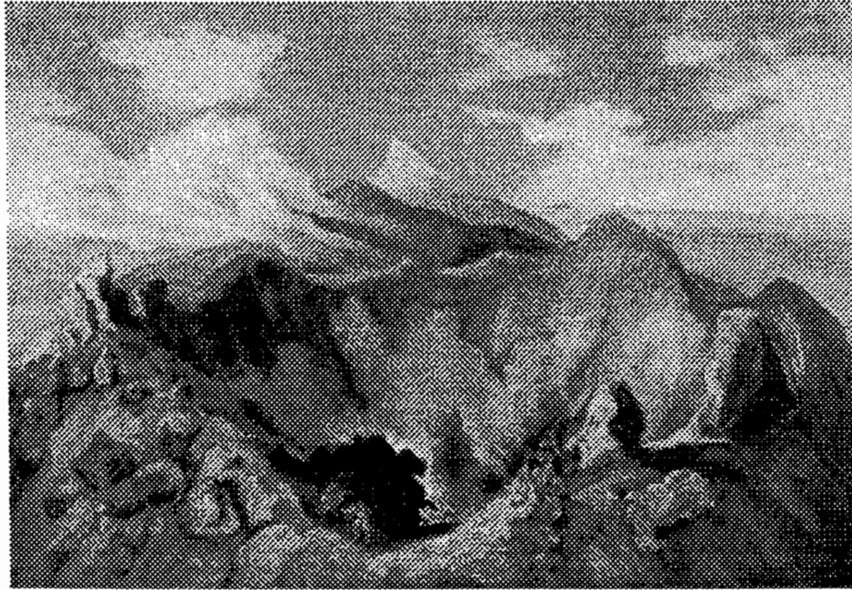


Figura 6. Pintura del cráter de febrero de 1934 de J. M. Rugendas (Waitz, 1932).

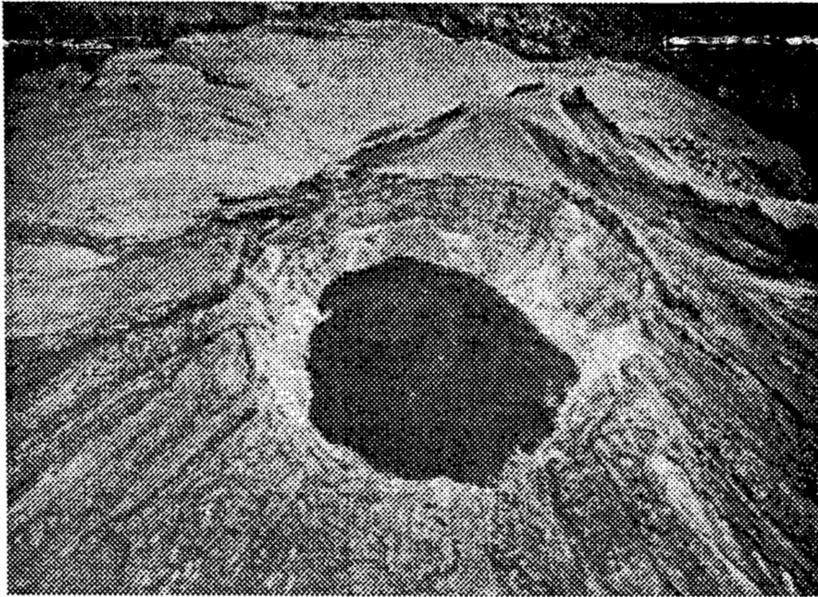


Figura 7. Vista aérea del cráter en 1941 (Mooser, 1961).

Actividad actual.

Después de un periodo efusivo con salida de lava, se presentó una nueva erupción en los años de 1961-1962.

Un domo de lava en bloques creció en 1961 a una velocidad de 20 cm por día y desbordó las paredes del cráter, formando una lengua de lava en bloques que fluyó sobre el costado norte del volcán y llegó al el Playón (Mooser, 1961).

Algunos excursionistas afirman que en 1962 observaron bloques que rodaban sobre la ladera noroeste del volcán, los bloques al entrar en contacto con el aire "*explotaban*" dejando ver su incandescencia (Vizcaíno, 1993).

En 1970, los ruidos subterráneos y sismicidad local fueron acompañados de una columna que provocó caída de ceniza (*op.cit.*). Cinco años después, se inició la actividad efusiva de un nuevo ciclo en el Volcán de Colima. Esta actividad consistió en la formación de varios flujos de lava en bloques acompañadas por pequeños flujos piroclásticos de bloques y ceniza. Los flujos de lava descendieron desde la cima del volcán sobre el costado este-sureste del cono principal, llegando casi a los 2000 msnm, con un alcance de 4.5 km (Thorpe, *et al.*, 1977).

De 1976 a 1981, se tuvo actividad fumarólica con algunas emisiones de ceniza locales, pero a finales de 1981 y principios de 1982 se observó de una nueva lengua de lava en bloques a partir del domo fracturado que se dirigida hacia el sur. El flujo de lava alcanzó una longitud de casi 1 km y llegó a la cota de 3200 4msnm. Esta actividad fue acompañada por la formación de pequeños flujos de bloques y ceniza de tipo merapi (Martin Del Pozzo, *et al.*, 1987).

En 1987 se reportó una explosión freática que produjo un pequeño cráter de explosión en la parte oriental del domo (Flores, 1987).

La actividad fumarólica y sísmica se incrementó en febrero de 1991 y el 5 de marzo se observó un lóbulo nuevo de lava en el antiguo domo, se formó un flujo de lava que inició su descenso por el flanco suroeste del volcán y alcanzó una longitud de 2.5 km. El 6 de abril de 1991 se colapsó parcialmente el domo y se formaron flujos de bloques y ceniza. y tuvieron un alcance máximo de 4 km y se encausaron por la barranca Cordobán (Rodríguez Elizarrarás, 1991).

El 21 de julio de 1994 ocurrió una explosión en la cima del volcán que destruyó parcialmente el domo formado en 1991. En su lugar quedó un cráter de 135 m de diámetro por 40 m de profundidad. La explosión produjo una ligera caída de ceniza que alcanzó los 15 km hacia el oeste del volcán y la emisión de bombas o proyectiles balísticos que formaron cráteres de impacto en un radio de 2 km. Además, se formaron pequeños flujos piroclásticos de bloques y ceniza que alcanzaron una distancia de casi 4 km por la barranca Cordobán (Saucedo, 1997).

En 1997, se registraron varias crisis sísmicas en el Volcán de Colima y un aumento de los derrumbes provenientes del domo. El incremento de la actividad sísmica terminó en una explosión.

En 1998, la actividad sísmica se incrementó y nuevamente se presentaron derrumbes. Esto culminó con la extrusión de lava. En noviembre se observó el descenso de bloques de lavas incandescentes y flujos merapi. Estos alcanzaron una distancia de 1000 metros aproximadamente y se dirigieron hacia la ladera por 3 ramales en la barranca del Cordobán alcanzando una distancia de 4.8 km (Navarro, *et al.*, 2002).

Debido a la actividad del volcán, el 18 de noviembre las autoridades decidieron evacuar a la Yerbabuena, Col y San Juan Barragán, Jal., que se encuentran a menos de 10 km del cráter.

En 1999, una explosión en el domo lanzó bloques de lava incandescentes a 5 kilómetros, produciendo incendios forestales en la parte superior del volcán, así como flujos piroclásticos que alcanzaron 3 km de distancia y lluvia de ceniza que se dispersó al norte, noreste y noroeste del volcán (Saucedo, 2002). Esta explosión fue escuchada en la Ciudad de Colima. Durante este período se evacuó en dos ocasiones a la población de varias localidades de Colima y Jalisco. En julio, se produjo un flujo de bloques y ceniza, el cual se depositó en la barranca Montegrande, San Antonio, Cordobán y La Lumbre. Debido a las lluvias ocurridas el mismo día de la erupción se generaron flujos de lodo caliente. Estos flujos se generaron a partir del depósito de bloques y ceniza. En los meses siguientes la actividad del volcán presentó eventos explosivos menores y una actividad sísmica baja.

Durante los años 2000-2001 se presentaron eventos explosivos ocasionalmente produciendo caída de ceniza, derrames de lava y lanzamiento de bloques incandescentes.

En mayo y junio de 2000 se registraron derrumbes de rocas incandescentes en los sectores sur, este y oeste, siendo este último el más activo sobre la barranca La Lumbre con alcances entre 2 y 3 kilómetros a partir de la cima. En mayo, el frente de lava avanzó al este, hacia las barrancas Beltrán-Durazno y El Cafecito, alcanzó una distancia de 730 metros y hubo esporádicos derrumbes. En junio del mismo año, se registró una lluvia torrencial que originó flujos de lodo en los arroyos el Zarco, El Cordobán y La Lumbre. En la Becerrera el lahar que bajó por el arroyo El Zarco, sepultó 2 casas junto con un auto, que se encontraban en el margen del cauce. El flujo de lodo corrió sobre el camino hacia el puente del Cordobán, el cual presentó un severo azolvamiento. En el arroyo La Lumbre, también se formó un lahar que se desbordó sobre el camino La Becerrera y La Lumbre aproximadamente a 2 Km del límite estatal. Los lahares estaban formados de bloques de roca de 60 centímetros de diámetro aproximadamente, lodo y partes de árboles, rellenando la mayor parte del cauce (Universidad de Colima, 2000).

En el cruce del arroyo La Lumbre el lahar alcanzó 200 metros de ancho y éste quedó incomunicado el cruce en el límite estatal Colima-Jalisco (Universidad de Colima, 2000).

el 17 de julio de 2003, hubo una explosión acompañada de 500 m de altura de material incandescente y una columna de ceniza de 3 km de altura dirigida al suroeste.

La explosión produjo alrededor de cinco flujos piroclásticos con alcances máximos de 2 kilómetros sobre las barrancas Cordobán centro, Cordobán oriente, Montegrande y San Antonio y probablemente La Lumbre (Universidad de Colima, 2003). Los fragmentos incandescentes provocaron pequeños incendios forestales entre 2.5 y 4 km al oeste-suroeste de la cima del volcán.

Según el testimonio de los militares de la Yerbabuena una nube oscura se elevó a partir de la base del volcán y fue rápidamente llevada al oeste por el viento. Esta fue acompañada de un estruendo producido por las rocas que bajaban por la pendiente (Universidad de Colima, 2003). La nube observada se debió a la ceniza que acompañó a los flujos piroclásticos. Alrededor de las 2 de la tarde hubo otra explosión produciendo también lluvia de ceniza. La columna fue alrededor de 1 kilómetro y fue distribuida por el viento hacia el oeste-suroeste (*op.cit.*).

Comportamiento eruptivo.

En los últimos 400 años el volcán ha experimentado tres períodos eruptivos muy similares, con una duración promedio de 100 años cada uno. A partir del siglo XIX, Bárcena (1887) consideró que existía un comportamiento similar en los periodos más intensos de actividad volcánica. Las tres explosiones fueron casi instantáneas, habiéndose acabado por el momento la energía volcánica. Arreola (1915) y Waitz (1932), coincidieron que la erupción de 1913 puso fin a un corto período de inactividad que inició después de la erupción de 1909, además coinciden que en períodos cortos de tiempo de 100 años se presenta una actividad constante con erupciones poco explosivas hasta culminar con un evento mayor después de una fase corta de inactividad. Waitz (1932), también mencionó que 350 años son pocos para decir que hay una periodicidad eruptiva, sin embargo, existe una similitud en las erupciones explosivas de 1611, 1818 y 1913 (Tabla 3).

Luhr y Carmichael (1990) propusieron que el Volcán de Colima muestra un comportamiento cíclico con la ocurrencia de erupciones desde el año de 1690. Las erupciones más violentas como las de 1818 y 1913 marcan el final de un ciclo. Esta clase de erupciones es el resultado final de un proceso de diferenciación magmática, (como lo muestran las lavas de 1869, 1961-62 y 1975) que dura alrededor de 100 años (Luhr y Carmichael, 1981), donde el factor que determina la explosividad consiste en un nuevo aporte de magma básico que da origen a una mezcla de magma (ácido-básico) en el que éste último sirve como detonante para disparar una erupción explosiva.

Robin, *et al.*, (1991) señalan que un ciclo eruptivo no termina con una erupción explosiva, sino que así comienza y las erupciones explosivas son el resultado de una corta fase de mezcla de magmas ácidos (61% SiO₂) y básicos (56% SiO₂), una homogeneización posterior da como producto final un magma que consiste de un 38% de andesita basáltica y 62% de andesita ácida. Estos autores coinciden con Luhr y Carmichael (1990), en que existe una mezcla de magmas y que el patrón cíclico se puede definir como una alternancia de cortas fases explosivas con largos períodos efusivos, los cuales son controlados por ciclos magmáticos de cortos periodos de mezcla de magmas y largas fases de diferenciación.

Por otro lado, Martin Del Pozzo *et al.*, (1987, 2002), consideran que cada ciclo termina con una fase explosiva, en la cual se destapa el cráter por completo y la lava queda a más de 300 m de profundidad dentro del conducto. El volcán presenta una etapa sin erupciones, durante la cual la lava asciende cientos de metros hasta taponar el cráter formando un domo y eventualmente coladas de lava. Posteriormente, se presentan erupciones más explosivas que producen piroclastos de caída y derrames de lava acompañados de flujos tipo merapi. Finalmente vienen erupciones con ceniza que después de varios años culminan en una erupción violenta que rompe el domo, y el cráter queda totalmente destapado y fragmentado. Estas erupciones producen una gran cantidad de material de caída y flujos piroclásticos.

Precursores de la erupción de 1913.

De acuerdo con los antecedentes históricos de la actividad del Volcán de Fuego existe un patrón de comportamiento que inicia después de presentarse una fuerte erupción en donde se destapa por completo el cráter y la lava queda a menos de 300 m de profundidad. El volcán entra en una etapa sin erupciones mientras la lava va ascendiendo hasta formar un domo que obstruye el cráter por completo, y eventualmente se desborda la lava en forma de derrames. Posteriormente, se presentan erupciones más explosivas acompañadas de lavas (ocasionando derrumbes de los frentes de lava), y lluvia de ceniza. Al final se presentan erupciones más explosivas de ceniza y pequeños flujos de bloques y cenizas que después de varios años terminan con una erupción violenta que rompe el domo y parte del cráter, produciendo lluvia de ceniza la cual se dispersa a cientos de kilómetros, así como nubes ardientes y flujos de lodo que recorren grandes distancias en muy poco tiempo debido a la fluidez de los materiales y la pendiente del terreno (Martin Del Pozzo *et al.*, 2002).

el Volcán de Colima actualmente presenta una actividad similar a la que precedió en las erupciones de 1818 y 1913. Después de la erupción de 1913, cuando el cráter quedó destapado, la lava empezó a ascender nuevamente y a partir de 1957 la boca principal (cráter) se encuentra tapada por un nuevo domo. La expulsión de lava en forma de derrames se ha dado en los años subsecuentes de manera tranquila. Con el paso del tiempo se han presentado erupciones que han generado lluvia de ceniza, derrumbes de bloques de lava, pequeños flujos piroclásticos, y flujos de lodo de corto alcance, por lo que en diversas ocasiones se ha tenido que evacuar a la población que se encuentra en las zonas de alto riesgo. Esto pone en alerta a los estados de Colima y Jalisco, ya que se encuentran centros de población vulnerables a la ocurrencia de una erupción de magnitud similar a la de 1913 seguida de flujos de lodo.

Tabla 3. Actividad Historica del Volcán de Colima.

Año	Productos de caída y Flujos piroclásticos	Productos de caída y Flujos de lodo	Ruidos y Piroclastos de caída	Piroclastos de caída	Flujos de lava y Productos de caída	Derrames de lava (Bloques)	Lavas del Cráter (explosiones)	Ruidos Subterráneos	Sismos	Erupción	Actividad Fumarólica
1560										X	
1576					X				X		
1585				X					X		
1587									X		
1590				X							
1602											X
1606				X					X		
1611				X					X		
1612									X		
1625				X					X		
1690				X					X		
1711				X					X		
1744		X									
1749									X	X	
1769						X					
1770	X										
1771				X					X		
1780						X					
1794					X			X			
1795						X		X			
1804					X				X		
1806				X				X			
1807						X					
1808						X					
1818	X										
1819									X		X
1820											X
1824											X
1866											X
1869											X
1870											X
1872					X						
1874										X	
1875									X		X
1877										X	
1879										X	
1880					X			X			
1881					X						
1882	X		X								X
1884											X
1885						X					
1886			X			X		X			X
1889			X			X		X			
1890					X					X	
1891				X							
1892				X							
1893			X								
1894					X			X			
1895				X							
1896					X			X			
1897						X		X			
1898					X	X		X			
1899											X
1900			X								
1901				X							
1902				X							
1903			X	X	X	X		X			
1904						X		X			
1905						X		X			X
1906											X
1908	X			X					X		
1909					X				X		
1910											X
1911											X
1912											X
1913	X										
1914		X									
1930											X
1957											X
1960											X
1961						X					
1965											X
1966											X
1967											X
1973											X
1975						X					
1977											X
1979											X
1981											X
1982											X
1983											X
1986											X
1987					X						
1988				X							
1989					X						
1990					X						
1991	X				X				X		
1994				X	X						
1998	X										
1999	X		X	X	X	X			X		
2000									X		X
2001					X				X		X
2002					X				X		
2003	X		X	X					X		

Fuente: Basada en Arreola (1915), Waitz (1932), Martín Del Pozzo, et. al. (1995) y www.ucof.mx.

Capítulo IV. Erupción de 1913.

La realización del siguiente capítulo se basó en la reconstrucción de los productos de 1913 en el campo, en la información de Waitz (1915, 1932), Arreola (1915) y Saucedo (1997) y en los testimonios de Juan Mancilla, Rafael Montes y Petra Montes de Oca (en Saucedo, 1997); y Domitila Sánchez, Alberta, Eliseo y Joaquín (adquiridos durante este trabajo de campo). La integración de esta información permitió estimar la distribución de la caída de ceniza, flujos piroclásticos y lahares que se muestran en las figuras 10, 11, 12 y 13.

Actividad previa al 20 de enero de 1913.

Según Saucedo (1997) la actividad inició dos o tres días antes de la erupción, las personas de los ranchos ubicados en las partes más altas y cercanas al volcán al escuchar los truenos abandonaron sus ranchos antes de la erupción. En el rancho El Durazno ubicado al sureste del volcán, se escucharon fuertes detonaciones y se refugiaron en "La Loma del que se Vende" (actualmente Juan Barragán), ubicada al este del volcán en el margen norte del arroyo El Durazno (Saucedo, 1997).

20 de enero de 1913.

Waitz (1915) mencionó que el 20 de enero en horas muy tempranas, de manera violenta y repentina inició la erupción más violenta del Volcán de Colima. Por otro lado, El diario "El Imparcial" (citado por Saucedo, 1997) publicó el 20 de enero de 1913 que *"El Volcán de Colima está en gran actividad desde las 6.30 a.m. desde las 10 a.m. las erupciones son continuas y máximas con abundantes derrames y fuertes detonaciones"*.

Los testimonios de Don Juan Mancilla, Don Rafael Montes y la Sra. Domitila Sánchez coinciden en que la erupción empezó entre 11 y 12 del día. Por otro lado, el jefe político de Ciudad Guzmán mencionó que la primera erupción fue alrededor de las 4:30 de la mañana y *"consistió en pequeñas explosiones de corta magnitud (Saucedo, 1997)*.

En Saucedo, 1997 se cita que: *"A las 11:30 se escuchó un rumor subterráneo seguido de una detonación levantándose en el espacio una hermosa nube de incalculable magnitud y desde ese momento una serie de erupciones continuas casi sin interrupción que bien podría decirse una sola, a la 1 de la tarde empezó una lluvia de arena (lapilli) que fue tomando grandes y alarmantes proporciones. A las 2 de la tarde densas nubes habían invadido el horizonte y la lluvia de arena era tan fuerte que semejaba una tormenta de agua, produciendo las más tenebrosas tinieblas"*.

Don Juan Mancilla, mencionó que *"en cada trueno o explosión arrojaba rocas al aire mientras que el material se derramaba sobre las barrancas hasta la joya el Agostadero ubicada al pie del volcán en el flanco sureste, con una profundidad de 40 m, la cual fue cubierta por material (flujos piroclásticos) que bajaba del volcán y una vez que se llenó, el material empezó a bajar por las barrancas, al mismo tiempo que estallaba en una curva rápidamente estallaban en otra, formando nubes de polvo en cada estallido. Al mismo tiempo se levantaba un borbollón (columna) negro que oscurecía el cielo hacia el lado de Zapotlán. De San Marcos hacia el norte sólo se veía el borbollón negro que se levantaba, casi todos los habitantes se refugiaron en el margen este del Río Tuxpan, hasta que terminó la fase más violenta de la erupción, quedándose en San Marcos únicamente el cuidador de la raya, Doña Concepción Gonzáles y Don Juan Mancilla en la hacienda de San Marcos,"*.

"Cuando empezó a tronar fuerte, a hervir y tirar la lava del cráter, parecía una olla de frijoles como a las 12 del día, y a las 3 de la tarde estaba terminando. El borbollón que salía del volcán subía muy alto y después se lo llevaba el viento hacia el norte, provocando lluvia de arena (ceniza) hacia Ciudad Guzmán, donde por el peso de la arena se cayeron algunos techos de casas, pues la madera que los sostenía no resistió el peso". Desde Cofradía se veía muy bien cómo fue perdiendo fuerza y altura el borbollón y como fue disminuyendo su altura poco a poco. Los truenos que provocaba la formación del borbollón se repetían cada 5 minutos más o menos y se escuchaban en San Marcos y Cofradía, su sonido era como de barrenos sofocados, sacudiéndose la tierra en cada trueno. Cada explosión arrojaba grandes rocas que al caer sobre la vegetación la incendiaban inmediatamente, después detrás de las grandes rocas se levantaba el borbollón. Desde el momento en que se inició el descenso de material incandescente por las barrancas empezó a percibirse un fuerte olor a azufre " (Saucedo, 1997). También mencionó que la fuerza de la lava o arena (flujos piroclásticos) fue tan grande que llegó a 1.5 km al noroeste de San Marcos sobre la Barranca de La Arena.

Waitz, (1915) mencionó que después de las 4 de la tarde del mismo día, se formaron densas nubes ardientes después de abrirse el cráter (11:30 a.m. aproximadamente). Desde ese momento, nubes en forma de coliflor se derramaban por los bordes del cráter y fueron descendiendo sobre los flancos de manera radial por las barrancas. En la parte media del volcán se canalizaron por los valles hasta depositarse en las partes bajas.

Las barrancas con curvas pronunciadas permitieron que los flujos se siguieran de frente por encima de los recodos de la barranca para unirse más abajo con los depósitos de otra barranca (Waitz, 1915). Saucedo (1997) mencionó que en la barranca La Tuna a la altura del Fresnal, el flujo se salió del cauce principal en un recodo y más adelante se volvió a encauzar.

Los flujos piroclásticos alcanzaron una distancia de 15 km a partir del cráter y un espesor superior a los 40 m. La temperatura del material alcanzó alrededor de 800°C destruyendo todo a su paso (Arreola, 1913). Por otro lado, Waitz, (1915) mencionó que las nubes más importantes se desarrollaron hacia el este del volcán hacia la Barranca de Beltrán y llegaron al camino real de Colima-Zapotlán (Ciudad Guzmán).

La mayor parte de los flujos piroclásticos se formaron en la tarde del primer día de la erupción (20 de enero). Sin embargo, Waitz (1915) observó el descenso de un pequeño flujo por la barranca La Lumbre cuatro días después (24 de enero).

Los flujos de bloques y ceniza descendieron hacia el norte del Playón donde chocaron con la pared de la caldera y bajaron por La Lumbre al noroeste-oeste del volcán. En la zona de Los Hijos los flujos se dividieron y se volvieron a juntar, se encañonaron por las barrancas, recorriendo entre 4 y 5 km en el sector sur-sureste del volcán (Barrancas Cordobán, Arena, Montegrande, Durazno y Beltrán).

Durante la erupción la columna eruptiva fue dirigida por los vientos hacia el noreste y esto produjo la lluvia de ceniza en diversas poblaciones. poblaciones como Guadalajara, Ciudad Guzmán, Atotonilco, Sayula, Encarnación, Teocaltiche, Cuquio, La Barca, Lagos y Ameca, Jal; Guanajuato, Gto., Sahuayo, Zamora Mich. También llegó a Aguascalientes, Zacatecas y Saltillo, Coah., (Arreola, 1915, en Saucedo, 1997).

La caída de ceniza en Zapotlán (Ciudad Guzmán), provocó daños en la ciudad por el derrumbe de los techos y bloqueo de las calles por la acumulación del material (Arreola, 1915). En Tonila se registró caída de ceniza los dos primeros días (20 y 21) de la erupción y se escucharon ruidos subterráneos.

En Guadalajara se reportó caída de ceniza, en este trabajo se estima que pudo tener alrededor de 0.5 mm, así como polvo fino en las ciudades de San Luis Potosí y Saltillo con menos de 0.01 cm de espesor (figura 11 y tabla 4). Sin embargo, sobre el flanco norte del Nevado el espesor fue alrededor de 100 centímetros (Saucedo, 1997).

Don Juan Mancilla, mencionó que durante la erupción hacia la parte noreste del volcán se observaba una capa de ceniza que cubrió los alrededores del volcán, por donde transitaban animales de carga, mulas y burros hacían surcos y lomitas al caminar.

Waitz, (1932), mencionó que después de la erupción, el interior del cráter era de 400 m de diámetro y tomó forma de embudo con flancos empinados, además de tener una profundidad mayor a 300 m (Figuras 8 y 9). Un mes después de haber pasado la erupción aún había exhalación de humo (gases) y los habitantes de Tonila a principios de marzo podían percibir el olor a azufre.

La erupción principal duró alrededor de 4 días, aunque las emisiones disminuyeron, éstas se prolongaron hasta finales de enero. Durante el verano del mismo año, las fuertes lluvias removilizaron los flujos de bloques y ceniza, que aún se conservaban calientes y se transportaron por las barrancas hacia las partes bajas como flujos de lodo calientes.

Efectos de la Erupción de 1913.

En este trabajo, los efectos de la erupción de 1913 se clasificaron en impacto social, ecológico, agropecuario y paisajístico (Tabla 5).

Los mapas de isopacas de la erupción de 1913 muestran la distribución de la caída de ceniza predominantemente hacia el noreste. Saucedo (1997), también realizó dos mapas de los depósitos de caída aérea de la erupción de 1913. Ambos trabajos difieren principalmente en el área de distribución de caída de ceniza, orientación de las isopacas y puntos de registro.

El máximo espesor de la erupción de 1913 fue de 100 centímetros del lado sur del Nevado de y parte norte del Volcán de Colima (Saucedo, 1997), donde muy poca superficie de bosque fue afectada, ya que la mayor parte carecía de vegetación. Entre los 50 y 15 centímetros de espesor, la ceniza sepultó algunos cultivos y los depósitos de agua fueron contaminados. En la figura 11, se observa que la ceniza con espesores entre 15 y 0.01 centímetros de espesor cayó en numerosas poblaciones. Actualmente estas poblaciones han tenido crecimiento socioeconómico (Ciudad Guzmán, Atenquique, Zapotiltic, Guadalajara, Sayula) que en caso de presentarse una lluvia de ceniza de esta magnitud, el impacto social y económico para las poblaciones de Jalisco sería mucho mayor al de 1913.

La realización de los mapas de isopacas de la erupción de 1913 (Figuras 10 y 11) estuvo basada en la información del Imparcial (en Saucedo, 1997), Arreola, (1915) y Saucedo (1997). Cabe mencionar que Saucedo (1997) realizó dos mapas de los depósitos de caída aérea de la erupción de 1913, por lo que el espesor de las isopacas distales de este trabajo (Figura 11) coinciden con el trabajo de Saucedo (1997). Sin embargo, es importante mencionar que ambos trabajos difieren en cuanto al área de distribución de caída de ceniza y orientación de las isopacas.



Figura 8. Vista del lado norte del Volcán de Colima en 1909 (Waitz, 1915).



Figura 9. Volcán de Colima después de la erupción de 1913.

