



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

TESIS:

**“CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL VOLCÁN DE FUEGO DE
COLIMA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA

PRESENTADO POR:

MARÍA DEL CARMEN GARDENIA JIMÉNEZ VELÁZQUEZ

ASESOR:

DR. LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRÍGUEZ

REVISORES:

MTRA. ANAID PÉREZ PÉREZ

DR. YERED GYBRAM CANCHOLA PANTOJA

MAYO, 2018.

Agradecimientos.

A Dios:

Por ser el gran pilar de mi vida, mi sustento, mí fuerza, que me da la fortaleza y el conocimiento para cumplir una de las metas más anheladas de mi vida. Gracias Dios por iluminar mi camino y darme la bendición de tener a mi lado a las personas que estarán conmigo en todo momento.

A mi mami:

Por ser la persona que siempre ha sido mi mayor apoyo en cada una de las decisiones que he tomado en mi camino, ha sido mi fuerza en momentos difíciles y de alegría, eres el mayor y mejor ejemplo de mi vida. Gracias por todo tu amor. Te quiero mucho.

A mis papás:

Que siempre han estado conmigo brindándome su amor, paciencia y disciplina que me han forjado a ser la persona que ahora soy. Gracias por toda su dedicación.

A mis maestros:

De manera especial al Dr. Luis Miguel Espinosa Rodríguez por brindarme su apoyo, paciencia, disciplina y consejos para este proyecto. En principio quiero agradecerle que desde que tengo la oportunidad de conocerlo ha tenido expectativas en mí, y que en lo personal a nivel profesional sea un gran ejemplo.

Mtra. Anaid Pérez Pérez, gracias por su tiempo, apoyo y paciencia, tanto en el trabajo de investigación, como el también der mi guía para desarrollar mi trabajo en campo; Dr. Yered Gybram Canchola Pantoja, quiero agradecerle su dedicación, tiempo, consejos y buena disposición para la revisión y elaboración de mi trabajo de tesis.

Al Mtro. Héctor Solares, quiero agradecerle su tiempo, dedicación, interés y gran apoyo para la elaboración de la cartografía que es esencial para este trabajo de tesis.

Quiero agradecer a mis amigos y guías espirituales P. José Zabaleta por sus consejos, platicas y gran apoyo motivacional en la toma de decisiones respecto a mi profesión; P. Carlos Andrés Estrada, por darme momentos de alegría y reflexión en mi desarrollo como persona.

Un agradecimiento especial para Sandro Flores Castillo por ser parte fundamental en mi vida personal y profesional, gracias por tu comprensión, tolerancia, motivación en los momentos que más lo necesite y por el apoyo en la realización de mis metas, de igual manera por ser parte fundamental para la elaboración de mi trabajo de campo y de investigación. Gracias por estar conmigo.

A Claudia Lara Alcántara, que más que mi amiga, es mi hermana, gracias por ser tan especial en toda mi vida, por compartir y vivir tantas cosas juntas, por tu cariño y apoyo incondicional en todo momento.

“CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA”

Resumen

El Volcán de Fuego de Colima está localizado al Norte del estado de Colima, en los límites con el estado de Jalisco, es un complejo volcánico que pertenece al eje volcánico transversal mexicano. Se ha caracterizado por ser uno de los volcanes más activos del país, es por ello que debido a la constante actividad, el edificio volcánico muestra una morfología específica, misma que se analizó mediante métodos geográficos como el reconocimiento de sitio de estudio y la elaboración e interpretación de cartografía morfológica y morfométrica que permitió conocer el comportamiento de relieve en dicha zona.

Los resultados obtenidos con el análisis geomorfológico del sitio de estudio, se determinó que debido a la constante actividad volcánica del complejo, la morfología del lugar está en constante cambio debido a la expulsión de material incandescente y arrastre fluvial debido a las laderas con pendiente pronunciada, muestra una importante demarcación hecha por el material piroclástico que ha ido erosionando el cono.

Palabras Clave: Geomorfología, Morfología, Altimetría, Geología, Pendientes, Volcán, Volcánicos y Relieve.

“Geomorphological characterization of the fire volcano of Colima”

Abstract

The Volcano of Fire of Colima is located to the North of the state of Colima, in the limits with the state of Jalisco, it is a volcanic complex that belongs to the transverse Mexican volcanic. It has been characterized as one of the most active volcanoes in the country, which is why due to the constant activity, the volcanic building shows a specific morphology, which was analyzed by geographical methods such as the recognition of study site and the elaboration of interpretation of morphological and morphometric cartography that allowed knowing the relief behavior in this area.

The results obtained with the geomorphological analysis of the study site, it was determined that due to the constant volcanic activity of the complex, the morphology of the place is in constant change due to the expulsion of incandescent material and fluvial drag due to the slopes with steep slope, It shows an important demarcation made by the pyroclastic material that has eroded the cone.

Keys words: Geomorphology, Morphology, Altimetry, Geology, Slopes, Volcano, Volcanics and Relief

Índice

Capítulo 1.- Introducción

1.1.- Introducción	8
1.2.- Planteamiento del problema	10
1.3.- Justificación	11
1.4.- Tipo de investigación	12
1.5.- Variables	12
1.6.- Hipótesis	13
1.7.- Objetivo General	14
1.7.1. - Objetivos Específicos	14
1.8.- Metodología	14
1.9.- Cartografía Base	18
1.10.- Antecedentes	22

Capítulo 2.- Marco Teórico

2.1.- Marco teórico	24
2.2 Geomorfología y Cartografía	24
2.3.- Geomorfología	26
2.4.- Vulcanología	30
2.5.- Sistema volcánico Transversal	32

Capítulo 3.- Historia Volcánica

3.1.- Descripción de la Zona de estudio	34
3.2.- Historial de actividad volcánica	34

Capítulo 4.- Caracterización Geomorfológica

4.1.- Localización del Volcán de Fuego de Colima	37
4.2.- Caracterización morfológica del Volcán de Fuego de Colima	40
4.2.1.- Carta Altimétrica	41
4.2.2.- Carta Hidrológica	43
4.3.- Caracterización morfométrica del Volcán de Fuego de Colima ...	46
4.3.1.- Carta de energía del relieve	47
4.3.2.- Carta de pendientes	49
4.3.3.- Carta de densidad de disección	53
4.4.- Muestreo de rocas en el área de estudio delimitada	57
4.2.1.- Descripción de muestre de roca en la zona de estudio	58

Capítulo 5.- Análisis y discusión de resultados

5.1.- Análisis de la zona de estudio delimitada	88
5.2.- Cartografía final	89
5.3.- Red Hidrológica y densidad de disección	90
5.4.- Morfología general del Volcán de Fuego de Colima	91

Capítulo 6.- Conclusiones y recomendaciones

6.1.- Conclusiones	92
6.2.- Recomendaciones	101
Anexos	102
Bibliografía	113

Caracterización geomorfológica del Volcán de Fuego de Colima

Capítulo I.- Introducción

1.1.- Introducción

Los volcanes son evidencia de los procesos de liberación de energía del interior de la Tierra, responsables de la formación de la superficie, originan diversas formaciones de relieve como extensiones de derrame, edificios, campos monogenéticos, etcétera. Es común encontrar manifestaciones volcánicas en los límites que separan las placas tectónicas y en los márgenes en extensión como resultado de procesos relacionados con la formación y dinámica de rifts. (Coenraads, Koivula; 2007).

En puntos específicos de la corteza terrestre como los márgenes de subducción de una placa pesada que se desliza por debajo de una placa más ligera, estas llegan al punto de fusión, en donde los cuerpos líquidos de magma atraviesan la placa superficial, a menudo sometida a altas presiones que dan lugar a los volcanes más violentos y peligrosos del planeta: los estratovolcanes. Este tipo de volcanes, son característicos por su formación, ciclos destructivos con una fase de reconstrucción, que constituye un periodo extenso en cuestión de tiempo (Coenraads, Koivula; 2007).

Un ejemplo de este tipo de volcanes es el Volcán de Fuego de Colima, el cual es el objeto de análisis de este estudio. Este es considerado como uno de los volcanes más activos de México. Cuenta con una elevación de 4,339 msnm, se encuentra ubicado entre las entidades de Jalisco y Colima, y es parte del Sistema Volcánico Transversal.

En tiempos históricos dicho complejo volcánico ha presentado erupciones explosivas y efusivas mismas que modifican el relieve (Hubp, del Pozzo, Selem; 1992).

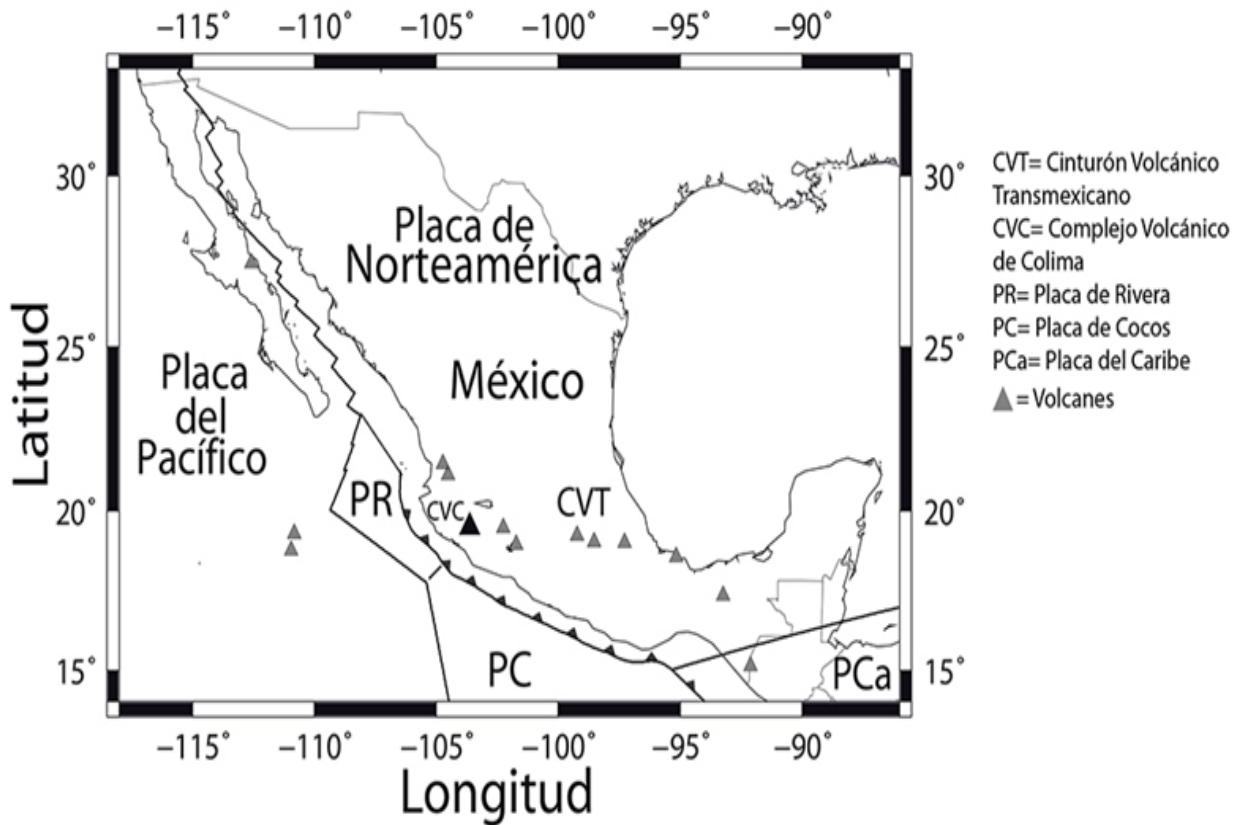


Figura 1.1. Ubicación del Volcán de Fuego de Colima en el sistema transversal mexicano. (Universidad de Colima).

El presente estudio propone realizar una caracterización geomorfológica actualizada del Volcán de Fuego de Colima, que permita conocer el cambio constante del relieve con forme a los procesos volcánicos que se presentan en el sitio, y como esto ha dado pauta a la formación característica de dicho complejo volcánico.

1.2.- Planteamiento del problema

El Volcán de Fuego de Colima ha sido objeto de estudio de diversos autores como: (Lugo, 1992, 2000 y 2005; Zamorano, 1998; Yarza 1984; entre otros), en el cual han desarrollado investigaciones por determinar que procesos geomorfológicos y vulcanológicos que se relacionan con el dinamismo en el relieve de esta estructura.

En la actualidad se cuenta con un estudio de caracterización geomorfológica de los autores Lugo, Del Pozzo y Vázquez en 1992 y que a partir de ese año a la fecha no se han realizado trabajos de actualización, ya que derivado de la actividad del este Volcán donde se observa que la dinámica y configuración del relieve ha tendido a ser un tanto cambiante a través de sus ciclos eruptivos.

Por lo cual sería conveniente contar con una caracterización geomorfológica del Volcán de Fuego de Colima derivada de los procesos geológicos y geomorfológicos que ha tenido a la fecha desde el último estudio elaborado en el año de 1992 por los autores Lugo, Del Pozzo y Vázquez, donde se analizará cada una de las variables que se relacionen con la estructura y morfología del volcán. En este caso con apoyo de la morfometría que es una de las variables importantes, se permitirá realizar el estudio cuantitativo de la variación morfológica y su relación con variables a estudiar para la caracterización del complejo volcánico.

El estudio de la morfometría y morfología, incluyen los componentes que influyen en las geoformas presentes en el relieve, que son capturadas a partir de un conjunto de variables cuantitativas como lo son la longitud, alturas y ángulos, sobre las cuales se aplica un análisis o estudio multivariable destinado a entender el cambio que se produce en el espacio y transformarlo en unos pocos parámetros (Bookstein, 1991).

Por ello se analizará dentro del estudio, aspectos específicos y detallados sobre la influencia o la relación de rasgos geomorfológicos con la actividad volcánica que caracteriza al volcán, con la elaboración de cartografía 1:50,000 con la que se podrá estudiar los elementos que influyan en la morfología de la zona de análisis, así como el estudio en el sitio de los productos heredados del volcán que le han dado la morfología característica través del tiempo a dicho complejo volcánico.

1.3.- Justificación

La elaboración de la caracterización geomorfológica del Volcán en Fuego de Colima tiene el propósito de generar conocimiento actualizado sobre los procesos que transforman el relieve, como movimientos tectónicos y erupciones volcánicas, que son fundamentales para la formación característica del complejo volcánico a estudiar.

Por ello para el análisis que se llevará a cabo, se necesitará trabajar con los rasgos morfológicos (periodos geológicos, periodo histórico, tipo de roca) y morfométricos (altimetría, sistema de drenaje, pendientes, energía del relieve) que se correlacionar cada una de las variables que se analizarán, como lo es la medición del grado de pendientes, la altimetría y el sistema de drenaje que caracterizan a la zona de análisis y que a través del tiempo conforme con los procesos geomorfológicos y volcánicos del sitio lo han modelado de manera particular a través del tiempo geológico e histórico.

Desde la perspectiva de la ciencia geográfica se podrá correlacionar cada una de las variables ya mencionadas que influyen en la formación del relieve.

1.4.- Tipo de investigación

La investigación, de acuerdo con Sabino (2000), se define como “un esfuerzo que se emprende para resolver un problema, claro está, un problema de conocimiento”.

La investigación que se va a realizar es de tipo exploratoria con el propósito el propósito de recabar información que permita como resultado del estudio, la formulación de una hipótesis. Según Hernández (1998) una hipótesis de tipo inductiva, se generan a partir de la observación y la experiencia con trabajo de campo y corroboración de datos, en donde se elabora las hipótesis y genera nuevo conocimiento.

1.5.-Variables

Cada una de las siguientes variables a analizar son específicas para la interpretación y caracterización de la morfología del Volcán de Fuego de Colima, y que permitirán entender cada uno de los elementos formadores del complejo volcánico.

Tabla 1.- Variables

<i>Variable Dependiente</i>	<i>Variables Independientes</i>
Actividad eruptiva	Períodos geológicos
Geología	Período histórico
	Tipos de roca
	Estratigrafía
	Edad de la roca
Geomorfología	Fracturas de las rocas
	Pendiente general del terreno
	Morfología (geometría)
	Sistema de drenaje
	Altimetría
	Energía de relieve
	Densidad de disección

1.6.- Hipótesis

Si se analiza y genera una nueva caracterización geomorfológica del Volcán de Fuego de Colima que involucre elementos y variables relacionados con el comportamiento del relieve formado por procesos de dinamismo volcánico, con base a estudios geomorfológicos, entonces se podrá establecer la relación entre los procesos volcánicos del sitio de análisis.

Es por ello que se confirma la idea central que la geomorfología del complejo volcánico depende de las etapas eruptivas que han formado su estructura, y a través de ésta se logra inferir en los tipos de erupción y en el alcance de estas etapas.

1.7.-Objetivo general

Realizar la caracterización geomorfológica del Volcán de Fuego de Colima, desde la perspectiva morfológica y morfométrica.

1.7.1.- Objetivos específicos

- 1.- Construir el marco de antecedentes eruptivos de la actividad del Volcán de Fuego de Colima.
- 2.- Elaborar cartografía morfológica y morfométricas del volcán en escala 1:50,000.
- 3.- Interpretación geomorfológica del volcán desde la perspectiva de la actividad volcánica.

1.8.- Metodología

Para la construcción del marco de antecedentes eruptivos de la actividad del Volcán de Fuego de Colima, se estudiará la recurrencia histórica de erupciones volcánicas en el sitio, el periodo histórico de las fases eruptivas del complejo volcánico al igual que los periodos geológicos que involucran dichas fases de actividad.

Por ello se requiere analizar los antecedentes eruptivos de la actividad del complejo volcánico, consultando bibliografía sobre los antecedentes del comportamiento de actividad volcánica en la zona de estudio con la consulta de libros, investigación de trabajos realizados en relación con los aportes que arrojará

el análisis que se llevará a cabo; todo lo anterior es para conocer el comportamiento de la actividad volcánica y eruptiva en el sitio de estudio, a través del tiempo y asociarlo con los elementos que han determinado la geomorfología del edificio volcánico.

En la elaboración de la cartografía morfológica y morfométrica del volcán en escala 1:50,000 se requiere la elaboración e interpretación de cartografía asociada a la morfología con ayuda de cartas geológicas y topológicas de la zona de estudio, así como la elaboración de la carta altimétrica y un mapa morfométrico sobre la densidad de disección, con base en la cartografía escala 1:50000 de INEGI.

La interpretación de fotografías aéreas que permitirá observar como se ha transformado el relieve en la zona con el paso del tiempo y con la elaboración de la carta de densidad de disección con un procedimiento, que consiste en multiplicar valores de densidad de disección con la energía del relieve y se divide la carta topográfica en figuras geométricas similares.

Para correlacionar la geomorfología del Volcán de Fuego de Colima con la actividad volcánica se llevará a cabo el análisis de la superficie a través de cartas topográficas y mediante perfiles morfométricos, con la elaboración del mapa de densidad de disección y una carta altimétrica con base en cartas topográficas a escala 1:50,000 de INEGI.

