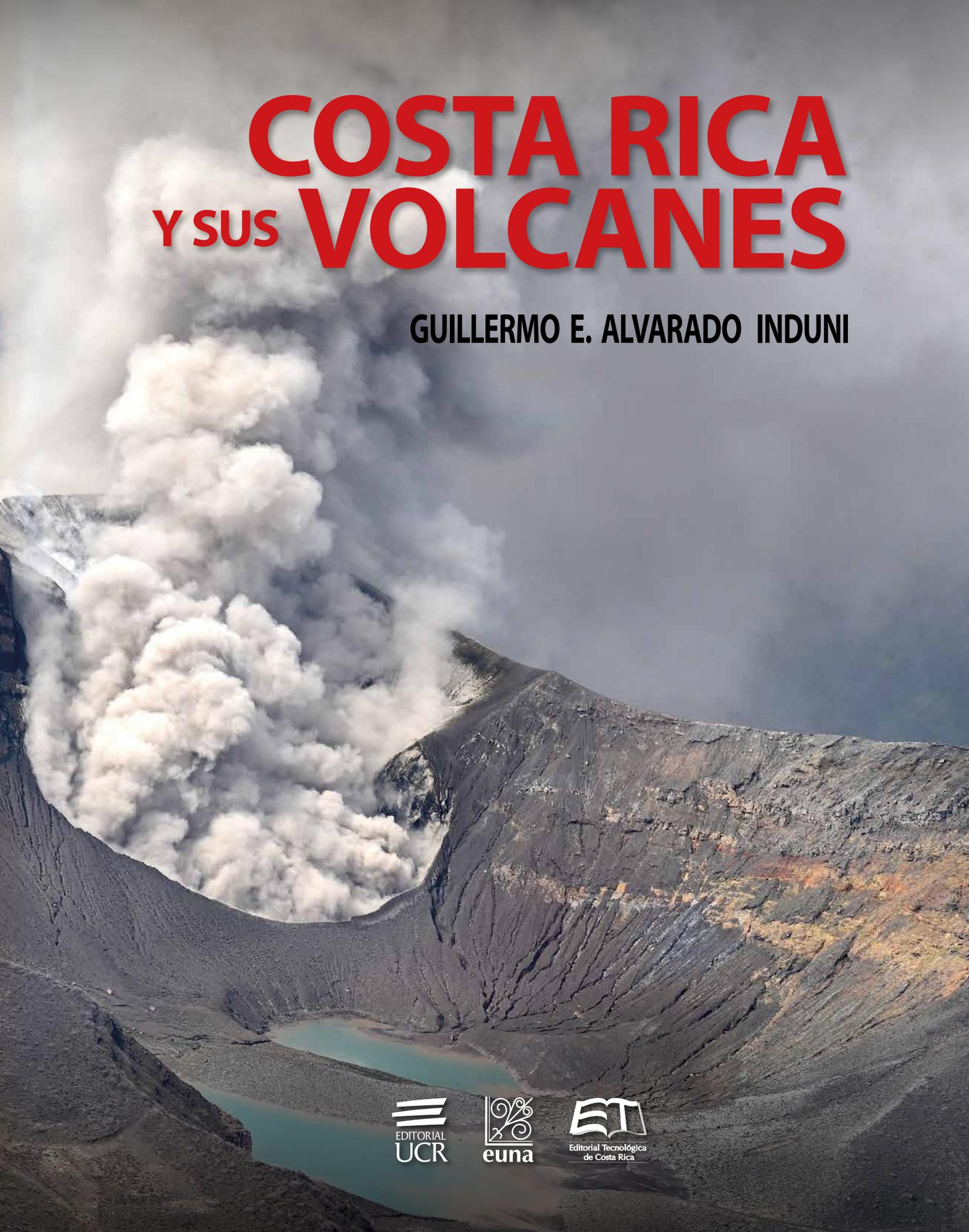


COSTA RICA Y SUS VOLCANES

GUILLERMO E. ALVARADO INDUNI




EDITORIAL
UCR


euna


Editorial Tecnológica
de Costa Rica

COSTA RICA Y SUS VOLCANES

GUILLERMO E. ALVARADO INDUNI


EDITORIAL
UCR


euna


Editorial Tecnológica
de Costa Rica

2021



551.210.972.86

A444c

Alvarado Induni, Guillermo E.

