



VOLCÁN DE COLIMA

VOLCÁN DE FUEGO Y LUZ

Raúl Arámbula Mendoza

UNIVERSIDAD DE COLIMA

VOLCÁN DE COLIMA

VOLCÁN DE FUEGO Y LUZ

VOLCÁN DE COLIMA

VOLCÁN DE FUEGO Y LUZ



RAÚL ARÁMBULA MENDOZA

UNIVERSIDAD DE COLIMA
Dr. Christian Jorge Torres Ortiz Zermeño, Rector
Mtro. Joel Nino Jr., Secretario General
Mtro. Jorge Martínez Durán, Coordinador General de Comunicación Social
Mtra. Ana Karina Robles Gómez, Directora General de Publicaciones

© UNIVERSIDAD DE COLIMA, 2024
Avenida Universidad 333
Colima, Colima, México
Dirección General de Publicaciones
Teléfonos: (312) 31 61081 y 31 61000, ext. 35004
Correo electrónico: publicaciones@ucol.mx
http://www.ucol.mx

ISBN electrónico: 978-607-8984-17-6
DOI: 5E.1.1/32200/046/2023
Edición de publicación no periódica



Derechos reservados conforme a la ley
Impreso en México / *Printed in Mexico*

Este libro está bajo la licencia de Creative Commons, Atribución – NoComercial – CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

Usted es libre de: Compartir: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar: remezclar, transformar y construir a partir del material bajo los siguientes términos: Atribución: Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. NoComercial: Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. CompartirIgual: Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.

Proceso editorial certificado con normas Iso desde 2005
Dictaminación doble ciego y edición registradas en el Sistema Editorial Electrónico PRED

Registro: LI-021-23
Recibido: Septiembre de 2023
Publicado: Agosto de 2024



La naturaleza del volcán. Fotografía aérea obtenida mediante un dron al amanecer, tomada cerca del río La Lumbre, Jalisco. Fecha: 11 de julio de 2020.

DEDICATORIA

A mi hijo Emiliano, que este libro te inspire para que encuentres una pasión en la vida, aunque no sean volcanes.

Para mi esposa Gabriela, que ha comprendido este gran amor que tengo con el Volcán de Colima y me ha acompañado y amado en todo este tiempo de mi feliz vida al lado de ella.

Para mis padres, que me dieron todo el amor y la educación posible, todo lo que soy es gracias a ellos y aunque ya no tengo a mi padre conmigo, lo recuerdo a diario. A mi hermano, que siempre ha estado ahí para apoyarme y aconsejarme. A mi familia, que me ha enriquecido con consejos y cariño incondicional en todo momento.

A mis amigos, que, aunque se encuentren en la lejanía, los siento muy cercanos a mí.

A mis compañeros de trabajo en la RESCO-CUEV, han sido para mí como una segunda familia con la que he aprendido muchas cosas, inclusive buenas.

A ti, Volcán de Colima, por existir y llenarnos diariamente de tu belleza inconmensurable.



Volcán de Colima entre sombras. Fotografía aérea en donde se puede observar un pequeño arcoíris y la cara este del volcán entre sombras y luces.
Fecha: 15 de julio de 2015.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero agradecer a la Universidad de Colima, que ha creído en mí para trabajar en el monitoreo y en el estudio del volcán más activo de México. Uno de los fotógrafos que más han influido en mi obra es Erick Gómez Tochimani, él me guió para hacer muchas de mis fotografías nocturnas, gracias por todos sus consejos y espero algún día ser la mitad de bueno de lo que es él. Agradezco enormemente también a la Unidad Estatal de Protección Civil del Estado de Colima, así como a la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos del Estado de Jalisco y a la Policía Federal por facilitar las aeronaves para los vuelos de reconocimiento del Volcán de Colima. También quiero agradecer enormemente a dos revisores anónimos que ayudaron a mejorar este documento.



Luna aterrizando. La luna y el Volcán de Colima por la mañana. Fotografía tomada cerca de San Marcos, Jalisco. Fecha: 2 de enero de 2021.

ÍNDICE

Prólogo	11	EL VOLCÁN DE COLIMA	
Introducción	13	A TRAVÉS DEL LENTE DE UNA CÁMARA	35
UN PLANETA DE VOLCANES	15	Actividad efusiva	37
Estructura de la Tierra	17	Actividad explosiva	47
Deriva continental y tectónica de placas	18	En blanco y negro	57
Vulcanismo	20	La Vía Láctea	67
Tipos de magma	21	El trazo de las estrellas	83
Tipos de volcanes	22	Objetos astronómicos	93
Tipos de erupciones	25	Panorámicas	103
Amenazas volcánicas	26	Amaneceres y atardeceres	121
Tamaño de las erupciones	29	Fotografías aéreas	131
Monitoreo volcánico	30	Fotografías diurnas	141
Riesgo volcánico	31	Camino al volcán	151
Beneficios de la actividad volcánica	32	Trabajo de campo	161
		Referencias bibliográficas	169



Volcanes colorados. Fotografía en la hora dorada del Volcán de Colima y el Nevado de Colima, fue tomada desde la zona conocida como San Antonio, en Colima. Fecha: 6 de abril de 2023.

PRÓLOGO

LA CONEXIÓN DEL VOLCÁN

En la contemplación del Volcán de Colima se vislumbra la convergencia sutil pero poderosa entre la ciencia y el arte. En una sola imagen, la majestuosidad de la naturaleza se entrelaza con la precisión y la sensibilidad estética, creando una síntesis armónica de ambos mundos. El riguroso análisis de los fenómenos volcánicos aporta una comprensión profunda de los procesos geológicos que moldean el paisaje. Cada detalle, desde la textura de la roca hasta la composición de los gases emitidos, es registrado con exactitud y meticulosidad, revelando los secretos ocultos bajo la superficie del volcán.

En esta convergencia, la imagen del Volcán de Colima se convierte en algo más que una simple representación visual. Se convierte en un testimonio vivo de la complejidad y la belleza de los paisajes que se nos ofertan, una invitación a contemplar y comprender de forma más profunda y completa nuestra existencia en la Tierra.

El cruce de disciplinas entre la ciencia y el arte lo encuentra el Dr. Raúl Arámbula, cuya dedicación a la vulcanología se entrelaza con su habilidad fotográfica. Centrado en el Volcán de Colima como su objeto de estudio y fuente de inspiración, Arámbula demuestra un enfoque meticuloso y riguroso tanto en su labor científica como en su práctica fotográfica.

La fotografía, para Arámbula, no es solo una forma de capturar la belleza del paisaje volcánico, sino también una herramienta para documentar y analizar los fenómenos geológicos. Con una composición calculada y un cuidadoso control del claro-oscuro, sus imágenes transmiten no solo la grandiosidad del volcán, sino también la seriedad de su investigación.

Cada fotografía es el resultado de un proceso técnico minucioso, donde el artista busca la perfecta combinación de luz, sombra y perspectiva. Así, el trabajo de Raúl Arámbula sirve como un ejemplo de cómo el rigor científico y la sensibilidad artística pueden converger en una práctica creativa y significativa. Su dedicación a la fotografía nos recuerda la importancia de una mirada cuidadosa y reflexiva en la exploración del mundo que nos rodea.

Este libro de divulgación trasciende las palabras para convertirse en un catálogo de imágenes cautivadoras, donde cada página es un lienzo que transporta al lector a los dominios del Volcán de Colima. La presente publicación no solo descubre la ciencia detrás de la majestuosidad del volcán, sino que también se sumerge en un viaje visual lleno de coloridos contrastes y encuentros entre el fuego y el agua, el cielo estrellado y la tierra vibrante.

El Volcán de Colima, a través del lente de Raúl Arámbula, trasciende su condición geológica para convertirse en algo más que una simple masa de roca y lava. Cada imagen capturada se convierte en una expresión de su visión única del mundo, en una interpretación personal y profundamente arraigada de la belleza y la grandeza de este fenómeno natural.

Al observar sus fotografías, es evidente que Arámbula no simplemente documenta el volcán, sino que lo interpreta a través de su propio prisma creativo. Sus imágenes transmiten una sensación de intimidad y conexión con el paisaje, como si el volcán fuera una extensión de su propia alma. En cada toma, se revela esa magnificencia del volcán y el compromiso del fotógrafo con su sujeto.

La imagen se vuelve suya en el sentido más profundo, ya que refleja lo que el ojo puede ver, y lo que el corazón y la mente pueden sentir. Cada detalle, desde la elección del encuadre hasta el manejo de la luz, está impregnado de la personalidad y la sensibilidad de Arámbula, transformando la fotografía en una expresión genuina de su ser.

En este sentido, el volcán se convierte en una extensión del propio Arámbula, un reflejo de su conexión íntima con la naturaleza y su compromiso con la exploración y la comprensión del coloso y su contexto. A través de sus imágenes, nos invita a contemplar el volcán como una fuente inagotable de inspiración y asombro, capaz de conmover y transformar a aquellos que se atreven a mirarlo a través de sus ojos.

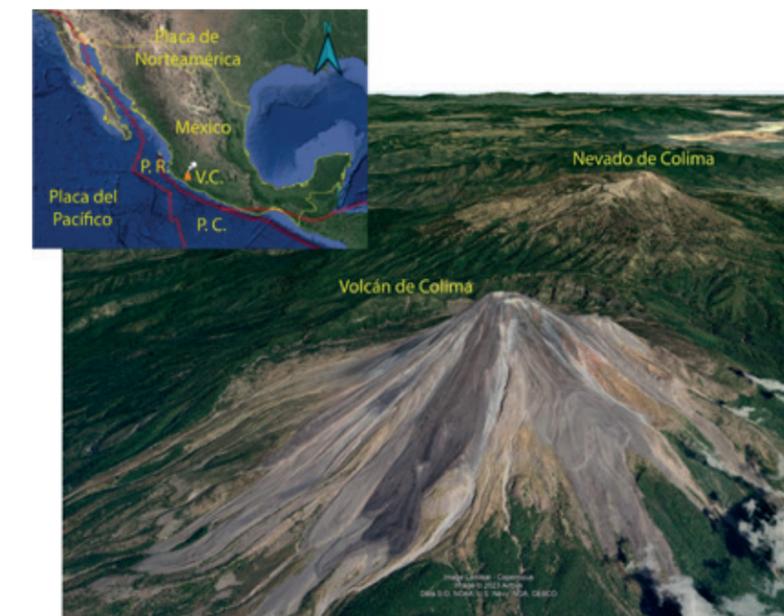
Dr. Alfonso Cabrera Macedo

INTRODUCCIÓN

El Volcán de Fuego de Colima o simplemente Volcán de Colima (V.C.), se localiza entre los estados de Colima y Jalisco, en el occidente de México (figura 1). Es parte de una cadena de volcanes llamado Complejo Volcánico de Colima (CVC). El CVC está compuesto por el Cántaro, el Nevado de Colima y el Volcán de Colima (Luhr y Carmichael, 1980); asimismo, el CVC pertenece al Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM), una cadena de volcanes que empieza en Nayarit, pasa por Jalisco, Colima, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz.

Por su actividad registrada históricamente, el Volcán de Colima es considerado el más activo de México y uno de los más activos de Norteamérica (Medina-Martínez, 1983; De la Cruz-Reyna, 1993; Bretón et al., 2002). El Volcán de Colima es un estratovolcán compuesto por sucesiones de flujos de lava y material piroclástico con una altura aproximada de 3 860 msnm. Fechamientos hechos a las rocas de El Cántaro, el primer volcán del complejo, indican una edad aproximada de 1.7 millones de años (Allan y Carmichael, 1984). Según algunos autores, la edad del Volcán de Colima, es de aproximadamente 50 000 años (Robin et al., 1987). Otros autores reportan que el Volcán de Colima ha tenido alrededor de 12 colapsos estructurales (destrucción de parte del edificio volcánico) en los últimos 45 000 años (Komorowski et al., 1997). Uno de los más importantes fue el del edificio volcánico conocido como Paleofuego, con un edificio más alto que el actual, que colapsó dejando una pared llamada la muralla o caldera al norte del edificio volcánico vigente, y que es un rasgo morfológico importante del volcán en el presente. Este colapso ocurrió, de acuerdo con nuevos

Figura 1. Localización del Volcán de Colima (V.C.) en México



El volcán se encuentra entre los estados de Colima y Jalisco. P. R. significa Placa de Rivera y P.C. Placa de Cocos. Fuente: Vista aérea de Google Earth.

estudios, hace 7 000 años (Cortés et al., 2019). Después de este evento sucedieron otros colapsos, el último hace 2 500 años, por lo que la edad del actual edificio volcánico es menor a esta cifra.

En los últimos 463 años el Volcán de Colima ha registrado más de 44 erupciones, las más importantes con un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) de 4, observadas en 1606, 1622, 1818, 1890 y 1913 (Mendoza-Rosas y De la Cruz-Reyna, 2008). Específicamente, la última gran erupción ocurrida en 1913 (Saucedo et al., 2010; Connor et al., 2019) fue catalogada como pliniana, un tipo de erupción con una columna sostenida mayor a 10 km, con la generación de corrientes de densidad piroclásticas comúnmente conocidas como flujos piroclásticos (bloques, nubes de ceniza y gases a altas temperaturas que descienden a grandes velocidades por las barrancas y que todo lo destruyen). Estas erupciones pueden durar varias horas. En los últimos años han ocurrido diferentes pulsos eruptivos, los más importantes en 1991, 1994, 1997-1999, 2001-2003, 2004-2005, 2007-2011 y 2013-2017.

Particularmente, la actividad de 2004 a 2005 estuvo caracterizada por la emisión de un domo de lava en septiembre de 2004 y la construcción y destrucción de sucesivos domos de lava acompañados por explosiones vulcanianas de febrero a septiembre de 2005 (las explosiones vulcanianas son generadas por sobrepresión dentro del conducto o base del domo, por obstrucción de la salida de gas que se acumula hasta que la presión es liberada en una explosión). La actividad de julio de 2015 ha sido la más importante desde la erupción de 1913. Dos grandes colapsos del domo ocurrieron hacia el sur del volcán, por las barrancas de San Antonio y Montegrande. Estos colapsos generaron grandes depósitos de flujos piroclásticos que rellenaron esas barrancas (Reyes-Dávila et al., 2016; Arámbula-Mendoza et al., 2019).

El Volcán de Colima ha tenido en los últimos años alternancia entre actividad efusiva (construcción de domos de lava y flujos de lava) y actividad explosiva (eventos que fragmentan al magma de forma violenta). Algunos autores mencionan que el volcán tiene periodos de actividad en los cuales el ciclo eruptivo termina con una erupción grande de tipo subpliniana a pliniana (Luhr, 2002). Cabe mencionar que en los últimos años, la actividad explosiva ha sido de tipo vulcaniana.