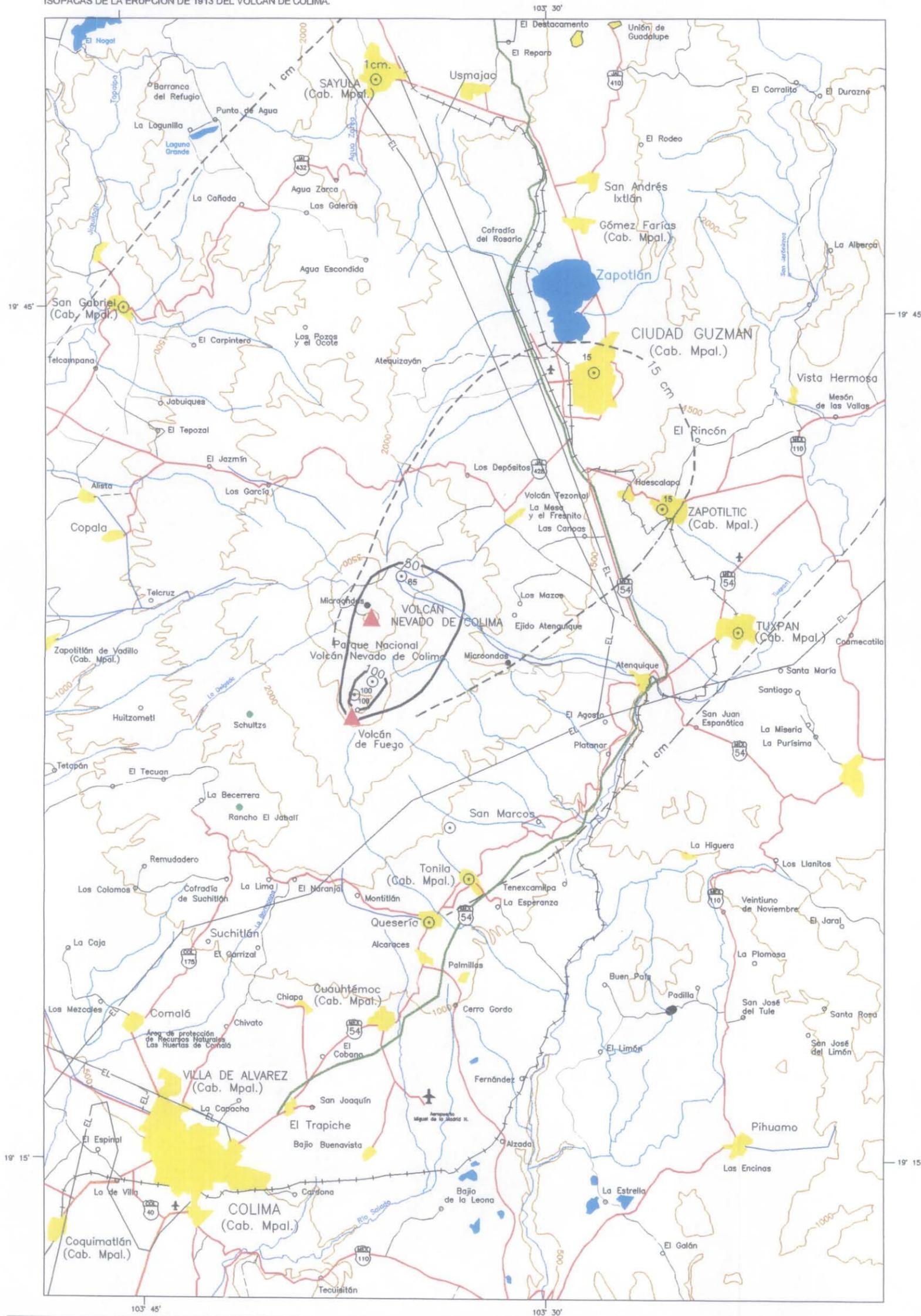
De acuerdo con la información hemerográfica la lluvia de ceniza de la erupción del 20 de enero de 1913, cayó en las localidades citadas en la Tabla 4).

Tabla 4. Localidades con caída de ceniza de la erupción del 20 de enero de 1913.

Estado	Municipio	Localidad	Distancia al cráter (km)	No. De Habitantes (Total)	Espesor de ceniza (cm)	Observaciones	Referencias
Jalisco	Zapotlán el Grande	Cd. Guzmán	26	17,085	15	Se obscureció la ciudad a las 15:00 hrs.	2, 5, 6 y 7.
Jalisco	Zapotiltic	Zapotiltic	24.2	3,648	15		2, 6 y 7.
Colima	Cuauhtémoc	Quesería	14.7	963	1		1, 5
Jalisco	San Gabriel	San Gabriel	30	3,992	1		2, 5
Jalisco	Sayula	Sayula	41	78, 720	1	Obscureció por la tarde	4, 5
Jalisco	Tonila	San Marcos	13.8	1,190	1		2, 7
Jalisco	Tonila	Tonila	13.4	2,682	1		2, 7
Jalisco	Tuxpan	Tuxpan	25	4,472	1		2, 5
Jalisco	Tuxpan	Atenquique	18	201	1		2, 5
Jalisco	Concepción de Buenos Aires	Concepción De Buenos Aires		1,962	0.5		2, 5
Jalisco	Atotonilco el Alto	Atotonilco el Alto	160	6,027	0.5	La erupción empezó a las 11 hrs	2, 5
Jalisco	Cuquio	Cuquio		2,587	0.5		2, 5
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	130	119,468	0.5		2, 5 y 6
Jalisco	Juchitlán	Tamazula	42		0.5		2, 5
Jalisco	Mazamitla	Mazamitla	77	1,402	0.5		2, 5
Jalisco	Poncitlán	Poncitlán	135	2,011	0.5		2, 5
Jalisco	Tizapán el Alto	Tizapán el Alto	93	1,922	0.5		2, 5
Michoacán	Sahuayo	Sahuayo	111	*	0.5		*
Aguascalientes	Aguascalientes	Aguascalientes	320	76,591	0.1	Se nubló y hubo truenos aislados.	4, 5, 6 y 7
Jalisco	Arandas	Arandas	185	5,911	0.1		2, 5
Jalisco	La Barca	La Barca	150	7,487	0.1		2, 5
Jalisco	Lagos de Moreno	Lagos de Moreno	257	12,243	0.1		2, 5
Jalisco	Teocaltiche	Teocaltiche	240	5,840	0.1		2, 5
Jalisco	Tepatitlán de Morelos	Tepatitlán de Morelos	185	5,560	0.1		2, 5
Jalisco	Encarnación de Díaz	Encarnación de Díaz	250	4,711	0.1		2, 5
Jalisco	Yahualica	Yahualica	200	3,036	0.1	Llovió ceniza.	2, 5
Zacatecas	Zacatecas	Zacatecas	390	63,976	0.1	Lluvia de ceniza.	4, 5, 7
Zacatecas		Fresnillo		60,822	0.1	Amaneció cayendo ceniza.	4, 5, 6, 7.
Coahuila	Saltillo	Saltillo	720	25,414	0.01		3, 5, 6, 7
Guanajuato	Guanajuato	Guanajuato	312	66,933	0.01	Polvo fino	4, 5
Guanajuato	León	León de los Aldama	275	89,510	0.01		4, 5
Jalisco	Ameca	Ameca	135	9,529	0.01	Amaneció una ligera capa de ceniza.	4, 5
Jalisco	Zapotlanejo	Zapotlanejo	145	2,750	0.01		2, 5
Michoacán	La Piedad	La Piedad	190	25,790	0.01		4, 5
Michoacán	Yurécuaro	Yurécuaro	166	*	0.01		*
Michoacán	Zamora	Zamora de Hidaigo	145	97,994	0.01	Neblina de ceniza.	4, 5

Fuente: 1. Dirección. General. de Estadística. 1913. División Territorial de Colima. 2. Dirección. Gral. de Estadística. 1918. División Territorial de Jalisco. 3. Dirección. General. de Estadística. 1913. División Territorial de Coahuila. 4. Dirección General de Secretaría de Hacienda y Fomento de Estadística (1918). 5. El Imparcial, (1913). 6. Arreola, 1915. 7. Waitz, 1932.

ISOPACAS DE LA ERUPCIÓN DE 1913 DEL VOLCÁN DE COLIMA.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Filosofía y Letras
Posgrado en Geografía

SIMBOLOGÍA

ISOPACAS DE LA ERUPCIÓN DE 1913

- ISOPACA 1913 EN CM. ———
- ISOPACA INFERIDA - - - - -
- PUNTOS DE CAIDA DE CENIZA, ESPESOR \odot 100
- VOLCÁN \blacktriangle

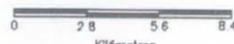
REPRESENTACIÓN DEL RELIEVE

- CURVA DE NIVEL ACOTADA \sim

- POBLACIONES
- Número de habitantes (de acuerdo al Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2000).
 - CON MÁS DE 100 000 HABITANTES COLIMA
 - DE 50 001 A 100 000 HABITANTES SAYULA
 - DE 15 001 A 50 000 HABITANTES El Trapiche
 - DE 2 501 A 15 000 HABITANTES Fernández

- CARRETERA PAVIMENTADA DE DOS O MÁS CARRILES
- CARRETERA CONCESIONADA: DOS CARRILES
- CARRETERA PAVIMENTADA DE DOS CARRILES
- NUMERACIÓN DE RUTA FEDERAL-ESTATAL
- TERRACERÍA
- BRECHA
- FERROCARRIL
- RASGOS CULTURALES
- AEROPUERTO: INTERNACIONAL, LOCAL
- ESTACIÓN DE MICROONDAS
- LÍNEA DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA
- ACUEDUCTO SUBTERRÁNEO
- PRESA
- RASGOS HIDROGRÁFICOS
- CORRIENTE DE AGUA PERENNE
- CORRIENTE DE AGUA INTERMITENTE
- AREA NATURAL PROTEGIDA

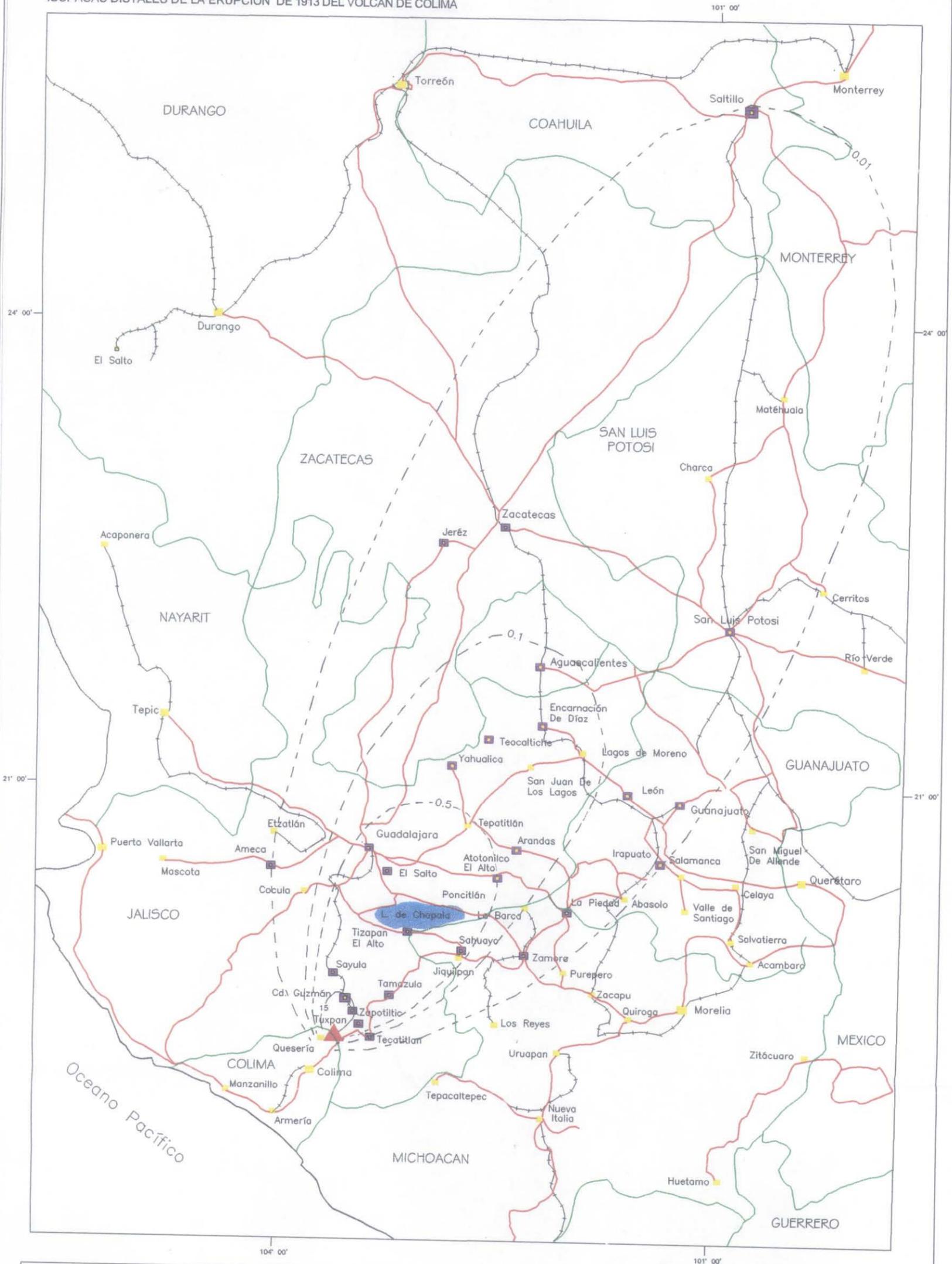
Escala Gráfica



Fuente: Elaboración propia, basada en: INEGI, 1998. Saucedo (1997), Waltz (1932) y Arreola (1915).

Figura 10. Isopacas de la erupción de 1913.

ISOPACAS DISTALES DE LA ERUPCIÓN DE 1913 DEL VOLCÁN DE COLIMA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 Facultad de Filosofía y Letras
 Postgrado en Geografía

SIMBOLOGÍA

- | | |
|---|------------------------|
| —15— ISOPACA CON ESPESOR EN CENTÍMETROS | — LÍMITE INTERNACIONAL |
| - - - ISOPACA INFERIDA | — LÍMITE ESTATAL |
| ▲ VOLCÁN | — CARRETERA PRINCIPAL |
| ■ POBLACIÓN | — VÍA DE FERROCARRIL |
| ■ POBLACIÓN CON CAÍDA DE CENIZA | |
| ● CUERPO DE AGUA | |



FUENTE: Elaboración propia. Atlas Nacional de México, 1.1.2 (1990), Saucedo (1997), Waitz (1932) y Arreola (1915).

Figura 11 Isopacas distales de la erupción de 1913.

Impacto social.

La lluvia de ceniza que cayó en Ciudad Guzmán provocó el desplome de los techos de las casas, ya que la mayoría era sostenido por vigas de madera y no resistieron el peso de la ceniza (10-15 cm). Esto provocó que las calles de la ciudad (Ciudad Guzmán, Jalisco) se bloquearan e interrumpieran las actividades, aunque la limpieza de la ciudad fue el problema principal. También existen referencias de 20 cm de lapilli en áreas cercanas al volcán. La ceniza que viajó a más de 700 km al noreste del volcán llegando Guanajuato, Guadalajara, San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Saltillo, Coahuila y debió afectarlas de diferente manera de acuerdo al espesor que cayó en cada una de las ciudades.

Waitz (1915) mencionó que el valle agrícola ubicado al noreste del volcán fue cubierto por ceniza. Las zonas afectadas por la caída principalmente tenían un uso agrícola.

Efectos por flujos piroclásticos.

Don Juan Mancilla mencionó que después de la erupción de 1913, durante la época de lluvias y en los tres años siguientes, el material que bajaba por la barranca de La Arena aun estaba caliente, cuando llovía el agua bajaba vaporizando y se acompañaba de piedras muy grandes y bofas (escorias negras), la creciente (lahar) golpeaba las paredes del cauce haciendo que algunas paredes se derrumbaran. Este flujo llegó hasta el Río Tuxpan a más de 17 km de distancia del volcán (Saucedo, 1997). En una de estas crecientes Don Demesio Macías estaba parado en el borde del cauce cuando una gran piedra pegó en la pared haciendo que se derrumbara y la creciente arrastró a esta persona que falleció. También mencionó que *"después de la erupción el canal que abastece agua a San Marcos se tapó y una brigada de trabajadores fue a limpiar dicho lugar. Uno de ellos tiró piedras al paredón que aún se encontraba muy caliente, y se desprendió un volumen considerable de pared, el cual al entrar en contacto con el agua estalló causándole la muerte a cuatro o cinco trabajadores por quemaduras e impactos"* (Saucedo, 1997).

Doña concepción (en Saucedo, 1997) mencionó que después de la erupción dos trabajadores al querer cruzar la barranca La Arena, murieron quemados y los envolvieron con hojas de vástago (plátano) porque la piel se les desprendía. También mencionó que el rancho el Durazno quedó sepultado por 5 m de arena. Waitz (1915) mencionó la destrucción de este rancho por los flujos piroclásticos.

De acuerdo a la información de Don Juan Mancilla Don Rafael Montes y Doña Petra Montes de Oca, los ranchos destruidos fueron:

-El Rancho El Durazno, (de la familia Magaña), que quedó sepultado bajo 5 m de arena pero no hubo pérdidas humanas, debido a que salieron a tiempo. Sin embargo, mucho ganado quedó sepultado así como maquinaria agrícola nueva.

-El Rancho del Canutillo, quedó sepultado bajo 3 metros de flujos piroclásticos.

-El Rancho de Laguna Verde, también fue destruido por los flujos piroclásticos.

-El Rancho Ojo de Agua y el paraje los Machos que formaba parte del Rancho El Durazno, no se sabe si fueron sepultados por los depósitos piroclásticos.

Doña Petra Montes de Oca mencionó que hubo una caída de arena y fragmentos mayores en la localidad de Barranca de Agua, lugar donde se refugiaron. Saucedo (1997), comprobó la presencia de fragmentos de pómez de caída de 1 cm de diámetro sobre los hummocks que se encuentran en la Yerbabuena y El Jabalí. Don Daniel Zamora, comentó que muchas reses fueron quemadas y envenenada al beber agua contaminada y que los flujos piroclásticos llegaron cerca de Cofradía, municipio de Tonila, Jalisco (Saucedo, 1997).

Impacto ecológico.

Arreola (1913) y Waitz (1915) mencionan que los flujos piroclásticos no causaron graves daños a la población, debido a que la región estaba poco poblada alrededor del volcán y solamente se destruyeron dos ranchos. El bosque se afectó muy poco ya que en las partes altas del cono carecían de vegetación y en las partes más bajas los flujos piroclásticos estaban encauzados en las barrancas más profundas y por lo mismo no causaron daños importantes a los bosques que se encontraban en las partes altas sobre todo las lomas elevadas que separaban a las barrancas. Sin embargo, los bloques incandescentes que eran lanzados provocaron un gran número de incendios en los alrededores del volcán, perdiéndose una gran cantidad de árboles en los bosques ubicados en la parte sur del Nevado de Colima.

La fauna de la región se vio obligada a emigrar por la falta de agua y comida ya que los pastos fueron cubiertos por los flujos piroclásticos en la parte sur y al noreste fueron tapados temporalmente por una capa de ceniza. Muchos animales al desplazarse quedaron atrapados por los flujos y murieron quemados al intentar cruzar las barrancas. Otros animales murieron al comer pasto y/o beber agua contaminada, por lo que el impacto ecológico en la región fue considerable.

Impacto agropecuario.

Los daños directos que sufrieron los poblados circundantes al volcán por los flujos piroclásticos fueron principalmente la destrucción total o parcial de los ranchos ubicados en la parte sureste, sur y suroeste del volcán, acompañados de la pérdida de ganado. Hacia el sureste, entre San Marcos y Tonila, los ranchos como El Durazno y El Rancho Canutillo fueron sepultados además de perder cabezas de ganado y maquinaria agrícola nueva. Los ranchos Cofradía y Causenta (cerca de Tonila) también tuvieron pérdida de ganado. Los flujos piroclásticos que bajaron por las barrancas del lado sur estuvieron muy próximos a la población de Monte Alto y la Hacienda La Joya, ubicada al oeste de Monte Alto.

En cuanto al impacto agrícola por los flujos piroclásticos se sabe que hubo pérdidas en las plantaciones de café en el rancho El Jabalí. Considerando que esta región se ha dedicado al cultivo de caña desde esa época debido a que ya existía el ingenio azucarero en San Marcos, el impacto también debió ser considerable.

Impacto paisajístico.

El cambio morfológico tanto del edificio volcánico como de las zonas adyacentes se produjo con la ruptura de la cima del volcán y la formación de los flujos piroclásticos. El cono cambió drásticamente por la expulsión del domo y parte superior del cráter, quedando como un cráter abierto en forma de embudo con más de 300 m de profundidad. Waitz, (1932), calculo que también entre 70 y 100m del cono fueron destruidos con la expulsión del domo. En el borde del cráter se distinguían una serie de picos escarpados.

El efecto en el relieve fue importante ya que los flujos erosionaron los flancos superiores del cono aunque la cubierta de ceniza y lapilli suavizó la topografía temporalmente. Los barrancos que se encuentran hacia el sureste, sur y suroeste, se rellenaron por los flujos piroclásticos y lahares calientes secundarios producto de las erupciones explosivas como la de 1913. Los flujos piroclásticos y lahares formaron abanicos hacia la base externa del cono donde las laderas eran de escasa pendiente.

Oficialmente no se conoce el número de pérdidas humanas durante la fase explosiva del volcán del 20 de enero de 1913, pero de acuerdo a los testimonios (Saucedo, 1997), después de la erupción, si hubo varios incidentes en los días y meses posteriores durante los cuales hubo pérdidas humanas. Don Juan Mancilla (Saucedo, 1997) consideró a 5 personas. Doña Concepción Gonzáles mencionó a 2 y en el verano 1 persona. Se puede considerar que como producto de la erupción de 1913 fallecieron 8 personas, además de la muerte de un número considerable de animales que fueron arrastrados por los lahares calientes que descendían por la barranca La Arena y llegaban al Río Tuxpan a más de 17 km del volcán.

Es importante mencionar que a pesar de que la población no contaba con una explicación para el fenómeno volcánico, los habitantes de San Marcos y la gente que vivía en los ranchos circunvecinos al volcán, fueron evacuados casi en su totalidad, refugiándose en las partes más altas como en el margen este del río Tuxpan, la Loma el que se Vende (Juan Barragán), así como en la zona donde se ubica Barranca del Agua, ya que en estos sitios se sentían mas protegidos. No se sabe si la población fue evacuada ni el costo de pérdidas materiales, pero si se puede apreciar que el efecto de la erupción pudo haber tenido graves consecuencias de haber existido el crecimiento de poblaciones que se ha dado actualmente en el área del volcán.

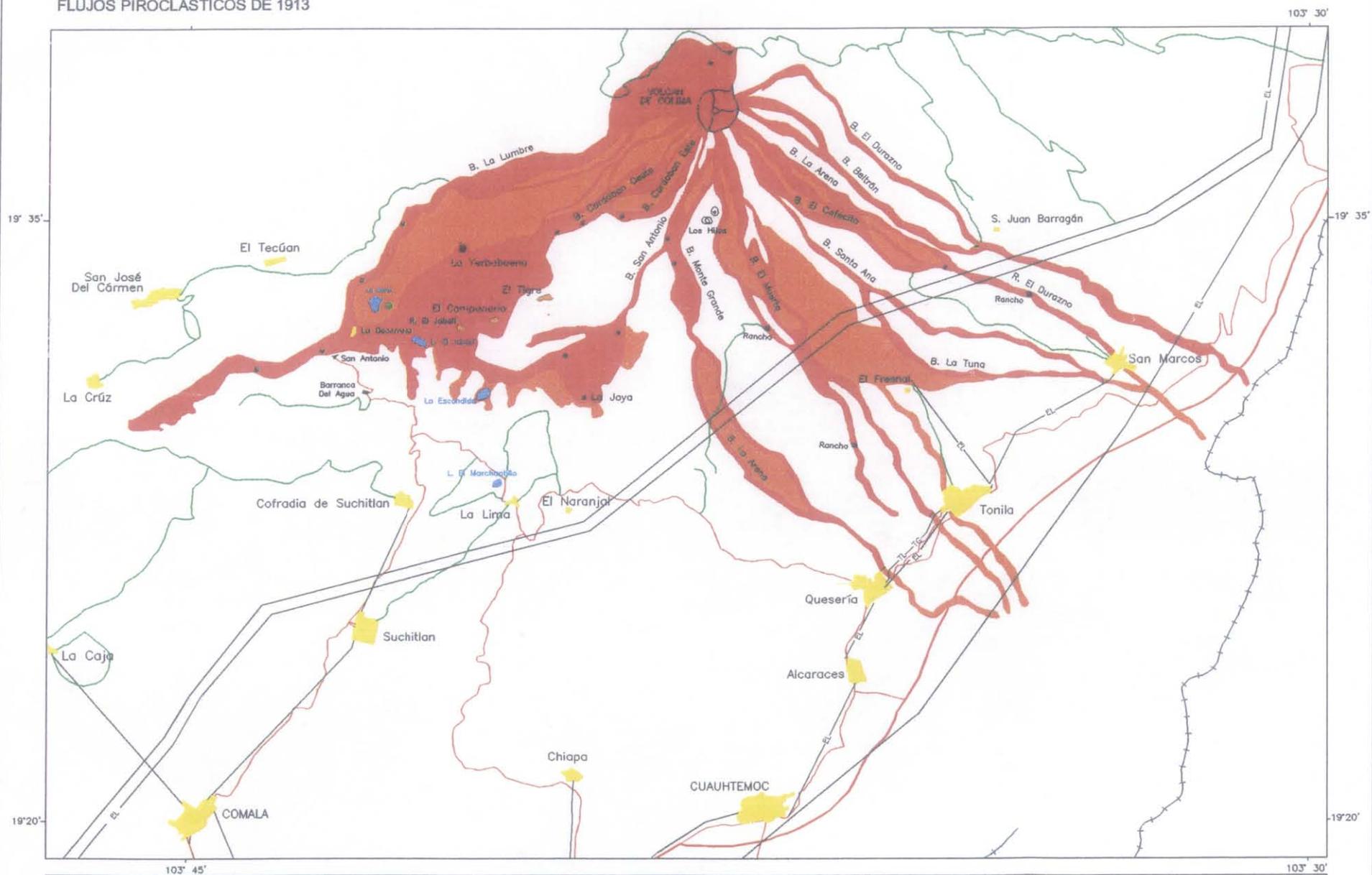
En la Tabla 5 se sintetizan los impactos de acuerdo a la caída de ceniza, flujos piroclásticos y lahares por la erupción de 1913.

La distribución de los flujos piroclásticos y lahares de 1913 se muestra en las figuras 12 y 13, las cuales se basaron en el mapa de peligros del Volcán de Colima (Martin Del Pozzo, et al., 1995b) y en la información de Arreola (1915) Waitz, (1915) y los testimonios anteriormente citados.

Tabla 5. Efectos producidos durante y después de la erupción del 20 de enero de 1913.

Impacto Volcánico	Social	Agropecuario	Paisaje	Bosque	Fauna	Ríos y manantiales
Lluvia de ceniza	<ul style="list-style-type: none"> - Colapso de techos de las viviendas en Ciudad Guzmán. - Bloqueo de calles. - Dificultad para limpiar la ceniza en Ciudad Guzmán. - Azolve de manantiales, arroyos y ríos. - Dificultad en el tránsito de los animales de carga. - Interrupción de actividades económicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivos tapados en el valle de ciudad Guzmán. - Muerte de ganado al ingerir agua y comer pasto contaminado. 		<ul style="list-style-type: none"> Sepultamiento de vegetación microfita. Pastos tapados. 	<ul style="list-style-type: none"> Migración por falta de comida y agua 	<ul style="list-style-type: none"> Azolve de manantiales y de ríos.
Flujos piroclásticos y Lahares	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción total y parcial de los ranchos: El Durazno, Laguna Verde, Canutillo, Ojo de Agua y paraje los Machos 	<ul style="list-style-type: none"> - Sepultamiento de café. - Pérdida de ganado vacuno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relleno de las barrancas Beltrán, Durazno, La Arena, Montegrande, Cordobán y Lumbré. - Relleno de los valles. - Erosión de los flancos superiores. - Removilización constante de los flujos piroclásticos sobre las barrancas, en forma de lahares. - Formación de abanicos. 		<ul style="list-style-type: none"> - Calcinación del ganado y fauna local al intentar cruzar las barrancas rellenas de flujos piroclásticos calientes. - Migración de la fauna. - Escasez de alimentos y agua. 	<ul style="list-style-type: none"> - Obstrucción de los manantiales.