Todo lo anterior tiene el fin de conocer la forma del relieve a través de las curvas de nivel e identificar las fallas y fracturas que se pueden asociar tanto a la geomorfología del volcán como a su actividad volcánica característica del sitio.

La interpretación geomorfológica del volcán desde la perspectiva de la actividad volcánica se realizará con trabajo de investigación y de campo que permita realizar un análisis geomorfológico, con el estudio de cada una de las variables que se relacionen con la caracterización del Volcán de Fuego de Colima.

Para ello se realizará la definición y delimitación de cada uno de segmentos de perfil del complejo volcánico, que involucran la pendiente general del terreno, la morfología (geometría), sistema de drenaje y el análisis de energía de relieve a través de la medición del grado de pendientes, el ángulo de inclinación de las mismas que componen al volcán, el análisis de la morfología basados en la geometría del volcán.

El sistema de drenaje con la elaboración del método de Horton (1945) que consiste en realizar todos los ríos de la zona de estudio, que determinan el orden de cada uno de ellos y el análisis de energía de relieve, para conocer la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena, (Lugo, 1988:43); todo esto para conocer a partir de un análisis y estudio de los principales rasgos morfológicos y morfométricos que influyen para conocer los rasgos que caracterizan al Volcán de Fuego de Colima.

Tabla 2.- Tabla elaborada en base a la metodología de Martínez, 2012.

Mapa Temático	Metodología de elaboración	Producto Final
Mapa altimétrico	Se identificarán valores de altitud mínimos y máximos para el Volcán de Fuego de Colima que van de los 1500-4339msnm. De los valores de altitud se obtendrá rangos los cuales tendrán una valor definido que van de colores fríos a cálidos para que el mapa se observe en tercera dimensión.	Con este mapa se pretende mostrar las geoformas del relieve, y la morfología que caracteriza al sitio. De manera morfométrica se mostrará la distribución de la geomorfología del volcán, como es la altura y tamaño del complejo volcánico.
Sistema de Drenaje	Con base en un mapa topográfico se marcarán las corrientes que podrán ir mostrando los diferentes tipos de drenaje presentes en el sitio.	De igual forma que el mapa anterior, este mostrará la morfología, pero ahora de las corrientes y el drenaje que existe en el Volcán de Fuego de Colima, lo que permitirá analizar más a detalle la morfología de dicho volcán.
Densidad de Disección	De igual manera este mapa se trabaja en base a un mapa topográfico, dividiendo en cuadrados el mapa con ayuda de la cuadrícula del mapa en coordenadas UTM. Se medirá la longitud de los cuadrantes, anotando su valor, que será la densidad de disección.	Se obtienen parámetros asociados al régimen hidrológico como lo son: precipitación, escurrimientos e infiltración; así como su relación con el tipo de roca y estructuras geológicas, que es lo que se maneja dentro del estudio. (Martínez, 2012)

<p>Pendientes</p>	<p>Este mapa se elaborará con base a la metodología de Lugo (1998) que menciona la transformación de la distancia entre curvas de nivel, en valores de pendiente; para esto se requiere de la aplicación de la siguiente fórmula:</p> <p>$M = K / \text{tang ang}$ En donde: M= Pendiente K= Equidistancia entre curvas de nivel tang ang= Tangente de la pendiente</p> <p>En el caso de K, se comporta como una constante, la cual en este caso se obtuvo en función de la escala del mapa (1:50, 000), para lo cual se aplicó el siguiente procedimiento:</p> <p>En donde: E= escala del mapa Dr= distancia real entre curvas de nivel Dg= escala del mapa</p> <p>Al encontrarse el valor de K, se sustituye en la primera fórmula obteniéndose los valores en centímetros de cada valor en grados. Por tanto la clasificación quedaría de la siguiente forma: 0°-3° 3°-6° 6°-15° 15°-30° 30°-45° >45°</p>	<p>Con este mapa se conocerán mejor la geomorfología de Volcán de Fuego de Colima de acuerdo con el grado de las pendientes que estén presente, así de igual forma también permitirá conocer la orientación de laderas.</p>
<p>Energía del Relieve</p>	<p>Este mapa al igual que el de densidad de disección se dividió en cuadrantes (basados en la cuadrícula UTM). Una vez obtenida la cuadrícula; se toman las curvas maestras y auxiliares de cada cuadro, y se restan las cotas máximas y mínimas, obteniendo la diferencia máxima de altura en metros. (Martínez, 2012).</p>	<p>Este mapa expresa la intensidad relativa de actividad tanto endógena en relación con la exógena, con el propósito de identificar con precisión el comportamiento dinámico y las transformaciones que ha tenido el Volcán de Fuego de Colima.</p>

Tabla 2.- Tabla elaborada en base a la metodología de Martínez ,2012.

El correlacionar cada uno de los estudios ya mencionados, permitirá conocer sobre los procesos formadores del complejo volcánico, que es el elemento de estudio primordial de esta investigación por medio de cada uno de los mapas morfométricos y morfológicos con los estudios de trabajo de campo para comprender los rasgos geomorfológicos que dan forma al Volcán de Fuego de Colima.

1.9.- Cartografía base

La cartografía topográfica de la zona de estudio, se empleó para la elaboración de los mapas temáticos morfológicos y morfométricos.

Carta topográfica Comala



Carta Topográfica Carrizalillos



Carta topográfica La Becerrera



Cartografía topográfica Quesería



1.10.- Antecedentes

Los antecedentes que se presentarán a continuación, estudios realizados tanto en diversas partes del mundo, como en México, los cuales son sobre temáticas relacionadas al comportamiento volcánico de algún sitio definido, en el cual cada autor describe el método que realizó para poder llegar a un resultado determinado.

- ✚ Poblete Piedranueva, 1993. Desarrolló una temática sobre la morfología y secuencia eruptiva del cráter explosivo de la Posadilla (campo de Calatraba, Ciudad Real, España), siguiendo una metodología con la realización de estudios estratigráficos de yacimiento paleontológico de la región, y teniendo como resultado el análisis sobre la ladera septentrional que se sitúa al pie de una colada lávica, realizada por el cráter de Posadilla.

- ✚ Díaz de Terán Mira, 2003. Con el desarrollo la temática de los procesos geodinámicos internos y su reflejo en la morfología, este autor realizó su investigación bajo el método de la Identificación de cada uno de los tipos de conos volcánicos y la determinación de la magnitud de explosividad de los volcanes y Volcanismo asociado a zonas de rift, aunque de baja magnitud. Teniendo como resultado la Posibilidad de erupciones freatomagmáticas, muy explosivas (durante el Cuaternario hay evidencias en Tenerife, La Palma, Hierro y Lanzarote).

- ✚ Henley Trujillo, 2013. Realizó un Estudio morfométrico de los conos volcánicos monogénicos de Cumbre Vieja (La Palma, Islas Canarias) donde se llevó acabo el desarrollo geológico y estructural de La Palma es muy complejo, que está Constituida por dos grandes unidades geológicas, el Complejo Basal y los Edificios Volcánicos Subaéreos, en los que se distinguen: Volcán Taburiente, Volcán Cumbre Nueva, Volcán Bejenado y Dorsal Cumbre Vieja.

De los 80 conos que se localizan en el edificio de Cumbre Vieja, se escogió una quinta parte de ellos para su estudio, ya que destacan por su morfología simple. Muchos han sido despreciados, debido a que poseen estructuras y morfologías complejas y no tienen bases o cráteres bien definidos.

- ✚ Subdirección de Protección Civil de Chiapas. 2000. Por parte de esta instancia estatal se llevó acabo el estudio de los riesgos volcánicos que presenta el Volcán Chichón, en Chiapas. Con base a la ley General de Protección Civil Diario Oficial de la Federación de 2000, Ley General de Población del Diario Oficial de la Federación de 1974 y la Ley de Protección Civil de Estatal de Chiapas de 1997, se obtuvo un plan Operativo En Los Niveles Preventivos Verde Y Amarillo, con el propósito de saber qué acciones se deben de Tomar En Cada Uno De Los Niveles De Alerta Preventiva.

- ✚ Rodríguez Elizarráras, 1995. La temática que abordo este autor fue la Estratigrafía y estructura del volcán de Colima, México. Siguiendo un método de Levantamiento de un mapa Geológico, escala 1:50,000 de la zona a semidetalle con rasgos de estratigrafía y análisis de unidades estratigráficas, con el cual se determinaron 11 unidades litoestratigráficas que determinaron la presencia de tres estratovolcanes que es el nevado de Colima, un paleovolcán o volcán de fuego ancestral y el volcán actual.

- ✚ J. Lugo Hubp, A. L Martín Del Pozzo y L. Vázquez Selem, 1992. El estudio geomorfológico del complejo volcánico de Colima, analizando su morfología a través del conjunto del tipo de rocas que constituyen al volcán y que deformen las erupciones del mismo y las ares de riesgo. El análisis del relieve del volcán que distinguen al volcán de la parte sur del mismo, tomado una importante deformación de laderas hacia el sureste y suroeste. Estos fenómenos son de suma importancia, ya que afectan directamente a la ruptura del cono del volcán.

Capítulo II.- Marco teórico

2.1- Marco teórico

En este capítulo se hablará sobre los aspectos fundamentales que son necesarios analizar para comprender el dinamismo del relieve en la zona del Volcán de Fuego de Colima. En primer lugar se describe sobre en qué consiste el estudio de la Geomorfología, los estudios en los que se basa esta ciencia y sobre la metodología en la que se realiza un análisis del relieve.

En segundo lugar, se hará mención de la ciencia de Vulcanología, que describe que es la vulcanología, los estudios que basan a esta ciencia y en general la estructura y comportamiento de los volcanes, así como el estudio de los mismos y las causas de los orígenes o formación de los complejos volcánicos en el planeta.

Por último se menciona sobre el comportamiento del Sistema Volcánico Transversal, desde su origen, su formación, el comportamiento y el dinamismo que este sistema presenta en el país, así como la influencia que este ejerce en el relieve para la formación de grandes complejos volcánicos.

2.2.- Geomorfología y cartografía

El relieve de la superficie terrestre ha sido creado como resultado de un largo periodo de interrelación de las fuerzas endógenas y exógenas. Por lo tanto, para comprender los resultados de esta interacción, el estudio del relieve puede realizarse de forma analítica, es decir, analizando de forma separada los procesos exógenos y endógenos, y de forma sistémica mediante el estudio de la interacción de ambos procesos (Timofeey, 1977).

El análisis sistémico, en el cual el relieve se toma como único, se ha desarrollado fundamentalmente en la esfera cartográfica geomorfológica, mientras que el enfoque analítico se ha desarrollado sobre la base de la división en geomorfología estructural y dinámica. En este aspecto debe entenderse que el relieve existe solo como producto de la interacción de ambos procesos según (Guerasimov, 1947).

En la historia evolutiva de la geomorfología se ha generado y planteado diversas teorías, leyes, métodos, modelos para explicar y entender las diferentes formas y estados evolutivos del relieve.

Dentro del campo de estudio de la geografía física, la geomorfología tiene como objeto de estudio el relieve, el cual ha sido estudiado desde diferentes puntos de vista teóricos y metodológicos (Espinosa, 2011) (Arroyo, 2011). De acuerdo con Pedraza (1997), para analizar el relieve se puede recurrir a tres métodos que son:

- ✚ Método geográfico, permite establecer relaciones en las diferentes estructuras del relieve tomando en cuenta diferentes componentes del espacio como la morfología, flora, fauna, suelos, actividades antrópicas. Su fundamento se basa en la regionalización del territorio. Este método permite definir unidades globales integradas del relieve.

- ✚ Método geológico, establece una jerarquización, basándose en la génesis y evolución del relieve; para esto utiliza la relación espacio – tiempo. Uno de los objetivos es poder definir unidades de relieve basándose en la morfología, procesos y su estado. Este método se fundamenta en el histórico – natural.

- ✚ Método fisiográfico. Permite llevar a cabo regionalización paisajística y clasificar el territorio, para esto debe correlacionar e integrar el método geográfico y el geológico. Esta información permitirá analizar la fisionomía y morfología del relieve para definir diferentes tipos de paisaje, los cuales de acuerdo con sus características definen diferentes categorías y niveles de complejidad del mismo.

2.3.-Geomorfología

Geomorfología es la ciencia Geológico-Geográfica que tiene por objeto de estudio el relieve terrestre como: su estructura, origen, historia de desarrollo y dinámica actual. Constituye una disciplina de síntesis orientada, hacia el estudio de uno de los componentes del medio natural (R. Coque, cfr Martínez 2009).

Entre las principales metas de la Geomorfología y Geología, que estudia una serie de problemas complejos y heterogéneos y trata del conocimiento de las formas de la superficie terrestre donde habitan los seres vivos, de ahí la importancia de su aplicaciones para la resolución de problemas (Kostenko, 1975).

Geomorfología Estructural: Rama de la Geomorfología que estudia los grandes elementos del relieve en relación con los factores endógenos (estructura geológica, movimientos tectónicos, etcétera.); además de estudiar los fundamentos litológicos que definen el relieve en la Tierra y de las formas estructurales elementales, de las grandes unidades morfoestructurales y sus contactos, y de las relaciones de la hidrografía con la estructura geológica (Martínez, 2009).

□ Métodos de estudio Geomorfológico Estructural:

Análisis Morfométrico: El principio es la cuantificación de determinados elementos del relieve (longitud, superficie, volumen, altura absoluta y relativa, pendiente, orientación, densidad y frecuencia) como lo menciona Martínez (2009) con base en la elaboración de mapas temáticos, como densidad de disección, energía del relieve, grado de pendientes y la elaboración del sistema de drenaje.

Análisis Morfológico: Este tipo de análisis es el encargado de identificar las características del relieve, así como algunos datos estructurales; es decir las formas que se presentan en la superficie de acuerdo a su agente modelador; se apoya con el mapa hipsométrico y energía del relieve (Martínez, 2009).

Dentro de la Geomorfología existen cuatro líneas particulares, que representan una división aparente de la ciencia, en realidad se enfocan a problemas particulares de relieve, sin que ello signifique ruptura o desfases en la disciplina, incluso en una sola investigación puede encontrarse varios enfoques de acuerdo con el objeto de estudio (Espinosa, 2000).

Sobre lo anterior, se proponen cuatro enfoques principales, basándose en los principios de Palacio (1985), Demec y Embleton (1978), Tricart (1997) y Verstappen (1983) que son los siguientes:

Geomorfología Genética o Histórica.- en ella se toma en cuenta los cambios que transforman al relieve en periodos de tiempos prolongados, como lo son los tiempos geológicos.

Geomorfología Estadística.- se basa en análisis matemático para el estudio del relieve.

Geomorfología Dinámica.- se basa en el conocimiento de procesos mecánicos que se forman en el relieve, en donde se manejan tiempos relativamente cortos.

Geomorfología aplicada.- este enfoque se divide en dos ramas que es la Geomorfología Ambiental y Geomorfología de Riesgos.

Sobre la base de la clasificación geomorfológica propuesta por primera vez por (Guerasimov, 1946), es posible separar entre la gran diversidad de formas de relieve de la tierra, diferenciados en grupo genéticos: geotecturas, morfoestructuras y morfoesculturas. El Objeto de estudio del análisis geomorfológico-estructural (morfoestructural) son morfoestructuras.

Una de las características más sobresalientes de la ciencia geomorfológica, es la adopción de forma conjunta de metodología cuantitativa que ha dado pauta a la Geomorfología cuantitativa (Scheidegger, 1970; en Martínez 2002); Carson Kirby, 1972 cfr. Vilchis, 2001).

En las investigaciones que se llevan a cabo dentro del campo de la Geomorfología se presenta el análisis de la distribución de variables con el fin de obtener una imagen fiel pero simplificada, de la disposición espacial de los elementos del relieve o factores relacionados con los procesos que modifican las formas del relieve (1985, Santoyo cfr, Martínez, 2003).

Martínez Menciona que varios autores coinciden en que la Geomorfología como ciencia auxiliar, ha planeado desde diferentes puntos de vista la resolución de problemas específicos de la superficie terrestre en los cuales se involucra la génesis, edad, morfología dinámica, evolución y distribución del relieve.

En el contexto de la Geografía y del conocimiento de las unidades territoriales, las relaciones que son de interés se refiere a los procesos en los cuales intervienen la geomorfología, la pedología, la ecología, la cultura y otros, que resultan y se reflejan en la absorción, reflexión, la asimilación y la transformación de energía, materia e información en el espacio geográfico (Espinosa, 2002).

La estructura y dinámica de todo aquello que constituye el objeto de estudio de la Geografía Física se encuentra conformado por los elementos que pueden considerarse como inseparables: materia- energía, regidas por flujos y leyes físicas y químicas que condicionan la conducta de cada una de las partes constituyentes de la Tierra, por lo que dicha materia y energía, en su conjunto representan la totalidad del mundo real (Strahler y Strahler, 1984 en Martínez, 2003).

Para la Geomorfología, el estudio de los sistemas y relaciones en el punto de partida, ya que su dinámica es la que da origen a las diferentes formas encontradas, de acuerdo a su origen, función y autorregulación, favoreciendo así el análisis y comprensión de los factores modeladores del relieve (Martínez, 2003).

La aplicación del conocimiento generado por la Geomorfología, es aprovechado y utilizado como base dentro de esta investigación, partiendo de los métodos cualitativos, cuantitativos y cartográficos, siendo la disciplina encargada de estudiar el relieve terrestre y definida por (Thornbury, 1966 en Martínez 2009) como: “La ciencia de las formas terrestres”, aunque este concepto se extiende para incluir las formas submarinas.

Strahler y Strahler (1997), la define como la ciencia que estudia los procesos que forman la superficie terrestre; por lo anterior la acción físico-mecánica, los flujos de energía y materia, sus interrelaciones y los resultados de estos eventos expresados en las formas del relieve, pueden ser estudiados por la geomorfología y poder concebir a ésta última la vinculación entre Geografía y Geología (Martínez, 2009).

2.4.- Vulcanología

La vulcanología, en su sentido más amplio comprende todos los estudios de los fenómenos magmáticos y volcánicos que ocurren tanto en el manto como en la corteza (Tilling, 1989:1).

Muchos geocientíficos realizan levantamientos geológicos de terrenos volcánicos muy antiguos o llevan a cabo investigaciones sobre los fenómenos volcánicos y magmáticos asociados que han ocurrido en el pasado geológico (Tilling, 1989:1).

Por otro lado, enfocándose la vulcanología, en su sentido más amplio comprende todos los estudios de los fenómenos magmáticos y volcánicos que ocurren tanto en el manto como en la corteza (Tilling, 1989:1).

En esquema simplificado un volcán tiene la forma de una montaña cónica cuya pendiente aumenta con la altura, y en cuya cima se abre un embudo de pendientes escarpadas, el cráter. En el fondo del cráter desemboca la chimenea volcánica por la que suben, en el momento de las erupciones las materias fundidas de origen interno; el cono se forma progresivamente por el amontonamiento de los productos de la proyección. La forma del cono cambia rápidamente a cada erupción (Rothé, 1972; 90).