En este libro encontrarás fotografías obtenidas desde 2014 hasta 2024, lapso en que la actividad del volcán ha sido muy variada, con crecimientos de domos de lava, derrumbes de material incandescente, flujos piroclásticos y explosiones. El Volcán de Colima ha demostrado ser muy activo y dinámico, durante este tiempo su cráter y sus laderas han presentado cambios significativos que han sido observados por muchos fotógrafos, tanto aficionados como profesionales. A lo largo de la primera parte del libro encontrarás datos sobre la estructura de la Tierra, la deriva continental y la tectónica de placas, el vulcanismo, los tipos de magma y los tipos de volcanes; asimismo, acerca de los tipos de erupciones, las amenazas volcánicas, el tamaño de las erupciones y el monitoreo volcánico; así como el riesgo y los beneficios de la actividad volcánica.

La segunda parte del libro está compuesta por fotografías de mi autoría, realizadas durante más de 10 años de viajes al volcán. Muchas de las imágenes fueron capturadas en viajes planificados para la observación de la actividad volcánica, con la finalidad de documentarla y complementar el análisis científico que hacemos en el Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos (CUEV) de la Universidad de Colima, como parte de su vigilancia. También existen fotografías que tienen un objetivo más estético que el de simplemente documentar, y que siguen reglas de composición ya conocidas en la fotografía, como la proporción áurea, puntos de fuga, simetrías, etcétera. Adicionalmente, existen instantáneas hechas con un alto grado de técnica para capturar al volcán junto a la Vía Láctea; o bien, imágenes del movimiento relativo de las estrellas, conocidas como trazo de estrellas o *startrails*. Finalmente, se incluyen fotografías aéreas obtenidas por medio de sobrevuelos de reconocimiento.

Sin lugar a duda, fotografiar y contemplar a uno de los volcanes más activos del mundo es para mí uno de los placeres más grandes que he tenido como científico y como fotógrafo de naturaleza. Espero que disfruten de cada imagen como las disfruté cuando las tomé, y que se asombren como también lo hice al presenciar la belleza de nuestro majestuoso Volcán de Colima.

UN PLANETA DE VOLCANES

ESTRUCTURA DE LA TIERRA

La estructura de la Tierra está dividida en diferentes capas, se trata de un proceso que se ha llevado a cabo desde su formación, hace más de 4 600 millones de años, hasta la fecha. Durante este tiempo los materiales más pesados o densos se hundieron hasta el centro. Como primer lugar tenemos al núcleo interno sólido, localizado entre 6 370 y 5 150 km de profundidad y con temperaturas entre 4 000 a 4 700 °C (figura 2). Los principales elementos que componen al núcleo interno son el hierro y el níquel en estado sólido. Después se encuentra el núcleo externo líquido, entre 5 150 y 2 990 km de profundidad con temperaturas de entre 3 500 a 4 000 °C. Sabemos que se comporta como un fluido debido a que en él no se transmiten las ondas sísmicas S (ondas secundarias de tipo cizalla) durante un terremoto. Los elementos que componen el núcleo externo son los mismos que en el interno, pero en estado líquido.

Enseguida se encuentra el manto inferior entre 2 990 y 660 km de profundidad, con temperaturas que van de 3 500 a 1 000 °C. Le sigue el manto superior, con una profundidad entre 660 y 70 km, y con temperaturas menores a los 1 000 °C. El manto está constituido por rocas ricas en silicatos de hierro y magnesio. Finalmente, tenemos la parte rígida y fría de la tierra, la corteza, tanto oceánica con espesor de hasta 10 km y compuesta principalmente por rocas densas de silicatos de hierro y magnesio; y la continental, de hasta 70 km de espesor, con una menor densidad y compuesta por rocas con silicatos de sodio, potasio y aluminio principalmente. El cambio térmico va de 0 a 100 km a razón de 15 a 30 °C/Km hasta el manto exterior.

Figura 2. Estructura de la Tierra

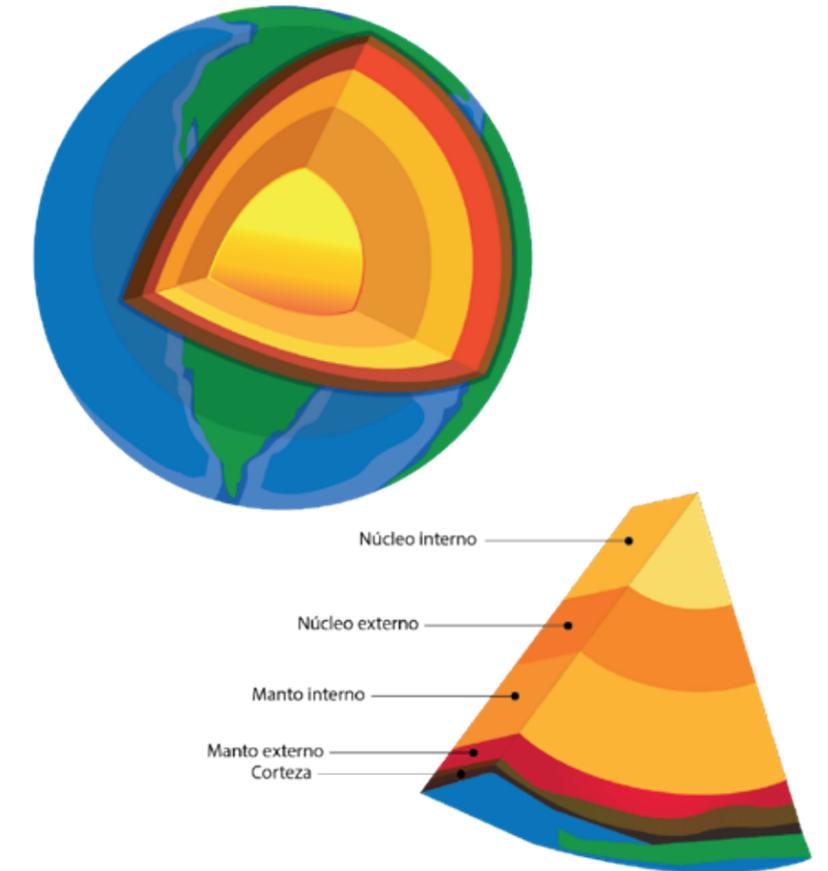


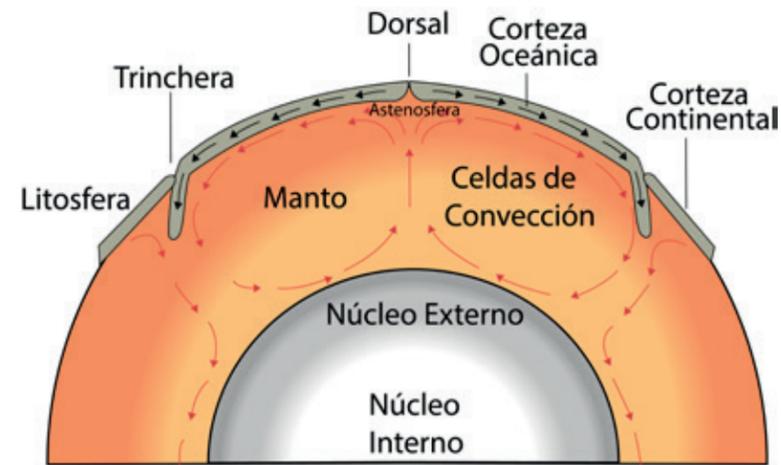
Ilustración: Víctor Hugo Gaytán Chávez.

DERIVA CONTINENTAL Y TECTÓNICA DE PLACAS

La teoría de la deriva continental fue desarrollada por el meteorólogo alemán Alfred Wegener en 1915 (García-Cruz, 2012), en ella propuso que los continentes estaban unidos en un súper continente llamado Pangea. Esto ocurrió al principio de la era mesozoica, hace 251 millones de años aproximadamente. Esta teoría explica que los continentes se empezaron a mover hasta la posición que conocemos hoy en día, todo esto sugerido por la observación de que los continentes encajan como rompecabezas, por ejemplo, Sudamérica con África, además de existir rocas y fósiles similares en ambos continentes. El problema de la teoría en su momento estaba en explicar las fuerzas que provocaban el movimiento de los continentes, por lo que fue rechazada. No fue hasta la década de los sesenta con nuevas observaciones geofísicas que se pudo comprobar esta propuesta. Las observaciones fueron principalmente la sismicidad y el magnetismo que se observa en las cordilleras oceánicas en las cuales existe la salida de nuevo material magmático que forma la corteza oceánica.

Actualmente la teoría más aceptada entre la comunidad científica para explicar el desplazamiento de los continentes está basada en el movimiento convectivo del manto terrestre (figura 3). El material del cual está formado el manto se comporta como un fluido en largos periodos de tiempo, este material se calienta y sube hasta la superficie, donde se enfría y aumenta su densidad, por lo que vuelve a bajar. Dicho fenómeno es el responsable del movimiento de las placas tectónicas en la superficie de nuestro planeta. Actualmente, es posible por medio del sistema de posicionamiento global (GPS) conocer la dirección y velocidades de desplazamiento de las placas, las cuales se encuentran entre los 3 a 6 cm por año en promedio. Un total de 15 placas principales exis-

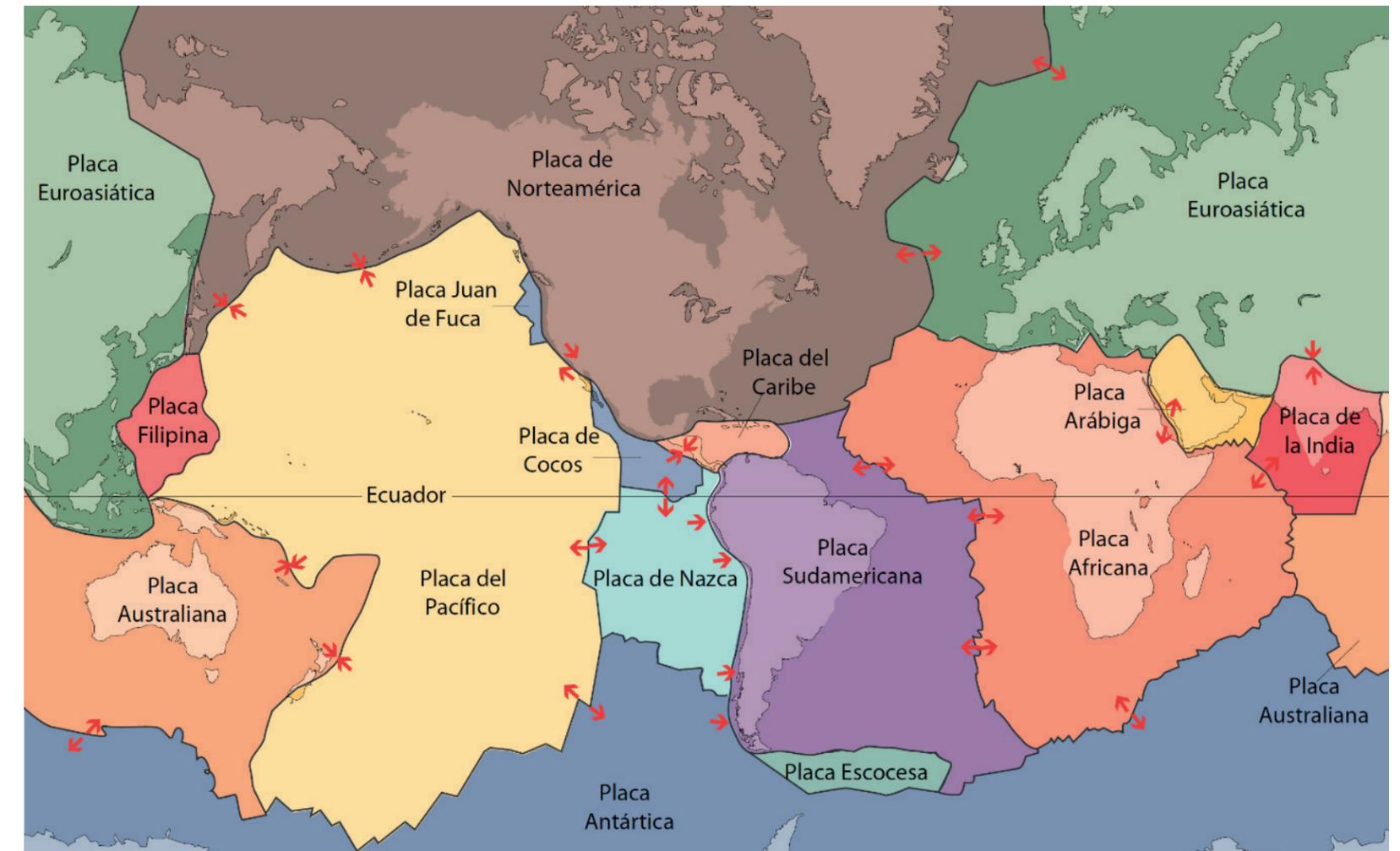
Figura 3. Celdas de convección en el manto terrestre



Nota. Las celdas de convección en el manto terrestre son las responsables del movimiento de las placas tectónicas en la corteza.
Fuente: Elaborado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

te en nuestro planeta (figura 4), más otras de menor tamaño. La interacción entre las placas genera tres tipos de movimientos: divergente, convergente y transformante. En el límite divergente, las placas se separan, generando nuevo piso oceánico por ascenso de magma y cordilleras volcánicas. En el límite convergente, las placas chocan, provocando zonas de subducción (deslizamiento de una placa de la corteza terrestre debajo de otra placa), volcanes, arcos de islas volcánicas y cordilleras montañosas. Finalmente, en el límite transformante, las placas se deslizan una con respecto a la otra en una falla lateral.

Figura 4. Principales placas tectónicas en nuestro planeta



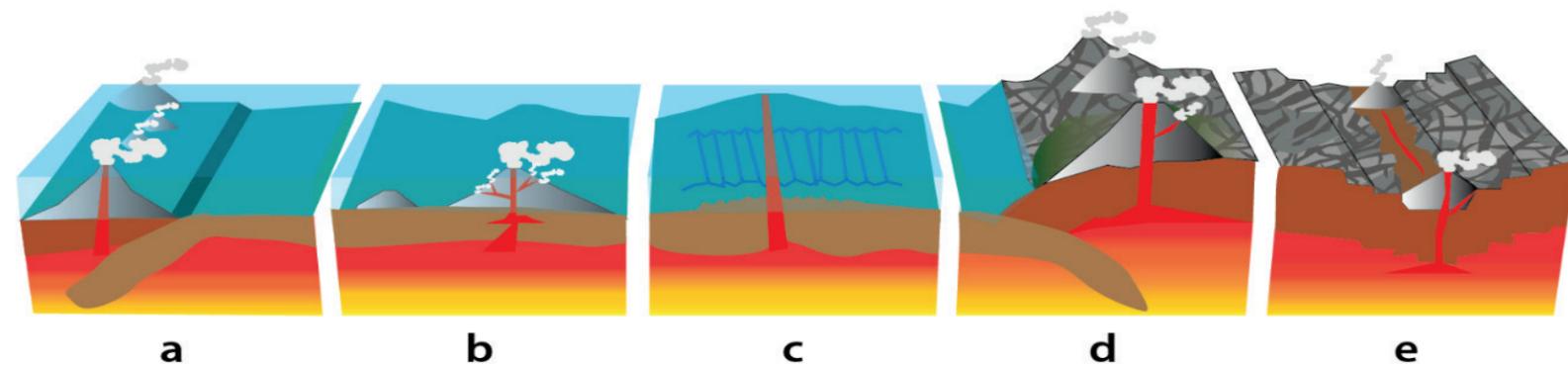
Fuente: Elaborado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

VULCANISMO

El vulcanismo es el resultado del proceso de la generación de magma y su transporte a la superficie por medio de erupciones. En nuestro planeta es observado principalmente en los límites divergentes y convergentes de las placas (figura 5). En el límite divergente, las placas oceánicas se separan y facilitan el ascenso del magma hasta la superficie desde el manto; esto ocurre en las dorsales oceánicas (cordilleras de pequeñas montañas submarinas por donde existe salida de material lávico), que es donde más erupciones ocurren debajo del nivel del mar. Aunque también hay gran actividad volcánica en el *rift* de África, ahí se han formado lagos y volcanes por la separación del continente africano. Islandia es un país que se ha formado en un límite divergente, la separación entre la placa Euroasiática y la placa de Norteamérica facilita el ascenso de magma, convirtiendo a ese lugar en un sitio ideal para estudiar volcanes.