FLUJOS PIROCLASTICOS DE 1913



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 Facultad de Filosofía y Letras
 Posgrado en Geografía
 SIMBOLOGÍA

- Flujos piroclásticos de 1913
- Área de Posibles flujos piroclásticos
- Humocks
- ⊙ Domos
- Puntos de Muestreo

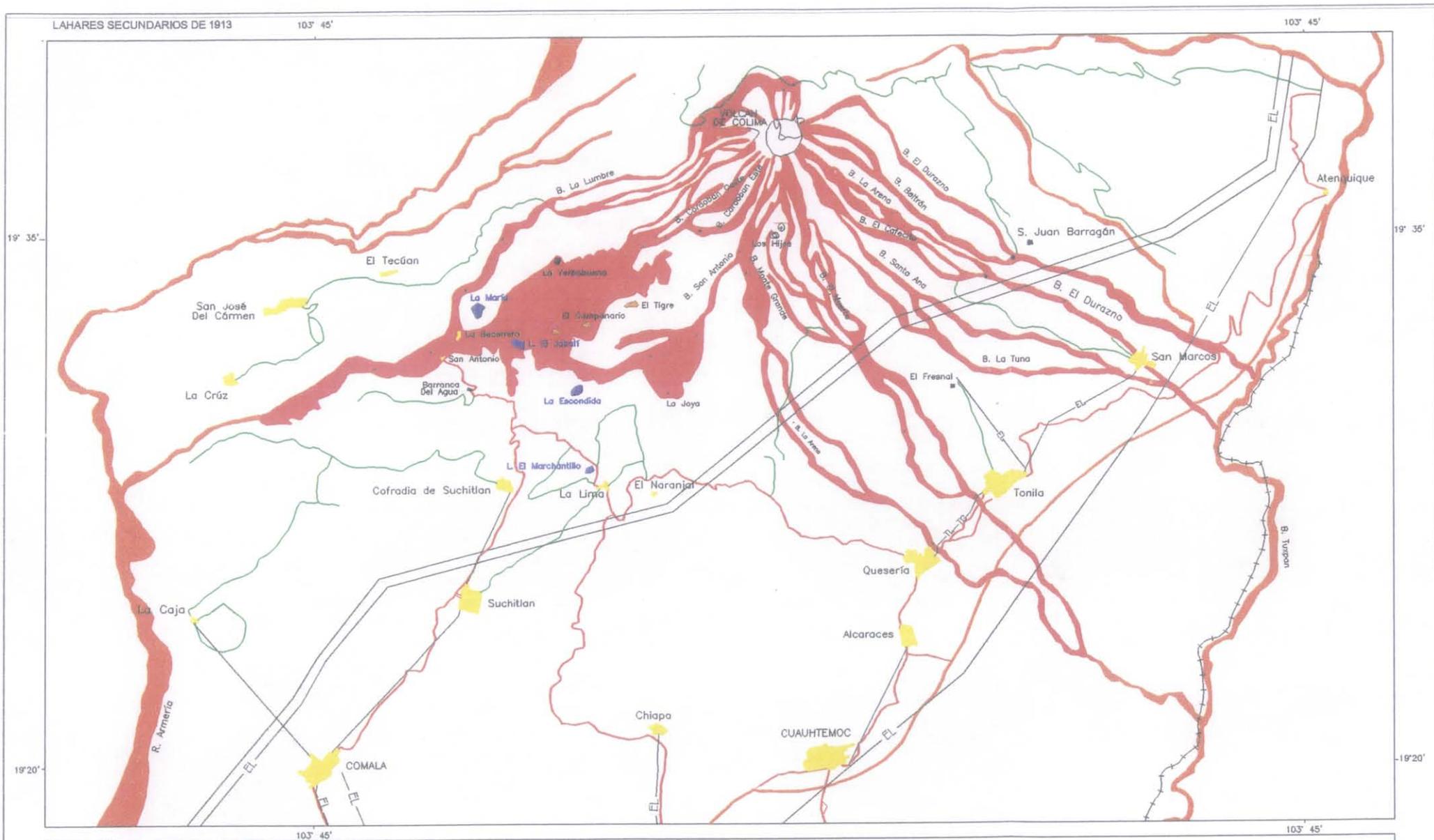
- Población
- Presa
- Autopista
- Carretera Pavimentada
- Terracería
- Vía Ferrea

- Líneas de conducción
- TG— Telégrafo
 - TL— Teléfono
 - EL— Electricidad
 - ✈ Aeropuerto
 - Centro Recreativo



Fuente: Modificado de Martín del Pozzo et al., 1995. Saucedo, 1997.

Figura 12. Distribución de flujos piroclásticos de 1913 y posible distribución.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Filosofía y Letras
Posgrado en Geografía

SIMBOLOGÍA

■ Lahares de 1913

▭ Posibles lahares

● Humocks

○ Domos

■ Puntos de Muestreo

■ Población

■ Presa

— Autopista

— Carretera Pavimentada

— Terracería

— Vía Ferrea

Líneas de conducción

—TG— Telégrafo

—TL— Teléfono

—EL— Electricidad

✈ Aeropuerto

Escala Gráfica



Fuente: Modificado de Martín Pozzo et al., 1995. Saucedo, 1997.

Figura 13 Áreas afectadas por flujos de lodo en 1913 y su posible alcance.

Capítulo V. Características socioeconómicas.

Para conocer las características socioeconómicas actuales de aquellas poblaciones que en un futuro podrían tener caída de ceniza, presencia de flujos piroclásticos y lahares en caso de ocurrir una erupción como la de 1913, se requirió estimar la distribución de los productos e identificar las localidades que fueron afectadas por estos productos (Figuras 10,11, 12 y 13 y Tabla 4). Esto permitió realizar el análisis socioeconómico actual para posteriormente identificar los posibles impactos.

Con base en los datos del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2000) y los anuarios estadísticos de 1999 (Colima) y 2000 (Jalisco), se obtuvo la siguiente información. Las ciudades de Guadalajara y León cuentan con más de 1 000 000 de habitantes cada una. La mayor parte de la población desarrolla actividades terciarias como comercio, servicios de transporte y comunicaciones, servicios financieros, administración pública, servicios profesionales y técnicos, así como servicio de restaurante y hotelería. En segundo lugar desarrollan actividades secundarias de la industria manufacturera, construcción, electricidad y agua (Anexo-Tabla 1).

Aguascalientes y Saltillo tienen más de 550 000 habitantes la población económicamente activa, se dedica a las actividades terciarias. Las ciudades de Colima y Zamora tienen más de 100 mil habitantes. Villa de Alvarez, Guanajuato, Ciudad Guzmán, Lagos de Moreno, Tepatlán y La Piedad tienen entre 77 000 y 57 000 habitantes (INEGI, 2000).

Dentro del área afectada también se encuentra Ameca, Arandas, Atotonilco el Alto, Encarnación de Díaz, La Barca, Poncitlán, Sayula, Teocaltiche, Tizapán el Alto, Zapotiltic, Zapotlanejo y Yurécuaro tienen de 35 mil a 10 mil habitantes. Comala, Quesería, Suchitlán, Concepción de Buenos Aires, Cuquío, San Gabriel, Mazamitla, Cuauhtémoc, San Marcos y Tonila que son ciudades cercanas al volcán tienen entre 3 000 y 10 000 habitantes (anexo-Tabla 1).

Atenquique, Encarnación de Díaz y Tamazula, La Becerrera, La Yerbabuena y San Antonio tienen menos de 2000 habitantes (INEGI, 2000). Esta población desarrolla actividades terciarias, secundarias y primarias. Atenquique y Cofradía de Suchitlán desarrollan en primer lugar las actividades secundarias.

La población (212 habitantes) de la Yerbabuena por encontrarse sobre flujos piroclásticos, se reubicó en Cofradía de Suchitlán (120 personas) (Figura 14). Sin embargo, 60 permanecen en La Yerbabuena, debido al desacuerdo que hay entre autoridades y la misma población.

La mayor parte de la población tienen viviendas que tienen entre 5 y 1 cuartos. El mayor número de viviendas con paredes y techos de cartón o materiales de desecho se encuentra en León, Guadalajara, Zamora y Saltillo mientras que Mazamitla, Atenquique y San Marcos según los datos de INEGI (2000) tienen el número más bajo de viviendas particulares con estas características (Anexo, Tabla 2).

La mayor parte de la población cuenta con los servicios de agua potable, electricidad y drenaje (Anexo, Tabla 3). Los ranchos El Jabalí y La Hacienda San Antonio, cuentan con servicio de electricidad, aunque no está registrado en el Censo de Población (INEGI, 2000).

Planteles.

De acuerdo al INEGI (2000), Guadalajara 1030 planteles que incluyen aulas y laboratorios, talleres, anexos para preescolar, primarias, secundarias, oficinas, profesional medio, Bachillerato y normal (Anexo, Tabla 4). Lagos de Moreno, Ameca, Atotonilco el Alto tienen entre 200 y 100 planteles, Concepción de Buenos Aires, Sayula, Tizapán el Alto tienen alrededor de 40 y 30, Tonila y San Marcos y 16 y 9 planteles.

Es importante mencionar que en el trabajo de campo se observó en la Becerrera que la telesecundaria Luis Donald Colosio, se encuentra en el lecho del río La Lumbre, el cual fue uno de los conductos principales de los flujos piroclásticos y lahares en 1913 (Figura 15). Esto permite considerar que la ubicación de este plantel se encuentra en una zona de alto riesgo.

Agricultura.

La actividad agrícola de la zona en estudio se caracteriza por la variedad de cultivos que se producen. En primer lugar sobresalen los granos, leguminosas, hortalizas y frutales (Anexo, Tabla 5). La siembra de maíz abarcó 166,417 hectáreas, cosechando 133,217 hectáreas con un valor de 568,702,196 pesos. El cultivo de maíz forrajero y maíz asociado abarcó más de 32,000 hectáreas equivalentes a 462,000 toneladas con un valor de 96 millones de pesos. La siembra de sorgo grano y sorgo forrajero abarcó una superficie de 20,000 hectáreas, obteniendo más de 298 mil toneladas con un valor mayor a 123 millones de pesos (INEGI, 2000).

Los cereales como avena forrajera y de grano, junto con la cebada forrajera y el trigo, se sembraron en más de 12,000 hectáreas de siembra, y se obtuvieron más de 115,500 toneladas equivalentes a 93 millones de pesos.

Las leguminosas como frijol, garbanzo y garbanzo grano fueron sembradas en una superficie de 13,238 hectáreas y obtuvieron más de 17 mil toneladas equivalentes a 99,795,380 pesos.

La siembra de jitomate, papa, chile verde, chile seco, elote, cebolla, tomate de cáscara, nopal tuna y calabacita, cubren una superficie de 3,289 hectáreas equivalentes 189,608 toneladas con un valor de 413,465,450 pesos (INEGI, 2000).

Los cultivos permanentes también tienen una aportación importante en la economía regional y local. En Tuxpan, Lagos de Moreno, Cuquío y Arandas, Jalisco, los cultivos permanentes como el pasto forrajero se sembró en 9,089 hectáreas, obteniendo 259,406 toneladas con un valor de 59,556,400 pesos (Anexo, Tabla 5). La alfalfa verde y alfalfa achicalada abarcaron 4,937 hectáreas que corresponden a 391,802 toneladas con un valor de 89,771,200 pesos (INEGI, 2000). En el estado de Colima los forrajes y la pradera pasto se sembraron en 8072 hectáreas obteniéndose 252810.5 toneladas con un valor 53,191,446 pesos (INEGI, 1999).

El cultivo de caña abarcó más de 18,169 hectáreas sembradas equivalentes a 1,472,163 toneladas con un valor de 3,866,990,415 pesos (Anexo Tabla 5)), mientras que para el estado de Colima en los municipios de Cuauhtémoc, Comala y Villa de Alvarez, se sembraron 7,384 hectáreas obteniéndose 534,614 toneladas con un valor de 20,083,671.39 de pesos (INEGI, 1999).

Se pudo ver en campo que la caña de azúcar está reemplazando al cultivo del maíz en los alrededores del Volcán y el principal receptor es el ingenio azucarero de Quesería (Figura 16).

El cultivo del café se lleva a cabo en el municipio de Tonila, Jal. se sembraron 76 hectáreas cosechando 112 toneladas teniendo un valor de 336,000 mil pesos. En Comala, Cuauhtémoc y Villa de Alvarez la siembra café cereza abarca 1,355 hectáreas obteniéndose 1,439 toneladas equivalentes a 5,005,000 de pesos. En campo se pudo observar que en la zona del Borbollón y el Rancho el Jabalí, cultivan el café y su distribución es principalmente en la ciudad de Colima.

El cultivo de agave abarcó alrededor de 23,687 hectáreas obteniendo 123,630 toneladas las cuales tuvieron un valor de 1,005,060,690 de pesos. También el nopal tuna abarcó 156 hectáreas de siembra, lo que permitió obtener 3,120 toneladas con un valor de 3,120,000 mil pesos.

El nopal y el aguacate, en los municipios de Comala y Cuauhtémoc en Colima se cultivaron en 21 hectáreas produciendo 182 toneladas con un valor de 565,100 mil pesos. Se cultivaron en 396 hectáreas cítricos como limón, limón agrio, limón persa y naranja, cosechando 1525 toneladas con un valor de 7,598,060 pesos. Los cultivos de guayaba, mango, ciruela, ciruelo, tamarindo y lima abarcaron 1833 hectáreas y se cosecharon 14,369 toneladas con un valor de 8,218,006 de pesos.

En Comala y Villa de Alvarez se cultiva plátano, papaya roja, guanábana, mamey, Macadonia, Leucadamia, Leucaena y copra (Anexo, Tabla 5). Estos cultivos fueron sembrados en 105 hectáreas y se cosecharon 556,3 toneladas que tuvieron un valor de 2,171,092 pesos.

En el ciclo agrícola otoño-invierno de 1998, alrededor de 1975 productores agrícolas fueron beneficiados por PROCAMPO, de los cuales 1,888 productores corresponden a 17 municipios del estado de Jalisco y 87 al estado de Colima (Anexo, Tabla 6). En los 17 municipios de Jalisco 3072 predios equivalentes a 14 312.4 hectáreas recibieron un total de 89 684 439.956 pesos por parte de PROCAMPO. En los municipios de Comala, Villa de Alvarez y Cuauhtémoc los 87 productores beneficiados con 236 hectáreas recibieron 148,024 pesos de PROCAMPO (TABLA 6).

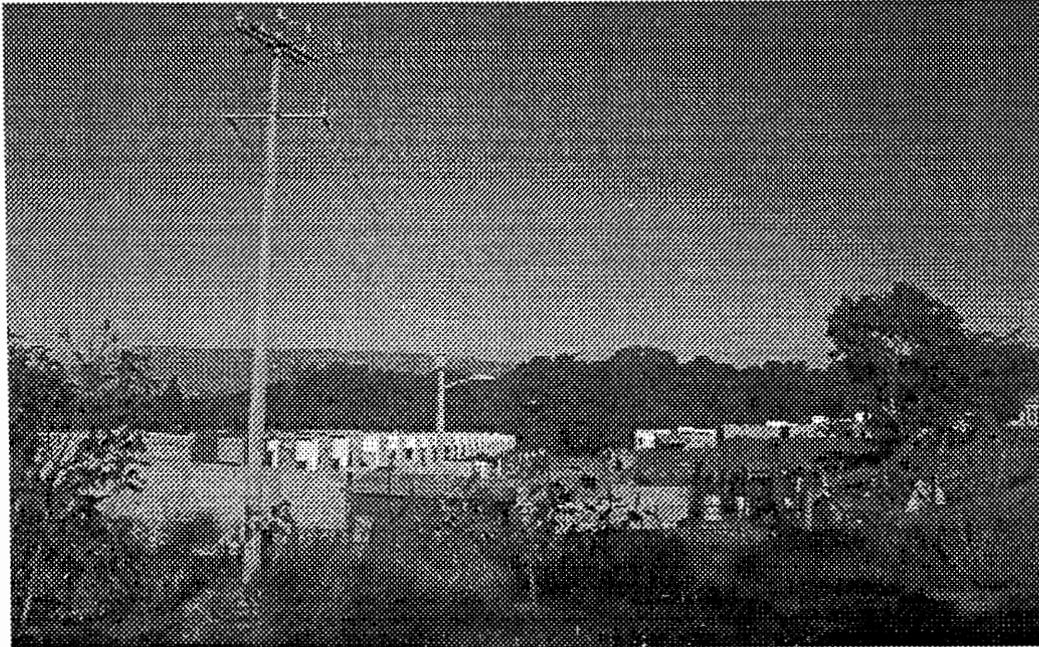


Figura 14. Viviendas de Cofradía de Suchitlán.

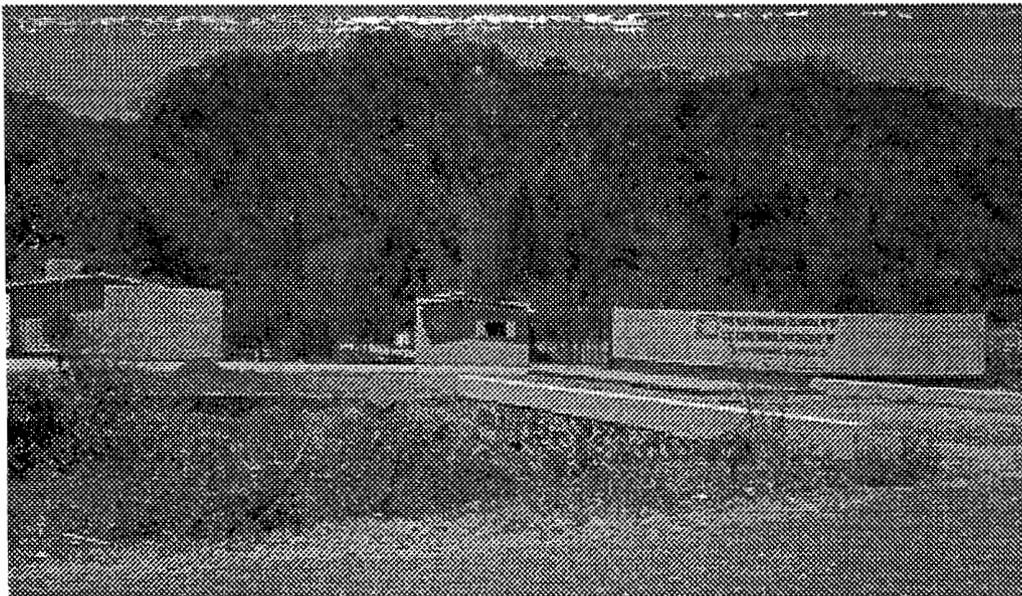


Figura 15. Telesecundaria Luis Donaldo Colosio, La Becerrera, construida sobre el lecho del río La Lumbre.

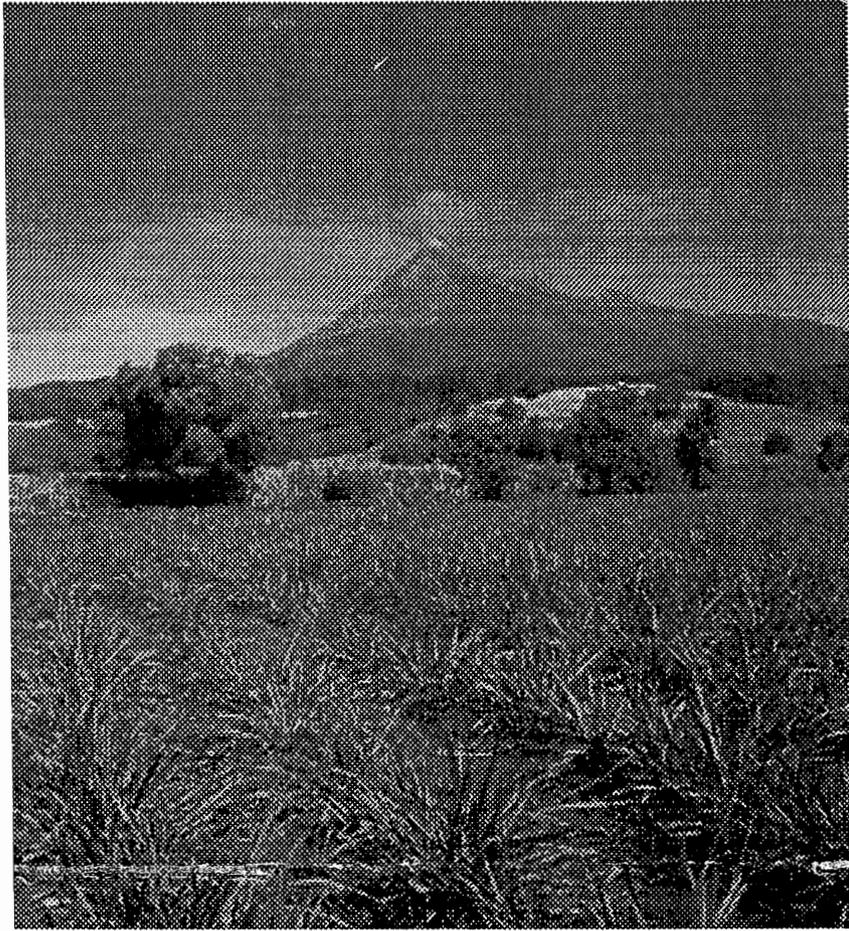


Figura 16. Ingenio azucarero de Quesería al sureste del Volcán.



Fig. 17. Cultivo de caña del lado oriental del volcán (N19°24'33"W103°35'6").

Durante el ciclo de primavera verano, 28 194 productores recibieron un total de 217 597 425 millones de pesos (Anexo, Tabla 6). Los municipios pertenecientes al estado de Jalisco tuvieron 26,574 productores con 48,206 predios que abarcaron 269 675.64 hectáreas y recibieron un monto de 209,807,499 pesos. Los municipios del estado de Colima el apoyo de PROCAMPO fue para 1 620 productores con un monto total de 7,789,926 pesos.

Actividad ganadera.

Los municipios identificados que fueron afectados por la lluvia de ceniza en 1913, cuentan con ganado bovino, porcino, ovino, caprino, aves y colmenas (INEGI, 2000) (anexo-Tabla 7). El mayor número de cabezas corresponde a las aves cada uno. La Barca, Lagos de Moreno y Zapotlanejo cuentan con más de 1 millón de aves (anexo-Tabla 8). Sayula, Comala, Tuxpan, Teocaltiche, Poncitlán, Tamazula, Atotonilco el Alto y Zapotlán el Grande, tienen entre 300 mil y 690 mil aves mientras que Cuauhtémoc, Villa de Alvarez, Zapotiltic, Tonila, Yahualica, Tamazula, entre 130 mil y 70 mil cada uno. San Gabriel, Poncitlán, Mazamitla, Cuquio, Concepción de Buenos Aires tienen una población avícola menor a 20 mil cabezas por municipio (anexo-Tabla 7). En conjunto hacen un total de 18,852,597 cabezas con un valor de 118,785,44 pesos (INEGI, 2000). En Comala, Cuauhtémoc Villa de Alvarez tienen alrededor de 16,445 aves que equivalen a 730,888 pesos (anexo-Tabla 8).

El ganado porcino ocupa el segundo lugar, Arandas, Lagos de Moreno, Atotonilco el Alto, tienen entre 980 mil y 110 mil cabezas cada uno. La Barca, Encarnación de Díaz, Sayula, Tamazula, Teocaltiche, Yahualica y Zapotlán el Grande tienen más de 20 mil cabezas, mientras que Concepción de Buenos Aires, Cuquio, Poncitlán San Gabriel, Tonila, Comala, Cuauhtémoc y Villa de Alvarez tienen entre 5,500 y 300 por municipio. En total los municipios de Jalisco suman un total de 1,897,623 cabezas que es equivalente a 2,692,502.05 pesos, mientras que los tres municipios de Colima cuentan con 10,651 cabezas y equivale a 7,658 pesos (anexo-Tablas 7 y 8).

El ganado bovino se encuentra mayoritariamente en Lagos de Moreno, Arandas, Ameca, Teocaltiche y Cuquio, tienen entre 93 mil y 29 mil cabezas por municipio. Zapotiltic, Comala, Atotonilco el Alto, La Barca, Sayula, y Tonila, tienen menos de 15 mil cabezas de ganado bovino cada uno, mientras que Encarnación de Díaz y Arandas tiene más de 16 mil cabezas. Como se puede ver en la Tabla 12, Ameca, Cuquio, Poncitlán, Tuxpan, Yahualica y Zapotlanejo tienen menos de 1,700 cabezas. Zapotlán el Grande, Lagos de Moreno, La Barca y Comala, tienen entre 4,000 y 2,000 cabezas de ganado vacuno. Concepción de Buenos Aires, Tonila, Tizapan el Alto y Zapotiltic, no cuentan con datos de ganado bovino (INEGI, 2000).

Los municipios del estado de Jalisco afectados por la erupción de 1913, actualmente cuentan 485442 cabezas de ganado vacuno equivalente a 22,202,259.96 millones de pesos, mientras que las localidades del estado de Colima tienen 43,356 cabezas que suman 193,406.7 pesos (INEGI, 1999, 2000).

El ganado caprino de Atotonilco el Alto, La Barca y Lagos de Moreno, cuentan con más de 20 mil cabezas (anexo-Tabla, 7). Poncitlán, Teocaltiche, Tizapan el alto, Ameca y Arandas tienen entre 1600 y 50 cabras (anexo-Tablas 7 y 8). En total tienen 102,660 cabras que equivalen a 76,481.73 pesos para el estado de Jalisco. Los tres municipios de Colima suman 1879 cabezas de ganado caprino y equivalen a 864,865.3 pesos.

Tamazula, Zapotiltic y Zapotlán el Grande tienen entre 56 mil y 20 mil colmenas, mientras que Tuxpan, Lagos de Moreno, Sayula, Ameca, Atotonilco el Alto, Encarnación de Díaz, Tonila, Zapotlanejo y Cuauhtémoc, tienen entre 8000 y 1000. En Concepción de Buenos Aires, Mazamitla, Teocaltiche, Tizapán el Alto, Tonila, Comala y Villa de Alvarez, hay menos de 1000 colmenas. En total los municipios de Jalisco tienen 179,319 colmenas con un valor de 51,567.59 pesos. Colima cuenta con 6231 colmenas equivalentes a 3738 pesos.

Infraestructura.

Las áreas aledañas al Volcán de Colima cuenta con una gran infraestructura, reflejo del crecimiento económico que ha tenido la región. Esta zona cuenta prácticamente con una amplia red de carreteras federales y estatales pavimentadas, terracerías y brechas revestidas (anexo-Tabla 9). La carretera federal 54 Guadalajara-Colima-Manzanillo de cuatro carriles que une al occidente del país con la costa del Pacífico, es una de las más importantes a nivel nacional. También la carretera estatal 25 pasa sobre las faldas del volcán y comunica a las principales localidades como Ciudad Guzmán, Tonila, Quesería, San Antonio, Comala y Colima. Existen una serie de brechas y terracerías que unen a la libre estatal comunicando a pequeñas localidades. También existen algunos caminos pocos transitables que conducen a la parte alta del Volcán de Fuego.

El transporte férreo que pasa por las faldas del volcán de Colima une al centro del país con el puerto de Manzanillo; en este puerto se registran los principales movimientos comerciales marítimos nacionales o extranjeros.

La zona cuenta con dos aeropuertos con servicio internacional y nacional que se encuentran en la localidad de El Trece (Miguel Hidalgo) en Tlajomulco, Jalisco, y Buenavista en Cuauhtémoc, Colima. Las aeropistas tienen una longitud de 4000 y 2500 metros respectivamente (anexo-Tabla 10).

El aeropuerto Miguel Hidalgo (Jalisco) recibió 120 600 vuelos de los cuales 103 072 fueron nacionales y 17528 internacionales (anexo-Tabla 11). El aeropuerto Miguel de la Madrid Hurtado en Colima, recibió 4 518 vuelos comerciales, particulares y oficiales, atendiendo a 137 356 pasajeros de vuelos comerciales, ya que los privados y oficiales no son registrados.

Al Este del Volcán se encuentran dos líneas de conducción eléctrica de 400 megavoltios provenientes de la Termoeléctrica Campos ubicada en el Puerto de Manzanillo y junto con la subestación eléctrica de Colima suministran de energía eléctrica a las zonas aledañas al Volcán. Parte de la energía eléctrica que proviene de dicha Termoeléctrica suministra a un área de la zona metropolitana de Guadalajara a través de 9 subestaciones de distribución con una potencia de 665 megavols-ampères (anexo-Tabla 12).

Alrededor de 13 municipios cuentan hoy en día con una subestación de distribución eléctrica (anexo-Tabla 12). Villa de Alvarez, Colima, tiene una estación de 40 megavolts-ampères distribuidos en 2,189 transformadores con una potencia de 74,821 mega-volts.

Cabe mencionar que 318 transformadores de 10,883 se encuentran en Comala y 239 transformadores de 8162 megavolts en Cuauhtémoc y 1,632 transformadores con una potencia de 55,776 megavolts en Villa de Alvarez.

El servicio eléctrico es de tipo industrial, residencial, comercial, agrícola, alumbrado público, bombeo de agua potable, aguas negras y temporal. Actualmente 701,541 usuarios del servicio eléctrico de Jalisco generaron 2,392,756 pesos (anexo-Tabla 13).

En Villa de Alvarez, Comala y Cuauhtémoc, cuentan con 31,079 usuarios del servicio eléctrico de tipo residencial, comercial, alumbrado público, industrial, agrícola, bombeo de agua potable, aguas negras y temporal, generando 78,192 pesos (anexo-Tabla 13).

El servicio postal y telegráfico se tiene en 22 municipios de Jalisco, en conjunto tienen 536 oficinas postales, donde 227 son expendios en pequeños comercios, 92 son agencias, 59 instituciones públicas, 47 administraciones y 95 otras instalaciones no registradas (anexo-Tabla 14). En los 3 municipios de Colima (Villa de Alvarez, Comala y Cuauhtémoc), se cuenta con 42 oficinas, de las cuales 26 son expendios en comercios, 11 son agencias, 4 administraciones y 1 institución pública (anexo-Tabla 14).

A través del servicio telegráfico en 21 municipios de Jalisco afectados por la erupción en 1913, se recibieron 73,200 giros nacionales e internacionales, donde 164 221 fueron del interior del país equivalentes a 1,494,664.18 pesos y 8,979 telegramas internacionales recibidos tuvieron un importe de 47,582.25 pesos. También se transmitieron 171,364 giros en el interior del país, equivalente a 174,202,659.3 pesos (anexo-Tabla 15).

En Cuauhtémoc, Comala y Villa de Alvarez, 23,411 giros recibidos nacionales generaron 10,248.23 pesos (anexo-Tabla 15). Se transmitieron 2,342 giros al interior de la República generando 79,825.02 pesos. Se debe mencionar que la disminución de los giros internaciones transmitidos se suspendió debido a la inestabilidad del peso respecto al dólar estadounidense (INEGI, 2000).

La población que se encuentra en las proximidades del Volcán tiene un desarrollo económico importante en la agricultura y ganadería, así como también infraestructura y servicios.

Capítulo VI. Discusión de resultados.