Algunos volcanes necesitan de tiempos prolongados para formarse y lo hacen en erupciones sucesivas, interrumpidas por períodos de erosión. A su vez, cada erupción en sí misma es una sucesión de destrucciones y edificaciones; cada forma construida se amolda en el hueco que resulta de la destrucción precedente.

Por otra parte, otros elementos del volcán resisten mucho tiempo a la erosión, como las coladas de lava, y pueden atravesar períodos geológicos enteros sin desaparecer. Siguen, pues la evolución morfológica de su región, pueden plegarse, coladas de lava intensificadas en las series sedimentarias. (Derrau, 1970).

Los relieves volcánicos elementales son formas de construcción, destrucción o excavación (liberación por erosión, de los materiales volcánicos que quedan en la corteza) los relieves elementales construidos están formados por lavas, materiales de proyección (cenizas y escorias) o conglomerados. Las formas de destrucción son principales de los cráteres. (Derruau, 1970).

La causas de vulcanismo son quizá más difíciles de comprender; la existencia de volcanes diseminados sobre inmensas superficies (por ejemplo en el Pacífico y a su alrededor), el hecho de que proyecten lavas en fusión, y el hecho también de que la temperatura aumente rápidamente con la profundidad (1° C por cada 35m por término medio con 1° por cada 10 m en las regiones volcánicas), condujo a los sabios del siglo pasado a representarse bajo la corteza a “un fuego central”, a un baño de materias fundidas, el magma, se constituía una pirofera, una parte de la cual se escapaba a la superficie en ocasión de las erupciones volcánicas por medio de las fisuras convertidas en chimeneas volcánicas.

La imagen de “válvulas de seguridad” de la pirofera que se atribuía a los volcanes se han abandonado en la actualidad.

En muchos períodos geológicos se encuentra la huella de expansiones volcánicas, y las erupciones han acompañado generalmente a las grandes fases de plegamiento de las montañas; las expansiones de riolitas ácidas del pérmico señalan por ejemplo el final de la fase herciniana de plegamiento (P.Rothé, 1972).

En la distribución de los volcanes en el espacio como en el tiempo indica que el vulcanismo, como los sismos está relacionado con los fenómenos orogénicos, aunque su mecanismo es poco conocido toda vía.

2.5 .- Sistema Volcánico Transversal

El dinamismo volcánico en el país se relaciona en gran medida con la actividad del Sistema Volcánico Transversal que tiene un origen en la época del pleistoceno y durante todo el cuaternario.

El relieve volcánico creado esencialmente de este lapso de menos de dos millones de años. Desde el punto de vista morfológico consiste en una serie de planicies escalonadas de 500 a 260 msnm. En algunas regiones como la planicie de la cuenca de México, las rocas volcánicas por debajo del piso alcanzan más de 1500m de profundidad.

El sistema volcánico transversal se localiza iniciando desde el estado de Veracruz hasta el estado de Nayarit. Comenzando por el estado de Veracruz con el volcán de “San Martín”, “Cofre de Perote” y el “Pico de Orizaba”, siguiendo con el estado de Tlaxcala, se encuentra el volcán de la “Malinche”, en los límites del Estado de México y Puebla se encuentran los volcanes “Iztaccihuatl” y el “Popocatépetl”.

En el mismo Estado de México se encuentra el volcán “Xinantecatl” o “Nevado de Toluca” y dirigiéndose hacia el Norte del Estado está el volcán de Jocotitlán.

Prosiguiendo hacia la parte Centro-Oeste del país en Michoacán se localizan el Volcán “San Andrés”, el “Paricutín” y el Volcán “Jorullo”. Siguiendo en el estado de Jalisco, se encuentra el Volcán “Cerro del Tequila”. En los límites del estado de Jalisco y Colima se encuentra el Volcán de “Fuego de Colima” y el “Nevado de Colima”.

Posteriormente en las Islas Revillagigedo pertenecientes a Colima se encuentra el Volcán “Evermann”. Y para finalizar en el Estado de Nayarit se ubica el Volcán “Ceboruco”.

Todos los complejos volcánicos ya mencionados forman parte del Sistema Volcánico Transversal, aunque solo algunos de los volcanes siguen activos, cabe mencionar que cada uno de estos complejos son indicadores importantes de la formación del relieve volcánico en México.

El vulcanismo está contribuyendo a la creación del relieve de amplias regiones del país. Es muy probablemente que el sistema volcánico siga creciendo en altitud y en superficie por erupciones de volcanes ya existentes, como ocurre con frecuencia con el Popocatepetl y el Volcán de Fuego de Colima el cual es el objeto de estudio de este trabajo de investigación.

Capítulo III. Historia Volcánica,

3.1.- Descripción de la zona de estudio.

El nombre del volcán de Colima tiene orígenes del náhuatl que significa “El Dios del fuego que domina”.

El volcán está ubicado a unos 100 km al sur de la ciudad de Guadalajara y a 30 km al norte de la ciudad de Colima. El Volcán de Fuego de Colima forma parte de una cadena volcánica con orientación N-S, que está constituida por los volcanes: Cántaro, Nevado de Colima y el Volcán de Fuego de Colima (Macías, 2005).

El Volcán de Fuego de Colima se ha caracterizado por una actividad histórica muy intensa, con periodos de mayor y menor explosividad. Esto está relacionado con el carácter y profundidad de la lava que se encuentra en el cráter (Martin del Pozzo, Romero, Ruiz, 1987).

Los trabajos realizados sobre las etapas eruptivas y actividad recurrente del Volcán de Fuego de Colima han permitido conocer sobre el comportamiento dinámico del mismo, lo que ha llevado hacer diversos estudios de análisis detallados relacionados con dicho complejo volcánico.

3.2.- Historial de actividad volcánica.

Los primeros estudios geológicos del Volcán de Fuego de Colima fueron realizados por Waitz (1906, 1915, 1935) que observó y describió la formación de flujos piroclásticos durante la erupción de 1913.

La actividad del Volcán de Colima quedó restringida al interior del cráter; En 1962 el cráter del volcán estaba completamente lleno de material de magma con lo que inició la emisión evidente de lavas en los flancos del volcán atrayendo la atención de varios investigadores que estudiaron la morfología y características generales del complejo volcánico (1961, Mooser, cft Macías, 2005).

La década de 1980 representa el punto de partida de los estudios modernos del Volcán de Fuego de Colima. Después de la erupción de 1981, Medina-Martínez (1983), presentó el primer análisis sobre la recurrencia eruptiva del volcán durante los últimos 400 años. Asimismo, se realizaron una serie de estudios químicos y petrológicos de los productos del volcán y aparatos adventicios (Luhr y Carmichael, 1980, 1981, 1982, 1990 en Macías, 2005).

La década de los noventa quedó marcada por erupciones pequeñas provocadas por la intrusión de cuerpos de magma, que al abrirse paso hacia la superficie originaron flujos de lava y flujos piroclásticos de bloques y cenizas.

Para conocer sobre la reconstrucción eruptiva de un volcán es necesario conocer los tipos de productos, así como su distribución, porque reflejan el tipo de actividad del volcán (Martin del Pozzo, Romero, Ruiz, 1987:1).

El Volcán de Fuego de Colima es caracterizado por la intensa actividad que ha presentado a lo largo del tiempo, como mencionan Martin del Pozzo, Romero, Ruiz, 1987, que ha desarrollado un cono central de 4,000 msnm, emplazado en un antiguo cráter que corresponde a una caldera de más de 5km de diámetro.

Actualmente el cráter está tapado por un domo formado por bloques de aproximadamente 4m, dividido por grandes fisuras. En el extremo occidental del cráter se observa un derrame corto de lava y existe y existe otro derrame de lava hacia el sur.

En 1982 la actividad, como en las erupciones de 1962 y 1975- 1976, se desarrolló a partir del domo. Durante estas erupciones salieron derrames gruesos de lava del domo (Demant, 1979).

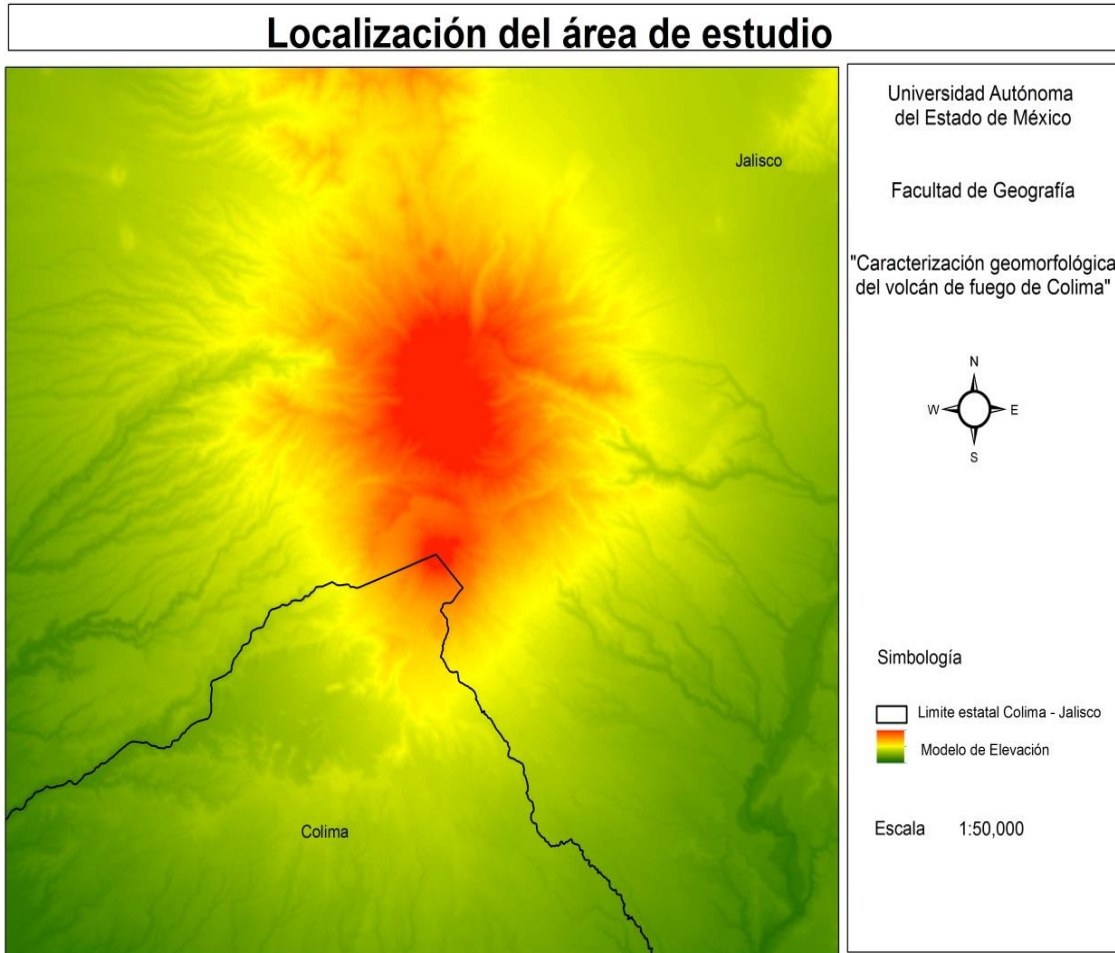
El Volcán de Fuego de Colima se encuentra en una etapa de actividad tranquila, pero de acuerdo con su historia eruptiva llegará a ser explosiva en un futuro próximo. A partir de 1967 el cráter ha estado tapado, lo que incrementa el riesgo por su similitud con la erupción de 1913, en la que se produjo una erupción explosiva después de 33 años de estar tapado por un domo.

Dentro de las fases explosivas se han documentado varias erupciones que han producido flujos piroclásticos, de las cuales las de 1913, 1818 y 1661 son importantes. Estos flujos rellenaron los cañones a distancias hasta de 8 km al sur y suroeste del volcán, como reportaron los habitantes de San Antonio y San Marcos, así como los estudios que realizó (Waitz en 1914, 1920 y 1936).

Durante la erupción de 1913 los flujos piroclásticos descendieron por las barrancas con temperaturas mayores a los 500°C, expulsando el tapón y destruyendo la parte superior del cono (1936, Waitz cfr, Martin del Pozzo, Romero, Ruiz, 1987).

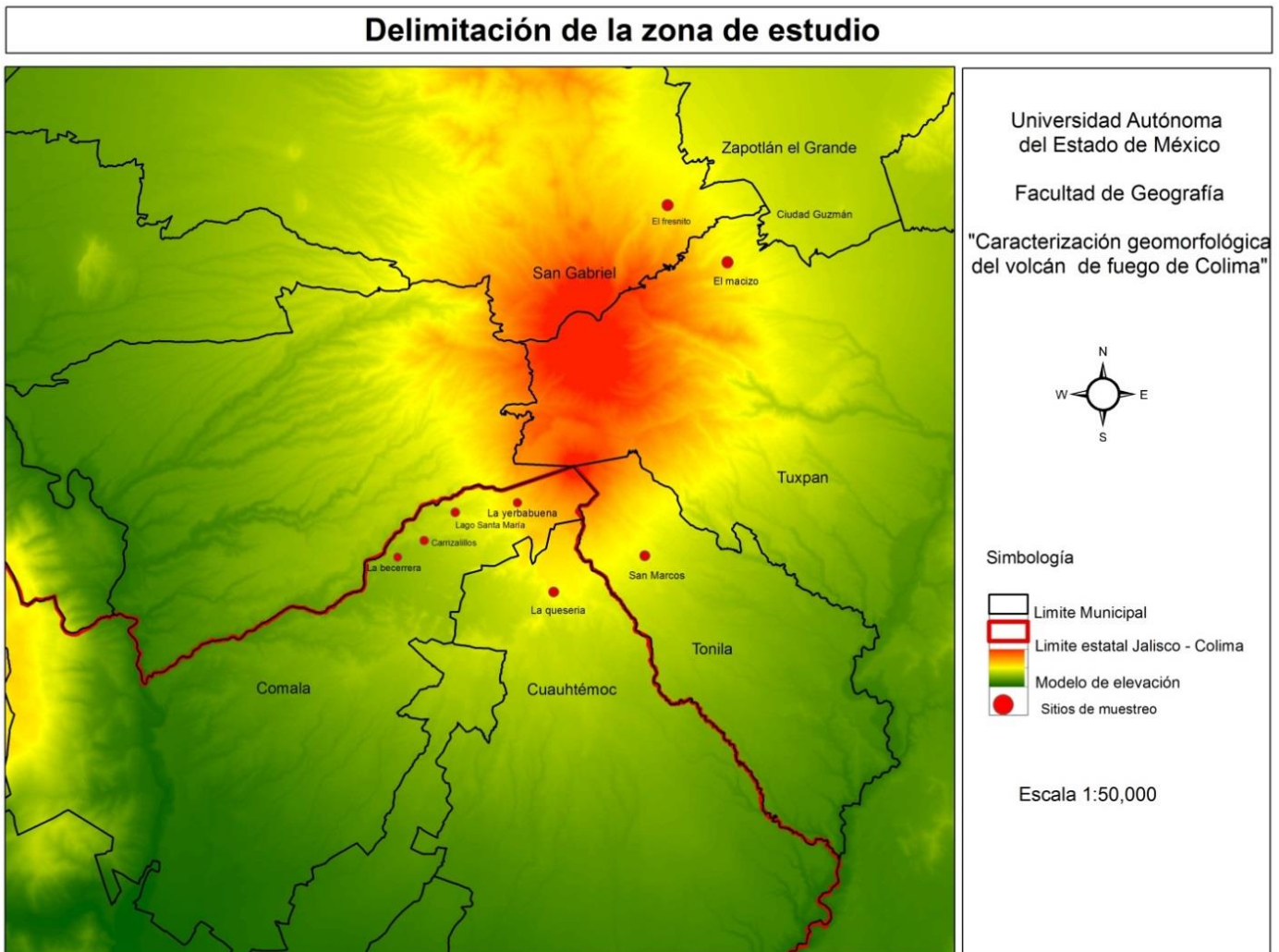
En general, después de cada erupción explosiva un domo que ocupa el cráter central es expulsado, y dentro del cráter el nivel de la lava baja a más de 300m. Posteriormente la lava comienza a ascender, eventualmente taponar el cráter, produce derrames de lava gruesos y finalmente caída de ceniza y pómez. Entonces una nueva etapa explosiva inicia otro ciclo (Del Pozzo, Romero, Ruiz, 1987).

CAPÍTULO IV.- Caracterización Geomorfológica



4.1 .-Localización del Volcán de fuego de Colima

El sitio de estudio es el Volcán de Fuego de Colima, localizado en los límites estatales de los estados de Colima y Jalisco a 3860 msnm, es un complejo volcánico situado en la sierra volcánica transversal mexicana. Se sitúa con las coordenadas geográficas de 19°30'44"N y 103°37'02"O.



En la parte Sur del Volcán de Fuego pertenece al estado de Colima, que abarca los municipios de Comala y Cuauhtémoc, y en la parte Norte, Este y Oeste del resto del volcán pertenece al estado de Jalisco, abarcando los municipios de Zapotitlán, Tuxpan y Tonila.