En el límite convergente, cuando una placa oceánica choca contra otra placa continental se forma una zona de subducción. En este lugar se acumulan esfuerzos que producen mucha sismicidad. También, la placa oceánica, al ser más densa que la placa continental, se hunde por debajo de ésta, lo que genera que la placa oceánica se desintegre. Así, parte de ella se funde debido a la presencia de agua en las rocas subducidas, lo que provoca que baje el punto de fusión. Una cantidad de este material se incorpora al manto, y otra asciende por fracturas y fallas hasta llegar a la superficie, formando cadenas de volcanes, como en el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) o los Andes en Sudamérica. Cuando chocan dos placas oceánicas, la placa más densa y pesada es la que se hunde, en este caso se forma un arco de islas volcánicas, como las islas Aleutianas o las pequeñas Antillas en el mar Caribe. También existen lugares en donde una pluma de magma asciende desde el manto y atraviesa la corteza, dando lugar a erupciones volcánicas de lavas generalmente muy fluidas, estos sitios son conocidos como puntos calientes. Uno de los lugares más representativos de este fenómeno son las islas de Hawái, pertenecientes a los Estados Unidos en el océano Pacífico.

Figura 5. Ambientes tectónicos en donde se desarrolla el vulcanismo



De izquierda a derecha, a) Proceso de subducción que forma un arco de islas, b) Punto caliente, c) Dorsal oceánica, d) Proceso de subducción y la formación de cadenas volcánicas, y e) *Rift* continental. Ilustración: Víctor Hugo Gaytán Chávez.

En el caso del Volcán de Colima, la subducción de las placas de Cocos y de Rivera por debajo de la placa norteamericana es la causante de la actividad volcánica en el CVTM. Además, el Volcán de Colima se encuentra dentro de una estructura geológica conocida como el Graben de Colima, en donde es observado un estado de esfuerzos tensional que genera fracturas en dirección N-S y E-O, al parecer el magma asciende por las fracturas N-S, generando la cadena de volcanes del Complejo Volcánico de Colima (CVC) (Norini et al., 2010).

TIPOS DE MAGMA

El magma es una masa ígnea en fusión existente en el interior de la Tierra, es amorfa y tiene según su composición química líquidos, sólidos y gases a altas temperaturas. Cuando el magma sale a la superficie desde un volcán o una fisura de la corteza se le llama lava y se encuentra en fusión parcial, es decir, puede fluir sobre la superficie y dependiendo de su composición puede solidificarse rápidamente o recorrer grandes distancias antes de hacerlo.

Existe una clasificación de los magmas que dan origen a diferentes rocas volcánicas. Cuando el magma se enfría dentro de la corteza se le llama roca ígneas intrusivas o plutónicas, cuando la lava se enfría en la superficie recibe el nombre de roca ígnea extrusiva. Dependiendo la cantidad de sílice (SiO_2) contenida en el magma o en la lava, las rocas se dividen en ígneas básicas o máficas, si tiene menos de un 52% de SiO_2 ; intermedia, si tiene un contenido entre un 52% y 63% de sílice; y ácida o félsica, si tiene más de un 63% de este compuesto (Ridley, 2012).

Los magmas ácidos existen a temperaturas menores que los básicos, que pueden alcanzar temperaturas de hasta 1 200 °C. Además, presentan un mayor contenido de volátiles o gases, lo cual aumenta su peligrosidad por su facilidad de generar erupciones explosivas. En los últimos años, el Volcán de Colima ha

generado lavas de composición intermedia, principalmente (figura 6) denominadas andesitas (Reubi et al., 2019); aunque también hay registros de lavas más básicas como basaltos y andesitas basálticas en el CVC (Crummy et al., 2019). El nombre de andesitas está asociado a las rocas que se encuentran comúnmente en la cordillera de los Andes, en donde ocurre un proceso tectónico muy parecido al de nuestro país, que es la subducción.

Figura 6. Andesita expulsada por el Volcán de Colima



Nota. Es uno de los productos más comunes en el volcán, aunque también existen basaltos y andesitas basálticas en el CVC.

TIPOS DE VOLCANES

Los volcanes más comunes son los que se enuncian a continuación:

Volcán compuesto o estratovolcán

Está formado por acumulaciones de flujos de lava y material piroclástico, son principalmente cónicos y pueden llegar a tener grandes alturas, suelen tener un cráter principal con algunos conos adventicios. Estos volcanes son considerados como poligenéticos por tener varias erupciones en su vida. Muchos grandes volcanes en el mundo son de este tipo, como el Popocatepetl en México, el Cotopaxi en Ecuador y el Monte Fuji en Japón (figura 7). El Volcán de Colima también es de este tipo.

Volcanes en escudo

Son poligenéticos y son los más grandes que existen, se forman por erupciones muy voluminosas de magmas fluidos y calientes, sus pendientes son suaves y pueden tener grandes alturas desde sus bases. El Kilauea y el Mauna Loa en Hawái son volcanes de este tipo. En otras islas alrededor del mundo también es común observarlos, como el Piton de la Fournaise, en la isla de la Reunión, en el océano Índico perteneciente a Francia. En México, la isla Socorro en el Archipiélago de Revillagigedo puede ser considerada como un volcán escudo.

Las calderas

Son depresiones creadas por una gran erupción; cuando se desaloja mucho magma desde la cámara magmática, el espacio vacío propicia el colapso vertical del edificio volcánico, dejando una hondonada. Algunas calderas pueden tener hasta 100 km de diámetro; estos volcanes también son considerados como poligenéticos. Muchas calderas se rellenan con agua después de varios años, formando lagos. La caldera más conocida a nivel mundial es la de Yellowstone en Estados Unidos. En México tenemos la Caldera de la Primavera, en Jalisco; la de los Azufres, en Michoacán, y los Humeros, en Puebla, entre otras.



Figura 7. Monte Fuji
El monte Fuji es un estratovolcán formado por sucesiones de flujos de lava y material piroclástico.

Domos de lava

Estas estructuras se forman cuando el magma es viscoso, generalmente se agrupa de forma circular alrededor de un punto de efusión; su velocidad de crecimiento es variable, pueden salir en pocos días o ir creciendo lentamente a lo largo de los años; dependiendo de la cantidad de gas involucrado pueden tener también actividad explosiva. El Volcán de Colima y el Popocatepetl forman domos al interior de su cráter. A nivel mundial, el volcán Soufrière Hills, en la isla de Monserrat, y el Unzen, en Japón, formaron varios domos en los últimos años.

Fisuras

Las fisuras se observan en lugares en donde existen lavas muy básicas, calientes y fluidas, por ello generan erupciones voluminosas. Hawái e Islandia son lugares en los cuales se ha observado este tipo de erupciones. También en el volcán Piton de la Fournaise, en la Isla de la Reunión en Francia, se han observado estas estructuras, que se caracterizan por ser lineales, elevarse unas decenas de metros y porque pueden tener de largo varios kilómetros.

Conos de ceniza o escorias

Tienen pendientes inclinadas y están compuestos por cenizas (< 2 mm), lapilli –fragmentos de roca expulsados durante una erupción volcánica– (2 a 64 mm) y bloques (> 64 mm), son de tamaño pequeño y en algunos sitios como la sierra de Chichinautzin, al sur de la Ciudad de México, se agrupan formando campos monogenéticos (volcanes que solo hacen erupción

una sola vez). Este tipo de volcanes puede ser observado también en los estados de Guanajuato y Michoacán. El Cerro Negro en Nicaragua es un ejemplo de este tipo de volcanes. En México, el Parícutín en Michoacán y el Xitle cerca de la Ciudad de México son los más conocidos.

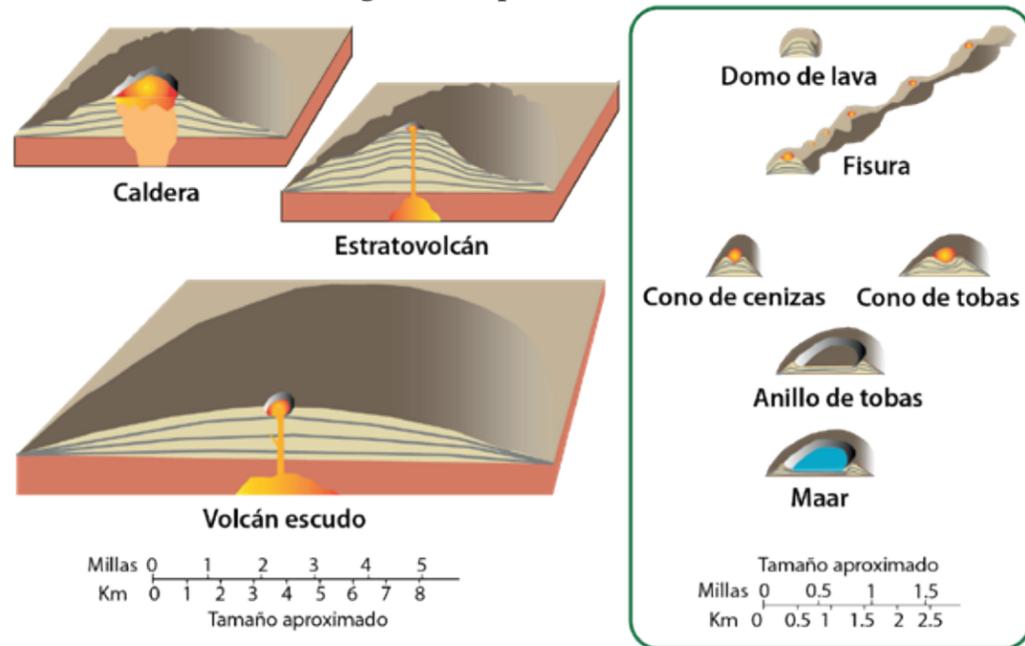
Maar

Es una estructura volcánica monogenética producto de la interacción del magma con agua de un lago o agua subterránea, son construidos debajo de la superficie original por lo que es muy común que muchos después de la erupción tengan un pequeño lago. En México se encuentran el Elegante, en la sierra del Pinacate, en el desierto de Sonora; y el Aljojuca, en Puebla, por mencionar algunos.

Anillos y conos de toba

Son otros tipos de edificios monogenéticos de pequeñas dimensiones, originados en erupciones freatomagmáticas y de paredes más empinadas que los maars; estos edificios se forman por arriba de la superficie original. En México, el cerro Colorado es un anillo de tobas en la sierra del Pinacate, y el cerro en Xalapaxco es un cono de tobas localizado en el estado de Puebla.

Figura 8. Tipos de volcanes



El Volcán de Colima es considerado como un estratovolcán. Ilustración: Víctor Hugo Gaytán Chávez.

TIPOS DE ERUPCIONES

Existen diferentes tipos de erupciones, las cuales dependen principalmente de la composición del magma, del contenido de gas (figura 9) y de si existe interacción con agua de acuíferos o del mar.

Erupciones submarinas

Estas son las más comunes en nuestro planeta, pueden formar lavas y también material piroclástico. La gran mayoría de ellas pasa desapercibida debido a que ocurren a grandes profundidades, otras pueden tener una interacción con el agua de mar a pequeñas profundidades, generando una gran liberación de energía y material fragmentado. La erupción del volcán submarino Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, en la isla del Pacífico Tonga, en el año 2022, ha sido la erupción explosiva más grande registrada por instrumentos a lo largo de todo el mundo en la historia de la humanidad. También la erupción del volcán de El Hierro, en las Islas Canarias, España, en el 2011 es un caso conocido de este tipo de actividad, pero en este acontecimiento fue principalmente efusiva y no explosiva.