En el análisis de las áreas de posible afectación asociadas a la lluvia de ceniza, se consideró el tipo de erupción y la altura de la columna eruptiva, así como la época de ocurrencia debido a la influencia en los patrones de vientos. Se realizó un análisis del comportamiento del viento, integrando la información histórica sobre la distribución de la caída de ceniza y la altura de la columna. Galindo *et al.*, (1998) en su estudio climatológico del Volcán de Colima, incluye un análisis de la distribución de los vientos correspondientes a los vientos bajos, ya que el estudio se realizó a partir de la estación meteorológica El Volcancito, que se encuentra por debajo de 4000 metros de altitud. Considerando lo anterior, se sugiere que para estimar la posible distribución de la ceniza se requiere de un estudio más detallado de los vientos a partir de los 5 000 metros de altura.

En el análisis estadístico de los vientos para esta tesis se adquirieron los datos del radiosondeo en la estación de Manzanillo (19°07'N y 103°33'W) del Servicio Meteorológico Nacional. Se escogió 1992 para detallar el comportamiento del viento, ya que fue el año que contaba con mayor número de datos de radiosondeo en los doce meses. Para determinar la distribución del viento se consideraron las siguientes variables: dirección del viento (en grados), velocidad m/s y altura geopotencial (metros). Estos datos se obtuvieron a partir de los 4000 metros de altura del volcán y tomando en cuenta una altura mínima de 21 kilómetros para la columna eruptiva.

La información se procesó y organizó en tres niveles altitudinales de 4000-9000, 9000-14000 y de 14000 a 19000, ya que se observó que el comportamiento del viento tiene variaciones en estas alturas. El comportamiento de los vientos se estudió hasta los 19 000 metros, altitud hasta donde llegaron los radiosondeos.

El resultado del análisis estadístico mostró que los vientos altos predominantes durante los meses de enero a mayo y noviembre, vienen del oeste y suroeste. Se pudo apreciar que durante estos meses los patrones dominantes del viento son constantes para los tres grupos altitudinales (Figura 18). También en diciembre, los vientos se comportan de manera similar, aunque a menor altura también se presentan vientos del sur.

Durante los meses de junio a agosto los vientos predominantemente entran por el este, y con menor frecuencia del este-noreste, nor-noreste y sureste y norte. Se pudo observar que en estos tres meses los vientos del suroeste son poco frecuentes, al igual que los del oeste. (Figura 18).

Septiembre se comporta diferente. Los vientos dominantes vienen del norte, seguidos por los del nornoroeste, este-noreste y este-sureste. A menor altura (9000-14000 metros) los vientos dominantes son del noroeste, seguidos por los del sursuroeste y sur. Entre los 4000 y 9000 metros los vientos predominantes son del este principalmente.

Octubre es el mes que muestra mayor variabilidad en la distribución de los vientos altos entran principalmente por el oeste. De menor importancia son los vientos del sur-oeste, oeste-noroeste y sursuroeste. Los vientos medios (9000 y 14000 metros) predominantes son del suroeste y con menor frecuencia del sursuroeste, y oeste.

Los vientos del norte, este y noreste son poco frecuentes. Los vientos entre los 4000 y 9000 metros, pueden tomar cualquier dirección, aunque tienen cierta predominancia los del sureste, sur y oeste.

La velocidad promedio de los vientos tuvo variaciones en los tres estratos altitudinales. Entre los 4000-9000 m la velocidad máxima promedio fue de 220 m/s y la mínima de 10 m/s. Entre los 9000-14000 alcanzó hasta 400 m/s a principios de año (enero-abril), pero a partir de julio la velocidad promedio de los vientos no superó los 100 m/s. Por arriba de los 14000 la velocidad de los vientos fue más constante, se mantuvo entre 300 y 100 m/s, lo que implica que tardarían en llegar a Ciudad Guzmán (2 a 4 minutos) Guadalajara (11 a 21 minutos) Aguascalientes (27 a 53 minutos) y Saltillo (1 a 2 horas).

Las velocidades más bajas de 30 m/s se presentaron de septiembre y octubre. En caso de presentarse una erupción como la de 1913, la ceniza llegaría a Ciudad Guzmán en 14 minutos, a Guadalajara en 1 hora y 20 minutos, Aguascalientes en 2 horas y 10 minutos y Saltillo en 6 horas y 7 minutos.

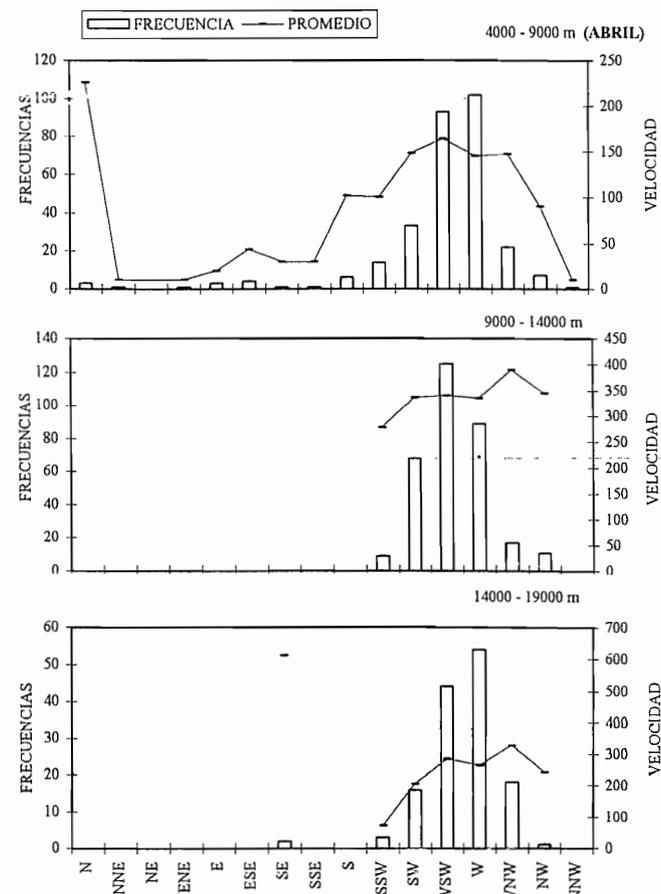
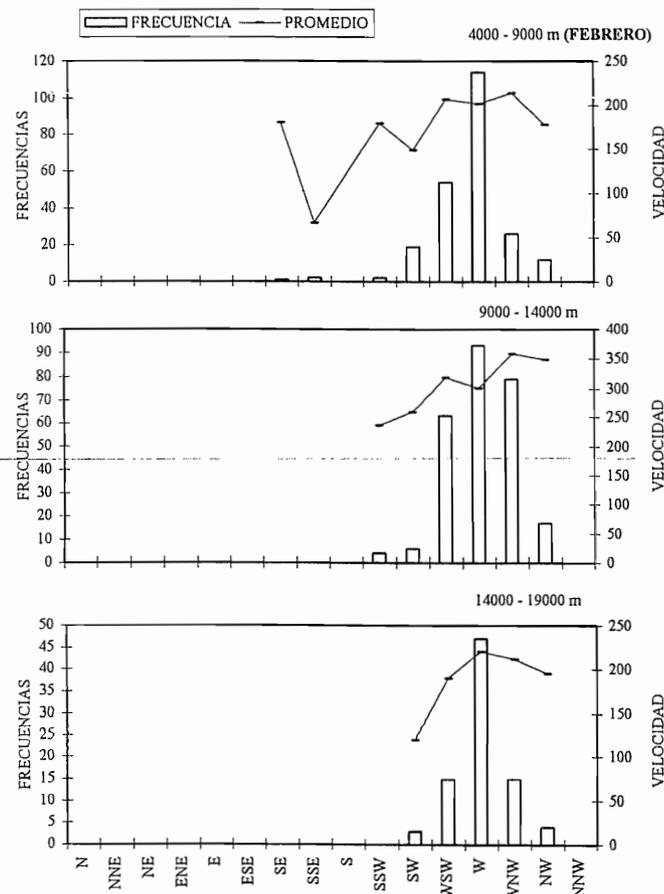
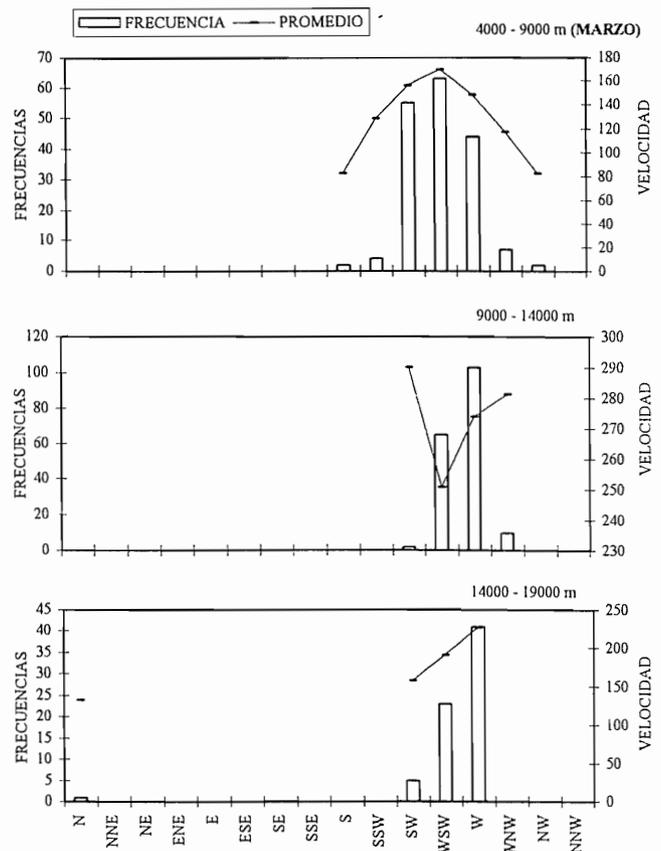
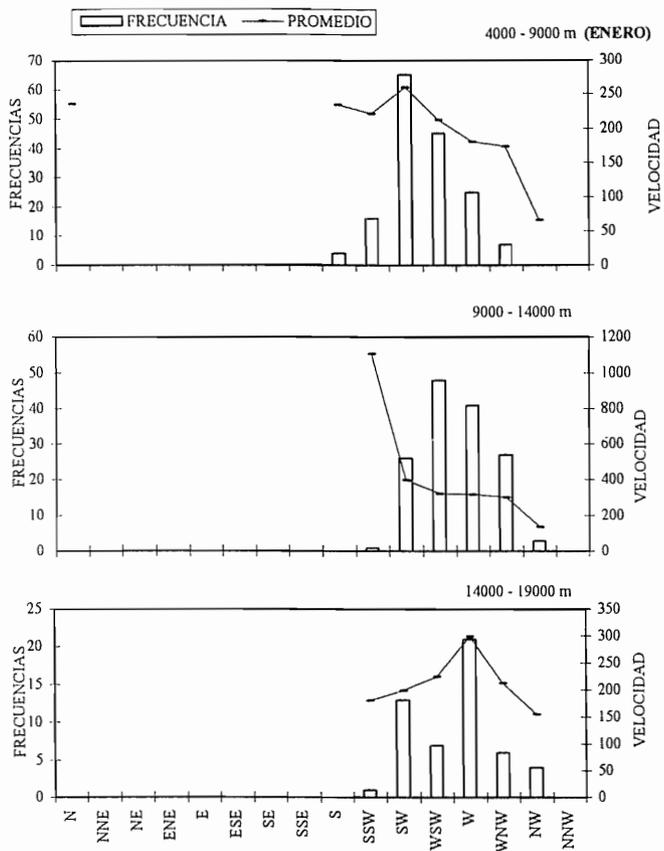


Figura 18. La frecuencia, número de veces que presentó la dirección del viento, está representada por barras. Las direcciones del viento corresponden a los cuadrantes dominantes. La línea representa la velocidad (promedio).

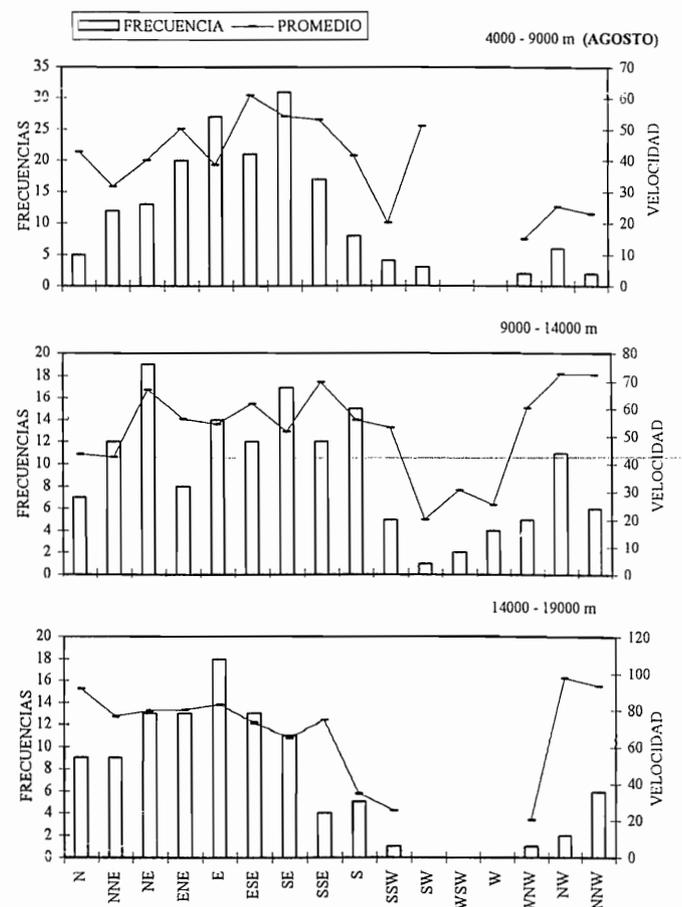
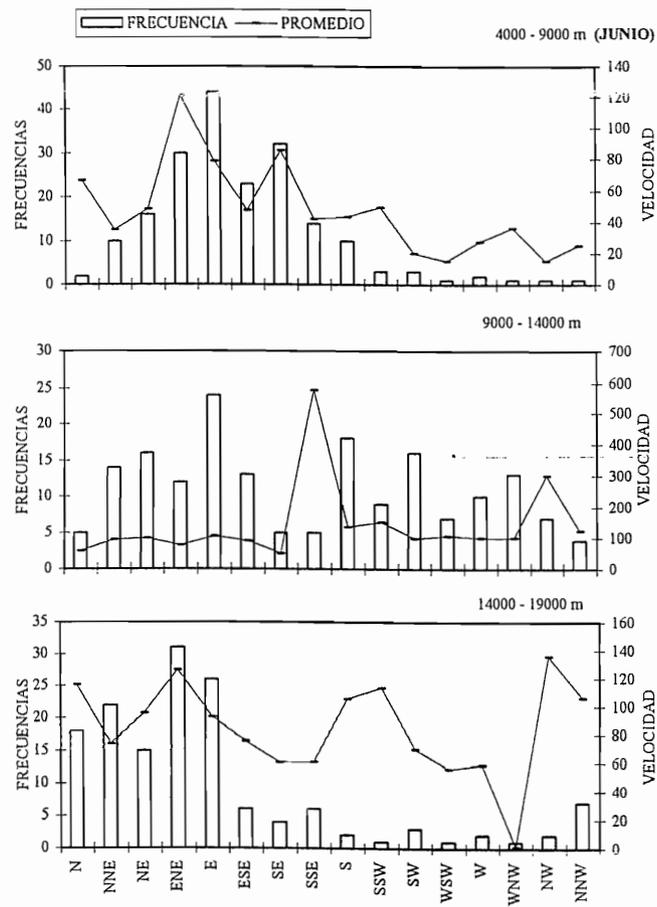
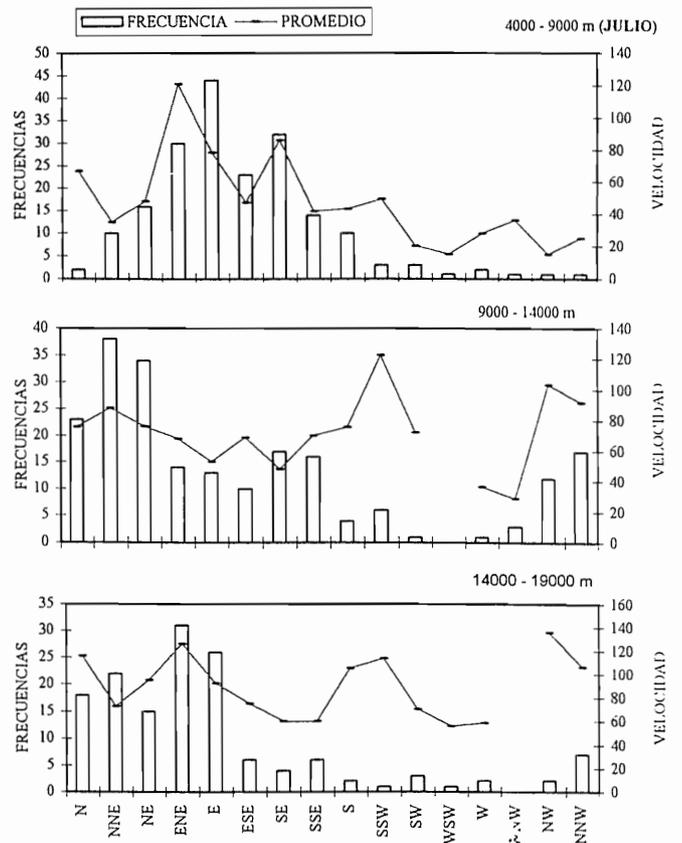
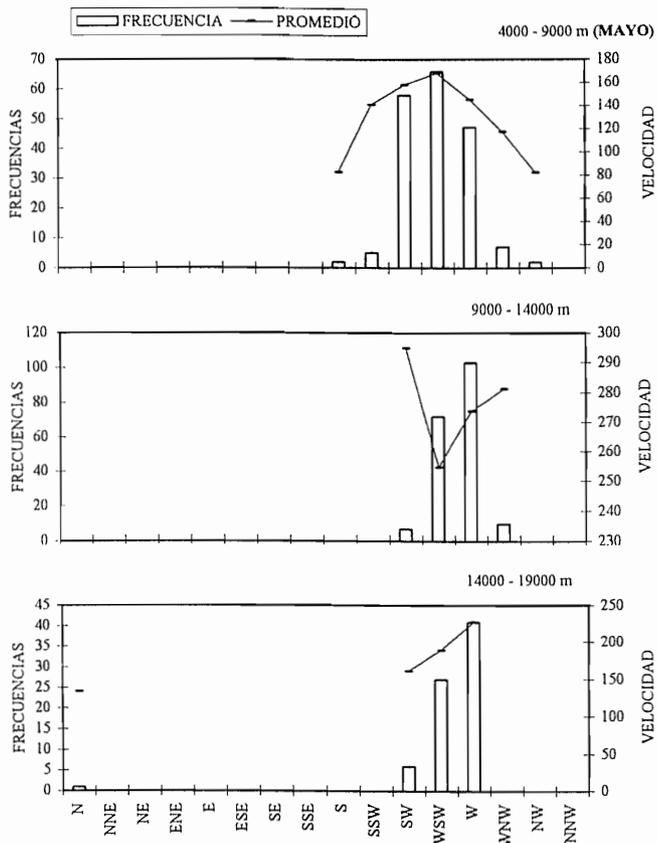


Figura. 18. Continuación...

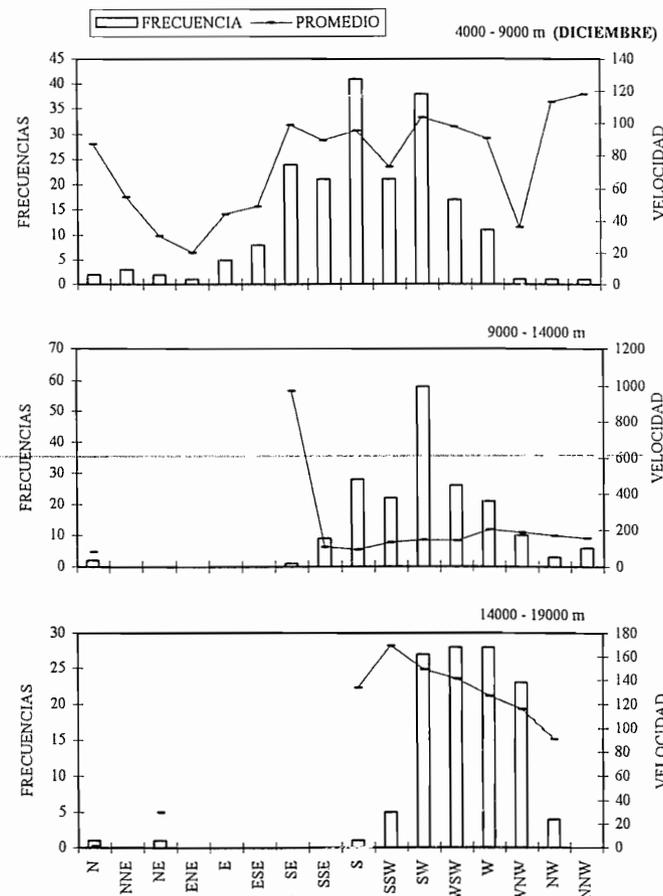
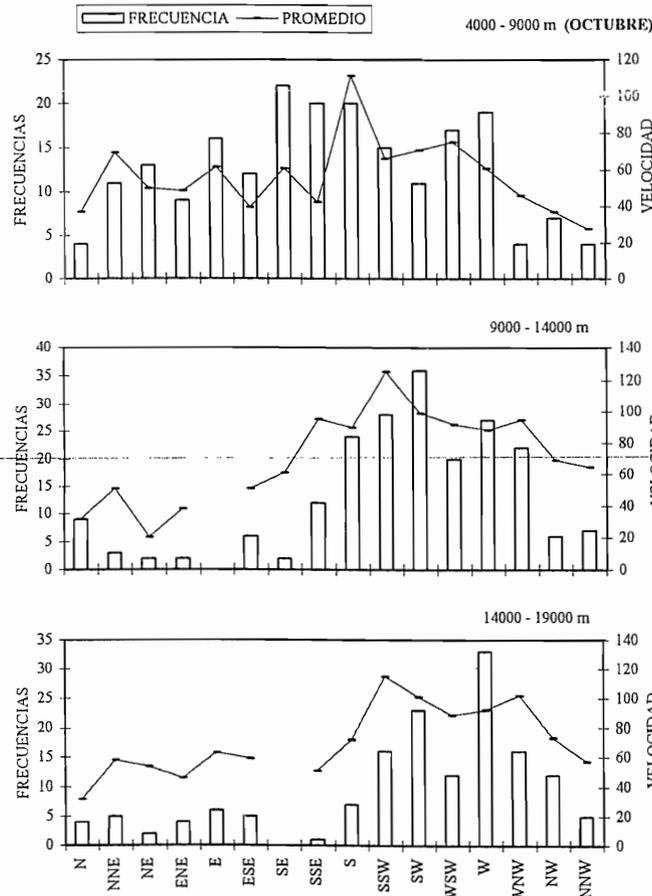
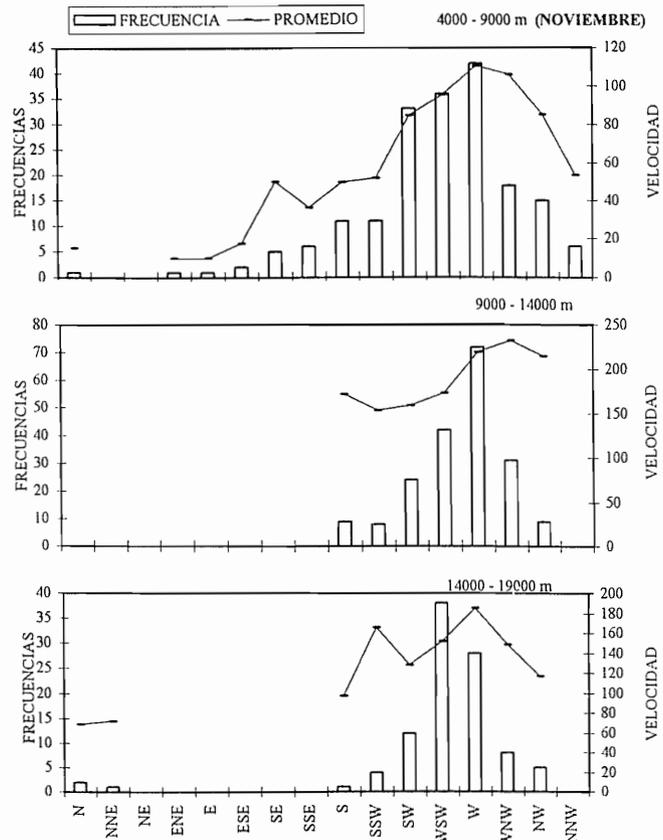
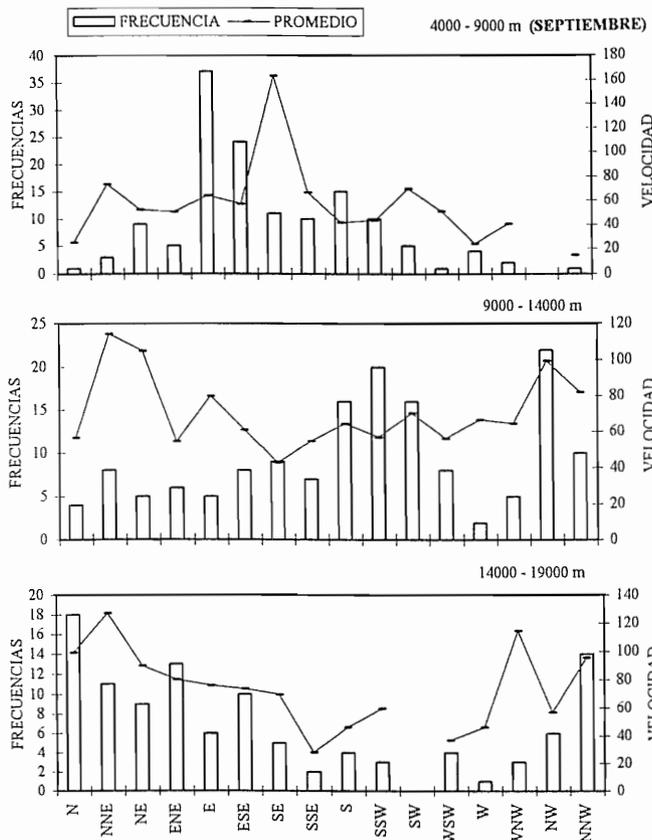


Figura. 18. Continuación...

Uso del suelo mediante Percepción Remota.

Para la determinación de los posibles efectos de los productos fue necesario estudiar el uso del suelo. Esto se llevó a cabo mediante el procesamiento de la imagen de satélite Landsat TM 2000, fotointerpretación y análisis cartográfico.

El procesamiento de la imagen Landsat TM 2000 se llevó a cabo principalmente para determinar el uso del suelo en la zona del volcán de Colima. El método de clasificación no supervisada (Cluster) permitió agrupar las clases espectrales y se obtuvo una imagen con 60 clases espectrales. Estas se etiquetaron y agruparon en 16 categorías de acuerdo con el uso del suelo (Tabla 6). Para realizar la categorización se utilizaron las fotografías aéreas escala 1: 75 000, los mapas de uso potencial (E13B24; E13B34; E13B34 y E13B35) a escala 1:50 000, así como la imagen de composición de color de las bandas 1 (azul), 2 (verde) y 3 (roja). Como resultado se obtuvieron 16 grupos espectrales de acuerdo con el tipo de uso de suelo y se obtuvo un mapa raster (anexo- Figura 1). Posteriormente se le aplicó el filtro de mayorías (anexo-Figura-1). Este procesamiento fue verificado en campo. Sin embargo, una de las limitaciones de la imagen ya procesada, fue que no se obtuvieron superficies confiables de los diferentes tipos de uso de suelo. Esto se debió a que valores con la misma reflectancia correspondían a diferentes elementos.

Para la realización de los posibles escenarios por caída de ceniza y flujos piroclásticos se integró la información de campo junto con el registro histórico a una base de cubierta vegetal escala 1:250000 (SEMARNAP, 2000). Esto permitió realizar una estimación en hectáreas de las zonas que podrían ser afectadas en un futuro.

Se puede observar que el cono superior está formado por derrames de lava y flujos piroclásticos recientes, por lo que carece de vegetación (Figuras 19 y 20). Se pudo apreciar claros de matorral inerte y pastizal natural entre el Playón y el cono superior. Sobre los flancos del Complejo Volcánico (Nevado de Colima y Volcán de Fuego) por debajo de los 2800 metros, se extiende el bosque mesófilo de montaña, de oyamel, pino y encino con pastizal inducido.

Se identificaron zonas agrícolas sobre el piedemonte y planicies del volcán. Hacia el este, sur, sureste y suroeste se encuentra una amplia extensión de agricultura de temporal con cultivos permanentes como caña de azúcar. Se observan principalmente en los alrededores de La Yerbabuena, El Borbollón, Juan Barragán, Ciudad Guzmán, San Marcos, Tónila, Quesería, Alcaraces y Cuauhtémoc, así como el Trapiche, Villa de Alvarez, Chiapa, Comala, Suchitlán y Cofradía de Suchitlán. Zapotiltic, Cuescalapa, La Becerrera, El Tecuan y San José del Carmen.

En Villa de Alvarez se llevan a cabo los cultivos de coco y cítricos (INEGI, 2000). Otras actividades económicas que se desarrollan en Ciudad Guzmán, Zapotiltic y Colima es la industria textil y del calzado, el turismo y el comercio básico (excepto textiles, calzado para esta última localidad) (INEGI, 2000). Se pudo observar en campo que los bosques han sido utilizados de manera intensiva para la industria del papel en Atenquique y maderera en Huescalapa, Zapotiltic, Atenquique, El Platanar y San Marcos. En los alrededores de las barrancas se encuentran zonas de Selva Mediana Subcaducifolia y Selva Baja Caducifolia asociadas a vegetación arbustiva y herbácea, resultado del deterioro antrópico.