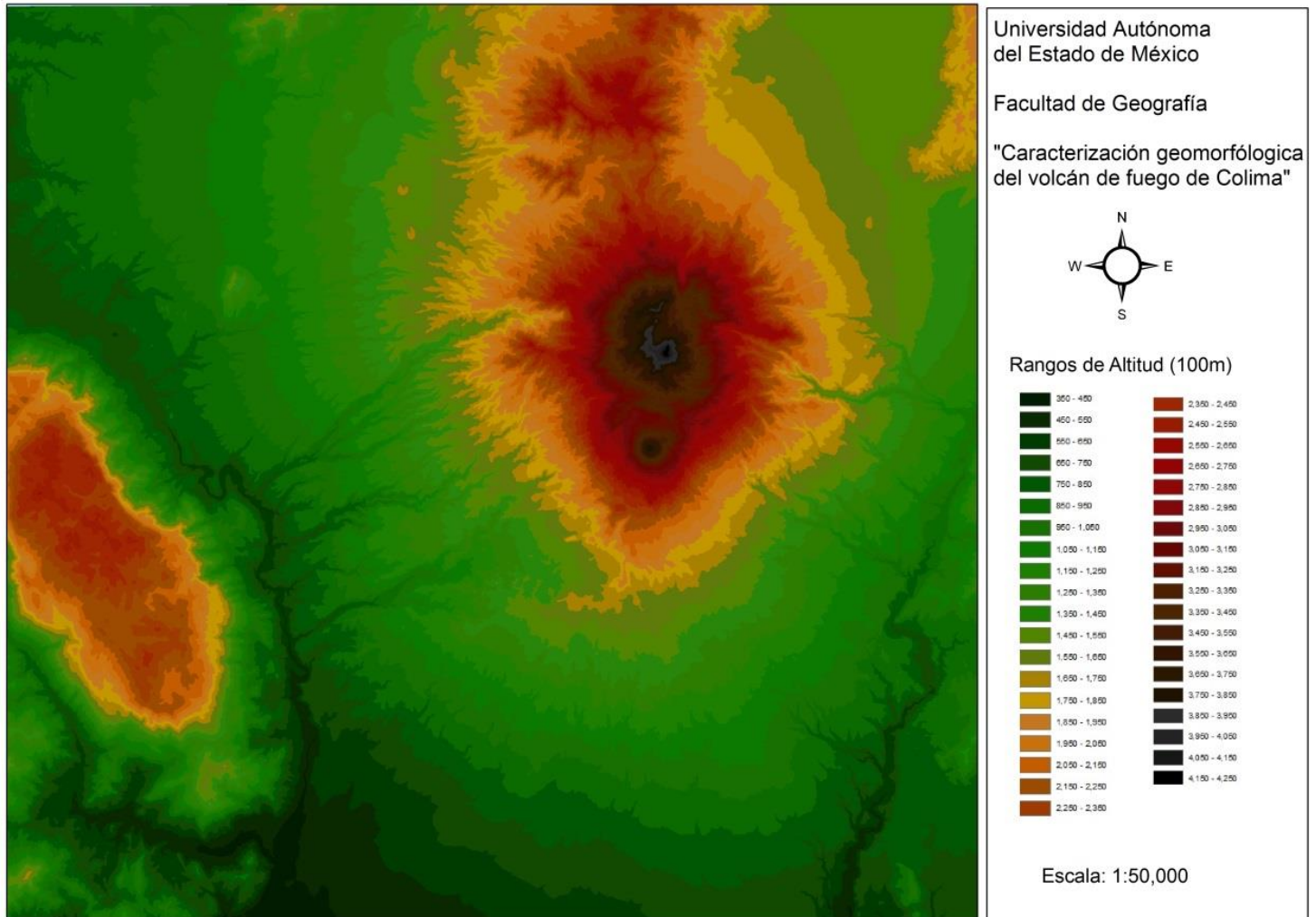
Para el análisis de la geomorfología del Volcán de Fuego de Colima se requirió hacer un trabajo de campo para analizar, muestrear y corroborar el trabajo que se realizó en gabinete.

Se delimito una zona para la elaboración del trabajo en campo, como lo es en la parte Norte del Volcán de Fuego de Colima que abarca parte del Nevado de Colima, ubicado en el municipio de Zapotitlán en el estado de Jalisco. Se realizaron muestreo de roca y observación del sitio y toma de fotografías en la las localidades de Macizo ubicado en el municipio de Tuxpan y el fresnito en San Gabriel. Al igual que en la localidad de San Marcos en el municipio de Tonila.

En la parte Sur y Sureste del Volcán de Fuego de Colima, se realizó el trabajo de campo en localidades cercanas al volcán a casi 8 km del cráter como lo es la Yerbabuena, lago Santa María, Carrizalillos a 12.5 km del cráter y la comunidad de la becarrera, todo ellos en el municipio de Comala y en la localidad de la quesería en el municipio de Cuauhtémoc en el estado de Colima

4.2.- Caracterización de cartografía morfológica del Volcán de Fuego de Colima.

Carta altimétrica del volcán de fuego de Colima



4.2.1.- Carta altimétrica.-

La elaboración de la carta altimétrica del sitio de estudio, se realizó con base a un modelo digital de elevación donde se infirió una altitud mínima de 300 msnm y una altitud máxima de 4,250 msnm; con estos parámetros de altitud se determinó trabajar con 39 rangos altitudinales de cada 100 metros, a los cuales se les determinó un color que van de tonalidades de cálido a frío.

La gama de colores con los que se trabajaron en esta carta son de verde oscuro, pasando por verde claro, amarillo, naranja, rojo y negro, con los cuales se permite visualizar parte de la morfología del volcán, es decir, que al realizar esta carta pudo ayudar a visualizar que las partes con tonalidades verde oscuro indican que son los sitios con menor altitud que van de los 300 msnm hasta 850 msnm, que corresponden a mesetas o planicies.

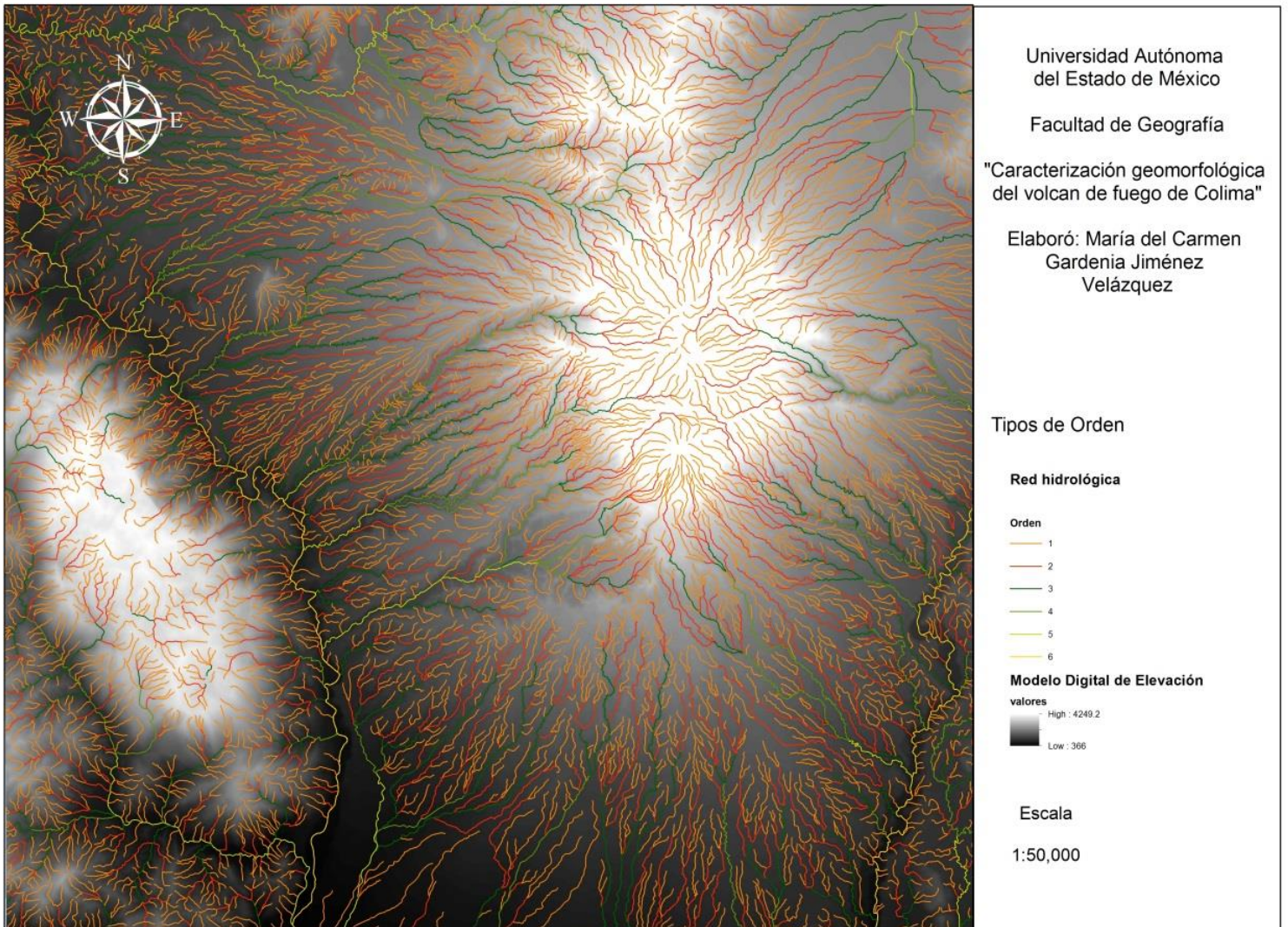
Las tonalidades verde claro a amarillo muestran que existen lomeríos, pie de monte e incluso se puede apreciar que existe una estructura volcánica en la parte Sur-Oeste del volcán, que van de un rango de altitud de los 900 msnm hasta los 1,750 msnm.

Los tonos que van de color amarillo pálido a naranja e incluso ya tonalidades cercanas al rojo muestran sitios con elevaciones montañosas, estructuras volcánicas importantes como es el Nevado de Colima así como algunos derrames lávicos pertenecientes a el Nevado de Colima, al Volcán de Fuego de Colima y el emplazamiento de los mismos que pertenecen a un rango de altitud de 1,850 hasta los 2,450 msnm.

Los colores que van del color rojo, café y negro representan las estructuras volcánicas con mayor altitud, que muestran en la parte Norte una porción del nevado de Colima y el Volcán de Fuego de Colima con un parámetro de altitudinal de 2,550 hasta los 4,250 msnm.

Esta carta ayudo a conocer a detalle la morfología del Volcán de Fuego de Colima, como su altitud precisa, la formaciones de edificios volcánicos, planicies, e inclusive se puede apreciar como la estructura volcánica tiene una especie de secciones por la actividad volcánica que presenta.

Red hidrológica del Volcán de Colima



4.2.2.- Carta hidrológica.-

Esta carta se elaboró como la carta altimétrica, de igual manera con base al modelo digital de elevación, que permite identificar la morfología que tiene el sistema de drenaje del Volcán de Fuego de Colima, así como conocer el comportamiento del drenaje del objeto de estudio.

En esta carta se puede observar que el tipo de red hidrológica dendrítica es la que sobresale en la zona de estudio, este tipo de red se caracteriza por tener corrientes en diferentes direcciones sobre el terreno y que en determinado punto se unen formando otras corrientes. Este tipo de drenaje se localiza principalmente en las laderas del volcán y a piedemonte.

Otro tipo de red hidrológica que se encuentra en la zona es de tipo radial; este tipo de drenaje se caracteriza por su forma de rueda hacia el centro. El drenaje con estas características se encuentra en la parte superior del volcán cerca del cráter, como lo muestra la carta de red hidrológica.

También existe una red hidrológica de tipo rectangular – paralelo, el cual se caracteriza por estar en sitio con una pendiente pronunciada, ya que dicha forma del terreno permite que este drenaje tome esta forma tan característica. Este tipo de drenaje se localiza en la parte Oeste y suroeste del volcán como lo muestra la carta.

Otro tipo de drenaje es el dendrítico- subdendrítico, que es parecido al dendrítico pero se encuentra en una parte más superficial del terreno, es decir, que se localiza en sitios de suelo frágil o poco resistente. Esta clase de red hidrológica se localiza en la parte Oeste del volcán, donde se alcanza apreciar una elevación sobresaliente en dicha zona.

Por ultimo otra clase de red hidrológica es el drenaje intermitente o fantasma, que es conocido por formación no estable, es decir, que en determinado tiempo se forma un río y en ocasiones cambia de curso o simplemente se desvanece, así mismo no está conectado a alguna red o canal de ríos. Un ejemplo de esto puede

ser cuerpos de agua como lagos o algunas lagunas. Este tipo de drenaje se localiza en la parte sur del complejo volcánico como lo muestra la carta hidrológica.

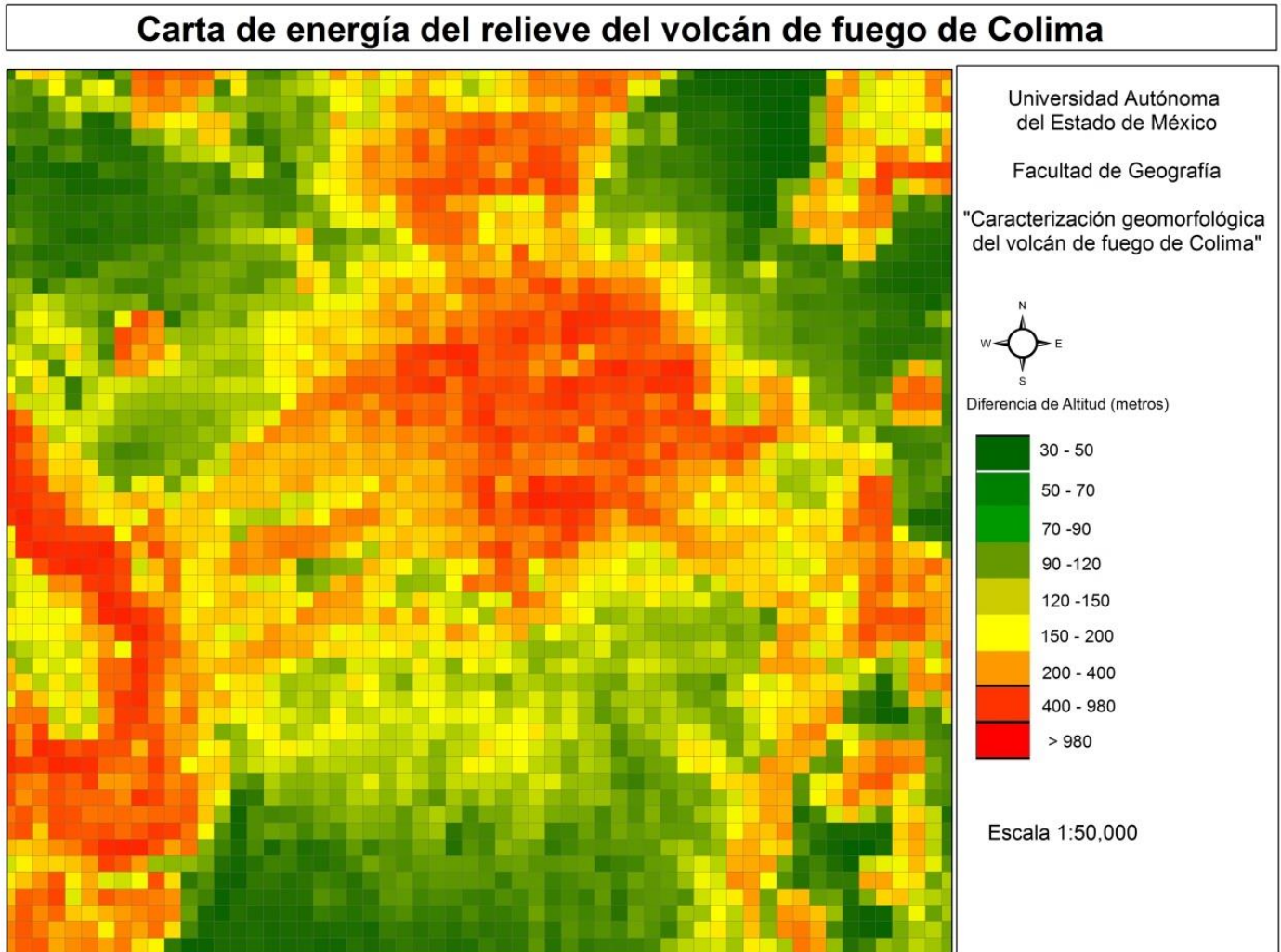


Figura 4.1.- Río La lumbre en la localidad de la Becerrera, Comala, Colima.



Figura 4.2.- Localidad de la Becerrera en el municipio de Comala, Colima.

4.3.- Caracterización cartográfica morfométrica del Volcán de Fuego de Colima.



4.3.1- Carta de energía del relieve.

Esta carta se elaboró con el propósito de conocer la resistencia, debilidad o el nivel de erosión del material del cual está compuesto el sitio de estudio, así como también identificar la actividad endógena y exógena del área, por ello se realizó esta carta en base a la carta altimétrica y las curvas de nivel con la división de áreas empleando una malla UTM dándole un valor individual a cada cuadrante, que va desde un valor mínimo de 30 m a > 980 m.

Para el análisis de esta cartografía se clasifico en 9 rangos para determinar la intensidad del comportamiento del relieve ante la erosión o los procesos endógenos y exógenos en la zona de estudio.

Número de rango	Color de rango	Rango en metros	Intensidad de energía del relieve
1		30- 50	Nula
2		50-70	Casi nula
3		70-90	Muy baja
4		90-120	Baja
5		120-150	Moderada
6		150-200	Media
7		200- 400	Intensa
8		400-980	Alta
9		>980	Muy alta

Tabla 4.- Intensidad de energía del relieve.

Tanto la tabla como la cartografía mostradas anteriormente, explican con cada rango el valor de diferencia altitudinal que se empleó con las curvas de nivel y así conocer la intensidad de la energía del relieve en sus procesos de formación.

Los primeros dos rangos de color muestra una tonalidad verde oscuro que van de 30 a 70 metros muestran una intensidad de energía de nula a casi nula, que explica que pertenece a valles o planicies con poco grado de erosión en su material, que localizan en la parte Noreste, Noroeste y Sur del Volcán de Fuego de Colima.

En los rangos de tonalidad de verde claro que van de 70 a 120 metros, muestran una energía en el relieve prácticamente de muy baja a baja, que como da a conocer la carta pertenecen a sitio con poca altitud como a mesetas o pie de monte inferior que se encuentran en las partes Oeste, Noroeste, Noreste, Sureste y Sur de la zona de estudio.