Costa Rica y sus volcanes / Guillermo E. Alvarado Induni. – Primera edición. – San José, Costa Rica: Editorial UCR : EUNA : Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2021.

xli, 933 páginas: ilustraciones (principalmente a color), fotografías (principalmente a color), gráficos en blanco, negro y gris, mapas a color, retratos en blanco y negro

ISBN 978-9968-46-776-6

1. VOLCANES – COSTA RICA. 2. VULCANISMO. 3. MAGMATISMO. 4. TECTÓNICA DE PLACAS. 5. VOLCANES – INVESTIGACIONES – COSTA RICA. I. Título.

CIP/3380

CC.SIBDI.UCR

Coedición aprobada por la Comisión Editorial de la Universidad de Costa Rica (Editorial UCR) y los Consejos Editoriales de la Editorial Universidad Nacional (EUNA) y la Editorial Tecnológica de Costa Rica (ET).
Primera edición: 2021

Editorial UCR, EUNA y ET son miembros del Sistema Editorial Universitario Centroamericano (SEUCA), perteneciente al Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA).

Revisión profesional por temas o afinidades (en orden alfabético): *Alfredo Alvarado, Sandra Arredondo, Geoffroy Avarad, Mario A. Boza, José Brenes, Luis Chacón, Manuel Chacón, Miguel Chinchilla, Jorge Cortés, Percy Denyer, Mario Espinosa, Lidier Esquivel, Esteban Gazel, Luko Hilje, Víctor Hurtado, Luis Hurtado de Mendoza, Bert Kohlmann, Alfredo Mainieri (q. e. p. d.), Yehudi Monestel, Marielos Mora, Mauricio Mora, Rodrigo R. Mora, Sergio Mora, Paul Moya, Giovanni Peraldo, Peter C. Ryan, Eddy Sánchez, Reina Sánchez, Karina Salguero, Waldo Taylor, Rodolfo Tenorio, Lorena Uribe, Alberto Vargas, Alejandra Varela, Eduardo Vega, Eugenia Zabaleta y Rogelio Zeledón.*

Corrección de borradores: *Percy Denyer, Luis Madrigal, Teresita Alvarado y el autor.*

Corrección filológica: *Ariana Alpizar y Montserrat Barquero* • Revisión de pruebas: *El autor y María Villalobos.*

Diseño y diagramación: *Daniela Hernández* • Diseño de portada y retoque fotográfico: *Boris Valverde.*

Fotografía de portada: *Federico Chavarria*. Erupción del volcán Turrialba.

Dibujos y mapas: *Charlotte DeVitre* • Fotografías del contenido: *Irene Aguilar, Sergio A. Aguilar, José A. Alvarado, Óscar Alvarado, Aristides José Alfaro, Geoffroy Avarad, Henriette Bakkar, Manuel Barrantes, David Bermúdez, Tania Bermúdez, Laura Brenes, Luciano Capelli (q. e. p. d.), Víctor Carvajal, Laura Castro, Emilia Cersósimo, Manuel Chacón, Federico Chavarria, Jorge Cortés, Yamil Coto, Francisco Coto, Jean-Paul Dinarte, Carlos R. Escalante, Ernst Flüh, Lola Fernández, Federico Gutiérrez, Anayensy Herrera, Martín A. Herrera, Luis Hurtado de Mendoza, Omar Lizano, Luis Madrigal, Rebeca Madrigal, Silvia Meléndez, Faucio J. Méndez, Cornelia Miller, Yehudi Monestel, Marielos Mora, Marjorie Murillo, Javier Pacheco, Claudio Paniagua, Catalina Quesada, André Quirós, Pablo Ruiz, Ana Sánchez, Blas E. Sánchez, Walter Shäer (q. e. p. d.), Gerardo J. Soto, José Gerardo Suárez, Óscar Tristán (q. e. p. d.) y Asdrúbal Vargas. También se contó con material fotográfico aportado por los antiguos archivos fotográficos del ICE, el laboratorio PRIAS del Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT), por la Fundación Museos del Banco Central de Costa Rica, Museo Nacional de Costa Rica, OVSICORI, RSN, Aerodiva y CNE.*

Control de calidad: *Abraham Ugarte, Boris Valverde y Raquel Fernández.*

© Editorial de la Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. San José, Costa Rica.
Apdo. 11501-2060 • Tel.: 2511 5310 • Fax: 2511 5257 • administracion.siedin@ucr.ac.cr • www.editorial.ucr.ac.cr