También se pudo apreciar en campo que en el Rancho el Jabalí y el Borbollón al suroeste del Volcán, se encuentran sembradíos de café entre la Selva Mediana Subcaducilia. Estas dos áreas por encontrarse dentro de las áreas protegidas naturales mantienen un manejo sustentable para los recursos naturales, sobre todo en el área del Borbollón.

Tabla 6. Características de las clases y categorías del análisis del uso del suelo por percepción remota.

Clases	Categoría
0,1,2	Sombra
3- 4	Bosque natural liquidambar, <i>quercus</i> .
5-6	Pastizal natural, bosque caducifolio (pino y otras especies).
7-8-9,10	Lavas, cuerpos de agua.
11,12,13	Bosque de <i>Quercus</i> y matorral inerme y pino.
14,15,16	Bosque mesófilo de montaña (pino, <i>Quercus</i>).
17,18,19,20,21,22,23,24	Bosque latifoliado de pino y otras especies.
25,26,40,41	Agricultura de riego (azúcar).
27,28	Selva mediana, pastizal inducido y bosque de pino.
29,30,49	Lavas, suelos desnudos y ciudades.
31	Pastizal inducido
32,33,34,35	Selva baja caducifolia.
36,37,38,39	Agricultura de temporal anual.
42,43,44,45,46,47,48	Agricultura de temporal
50,51,52,53	Agricultura de temporal anual permanente
54,55,56,57,58,59,60	Nubes, erosión de suelos desnudos.

Posibles escenarios.

Para la determinación de los posibles escenarios se consideró el tercer grupo altitudinal de vientos (14000 a 18000 metros), debido a que la altura aproximada de la columna de 1913 fue alrededor de 21 kms (Saucedo, 1997). A esta información se integró el análisis de uso de suelo y características socioeconómicas de la zona en estudio.

De acuerdo al análisis de los vientos, los piroclastos de caída podrían preferentemente dirigirse de enero a mayo, octubre y diciembre hacia el este y noreste.

En caso de tener una columna dirigida al este, las zonas de mayor afectación además de las áreas forestales, serían las poblaciones de Atenquique, San Marcos, Tonila y Quesería. También podrían tener caída de ceniza Zamora, Morelia, Distrito Federal, Guanajuato, México, Distrito Federal, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Querétaro y Veracruz. La agricultura de riego y temporal (cultivos anuales y permanentes como la caña de azúcar), la ganadería y la industria de papel que se ubica en Atenquique y el ingenio azucarero de Quesería, podrían provocar graves pérdidas económicas. Los servicios de agua, electricidad, teléfono y telégrafos también podrían sufrir daños en la infraestructura y se pararían por horas o días dichos servicios.

En el verano entre junio y agosto la ceniza podría dirigirse hacia el oeste; sur, suroeste y noroeste y sur del volcán. Hacia el oeste se podría afectar el San José del Carmen, El Tecuan, El Borbollón, Rancho El Jabalí y Hacienda San Antonio. El cultivo predominante de caña de azúcar y café, frutales, hortalizas podrían ser dañados.

Alrededor de 72 empleados en el Hotel Campestre de La Hacienda San Antonio, no podrían laborar. Habría falta de servicios de agua, luz y transporte debido a los daños que se ocasionarían en la infraestructura.

Si la ceniza fuera distribuida hacia el sur, Cofradía de Suchitlán, Suchitlán, Alcaraces, Cuauhtémoc, la Ciudad de Colima, Manzanillo, Coquimatlán, Armería, Tecomán y el Océano Pacífico podrían tener efectos importantes. La zona minera de Minatitlán y Coquimatlán, Colima, sería afectada, aunque esto dependerá del espesor y tipo de ceniza. Los aeropuertos nacionales de las ciudades de Colima y Manzanillo, se verían afectados por la suspensión de los vuelos y los sistemas electrónicos podrían dañarse debido a la abrasión de las cenizas. Los servicios y las actividades secundarias y terciarias podrían paralizarse. En el puerto de Manzanillo el impacto podría ser considerable, debido a que es una vía importante del comercio marítimo internacional y nacional y la lluvia de ceniza paralizaría las actividades laborales.

El análisis de vientos y la integración de la información socioeconómica y uso del suelo se pudo identificar cualitativamente, las zonas de mayor vulnerabilidad ante la presencia de eventos explosivos del Volcán de Colima que estén acompañados por caída de ceniza. Sin embargo, debe considerarse que pueden presentarse variaciones ante la presencia de fenómenos naturales hidrometeorológicos temporales (nortes, ciclones o eventos de "El Niño").

Impactos futuros.

Agregando la distribución de los productos volcánicos de la erupción de 1913, información socioeconómica, uso del suelo a la distribución de los vientos, se estimaron los efectos más importantes por caída de ceniza (entre 100 a 15 centímetros de espesor), flujos piroclásticos y lahares, en caso de presentarse una erupción como la del 20 de enero de 1913 (Figura 19). También debe considerarse que los vientos predominantes entran del oeste y suroeste, por lo que existe una mayor probabilidad de que una erupción distribuya los piroclastos de caída entre los meses de enero a mayo, noviembre y diciembre hacia el noreste como ocurrió en 1913.

Caída de ceniza de 100 centímetros.

El espesor máximo de ceniza por la erupción de 1913 fue de 100 cm (Saucedo,1997) en los primeros 9 kilómetros al noreste del cráter del volcán (Figura 19). La mayor cantidad de ceniza puede caer en la zona del Playón y en la ladera sur del Nevado de Colima. Alrededor de 312.5 hectáreas cubiertas por lavas y depósitos piroclástico del Volcán de Colima podrían ser afectados por la caída de ceniza con un espesor de 100 centímetros, los cambios morfológicos y paisajísticos del cono principal serían los más sobresalientes (Figura 19). Alrededor de 231 hectáreas de pradera de alta montaña y matorral inducido, y 6.25 hectáreas de bosque natural de pino, oyamel y cedro también podrían ser afectadas. Los pinos maduros podrían sobrevivir como ocurrió en 1913, aunque algunos árboles pueden sufrir el rompimiento de ramas por la carga de ceniza. En el caso de las semillas, árboles pequeños de los pinos y encinos pueden morir por sepultamiento. La vegetación arbustiva y herbácea del bosque de coníferas sería sepultada.

Caída de ceniza de 50 centímetros.

Ante la caída de ceniza con un espesor mayor a los 50 centímetros (Figura 19), alrededor de 5686.75 hectáreas del Parque Nacional Nevado de Colima serían afectadas. Esta superficie abarca 3125 hectáreas de bosque de coníferas, 1000 de pino- encino, 1125 hectáreas de pradera de alta montaña y pastizal inducido y 218 hectáreas de áreas que carecen de vegetación. Cabe mencionar que el impacto de la lluvia de ceniza e incendios por los fragmentos incandescentes en los zacatonales alpinos, bosques de pino y pino encino, podría disminuir la recarga de los acuíferos debido al daño temporal de la cubierta forestal.

La lluvia de ceniza también puede producir efectos en los manantiales que se encuentran sobre las partes altas del volcán, al ser contaminados por la ceniza el uso de agua potable para la población se limitaría.

Las especies faunísticas que se encuentran en peligro de extinción, como el puma, gato montés, el venado cola blanca, halcones, pájaros carpinteros, colibríes, podrían migrar antes de la erupción o morir por asfixia. Cabe mencionar que después de la erupción de 1913, los asnos y caballos se les desprendían las pezuñas después de pasar sobre los depósitos de ceniza (Don Juan, comunicación personal). Sin embargo, la mayor afectación podría corresponder al bosque, ya que no se pueden descartar los incendios debido a los fragmentos incandescentes y flujos piroclásticos que descienden sobre las laderas como ocurrió en 1913.

Caída de ceniza 15 centímetros.

De acuerdo a la información del Censo de Población y Vivienda (2000), más de 110 000 habitantes de los poblados de Ciudad Guzmán, Zapotiltic, Ejido Atenquique, Huescalapa y Juan Barragán podrían ser afectados (Figura 19). Los habitantes podrían sufrir de irritación en los ojos o vías respiratorias. Las viviendas pueden resistir el peso de la ceniza si tienen una infraestructura firme, pero cabe mencionar que los techos frágiles pueden colapsarse con 10 cm de espesor de ceniza o si la ceniza está húmeda. En este sentido debe considerarse que en Ciudad Guzmán, Zapotiltic, Atenquique y Huescalapa existen más de 400 viviendas con techos de lámina, cartón o materiales de desecho. Por otro lado, Juan Barragán con más de 200 habitantes, cuenta con viviendas que tienen techos de dos aguas, resultado de la asesoría de Protección Civil del estado de Jalisco. Sin embargo, esta acción no minimiza el riesgo en que se encuentra la población, ya que la difusión de talleres comunitarios (realización de escobas y trapeadores que distribuyen en Ciudad Guzmán y Guadalajara), fomenta a que la población no busque una opción de reubicación más segura.

En caso de caída de ceniza con un espesor superior a 15 centímetros las viviendas no podrían ser limpiadas inmediatamente, debido al posible riesgo de colapsarse los techos, especialmente por la depositación de las cenizas húmedas en las estructuras de las azoteas planas.

Los municipios de Ciudad Guzmán, Zapotiltic y Atenquique cuentan con más de 55 planteles educativos los cuales podrían sufrir el colapso o falta de servicios, junto con 16 instalaciones médicas (INEGI, 2000). Los 19 médicos podrían ser insuficientes en caso de emergencia médica (TABLA 10).

La caída de ceniza con 15 cm de espesor afectaría alrededor de 26255.8 hectáreas, correspondientes al bosque de oyamel y pino, bosque de coníferas latifoliadas (pino-encino), selva baja caducifolia y matorral subtropical y agricultura de temporal y cultivos permanentes tendrían daños ante la lluvia de ceniza (Figura 19-cuadro 1). Alrededor de 6812.5 hectáreas del parque nacional Nevado de Colima serían afectadas. Los árboles de los bosques pueden quedarse sin follaje o romperse las ramas. También puede presentarse el sepultamiento de individuos arbóreos pequeños.

Es importante mencionar, que el bosque de pino-encino por ser un ecosistema resistente a las modificaciones antrópicas y naturales, alberga a diversas especies de vertebrados y aves endémicas, las cuales podrían sufrir daños como asfixia, ceguera y quemaduras y tener escasez de alimentos para las especies principalmente pequeñas.

Por otro lado, la vegetación rastrera o micrófita sería cubierta y habría un rompimiento y sepultamiento generalizado de los musgos y otras plantas herbáceas. Los pequeños musgos y plantas anuales podrían renacer y recolonizar nuevamente los ecosistemas afectados. Los pastos podrían quemarse si tuvieran más de 5 cm de espesor de ceniza como ocurrió en 1913. Una gran proporción de las plantas cubiertas podría ser eliminadas por más de un año y el ganado sería afectado por la posible escasez de comida.

Los cultivos como la caña de azúcar, el maíz y la cebada grano son cultivados en más de 4,520 hectáreas, lo que pone en riesgo a más de 29,270,000 pesos por la lluvia de ceniza.

El grado de afectación dependerá de la etapa de crecimiento en que se encuentre el cultivo. El impacto de la ceniza en la horticultura y fruticultura también dependerá de la composición de la ceniza que en este caso es andesítica. Esto puede reducir significativamente la ejecución de las cosechas, así como disminuir la presencia de los depredadores de plagas. Se ha visto que muchos cultivos pueden rehabilitarse después de la lluvia de ceniza cuando el espesor de la ceniza está por arriba de los 10 cm, pero es difícil que se recupere rápidamente cuando se rebasan los 50 cm de espesor.

El impacto en la ganadería puede darse principalmente en la escasez de alimentos. Los municipios de Zapotiltic y Zapotlán el Grande (Ciudad Guzmán) tienen más de 75 500 cabezas de ganado bovino, porcino, ovino y caprino que podrían ser afectados causando pérdidas mayores a 405 mil pesos. En caso de que el agua se contaminara el ganado y otros animales también podrían morir. En 1913, varias reses murieron al beber agua y comer pasto contaminado, o por atravesar las barrancas por donde bajaron los flujos piroclásticos.

Los manantiales o tomas de agua de Ciudad Guzmán, Zapotiltic, Huescalapa y Juan Barragán podrían llegar a contaminarse al depositarse las cenizas. En esta zona también el bombeo de agua potable a través de electricidad podría limitarse ante la falta de energía eléctrica como ocurrió en 1913. El sistema de riego sería paralizado, las líneas telefónica, telégrafos y de electricidad podrían sufrir daños en el cableado o bien caerse la infraestructura que pasa cerca del volcán, por lo que más de 100 000 habitantes no tendrían servicios hasta restablecerse.

El sistema de alcantarillado puede ser bloqueado o destruido como ocurrió en Ciudad Guzmán en 1913. El equipo eléctrico y maquinaria también puede ser dañado debido a la abrasión de las cenizas. En caso de caer la ceniza en las subestaciones eléctricas de Zapotiltic de 20 megavoltios, al dañarse los transformadores de las líneas de conducción eléctrica de 400 megavoltios que suministran energía eléctrica a las zonas cercanas al volcán y a la ciudad de Guadalajara, se ocasionaría la suspensión de luz para los poblados de Colima y Jalisco incluyendo Ciudad Guzmán, Zapotiltic, Guadalajara y Huescalapa. Los usuarios del servicio eléctrico más afectados serían los de tipo habitacional, comercial, industrial y agrícola.

En Zapotiltic y Zapotlán el Grande alrededor de 58 oficinas postales paralizarían las labores y más de 16 500 giros telegráficos no serían recibidos. La infraestructura de la torre de TV azteca que se encuentra al este del volcán y la estación de radio y televisión estatal podrían sufrir daños por caída de ceniza de 15 centímetros.

También pueden ser afectados alrededor de 37 kilómetros de la carretera federal, 98 kilómetros de la estatal pavimentada y 18 kilómetros de caminos rurales revestidos en los municipios de Zapotlán el Grande y Zapotiltic. Las terracerías que conducen a Juan Barragán, Ejido de Atenquique quedarían bloqueadas.

El uso del aeródromo de Zapotiltic con la pista de 2.5 kilómetros también pueden quedar bloqueados ante la caída de ceniza.

Caída de ceniza de 0.5 centímetros.

En Guadalajara, Atotonilco el Alto, Poncitlán, Tamazula, Tizapán el Alto, Sayula y Tuxpan Jal., y Sahuayo, Michoacán, tuvieron caída de ceniza de aproximadamente 0.5 centímetros de espesor en 1913. Ante una erupción, más de 1 780 424 habitantes podrían ser afectados por lluvia de ceniza. Las actividades se paralizarían temporalmente ante la posible falta de los servicios y vías de acceso como carreteras o calles bloqueadas.

En el Lago de Chapala, ante un cambio en la composición química o pH en el agua por la lluvia de ceniza, se podrían producir daños a la fauna acuática, ya que existen peces susceptibles a los cambios de composición química en el agua. Esto podría ocasionarles la muerte o producir enfermedades en la piel.

Los efectos en la agricultura podrían ser mínimos ya que la ceniza se incorporaría al suelo en poco tiempo. Los cultivos de maíz en Tuxpan, Atotonilco el Alto y Poncitlán, junto con sorgo grano y trigo de los municipios de Atotonilco el Alto y Poncitlán, podrían dañarse si se encontraran en etapa inicial de crecimiento si la ceniza fuera muy ácida. En caso de encontrarse floreciendo, la calidad del grano podría disminuir y bajaría el valor de los cultivos.

Los cultivos de frijol, garbanzo, trigo, avena y cebada forrajera, así como el tomate con cascara, cártamo, jitomate, chile verde y chile seco, papa, elote, cebolla y brócoli, pasto forrajero, caña de azúcar, agave, alfalfa verde, nopal tuna, limón, alfalfa achicalada, lima y ciruelo, podrían estar en riesgo en caso de que la ceniza fuera severamente ácida (pH inferior a 3), ya que se puede quemar el tejido de la planta y disminuir la polinización. Los árboles frutales pueden estar en peligro, si la fruta ya se encuentra en desarrollo, podría deformarse o cambiar de coloración por lo que el valor económico disminuiría. Por otro lado, la cosecha también puede dificultarse ya que es difícil moverse y empacar sobre todo cuando el espesor es mayor a 0.5 cm.

En los municipios de Atotonilco el Alto, Poncitlán, Sayula, Tamazula, Tizapán el Alto, el ganado bovino, ovino, porcino y caprino se vería afectado en caso de que los pastizales sufrieran algún daño. Esto provocaría la escasez de alimentos para el ganado bovino, ovino y caprino. Las aves y colmenas en caso de encontrarse al aire libre podrían también ser afectadas.

El tránsito en la red carretera pavimentada federal y estatal con más de 380 kilómetros, terracerías y caminos rurales o brechas podría paralizarse el tránsito ante la falta de visibilidad y acumulación de ceniza y presentarse daños en la maquinaria automotriz. Algunos tramos de las carreteras estatales MEX 54, MEX 15, MEX 80, y federales MEX 110, MEX84, MEX80, JAL 401, JAL 410, JAL 407 y JAL 10 podrían ser afectadas. También las vías férreas que conducen a Colima-Guadalajara- Atotonilco-Michoacán- Yurécuaro-Maravatio-La Piedad podrían sufrir daños.

El aeropuerto de la ciudad de Guadalajara Miguel Hidalgo con más de 120 600 vuelos nacionales e internacionales podría suspender el servicio durante algunas horas o días, dependiendo del grado de afectación. La ceniza puede ocasionar daños en las operaciones en tierra, en las computadoras a través de cortos circuitos, quemar los transformadores, ocasionar daños de la red eléctrica y en los mismos aviones, además de provocar la limpieza de los 4000 metros de la aeropista.

Las 13 subestaciones de distribución de luz eléctrica que se encuentran en Atotonilco el Alto, Guadalajara, Sayula, Tamazula, Tizapán el Alto y Tuxpan, al sufrir daños podrían provocar la interrupción de energía eléctrica. En caso de suspenderse el servicio de electricidad más de 549 128 usuarios podrían ser afectados.

Caída pirocástica de 0.1 centímetros.

Con base en la información descrita por Waitz (1932) y la recopilada por Saucedo (1997) se extrapolaron los puntos que contaban con 0.1 cm de espesor de caída de ceniza. Aguascalientes, San Juan de los Lagos, Encarnación de Díaz, Teocaltiche, Yahualica, San Juan de los Lagos, Tepatitlán, Arandas, La Barca y Tecatitlán, Jal., fueron las poblaciones que tuvieron registros con lluvia de ceniza con este espesor. Actualmente Aguascalientes y las localidades del estado de Jalisco mencionadas, tienen una población superior a 1000 000 de habitantes. El impacto en las viviendas es mínimo.

En los cultivos de granos, hortalizas y forrajes: pasto forrajero y alfalfa verde, así como agave, nopal tuna y lima, pueden restablecerse en semanas, ya que la ceniza se incorporaría al suelo y no habría sepultamiento de las plantas. Una de las ventajas en las zonas agrícolas que reciben pequeñas cantidades de ceniza es el beneficio en el crecimiento de las plantas, aunque esto dependerá del tipo de suelo y composición de la ceniza.

Por otro lado, el impacto hacia los servicios de electricidad, teléfonos y telégrafos no se verían afectados. La limpieza de las calles será necesaria para evitar el taponamiento de alcantarillado en las carreteras o en vías públicas y viviendas.

El abastecimiento de agua podría verse afectado en caso de depositarse las cenizas en los manantiales o tomas de agua. El servicio de electricidad, telefonía y telégrafos podrían continuar con los servicios, ya que las subestaciones se encuentran fuera de la zona de riesgo.

El aeropuerto de Aguascalientes podría interrumpir por horas el servicio debido al efecto que pueden tener éstas sobre las aeronaves y sistemas electrónicos.

Caída de ceniza de 0.01 centímetros.

Las poblaciones que recibieron menos de 0.01 centímetros de ceniza durante los días 20 y 21 de enero de 1913, fueron Ameca, Lagos de Moreno, y Tecalitlán, Jal., La Piedad y Zamora Mich., San Luis Potosí, León, Gto., Fresnillo, Zac., y Saltillo Coah. Es posible que San Marcos, Tonila y Quesería, Col., también hayan tenido menos de 1 mm de ceniza, pues en los testimonios solo mencionaron la caída de ceniza.

Actualmente más de un millón de habitantes podría ser afectada por la lluvia de ceniza fina. Esto podría provocarles irritación de ojos y vías respiratorias.

Ante la lluvia de ceniza, los cultivos de maíz grano, forrajero y asociado, así como el sorgo grano y forrajero, fríjol, papa, chile seco, cártamo, caña de azúcar, pasto forrajero, agave, nopal tuna, que se cultivan en Ameca y Lagos de Moreno en Jalisco, tendrían un impacto mínimo, ya que la ceniza se incorporaría inmediatamente al suelo.

Por otro lado, el servicio de agua potable puede contaminar las tomas de agua o los manantiales en caso de no estar tapados. El servicio de electricidad, teléfono y telégrafo podría no verse afectado.

Flujos piroclásticos.

En la erupción de 1913 los flujos piroclásticos o nubes ardientes fueron los productos que produjeron mayor impacto, debido al sepultamiento de 4 ranchos y 8 personas, así como la pérdida de maquinaria agrícola, sepultamiento de cultivos y la calcinación del sotobosque y algunos animales silvestres. Estos flujos compuestos por bloques y cenizas alcanzaron 15 kilómetros de distancia con un espesor hasta de 40 metros, descendieron por las Barrancas El Durazno, Beltrán, La Arena, El Cafecito, Santa Ana, La Tuna, Monte Grande, San Antonio, El Cordobán y La Lumbre.

Actualmente las poblaciones de San Marcos, La Becerrera, los ranchos El Jabalí, La Joya y pequeños ranchos junto con la telesecundaria, se encuentran sobre los lechos de los ríos que descienden por las barrancas de La Arena, Cordobán, La Lumbre y San Antonio.

Las poblaciones que se verían afectadas por flujos piroclásticos son aquellas que se encuentran principalmente en los límites de las barrancas como San Marcos con 3,400 habitantes (Barranca La Arena), Tonila con 3,178 habitantes (Barranca Las Coronas) y Quesería 8,132 (La Arena). También La Becerrera con 341 habitantes corre un alto riesgo. La telesecundaria, el Rancho El Jabalí y San Antonio, también son zonas vulnerables ante la presencia de flujos piroclásticos o lahares. Ya que podrían quedar sepultadas si éstos descienden por la barrancas de la Lumbre, El Cordobán, La Arena y Las Coronas.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2000, más de 15 000 personas de ocho localidades, serían afectadas por los depósitos de flujos piroclásticos (Tabla 7). San Marcos, Tonila y Quesería serían las más afectadas ya que tienen más de 3 000 habitantes cada una.

Tabla 7. Poblaciones que podrían ser afectadas por los flujos piroclásticos.

Estado	Municipio	Localidad	Distancia aproximada al cráter	Población Total
Jalisco	Tonila	San Marcos	13.6	3400
	Tonila	Tonila	14	3178
Colima	Cuauhtémoc	Quesería	15	8130
	Comala	El Jabalí	10	6**
	Comala	La Becerrera	12	341
	Comala	Hacienda San Antonio	12.8	2**
	Comala	La Yerbabuena	8.6	212*
		Laguna Verde	7.2	*
		El Borbollón	9.1	3**
		Barranca del Agua	12.8	*
		La Joya	8.9	*
	Tonila	El Fresnal	8.7	*
		Total		15260

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2000. INEGI.

** comunicación personal.

*No hay datos.

Alrededor de 4568 hectáreas del parque nacional Nevado de Colima y 5706 hectáreas de la zona de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre El Jabalí podrían sufrir

Alrededor de 4568 hectáreas del parque nacional Nevado de Colima y 5706 hectáreas de la zona de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre El Jabalí podrían sufrir daños ante la presencia de flujos piroclásticos. También el centro recreativo La María, se encuentra en zonas de alto riesgo, ya que ante la presencia de flujos piroclásticos o lahares podría quedar sepultado, si descienden por las barrancas de la Lumbre. En 1913 desde la Hacienda San Antonio observaron el descenso de los flujos piroclásticos, hoy en día dicha Hacienda es una zona hotelera de cinco estrellas, que da empleo a 72 personas que vienen de la Becerrera, Comala y Colima. Debido a que se encuentra sobre los límites de la Barranca El Cordobán, no se descarta la posibilidad de que en un futuro los flujos pudieran extenderse y llegar a La Hacienda.

Aproximadamente 3012 hectáreas de pastizal inducido, 1281 hectáreas de bosque de pino y encino, 781 de bosque de coníferas podrían ser sepultados por los flujos piroclásticos (Figura 19).

Alrededor de 375 hectáreas de agricultura de riego, 93 hectáreas de agricultura de temporal con cultivos permanentes (caña de azúcar) también podrían quedar por debajo de los flujos piroclásticos. El ingenio azucarero de Queseria como principal receptor, de la caña de azúcar también podría tener un impacto económico considerable.

El sector ganadero puede ser uno de los más afectados como ocurrió en 1913. Principalmente el ganado vacuno, ya que muchas cabezas se encuentran en las zonas donde afloran flujos piroclásticos de 1913, tal es el caso de los ranchos La Joya, El Jabalí y El Borbollón.

La carretera federal donde se encuentra la autopista San Marcos ubicada en los límites de la Barranca La Arena, las carreteras estatales y terracerías que atraviesan las barrancas del Cordobán en La Becerrera, junto con el puente La Lumbre, pueden desaparecer por los flujos piroclásticos. En este caso, los habitantes de la Yerbabuena y La Becerrera no tienen una vía de acceso terrestre, por lo que tendrían que evacuarse previamente.

La fuente de agua potable que abastece a las poblaciones del suroeste, sur y sureste, proviene de los manantiales que se encuentran en la barranca de la Arena, Rincón del Cordobán y La Bueyada. En caso de presentarse flujos piroclásticos con distancias máximas de 15 kilómetros como ocurrió en 1913, el servicio de agua potable se cortaría y más de 15 mil habitantes se verían afectados.

Los efectos de los flujos piroclásticos dependerá del volumen y alcance que estos tengan, en este sentido los barrancos por donde descienden los principales cauces tienen el control del encauzamiento de los flujos piroclásticos. La fauna que intente emigrar puede quedar atrapada y calcinada al intentar cruzar las barrancas. Los flujos pueden sobrepasar las barreras naturales como los bosques y hummocks de los rancho El Jabalí, La Joya, y La Hacienda San Antonio. Por lo que el relieve es un factor determinante que define la distancia a que llegarán los flujos piroclásticos y lahares secundarios.

Es importante mencionar que debido al alto riesgo que tenían los habitantes de la Yerbabuena, 160 personas fueron reubicadas en Cofradía de Suchitlán. Sin embargo alrededor 40 personas permanecen aún en la localidad, ya que no están de acuerdo con la reubicación. También se pudo observar que la mayoría de las personas reubicadas, regresan diariamente a realizar sus actividades laborales (agrícolas, cuidado del ganado, principalmente bovino y vigilancia de sus viviendas). Por otro lado, en esta misma área se observó que el cultivo de caña se va extendido considerablemente.

La mayor parte de las poblaciones afectadas corresponden al estado de Colima, esto en parte se debe a la morfología del Playón. Esto permite que los flujos se distribuyan al suroeste, sur y sureste principalmente.

Lahares.

Uno de los efectos que tuvo mayor impacto después de los flujos piroclásticos, fue la formación de los lahares calientes durante el verano de 1913 y 1916. Las fuertes lluvias provocaron que los flujos de bloques y ceniza, que aún se mantenían calientes, fueran removilizados hacia las partes bajas acompañados de grandes bloques y escorias negras, árboles y ganado. La formación de lahares provocó la muerte a 5 personas, ganado y fauna local. Después de 3 años nuevamente se presentó el mismo tipo de flujos.

Los flujos de lodo al igual que los flujos piroclásticos descendieron por las barrancas Durazno, Beltrán, Arena, Montegrande, Cordobán y la Lumbre (Figuras 13 y 19). Los lahares se pueden formar a partir de los 3600 metros de altitud, donde inicia las corrientes fluviales.

El lahar de 1913, que descendió por la Arena, desembocó hasta el río Tuxpan, a más de 17 kilómetros. Actualmente, San Marcos se encuentra sobre los bordes de dicha barranca, sin embargo, el número de viviendas que se están instalando sobre los límites de esta barranca, se encuentran ante un riesgo mayor, ya que La Arena no sólo es receptora de los flujos piroclásticos sino también de flujos de lodo calientes.

Las localidades que pueden ser afectadas por flujos de lodo son aquellas que se encuentran en las proximidades de las barrancas El Cordobán como (La Becerrera, San Antonio, Rancho El Jabalí), y Monte Grande (Quesería) en Colima, y las barrancas El Muerto, La Tuna, Santa Ana, El Cafecito, La Arena (San Marcos) y Beltrán-Durazno en Jalisco.

Alrededor de 15 000 personas (Tabla 7) serían afectadas por la presencia de lahares. Estos flujos de lodo pueden tener una distribución a lo largo de las laderas este, sur y oeste del volcán. Las zonas vulnerables a los flujos piroclásticos coinciden con la zona de lahares. El impacto mayor podría ser para San Marcos y Quesería. San Antonio y El Jabalí también podrían sufrir daños. Los cultivos de caña y de café, que se encuentran en las orillas de las barrancas se podrían perder, así como el ganado bovino y ovino, ya que corren el riesgo de ser transportados por los depósitos laharicos como ocurrió en 1913 y 2000.