Erupciones islándica y hawaianas

En ellas se emiten grandes cantidades de lava básica, las temperaturas oscilan entre 1 000 y 1 200 °C, las lavas son muy fluidas y pueden recorrer grandes distancias. Gene-

Figura 9. Tipos de erupciones

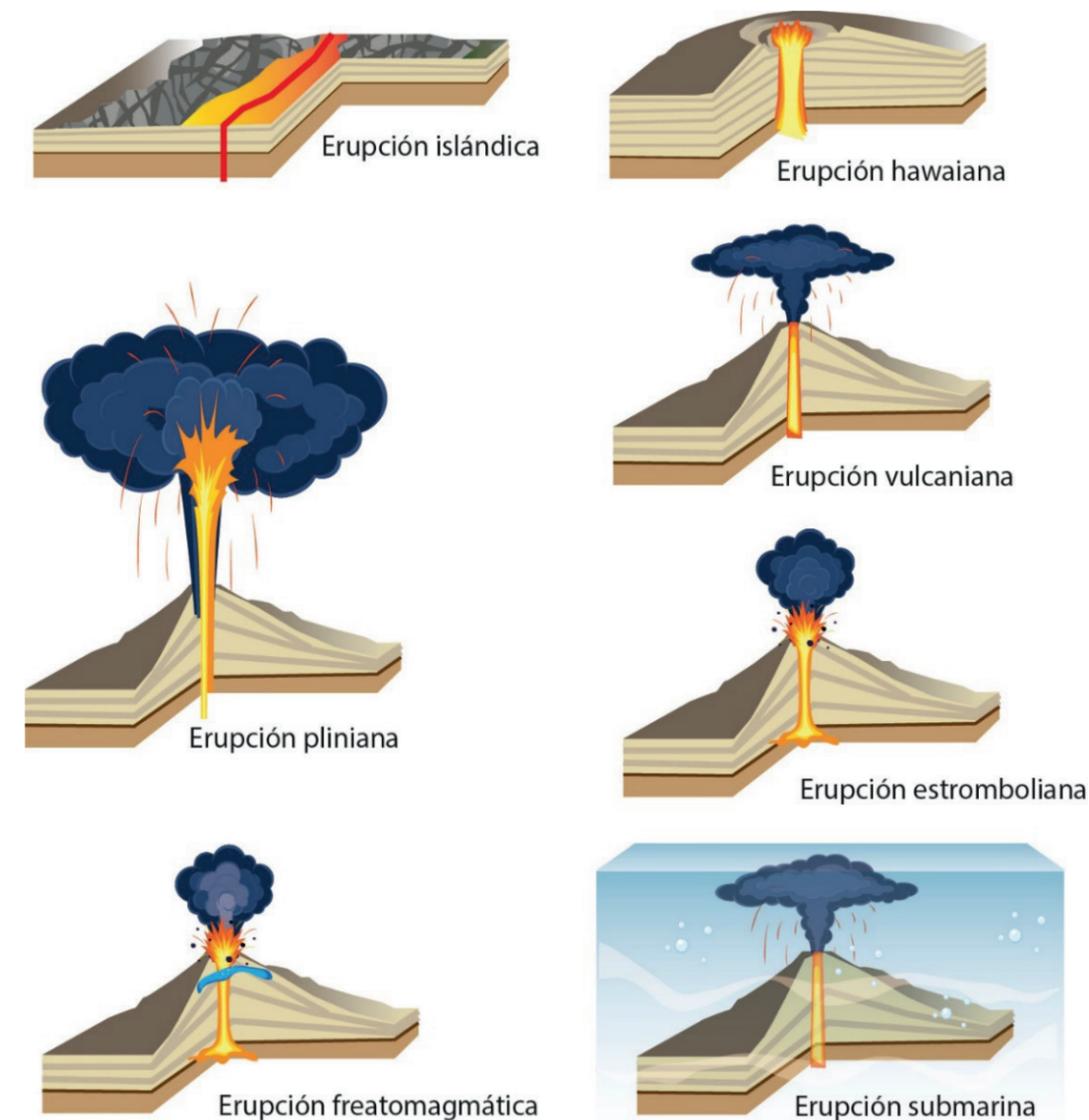


Ilustración: Víctor Hugo Gaytán Chávez.

ralmente no producen muchas víctimas debido a que se puede escapar de los flujos de lava ascendiendo a lugares más altos que las barrancas por donde bajan. Erupciones como la del volcán Kilauea en Estados Unidos, en el 2018, o la erupción de Reykjanes, en el 2021 en Islandia, son de este tipo.

Erupciones estrombolianas

En ellas existe una mayor cantidad de volátiles o gases que aumentan la explosividad. Un modelo generalmente aceptado es el ascenso de una burbuja de gas que llega a la superficie, generando la explosión y lanzando material fragmentado cerca del cráter; el magma involucrado también suele ser de composición básica. El volcán típico que presenta este tipo de actividad es el Estrómboli, en Italia, así como el Volcán de Fuego de Guatemala (figura 10).

Erupciones freatomagmáticas

En este tipo de erupciones se combinan magma y agua de lagos o acuíferos, generando una gran fragmentación del magma debido a la gran liberación de energía por esta interacción; también pueden emitir plumas de ceniza muy fina que recorren grandes distancias. Erupciones del volcán Aso, en Japón, o Rincón de la Vieja, en Costa Rica, son de este tipo.

Explosiones vulcanianas

En ellas se genera una sobrepresión en el conducto del volcán, y cuando ésta es superior a la fuerza de resistencia de la roca, se genera la explosión en la cual son lanzadas a grandes distancias bombas y material piroclástico de diferentes tamaños. Asimismo, la ceniza es movilizada hacia la dirección de los vientos dominantes. Los magmas asociados a este tipo de actividad tienen un contenido moderado de sílice. Este tipo de actividad es la más común en el Volcán de Colima o en el Popocatepetl en México, al igual que en el volcán Santiaguito, en Guatemala.

Erupciones plinianas

Descritas por Plinio el Joven en la erupción del monte Vesubio en el año 79 d.C., son las más grandes y destructivas, la erupción es alimentada desde la cámara magmática, generando columnas eruptivas de más de 10 km de altura con respecto al cráter, con duración de varias horas y con la producción de flujos piroclásticos. La última gran erupción del Volcán de Colima fue pliniana y ocurrió en 1913. Recientemente, la erupción del volcán Chichonal en 1982, en México, fue también de este tipo, así como la erupción del monte Pinatubo, en Filipinas, en 1991.

AMENAZAS VOLCÁNICAS

Los volcanes y su actividad generan diferentes amenazas o peligros (figura 11), estos se clasifican a continuación:

Caída de ceniza

Se presenta cuando ocurren explosiones; la ceniza es producto de la fragmentación del magma o roca y está compuesta por minerales y vidrio volcánico. Grandes cantidades de ceniza pueden colapsar los techos de viviendas vulnerables.



Figura 10. Explosión estromboliana en el Volcán de Fuego de Guatemala. Fotografía capturada en diciembre de 2014.

Corrientes de Densidad Piroclásticas (CDPs)

Conocidos comúnmente como flujos piroclásticos, son mezclas turbulentas de material volcánico, pueden contener bloques y ceniza a altas temperaturas, bajan por las barrancas a grandes velocidades y destruyen todo a su paso. También hay oleadas piroclásticas, menos densas que los flujos, estas incluso pueden sobrepasar barreras topográficas.

Lahares

Son flujos compuestos de agua, sedimentos y escombros (bloques, rocas, árboles), estos se forman principalmente en época de lluvias y remobilizan el material volcánico no consolidado.

Ondas de choque

Cuando ocurre una explosión en la cual el material volcánico sale expulsado a una gran velocidad se genera una perturbación en la atmósfera, esto ocasiona una onda de presión que puede romper cristales o ventanas en las poblaciones más cercanas.

Lluvia ácida

Cuando existe un aumento en salida de gases volcánicos como el dióxido de azufre (SO₂) y se combina con agua meteórica, se puede producir lluvia ácida que puede destruir cosechas y generar problemas de salud en la piel de las personas expuestas.

Avalancha de escombros

Representan el peligro menos probable, pero son las más destructivas; ocurren cuando parte del edificio volcánico colapsa. Pueden ser ocasionadas por sismos, alteración hidrotermal e intrusiones de magma, llegan a grandes distancias destruyendo todo a su paso.

Figura 11. Esquema de los peligros o amenazas volcánicas



Fuente: Elaborado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

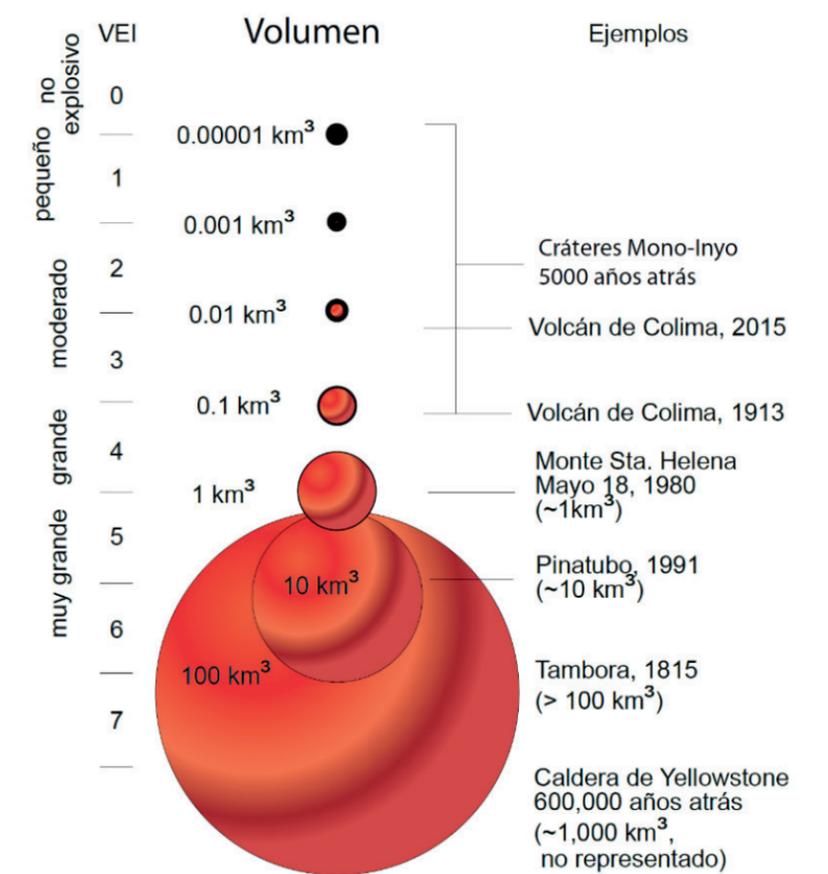
TAMAÑO DE LAS ERUPCIONES

Así como es posible cuantificar el tamaño de un sismo con su magnitud, también es posible medir el tamaño de una erupción, esto es llevado a cabo por medio del Índice de Explosividad Volcánica o mejor conocido como el VEI por sus siglas en inglés (Newhall y Self, 1982). Esta medida del tamaño de una erupción está basada principalmente en la cantidad de volumen emitida de lava y material fragmentado. Para cambiar de una unidad a otra, básicamente se necesita 10 veces más volumen (figura 12), por lo que es considerada una escala logarítmica. También son considerados otros factores, como la altura de la columna eruptiva, duración de la erupción, si hubo inyección de material en la tropósfera o estratósfera y el tipo de actividad volcánica (estromboliana, vulcaniana, pliniana, etcétera). La escala va del 0 al 8, siendo la erupción de 1913 del Volcán de Colima catalogada como de un valor de VEI de 4, con un volumen aproximado de 0.1-0.5 km³ (Connor et al., 2019). Una de las erupciones más famosas registradas el siglo pasado fue la del Monte Santa Helena en Estados Unidos en 1980, esta erupción tuvo un valor de VEI de 5, con un volumen aproximado de 1 km³. Erupciones muy grandes que afortunadamente ocurren cada cientos de miles de años han llegado a tener valores de 8, como la erupción de la caldera de Yellowstone de hace 600 000 años, con un volumen aproximado de 1 000 km³.

MONITOREO VOLCÁNICO

El monitoreo o vigilancia de un volcán es llevado a cabo con diferentes metodologías (figura 13). A continuación, se enuncian las más importantes:

Figura 12. Índice de Explosividad Volcánica



El Índice de Explosividad Volcánica permite clasificar el tamaño de las erupciones con base principalmente en el volumen del material emitido. Fuente: Elaborado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Monitoreo sísmico

Mediante la instalación de sismómetros colocados cerca del edificio volcánico se clasifica y se cuantifica la actividad sísmica asociada a la erupción de un volcán. Al ascender hacia la superficie, el magma genera señales sísmicas que pueden ser detectadas con sensores de movimiento. Con estos datos se puede inferir el ascenso de magma y su profundidad.

Figura 13. Sitio de monitoreo volcánico localizado al sur del Volcán de Colima



En este sitio de monitoreo se encuentra una cámara de luz visible y un sismómetro.

Monitoreo geodésico

Cuando un volcán tiene un nuevo ciclo eruptivo se deforma, el ascenso del magma hacia la superficie provoca que el edificio volcánico tenga una inflación. Para medir la deformación son utilizadas varias técnicas topográficas o geodésicas, como las nivelaciones, o el uso de instrumentos como los distanciómetros electrónicos

(EDM), inclinómetros electrónicos, o los sistemas de posicionamiento global (GPS).

Monitoreo geoquímico

El magma es una mezcla de silicatos fundidos y gases; al ascender, los gases se separan, llegando rápidamente a la superficie; éstos pueden ser medidos con espectrómetros, mismos que registran la longitud de onda de la luz que atraviesa a la pluma de gases; de esta manera se puede conocer su cantidad en un volumen dado, por ejemplo, la de dióxido de azufre (SO_2), un gas muy frecuente en el magma. Adicionalmente, se obtienen muestras de agua de los mantos cercanos al volcán para conocer los niveles de boro, que es otro elemento asociado con nuevas intrusiones de magma.

Monitoreo visual

Por medio de cámaras de luz visible e infrarroja es posible conocer las condiciones externas de un volcán, las imágenes nos ayudan a obtener datos como las alturas de las columnas eruptivas, dirección de la dispersión de la ceniza, distancia alcanzada de los flujos de lava y flujos piroclásticos, etcétera. En el caso de las cámaras térmicas, estas nos ayudan a cuantificar las temperaturas de los productos arrojados, y los lugares por los cuales está saliendo nuevo material lávico.

Monitoreo geofísico

Cuando asciende magma hacia la superficie genera cambios en el campo magnético y gravimétrico local. Debido a que el magma tiene minerales principalmente formados de hierro y magnesio, los magnetómetros pueden medir estos cambios asociados a una erupción. En el caso de la gravedad, debido a que hay un aumento en la masa asociada a una erupción, esto es posible de observar por medio de gravímetros instalados cerca del edificio volcánico.

Monitoreo satelital

Actualmente se encuentran disponibles datos de monitoreo satelital de forma gratuita de muchos volcanes alrededor del mundo. Plataformas como MIROVA (mirovaweb.it/) realizan un monitoreo térmico de los volcanes más activos. Otros sitios como MOUNTS (mounts-project.com/home) permiten observar cambios en las emisiones de SO_2 , así como deformaciones del edificio volcánico por medio de un radar de interferometría (InSAR). Todos estos datos son de libre acceso para que puedan ser usados por los observatorios durante crisis volcánicas.

Todos los datos de las estaciones de monitoreo del Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos CUEV son enviados a un centro de registro en el campus central de la Universidad de Colima, en ese lugar son guardados, procesados e interpretados por los técnicos y científicos que trabajan en su vigilancia (figura 14). Los observatorios volcánicos trabajan las 24 horas, los 365 días del año y realizan estudios científicos y análisis de la actividad en tiempo real para apoyar a los tomadores de decisiones de los gobiernos estatales y federales en caso de un aumento en la actividad volcánica.

RIESGO VOLCÁNICO

El riesgo está definido como la probabilidad de la pérdida de un bien o una vida humana y se puede cuantificar por medio de la siguiente relación:

$$\text{Riesgo} = \text{peligro} \times \text{vulnerabilidad} \times \text{exposición} \\ (\text{CENAPRED}, 2021).$$

El peligro se define como la probabilidad de que un fenómeno afecte a una zona en un tiempo determinado. La vulnerabilidad es la probabilidad de daño de la infraestructura ante la ocurrencia de un peligro o amenaza. Finalmente, la exposición es el costo de la infraestructura o número de vidas.