© Editorial Universidad Nacional, Campus Omar Dengo. Heredia, Costa Rica.
Apdo. 86-3000 • Tel.: 2562 6754 • Fax: 2562 6761 • euna@una.cr • www.euna.una.ac.cr

© Editorial Tecnológica de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
Apdo. 159-7050 • Tel.: 2550 2297 • Fax: 2552 5354 • editorial@tec.ac.cr • www.editorial.tec.ac.cr

Prohibida la reproducción total o parcial. Todos los derechos reservados. Hecho el depósito de ley.
Impreso por encargo de la Editorial UCR. Fecha de aparición: enero, 2021.
Masterlitho S.A. San José, Costa Rica.

CONTENIDO

xxi	Agradecimientos
xxv	Algunas siglas, acrónimos, abreviaturas y símbolos utilizados
xxix	Presentación
xxx	Prefacio
xxxvii	Aspectos metodológicos relevantes

Capítulo 1

1	LAS RAÍCES DE LA VULCANOLOGÍA
3	El “Fuego” ígneo en la mitología y en la religión
12	La Atlántida y su eventual relación con el éxodo bíblico
27	Los volcanes y la ciencia que los estudia

Capítulo 2

33	LA TECTÓNICA DE PLACAS Y EL MAGMATISMO
35	Choques y roces a escala planetaria: el rompecabezas de la tectónica de placas y el origen de los volcanes
48	La formación de rocas fundidas, su ascenso y tipos de magmas
54	Cuando el magma se convierte en lava: los productos volcánicos
65	La actividad volcánica y sus estilos
67	• Erupción efusiva
68	• Erupción hawaiana

69	• Erupción estromboliana
70	• Erupción vulcaniana, hidromagmática y freatomagmática
71	• Erupción surtseyana (cifresoide, taaliana) y freatosurtseyana
71	• Erupción peleana
71	• Erupción pliniana (vesubiana)
72	• Erupción freática
72	• Erupción hidrotermal
74	• Actividad residual (secundaria) y emisión permanente de gas (actividad exhalativa)
78	Los edificios volcánicos y su modo de construcción. Formas y tipos de volcanes
82	• Escudo
82	• Volcán submarino (<i>seamount</i> y <i>guyot</i>)
83	• Estratovolcán
85	• Cono piroclástico
87	• Domo volcánico
89	• Caldera
92	• Cuello volcánico (conducto volcánico, relicto volcánico)
93	• Grábenes volcánicos
94	• Abanicos de corrientes de densidad piroclástica concentrada
96	• Abanicos de avalancha de escombros volcánica
97	• Abanicos laháricos
99	• Supervolcán (megavolcán)
100	• Grandes provincias ígneas (LIP, del inglés: <i>Large Igneous Provinces</i>)
102	Volcanes vivos y muertos, volcanes activos, dormidos y extintos



Capítulo 3

107	LOS VOLCANES, SU ENTORNO NATURAL Y LOS SERES HUMANOS
109	La colonización biológica en los volcanes y la formación de suelos
126	Los extremófilos: la vida en ambientes volcánicos inhóspitos
131	Rocas y minerales de origen volcánico útiles al ser humano
137	Origen de los lagos volcánicos y el porqué de su gama de colores
148	Las aguas subterráneas en rocas volcánicas
151	Las aguas minerales y termales

157	Energía y potencial geotérmico
166	El riesgo derivado de la amenaza volcánica
166	• Edad de las rocas volcánicas
170	• Comienzo de una erupción y su duración
172	• Índice de explosividad volcánica
175	• Índice de inquietud volcánica
177	• Amenaza, vulnerabilidad y riesgo volcánico
185	• Planes comunales de prevención de riesgos y atención de emergencias
187	• Planes de contingencia
190	• Tipos de peligros volcánicos
219	• Los estudios de peligros volcánicos y sus mapas acompañantes
234	El vulcanismo y sus efectos locales y regionales
238	La vigilancia volcánica y sus métodos
241	• Sismología volcánica
246	• La geodesia
246	• Los métodos geofísicos
246	• La geoquímica de las aguas y gases volcánicos
249	• Termometría
249	• Control visual o de campo
251	Los observatorios vulcanológicos en Costa Rica
259	Reducción del riesgo volcánico
261	• ¿Cómo convivir con un volcán activo y qué hacer ante una erupción volcánica?
262	• Recomendaciones a la población que vive cerca de un volcán activo
264	• Recomendaciones adicionales para las comunidades
265	• Recomendaciones para las instituciones
265	• Recomendaciones en caso de evacuación
266	• Recomendaciones para los turistas que visitan un volcán activo
269	• Recomendaciones a los comunicadores antes y durante una crisis volcánica
269	• Elementos que debe contener para emergencias (para 72 horas)