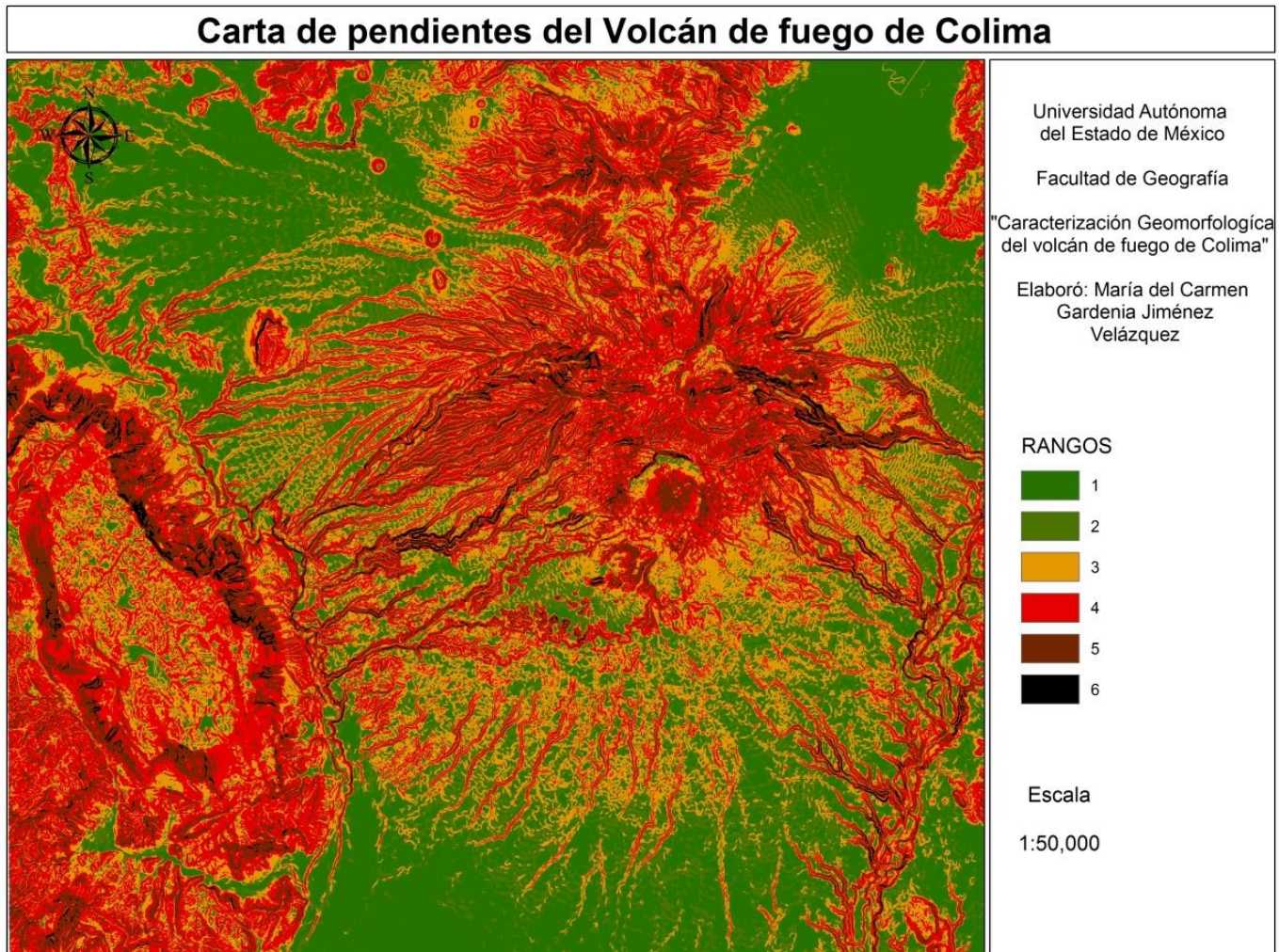
En los rangos que van con una tonalidad de amarillo a color naranja, muestran de 120 hasta los 400 metros de intensidad de relieve de moderada hasta intensa, esto quiere decir que pertenecen a sitios con laderas con pendiente pronunciada, una mayor erosión de los materiales pertenecientes a un pie de monte con mayor altitud.

Estas zonas se localizan en la mayor parte del sitio de estudio del Volcán de Fuego de Colima, como es en la parte Norte que pertenece al emplazamiento con el nevado de Colima, en la parte Noreste, Este, Sureste, Suroeste, Oeste y en el edificio volcánico principal.

Por último el rango que presenta una tonalidad de naranja a un rojo intenso muestran un comportamiento intenso de la energía del relieve que van de alta a muy alta, ya que esta es de 400 metros a más de 980 metros, que son sitios bien identificados ya que pertenecen a el edificio volcánico principal, al cráter y a un edificio volcánico al parecer emergente. Estas áreas se localizan en la carta en la parte Norte, Oeste, Suroeste y en el centro que pertenece Volcán de Fuego de Colima.

En conclusión la carta nos ayuda a interpretar que la área de estudio delimitada tiene un importante comportamiento dinámico en la energía del relieve a causa de las continuas erupciones volcánicas que arrojan material piroclásticos como es

ceniza y roca incandescente , que han ido erosionando material del cual está formado tanto el cráter del volcán, el edificio volcánico así como el pie de monte del mismo, formando laderas pronunciadas donde la intensidad de la energía del relieve es alta, incluso existe una zona donde se muestra un complejo volcánico emergente o un gran depósito de material volcánico.



4.3.2- Carta de pendientes.-

En la elaboración de la carta de pendientes se utilizó el modelo digital de elevación y la red hidrológica, esto con el fin de poder analizar y conocer el tipo de pendientes que dan determinada morfología a la zona del Volcán de Fuego de Colima, así como identificar donde están las laderas con mayor o menor grado de pendiente, derrames lávicos, mesetas, planicies, etcétera.

La carta muestra seis rangos de grado de pendientes que van del color verde claro con un grado de inclinación menor a el color negro con un grado de inclinación mayor. A continuación se muestra una tabla de rangos así como la especificación del grado de pendientes de acuerdo correspondiente a cada área.

Número de rango	Color de rango	Grado de inclinación
1		0° - 3°
2		3° - 6°
3		6° - 15°
4		15° - 30°
5		30° - 45°
6		>45°

Tabla 3.- El grado de inclinación de las pendientes se obtuvo en base a la metodología de Lugo (1998) que se muestra en la tabla de metodologías del marco metodológico.

Como se muestra en la carta y se explica en el recuadro anterior, el color verde claro muestra un grado de pendientes que van de 0° a 3° que corresponden a planicies y valles, como lo muestra la carta en la parte Noreste Noroeste, Sur, Sureste y Suroeste.

El color verde claro muestra un grado de pendiente de entre 3° y 6° que indican la formación de pie de monte, mesetas y laderas poco pronunciadas. Estas formaciones se pueden observar en la carta en la parte Noroeste, Noreste, Sureste y Suroeste del complejo volcánico.

El color amarillo corresponde a un grado de pendiente que va de 6° a 15° que muestran la formación de un pie de monte con mayor altitud, así como a laderas con mayor pendiente, al igual que formaciones volcánicas emergentes, como lo muestra en la parte Suroeste, Oeste, Norte y todo el pie de monte del Volcán de Fuego y el emplazamiento del Nevado de Colima.

Con una tonalidad en color rojo se muestran las pendientes con un grado de 15° a 30° que corresponden a formaciones con mayor estructura geológica como lo son fallas, zonas con importante erosión fluvial, depósitos de material volcánico, y estructuras volcánicas como puede ir del cono volcánico principal hasta el cráter. Estas formaciones se muestran en la carta en la parte Norte que pertenece al emplazamiento del Nevado de Colima como al mismo Volcán de Fuego de Colima, en la zona Oeste y Suroeste.

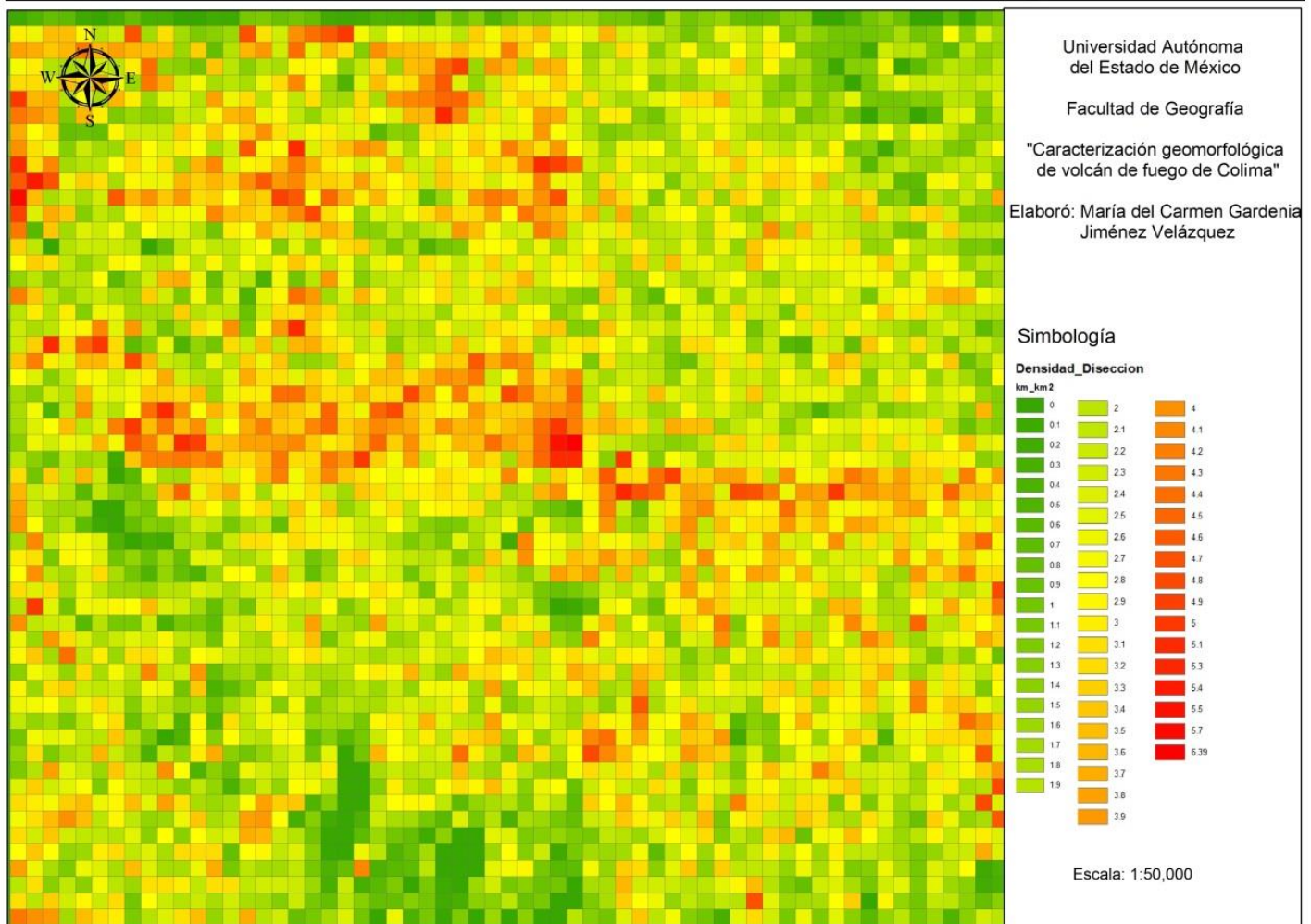
En color café se identifica el grado de pendiente que va de 30° a 45° que muestran la formación del complejo volcánico, como lo es el cono del volcán, laderas con pendiente pronunciada que se forman por el desplazamiento constante de rocas y de material volcánico por la actividad del Volcán de Fuego de Colima. Las áreas con ya mencionado grado de pendiente se encuentran en la parte Oeste; sobresale de manera considerable las laderas Este, Sureste y Oeste del volcán.

Por último, el color negro pertenece a un rango de grado de pendiente igual o mayor a 45° que muestran la formación de laderas con alto grado de erosión debido a la fragilidad del suelo o material, ya que en la carta se identifican zonas específicas donde existe estas pendientes tan pronunciadas como lo es cerca del cráter del volcán. Estas formaciones se encuentran en la parte Norte perteneciente al cráter del Nevado de Colima, en la ladera Este y Oeste del Volcán de Fuego y en la parte Suroeste del volcán.



Figura 4.3.- Ejemplo de una de las pendientes del piedemonte del volcán, (La yerbabuena, Comala, Colima).

Carta de densidad de disección del volcán de fuego de Colima



4.3.3- Carta de densidad de disección.-

La elaboración de esta carta se llevó a cabo con ayuda nuevamente del modelo digital de elevación para conocer la clasificación del relieve e identificar diversas morfologías.

Con ello se logra la finalidad del mapa que es mostrar el nivel de disección de las corrientes fluviales en el relieve de la zona de estudio, de ahí se ocupa de igual manera la carta hidrológica del Volcán de Fuego de Colima, para analizar el

proceso de erosión fluvial, ya que los escurrimientos tienden a concentrarse en los sitios donde las rocas presentan menor resistencia al proceso erosivo por diversas causas, como ejemplo las pendientes, vegetación, volumen y carga de corrientes (Lugo, 1988).

En la elaboración de la carta de densidad de disección se obtuvieron ocho rangos que permiten identificar el nivel de disección en el relieve hecho por las corrientes fluviales y que permiten entender el grado de erosión que tiene el suelo a causa de dicho proceso. A continuación se muestra la tabla con los rangos y el nivel de densidad de disección de la zona del Volcán de Fuego de Colima.

Número de rango	Kms lineales de afluentes por la unidad de superficie	Color del rango	Densidad de corrientes
1	0-1		Casi nula
2	1-2		Escasa
3	2-3		Muy baja
4	3-4		Baja
5	4-5		Media
6	5-6		Media alta
7	6-7		Densa
8	7-8		Muy densa

Tabla 2.- Tabla elaborada con base en la metodología de Martínez, 2012.

En esta carta se observa la densidad de disección que presenta el relieve de la zona de estudio, en donde se puede analizar el grado de disección en km², a causa del tipo de materiales del suelo como puede ser la roca que se encuentra en el sitio de estudio del Volcán de Fuego de Colima, aunque cabe mencionar que el grado de disección también tiene que ver con la altitud y el grado de las pendientes y así identificar el tipo de estructura del relieve que es más propicia a una disección más sobresaliente.

Tanto en el recuadro como en la carta se puede observar que los sitios que muestran una coloración verde oscuro tienen una disección casi nula que se localizan en la parte noreste y suroeste del volcán, a lo que se determina que son sitio de planicies con poca pendiente y con materiales resistentes como puede ser el tipo de roca.

Con tonalidad verde claro se puede apreciar los sitios con un nivel de disección de escasa a baja, donde se pueden encontrar algunos lomeríos o inclusive puede ser la zona de pie de monte del Volcán de Fuego de Colima que abarca la parte Noreste, Sur, Suroeste y Sureste del edificio volcánico.

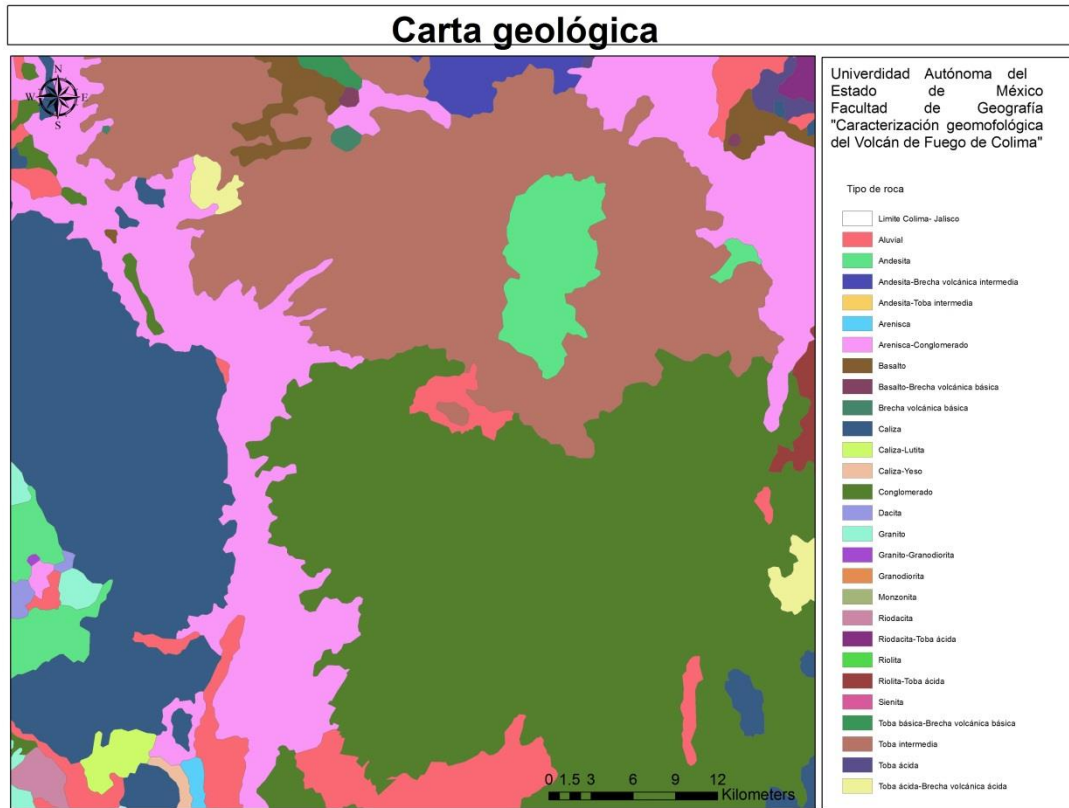
La carta muestra también tonalidades que van de amarillo claro a naranja donde representan un nivel de disección del relieve que va de media a media alta, en donde se puede interpretar que pertenece a sitios con elevaciones importantes como lomeríos fuertemente diseccionados o montañas con poca altitud con niveles de disección moderada, donde los materiales son más deleznable y débiles ante el comportamiento fluvial de la zona, que se localizan en la parte Este, Oeste y Noreste del Volcán de Fuego de Colima.

Por último las tonalidades que van de un color rojo a rojo oscuro muestran en el relieve, nivel de disección de denso a muy denso, en donde pertenecen a lugares de altitud y pendiente importante y que presentan un grado de erosión considerable por el tipo de material frágil y deleznable como es el tipo de roca que cede ante la densidad fluvial. Estos sitios se localizan en la parte Norte del volcán que es el emplazamiento con el Nevado de Colima, así como el mismo cráter del Volcán de Fuego de Colima.



Figura 4.4.- Sobrevuelo en el cráter del Volcán de Fuego de Colima (sobrevuelo hecho por protección civil de Ciudad Guzmán). Fuente: Protección civil de Ciudad Guzmán, Municipio de Zapotlán, Jalisco.

4.4.- Muestreo de rocas en el área de estudio delimitada



Con base en la información obtenida establecidas previamente, se muestra un tipo de rocas en específico que predominan en la zona de análisis, por lo que se pretende tomar como base esta cartografía para corroborar la información con el muestreo que se realizó con el trabajo de campo, y determinar el tipo de material geológico que existe actualmente en la zona delimitada para el análisis del complejo volcánico.

4.4.1- Descripción de nuestro de rocas en la zona de estudio.

Localidad: El macizo, municipio de San Gabriel, Jalisco				
Tipo	Color	Textura	Dureza	Localización y características especiales
Riodacita	Rosa clara	Grano fino, pocos cristales	5	Cráter del Nevado de Colima
Basalto	Gris claro a gris oscuro	Fina a muy fina	5	Baja porosidad; localizada camino al cráter al Sur del Nevado de Colima

Tabla 5.- Muestreo de roca en estado de Jalisco.

05 de Mayo de 2016

San Gabriel, Jalisco

Se comenzó a hacer un recorrido por la parte norte del Volcán de Fuego de Colima, que implica al volcán Nevado de Colima. Se inició un ascenso por el camino principal hacia la parte alta del nevado, en el trayecto se tomó fotografías del suelo, rocas y vegetación del lugar, al igual que el muestreo de ceniza volcánica recién caída por las constantes fumarolas por parte del complejo volcánico.

La ceniza volcánica que se muestreo presenta un color gris claro, casi blanquizco, con una textura muy fina, con gran cantidad de cristales, pero muy finos.

Las rocas muestreadas fueron las siguientes:

Riodacita.- Esta roca fue encontrada en el trayecto hacia cráter del Nevado de Colima. Presenta características como una coloración rosa claro en la parte externa de la roca, pero de un tono de rosa más oscuro en la parte interna. Presenta pocos cristales con una textura de grano fino, es porosa y de acuerdo con la escala de Mohs, tiene una dureza de 5 porque no se raya con facilidad, aunque es poco deleznable.