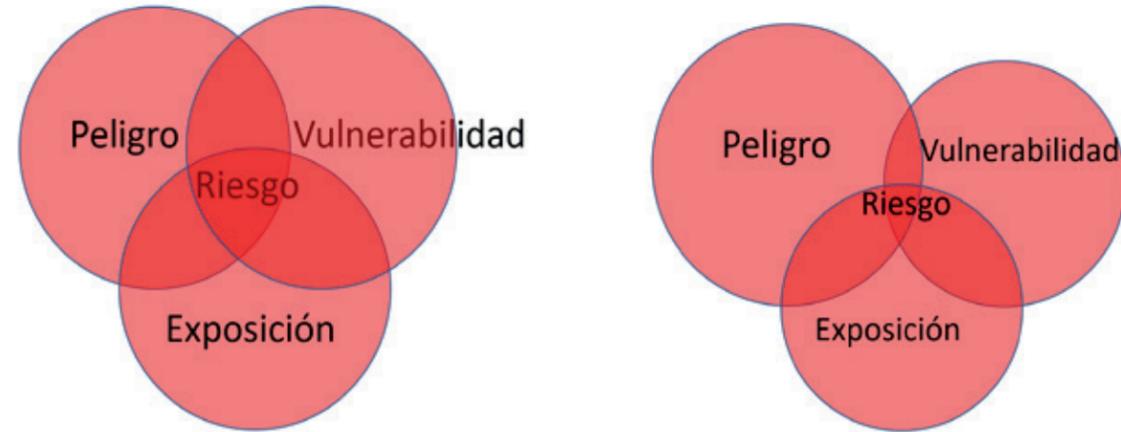
Figura 14. Sala de monitoreo volcánico de la Universidad de Colima



Ubicada en la Red Sísmica Telemétrica del Estado de Colima (RESCO), perteneciente al Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos de la Universidad de Colima.

Para disminuir el riesgo volcánico es necesario disminuir la vulnerabilidad, esto se puede hacer de varias formas, como aplicando un monitoreo sistemático de la actividad del volcán, reforzando viviendas ante la caída de ceniza, construyendo infraestructura para contener los flujos de escombros o lahares, preparando a la población para evacuar rápidamente, entre otras. También se disminuye el riesgo si evitamos la exposición, esto es, impedir que crezca la infraestructura en zonas con una alta probabilidad de ser impactadas por una amenaza volcánica, como son los lahares o los flujos piroclásticos. No es posible modificar el peligro, porque es un fenómeno natural y no tenemos la posibilidad de controlarlo.

Figura 15. Esquema en donde se ejemplifica cómo podemos disminuir el riesgo



Del lado izquierdo se observa que el riesgo es el resultado del peligro x vulnerabilidad x exposición. Del lado derecho podemos observar que el riesgo baja si la vulnerabilidad y la exposición disminuyen.

BENEFICIOS DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Si bien es cierto que cuando un volcán hace erupción con gran intensidad se generan daños a la infraestructura, agricultura, ganadería, y en el peor de los casos, a la vida de las personas, es también verdad que la actividad volcánica es benéfica para la sociedad. Una gran cantidad de personas en el mundo vive cerca de un volcán activo, esto debido a que principalmente los campos son muy fértiles como resultado de la importante presencia de minerales generada por la actividad volcánica y depositada en los suelos. De igual forma, al ser montañas altas, los volcanes favorecen la condensación del vapor de agua, propiciando lluvias y la existencia de gran cantidad del vital líquido en la región. En lugares que alguna vez fueron zonas volcánicas activas también se puede obtener energía, la cual es conocida como geotérmica. Este proceso es llevado a cabo debido a que las rocas a cierta profundidad todavía se encuentran con elevada temperatura, por lo que, si se inyecta agua, esta puede ser convertida en vapor que mueva turbinas, y, por consiguiente, se genera electricidad de forma limpia, con un impacto mínimo para el medio ambiente.

Sin duda alguna, uno de los mayores beneficios de los volcanes es el paisaje que asombra a propios y a extraños; son montañas que generan gran admiración y que por mucho tiempo han sido plasmadas en pinturas, fotografías y hasta en la poesía. Algunos de ellos son considerados símbolos y representan a sus sociedades. En todo el mundo hay ceremonias realizadas por las comunidades cercanas para agradecerles por los regalos que la naturaleza les ha brindado. Sin lugar a duda, el vivir al lado de un volcán es una experiencia que enriquece al alma y el espíritu de las personas.



Figura 16. Campos de caña de azúcar en crecimiento cercanos al Volcán de Colima

EL VOLCÁN DE COLIMA
A TRAVÉS DEL LENTE
DE UNA CÁMARA

ACTIVIDAD EFUSIVA

La actividad efusiva es caracterizada por el crecimiento de domos de lava en la cima del cráter del volcán; es un fenómeno muy común y en los últimos años se han observado muchos domos que han crecido con diferentes velocidades o tasas de extrusión. El domo, por tener una alta temperatura, presenta incandescencia en su cima, por lo que es muy atractivo fotografiarlo. Una vez que el domo rebasa las dimensiones del cráter, se desborda hacia los costados formando flujos de lava que, al tener una alta viscosidad, únicamente llegan a la base del edificio volcánico. Dependiendo de la tasa de efusión o salida de la lava se pueden observar derrumbes de material incandescente o flujos piroclásticos. En el año 2015 se presentaron dos grandes colapsos de domo del Volcán de Colima que provocaron flujos piroclásticos, los cuales llegaron a grandes distancias. El más grande alcanzó hasta 10.3 km desde el cráter sobre la barranca de Montegrande, al sur del volcán.

Durante el día, los derrumbes y flujos piroclásticos se observan como bloques que caen o nubes de ceniza que bajan a gran velocidad por las laderas del volcán. Por la noche se observan rocas de color rojo debido a la incandescencia y a la alta temperatura de las rocas. Durante la noche es un espectáculo observar y escuchar los derrumbes del volcán; la gente en la ciudad de Colima y sus alrededores se acerca a lugares turísticos como la Laguna de Carrizalillos o la del Naranjal para observar este maravilloso espectáculo.



Fotografía 1. Derrumbes de material incandescente observados desde el suroeste del edificio volcánico, cerca de la comunidad de la Yerbabuena, en Colima. Fecha: 29 de noviembre de 2014.



Fotografía 2. Derrumbes de material incandescente a partir de la parte frontal de un flujo de lava con dirección al suroeste. Imagen tomada cerca de la comunidad de la Yerbabuena, en Colima. Fecha: 20 de diciembre de 2014.



Fotografía 3. *Derrumbes en la noche*. Captura de larga exposición en donde se observan derrumbes de material incandescente en tres diferentes direcciones: oeste, suroeste y sur. Tomada cerca del río La Lumbre, Jalisco. Fecha: 21 de diciembre de 2014.



Fotografía 4. Flujo piroclástico generado a partir del frente de un flujo de lava con dirección hacia el sur. Tomada cerca de la población de San Marcos, Jalisco. Fecha: 11 de julio de 2015.



Fotografía 5. Acercamiento a un flujo piroclástico generado a partir de un flujo de lava con dirección hacia el sur. Tomada cerca de la población de San Marcos, Jalisco. Fecha: 11 de julio de 2015.



Fotografía 6. *La danza de Pele*. Flujo de lava bajando hacia el sur del edificio volcánico. Derrumbes de material incandescente se desprenden de la parte lateral y del frente del flujo de lava. Tomada cerca de la comunidad de Montitlán, Colima. Fecha: 1 de octubre de 2016.



Fotografía 7. *Volcán encendido*. Flujo de lava bajando hacia el sur del edificio volcánico. Derrumbes de material incandescente se desprenden de la parte lateral y del frente del flujo de lava; al mismo tiempo, se observa una pequeña explosión en el este del cráter. Tomada desde el sur del volcán, cerca de la comunidad de Montitlán, Colima. Fecha: 9 de octubre de 2016.



Fotografía 8. *Sobre nubes*. Incandescencia en el domo de lava formado de septiembre a noviembre de 2016. Tomada desde el sur del volcán, cerca de la comunidad de Montitlán, Colima. Fecha: 2 de diciembre de 2016.

ACTIVIDAD EXPLOSIVA

La actividad explosiva se presenta cuando el gas que acompaña al magma queda atrapado dentro del conducto o domo, por lo que al aumentar su volumen genera una sobrepresión que finalmente fragmenta el tapón, generando una salida rápida de gas y material fragmentado conocido como piroclastos. Este tipo de explosiones se denomina vulcanianas. Uno de los principales productos de la actividad explosiva es la ceniza, la cual literalmente es roca pulverizada; esta tiene un tamaño menor a los 2 mm. Adicionalmente, hay otros productos de mayor tamaño como el lapilli, con tamaños de 2 a 64 mm, y bombas volcánicas, con un tamaño superior a los 64 mm.

Las explosiones volcánicas son eventos espectaculares; por el día se observan nubes de ceniza que se expanden y ascienden verticalmente, estas nubes son dispersadas por el viento dominante en el momento. Durante la noche es todavía mayor el espectáculo, debido a que los fragmentos más grandes, como las bombas, salen incandescentes a grandes temperaturas, por lo cual pueden ser observadas como balísticos en una trayectoria parabólica que surcan el cielo con colores rojos y al caer ruedan pendiente abajo.

Cuando la explosión es grande, se puede sentir y escuchar la onda de choque producto de la liberación de energía hacia la atmósfera, esto genera una onda de presión que puede sentirse en las poblaciones cercanas. Adicionalmente, la fricción entre la ceniza genera estática en la columna eruptiva, que es liberada por medio de una descarga eléctrica o rayo. Estos eventos han sido observados principalmente en la destrucción de los domos de lava del Volcán de Colima. En esta sección podrás observar explosiones de diferentes puntos alrededor del volcán, de día y de noche.



Fotografía 9. *Volcán en fuego*. Captura de larga exposición con un acercamiento al cráter del volcán durante una explosión vulcaniana, también se observan las trayectorias parabólicas de las bombas volcánicas. Tomada cerca de la comunidad de la Yerbabuena, en Colima.
Fecha: 30 de noviembre de 2014.



Fotografía 10. *Atardecer desde Montitlán*. Explosión vulcaniana observada cerca de la comunidad de Montitlán, Colima.
Fecha: 28 de febrero de 2015.



Fotografía 11. *Nube volcánica dorada*. Explosión vulcaniana observada al final de la hora dorada, cerca de la comunidad de la Yerbabuena, Colima. Fecha: 11 de abril de 2015.



Fotografía 12. *Explosión desde el campo*. Explosión vulcaniana observada cerca de la comunidad de Quesería, Colima. Fecha: 3 de enero de 2017.

Fotografía 13. *Explosión de Colores*. Explosión vulcaniana con actividad eléctrica, observada cerca de la comunidad de Montitlán, Colima. Imagen que formó parte de la exposición *Sentimientos de México* en la entrada al Castillo de Chapultepec, en la Ciudad de México.

Fecha: 28 de diciembre de 2016



Fotografía 14. *Todos los caminos llevan a un volcán*. Explosión vulcaniana. El viento dominante en ese momento desplazaba la columna eruptiva hacia el sur. Tomada cerca de la comunidad de Quesería, Colima. Fecha: 3 de febrero de 2017.

Fotografía 15. *Explosión nocturna*. De tipo vulcaniana con abundantes balísticos durante una noche con luz de luna, observada cerca de la comunidad de Montitlán, Colima. Fecha: 28 de diciembre de 2015.



Fotografía 16. *Días de trueno magmático*. Explosión vulcaniana con abundante actividad eléctrica. La fricción entre la ceniza genera estática y con ello descargas eléctricas. Tomada cerca de la comunidad de la Yerbabuena, Colima. Fecha: 21 de diciembre de 2016.



VOLCÁN DE COLIMA EN BLANCO Y NEGRO

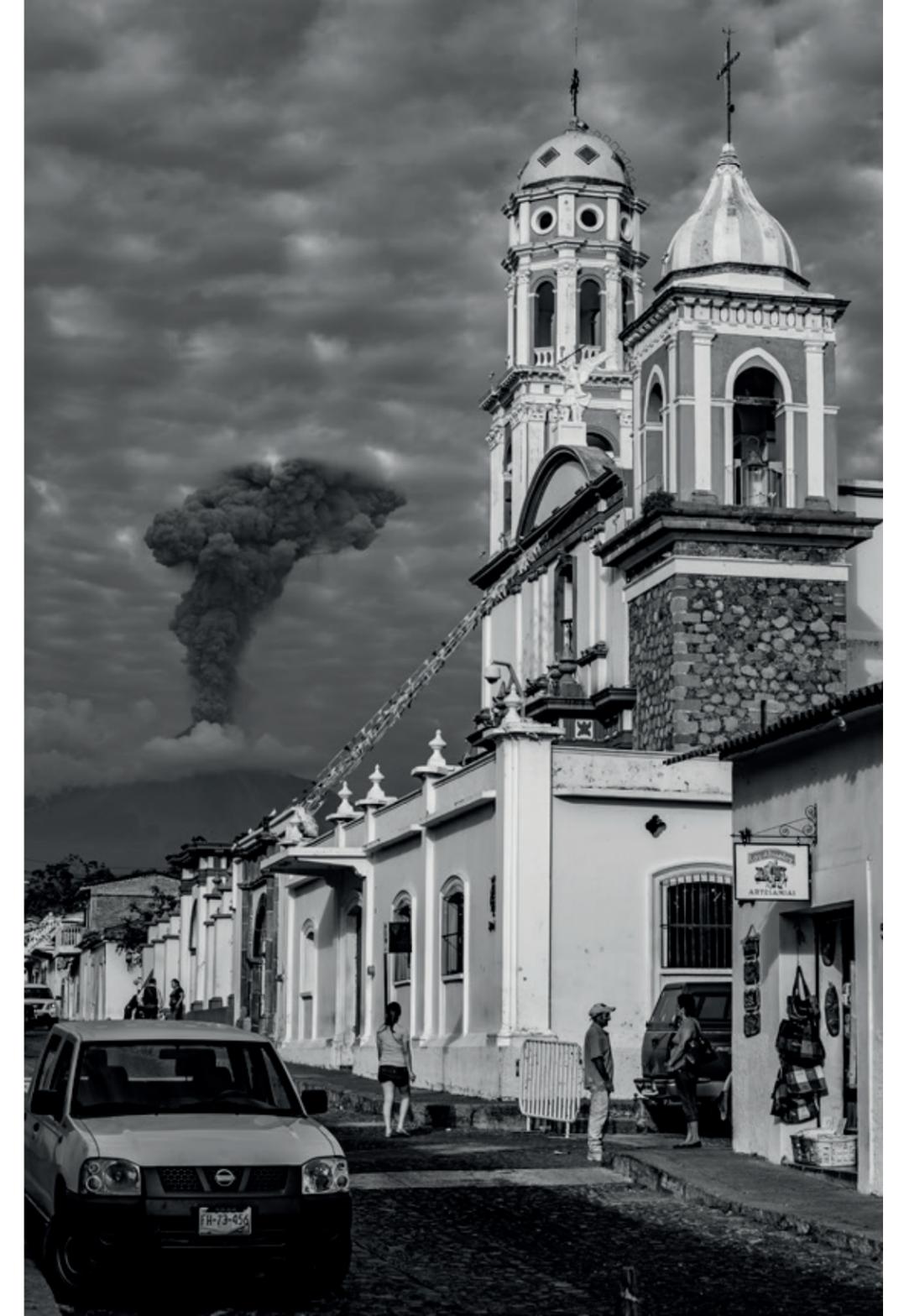
En algunas ocasiones la actividad del volcán puede ser plasmada en fotografía blanco y negro; el contraste que se presenta con algunas explosiones y las columnas de ceniza hace que las sombras puedan ser observadas con mayor intensidad y fuerza. Los días nublados son los mejores para este tipo de tomas, debido a que las nubes proporcionan mayor profundidad de campo y contraste al fotografiar el volcán.