Se observó durante el trabajo de campo que la Hacienda San Antonio junto con el Rancho El Jabalí también podrían sufrir daños en caso de seguir socavando las partes laterales del río El Cordobán. También se apreció que los cultivos de caña y de café, el ganado bovino y ovino, que se encuentran en las orillas de las barrancas se podrían perder, ya que corren el riesgo de ser transportados por los depósitos laháricos como ocurrió en 1913 y 2000.

En caso de presentarse una erupción violenta del Volcán de Colima, también se pueden producir laháres por las barrancas El Zapote, Atenquique, Platanar y La Bueyada. Ante la presencia de lluvia y la depositación de los piroclastos de caída, el arrastre de los materiales podría ocasionar severos daños en Atenquique, ya que éste se encuentra en la barranca. La industria papelera y 290 viviendas de 1143 habitantes, podrían quedar sepultadas como sucedió en 1952 por el lahár que destruyó Atenquique.

Los laháres principalmente podrían causar daño a los puentes que permiten atravesar las barrancas de La Arena, Cordobán, La Lumbre y de esta forma incomunicar a la Becerrera y La Yerbabuena.

Es importante mencionar que el relieve es uno de los factores que define la distancia a que llegarán los productos. El material que fluye por las laderas poco disectadas, encuentra la presencia de los mogotes y la vegetación arbórea que frena su desplazamiento. Sin embargo el caso de los flujos piroclásticos regularmente sobrepasan las barreras naturales. Considerando que los flujos piroclásticos y caída de ceniza son susceptibles a la erosión hídrica y ante la presencia de precipitaciones pluviales, pueden generar flujos de lodo, lo que hace más vulnerables a las zonas que se encuentran sobre flujos piroclásticos y en las proximidades de las barrancas receptoras de los depósitos volcánicos de la erupción de 1913.

Conclusiones.

El estudio de los efectos de la erupción de 1913 del Volcán de Colima y la distribución de los productos, se integró al análisis socioeconómico, uso del suelo y análisis de vientos. Esto permitió identificar los posibles escenarios de los productos volcánicos de 1913.

En la actualidad el Volcán de Colima presenta un comportamiento similar al que precedió en las erupciones de 1818 y 1913. El cráter se encuentra parcialmente obstruido por un domo que se ha destruido parcialmente durante diferentes explosiones, alternando con emanación de lava. Con el paso del tiempo se han presentado pequeñas erupciones de mayor explosividad que han generado lluvia de ceniza, derrumbes de bloques de lava, pequeños flujos piroclásticos, y flujos de lodo. Esto ha llevado a las autoridades a realizar evacuaciones en las zonas de alto riesgo. Una erupción explosiva en un futuro cercano, aunado al acelerado crecimiento urbano y económico de la zona podría producir daños considerables.

Mediante el análisis del comportamiento del viento, se pudieron identificar las áreas de posible afectación por caída de ceniza. Existe una alta probabilidad que en un futuro se presente un escenario similar al de 1913, ya que durante siete meses del año (enero a mayo, noviembre y diciembre) los vientos predominantes pueden dirigirse hacia el Este y Noreste. También en septiembre y octubre, meses de gran variabilidad, pueden llegar a presentarse estas direcciones.

Si una columna se dirigiera al Este la ceniza se distribuiría también hacia Jalisco, Michoacán, Guanajuato, México, Distrito Federal, Hidalgo, Tlaxcala y Veracruz, causando problemas principalmente en las vías de comunicación.

En caso de ocurrir una erupción con caída de ceniza, en el verano las áreas de mayor afectación por caída de ceniza serían las del Oeste, la zona de Protección Privada, Schultze, El Borbollón, San José del Carmén, Autlán, Ameca, Puerto Vallarta, Manzanillo y Colima.

Si se presentara una erupción en septiembre, la ceniza sería distribuida principalmente hacia el Sur, cayendo en Cofradía de Suchitlán, Alcaraces, Cuauhtémoc, Colima, Manzanillo, Coquimatlán y parte del Pacífico.

En general la lluvia de ceniza podría afectar al tránsito aéreo Internacional y nacional de Guadalajara, León, Aguascalientes, San Luis Potosí y Saltillo; Colima, Manzanillo, Puerto Vallarta y Morelia.

La integración de la información histórica de la erupción de 1913, reconocimiento de los depósitos en campo, determinación del uso de suelo actual, permitió definir el escenario futuro de impactos volcánicos ante una erupción similar. El espesor el máximo de caída de ceniza (100 cm) podría afectar 606 hectáreas de bosque de coníferas, pradera de alta montaña, pastizal inducido y áreas sin vegetación. Alrededor de 685 hectáreas del Parque Nacional Nevado de Colima podría tener 100 cm de espesor.

La caída de ceniza con 50 cm de espesor podría cubrir 5686 hectáreas de bosque de coníferas, pradera de alta montaña, pastizal inducido y agricultura de temporal. También 7187 hectáreas del Parque Nacional Nevado de Colima podrían ser cubiertas por 50 cm ceniza.

La caída de ceniza con 15 cm de espesor tendría mayor impacto en 26255 hectáreas de bosque de coníferas, latifoliadas, selva baja caducifolia, vegetación secundaria, agricultura de temporal y riego. Quince cm de ceniza podrían cubrir 6812 hectáreas del Parque Nacional Nevado de Colima. Las poblaciones de Atenquique, Ciudad Guzmán y Zapotiltic serían las poblaciones con mayor afectación. También podrían verse afectadas Guadalajara y ciudades de Michoacán, Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí y Coahuila. Cabe mencionar que la constante modificación del uso del suelo puede ocasionar cambios a corto plazo en el escenario de impactos volcánicos futuros.

Los flujos piroclásticos pueden afectar a más de 15 mil habitantes de San Marcos, Tonila, Quesería, La Becerrera, La Yerbabuena, Hacienda San Antonio y Ranchos Jabalí y la Joya. Más de 6012 hectáreas podrían ser afectadas por los flujos piroclásticos. Alrededor de 4568 hectáreas del Parque Nacional Nevado de Colima y 5706 hectáreas de la Zona de Protección de Flora y Fauna El Jabalí podrían ser afectados por los flujos piroclásticos.

Las localidades de la Yerbabuena, La Becerrera, y Juan Barragán podrían quedar sepultadas o aisladas en caso de presentarse daños en los puentes La Lumbre, El Cordobán y La Arena.

Los daños a los servicios de electricidad, agua potable y carreteras, ocasionarían pérdidas económicas, daños a la infraestructura, así como suspensión de las actividades laborales.

La reconstrucción de los posibles escenarios en este trabajo pretende aportar información sobre los posibles efectos para los planes de desarrollo y mitigación de desastres.

ESCENARIO DE IMPACTOS FUTUROS, VOLCAN DE COLIMA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

TESIS DE MAESTRIA EN GEDGRAFIA

SIMBOLOGIA

PELIGRO VOLCANICO

- 15 - CAIDA DE CENIZAS ISOPACA EN CM

FLUJO PIROCLASTICO

VOLCAN

USO DEL SUELO Y VEGETACION

- BOSQUE CONIFERAS J OYAMEL, <DEBDO AYARINO, PINO
- BOSQUE DE CONIFERAS-LATIFOLIADAS (PINO-ENCINO, ENCINO)
- SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y MATORRAL SUBTROPICAL
- PRADERA DE ALTA MONTAÑA Y PASTIZAL INDUCIDO
- VEGETACION ARBUSTIVA Y HERBACEA
- AREA SIN VEGETACION APARENTE
- AGRICULTURA DE RIEGO
- AGRICULTURA DE TEMPORAL CON CULTIVOS PERMANENTES
- PNNC PARQUE NACIONAL NEVADO DE COLIMA
- ZPFFJ ZONA DE PROTECCION DE FLORA Y FAUNA EL JABALI

AREA NATURAL PROTEGIDA

PARQUE NACIONAL NEVADO DE COLIMA

FLORA DE PROTECCION DE FLORA Y FAUNA EL JABALI

POBLACION

CARRETERA DE CUOTA

CARRETERA DE DOS CARRILES

TERRACERIA

BRECHA

PUENTE

AEROPUERTO

ESTACION DE MICROONDAS

CUADRO 1. AREAS DE POSIBLE AFECTACION, POR CAIDA DE CENIZA Y FLUJOS PIROCLASTICOS (Has.)

USO DEL SUELO Y VEGETACION AREA DE AMPLIA AFECCION	ISOPACAS EN CM			FLUJOS PIROCLASTICOS
	100	50	15	
	6.25	3125	2031.25	781
	0	0	625	0
	0	1000	454	1281.25
	0	0	2500	0
	0	0	333	0
	0	0	4375	0
	231.25	1125	625	3012.5
	312.5	218	0	468.75
	0	0	10937.5	375
	0	218.75	4375	93.75
TOTAL (Has.)	606.25	5686.75	26255.8	6012.5
PNNC	6875	7187.5	6812.5	4968.75
ZPFFJ	0	0	0	5706.25

Escala Gráfica



ELABORACION PROPIA, BASADO EN SEMARNAP, INEGI, UNAH, 2000; SAUCEDO 1997; WAITZ, 1932 Y ARREDLA 1915.

Figura 19. Uso de Suelo Actual y Distribución de Ceniza y Flujos Piroclásticos de 1913.

VOLCÁN DE COLIMA

USO DEL SUELO

2	Sombras
4	Selva Mediana
6	Pastizal natural
8	Cuerpos de agua y lavas.
12	Bosque de encino y pino
14	Bosque de pino y encino
18	Bosque de pino y otras especies
26	Agricultura de riego
28	Pastizal inducido
30	Poblados, suelos desnudos
32	Selva Baja Caducifolia
36	Agricultura de temporal anual
42	Agricultura de temporal
50	Agricultura de Temporal permai
60	Nubes

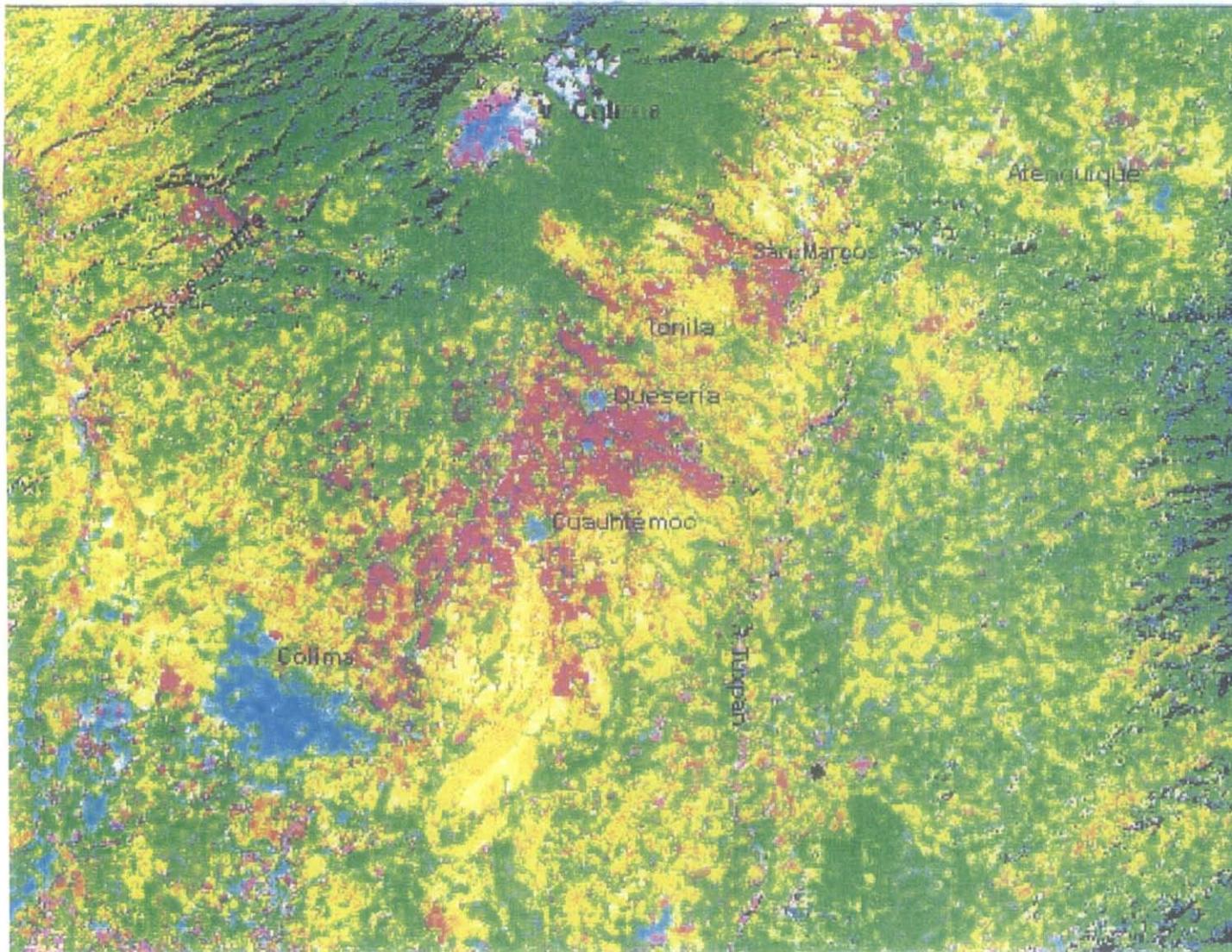


Fig. 20. Uso de suelo mediante análisis de imagen de satélite Landsat TM (2000). El valor numérico representa el valor las clases espectrales.

REFERENCIAS

- Allan, J. F., 1986. Geology of the Colima and Zacoalco Grabens, Southwest, Mexico: Late Cenozoic rifting in the Mexican Volcanic Belt. Geological Society of America Bulletin, 97:473-485.
- Araña, S., V., Ortiz, R. R., 1984. Volcanología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Edit. Rueda. Madrid. 510 pp.
- Arreola, J. M. 1915. Catálogo de las erupciones antiguas del Volcán de Colima. Memorias de la Sociedad Antonio Alzate, 32: 443-481.
- Bárcena, M., 1887. Informe sobre el estado actual del Volcán de Colima. Anales del Ministerio de Fomento, México, 328-365.
- Bretón, M., Ramírez, J., Navarro, C., 2002. Summary of the historical eruptive activity of Volcán de Colima, Mexico 1519-2000. Journal of Volcanology and Geothermal Research. 117, 1-2: 21-46.
- Cortés, A., 2002. Depósitos de avalancha y flujos de escombros originados hace 3600 años por el colapso del sector suroeste del Volcán de Colima. Tesis de maestría. Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. 121 pp.
- Challenger, A., 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, Instituto de biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación de la Sierra Madre S.C. México. 847 pp.
- Chester, D., 1993. Volcanoes and Society: edit. Edward Arnold. University of Liverpool. Great Britain. 351 pp.
- Decker, R., Decker, B., 1981. Volcanoes. Freeman and Company. San Francisco, United States of America. 244 pp.
- Demant, A., 1979. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretaciones. Revista del Instituto de Geología. 2: 172-187.
- Díaz, S., 1906. Efemérides del Volcán de Colima (1893-1905). Secretaria de Fomento, México. 168 pp.
- Dirección General de Estadística. 1910., División territorial de los Estados Unidos Mexicanos Coahuila (1910). 41 pp.
- Dirección General de Estadística. 1913., División Territorial de los Estados Unidos Mexicanos Colima (1910). 19 pp.
- Dirección General de Estadística. 1918., Censo General de habitantes 1910, Jalisco. México. 179 pp.
- Dollfus, A., Montserrat, E. 1867. Arceve de la Comisión Scientifique du Mexique Ministère de l'Instruction Publique, III:7-55.
- Duff, P. M., Holmes D., 1993. Principles of physical geology. Chapman and Hall. London. 797 pp.
- Fisher R., Schminke S., 1984. Piroclastic Rocks. Springer-Verlang, Berlin Heidelberg. 472 pp.

- Flores, J. A., 1987. Las erupciones del Volcán de Colima. Colección: Cuaderno de difusión científica. Instituto de Geografía y Estadística. Universidad de Guadalajara. 10:7-52.
- Francis, P., 1995. Volcanoes a planetary perspective. Oxford, New York. 443 pp.
- Galindo, E. I., Elizalde T. A., Solano, B. R., Cruz Calvario, M., 1998. Climatología del Volcán de Fuego de Colima. Universidad de Colima. México. 73 pp.
- García, A. V., Suárez, R. G., 1996. Los sismos en la historia de México. Ediciones científicas Universitarias. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. 718 pp.
- García, A. M.C., Perez, V., 1990. Atlas Nacional de México: Deterioro Ambiental de los recursos Bióticos Terrestres, escala 1:4000 000. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garduño, V. H., Saucedo, R., Gavilanes, J.C., Cortés, A., Navarro, C., 1998. La Falla Tamazula, limite suroriental del bloque de Jalisco y sus relaciones con el complejo volcánico de Colima, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 15:132-144.
- Inbar, M., Llerena, P., 1996. Efectos de la erupción del Volcán Sabancaya, Perú, 1990. Evaluación preliminar. Boletín del Instituto de Investigaciones Geográficas, Investigaciones Geográficas. Universidad Nacional Autónoma de México, 30:79-93.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1999. Anuario Estadístico del Estado de Colima. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 471 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2000. Anuario Estadístico del Estado de Jalisco. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 580 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. Censo de Población y Vivienda.
- López, V.P., Gaona, S., López, O, G., 1990. Mamíferos terrestres de importancia cinegética, 1:8000 000. Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. 2:8-9.
- Luhr, J.F. y Carmichael, I.S., 1980. The Colima Volcanic Complex, Mexico – I. Post-caldera andesite from Volcan Colima: Contributions to mineralogy and Petrology. 71:343-372.
- Luhr, J.F. y Carmichael, I.S.E. 1981. Colima Cyclicality of eruptions. Volcano New. 7:1-3.
- Luhr, J.F. y Carmichael, I.S.E. 1982. The Colima Volcanic Complex, México. II: Late-Quaternary Cinder Cones. Contributions to mineralogy and Petrology. 76:127-142.
- Luhr, J.F. and Prestegard, K. L., 1988. Caldera Formation at Volcan de Colima, Mexico, by large Holocene volcanic debris avalanche: Journal of Volcanology and Geothermal Research. 35:335-348.
- Luhr, J.F. y Carmichael, I.S.E., 1990. Geology of Volcan the Colima. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. 107:101-107.
- Lugo, H. J.I., Martin Del Pozzo, A.L. and Vázquez, S.L., 1993. Estudio Geomorfológico del complejo de Colima, México. Geofísica Internacional. 32,4: 633-641.
- Macias, J.L., Capaccioni, B., Conticelli, S., Giannini, L., Martini, M., 1993. Volatile elements in alkaline and calc-alkaline rocks from the Colima graben, Mexico. Constrains on their genesis and evolution. Geofísica Internacional. 32,4: 575-589.

- Mcphie, J., Doyle, M. and Allen, R., 1994. Volcanic Textures: A Guide to the Interpretation of Textures in Volcanic Rock. Center for Ore Deposit and Exploration Studies: University of Tasmania.
- Martin Del Pozzo, A.L., Romero, V. H. and Ruiz, K. R., 1987. Los flujos piroclásticos del Volcán de Colima. *Geofísica Internacional*, 3, 26: 291-307.
- Martin Del Pozzo, A. L., Sheridan, M., Barrera, D., Lugo, H., J.I. and Vázquez, S.L., 1995. Potencial Hazards from Colima Volcánica, México. *Geofísica Internacional*, 34,4: 363-376.
- Martin Del Pozzo, A. L. Sheridan, M., Barrera, D., Lugo, H., J.I. and Vázquez, S.L., 1995b. Mapa de Peligros, Volcán de Colima. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Martin Del Pozzo, A. L., Fonseca, R., Barrera, D., 2002. El Volcán de Colima. Desastres Naturales en América Latina. Compiladores. Lugo Hubp. INBAR M. Fondo de Cultura Económica. México: 85-100.
- Martínez, M. M.C., Castillo, N. J. Oropeza, O. O., 1990. Atlas Nacional de México: Influencia Humana en el Medio Ambiente. Instituto de Geografía, UNAM, México. 2,1-2. 1:4 000 000.
- Medina, M. F., 1983. Analysis of the eruptive history of the Volcán de Colima, México (1560-1950). *Geofísica Internacional*. 22, 157-178.
- Meléndez, J., Fuster, I., 1991. Geología. Paraninfo. Madrid. 911 pp.
- Mercado, R. A., Bertram, J., Lassamanat, T., y Pineda, G.L., 1996. Socioeconomic impact of the Mount Pinatubo eruption. Fire and Mud eruptions and lahars of Mount Pinatubo, Phillipines. Compiladores: Newall, C. and Punongbayan, R. S. Honk Kong. 1063-1070.
- Miranda, F, L., 1990. Atlas Nacional de México: Deterioro Ambiental del Recurso Agua. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2, 6. 1:4000 000.
- Mooser, F., 1961. Los volcanes de Colima. *Boletín del Instituto de Geología*. 61:49-71.
- Navarro, O. C., Gavilanes, J. C., Cortés-Cortés, A. 2002. Movement and emplacement of lava flows at Volcán de Colima, México: November 1998-february 1999. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 117,1-2:155-167.
- Núñez, C. F., Sánchez, M. C., 1999. Stress Field Estimation for Colima Volcano, Mexico, Based on seismic Data. *Bull. Volcanol*. 60, 568-580.
- Ordoñez, E., 1897. Les Volcans Colima et Ceboruco. *Memorias de la Sociedad Antonio Alzate*, 11: 325-333.
- Pantoja-Alor, J. y Estrada, B. S., 1986. Estratigrafía de los alrededores de la mina de fierro El Encino, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 47:1-15.
- Pérez, V. G., 1990. Atlas Nacional de México: Vientos Dominantes durante el año, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 4, 2. escala 1:4000 000.
- Robin, C., Camus, G., Cantagrel, J.M., Gourgand, A., Mossand, P., Vincent, P., 1987. Eruptive history of the Colima Volcanic Complex, Mexico. *Journal Volcanology Geothermal Research*, 31:99-113.

Robin, C., Camus, G., Gougaurd, A., 1991. Eruptive and magmatic cycles at Fuego de Colima Volcano (México). *Journal Volcanology Geothermal Research*. 45:209-225.

Rodríguez, E. S. R., Siebe, C., Komorowski, J. C., Espíndola, J. M., Saucedo, R., 1991. Field observation of pristine block-and-ash-flow deposits emplaced in April 16-17, 1991 at Volcán de Colima, México. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 48:399-412.

Rodríguez, E. S., 1995. Estratigrafía y estructura del Volcán de Colima, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 12,1: 22-46.

Rosas, E. J., Ferreri, L., Garduño, M. V. H., Urrutia F. J., 1996. Continental boundaries of Jalisco Block and their influence in the Pliocene Quaternary kinematics of western México. *Geology*, 24:921-924.

Rzendowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México.

Tello, F. A., 1651. Libro segundo de la Crónica Miscelánea de la conquista espiritual y de la Santa Provincia de Xalisco en el Nuevo Reino de la Galicia y Nueva Vizcaina y Descubrimiento del Nuevo México. (Citado en Breton, *et al.*, 2002).

Saucedo, R., 1997. Reconstrucción de la Erupción de 1913 del Volcán de Colima. Tesis de maestría. Posgrado en Ciencias de la Tierra. Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México. 185 pp.

Saucedo, R., Macías, J.L., Bursik, M.L., Mora, J.C., Gavilanes, J.C., Cortés, A. 2002. Emplacement of pyroclastic flows during the 1998-1999 eruption of Volcán de Colima, México. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 117,1-2: 129-153.

Spence, R. J.S., Pomonis, A., Baxter, P. J., Coburn, A. W., White, M., Dayrit, M. and Field Epidemiology Training Program Team. Building Damage Caused by the Mount Pinatubo Eruption of June 15, 1991. Fire and Mud eruptions and lahars of Mount Pinatubo, Phillipines. *Compiladores*, Newall, C. and Punongbayan, R. S. Honk Kong. 1055-1062.

Thorpe, R. A., Gibson, I. L., Vízcaíno, J.S., 1977. Andesitic pyroclastic flows from Colima Volcano. *Nature* 265: 724-725.

Secretaría de Hacienda, Departamento de Fomento de Estadística, 1918. III Censo de Población de los Estados Unidos Mexicanos. México. 107 pp.

Secretaría de Marina, Agricultura, Recursos Naturales y Áreas Protegidas. 2000. Áreas Naturales Protegidas de México con decretos federales. México. 828 pp.

Secretaría de Marina, Recursos Naturales y Áreas Protegidas, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Universidad Nacional Autónoma de México. 2000. Cubierta vegetal E13-3 (Colima). Inventario Forestal. escala 1:250 000.

Starr, F., 1903. The recent eruption of Colima. *Journal Geol.* 11, 750 pp.

Siebert, L., Glicken, H. and Ui, T., 1987. Volcanic Hazard from Bezymianny and Bandai type eruptions: *Bulletin of Volcanology*, 49:435-459.

Stoopes and Sheridan., 1992. Giant debris avalanches from the Colima Volcanic Complex, Mexico: Implications for long-runout landslides (<100 km) and hazard assessment. *Geology* 20:299-302.

Vízcaino, J. S., 1993. Notas sobre el Volcán. *Geofísica Internacional*. 32, 4: 699-701.

Waitz, P., 1915. Der gegenwartige Zustand der mexikanischen Vulkanen und die letzte eruption des Vulkans von Colima. *Z. Vulcanol.* I. 247 pp.

Waitz, P., 1932. Datos históricos y bibliográficos acerca del Volcán de Colima. *Memoria de la Sociedad Antonio Alzate*, 53, 349-384.

Williams, H., McBirney, A. R., 1979. *Volcanology*. Edit. Freeman Cooper & Co. San Francisco, Cal. 397 pp.

www. [http/ ucol.mx](http://ucol.mx). Volcán. 2000. Flujos de lodo. 2 pp.

www. [http/ ucol.mx](http://ucol.mx). 2003. Reporte de actividad 17 de julio. 1 pp.

Zimanowsky, B., Wohletz, K., Dellino, P., Büttner, R., 2003. The Volcanic ash problem. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 122, 1-2: 1-5.

ANEXO

Tabla 1. Población total por localidad y población económicamente activa por sector de actividad.

Estado	Municipio	Localidad	Distancia al cráter	Total de habitantes (1913)	Total de habitantes (2000)	PEA	PEI	SECTOR		
								Primario	Secundario	Terciario
Jalisco	Zapotlán el	Cd. Guzmán	26	17,085	85118	33768	29337	2045	8279	22442
Jalisco	Zapotitlic	Zapotitlic	24.2	3,648	22092	7547	8539	1065	2257	3970
Colima	Cuauhtémoc	Quesería	14.7	963	8130	2691	3090	2664	608	869
Jalisco	San Gabriel	San Gabriel	30	3,992	4141	2137	2372	247	646	1148
Jalisco	Sayula	Sayula	41	78,720	24051	9056	8274	1179	2594	4988
Jalisco	Tonila	San Marcos	13.8	1,190	3400	1055	1415	584	155	293
Jalisco	Tonila	Tonila	13.4	2,682	3178	1231	1125	341	199	621
Jalisco	Tuxpan	Atenquique	18	201	1143	333	358	11	215	100
Jalisco	Concepción de Buenos Aires	Concepción De Buenos Aires		1,962	4530	1565	1681	558	429	539
Jalisco	Atotonilco el Alto	Atotonilco el Alto	160	6,027	26235	10079	8631	925	3349	5548
Jalisco	Cuquío	Cuquío		2,587	4101	1369	1566	273	276	781
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	130	119,468	1646183	33768	29337	2788	206593	450407
Jalisco	Juchitlán	Tamazula	42	*	41	10	19	10	0	0
Jalisco	Mazamitla	Mazamitla	77	1,402	6286	1508	1547	322	412	750
Jalisco	Poncitlán	Poncitlán		2,011	12418	4519	4213	441	1700	2264
Jalisco	Tizapán el Alto	Tizapán el Alto	93	1,922	13669	4120	5383	1687	673	1554
Michoacán	Sahuayo	Sahuayo	111	*	57827	21867	19453	1196	7313	12672
Aguascalientes	Aguascalientes	Aguascalientes	700	76,591	21518	7520	7853	552	2725	4034
Jalisco	Arandas	Arandas	185	5,911	39478	15330	12484	1083	6209	7652
Jalisco	La Barca	La Barca	150	7,487	32134	11551	11392	828	2401	7976
Jalisco	Lagos de Moreno	Lagos de Moreno	257	12,243	79592	29213	22644	2770	9820	15690
Jalisco	Teocaltiche	Teocaltiche	240	5,840	21518	7520	7853	552	2725	4034
Jalisco	Tepatitlán de Morelos	Tepatitlán de Morelos	185	5,560	74262	28594	27380	1522	11324	14466
Jalisco	Encarnación de Díaz	Encarnación de Díaz	250	4,711	4	*	*	*	*	*
Jalisco	Yahualica	Yahualica	200	3,036						
Aguascalientes	Aguascalientes	Aguascalientes	320	76,591	594092	229106	196384	2815	72404	144971
Zacatecas	Zacatecas	Zacatecas	350	63,976						
Zacatecas		Fresnillo	430	60,822						
Coahuila	Saltillo	Saltillo	720	25,414	562587	213513	194211	1858	94013	107676
Guanajuato	Guanajuato	Guanajuato	312	66,933	74874	28535	27320	60	6561	19922
Guanajuato	León	León de los Aldama	275	89,510	1020818	401302	318911	2073	173773	211028
Jalisco	Ameca	Ameca	135	9,529	34703	12342	13072	1253	3330	7388
Jalisco	Zapotlanejo	Zapotlanejo	145	2,750	27607	11158	8151	561	4761	5566
Michoacán	La Piedad	La Piedad	190	25,790	70703	24230	25628	1071	6942	14934
Michoacán	Yurécuaro	Yurécuaro	166	*	20297	6213	8043	1390	1640	2834
Michoacán	Zamora	Zamora de Hidalgo	145	97,994	122881	45846	42149	3714	10637	29889
Colima	Colima	Colima	31		119639	51836	43965	3313	10837	35848
Colima	Comala	Comala	25.5		8273	3348	2757	518	836	1907
Colima	Villa de Alvarez	Villa de Alvarez	30		76779	30343	21867	973	6647	21789
Colima	Cuauhtémoc	Alcaraces	16.7		1808	596	632	199	111	280
Colima	Comala	Suchitlán	18.3	*	3802	1403	1061	600	348	431
Colima	Comala	Cofradía de Suchitlán	14.5		1478	475	479	200	98	164
Colima	Comala	Rancho el Jabalí			*	*	*	*	*	*
Colima	Villa de Alvarez	Rancho el Naranjal	12.3		149	60	59	43	4	10
Colima	Comala	La Becerrera	12		341	117	109	70	16	28
Colima	Comala	La Caja	24.2		807	3348	2757	518	836	1907
Colima	Comala	La Yerbabuena			212	55	92	45	6	4
Colima	Cuauhtémoc	Montitlán	12.2		199	73	74	49	11	11
Colima	Comala	San Antonio	12.8		2	*	*	*	*	*
Jalisco	Zapotitlán	San José del Carmen	17.1		835	230	345	156	28	39
Jalisco	Zapotitlán	El Tecuan	13.3		87	25	31	20	4	1
Jalisco	Tonila	La Cofradía			101	36	36	22	5	7

Fuente: Basada en Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2000.