Capítulo 4

273	VULCANISMO: SU ESFERA SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL
275	América Central
279	Costa Rica en breve

292	¿Cuántos volcanes hay en Costa Rica?
295	• El vulcanismo antiguo
299	• El vulcanismo relativamente reciente
307	Los volcanes y su influencia en la cultura y el arte costarricense
324	Reseña histórica sobre las investigaciones vulcanológicas en Costa Rica
325	• La época precolombina: de 11 500 a. C. al 1502 d. C.
331	• La época de los descubrimientos, la Conquista y la Colonia: de 1502 a 1718
333	• Primera etapa: de 1719 a 1887
347	• Segunda etapa: de 1888 a 1925
360	• Tercera etapa: de 1926 a 1962
363	• Cuarta etapa: de 1963 hasta el presente



Capítulo 5

373	CORDILLERA VOLCÁNICA DE GUANACASTE
375	Generalidades
380	Cerro El Hacha
381	• Origen del nombre
382	• Riquezas naturales
384	Volcanes Orosí y Cacao
388	• Actividad volcánica
390	• Origen del nombre
392	• La casi invencible cumbre del Orosí y sus riquezas
398	Volcán Rincón de la Vieja
403	• Actividad volcánica
416	• Origen del nombre y leyendas asociadas
419	• Exploración del Rincón de la Vieja
421	• Riquezas naturales y recursos geotérmicos
427	Domos de Cañas Dulces
434	• Origen del nombre
435	• Riquezas naturales

- 436 **Volcán Miravalles**
- 448 • Actividad volcánica reciente
- 450 • Origen del nombre
- 452 • Colonización prehispánica
- 453 • Riquezas naturales y colonización del coloso en los siglos XIX y XX
- 460 • Energías limpias
- 464 **Volcán Tenorio**
- 467 • Actividad volcánica
- 471 • Origen del nombre y leyenda
- 472 • Riquezas naturales y el origen del color aguamarina del río Celeste



Capítulo 6

- 479 **REGIÓN ARENAL**
- 481 **Generalidades**
- 482 • Origen del nombre
- 482 • Riquezas naturales
- 483 • El embalse de Arenal y el complejo hidroeléctrico del Arenal
- 486 **Volcán Arenal**
- 489 • Actividad volcánica prehistórica
- 492 • Manifestaciones volcánicas previas a 1968:
su conquista y colonización en el siglo XX
- 498 • Actividad volcánica eruptiva del Arenal: 1968-2010
- 520 • Nombres antiguos y origen del nombre
- 522 • Riquezas naturales
- 530 • Generalidades de la Red Sismológica de OSIVAM
- 532 **Volcán Chato**
- 535 • Actividad volcánica
- 535 • Origen del nombre
- 535 • Riquezas naturales
- 537 **Cerros Los Perdidos**
- 537 • Origen del nombre



Capítulo 7

539 CORDILLERA DE TILARÁN Y MONTES DEL AGUACATE

541 Generalidades

- 543 • Origen del nombre
- 543 • Riquezas naturales

545 Cono Chopo

- 548 • Origen del nombre y aspectos naturales

550 Cono Chopito

- 550 • Origen del nombre
- 551 • Riquezas naturales

552 Cerro Pelado

- 556 • ¿Actividad volcánica?
- 557 • Origen del nombre
- 558 • Riquezas naturales

560 Cerro San Miguel

- 561 • Origen del nombre

562 Cerro La Cruz

563 Cerros Pelón, Mondongo y Tinajita

- 564 • Origen del nombre

565 Cerro Espíritu Santo

- 566 • Mirador natural del Valle Central e historia de su capilla
- 568 • Origen del nombre

569 Otros posibles focos volcánicos menores

- 569 • Cerro Jilguero
- 569 • Cerro Pan de Azúcar
- 569 • Cerro San José
- 570 • Cerro Palmira
- 570 • Cerro Tilarán
- 570 • Cerros Frío y San Pedro
- 570 • Cerro Marsella y otros posibles domos
- 571 • Cerros Pelado y Herrera