Figura 4.5.- Muestra de roca de riodacita tomada en la localidad de San Gabriel, Jalisco.

Localidad: El fresnito, municipio de Tuxpan, Jalisco

Basalto.- La roca fue localizada en camino al ascenso hacia la parte más alta del Nevado de Colima, a unos 3000 msnm aproximadamente. Esta roca muestra un color gris claro a gris oscuro, en el centro se observa un color gris más claro, muestra algunos cristales muy finos, por lo que se considera de una textura de grano fino, es poco porosa y muestra un nivel de dureza 5 de acuerdo con la escala de Mohs.



Figura 4.6. Muestra de basalto tomada en la localidad del fresnito, municipio de Tuxpan, Jalisco.

06 de Mayo de 2016

Localidad de la Yerbabuena, Municipio de Cómala, Colima.

Se realizó un recorrido por la parte sur del volcán a partir de 8 kilómetros del cráter del volcán. Donde se realizó un perfil de suelo que muestra los niveles y capas de la ceniza volcánica que ha arrojado del edificio volcánico en diferentes periodos de tiempo.

Al igual que en el Nevado de Colima, se hizo un muestreo de ceniza volcánica, pero a diferencia de la encontrada en el punto anterior, esta es un poco más gruesa, y con mayor cantidad de cristales.

El muestreo de roca realizado en este punto fue el siguiente:

Localidad : La yerbabuena, Comala Colima				
Tipo	Color	Textura	Dureza	Localización y características especiales
Granito	Rosa oscuro	Grano grueso	5	A 7.5 kms del cráter
Basalto	Gris oscuro	Grano fino	4	A 7 kms del cráter del volcán, por la parte sur.
Granito Porfiritico	Rosa oscuro a gris oscuro	Grano grueso	6	Presenta mezcla de coloraciones entre rosa y gris. Se encontró camino al cráter en la parte sur.
Grabo	Gris oscuro	Grano grueso	5	Muestra una gran cantidad de cristales de color blanco y negro. Encontrada a 6.5 kms del cráter.
Riodacita	Rosa claro	Grano fino	5	Tiene pocos cristales, casi imperceptibles si no es con ayuda de una lupa. Encontrada a 6.5 kms del cráter.

Tabla 6. Tipos de Roca.

Granito.- Este muestreo de roca fue encontrado aproximadamente a 7.5 kilómetros del cráter. Muestra un color rosa oscuro, muestra una gran dureza, contiene una gran cantidad de cristales, por lo que se considera de textura de grano grueso, no se raya con la navaja lo que muestra una dureza 5.



Figura 4.7.- Muestra de roca de granito tomada en la comunidad de la Yerbabuena, municipio de Comala, Colima.

Basalto.- Roca de color gris oscuro a negro, la mayor parte de la roca es color negro, muestra algunos cristales, es porosa y es deleznable de textura de grano fino, con un nivel de dureza de 4 ya que una navaja logra rayarlo.



Figura 4.8.- Muestra de roca de basalto tomada en la localidad de la Yerbabuena, municipio de Comala. Colima.

Granito Porfiritico.- Roca de color rosa oscuro en la parte exterior, en la parte interna es color rosa oscuro con gris oscuro, tiene una gran cantidad de cristales por lo que es una roca con textura de grano grueso y con un nivel de dureza de 6 porque la navaja no lo raya.



Figura 4.9.- Muestra de roca de granito porfiritico tomada de la localidad de la Yerbabuena, Municipio de Comala, Colima.

Grabo.- Roca de color gris obscuro, presenta gran cantidad de cristales, de textura de grano grueso, de dureza 5 según la escala de Mohs porque no se raya con facilidad con la navaja.



Figura 4.10.- Muestra de roca de grabo obtenida de la localidad de la Yerbabuena, en el municipio de Comala, Colima.

Riodacita.- Roca de color rosa claro con pequeñas partes blancas, rosa más claro y gris. Presenta pocos cristales casi imperceptibles, es decir, que es de textura de grano fino, no se raya con facilidad por lo que presenta una dureza de 5 en la escala de Mohs y no efervesce.



Figura 4.11.- Muestra de roca riodacita obtenida en la localidad de la Yerbabuena, municipio de Comala, en Colima.

Localidad de la Becerrera (Río la lumbre) Municipio de Cómala, Colima.

En este punto se hizo un muestreo de rocas y se tomó fotografías de un perfil de suelo que se mostraba a simple vista.

Las rocas muestreadas fueron las siguientes:

Localidad: La Becerrera Comala Colima				
Tipo	Color	Textura	Dureza	Localización y características especiales
Granito	Rosa oscuro	Grano grueso	4	Mezcla de colores entre gris y rosa. Encontrada en el río la lumbre a 8.5 kms del cráter.
Diorita	Gris claro con partes blancas	Grano grueso	5	Muestra cristales muy grandes. Localizada en el río la lumbre.
Grabo	Gris oscuro a negro	Grano grueso	6	Con gran dureza y se obtuvo de un gran bloque. se encontró en el río la lumbre
Basalto porfirítico	Gris claro	Grano fino	6	Presenta una pequeña coloración verde y es muy porosa. Se encontró a las orillas del río la lumbre
Basalto	Gris oscuro	Grano fino	6	Encontrado en el río La lumbre a 8.5 kilómetros de distancia del cráter
Grabo porfirítico	Gris claro	Grano grueso	6	Los cristales son muy grandes y de color negro. Ubicada en el río La Lumbre.
Basalto	Gris oscuro	Grano fino	6	Encontrado a la entrada de la localidad de la Becerrera.

Tabla 8. Tipos de roca

Granito.- Roca similar a las encontradas en la localidad de la Yerbabuena, presenta una coloración rosa oscuro, con partes gris oscuro, tiene una gran cantidad de cristales, es de textura de grano grueso, es deleznable, porosa y muestra una dureza de 4 de acuerdo con la escala de Mohs ya que la navaja lo raya.



Figura 4.12.- Muestra de roca de granito obtenida en la localidad de la Yerbabuena, Municipio de Comala, Colima

Diorita.- Roca de color rosa claro con partes blanquizas y con pequeñas partes oscuras, es de textura de grano grueso, con gran porosidad, no se raya con facilidad con la navaja por lo que presenta una dureza de 5, según la escala de Mohs y no es deleznable.



Figura 4.13- Muestra de roca diorita tomada en la comunidad de la Becerrera, municipio de Comala, Colima.

Grabo.- Roca de color gris oscuro a negro con gran cantidad de cristales por lo que es de textura de grano grueso, tiene gran porosidad, es frágil ya que se rompe fácilmente, pero no se raya con navaja por lo que se considera una dureza de 6 en la escala de Mohs.



Figura 4.14.- Muestra de roca grabo, obtenida en la localidad de la Becerrera, municipio de Comala, Colima.

Basalto porfirítico.- Roca de color gris claro con partes de color verde claro, presenta pocos cristales, con textura de grano fino, pero esos cristales son muy visibles, es porosa y no se raya con una navaja por lo que en la escala de Mohs una dureza de 6.

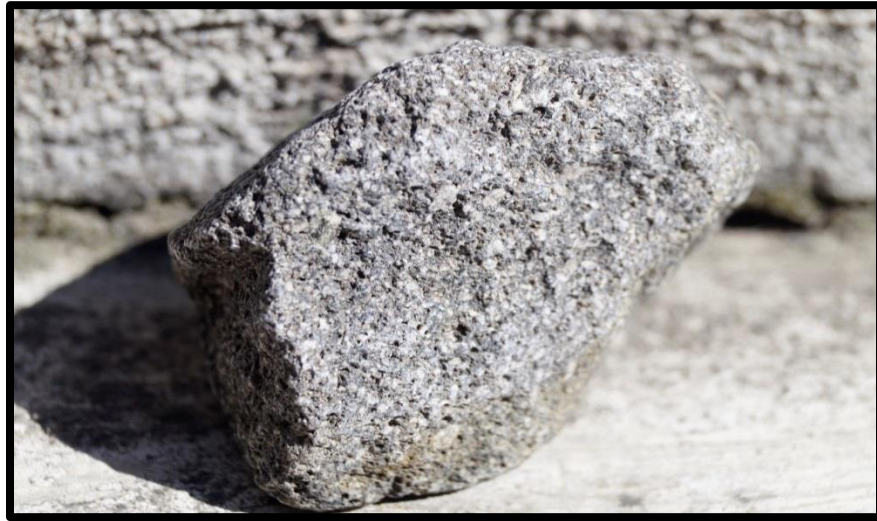


Figura 4.15.- Muestra de roca Basalto porfirítico, obtenida en la localidad de la Becerrera, municipio de Comala, Colima.

Basalto.- Roca de color gris oscuro con partes verdosas, presenta pocos cristales es decir de textura de grano fino, tiene gran dureza, no es deleznable y no se raya con navaja por lo que en la escala de Mohs está en un nivel de dureza de 6.



Figura 4.16.- Muestra de roca basalto, tomada en la localidad de la Becerrera, municipio de Comala, Colima.

Grabo porfirítico.- Roca de color gris claro con franjas blancas, contiene gran cantidad de cristales, por lo que es de textura de grano grueso, con un nivel de dureza de 6, de acuerdo con la escala de Mohs, ya que no se raya con navaja ni es deleznable.



Figura 4.17.- Muestra de roca grabo Porfirítico, obtenida en la localidad de la Becerrera, municipio de Comala, Colima.

Basalto.- Roca de color gris oscuro con tonalidades blancas, con gran cantidad de cristales, también se aprecia una matriz de granos más finos en un 75% aproximadamente, que se mezclan con la composición principal del basalto, por lo que presenta una textura de grano grueso, con un nivel de dureza de 5 de acuerdo con la escala de Mohs, tiene una alta porosidad y rugosa.



Figura 4.18.- Muestra de roca basalto obtenido en la comunidad de la Becerrera, municipio de Comala, Colima.

Laguna Santa María, Municipio de Cómala, Colima.

Localidad: La Becerrera Comala Colima				
Tipo	Color	Textura	Dureza	Localización y características especiales
Basalto	Gris oscuro	Grano fino a textura vítrea en los cristales	5	Tiene pequeñas partes de color café y sus cristales son de tonalidad verde. Encontrada a orilla de la laguna Santa María perteneciente a la localidad de la Becerrera, en la parte sur del volcán de Colima
Grabo	Gris oscuro	Grano grueso	6	Encontrada en las orillas de laguna Santa María
Diorita	Rosa oscuro a rosa claro	Grano grueso /cristales de textura vítrea	5	Tiene en el interior una coloración más rojiza. Encontrada en una barranca cerca de la orilla de la laguna.
Granito	Rosa oscuro	Grano grueso	6	Los cristales son muy grandes. Encontrada casi a la orilla de la laguna. A unos 30 cm dentro de la misma.
Riodacita	Rosa claro	Grano fino con pocos cristales	4	Su nivel de dureza comparada a otras rocas de su tipo es menor quizá por el grado de intemperismo que muestra la roca. Encontrada en unos de los perfiles hechos en la zona.
Grabo	Gris oscuro	Grano grueso	6	Presenta alto nivel de porosidad. Encontrada a la entrada de la laguna de Santa María.
Grabo	Gris oscuro	Grano grueso	5	Encontrada a la entrada de la laguna.

Tabla 8. Tipos de roca.

Basalto.- Roca de color gris oscuro con partes cafés, pero en la parte interna de la coloración gris presenta varios cristales de color verde con textura vítrea. En la parte interna de color café también hay tonos blancos y rosas, pero con pocos cristales. Tiene un nivel de dureza de 5 en la escala de Mohs ya que no se raya con facilidad.



Figura 4.19.- Muestra de roca basalto tomada en la Laguna Santa María, municipio de Comala, Colima.

Grabo.- Roca de color gris oscuro con pequeñas partes blancas, con gran cantidad de cristales, por lo que es de textura de grano grueso, no se raya por lo que de acuerdo con la escala de Mohs presenta una dureza de 6, porque la navaja no lo raya y es muy áspera.



Figura 4.20.- Muestra de roca grabo tomada en la Laguna Santa María, municipio de Comala Colima.

Diorita.- Roca de color rosa oscuro a rosa claro, con un tono más rojizo en la parte interna, presenta gran cantidad de cristales de color negro, por lo que es de textura de grano grueso, pero los cristales son de textura vítrea. Es deleznable y se raya con navaja, por lo que tiene un nivel de dureza de 4 de acuerdo con la escala de Mohs.



Figura 4.21.- Muestra de roca Diorita obtenida en la Laguna Santa María, municipio de Comala, Colima.

Granito.- Roca de color rosa oscuro, con partes rojizas con una gran cantidad de cristales, de textura de grano grueso, con dureza de nivel 6 y no es deleznable, ni se raya.



Figura 4.22.- Muestra de roca Granito obtenida en la Laguna Santa María, municipio de Comala, Colima.

Riodacita.- Roca de color rosa claro con pequeñas partes grises, presenta pocos cristales, que son casi imperceptibles a la vista, por lo que muestra una textura de grano fino, se raya con una navaja por lo que se considera que tiene un grado de dureza de 4 y es fácilmente deleznable.



Figura 4.23.- Muestra de roca Riodacita obtenida en la Laguna Santa María municipio de Comala, Colima.

Grabo.- Roca de color gris oscuro, con una gran cantidad de cristales de color negro y blanco, por lo que muestra una textura de grano grueso. Muestra un nivel de dureza de 5 ya que no se raya con facilidad con la navaja, y presenta alta porosidad.



Figura 4.24.- Muestra de roca Grabo obtenida en la Laguna Santa María municipio de Comala, Colima.

07de mayo de 2016

Localidad de Carrizalillo (Lago Carrizalillos), Municipio de Comala, Colima.

Esta zona de estudio se encuentra a 12.5 km del cráter del volcán a 1490 msnm, con coordenadas de 19° 24'46" N, 103°40'31" S a una distancia de 18 km de la Ciudad de Colima.

Localidad: Carrizalillo Comala Colima				
Tipo	Color	Textura	Dureza	Localización y características especiales
Andesita	Rosa oscuro a rojizo	Grano grueso	4	Tiene combinación rojiza en la parte interna y en la parte externa de la roca es rosa oscuro. Encontrada a la entrada de la localidad de carrizalillos.
Riodacita	Partes blancas con gris claro y rosa claro	Grano fino	4	En la parte interna tiene gran cantidad de óxido, pero también tiene partes rosa claro. Encontrada en una barranca cerca del lago carrizalillos. A 12.5 km de distancia del cráter del volcán.
Grabo	Gris oscuro	Textura vítrea	5	Encontrada a orillas del lago carrizalillos
Grabo	Gris oscuro a gris claro	Grano grueso	5	Presenta coloración café en la parte interna de la roca. Encontrada en un perfil hecho en la zona.
Diorita	Rosa oscuro	Textura vítrea/grano grueso	4	Igual que la roca encontrada en la laguna Santa María. Encontrada a orillas de lago.
Basalto	Gris oscuro	Grano fino	5	Encontrada en un perfil de suelo realizado cerca de lago.

Tabla 9. Tipos de roca.

Andesita.- Roca de color rosa oscuro un toque de color rojo, de textura de grano grueso por la gran cantidad de cristales, los cuales son de tonalidades oscuras y también transparentes, se raya con facilidad con navaja por lo que presenta un grado de dureza de 4.



Figura 4.25.- Muestra de roca Andesita obtenida en el Lago Carrizalillos municipio de Comala, Colima.

Riodacita.- Roca de color blanco, y gris claro con rosa claro en la parte interna con una pequeña parte de óxido, presenta pocos cristales por lo que es de textura de grano fino, con gran porosidad, es altamente deleznable y de igual manera se raya con facilidad con una navaja, por lo que muestra un grado de dureza de 4.



Figura 4.26.-Muestra de roca Riodacita obtenida en el Lago Carrizalillos en el municipio de Comala, Colima.

Grabo.- Roca de color gris oscuro, muestra una gran cantidad de cristales de color negro, puede decirse que los cristales oscuros son de textura vítrea, también presenta cristales casi imperceptibles pero de color blanco. Es porosa, pero con alto grado de dureza por lo que es de nivel 5, ya que no se raya con facilidad.



Figura 4.27.- Muestra de roca Grabo obtenida en el Lago Carrizalillos municipio de Colima, Comala.

Grabo.- Roca de color gris claro a gris oscuro, con pequeñas partes rojizas en la parte interior de la roca, tiene una gran cantidad de cristales, por lo que es de textura de grano grueso. Es de un grado de dureza de 5 ya que casi no se raya con navaja.



Figura 4.28.- Muestra de roca Grabo obtenida en el Lago Carrizalillos municipio de Colima, Comala.

Diorita- Roca de color rosa oscuro con una gran cantidad de cristales de color negro de textura vítrea y cristales transparentes brillantes, por lo que es una roca de textura de grano grueso. Es un poco porosa y es muy frágil con un nivel de dureza de 3 de acuerdo con la escala de Mohs, ya que se faya con la navaja y porque es deleznable.



Figura 4.29.- Muestra de roca Diorita obtenida en el Lago Carrizalillos municipio de Comala, Comala.

Basalto.- Roca de color gris oscuro, con pocos cristales, de textura de grano fino, pero de gran dureza por lo que se considera con un grado de 5 en dureza con la escala de Mohs ya que no se raya con navaja.



Figura 4.30.- Muestra de roca Basalto obtenida en el Lago Carrizalillos en el municipio de Comala, Colima.

08 de Mayo de 2016

Localidad de Quesería, municipio de Cuauhtémoc, Colima.

Localidad: La quesería Comala Colima				
Tipo	Color	Textura	Dureza	Localización y características especiales
Andesita	Gris claro/ rojizo	Grano fino	6	En la parte interna presenta cristales no visibles a simple vista, pero en la parte externa muestra cristales grandes. Encontrada a orillas de la carretera a la localidad de la Quesería, en la parte sur este del volcán.
Granito	Rosa oscuro	Grano grueso	6	Se obtuvo de un gran bloque, y para obtener la muestra solo se pudo desprender una pequeña parte de roca por el alto nivel de dureza. Con conjunto de cristales muy brillantes y localizados en determinadas partes de la roca. Encontrada a la entrada de la localidad de la Quesería.
Granito	Gris claro a rosa oscuro	Grano grueso	6	Encontrada de la misma manera que la anterior, pero con tonalidades grises. Se encontró en las afueras de la localidad de la quesería.
Granodiorita	Gris oscuro a gris claro	Grano grueso	6	Con una combinación de colores, en su mayoría gris claro, pero con partes de color blancas y café claro, posiblemente muestre esas características porque se encontró enterrada a unos 30 cm de profundidad. Encontrada a las afueras de la localidad.
Riodacita	Gris claro a rosa claro	Grano fino	5	Con cristales muy pequeños pero muy brillantes. Se obtuvo a la salida de la localidad de la quesería.

Tabla 10. Tipo de Roca.