Tabla 2. Tipo de viviendas de las localidades afectadas en 1913.

Estado	Municipio	Localidad	Total de viviendas habitadas	Viviendas particulares		
				Con paredes de lámina de cartón o materiales de desecho	Con techo de lámina de cartón o materiales de desecho	Con piso diferente a tierra
Jalisco	Zapotlán el Grande	Cd. Guzmán	19273	62	270	18128
Jalisco	Zapotiltic	Zapotiltic	5069	16	82	4524
Colima	Cuauhtémoc	Quesería	1902	16	53	1710
Jalisco	San Gabriel	San Gabriel	960	5	13	843
Jalisco	Sayula	Sayula	5267	16	62	4550
Jalisco	Tonila	San Marcos	790	1	18	689
Jalisco	Tonila	Tonila	792	13	36	699
Jalisco	Tuxpan	Atenquique	291	1	2	289
Jalisco	Concepción de Buenos Aires	Concepción De Buenos Aires	1090	5	21	759
Jalisco	Atotonilco el Alto	Atotonilco el Alto	5706	22	83	5360
Jalisco	Cuquio	Cuquio	948	2	7	856
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	369854	413	902	359863
Jalisco	Juchitlán	Tamazula	7	0	0	2
Jalisco	Mazamitla	Mazamitla	1298	1	57	1123
Jalisco	Poncitlán	Poncitlán	2871	0	11	2707
Jalisco	Tizapán el Alto	Tizapán el Alto	3094	8	33	2647
Michoacán	Sahuayo	Sahuayo	15784	25	46	15132
Aguascalientes	Aguascalientes	Aguascalientes	132382	229	440	128979
Jalisco	Arandas	Arandas	8540	9	25	8321
Jalisco	La Barca	La Barca	6833	6	47	6413
Jalisco	Lagos de Moreno	Lagos de Moreno	16074	17	26	15789
Jalisco	Teocaltiche	Teocaltiche	4839	11	30	4611
Jalisco	Tepatitlán de Morelos	Tepatitlán de Morelos	16099	19	44	15687
Jalisco	Encarnación de Díaz	Encarnación de Díaz	1	*	*	*
Aguascalientes	Aguascalientes	Aguascalientes	132382	229	440	128979
Coahuila	Saltillo	Saltillo	129291	333	604	124967
Guanajuato	Guanajuato	Guanajuato	16112	360	456	15493
Guanajuato	León	León de los Aldama	197327	1218	2273	189228
Jalisco	Ameca	Ameca	8252	6	16	7959
Jalisco	Zapotlanejo	Zapotlanejo	6011	4	6	5802
Michoacán	La Piedad	La Piedad	12613	339	579	11767
Michoacán	Yurécuaro	Yurécuaro	4093	18	52	3665
Mchoacán	Zamora	Zamora de Hidalgo	26930	443	1160	25445
Colima	Colima	Colima	29750	606	846	26939
Colima	Villa de Alvarez	Villa de Alvarez	19006	280	384	16977
Colima	Comala	Comala	2007	34	29	1768
Colima	Comala	Suchitlán	816	162	244	441
Colima	Comala	Cofradía de Suchitlán	343	24	34	271
Colima	Comala	Rancho el Jabalí	2	*	*	*
Colima	Villa de Alvarez	Rancho El Naranjal	32	5	8	16
Colima	Comala	La Becerrera	76	2	4	67
Colima	Comala	La Caja	197	5	17	145
Colima	Tonila	La Cofradía	25	0	3	19
Colima	Comala	La Yerbabuena	52	4	6	33
Colima	Cuauhtémoc	Montitlán	52	6	11	40
Colima	Comala	San Antonio	*	*	*	*
Jalisco	Zapotitlán	San José del Carmen	207	1	15	144
Jalisco	Zapotitlán	El Tecuan	22	3	15	4
Jalisco	Tonila	La Cofradía	25	0	3	19

Fuente: Basada en Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2000.

Tabla 3. Servicios por localidad.

Estado	Municipio	Localidad	Servicio sanitario	Agua entubada	Drenaje	Electricidad	Agua, drenaje y electricidad
Jalisco	Zapotlán el Grande	Cd. Guzmán	18826	18639	18716	18955	18337
Jalisco	Zapotitlic	Zapotitlic	4921	4717	4867	4966	4558
Colima	Cuauhtémoc	Quesería	554	730	603	675	538
Jalisco	San Gabriel	San Gabriel	910	886	898	941	846
Jalisco	Sayula	Sayula	5088	5042	4980	5116	4815
Jalisco	Tonila	San Marcos	45	48	45	47	712
Jalisco	Tonila	Tonila	772	770	770	773	752
Jalisco	Tuxpan	Atenquique	286	288	289	290	288
Jalisco	Concepción de Buenos Aires	Concepción de Buenos Aires	1034	1053	1045	1047	1008
Jalisco	Atotonilco el Alto	Atotonilco el Alto	5172	5389	5418	5595	5215
Jalisco	Cuquío	Cuquío	885	638	873	921	615
Jalisco	Guadalajara	Guadalajara	359314	360624	363974	365478	358538
Jalisco	Juchitlán	Tamazula	1	3	1	65	0
Jalisco	Mazamitla	Mazamitla	1210	1116	1210	1252	1067
Jalisco	Poncitlán	Poncitlán	2774	2728	2767	2812	2670
Jalisco	Tizapán el Alto	Tizapán el Alto	2817	2825	2819	2869	2640
Michoacán	Sahuayo	Sahuayo	14855	13687	14937	15250	13392
Aguascalientes	Aguascalientes	Aguascalientes	128935	129583	130202	130488	128736
Jalisco	Arandas	Arandas	8224	6924	8259	8270	6772
Jalisco	La Barca	La Barca	6554	6463	6627	6696	6358
Jalisco	Lagos de Moreno	Lagos de Moreno	15575	15391	15637	15853	15201
Jalisco	Teocaltiche	Teocaltiche	4549	4147	4587	4661	4064
Jalisco	Tepatitlán de Morelos	Tepatitlán de Morelos	15093	14903	15349	15772	14484
Jalisco	Yahualica	Yahualica					
Coahuila	Saltillo	Saltillo	121774	120522	121633	126712	117007
Guanajuato	Guanajuato	Guanajuato	15159	15209	15603	15775	15014
Guanajuato	León	León de los Aldama	190281	182750	189626	193466	180639
Jalisco	Ameca	Ameca	7859	7206	8000	8079	7102
Jalisco	Zapotlanejo	Zapotlanejo	5719	5316	5732	5849	5178
Michoacán	La Piedad	La Piedad	11805	11302	11764	12291	10755
Michoacán	Yurécuaro	Yurécuaro	3831	3793	3876	3970	3635
Michoacán	Zamora	Zamora de Hidalgo	25725	20821	25834	26232	20609
Colima	Colima	Colima	27824	27810	26828	28232	27234
Colima	Comala	Comala	1872	1885	1866	1904	1827
Colima	Villa de Alvarez	Villa de Alvarez	17720	17765	17757	17852	17573
Colima	Cuauhtémoc	Alcaraces	422	374	426	428	367
Colima	Comala	Suchitlán	554	730	603	675	538
Colima	Comala	Cofradía de Suchitlán	285	288	289	290	268
Colima	Comala	Rancho el Jabalí	*	*	*	*	*
Colima	Villa de Alvarez	Rancho el Naranjal	25	23	24	19	15
Colima	Comala	La Becerrera	57	64	42	66	40
Colima	Comala	La Caja	139	165	156	166	143
Colima	Comala	La Yerbabuena	36	44	25	43	24
Colima	Comala	San Antonio	*	*	*	*	*
Jalisco	Zapotitlán	San José del Carmen	185	168	166	194	137
Jalisco	Zapotitlán	El Tecuan	1	3	1	65	0
Jalisco	Tonila	La Cofradía	22	22	18	22	17

Fuente: Basada en Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2000.



Tabla 4. Planteles, aulas, laboratorios, talleres y anexos por municipio.
(Basado en INEGI, 2000).

Municipio y nivel	Planteles	Aulas	Laboratorios	Talleres	Anexos
Ameca	134	607	19	37	518
Especial	2	12	0	2	12
Preescolar	52	115	0	0	136
Primaria	57	341	1	5	247
Secundaria	17	89	17	18	92
Capacitación para el trabajo	3	9	0	6	12
Bachillerato	2	31	1	4	11
Atotonilco El Alto	104	419	13	15	359
Especial	1	4	0	1	8
Preescolar	33	67	0	0	74
Primaria	56	275	2	3	222
Secundaria	10	51	9	8	43
Capacitación para el trabajo	3	10	2	3	12
Bachillerato	1	12	0	0	0
La Barca	89	501	18	21	421
Especial	1	6	0	1	11
Preescolar	30	87	0	0	133
Primaria	38	276	0	0	185
Secundaria	15	92	13	12	78
Profesional medio	1	3	1	0	4
Bachillerato	2	32	2	4	3
Concepción de Buenos Aires	18	56	2	2	52
Preescolar	8	14	0	0	10
Primaria	8	32	0	0	28
Secundaria	1	6	1	2	7
Bachillerato	1	4	1	0	127
Cuquío	93	220	7	1	194
Preescolar	25	36	0	0	34
Primaria	60	159	0	0	131
Secundaria	8	25	7	1	29
Encarnación de Díaz	103	376	9	12	309
Preescolar	35	75	0	0	83
Primaria	52	225	1	1	159
Secundaria	13	58	8	11	62
Capacitación para el trabajo	1	2	0	0	0
Bachillerato	2	16	0	0	5
Guadalajara	1030	10538	347	621	7760
Inicial	42	254	0	1	357
Especial	14	119	0	13	104
Preescolar	250	1199	0	9	1456
Primaria	426	5547	68	91	3693
Secundaria	100	1351	133	277	867
Capacitación para el trabajo	125	746	27	145	674
Profesional medio	8	127	13	3	36
Bachillerato	60	1109	99	74	510
Normal	5	86	7	8	67
Lagos de Moreno	243	958	27	44	741
Inicial	2	15	0	0	15
Especial	1	11	0	5	19
Preescolar	76	166	0	0	184
Primaria	127	563	4	7	366
Secundaria	28	133	17	16	107
Capacitación para el trabajo	4	18	0	0	11
Profesional medio	1	15	3	13	10
Bachillerato	4	37	3	3	29
Mazamitla	43	145	2	7	140
Preescolar	15	29	0	0	34
Primaria	24	91	0	0	85
Secundaria	2	17	1	4	10
Capacitación para el trabajo	1	2	0	2	3
Bachillerato	1	6	1	1	8

Poncitlán	69	353	8	12	323
Especial	1	3	0	0	4
Preescolar	26	87	0	0	107
Primaria	31	193	0	1	149
Secundaria	10	59	7	7	58
Bachillerato	1	11	1	4	5
San Gabriel	57	183	5	5	151
Especial	1	5	0	0	3
Preescolar	19	36	0	0	29
Primaria	29	110	0	0	93
Secundaria	7	31	5	5	24
Capacitación para el trabajo	1	1	0	0	2
San Marcos	9	38	1	2	40
Preescolar	3	11	0	0	15
Primaria	5	21	1	2	7
Secundaria	1	6	1	2	7
Sayula	38	263	6	17	213
Especial	2	12	0	0	12
Preescolar	15	51	0	0	57
Primaria	15	133	0	0	103
Secundaria	4	41	4	11	24
Bachillerato	2	26	2	6	17
Tamazula	124	456	11	22	381
Especial	1	4	0	1	4
Preescolar	36	74	0	0	83
Primaria	74	296	1	0	211
Secundaria	10	59	9	10	67
Capacitación para el trabajo	2	4	0	0	6
Profesional medio	1	13	1	11	10
Teocaltiche	99	360	8	12	277
Especial	1	7	0	0	6
Preescolar	27	49	0	0	60
Primaria	55	216	0	0	151
Secundaria	14	63	7	8	53
Bachillerato	2	25	1	4	7
Tizapán el Alto	36	170	4	6	173
Preescolar	14	35	0	0	58
Primaria	14	86	0	0	59
Secundaria	5	25	3	5	45
Capacitación para el trabajo	2	11	0	0	2
Bachillerato	1	13	1	1	9
Tonila	16	76	4	3	74
Preescolar	4	10	0	0	11
Primaria	8	46	0	1	38
Secundaria	3	17	4	2	25
Bachillerato	1	3	0	0	0
Tuxpan	62	296	6	14	256
Especial	1	5	0	0	6
Preescolar	19	45	0	0	78
Primaria	30	171	0	0	117
Secundaria	7	45	4	9	39
Capacitación para el trabajo	3	6	0	1	7
Bachillerato	2	24	2	4	9
Zapotiltic	55	283	10	11	283
Especial	1	4	0	0	2
Preescolar	20	66	0	0	94
Primaria	26	167	1	1	135
Secundaria	7	44	8	9	48
Capacitación para el trabajo	1	2	1	1	4
Zapotlanejo	132	483	7	7	380
Especial	1	5	0	0	1
Preescolar	35	82	0	0	92
Primaria	80	320	0	0	204
Secundaria	12	55	0	3	68
Capacitación para el trabajo	2	5	0	0	12
Bachillerato	2	16	1	4	9

Tabla 5. Tipos de Cultivos por estado y localidades (Datos correspondientes a 1998 y1999).

Cultivos cíclicos												
Jalisco	superficie sembrada (Has)			Superficie Cosechada (Has)			Volumen en toneladas			Valor en pesos		
	Total	riego	temporal	Total	riego	temporal	total	riego	temporal	total	riego	temporal
Maíz grano												
Lagos de Moreno	33187	8687	24500	8687	8687	8687	17374	17374	0	26061000	26061000	0
La Barca	24087	1512	22575	23604	1512	22092	112263	10929	101334	153703960	14878380	138827580
Arandas	12922	0	12922	12922	0	12922	36182	0	36182	57891200	0	57891200
Cuquío	12361	1000	11361	12311	1000	11311	34348	3500	30848	47400240	4830000	42570240
Zapotlanejo	12140	10	12130	11730	10	11720	32138	30	32108	43387800	42000	43345800
Encarnación de Díaz	11786	700	11086	4835	700	4135	6935	2800	4135	11442750	4620000	6822750
Tuxpan	10612	112	10500	10612	112	10500	48075	720	47355	64873650	944400	63929250
Atotonilco el Alto	10580	65	10515	10580	65	10515	67900	610	67290	88321900	837100	87484800
Ameca	10450	38	10418	10404	38	10366	54301	138	54103	6918296	193200	68996096
Tamazula	9649	266	9383	9649	266	9383	*	*	*	*	*	*
Poncitlán	8278	65	8213	8098	65	8033	35325	520	34805	48743300	712400	48030900
San Gabriel	5861	138	5723	5281	138	543	12440	611	11829	16804300	835150	15969150
Zapotiltic	4504	4	4500	4504	4	4500	21640	40	21600	29214800	54800	29160000
Total	166417	12597	153826	133217	12597	124707	478921	37272	441589	594763196	54008430	603027766
Colima												
Comala	388.5	23.5	3865	388.5	23.5	3865	10977.5	70.7	10906.9	14391070	212100	14178970
Cuauhtémoc	2685	*	2685	2620	*	2620	7484.82		7484.82	9730266		9730266
Villa de Alvarez	1345	91.5	1254	1332.5	91.5	1241	3198.33	342.75	2855.6	4226405	514125	3712280
Total	4418.5	115	7804	4341	115	7726	21660.77	413.45	21247.32	28347741	726225	27621516
Sorgo Grano												
La Barca	7037	221	6816	6977	221	6756	47504	1976	45528	47223004	1968172	45254832
San Gabriel	3791	4	3787	3361	4	3357	12105	20	120085	13921980	24000	13897980
Atotonilco el Alto	3160	40	3120	3160	40	3120	20308	340	19968	22647408	363120	22284288
Poncitlán	2150	30	2120	2150	30	2120	13225.1	215	13038	14578399	236500	14341800
Ameca	1590	0	1590	1590	0	1590	10355	0	10355	10851750	0	10861750
Total	17728	295	17433	17238	295	16943	222526	2551	208974	109222541	2591792	106640650
Comala	60	*	60	60	*	60	252	*	252	302400	*	302400
Cuauhtémoc	34.5	*	34.5	34.5	*	34.5	109		109	130800		130800
Villa de Alvarez	161	6	155	161	6	155	656.2	23.7	632.5	789810	30810	759000
Total	255.5	6	249.5	255.5	6	249.5	1017.2	23.7	993.5	1223010	30810	1192200
Sorgo forrajero												
Lagos de Moreno	2900	1500	1400	1640	1500	140	76400	75000	1400	13780000	13500000	280000
Total	2900	1500	1400	1640	1500	140	76400	75000	1400	13780000	13500000	280000
Comala	84.5	3	81.5	84.5	3	81.5	2533	88	2445	506600	17600	489000
Villa de Alvarez	166	30	136	166	30	399	6665	1225	5440	1591601	231601	1360000
Total	250.5	33	217.5	250.5	33	480.5	9198	1313	7885	2098201	249201	1849000

Fuente: Basado en INEGI, 1999 y 2000.

Trigo												
La Barca	4096	4096	0	4096	4096	0	21395	21395	0	31065540	31065540	0
Poncillán	835	835	0	835	835	0	4592	4592	0	6750240	6750240	0
Atotonilco el Alto	697	697	0	697	697	0	3695	3695	0	5357750	5357750	0
Arandas	400	0	400	400	0	400	700	0	700	1141000	0	11410000
Total	6028	5628	400	6028	5628	400	30382	29682	700	44314530	43173530	11410000
Frijol												
Teocaltiche	3400	100	3300	1900	100	1800	920	120	800	4600000	600000	4000000
Lagos	3145	1200	1945	1297	122	97	2189	2160	29	17512000	17280000	232000
Encarnación de Díaz	628	308	320	508	308	200	666	616	50	3946000	3696000	250000
Sayula	204	184	20	196	184	12	288	276	12	2280000	2208000	72000
Cuquio	200	0	200	200	0	200	160	0	160	640000	0	640000
Total	7577	1792	5785	4101	714	2309	4223	3172	1051	28978000	23784000	5194000
Comala	38	29	9	38	29	9	43.4	36.2	7.2	330.068	283268	46800
Cuahtémoc	7	*	7	7	*	7	4.9	*	4.9	29400	*	29400
Total	45	29	16	45	29	16	48.3	36.2	12.1	29730.068	283268	76200
Tomate cáscara												
Cuquio	795	30	765	795	30	765	5197	225	4972	10210288	495000	9717288
Arandas	700	0	700	700	0	700	5000	0	5000	700000	0	700000
Mazamitla	490	0	490	490	0	490	6370	0	6370	17836000	0	17836000
Zapotitlic	245	90	155	245	90	155	3455	1440	2015	14685000	8640000	6045000
Tuxpan	173	43	130	173	43	130	2290	600	1690	8130000	3060000	5070000
Teocaltiche	170	50	120	170	50	120	1220	500	720	1952000	800000	1152000
Tamazula	165	165	0	165	165	0	1980	1980	0	3960000	3960000	0
Total	2738	378	2360	2738	378	2360	25512	4745	20767	57473288	16955000	40520288
Comala	97.5	70	27.5	97.5	70	27.5	1302	1057	245	4275.73	3785730	490000
Cuahtémoc	8	5	3	7	5	2	67	45	22	201500	157500	44000
Villa de Alvarez	10	10	*	10	10	*	94	94	*	188	188	*
Total	115.5	85	30.5	114.5	85	29.5	1463	1196	267	205963.73	3943418	534000
Jitomate												
Sayula	756	756	0	756	756	0	41580	41580	0	228690000	228690000	0
Tizapán el Alto	220	80	140	220	80	140	5370	1850	3520	10740000	3700000	7040000
La Barca	123	49	74	123	49	74	2787	991	1796	8488612	3179636	5308976
San Gabriel	123	123	0	123	123	0	3070	3070	0	9190000	9190000	0
Total	1222	1008	214	1222	1008	214	52807	47491	5316	257108612	244759636	12348976
Comala	123.5	78.5	45	123.5	78.5	45	1477.5	1140	337.5	4388645	3882395	506250
Cuahtémoc	13.5	8.5	5	13.5	8.5	5	150.49	109.29	41.2	578225	495825	82400
Villa de Alvarez	3	2	1	3	2	1	27.2	23.2	4	64000	58000	6000
Total	140	89	51	140	89	51	1655.19	1272.49	382.7	5030870	4436220	594650

Chile Verde												
San Gabriel	220	175	45	220	175	45	2585	2450	135	13410350	12600350	810000
Sayula	100	100	0	100	100	0	3600	3600	0	21600000	21600000	0
La Barca	66	37	29	54	25	29	1063	523	540	3061440	1506240	1555200
Tuxpan	60	0	60	60	0	60	660	0	660	1980000	0	1980000
Total	446	312	134	434	300	134	7908	6573	1335	40051790	35706590	4345200
Comala	63	31	32	63	31	32	592.5	316.5	276	1805200	1336000	469200
Cuahtémoc	5	5	*	5	5	*	56	56	*	140000	140000	*
Total	68	36	32	68	36	32	648.5	372.5	276	1945200	1476000	469200
Elote												
Tizapán el Alto	138	73	65	138	73	65	1360	730	630	1360000	730000	0
Zapotiltic	100	100	0	100	100	0	1560	1560	0	936000	936000	0
Tonila	100	100	0	100	100	0	2500	2500	0	1500000	1500000	0
Sayula	87	87	0	87	87	0	1724	1724	0	1048800	1048800	0
Ponciltán	45	45	0	45	45	0	450	450	0	360000	360000	0
Total	470	405	65	470	405	65	7594	6964	630	5204800	4574800	0
Villa de Alvarez	13	13	0	13	13	0	161	161	0	112700	112700	0
Total	13	13	0	13	13	0	161	161	0	112700	112700	0
Cebolla												
Encarnación de Díaz	630	80	550	590	80	510	6300	1200	5100	7095000	1740000	5355000
Tizapán el Alto	380	180	200	380	180	200	7305	4205	3100	3207000	1967000	1240000
Total	1010	260	750	970	260	710	13605	5405	8200	10302000	3707000	6595000
Villa de Alvarez	50	50	0	50	50	0	820	820	0	1347498	1347498	0
Total	50	50	0	50	50	0	820	820	0	1347498	1347498	0
Cálabacita												
Tizapán el Alto	182	96	80	182	96	80	2900	1449	1451	2365000	1384500	980500
La Barca	63	52	11	63	52	11	727	642	85	816210	688710	127500
Tamazula	60	60	0	0	60	0	870	870	0	1305000	1305000	0
Ponciltán	45	45	0	45	45	0	675	675	0	675000	675000	0
Total	350	253	91	290	253	91	5172	3636	1536	5161210	4053210	1108000
Comala	6	6	0	6	6	0	106.2	106.2	0	456280	456280	0
Villa de Alvarez	5	5	0	5	5	0	45	45	0	143870	143870	0
Total	11	11	0	11	11	0	151.2	151.2	0	600150	600150	0
Jalisco												
Maíz Forrajero												
Encarnación de Díaz	15468	1810	13658	6874	1810	5064	141760	79260	62500	26766800	14266800	12500000
Lagos de Moreno	12270	5920	6350	5920	5920	0	266400	266400	0	47952000	47952000	0
Teocaltic	3600	500	3100	2600	500	2100	38500	17500	21000	11550000	5250000	6300000
Mazamilla	550	0	550	550	0	550	12595	0	12595	5038000	0	5038000
Total	31888	8230	23658	15944	8230	7714	459255	363160	96095	91306800	67468800	23838000

Maíz Asociado	10916	0	10916	10250	0	10250	18670	0	18670	26160960	0	26160960
Atotonilco el Alto	670	0	670	670	0	670	2485	0	2485	3230500	0	3230500
Arandas	600	0	600	600	0	600	650	0	650	1040000	0	1040000
Zapotlanejo	430	0	430	430	0	360	610	0	610	823500	0	823500
Total	12616	0	12616	11950	0	11880	22415	0	22415	31254960	0	31254960
Avena forrajera												
Lagos de Moreno	2600	2580	20	2580	2580	0	46440	46440	0	13932000	13932000	0
Encarnación de Díaz	400	400	0	400	400	0	11200	11200	0	2800000	2800000	0
San Gabriel	256	10	246	256	10	246	7316	160	7156	4392800	48000	4344800
Poncitlán	235	235	0	235	235	0	2938	938	0	1233960	1233960	0
Sayula	181	121	60	181	121	60	3007	2662	345	2426600	2129600	297000
Mazamitla	115	0	115	115	0	115	538	0	538	897000	0	897000
La Barca	110	110	0	110	110	0	1726	1726	0	869904	869904	0
Total	3897	3456	441	3877	3456	421	73165	63126	8039	26552264	21013464	5538800
Cebada forrajera												
Mazamitla	610	0	610	610	0	610	2630	0	2630	4345000	0	4345000
Concepción de Buenos Aires	445	0	445	445	0	445	2385	0	2385	3787500	0	3787500
Sayula	285	275	10	285	275	10	1710	1650	60	1026000	990000	36000
San Gabriel	206	0	206	206	0	206	5066	0	5066	3029700	0	3029700
Tizapán el Alto	70	0	70	70	0	70	280	0	280	980000	0	980000
Total	1616	275	1341	1616	275	1341	12071	1650	10421	13168200	990000	12178200
Cebada grano												
La Barca	1105	1094	11	1105	1094	11	6176	6056	120	8761800	8629800	132000
Concepción	300	0	300	230	0	230	207	0	207	621000	0	621000
Mazamitla	85	0	85	85	0	85	98	0	98	294000	0	294000
San Gabriel	66	31	35	66	31	35	68	37	31	20400	111000	93000
Tamazula	64	0	64	64	0	64	58	0	58	145000	0	145000
Poncitlán	40	25	15	15	0	15	115	75	40	207000	135000	72000
Tuxpan	15	0	15	15	0	15	37	0	37	74000	0	74000
Zapotitlic	12	0	12	12	0	12	30	0	30	60000	0	60000
Total	1687	1150	537	1592	1125	467	6789	6168	621	10183200	8875800	1491000
Garbanzo												
La Barca	1447	1437	10	1447	1437	10	3330	3310	20	4187180	4163980	23200
Ameca	1136	0	1136	1130	0	1136	1681	0	1681	2521500	0	2521500
Poncitlán	971	941	30	971	941	30	1755	1695	60	2284500	2203500	81500
Atotonilco el Alto	497	425	72	497	425	72	1094	950	144	1641000	1425000	216000
Total	4051	2803	1248	4045	2803	1248	7860	5955	1905	10634180	7792480	2842200
Garbanzo grano												
La Barca	452	452	0	452	452	0	2238	2238	0	3321192	3321192	0
Atotonilco el Alto	13	13	0	13	13	0	55	55	0	81400	81400	0
Total	465	465	0	465	465	0	2293	2293	0	3402592	3402592	0