En esta sección podrás ver explosiones con nubes de ceniza que contrastan con las nubes atmosféricas, así como paisajes de larga exposición diurnos, en donde las nubes lenticulares se asoman por encima del volcán generando imágenes de una gran belleza estética.



◀ Fotografía 17. *Explosión gris*. De tipo vulcaniana, captada desde el observatorio del Nevado de Colima. La columna eruptiva tiene abundante ceniza, por eso el color oscuro que contrasta con las nubes atmosféricas blancas. Fecha: 9 de diciembre de 2015.

Fotografía 18. *Un día en Comala*. Explosión vulcaniana observada desde el pueblo mágico de Comala, Colima. Fecha: 9 de diciembre de 2015. ▶





◀ Fotografía 19. *Fantasma volcánico*. Explosión vulcaniana observada durante una noche con luz de luna, cerca de la comunidad de la Yerbabuena, Colima. Fecha: 21 de diciembre de 2015.

Fotografía 20. *El furioso Volcán de Colima*. Poderosa explosión vulcaniana observada cerca de la comunidad de Quesería, Colima. En ella se aprecia una gran cantidad de caída de bombas o balísticos en el edificio volcánico, así como un rápido ascenso de la columna eruptiva. Fecha: 3 de febrero de 2017. ▶





Fotografía 21. *Luna y el Volcán de Colima.* Tomada cerca del río La Lumbre, Jalisco. Un homenaje al gran fotógrafo de paisaje Ansel Adams.
Fecha: 16 de febrero de 2022.



Fotografía 22. *Volcán de Colima lenticulado.* El Volcán de Colima observado con una hermosa nube lenticular sobre su cima.
Fecha: 3 de enero de 2023.



Fotografía 23. *Paisaje volcánico monocromático*. Captura panorámica de una explosión vulcaniana observada desde la laguna del Naranjal, Colima. Fecha: 28 de noviembre de 2015.



Fotografía 24. *Volcán de Colima en frío y negro.* Después de una nevada en los volcanes, se observa al Volcán de Colima con una pequeña emisión de vapor de agua. Tomada cerca de la población de Tonila, Jalisco. Fecha: 10 de marzo de 2016.

VOLCÁN DE COLIMA Y LA VÍA LÁCTEA

La Vía Láctea, “Camino de leche”, nombre dado por la mitología griega, es la galaxia en la cual se encuentra el sistema solar y a la cual pertenece nuestro planeta; su forma es de espiral y se calcula que puede tener unos 300 000 millones de estrellas. En distancia mide unos 100 000 años luz, esto quiere decir que necesitaríamos esa cantidad de años a la velocidad de la luz para recorrerla toda.

La Vía Láctea puede apreciarse a simple vista en lugares alejados de la contaminación lumínica que generan los grandes centros urbanos. Su núcleo es la parte más densa y puede observarse en el hemisferio norte a partir de febrero y hasta noviembre. La Vía Láctea puede verse como una franja que surca el cielo de lado a lado; a los ojos del espectador pareciera una nube atmosférica poco densa, pero en realidad son estrellas.

Desde el Volcán de Colima, al situarse en una zona relativamente oscura, puede verse perfectamente el núcleo y el arco completo de la galaxia. Para fotografiar al volcán junto a la Vía Láctea es necesario planear la visita con varios días de anticipación, para ello hay que verificar que tengamos luna nueva o que no sea visible a la hora en que haremos la fotografía. También deben revisarse las condiciones meteorológicas para que pueda ser captada la mayor cantidad de estrellas, esto generalmente ocurre de febrero a mayo. A partir de junio generalmente empiezan las lluvias, y su presencia no permite hacer fotografías de este tipo. Ahora bien, en octubre y noviembre se puede tener la fortuna de contar con algunas noches claras, libres de nubes.



Fotografía 25. *Erupción de estrellas.* La Vía Láctea pareciera emerger de la pluma de vapor y gas del volcán; la luz del lado derecho proviene de la Ciudad de Colima. Tomada cerca del Borbollón, Jalisco. Ganadora del segundo lugar del concurso de fotografía científica organizado por el CONACYT en 2015. Fecha: 29 de marzo de 2015.



Fotografía 26. *Estrellas sobre los volcanes*. La intensa luz del lado derecho proviene de Ciudad Guzmán, Jalisco. Fotografía panorámica tomada cerca de Tonila, Jalisco. Fecha: 29 de octubre de 2016.



Fotografía 27. *Camino de estrellas*. Panorámica tomada al lado del río Cordobán, cerca de la comunidad de la Becerrera, Colima. Fecha: 16 de febrero de 2021.



◀ Fotografía 28. *Volcán entre caña, planetas y estrellas*. Panorámica en donde se observa Venus al centro de la fotografía, así como Marte a un costado. La intensa luz de la derecha es la ciudad de Colima. Tomada cerca del río La Lumbre, Jalisco. Fecha: 13 de marzo de 2022.



Fotografía 29. *Nevado y Volcán de Colima bajo las estrellas*. Panorámica tomada cerca de las antenas situadas en la base del Nevado de Colima. En ella se observa de izquierda a derecha: Ciudad Guzmán, Nevado de Colima, Volcán de Colima y la ciudad de Colima. Fecha: 14 de abril de 2018.



◀ Fotografía 30. *El volcán y su galaxia.* El Volcán de Colima y depósitos de avalanchas de escombros de antiguos edificios volcánicos conocidos como *hummocks*. Tomada cerca del Borbollón, Jalisco. Fecha: 9 de marzo de 2019.





Fotografía 32. *La Vía Láctea sobre el volcán.* El núcleo de la Vía Láctea es observado desde las antenas del Nevado de Colima, así como la ciudad de Colima a la derecha del volcán. Fecha: 1 de abril de 2019.

VOLCÁN DE COLIMA Y EL TRAZO DE LAS ESTRELLAS

El trazo de estrellas o *startrails* son fotografías muy llamativas y hermosas, ellas captan la luz de las estrellas moviéndose en el firmamento, aunque sabemos que en realidad es nuestro planeta el que se mueve. Existe una estrella llamada Polaris que coincide con la dirección del eje de rotación de la Tierra, lo que genera que esta estrella permanezca casi quieta y que las demás giren alrededor de ella. Los colores observados en estos cuerpos celestes nos indican la temperatura de los mismos; colores fríos nos dicen que son estrellas calientes y jóvenes, mientras que los colores cálidos corresponden a estrellas más frías y viejas.

Algunas fotos han sido planeadas para que la estrella Polaris se encuentre sobre el cráter del Volcán de Colima, para esto tuvimos que ubicarnos exactamente al sur del volcán. Las *startrails* son fotografías que también captan el tiempo, debido a que se construyen con muchas capturas y se arman con un software especializado; en algunas tomas se tuvo la fortuna de registrar también las explosiones del volcán, así como otros elementos naturales como las luciérnagas. En lo particular, este tipo de imágenes me gustan por el hecho de que para hacerlas hay que ser muy paciente y sereno, esto propicia muchas horas de contemplación del paisaje natural, en donde el volcán y las estrellas son los actores principales.



Fotografía 33. *Vía Láctea en movimiento*. Del volcán emerge una columna sostenida de vapor y gases, además, se observa la incandescencia del flujo de lava que descendió hacia el sur en julio de 2015. *Startrail* tomada cerca de la comunidad de la Yerbabuena, Colima. Fecha 23 de julio de 2015.



Fotografía 34. *Lluvia de colores*. Observada desde el sitio turístico de Montes Azules, en Colima, es una *startrail* con explosión vulcaniana. En la parte inferior izquierda se pueden ver algunas luciérnagas. Fecha: 16 de agosto de 2015.



Fotografía 35. *El Volcán y el tiempo.* Con el descenso de un flujo de lava y derrumbes de material incandescente hacia el sur, es una *startrail* tomada cerca de la comunidad de Montitlán, Colima. Fecha: 9 de octubre de 2016.



Fotografía 36. *Explosión, ceniza, estrellas y una luz en el Volcán de Colima.* *Startrail* en donde se observan dos explosiones vulcanianas y sus columnas eruptivas moviéndose en diferentes direcciones; adicionalmente fueron también captadas las luces traseras de una cuatrimoto. Tomada cerca de la población de Montitlán, Colima. Fecha: 1 de marzo de 2015.



Fotografía 37. *Lluvia de estrellas*. Tomada cerca del río La Lumbre, Jalisco. Fecha: 30 de noviembre de 2019.

Fotografía 38. *Volcanes bajo una lluvia de estrellas*. Tomada cerca de la población de Tonila, Jalisco. Fecha: 13 de febrero de 2023.



Fotografía 39. *El Volcán con sus estrellas y su ciudad de Colima.* Startrail tomada desde las antenas del Nevado de Colima, Jalisco. Fecha: 30 de diciembre de 2021.



Fotografía 40. *Volcán dinámico.* En el cráter se observa incandescencia debido a la ocurrencia de una pequeña explosión. El camino se ve iluminado por la salida de luna al final de la toma. Startrail tomada cerca de la comunidad de Montitlán, Colima. Fecha: 13 de febrero de 2016.

EL VOLCÁN DE COLIMA Y OBJETOS ASTRONÓMICOS

El Volcán de Colima puede ser retratado de muchas formas, una de ellas es acompañado de diferentes objetos astronómicos. Actualmente, con el uso del teléfono celular es posible saber con gran precisión la posición de muchos objetos astronómicos, como planetas, la luna, constelaciones, cometas, lluvias de estrellas, etcétera. Una de las vistas más hermosas que se puede contemplar es la de la luna y el volcán. Para ello hay que posicionarse en la parte oeste-suroeste o este-noreste para fotografiar a nuestro satélite natural en compañía del volcán.

Otro de los cuerpos siderales más extraordinarios que se pueden fotografiar en conjunto con el volcán son los cometas. Como sabemos, son visitantes regulares en nuestro sistema solar. Los cometas son cuerpos menores, que miden desde unos metros hasta algunos kilómetros de diámetro; están compuestos por hielo y silicatos, sus órbitas son alargadas, y cuando se acercan al sol el hielo se sublima, es decir pasa de estado sólido a gaseoso. Este gas se escapa del núcleo sólido del cometa y arrastra consigo partículas de polvo, formando extensas nubes llamadas cabellera o coma.

Adicionalmente, galaxias como Andrómeda también acompañan regularmente a nuestro volcán. La galaxia de Andrómeda en forma de espiral se encuentra a una distancia de aproximadamente de 2.5 millones de años luz de la Tierra.



Fotografía 41. *Leonard conoce al Volcán de Colima.* El cometa Leonard observado desde el noreste del Volcán de Colima. Fecha: 25 de diciembre de 2021.



Fotografía 42. *Luna rodando sobre una resbaladilla volcánica.* La luna saliendo por uno de los costados del Volcán de Colima. Imagen tomada por el río La Lumbre, Jalisco. Fecha: 26 de enero de 2021.

◀ Fotografía 43. *Volcán de Colima acompañado de dos planetas.* Conjunción entre Saturno y Júpiter, observada cerca de los Mazos, Jalisco. Fecha 21 de diciembre de 2020.

Fotografía 44. *Volcán de Colima con luna y aurora boreal.* El 10 de mayo del 2024 se presentó una intensa tormenta geomagnética, esta tormenta fue provocada por una gran actividad del sol. Estas tormentas interactúan con el campo magnético de la Tierra, lo que ocasiona que las moléculas de ciertos elementos se exciten, liberando luz y formando auroras boreales si son cerca del polo norte, o australes si se observan cerca del polo sur. Desde 1959 no se habían observado auroras boreales en nuestro país, por lo que esta fotografía es uno de los primeros registros de ellas en Colima, Jalisco y el Volcán de Colima. En la fotografía se puede observar a la izquierda la luna en estado creciente, a la derecha del Volcán de Colima se aprecia la tonalidad magenta típica de las auroras boreales que se avistaron durante esa fecha en México, así como la contaminación lumínica provocada por Ciudad Guzmán, Jalisco. ▶

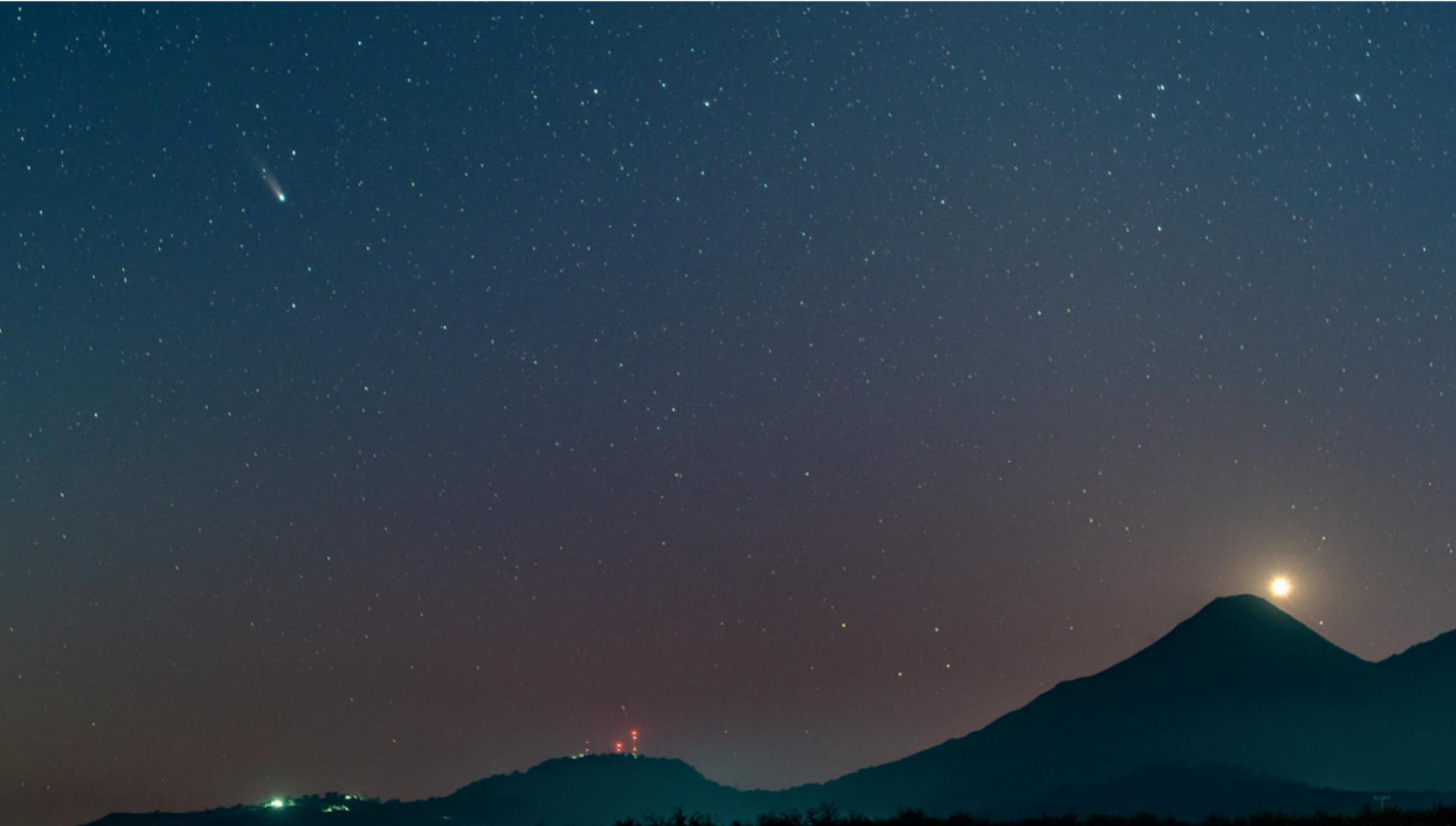




Fotografía 45. *Volcán de Colima acompañado de Andrómeda.* La galaxia más cercana a la nuestra y al sistema solar, Andrómeda, es observada sobre el Volcán de Colima. Imagen tomada cerca de la Yerbabuena, Colima. Fecha: 11 de agosto de 2018.