Andesita.- Roca de color gris claro por la parte externa, con gran cantidad de cristales, pero en la parte interna es de color rojizo, pero con cristales no muy visibles. Tiene un grado de dureza de 6, ya que no se raya con navaja ni es deleznable.



Figura 4.31.- Muestra de roca Andesita obtenida en la comunidad de la Quesería en el municipio de Cuauhtémoc, Colima.

Granito.- Roca de color rosa oscuro, tiene una gran cantidad de cristales de color blanco y conjunto de cristales verdes, por lo que es de textura de grano grueso. Es de gran dureza de nivel 5 de acuerdo con la escala de Mohs, ya que en este caso solo se logró desprender una pequeña parte de un gran bloque de roca.



Figura 4.32.- Muestra de roca Granito obtenida en la localidad de la Quesería en el municipio de Cuauhtémoc, Colima.

Granito.- Roca de color gris claro con gran cantidad de cristales por lo que presenta una textura de grano grueso. Es de nivel de dureza de 6, ya que se encontró de la misma forma que la roca anterior solo que en coloración gris claro.



Figura 4.33.- Muestra de roca Granito obtenida en la comunidad de la Quesería, municipio de Cuauhtémoc, Colima.

Granodiorita.- Roca de color gris oscuro con tonalidades blancas y amarillas y con gran cantidad de cristales visibles y no visibles, si no es con ayuda de una lupa, se determina que es de textura porfídica. Es de dureza 6 ya que no se raya con facilidad con la navaja.



Figura 4.34.- Muestra de roca Granodiorita obtenida en la comunidad de la Quesería, municipio de Cuauhtémoc, Colima.

Riodacita.- Roca de color gris claro a rosa claro, con textura de grano fino, ya que los cristales son casi imperceptibles. Es de gran dureza, de acuerdo con la escala de Mohs de nivel 5 ya que no se raya con facilidad con la navaja y tampoco es deleznable



Figura 4.35.- Muestra de roca Riodacita obtenida en la comunidad de la Quesería, municipio de Cuauhtémoc, Colima.

Localidad de San Marcos, Jalisco.

Localidad: San Marcos Jalisco				
Tipo	Color	Textura	Dureza	Localización y características especiales
Basalto	Gris oscuro	Grano fino	5	Encontrada en la parte Sureste del volcán de Colima, ya en el estado de Jalisco
Basalto	Gris claro a gris oscuro	Grano fino	5	Encontrada a la entrada de la localidad de San Marcos, localizado en la parte sureste de volcán
Granodiorita	Gris claro con tonalidades blanquizas y amarillentas	Porfídica	6	Muestra este tipo de textura porque se observan cristales de colores negros muy grandes, pero de igual manera cristales pequeños pero brillantes. Encontrada a la salida de la localidad de San Marcos
Basalto	gris oscuro a negro	Grano fino	5	Encontrada a la salida de la localidad de San Marcos, Jalisco.

Tabla 11. Tipos de Roca.

Basalto.- Roca de color gris oscuro, es de textura de grano fino, porque no se aprecian cristales. Es de dureza de nivel 5 en la escala de Mohs, porque no se raya fácilmente con navaja, pero tiene alta porosidad.



Figura 4.36.-Muestra de roca de basalto obtenida de la localidad de San Marco, en el municipio de Tonila, Jalisco.

Basalto.-Roca de color de gris claro a gris oscuro, con pocos cristales casi imperceptibles, por lo que es de textura de grano fino. Es de gran dureza dentro del nivel 5 de acuerdo con la escala de Mohs, pero también es porosa.



Figura 4.37.- Muestra de roca de basalto, obtenida en la localidad de San Marcos, municipio de Tonila, Jalisco.

Granodiorita.- Roca de color gris claro, con pequeños cristales, pero aun que son pequeños brillan mucho y son muy visibles. Con una textura porfídica, con gran dureza de nivel 6 porque no se raya con navaja y no es deleznable.



Figura 4.38.- Muestra de roca granodiorita, obtenida de la localidad de San Marcos, municipio de Tonila, Jalisco.

Basalto.- Roca de color de gris oscuro a negro, con cristales casi imperceptibles, por lo que la roca presenta una textura de grano fino. Es de gran dureza de grado 5 dentro de la escala de Mohs porque se raya difícilmente con navaja y no es deleznable.



Figura 4.39.- Muestra de roca de basalto, obtenida de la localidad de San Marcos, municipio de Tonila, Jalisco.

Para medir el nivel de dureza de cada roca, se tomo en consideración la escala de Mohs, que muestra el grado de dureza con respecto a la facilidad de rayar una roca con la uña, una navaja, vidrio o inclusive no recibir ningun daño.

Dureza	Mineral	Observación
1	Talco	Se raya fácilmente con la uña
2	Yeso	Se raya con la uña con dificultad
3	Calcita	Se puede rayar con una moneda de cobre
4	Fluorita	Se puede rayar con una navaja
5	Apatito	Se puede rayar difícilmente con una navaja
6	Ortoclasa	Se raya con una lija de acero
7	Cuarzo	Raya el vidrio
8	Topacio	Raya a todos los anteriores. Esmeralda
9	Corindón	Zafiros y rubíes son formas de corindón
10	Diamante	Es el mineral más duro

Tabla 12. Tipo de dureza de las rocas.

La siguiente tabla muestra la clasificación de los diferentes tipos de rocas ígneas acuerdo con su composición.

CLASIFICACIÓN MINERALÓGICA DE LAS ROCAS IGNEAS COMUNES				
Tipos de grano muy fino en letra <i> cursiva</i> (principalmente volcánicas)				
Tipos de grano medio en letra ordinaria				
Tipos de grano grueso en letra negrita (principalmente plutónicas)				
FELDESPATOS Otros minerales	ORTOCLASA PLAGIOCLASA ➤ SÓDICA	PLAGIOCLASA SÓDICA ➤ ORTOCLASA	PLAGIOCLASA SÓDICA (Andesita) PREDOMINANTE	
CUARZO ESENCIAL Minerales ferromagnéticos: BIOTINA U HORNBLENDA O AMBAS	<i>Riolita</i> Pórfido cuarífero Granito	<i>Riodacita</i> Pórfido granodiorítico Granodiorita	<i>Dacita</i> Pórfido cuarífero Cuarzodiorita	
FELDESPATOS Otros minerales	ORTOCLASA PREDOMINANTE	ORTOCLASA Y PLAGIOCLASA EN CANTIDAD CASI IGUAL	PLAGIOCLASA SÓDICA PREDOMINANTE	SIN FELDESPATOS
POCO O NADA DE CUARZO Minerales ferromanésicos: HORNBLENDA	<i>Traquita</i> Pórfido Sienita	<i>Traquiandesita</i> Pórfido-monzonita Monzonita	<i>Andesita</i> Porfírita Diorita	Hornblenda

Y/O BIOTITA Y/O AUGITA				
FELDESPATOS Otros minerales			PLAGIOCLASA CÁLCICA PREDOMINANTE	SIN FELDESPATOS
POCO O NADA DE CUARZO <i>Minerales ferromagnésicos:</i> AUGITA Y MINERALES DE HIERRO SIN CUARZO			<i>Basalto Dolerita o</i> Diabasa Grabo <i>Basalto olivínico</i>	Piroxenita
<i>Minerales ferromagnésicos:</i> AUGITA, OLIVINO Y MINERALES DE HIERRO			Dolerita olivínica O Diabasa olivínica Grabo olivíco	Peridorita

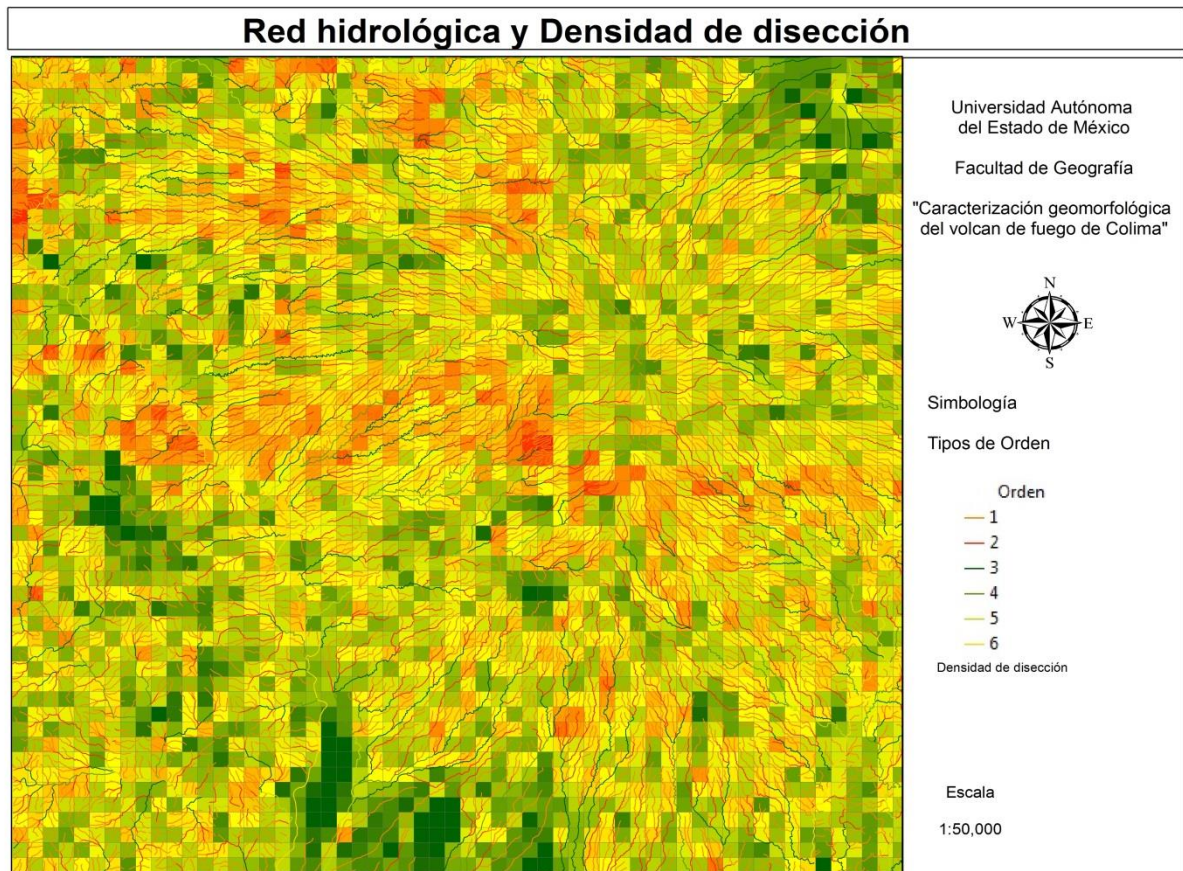
Tabla 13.- Leet, 1968, *Fundamentos de la geología física*.

Capítulo V. Análisis y discusión de resultados

5.1.- Análisis de la zona de estudio delimitada en el Volcán de Fuego de Colima

El análisis final del sitio de estudio se realiza de acuerdo a los resultados que se han obtenido por medio de la investigación de antecedentes, historia y trabajos similares realizados en el Volcán de Fuego de Colima; así como también la realización de trabajo de campo en el sitio con el muestreo de rocas y la observación de la zona, y finalmente con la elaboración de la cartografía realizada con base a cada uno de los aspectos morfológicos del complejo volcánico, y así identificar los procesos endógenos y exógenos que caracterizan la morfología y morfometría del sitio de estudio.

5.2.- Cartografía final



5.3.- Red hidrológica y densidad de disección.

Esta cartografía es resultado de la unión de la red de drenaje del Volcán de Fuego de Colima y la densidad de disección del sitio de estudio, para poder conocer a detalle el comportamiento de los ríos de la zona con el suelo y la roca, conociendo así el grado de erosión que se presenta en la zona de estudio.

Como muestra el mapa, se puede observar que hay una grado alto de erosión en la parte Oeste, Suroeste y Norte como también el cono principal del complejo volcánico, es decir, que se presenta una densidad de corrientes que va de densa a muy densa, lo que causa que haya un desgaste de suelo y roca considerable debido al material tan deleznable de esos sitios en particular.

En contraste con los sitios que presentan una baja densidad de corrientes y por ende un bajo grado de erosión, debido a que las pendientes no son tan pronunciadas o pertenecen a sitios con baja pendiente o los ríos no son intermitentes, como lo muestra las partes Noroeste, Noreste, correspondientes al emplazamiento con el Nevado de Colima y pertenecientes a la zona del estado de Jalisco, y al Sur y Sureste del Volcán de Fuego de Colima en los poblados de la Yerbabuena y la Becerrera dentro del estado de Colima.

5.4.- Morfología General del Volcán de Fuego de Colima.



Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones.-

En el presente estudio se realizó una caracterización geomorfológica del Volcán de Fuego de Colima, dando a conocer que en el sitio de análisis muestra un cambio de relieve constante, modificando así la morfología del complejo volcánico.

En dicho trabajo de investigación se presenta una clasificación geomorfológica en donde se observan procesos endógenos (de acreción del domo (crecimiento de forma de tapón que sepulta al tapón previo y abultamiento del cono volcánico), así como también se muestran procesos exógenos (reconfiguración del cono previo debido a la constante expulsión de roca incandescente, deformación de la ladera este y sureste y desarrollo de barrancos en sistemas fluvio-estructurales a consecuencia de la demarcación hecha por el material piroclástico que ha ido erosionando el cono.)

Por otra parte, el cambio constante del relieve se observa en el desarrollo de procesos erosivos caracterizados por el desarrollo de cárcavas en el piedemonte debido a una combinación procesos en donde el depósito piroclástico de materiales expulsados influye en la configuración local de algunos cauces de río modificando en escala local el grado de pendiente que va de los 6° hasta más de los 45° de inclinación.

Con respecto a la cartografía realizada, se empleó en el estudio una cartografía base con la escala 1:50,000; los procesos observados se manifiestan en escalas mayores que no pueden ser observados en la escala referida; motivo por el cual, la escala de salida fue 1:20,000 en donde se observan detalles como la morfología de las pendientes con respecto a la altitud, ya que como se muestra en la cartografía final a mayor altitud las pendientes tienen un mayor grado de inclinación sobre todo cerca de la zona del cráter.

También la cartografía elaborada detalla la densidad de disección del relieve con respecto a la red hidrológica, ya que se muestra cual es grado de erosión del material de la zona con respecto al sistema fluvial.

En campo, se obtuvieron muestras de roca que permitieron definir para corroborar los antecedentes de gabinete, encontrándose que las secuencias geológico-litológicas publicadas por fuentes de consulta oficiales tenían algunas generalidades; de tal forma que se actualizó esta información, se caracterizó y localizó en los puntos de muestreo de la zona de trabajo delimitada para el estudio, que permitió conocer los diversos tipos de roca ígnea que caracterizan la región.

Por otra parte, con base en la hipótesis planteada; *“Si se analiza y genera una nueva caracterización geomorfológica del Volcán de Fuego de Colima que involucre elementos y variables relacionados con el comportamiento del relieve formado por procesos de dinamismo volcánico, con base a estudios geomorfológicos, entonces se podrá establecer la relación entre los procesos volcánicos del sitio de análisis”* se encontró que ésta se confirma debido a que el estudio realizado tanto con antecedentes, cartografía y trabajo en campo muestra que existe un dinamismo volcánico y de relieve a causa de los procesos volcánicos endógenos y exógenos ya mencionados del sitio de análisis.

Se planteó en el principio de la investigación que la idea central que la geomorfología del complejo volcánico depende de las etapas eruptivas que han formado su estructura, y a través de ésta se logra inferir en los tipos de erupción y en el alcance de estas etapas.

No obstante a ello, la cartografía generada, la metodología planteada y el desarrollo del trabajo de campo, no fueron suficientes para poder comprobar si esta aseveración es del todo correcta, ya que para que la idea principal sea considerada como cierta se necesita realizar un análisis constante y periódico en el Volcán de Fuego de Colima.

Con respecto al objetivo general se cumplió debido a que se realizó *la caracterización geomorfológica del Volcán de Fuego de Colima, desde la perspectiva morfológica y morfométrica* para conocer a detalle el comportamiento del relieve del complejo volcánico.

Con los objetivos específicos como el de *construir el marco de antecedentes eruptivos de la actividad del Volcán de Fuego de Colima* se encontró que el volcán ha presentado una intensa y constante actividad volcánica que lo caracteriza como uno de los volcanes más activos de México.

Al elaborar cartografía morfológica y morfométricas del volcán en escala 1:50,000 se encontró que la cartografía de salida no se generó a la escala base empleada, ya que obtuvo cartografía con una escala mayor de 1:25,000, con la que se tuvo mejor detalle del comportamiento del relieve volcánico de la zona.

Al realizar la interpretación geomorfológica del volcán desde la perspectiva de la actividad volcánica se encontró que el dinamismo volcánico de la zona de estudio ha dado determinada morfología al edificio volcánico, debido a constante cambio y comportamiento del relieve por ser un sitio con una actividad volcánica constante.

Por otra parte, el propósito de este trabajo de investigación fue realizar una caracterización geomorfológica del Volcán de Fuego de Colima actualizada, ya que análisis similares sobre el complejo volcánico ya se han realizado en años atrás, un ejemplo de ello es el estudio realizado por Lugo Hubp, Martín del Pozo y Vázquez Selem en 1992, Rodríguez Elizarrarás en 1995 y Canchola Pantoja en 2001.

Estos especialistas coinciden en que la morfología de la estructura del volcán está en constante cambio, debido a la constante actividad volcánica que se ha corroborado con las etapas y ciclos eruptivos del volcán que de acuerdo con Canchola (2001) duran un aproximado de cien a ciento veinte años,

en donde el relieve presenta cambios constantes debido a la intensa actividad volcánica y que por ende permite que se generen procesos endógenos (como acreción del domo y abultamiento del cono)

y exógenos (alto grado de erosión por el material piroclástico expulsado en varias erupciones, deformaciones del cráter debido a diversas explosiones y la formación de barrancos en sistemas fluvio-estructurales).

Sin embargo Lugo, Del Pozzo y Vázquez (1992) en su investigación hablan de que debido al conjunto de tipo de rocas que constituyen al volcán se puede explicar las etapas eruptivas que han presentado en el sitio y por ello el nivel de erosión es importante por el deslizamiento de material y ha provocado una red de barrancos, así como el intenso comportamiento del relieve en la zona que genera diversos cambios en la morfología de la cresta de la cadera, formación de domos, la alta densidad de disección y laderas con pendientes altas como lo muestra el siguiente el mapa geomorfológico elaborado en mencionado año por dichos autores.