Papa												
San Gabriel	530	0	530	530	0	530	84353	3157	81196	259951600	9608000	250443600
Mazamitla	180	0	180	180	0	180	6300	0	6300	25200000	0	25200000
Sayula	99	8	91	99	8	91	2600	240	2366	10064000	600000	9464000
Concepción de Buenos Aires	90	0	90	90	0	90	2700	0	2700	10800000	0	10800000
Lagos de Moreno	50	50	0	50	50	0	1350	1350	0	4320000	4320000	0
La Barca	5	5	0	5	5	0	18	18	0	13500	13500	0
Total	954	63	891	954	63	891	97321	4765	92562	310349100	14541500	295907600
Chile seco												
Lagos de Moreno	600	600	0	600	600	0	900	900	0	31500000	31500000	0
Encarnación de Díaz	500	500	0	500	500	0	750	750	0	16500000	16500000	0
Teocaltiche	300	300	0	300	300	0	360	360	0	7200000	7000000	0
Cuquio	27	0	27	27	0	27	26	0	26	507520	0	507520
Total	1427	1400	27	1427	1400	27	2036	2010	26	55707520	55000000	507520
Cártamo												
La Barca	410	410	0	410	410	0	660	660	0	957000	957000	0
Ponciltán	230	210	20	230	210	20	349	320	29	383900	352000	31900
Atotonilco el Alto	190	190	0	130	130	0	403	403	0	624650	624650	0
Ameca	34	0	34	34	0	34	177	0	177	212400	0	212400
Total	864	810	54	804	750	54	1589	1383	206	2177950	1933650	244300
Arroz												
Comala	22	22	*	22	22	*	149.82	149.82	*	269676	269676	269676
Cuahtémoc	1270.5	1270.5	*	1270.5	1270.5	*	8634.9	8634.9	*	15542820	15542820	*
Villa de Alvarez	25	25	*	25	25	*	142.5	142.5	*	256500	256500	*
Total	1317.5	1317.5		1317.5	1317.5		8927.22	8927.22	0	16068996	16068996	269676
Pepino												
Comala	19.5	9.5	10	19.5	9.5	10	307.1	245.1	62	395709	277909	117800
Cuahtémoc	6	4	2	5	4	1	54.3	48	6.3	97550	91250	6300
Villa de Alvarez	21	21	0	21	21	0	302	302	0	444801	444801	0
Total	46.5	34.5	12	45.5	34.5	11	663.4	595.1	68.3	938060	813960	124100
Hortalizas												
Villa de Alvarez	4	0	4	4	4	0	20	0	20	26000	0	26000
Comala	2	2	0	2	2	0	24	24	0	48000	48000	0
Total	6	2	4	6	6	0	44	24	20	74000	48000	26000
Camote												
Cuahtémoc	36	36	0	36	36	0	457	457	0	1483002	1483002	0
Total	36	36	0	36	36	0	457	457	0	1483002	1483002	0
Cilantro												
Comala	1.5	1.5	0	1.5	1.5	0	4.5	4.5	0	13500	13500	0
Total	1.5	1.5	0	1.5	1.5	0	4.5	4.5	0	13500	13500	0

Cuauhtémoc	12	12	0	12	12	0	300.57	300.57	0	1352565	1352565	0
Total	12	12	0	12	12	0	300.57	300.57	0	1352565	1352565	0
Jamaica												
Cuauhtémoc	1	0	1	1	0	1	0.7	0	0.7	21000	0	21000
Total	1	0	1	1	0	1	0.7	0	0.7	21000	0	21000
Melón												
Villa de alvarez	122	122	0	122	122	0	2854.8	2854.8	0	4901749	4901749	0
Cuauhtémoc	71	71	0	71	71	0	1420	1420	0	5370000	5370000	0
Total	193	193	0	193	193	0	4274.8	4274.8	0	10271749	10271749	0
Sandía	284	284	0	281	281	281	10617.2	10617.2	0	21473818	21473818	0
Villa de alvarez	66	66	0	66	66	0	1752.1752	1752	0	3363840	3363840	0
Cuauhtémoc	2	2	0	2	2	0	30	30	0	60000	60000	0
Total	2	2	0	2	2	0	30	30	0	60000	60000	0
Cultivos perennes												
Pasto forrajero												
Tuxpan	3000	0	3000	3000	0	3000	60000	0	60000	12000000	0	12000000
Lagos de Moreno	2412	2412	0	2412	2412	0	150976	150976	0	22646400	22646400	0
Cuquio	2387	121	2266	2387	121	2266	16830	968	15862	16830000	968000	15862000
Arandas	1290	90	1200	1290	90	1200	31600	3600	28000	8080000	1080000	7000000
Total	9089	2623	6466	9089	2623	6466	259406	155544	103862	59556400	24694400	34862000
Forrajes												
Cuauhtémoc	69	0	69	69	0	69	6238	0	6238	1217000	0	1217000
Comala	45	0	45	45	0	45	3600	0	3600	612000	0	612000
Total	114	0	114	114	0	114	9838	0	9838	1829000	0	1829000
Pradera pasto												
Villa de Alvarez	3261	247	3014	3261	247	3014	8744e	247	87201	21323856	3527496	17796360
Comala	2543	7	2536	2543	7	2536	83170	512	82658	14470770	97970	14372800
Cuauhtémoc	2164	90	2074	2164	90	2074	72354.5	5899.5	66455	15567820	1348340	14219480
Total	7968	344	7624	7968	344	7624	242972.5	6658.5	236314	51362446	4973806	46388640
Alfalfa verde												
Lagos de Moreno	2800	2800	0	2800	2800	0	229000	229000	0	64120000	64120000	0
Sayula	788	598	190	788	598	190	63040	47840	15200	15760000	11960000	3800000
Encarnación de Díaz	740	740	0	740	740	0	68080	68080	0			
Teocaltiche	551	551	0	551	551	0	30000	30000	0	7200000	7200000	0
Total	4879	4689	190	4879	4689	190	390120	374920	15200	87080000	83280000	3800000
Alfalfa achicalada												
San Gabriel	58	58	0	58	58	0	1682	1682	0	2691200	2691200	0
Total	58	58	0	58	58	0	1682	1682	0	2691200	2691200	0
Caña de azúcar												
Ameca	5692	5692	0	5607	5607	0	409500	409500	0	116011350	116011350	0
Zapotitlic	5260	5260	0	4249	4249	0	433291	433291	0	110489205	110489205	0
Tamazula	4784	4784	0	4049	4049	0	367721	367721	0	93768855	93768855	0

Tuxpan	2433	2433	0	2433	2433	0	261651	261651	0	66721005	66721005	0
Total	18169	18169	0	16338	16338	0	1472163	1472163	0	386990415	386990415	0
Cuauhtémoc	6171	235	5936	6171	235	5936	449299	21855	427444	95251.388	4633260	90618128
Comala	396	116	280	396	116	280	34296	12185	22111	7270752	2583220	4687532
Villa de Alvarez	817	89	728	817	89	728	51019	89	50930	12717668	1914148	10803520
Total	7384	440	6944	7384	440	6944	534614	34129	500485	20083671.39	9130628	106109180
Café												
Tonila	76	76	0	76	76	0	112	112	0	336000	336000	0
Total	76	76	0	76	76	0	112	112	0	336000	336000	0
Café cereza												
Comala	977	101	876	977	101	876	935.5	110	825.5	3274250	385000	289250
Cuauhtémoc	221	0	221	221	0	221	255	0	259	906500	0	906500
Villa de Alvarez	157	0	157	157	0	157	235.5	0	235.5	824250	0	824250
Total	1355	101	1254	1355	101	1254	1430	110	1320	5005000	385000	2020000
Cereza												
Cuauhtémoc	50	50	0	50	50	0	416	416	0	2080000	2080000	0
Total	50	50	0	50	50	0	416	416	0	2080000	2080000	0
Agave												
Arandas	12400	0	12400	450	0	450	63000	0	63000	567000000	0	567000000
Atotonilco el Alto	9565	0	9565	400	0	400	59610	0	59610	430920690	0	430920690
Zapotlanejo	1028	0	1028	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ameca	694	0	694	12	0	12	1020	0	1020	7140000	0	7140000
Total	23687	0	23687	862	0	862	123630	0	123630	1005060690	0	1005060690
Nopal tuna												
Lagos de Moreno	90	0	90	90	0	90	1800	0	1800	1800000	0	1800000
Encarnación de Díaz	66	0	66	66	0	60	1320	0	1320	1320000	0	1320000
Total	156	0	156	156	0	150	3120	0	3120	3120000	0	3120000
Nopal												
Comala	2	0	2	2	0	2	21.5	0	21.5	22430	0	22430
Cuauhtémoc	1	0	1	1	0	1	32.9	0	32.9	33610	0	33610
Total	3	0	3	3	0	3	54.4	0	54.4	56040	0	56040
Aguacate												
Comala	9	0	9	9	9	0	87.5	0	87.5	322500	0	322500
Cuauhtémoc	9	0	9	9	0	9	50.4	0	50.4	186200	0	186200
Total	18	0	18	18	9	9	137.9	0	137.9	508700	0	508700
Limón												
San Gabriel	45	45	0	40	40	0	45	45	0	225450	225450	0
Total	45	45	0	40	40	0	45	45	0	225450	225450	0
Limón agrio												
Villa de Alvarez	101	101	0	101	101	0	101	101	0	2272210	2272210	0
Comala	23	15	8	23	15	8	308.2	229.6	78.6	313550	185430	128120
Cuauhtémoc	3	0	3	3	0	3	21.4	0	21.4	119600	0	11960
Total	127	116	11	127	116	11	430.6	330.6	100	2705360	2457640	140080

Limón persa												
Comala	60	60	0	60	60	0	650	650	0	951500	951500	0
Villa de Alvarez	28	28	0	28	28	0	28	28	0	745350	745350	0
Total	88	88	0	88	88	0	678	678	0	1696850	1696850	0
Naranja												
Villa de Alvarez	100	100	0	100	100	0	100	100	0	2656000	2656000	0
Comala	36	36	0	36	36	0	272	272	0	314400	314400	0
Total	136	136	0	136	136	0	372	372	0	2970400	2970400	0
Guayaba												
Comala	21	9	12	21	9	12	98.7	49	49.7	340216	186390	153826
Cuahtémoc	14	0	14	14	0	14	83	0	83	124500	0	124500
Total	35	9	26	35	9	26	181.7	49	132.7	464716	186390	278326
Mango												
Villa de Alvarez	150	56	94	150	56	94	808	56	752	1026000	462000	564000
Cuahtémoc	52	41	11	52	41	11	482	398	84	289200	238800	50400
Comala	48	39	9	48	39	9	420	312	108	314400	249600	64800
Total	250	136	114	250	136	114	1710	766	944	1629600	950400	679200
Tamarindo												
Comala	111	60	51	111	60	51	671	416	255	2348500	1456000	892500
Villa de Alvarez	103	28	75	103	28	75	336	28	308	1862000	784000	1078000
Cuahtémoc	34	0	34	34	0	34	272	0	272	952000	0	952000
Total	248	88	160	248	88	160	1279	444	835	5162500	2240000	2922500
Ciruelo												
Tizapán el Alto	20	0	20	20	0	20	290	0	290	725000	0	725000
Total	20	0	20	20	0	20	290	0	290	725000	0	725000
Ciruela												
Comala	7	0	7	7	0	7	21	0	21	105000	0	105000
Cuahtémoc	1	0	1	1	0	1	2.3	0	2.3	8050	0	8050
Total	8	0	8	8	0	8	23.3	0	23.3	113050	0	113050

Tabla 7. Población ganadera, avícola y apícola por municipio, 1999.

(Cabezas).

Municipio	Bovino a/	Porcino	ovino b/	caprino c/	aves d/	colmenas e/
Ameca	38929	17143	100	1342	275200	3400
Arandas	68908	979144	10864	1620	129907	450
Atotonilco el Alto	7057	112844	0	27391	332000	5991
La Barca	3695	27139	9828	48279	1323800	4035
Concepción de Buenos Aires	15817	716	0	752	18263	508
Cuquío	29415	5428	852	200	32220	4846
Encarnación de Díaz	21349	47052	16757	871	1302124	8210
Lagos de Moreno	93627	427809	9642	7842	10884600	6917
Mazamitla	12324	460	0	0	17666	34
Ponciltán	10153	1019	777	9114	59213	1660
San Gabriel	11069	5540	2324	210	5671	7160
Sayula	8339	49302	1434	492	680383	4992
Tamazula	31442	43552	1170	322	132909	56038
Teocaltiche	30865	37543	4461	1363	507920	200
Tizapán el Alto	13613	8335	0	1827	0	280
Tonila	4722	1134	0	0	84710	6044
Tuxpan	32339	6875	1044	0	541245	8451
Yahualica	18244	27332	1508	54	191651	563
Zapotiltic	13491	4045	0	0	78979	26692
Zapotlán el Grande	12840	41026	4400	0	495900	28240
Zapotlanejo	7204	54185	2345	981	1758236	4608
Total	485442	1897623	67506	102660	18852597	179319
Colima (datos de 1999)						
Comala	10777	9300	2203	955	512456	223
Cuauhtémoc	27946	976	442	472	122964	5212
Villa de Alvarez	4633	375	714	452	95468	796
	43356	10651	3359	1879	730888	6231
Armería	3447	536	1489	877	12530	3239
Colima	59474	846	3304	1671	274961	1823
Coquimatlán	6908	1878	936	649	181721	535
Manzanillo	21552	2741	828	1859	35143	59
Minatitlán	8175	518	16	732	14620	825
Total	99556	6519	6573	5788	518975	6481

(Basado en INEGI, 1999, 2000).

Tabla 8. Valor (miles de pesos) de la población ganadera, avícola y apícola por municipio según especie, 1999.

Municipio	Total	Bovino a/	Porcino	ovino b/	caprino c/	aves d/	colmenas e/
Ameca	209118.38	177905.53	24343.06	76	999.79	4434	1360
Arandas	1717225.77	314909.56	1390384.48	8473.92	1206.9	2070.91	180
Atotonilco el Alto	220169.67	32250.49	160238.48	0	20406.3	4878	2396.4
La Barca	119719.25	16886.15	38537.38	7567.56	35967.86	19146.3	1614
Concepción de Buenos Aires	74502.74	72441.86	1009.58	0	560.24	287.88	203.2
Cuquío	145570.77	134720.7	7653.48	664.56	149	444.63	1938.4
Encarnación de Díaz	201526.37	97564.93	66813.84	13070.5	648.9	20144.2	3284
Lagos de Moreno	1219669.24	427875.39	607488.78	7520.76	5842.29	168.175.22	2766.8
Mazamitla	57382.51	56443.92	648.6	0	0	276.39	13.6
Ponciltán	56875.42	46399.21	1446.98	598.29	6789.93	977.01	664
San Gabriel	63431.91	50696.02	7811.4	1812.72	156.45	91.32	2864
Sayula	121086.47	38192.62	69515.82	1118.52	366.54	9896.17	1996.8
Tamazula	210872.82	144004.36	61408.32	912.6	239.89	2052.45	2255.2
Teocaltiche	206197.86	141053.05	53311.06	3479.58	1015.44	7258.73	80
Tizapán el Alto	75520.23	62211.41	11835.7	0	1361.12	0	112
Tonila	26972.25	21626.76	1598.94	0	0	1328.95	2417.6
Tuxpan	170689.83	148112.62	9693.75	814.32	0	8688.74	3380.4
Yahualica	126293.27	83375.08	38811.44	1176.24	40.23	2665.08	225.2
Zapotiltic	79402.85	61788.78	5703.45	0	0	1233.82	10676.8
Zapotlán el Grande	138528.73	58807.2	57846.66	3432	0	7146.87	11296
Zapotlanejo	139562.29	32994.32	76400.85	1829.1	730.85	25763.99	1843.19
Total	5380318.63	2220259.96	2692502.05	52546.67	76481.73	118785.44	51567.59
Colima							
Comala*	67966.7	48075.1	6686.7	1101.5	439.3	11530.3	133.8
Cuauhtémoc*	131698	124664.3	701.7	221	217.1	2766.7	3127.2
Villa de Alvarez*	24126.8	20667.3	269.6	357	207.9	2148	477
Total	223791.5	193406.7	7658	1679.5	864.3	16445	3738

* Datos de 1999.

a/ bovino para leche, carne doble propósito y trabajo.

Fuente: INEGI, 1999 y 2000.

b/ovinos para carne, lana y doble propósito.

c/caprinos para carne y para leche.

d/gallinas, gallos, pollos y pollas, tanto para producción de carne como de huevo.

e/colmenas rústicas y modernas.

Tabla 9. Longitud (kilómetros) de la red carretera de acuerdo al tipo de camino según municipio.

Estado	Municipio	Total	Troncal Federal a/	Estatales b/			Caminos rurales	Longitud de carretera federal de cuota (kms)
			Pavimentada c/	Pavimentada c/	Terracería d/	Revestida	Revestida	
Jalisco	Ameca	137.53	35.15	0	0	4.8	97.58	*
Jalisco	Arandas	184.4	0	121	0	52.2	11.1	*
Jalisco	Atotonilco el Alto	106.52	30.5	11.1	0	0	64.92	*
Jalisco	La Barca	119.8	33.9	54.1	0	11.2	20.6	22
	Concepción de Buenos Aires	57.26	0	34.1	0	0	23.16	*
Jalisco	Cuquío	125.07	0	60.8	0	0	64.27	*
	Encarnación de Díaz	159.4	36	108.4	0	2.4	12.6	34.2
Jalisco	Juchitlán	36.26	13.52	10.5	0	0	12.24	*
Jalisco	Lagos de Moreno	285	116	38.3	0	0	12.24	24
Jalisco	Mazamitla	32.4	0	3	0	0	29.4	*
Jalisco	Ponciltán	46.6	21.6	4.6	0	1.8	18.6	*
Jalisco	San Gabriel	54.51	0	25.2	0	0	29.31	*
Jalisco	Sayula	51.1	0	51.1	0	0	0	*
	Tamazula	105.1	38.7	29.4	0	0	37	*
Jalisco	Teocaltiche	172.96	0	28.9	0	0	144.06	*
Jalisco	Tepatitlán	164.33	61	62.5	0	0	40.83	28
Jalisco	Tizapán el Alto	40.5	24.85	0	0	0	15.65	*
	Tonila	41.52	13.9	1.8	0	0	25.82	7
Jalisco	Tuxpan	135.22	76.9	0	0	0	58.32	30
	Yahualica	219.16	28	112.6	0	16.3	62.26	*
Jalisco	Zapotiltic	52.5	33.2	10.3	0	0	9	*
Jalisco	Zapotlán el Grande	100.5	3.7	87.8	0	0	9	18
Jalisco	Zapotlanejo	96.8	44	30.3	0	0	22.5	46.8
	Total	2524.44	610.92	885.8	0	88.7	820.46	210

a/ Conocida como carretera principal o primaria, sirve al tránsito de larga distancia, comprende caminos de cuota pavimentados y libres (pavimentados, terracería y revestidos).

b/ Carreteras secundarias, tienen como propósito principal servir de acceso a las carreteras troncales.

c/ Caminos de dos, cuatro o más carriles.

d/ tramos de mejoramiento, ampliación o construcción.

Fuente: Anuario estadístico de Jalisco 2000. INEGI.

Tabla 10. Aeropuertos, Aeródromos y longitud de pistas de aterrizaje de la aviación civil, localidad.

Municipio	Localidad	Aeropuertos	Longitud de pista (metros)	Aeródromos	Longitud de pista (metros)
La Barca	Loreto	0	0	1	800
Tlajomulco	El Trece (Miguel Hidalgo)	1a/	4000	0	0
Zapotiltic	Zapotiltic	0	0	1	2050
Colima					
Comala	San Antonio	0	0	1	1300
Cuauhtémoc	Buenavista	1a/	2300	0	0

*no hay datos.
Basado en INEGI, 1999, 2000.

a/Servicio nacional e internacional.

Tabla 11. Vuelos y pasajeros atendidos de la aviación civil por aeropuerto y tipo de movimiento según tipo de servicio.

Aeropuerto y tipo de servicio	Total	Vuelos a/		Pasajeros Atendidos b/		
		Nacionales	Internacionales	Total	Nacionales	Internacionales
Jalisco						
Miguel Hidalgo	120600	103072	17528	5704671	3972592	1732079
Salidas	60200	51751	8449	2512919	1690742	822177
Llegadas	60400	51321	9079	3191752	2281850	909902
Colima						
Miguel de la Madrid Hurtado	4518	4518	NA	137356	137356	NA
Salidas	2247	2247	NA	72669	72669	NA
Llegadas	2271	2271	NA	64687	64687	NA

Basado en INEGI, 1999, 2000.
*no hay datos.

a/ Vuelos comerciales, particulares y oficiales.
Aeropuertos, Aeródromos y longitud de pistas de aterrizaje de la aviación civil, localidad.

Tabla 12. Unidades de potencia del equipo de transmisión y distribución de energía eléctrica, por municipio.

Jalisco	Subestaciones de distribución	Potencia de subestaciones de distribución (megavolts-amperes)	Transformadores de distribución	Potencia de transformadores (megavolts-amperes)
Ameca	1	25	*	
Arandas	1	29.4	*	*
Atotonilco el Alto	1	29.4	*	*
La Barca	1	29.4	*	*
Concepción de Buenos Aires	*	*	*	*
Cuquio	1	3.5	*	*
Encarnación de Díaz	2	32.5	*	*
Guadalajara	9	665	*	*
Juchitlán	*	*	*	*
Mazamitla	*	*	*	*
Poncitlán	1	25	*	*
San Gabriel	1	9.4	*	*
Sayula	1	20	*	*
Tamazula	1	18.8	*	*
Teocaltiche	*	*	*	*
Tepatitlán de Morelos	1	50	*	*
Tizapán el Alto	*	*	*	*
Tuxpan	1	18.8	*	*
Yahualica	1	18.8	*	*
Zapotiltic	1	20	*	*
Zapotlán el Grande	0	0	*	*
Zapotlanejo	*	*	*	*
Total	24	995	*	*
Colima				
Comala	*	*	318	10883
Cuauhtémoc	*	1	239	8162
Villa de Alvarez	1	40	1632	55776
Total	1	41	2189	74821

Fuente: Basado en INEGI, 1999, 2000.

Tabla 13. Usuarios y valor del servicio eléctrico de acuerdo a tipo de servicio por municipio.

Usuarios del servicio eléctrico por tipo de servicio según municipio.									Valor de energía eléctrica registrada por municipio según tipo de servicio (miles de pesos).							
Municipio	Total	Industrial	Residencial	Comercial	Agrícola	Alumbrado público	bombeo de aguas potables y negras	Temporal	Total	Industrial	Residencial	Comercial	Agrícola	Alumbrado público	bombeo de aguas potables y negras	Temporal
Ameca	17088	58	14536	2217	94	134	36	13	12323	7320	8777	6587	1563	1833	1262	34
Arandas	5883	51	5090	712	21	5	4	0	12323	4468	3534	2873	251	876	321	0
Atotonilco el Alto	3995	14	3525	365	61	15	15	0	5461	449	1958	1079	766	828	382	0
La Barca	13525	94	11007	2087	153	66	15	103	31515	10389	8628	7398	2386	1804	833	76
Concepción de Buenos Aires	1753	3	1599	141	0	6	4	0	1870	74	738	347	0	468	244	0
Cuquío	4991	7	4425	509	33	10	7	0	4335	185	1927	952	19	1038	214	2
Guadalajara	505036	3242	421776	78104	5	1788	65	56	1875741	908217	400404	461235	6	102251	3135	492
Mazamitla	188	0	171	8	0	4	0	5	122	0	72	7	0	33	0	10
Poncitlán	9564	52	8133	1212	98	53	16	0	94433	81946	5270	3929	739	1567	983	0
San Gabriel	3995	10	3537	400	13	31	4	0	3988	492	1824	999	67	539	68	0
Sayula	9061	43	7626	1151	175	47	6	13	17399	3433	4775	3984	3352	1444	381	29
Tamazula	12738	33	10943	1568	110	56	21	7	18151	4101	6156	4191	1383	1749	554	16
Teocaltiche	7815	20	6498	1114	153	14	14	2	12204	757	3695	3759	1164	1359	1447	22
Tepatitlán de Morelos	35507	405	30015	4813	86	132	19	37	97993	47836	19967	20373	808	7436	1524	48
Tizapán el Alto	802	0	744	45	0	8	5	0	897	0	309	55	0	279	255	0
Tuxpan	7932	30	6700	1070	50	24	5	53	30874	19116	3669	2672	4569	738	89	22
Yahualica	7886	19	6970	719	132	23	11	12	918	2050	3527	2076	93	1121	248	12
Zapotiltic	9138	33	7646	1260	140	33	11	15	90490	68701	4174	3041	12376	1557	581	60
Zapotlán el Grande	28393	163	23303	4634	98	118	8	69	53268	15755	15574	15546	1428	3877	896	191
Zapotlanejo	16251	135	13771	2255	37	23	18	12	28451	7028	11679	7800	127	1435	349	33
Total	701541	4412	588015	104384	1459	2590	284	397	2392756	1182317	506657	548903	31097	132232	13766	1047
Colima																
Comala	4558	17	4039	443	18	30	8	3	10985	5516	2135	1416	211	874	543	1
Cuauhtémoc	6249	20	5602	572	19	24	11	1	36813	29031	3264	1963	464	1507	582	2
Villa Álvarez	20272	49	18669	1404	22	111	16	1	30394	7573	11620	6645	482	3230	807	37
Total	31079	86	28310	2419	59	165	35	5	78192	42120	17019	10024	1157	5611	1932	40

Fuente: Basado en INEGI, 1999 y 2000.

Tabla 14. Oficinas postales por municipio.

Jalisco	Total	Administraciones	Sucursales	Agencias	Expendios a/	Instituciones públicas	Otras
Ameca	9	1	0	3	5	0	0
Arandas	9	3	0	2	4	0	0
Atotonilco el Alto	13	1	0	4	4	1	3
La Barca	10	1	0	5	4	0	0
Concepción de Buenos Aires	1	0	0	1	0	0	0
Cuquío	14	1	6	7	0	0	0
Encarnación de Díaz	7	1	0	6	0	0	0
Guadalajara	264	19	0	10	133	11	91
Mazamitla	1	1	0	0	0	0	0
Poncitlán	30	1	0	7	0	22	0
San Gabriel	11	1	0	4	5	1	0
Sayula	6	2	0	0	4	0	0
Tamazula	19	2	0	9	8	0	0
Teocaltiche	18	1	0	4	13	0	0
Tepatitlán de Morelos	33	5	0	5	23	0	0
Tizapán el Alto	5	1	0	2	1	1	0
Tonila	2	1	0	1	0	0	0
Tuxpan	6	1	0	2	2	0	1
Yahualica	9	1	0	3	5	0	0
Zapotiltic	36	1	0	3	2	30	0
Zapotlán el Grande	22	1	0	5	13	3	0
Zapotlanejo	11	1	0	9	1	0	0
Total	536	47	6	92	227	69	95
Colima							
Comala	11	1	0	7	3	0	0
Cuauhtémoc	11	2	0	4	5	0	0
Villa de Alvarez	20	1	0	0	18	1	0
Total	42	4	0	11	26	1	0

a/ expendios en pequeños comercios.

Fuente: Basado en INEGI 1999, 2000.

Tabla 15. Giros telegráficos recibidos, importe y monto de recibidos por municipio.

	Giros recibidos			Giros transmitidos al interior	Importe y monto de los giros (pesos).			Monto de giros transmitidos al interior *
	Total	Interior	Internacional		Total	Interior	Internacional	
Ameca	5791	5472	319	4741	5546.81	4974	572.81	5919418.49
Arandas	3428	3097	331	2348	5406.17	4573	833.17	2253887.13
Atotonilco El Alto	3758	3603	155	2101	3311.5	2759.5	552	1764112.22
La Barca	5512	5171	341	10656	5891.34	5456.46	434.88	24465922.57
Cuquío	1521	1110	411	1165	202	202	0	642582.14
Encarnación de Díaz	1982	1724	258	5292	1300	1156	144	12599339.73
Guadalajara	98413	94741	3672	120376	1460236.21	1421343.21	38893	103602664.1
Mazamitla	2344	2070	274	723	749.23	638	111.23	722410.75
Poncitlán	2459	2223	236	1275	1500.96	1200	300.96	1092412.56
San Gabriel	2018	1703	315	696	824	824	0	520958.61
Sayula	5606	5339	267	3499	4292.88	3484.21	808.67	3185909.09
Tamazula	2660	2508	152	1827	6051.77	5146	905.77	1510213.14
Teocaltiche	3004	2660	344	1143	2885.24	2243	642.24	1142700.94
Tepatitlán	3833	3530	303	3321	7251.18	6079.1	1172.08	4149249.67
Tizapán el Alto	3931	3559	372	815	937.8	937.8	0	688421.41
Tonila	916	828	88	191	317	317	0	120657.11
Tuxpan	5725	5546	179	1520	2888.34	2686.3	202.04	1154262.3
Yahualica	1756	1686	70	833	2175.27	1835.5	339.77	828019.45
Zapotiltic	2478	2349	129	776	942.76	757	185.76	603703.02
Zapotlán El Grande	14132	13545	587	6508	26023.79	24895.6	1128.19	5924965.91
Zapotlanejo	1933	1757	176	1558	3512.18	3156.5	355.68	1310849
Total	173200	164221	8979	171364	1542246.43	1494664.18	47582.25	174202659.3
Colima								
Comala	507	2558	2013	545	423	364.8	58.83	10359.85
Cuauhtémoc	1265	4860	4216	644	2230.59	1892.6	337.99	19911.79
Villa Alvarez	2453	15993	14840	1153	7594.64	5344.5	2250.14	49553.38
Total	4225	23411	21069	2342	10248.23	7601.9	2646.96	79825.02

* Debido a la inestabilidad de la moneda respecto al dólar estadounidense, internacional se suspendió la transmisión de giros correspondientes a internacional.

Fuente: Basado en INEGI, 1999 y 2000.