Fotografía 46. *Volcán y la luna de fuego.* La luna en un eclipse total observada sobre un costado del Volcán de Colima. Fecha: 26 de mayo de 2021.



Fotografía 47. *Volcán de Colima acompañado de Venus y el cometa Leonard.* El cometa Leonard observado desde el noreste del Volcán de Colima; adicionalmente, Venus se posa cerca del cráter. Fecha: 23 de diciembre de 2021.

Fotografía 48. *El Volcán de Colima y su amiga Andrómeda.* La galaxia de Andrómeda, también conocida como Galaxia Espiral M31, acompaña hacia el sur al Volcán de Colima. Fecha: 15 de febrero de 2023.

PANORÁMICAS

Las fotografías panorámicas tratan de captar la mayoría de espacio posible para hacer una mejor representación del paisaje. Para hacer este tipo de imágenes se requiere de una técnica rápida y precisa para tomar la mayor cantidad de fotos con un traslape entre cada una de ellas del 25% aproximadamente; después, se podrán unir con un software especializado.

El formato panorámico ayuda a contextualizar mejor el paisaje alrededor del volcán, como pueden ser los campos de caña, los bosques, flores y plantas, así como la luz propia de los amaneceres y atardeceres. Actualmente, también se pueden hacer fotos panorámicas con drones; estas tomas, al ser elevadas, muestran mayor profundidad de campo.



Fotografía 49. *Atardecer desde San Antonio.* Panorámica tomada al suroeste del Volcán de Colima al atardecer. Fecha: 2 de abril de 2015.



Fotografía 50. *Majestuoso*. Panorámica tomada cerca de la comunidad de Montitlán, Colima, durante la hora azul. Fecha: 5 de diciembre de 2015.



Fotografía 51. *Atardecer desde Montitlán.* Panorámica tomada cerca de la comunidad de Montitlán, en Colima. Fecha 25 de diciembre de 2015.



Fotografía 52. *Campos de caña por siempre.* Panorámica de un atardecer sobre un campo de caña recién cortado, tomada cerca del río La Lumbre, en Jalisco. Fecha: 14 de abril de 2017.



Fotografía 53. *Volcanes al amanecer*. La hora dorada al amanecer ilumina al Volcán de Colima y al Nevado de Colima. Tomada cerca de la población de San Marcos, Jalisco. Fecha: 2 de diciembre de 2021.



Fotografía 54. *Volcán azulado*. Después de una intensa tormenta, el volcán así se pudo observar desde Villa de Álvarez, Colima.
Fecha: 30 de julio de 2022.



Fotografía 55. *Volcán de Colima entre campos dorados de caña*. Panorámica de un campo de caña localizado al suroeste del volcán durante la hora dorada. Tomada cerca del río La Lumbre, Jalisco. Fecha: 22 de abril de 2022.



Fotografía 56. *Volcán en la hora azul*. Panorámica desde las antenas ubicadas en el Nevado de Colima. Dos de las estaciones de monitoreo del CUEV pueden ser observadas en esta fotografía. Fecha 13 de abril de 2018.

AMANECERES Y ATARDECERES

Durante el amanecer y el atardecer la luz solar incide oblicuamente en la estructura volcánica, esto enaltece sus rasgos, tales como barrancas y flujos de lava. La hora dorada, como es conocida por los fotógrafos, es un tiempo al amanecer y al atardecer de unos cuantos minutos; durante ese tiempo luces de tonos cálidos inciden en el edificio volcánico así como en el ambiente, generando imágenes de una belleza sin igual.

Algunos de estos momentos fueron captados durante explosiones y durante temporadas invernales en donde los volcanes aparecen nevados. Inmediatamente de la hora dorada también es muy llamativa la hora azul, la cual genera tonos más fríos, pero colores muy intensos. Un fotógrafo debe de buscar esa luz que aumente dramatismo a sus imágenes.



Fotografía 57. *Volcán de Colima en tonos rojos*. Atardecer desde la laguna El Ahogado, en Colima. Fecha: 1 de abril de 2022.



Fotografía 58. *Atardecer explosivo*. Tomada durante una explosión vulcaniana, muy cerca de Campo 4, en Cerro Grande, Colima. Finalista en el concurso *Mosaico Natura México* de 2017 y expuesta en las rejas del Zoológico de Chapultepec en la Ciudad de México. Fecha: 27 de marzo de 2016.



Fotografía 59. *Volcanes de oro*. Imagen obtenida durante la hora dorada al amanecer con los volcanes nevados. Tomada cerca de Tonila, Jalisco. Fecha: 10 de marzo de 2016.



Fotografía 60. *Texturas de un volcán*. Tomada al atardecer; las texturas de los flujos de lava son claramente observadas. Obtenida cerca de la comunidad de la Becerrera, Colima. Fecha: 16 de abril de 2016.



Fotografía 61. *Colores*. Tomada en la transición de la hora dorada a la hora azul, desde las antenas de la base del Nevado de Colima. Fecha: 31 de marzo de 2017.



Fotografía 62. *Reflejos coloridos del Volcán de Colima*. Atardecer en el cual los colores literalmente explotaron. Imagen tomada en la laguna El Ahogado, cerca de la cafetería Estación 27 café. Fecha 1 de abril de 2022.



Fotografía 63. *Agaves y volcanes*. Atardecer en un campo de agave, cerca del poblado de Tonila, Jalisco. Fecha: 10 de julio de 2020.



Fotografía 64. *El árbol y el volcán*. Imagen al atardecer, en primer plano se observa un árbol, y en la parte superior, los últimos rayos del sol. Tomada cerca de la comunidad de los Mazos, Jalisco. Fecha: 21 de diciembre de 2020.

FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Como parte del monitoreo visual que se hace de la actividad del Volcán de Colima, se han realizado muchos sobrevuelos sobre el cráter del volcán. Para ello se emplean principalmente helicópteros y avionetas, aunque actualmente también se han usado Vehículos Aéreos no Tripulados (VANTs), o mejor conocidos como drones. Durante estos vuelos lo que se busca es corroborar la existencia de domos de lava y sus dimensiones, alcance de flujos de lava o depósitos de flujos piroclásticos, así como alguna característica que nos permita mejorar el diagnóstico de la actividad del volcán.

Sin duda alguna, ver al Volcán de Colima desde las alturas permite observar rasgos y características de la actividad desde otra perspectiva, por ello son muy útiles estos vuelos y han ayudado a mejorar la comprensión del fenómeno volcánico en años pasados. Las fotografías mostradas aquí fueron capturadas principalmente en los momentos de mayor actividad del último periodo eruptivo de 2013 a 2017.



Fotografía 65. Descenso de un flujo piroclástico hacia el sur del Volcán de Colima. Estas corrientes queman y destruyen todo a su paso. Imagen tomada desde un helicóptero de Bomberos y Protección Civil del estado de Jalisco. Fecha: 11 de julio de 2015.



Fotografía 66. Vista aérea del Volcán de Colima desde el sureste. Se observa el descenso de un flujo de lava hacia el sur en el edificio volcánico, además de la barranca de Montegrande, por donde descendieron flujos piroclásticos los días 10 y 11 de julio de 2015. Fotografía tomada desde un helicóptero de la Policía Federal. Fecha: 15 de julio de 2015.



Fotografía 67. Vista aérea del Volcán de Colima desde el suroeste. Se observa el depósito de los flujos piroclásticos que bajaron el 10 y 11 de julio por las barrancas de San Antonio y Montegrande. Imagen tomada desde un helicóptero de la Policía Federal. Fecha: 20 de julio de 2015.

Fotografía 68. Acercamiento al cráter del Volcán de Colima. En él se observa el domo de lava emplazado los últimos días de septiembre de 2016. También se observa la salida de gas y ceniza a alta presión, así como incandescencia en plena luz del día. Tomada desde un helicóptero de la Policía Federal. Fecha: 1 de octubre de 2016.



Fotografía 69. Acercamiento al cráter del Volcán de Colima. En él se observa el domo de lava emplazado los últimos días de septiembre de 2016. También se puede ver la salida de gas y ceniza a alta presión y el descenso de un flujo de lava hacia el sur (izquierda). Fotografía tomada desde un helicóptero de la Policía Federal. Fecha: 5 de octubre de 2016.

Fotografía 70. Vista aérea del Volcán de Colima desde el sureste. Se observa el descenso de un flujo de lava hacia el sur, además del anfiteatro en el cráter dejado por la erupción del 10 y 11 de julio de 2015. Imagen tomada desde un helicóptero de la Policía Federal. Fecha: 15 de julio de 2015.



Fotografía 71. *El camino de la destrucción*. Barranca de Montegrando por la cual descendieron flujos piroclásticos el 10 y 11 de julio de 2015. Se observa la vegetación quemada y el depósito del flujo piroclástico. Fecha: 14 de julio de 2015.



Fotografía 72. Vuelo de reconocimiento para observar el alcance de los depósitos del flujo piroclástico del 10 de julio, así como la actividad volcánica presente en ese día. Horas más tarde ocurriría un flujo piroclástico con un alcance de 10.3 km. Fecha: 11 de julio de 2015.

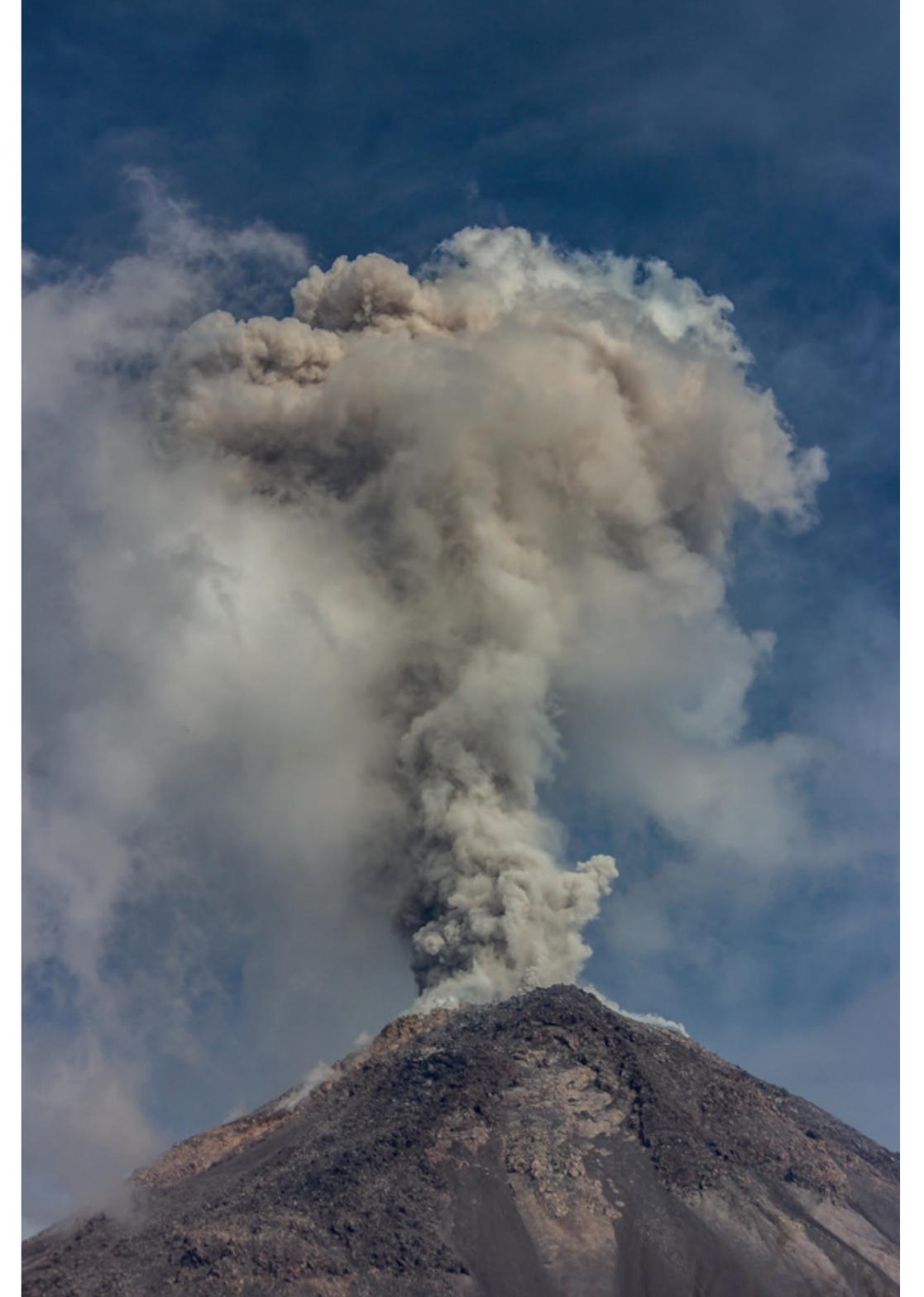
FOTOGRAFÍAS DIURNAS

Si bien es cierto que las mejores fotografías son tomadas al amanecer y atardecer, durante el día pueden ocurrir eventos dignos de fotografiarse, y más cuando se trata de plasmar o documentar la actividad de un volcán tan activo como el de Colima. Aquí podrás observar explosiones y momentos de gran belleza estética. Los sitios y lugares son variados, y la luz, aunque era vertical y plana, brindaba gran belleza al momento.



◀ Fotografía 73. Acercamiento al cráter del Volcán de Colima durante una explosión vulcaniana. Se observan las volutas de ceniza y gases emergiendo del cráter. Tomada desde el sur del volcán. Fecha: 30 de abril de 2015.