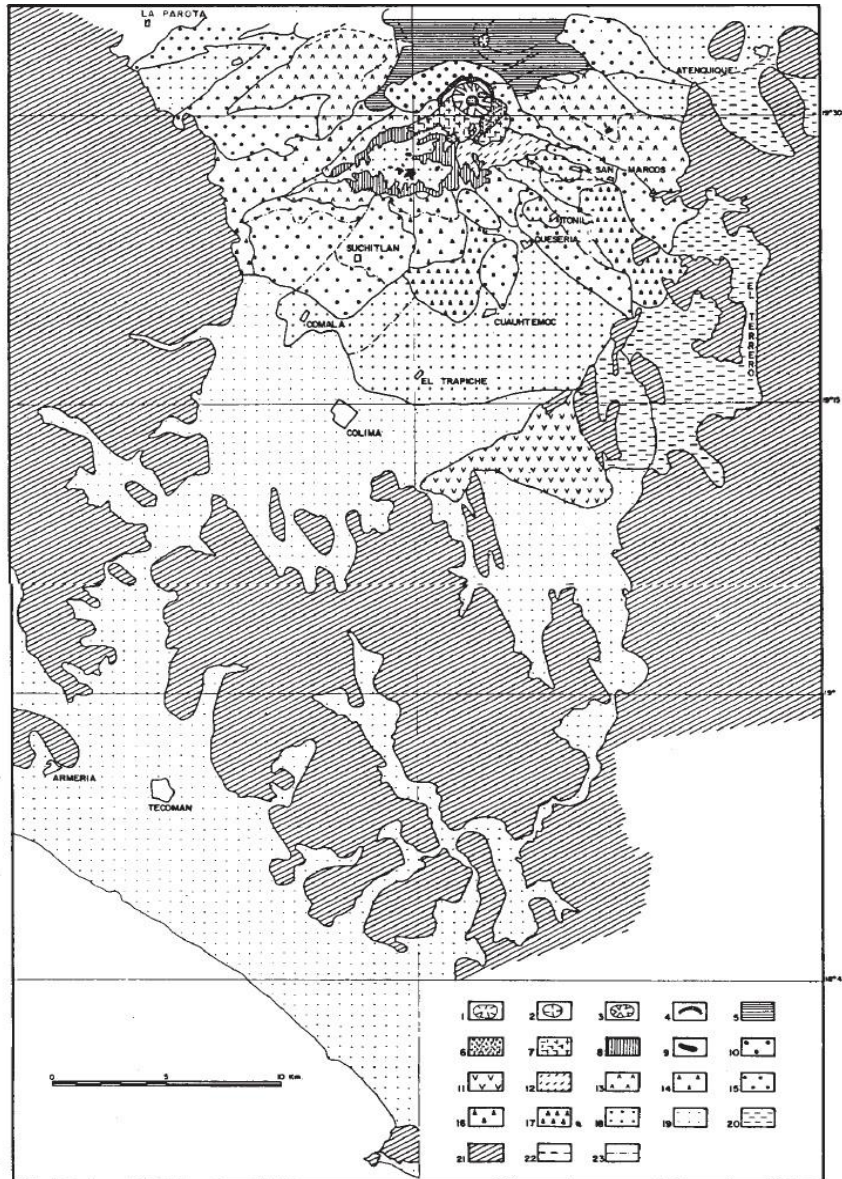


Fig. 2. Geomorfoloía del complejo de los volcanes de Colima. Formas del relieve. 1, Cono superior de estratovolcanes; 2, Domos volcánicas; 3, Cono inferior de estratovolcanes; 4, Cresta de caldera; 5, Laderas con disección intensa; 6, laderas de pendiente fuerte, constituidas de lavas recientes, posiblemente cubriendo la antigua cresta de la caldera; 7, Laderas de lava y de flujos piroclásticos, de pendiente fuerte; 8, Residuos de depósitos de avalancha; 9, Mogotes (hummocks) formados por avalancha volcánica; 10, Laderas de pendiente media con disección vertical débil, constituidas de depósitos de flujo piroclástico y lavas. Piedemonte (11-19): 11, Con disección vertical media a fuerte; 12, Formado por depósitos de avalancha, cubierto por piroclastos, con disección vertical fuerte; 13, Nivel superior con disección vertical intensa, con depósitos de avalancha posiblemente proveniente del Nevado de Colima o del Paleofuego; 14, Formado por depósitos volcánicos del Nevado de Colima, con disección vertical fuerte; 15, Formado por avalancha volcánica, con disección vertical media; 16, Formado por depósitos de avalancha volcánica, con disección vertical media a fuerte; 17, Formado por depósitos de avalancha volcánica antigua, con disección vertical media a fuerte; 18, Nivel inferior con disección vertical débil; 19, Nivel inferior con disección incipiente; 20, Planicie nivelada por depósitos volcánicos recientes. Símbolos complementarios: 21, Elevaciones montañosas barrera a los depósitos volcánicos de flujo; 22, Lineamientos; 23, Límites secundarios de zonas morfológicas.

Figura 6.1.- Mapa geomorfológico el volcán del complejo volcánico de Colima. Lugo Hubp, del Pozzo, Vázquez, "Estudio geomorfológico del complejo volcánico de Colima" (1992).

En contraste con el estudio ya mencionado y realizado en años atrás, el presente trabajo que se realizó presenta coincidencias con respecto al relieve que conforma al Volcán de Fuego de Colima ya está en constante movimiento y ha provocado una caracterización específica del edificio volcánico, sin embargo debido a la constante actividad volcánica de la zona, dicho relieve ha presentado cambios importantes de diez años previos a la fecha.

Estos cambios en la morfología del volcán se muestran con la imagen de morfología general del Volcán de Fuego de Colima elaborada en este trabajo de investigación, corroborando que el constante movimiento del relieve ha dado determinada caracterización al volcán, como se muestra en la siguiente figura.

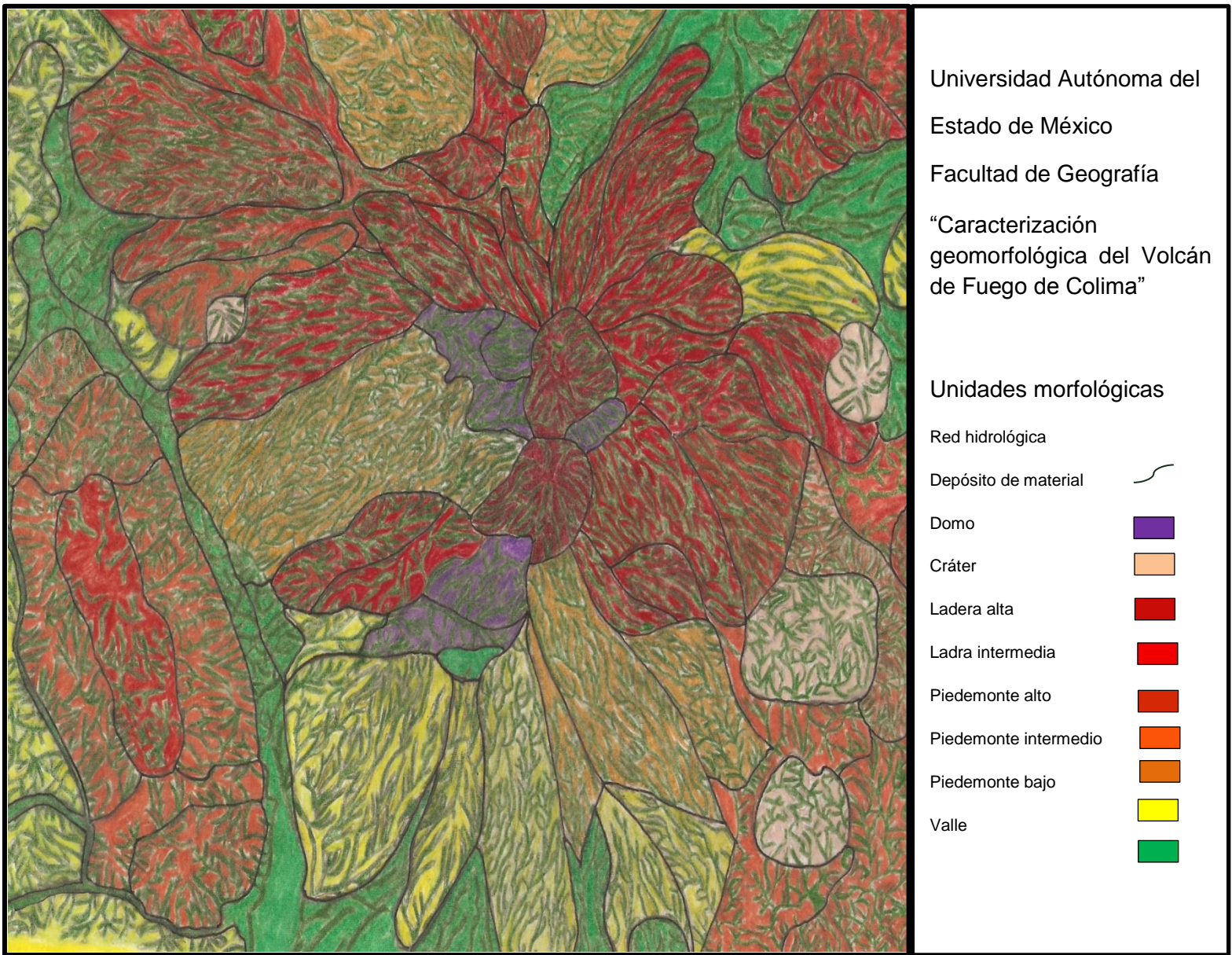


Figura 6.2.- Morfología general del Volcán de Fuego de Colima

Unidad morfológica	Color de la unidad	Altitud	Descripción
Domo		950 – 1,550 m	Formación elevada en forma de arco redondeado, conformada por enfriamiento de lava.
Depósito de material piroclástico		1,450 – 2.250m	.Conformado por acumulación de flujo piroclástico, expulsado en actividad resiente.
Cráter		3,250 – 4,250 m	Zona conformada por material volcánico resiente, flujos piroclásticos y coladas lávicas.
Ladera alta		2,850 – 3,250m	Forma parte del desarrollo principal de complejo volcánico, con pendiente alta, conformado por material volcánico resiente.
Ladera Intermedia		2,450 – 2,850m	Porción inclinada de la superficie terrestre con pendiente media, conformada por deslizamiento de flujo volcánico y fluvial.
Boque montaña alto		1,650 – 2,450m	Barrera conformada por depósitos de material volcánico y arrastre fluvial.
Bloque montaña bajo		1,100 – 1,650 m	Barrera formada por material de depósito fluvial y volcánico.
Piedemonte alto		2,050 – 2,450m	Parte superior del desarrollo del edificio volcánico, ligada a la ladera del volcán.
Piedemonte intermedio		1,750 – 2,050m	Formado por sustrato rocoso, con una delgada capa de material volcánico no consolidado, con pendiente media.
Piedemonte bajo		1,050 – 1,750m	Superficie marginal que forma parte de la estructura base del complejo volcánico, formado por avalanchas volcánicas.
Valle		350 -1,050 m	Zona de depósito de material volcánico.

Tabla 14.- Descripción de unidades morfológicas.

Como se mencionó anteriormente, en la parte del Volcán de Fuego de Colima, como en la partes altas de la zona de estudio que tiene una altitud de los 250 a 1000 metros de altitud, observa que el terreno está compuesto de roca de origen ígnea extrusiva, es decir que se forman por la acumulación de lava expulsada del volcán y que se enfrían rápidamente al solidificarse a menor profundidad o cerca de la superficie.

De igual manera se puede observar en la carta geomorfológica, que las partes Noreste, Este, Sur y Oeste existe una densidad de disección que va de los 0.44 a 0.84 grados de disección, debido al comportamiento del sistema fluvial que genera por el arrastre de material piroclástico que va erosionando el suelo.

Por ultimo lo que sobresale de esta imagen es el conjunto de fallas que marcan delimitaciones de bloque en la parte Suroeste y Sureste, lo que lleva a la teoría que se debe a la fractura de la corteza generando desplazamientos rocosos importantes. Cabe mencionar que estas fallas coinciden en sitio con la densidad de disección que ha formado barrancos por el sistema fluvial que intervine con arrastre y acumulación de sedimentos en estas zonas.

6.2. Recomendaciones.-

Como se mencionó en la idea principal de la hipótesis de este trabajo de análisis del Volcán de Fuego de Colima que era conocer la geomorfología del complejo volcánico por medio de la etapas eruptivas y su alcance, no se pudo corroborar esta idea debido a que el trabajo realizado no fue suficiente para corroborar dicha idea, por lo que se recomienda realizar un trabajo de investigación constante y periódico, quizá cada vez que se presente una actividad volcánica importante, ya que como se concluyó, la zona muestra un dinamismo volcánico importante debido a la actividad tan constante del Volcán de Fuego de Colima.

Por ello se recomienda:

Realizar un levantamiento estratigráfico que permita conocer la secuencia de los basamentos de cada etapa eruptiva del complejo volcánico y así conocer con mayor detalle la morfología que caracteriza al volcán. E inclusive se recomienda realizar análisis petrográficos tanto de la litología estratigráfica de cada basamento y perfil, como de las rocas por ejemplo muestreadas en el trabajo de campo que se realizó en el en la zona delimitada para el estudio del edificio volcánico, que permita analizar los componentes químicos que definen los tipos de etapas eruptivas del Volcán de Fuego de Colima.

ANEXOS



Figura 6.3.- Depósitos de ceniza, en la comunidad de la Yerbabuena, municipio de Comala, Colima.



Figura 6.4.- Bloques de roca depositados en las laderas del volcán, en la comunidad de la Yerbabuena, municipio de Comala, Colima.



Figura 6.5.- Capa de ceniza recién expulsada del Volcán de Fuego de Colima, comunidad de la Yerbabuena, municipio de Comala, Colima.



Figura 6.6.- Momento preciso de una exhalación del Volcán de Fuego de Colima.



Figura 6.7.- Columna de ceniza expulsada del Volcán de Fuego de Colima, Comunidad de la yerbabuena, municipio de Comala, Colima.



Figura 6.8- Depositos de material volcánico en el río la Lumbre, en la Localidad de la Becerera, municipio de Comala Colima.



Figura 6.9.- Derrame de flujo piroclástico en la ladera Sur del Volcán de Fuego de Colima.



Figura 6.10.- Bloques de roca a un extremo de la carretera a la localidad de la Quesería, municipio de Cuauhtémoc Colima



Figura 6.11.- Cráter del Volcán de Fuego de Colima (Universidad de Colima, Centro de estudios e investigaciones de vulcanología).



Figura 6.12.- Ladera Sur del Volcán de Fuego de Colima (Universidad de Colima, Centro de estudios e investigaciones de vulcanología).



Figura 6.13.- Coladas lávicas del Volcán de Fuego de Colima. (Universidad de Colima, Centro de estudios e investigaciones de vulcanología).

Bibliografía

- Houghton B., McNutt S., Hazel., & Stix J. (2009). “*Enciclopedia of volcanoes*”.
- López E. (1982). “*Geología de México o tomo III*”. E. López Ramos, 1979, *Geológica de México tomo II*.
- Estrada E. (1990). “*El vulcanismo en Jalisco*”.
- Yarza E. (1984). “*Volcanes de México*”.
- Medina F. (1997). “*Sismicidad y vulcanismo en México*”.
- M. Bullard. (1962). “*Volcanoes of the earth*”.
- Tazieff & Hauron. (1974). “*Los volcanes y la deriva de los continentes*”.
- Roths J. (1972). “*Sismos y volcanes*”.
- Lugo J. (1992). “*La superficie de la tierra. Procesos catastróficos, mapas y relieve mexicano*”.
- Lugo J. (2004). “*El relieve de la tierra y otras sorpresas*” Conacyt.
- Díaz. L (1990). “*Neotectónica y análisis morfoestructural*”.
- Gutiérrez M. (2008). “*Geomorfología*”.
- Clarkson P. (2000). “*Volcanoes*”.
- Tiiling R. (1989). “*Peligros Volcánicos, organización mundial de observatorios vulcanológicos*”.
- Decker R., & Decker B. (1993). “*Montañas de fuego “La naturaleza de los volcanes”*”.
- Universidad de Colima, “*Cuarta reunión internacional. Volcanes de Colima, Colima*”.
- University of Washington, University Yale. (2004). “*Dinamic earth/ Introduction to physical geolgy.*”
- Lugo J., Del Pozzo., & Vázquez S. (1992). “*Estudio Geomorfológico del complejo Volcánico de Colima*”.
- Rodríguez E. (1995). “*Estratigrafía y estructura del volcán de Colima, México*”.

- Del Pozzo A., Romero V., & Ruiz K. (1987). *“Los flujos piroclásticos del Volcán de Colima”, México.*
- Martínez F. (1983). *“Analysis of the eruptive history of volcano de Colima, México” (1560-1980).*
- Murray J. (1991). *“Ground deformation at Colima Volcano, México, 1982 to 1991”.*
- Hernández J., López M., Méndez A., & Bollo M. *Revista Cuaternario y Geomorfología, “Intensidad geomorfológica del relieve noroeste del estado de Chiapas, México: Un enfoque para la planeación territorial”.*
- Macías L. (2005). *“Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen Conmemorativo del Centenario Temas Selectos de la Geología Mexicana Geología e historia eruptiva de algunos de los Grandes volcanes activos de México”.*
- Centeno J. (2008). *“Geodinámica Externa, Morfometría”.*
- Del Pozzo, Sheridan, Berrera, Lugo, Vázquez (1995). *“Potential hazards from Colima volcano”, México.*
- Martínez. (2012). *“Análisis morforestructural del sector Fronteras-Esqueda y su relación con la falla Fronteras en el NE del Estado de Sonora”.*
- Vallejo (1977) *“Aplicación de los mapas geomorfológicos a la planicie urbana, con un ejemplo de Tenerife” Boletín geológico minero.*
- Gonzales C. (2006) *“Mapas geomorfológicos” UCLM.*
- Durán, Escolero, Muñoz, Castillo, Silva *“Cartografía geomorfológica a escala 1:50,000 de las lagunas de Montebello en Chiapas, México”.* Boletín de la sociedad Geológica Mexicana.
- Lermo, Cuenca, Monfret, Hernández, Nava (1991) *“Algunas de las características espectrales asociadas con la actividad volcánica del volcán de Colima” Geofísica internacional.*
- Linares (2012) *“Análisis geomorfológico de la DAO usando GIS” UNAM.*
- *“Ley de protección civil de estado de Colima” (2012).*
- Lugo Hubp (2011) *“Diccionario geomorfológico” Instituto de geografía de la UNAM.*

- Canchola P. (2001) “Análisis geomorfológico de las laderas SE-SW del volcán de Colima).

Bibliografía de Internet

- [//portal.ucol.mx/cueiv/Volcan-colima.htm](http://portal.ucol.mx/cueiv/Volcan-colima.htm)
- www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/32
- www.igeograf.unam.mx/
- www.unamenlinea.unam.mx/recurso/instituto-de-geografia
- www.investigacionesgeograficas.unam.mx
- www.ssn.unam.mx/
- tecreview.itesm.mx/tag/instituto-de-geofisica-de-la-unam/
- <https://www.gob.mx/cenapred>
- <http://www.cenapred.gob.mx:8080/monitoreoPopocatepetl/>
- www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/
- www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/55.pdf
- <https://www.ucol.mx/>
- www.inegi.org.mx