Fotografía 74. Vista del Volcán de Colima desde el lado oeste. Explosión vulcaniana observada por la mañana durante una visita a una estación de monitoreo. Fecha: 10 de febrero de 2015. ▶





Fotografía 75. *Contrastes*. Explosión vulcaniana observada cerca del río La Lumbre, en el estado de Colima. Fecha: 16 de abril de 2016.



Fotografía 76. *Reflejos*. Tomada en la laguna del Naranjal, en Colima. Fecha: 14 de julio de 2017.



Fotografía 77. *Explosión con fondo azul*. Evento explosivo vulcaniano observado cerca de la población de Montitlán, en Colima. Fecha: 9 de diciembre de 2016.



Fotografía 78. *El volcán y el río Cordobán*. Captura de larga exposición diurna, cerca de la población de la Becerrera, Colima. Fecha: 9 de abril de 2017.



Fotografía 79. *Volcán entre árboles y bruma.* El Volcán de Colima se asoma entre los árboles.
Fotografía tomada en el restaurante Brumas del Volcán. Fecha: 5 de diciembre de 2021.



Fotografía 80. Acercamiento al flujo de lava que descendió hacia el sur sobre el edificio volcánico en la erupción de julio de 2015. Fecha: 14 de julio de 2015.

CAMINOS AL VOLCÁN

Todos los caminos llevan a un volcán. Para fotografiar al volcán hay que manejar mucho y explorar también, buscando nuevos sitios en donde capturar las imágenes. Hay muy buenos lugares para observar la actividad volcánica y de fácil acceso por las carreteras cercanas a él; sin embargo, las mejores ubicaciones se encuentran a través de brechas y lugares poco transitados. En algunas ocasiones se pueden hacer fotografías de la Vía Láctea en el lado suroeste del volcán, mientras que al amanecer los rayos del sol generan sombras y texturas en el lado sureste, por lo que, en un día, se pueden obtener imágenes totalmente diferentes manejando por algunos minutos de un lugar a otro. Las fotografías con caminos ayudan a darle profundidad de campo a la imagen y dan una mejor perspectiva del sitio.

En algunas de mis fotografías podrán observar a mi vehículo que tantas veces me ha llevado con bien al volcán, sólo en una ocasión me quedé varado durante toda la noche en una brecha llena de lodo, me tuvieron que sacar con un tractor al día siguiente. Mi vehículo es una camioneta Jeep Liberty 2004 de doble tracción; es una camioneta ya vieja, pero me acompañó en muchas visitas al volcán desde el 2014 hasta la fecha y le tengo un gran cariño.



Fotografía 81. *Sólo en un Jeep*. Camino al amanecer en Cerro Grande, Colima. Fecha: 5 de marzo de 2016.

Fotografía 82. *Camino volcánico*. Se observa el camino que va hacia la meseta de la Yerbabuena, en Colima, así como una explosión vulcaniana. Fecha: 26 de marzo de 2016.



Fotografía 83. *Camino en tonos morados*. Tomada en la hora azul, cerca de la población de los Mazos, Jalisco. Fecha: 18 de noviembre de 2022.



Fotografía 84. *Camino iluminado*. Volcán de Colima alumbrado por la luz de luna, cerca de la zona turística de Carrizalillos, Colima. Fecha: 9 de abril de 2017.



Fotografía 85. *Amanecer de colores*. Camino que va hacia un rancho privado. Tomada en la zona de San Antonio, Colima. Fecha: 9 de septiembre de 2023.

Fotografía 86. *Volcán de oro*. Camino entre cañaverales en la hora dorada, cerca del río La Lumbre, en Jalisco. Fecha: 30 de noviembre de 2019.



Fotografía 87. *Camino al atardecer.* Volcán de Colima iluminado en la hora dorada; imagen tomada cerca de la población de Tonila, Jalisco.
Fecha: 31 de enero de 2016.

Fotografía 88. *Caminos del volcán.* Captura con los últimos rayos del sol sobre la cima del volcán. Tomada cerca de la laguna de Carrizalillos, Colima.
Fecha: 3 de diciembre de 2017.

TRABAJO DE CAMPO

Dentro de nuestras actividades en el Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos (CUEV) de la Universidad de Colima, está la de mantener en operación las estaciones de monitoreo volcánico; éstas se encuentran a diferentes distancias del cráter del volcán. La estación más cercana se encuentra a 1.7 km. Estos sitios son considerados de alto riesgo por encontrarse a poca distancia del volcán, y muchos de ellos han sido afectados en el pasado por la caída de lapilli y pequeñas bombas volcánicas.

Las visitas se realizan preferentemente en las temporadas en que la actividad no es muy alta; por el contrario, en épocas en donde se presentan erupciones efusivas o actividad explosiva intensa es mejor no visitarlas. Durante las inspecciones damos mantenimiento a las estaciones, y cuando la situación lo permite, tomamos fotografías para documentar el estado del volcán. Nos ha tocado observar derrumbes de material incandescente asociados al descenso de flujos de lava, así como explosiones de pequeñas a moderadas. Siempre nos mantenemos en contacto por radio con el puesto central de registro de la Red Sísmica Telemétrica del Estado de Colima (RESCO), para mantenernos informados en cada momento de la condición de la actividad sísmica interna del volcán. En esta sección podrán ver fotografías tomadas en estas visitas de campo al volcán más activo de México. Son sitios poco fotografiados por el riesgo que conlleva acercarse al edificio volcánico.



Fotografía 90. Vista del cráter del Volcán de Colima desde el noreste. En la parte de la izquierda se encuentra el cono adventicio conocido como El Volcancito. Este cono se formó de 1869 a 1877 durante una erupción tanto efusiva como explosiva. También se observa la salida de gas en la parte superior del cráter. Fecha: 12 de marzo de 2014.



Fotografía 91. Observación del Volcán de Colima desde el lado oeste, a 2 km del cráter. En la parte superior se encuentra un flujo de lava bajando hacia el oeste. Fecha: 12 de marzo de 2014.



Fotografía 92. Vista de la cara noroeste del Volcán de Colima. Al frente se observan flujos de lava antiguos que ya han sido cubiertos por la vegetación. Fotografía tomada desde el Playón. Fecha: 21 de marzo de 2014.



Fotografía 93. Columna eruptiva observada a 1.7 km del cráter. Ese día trabajábamos en el mantenimiento de la estación sísmica más cercana al cráter del volcán cuando escuchamos la explosión; segundos después vimos cómo se elevaban ceniza y gases de entre las nubes. Fecha: 10 de enero de 2015.



Fotografía 94. Vista desde el sur del Volcán de Colima. En el centro sobre el edificio volcánico se observan los derrames de lava de las erupciones efusivas de julio de 2015 y de septiembre a noviembre de 2016. También, en la parte izquierda puede verse la barranca de Montegrande, por la cual año con año descienden muchos lahares (flujos de agua y material volcánico). Fecha: 3 de abril de 2019.



Fotografía 95. Frente del flujo de lava de 2004. Este flujo descendió de septiembre a octubre de 2004 hacia la parte norte del volcán, llegó hasta 2 km de distancia del cráter. En su avance destruyó toda la vegetación que fue tocando, quemándola o sepultándola. Fecha: 9 de enero de 2020.



Fotografía 96. Vista del lugar conocido como el Playón, ubicado al norte del volcán. Esta zona se considera de alto riesgo y transitamos por aquí lo más rápido posible. En los últimos años ha sido impactada por flujos de lava, flujos piroclásticos, así como la caída de lapilli y balísticos de las explosiones. En la imagen se puede observar un árbol parcialmente quemado por el flujo piroclástico del 5 de enero de 2015. Fecha: 9 de enero de 2020.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, J.F., Carmichael, I.S.E. (1984). Lamprophyric lavas in the Colima Graben, SW Mexico. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 88, pp. 203-216.
- Arámbula-Mendoza R., Reyes-Dávila G., Domínguez-Reyes, T., Vargas, D., González, M., Martínez-Fierros, A., y Ramírez, A. (2019). Seismic Activity Associated with Volcán de Colima. *Volcán de Colima, Portrait of a Persistently Hazardous Volcano*. Springer.
- Bretón, G.M., Ramírez, J.J., Navarro, C. (2002). Summary of the historical eruptive activity of Volcán De Colima, Mexico 1519-2000. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 117, pp. 21-46.
- CENAPRED (2021). Lineamientos Generales para la elaboración de Atlas de Riesgos. *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica*. Serie: Atlas Nacional de Riesgos. México, Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana.
- Connor, C. B., Connor, L. J., Bonadonna, C., Luhr, J., Savov, I., y Navarro-Ochoa, C. (2019). Modelling Tephra Thickness and Particle Size Distribution of the 1913 Eruption of Volcán de Colima, Mexico. *Volcán de Colima, Portrait of a Persistently Hazardous Volcano*. Springer.
- Cortés, A., Komorowski, J. C., Macías, J. L., Capra, L., y Layer, P. W. (2019). Pleistocene-Holocene Debris Avalanche Deposits from Volcán de Colima, Mexico. *Volcán de Colima, Portrait of a Persistently Hazardous Volcano*. Springer.
- Crummy, J. M., Savov, I. P., Navarro-Ochoa, C., Morgan, D. (2019). Holocene Eruption History and Magmatic Evolution of the Colima Volcanic Complex. The 1998 to 2011 Activity. *Volcán de Colima, Portrait of a Persistently Hazardous Volcano*. Springer.
- De la Cruz-Reyna, S. (1993). Random patterns of occurrence of explosive eruptions at Colima Volcano, México. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 55, pp. 51-68.
- García Cruz, C. M. (2012). Alfred Lothar Wegener (1880-1930), una vida para la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, pp. 4-26.
- Komorowski, J. C., Navarro, C., Cortés, A., Saucedo, R., Gavilanes, J. C., Siebe, C., Espíndola, J. M., Rodríguez-Elizarrarás, S. R. (1997). The Colima Volcanic Complex. Field Guide # 3. *LAVCEI, General Assembly*.
- Luhr, J. F., Carmichael, I. S. E. (1980). The Colima volcanic complex, Mexico; Part I. Postcaldera andesites from Volcán Colima. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 71, pp. 343-372.
- Luhr, J. F. (2002). Petrology and geochemistry of the 1991 and 1998-1999 lava flows from Volcán de Colima, México: implications for the end of the current eruptive cycle. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 117, pp. 169-194.
- Medina-Martínez, F. (1983). Analysis of the eruptive history of the Volcán Colima, México, 1560-1980. *Geofísica Internacional*, 22, pp. 157-178.
- Mendoza-Rosas, A.T., De la Cruz-Reyna, S., (2008). A statistical method linking geological and historical eruption time-series for volcanic hazard estimations: applications to active polygenetic volcanoes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176, pp. 277-290.
- Newhall, C. G., & Self, S. (1982). The volcanic explosivity index (VEI): An estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research*, 87, pp. 1231-1238
<https://doi.org/10.1029/JC087iC02p01231>.
- Norini, G., Capra, N., Groppelli, Agliardi, A., Pola, A., Cortes, A. (2010). Structural architecture of the Colima volcanic complex. *Journal of Geophysical Research*, 115, B12209. <https://doi.org/10.1029/2010JB007649>.
- Reubi, O., Blundy, J., Pickles, J. (2019). Petrological Monitoring of Volcán de Colima Magmatic System: The 1998 to 2011 Activity. *Volcán de Colima, Portrait of a Persistently Hazardous Volcano*. Springer.
- Reyes-Dávila, G., Arámbula-Mendoza, R., Espinasa-Pereña, R., Pankhurst, M., Navarro-Ochoa, C., Savov, I., Vargas-Bracamontes, D., Cortés-Cortés, A., Gutiérrez-Martínez, C., Valdés-González, C., Domínguez-Reyes, T., González-Amezcuca, M., Martínez-Fierros, A., Ramírez-Vázquez, C., Cárdenas-González, L., Castañeda-Bastida, E., Vázquez, D., Nieto-Torres, A., Campion, R., Courtois, L., & Lee, P. (2016). Volcán de Colima dome collapse of July, 2015 and associated pyroclastic density currents. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 320, pp. 100-106.
- Ridley, W. (2012). Petrology of associated igneous rocks in volcanogenic massive sulfide occurrence model. *U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5070 -C, chap. 15*.
- Robin, C., Mossand, P., Camus, G., Cantagrel, J., Gourdgand, A., Vincent, P. (1987). Eruptive history of the Colima volcanic complex (Mexico). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 31, pp. 99-113.
- Saucedo, R., Macías, J. L., Gavilanes, J. C., Arce, J., Komorowski, J., Gardner, J., Vides-Moreno, G. (2010). Eyewitness, stratigraphy, chemistry, and eruptive dynamics of the 1913 Plinian eruption of Volcán de Colima, México. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 191, pp. 149-166.



Amanecer en el volcán. Fotografía a contraluz de larga exposición, cerca del río La Lumbre, Jalisco. Fecha: 11 de julio de 2020.



Amanecer en Montitlán. Fotografía tomada al sur del volcán, cerca de la comunidad de Montitlán, Colima. Fecha: 24 de febrero de 2018.



◀ *Volcán de Colima entre caña y estrellas.* Fotografía *startrail* en un campo de caña, cerca del río La Lumbre, Jalisco. Fecha: 24 de abril de 2022.

Explosión monocromática cerca de Quesería. Explosión vulcaniana observada cerca de la comunidad de Quesería, Colima. Fecha: 3 de enero de 2017. ▶





Atardecer desde Montitlán. Explosión vulcaniana observada cerca de la comunidad de Montitlán, Colima. Fecha: 28 de febrero de 2015.

Volcán de Colima. Volcán de fuego y luz de Raúl Arámbula Mendoza, fue editado en la Dirección General de Publicaciones de la Universidad de Colima, avenida Universidad 333, Colima, México, <http://www.ucol.mx>. La edición se terminó en Agosto de 2024. En la composición tipográfica se utilizó la familia Gill Sans MT. Programa editorial: Eréndira Cortés Ventura. Gestión administrativa: Inés Sandoval Venegas. Diseño de portada: Guillermo Campanur Galván. Corrección: Miguel León Govea. Diseño de interiores: José Luis Ramírez Moreno. Cuidado de la edición: Eréndira Cortés Ventura.

Los volcanes son una de las manifestaciones naturales más impresionantes de nuestro planeta; se calcula que anualmente hay más de 70 erupciones en todo el mundo, por tal razón es importante su estudio, ya que pueden poner en riesgo a la población que vive cerca de ellos. En este libro de divulgación científica encontrarás información referente al Volcán de Colima, así como explicaciones sencillas de la estructura de la Tierra, deriva continental, tectónica de placas, vulcanismo, tipos de magmas, tipos de volcanes, tipos de erupciones, amenazas volcánicas, tamaño de las erupciones, monitoreo volcánico, riesgo volcánico y finalmente beneficios de la actividad volcánica. Adicionalmente, podrás observar más de 100 fotografías, hechas por el autor, de la actividad reciente del Volcán de Colima, las cuales documentan su actividad, pero también la belleza natural de uno de los volcanes considerado el más activo y uno de los más majestuosos de México.



UNIVERSIDAD DE COLIMA