- 571 • Lago de Cote
- 571 • Cerro La Mina
- 572 • Lago Poco Sol y cerro Pocosol
- 572 • Caldera de Criques
- 573 • Cerros Macho Chingo
- 573 • Cerro El Tablazo
- 573 • Cerros La Roca y Trinidad



Capítulo 8

579 **CORDILLERA VOLCÁNICA CENTRAL**

- 581 **Generalidades**
- 586 **Cerros Palmira, Chocosuela y volcán Viejo**
- 589 • Origen de los nombres
- 591 • Riquezas naturales
- 593 **Volcán Platanar**
- 594 • Actividad volcánica
- 594 • Origen del nombre
- 594 • Riquezas naturales
- 595 **Volcán Porvenir**
- 596 • Actividad volcánica
- 596 • Origen del nombre
- 597 **Volcán Poás**
- 609 • Actividad volcánica
- 634 • Origen del nombre
- 636 • Riquezas naturales
- 640 • Leyendas, versos y poemas del Poás
- 645 • Conquista y colonización de un coloso
- 653 **Volcán Congo**
- 654 • Actividad volcánica
- 655 • Origen del nombre
- 655 • Riquezas naturales

- 657 **Lago caldérico Hule**
- 661 • Actividad volcánica e historia eruptiva
 - 662 • Perturbaciones gaseosas en el lago volcánico
 - 664 • Origen del nombre
 - 664 • Riquezas naturales
- 666 **Lago cratérico Río Cuarto**
- 668 • Perturbaciones gaseosas en el lago volcánico
 - 668 • Origen del nombre
 - 669 • Riquezas naturales
- 670 **Volcán Barva**
- 675 • Actividad volcánica
 - 680 • Origen del nombre y leyendas
 - 684 • Riquezas naturales
- 687 **Volcán Cacho Negro**
- 689 • Actividad volcánica
 - 689 • Origen del nombre
 - 689 • Riquezas naturales
- 691 **Cerros Zurquí**
- 694 • Origen del nombre
 - 695 • Riquezas naturales
- 700 **Volcán Irazú**
- 711 • El campo de coladas de Cervantes
 - 716 • Actividad volcánica
 - 737 • El impacto socioeconómico (1963-1965)
 - 746 • Sugerencias no científicas para “apagar” el volcán
 - 751 • La actividad del Irazú después de 1965 y los cambios en el lago cratérico
 - 754 • Origen del nombre y sus colonizadores precolombinos
 - 757 • Las leyendas, poemas y versos del Irazú
 - 761 • Riquezas naturales
- 769 **Volcán Turrialba**
- 777 • Actividad volcánica
 - 795 • El impacto socioeconómico (1997-2017)
 - 802 • Origen del nombre
 - 805 • Riquezas naturales

■ Capítulo 9

- 811 **LLANURAS DEL NORTE**
- 813 **Generalidades**
- 814 • Riquezas naturales
- 816 **Cono Tortuguero**
- 818 • Origen del nombre
- 818 • Riquezas naturales
- 819 **Campo de conos piroclásticos de Aguas Zarcas**
- 822 • Origen de los nombres
- 822 • Riquezas naturales
- 823 **Otros relictos volcánicos antiguos**
- 823 • Lomas de Sierpe
- 823 • Lomas de Colorado
- 824 • Cerro Mercedes

■ Capítulo 10

- 825 **CORDILLERA DE TALAMANCA Y CORDILLERA COSTEÑA**
- 827 **Generalidades**
- 831 • Riquezas naturales
- 832 **Domos del río Lori**
- 833 **Otros relictos volcánicos menores y antiguos**
- 833 • Cerro Doán (Dúan)
- 833 • Cerro Jaboncillo
- 834 • Fila Matama
- 834 • Cerro Mano de Tigre
- 835 • Cerro Bola
- 835 • Cerro Pelón

■ Capítulo 11

837 **CORDILLERA SUBMARINA VOLCÁNICA DEL COCO**

839 **Generalidades**

- 842 • Riquezas naturales

845 **Isla del Coco**

- 851 • Origen del nombre y algunas anotaciones históricas
- 852 • Riquezas naturales y culturales de la isla del tesoro

■ Capítulo 12

857 **VOLCANES FALSOS**

859 **Generalidades**

■ Epílogo:

869 **VOLCANES Y SOCIEDAD**

- 883 Glosario
- 893 Referencias bibliográficas
- 933 Acerca del autor



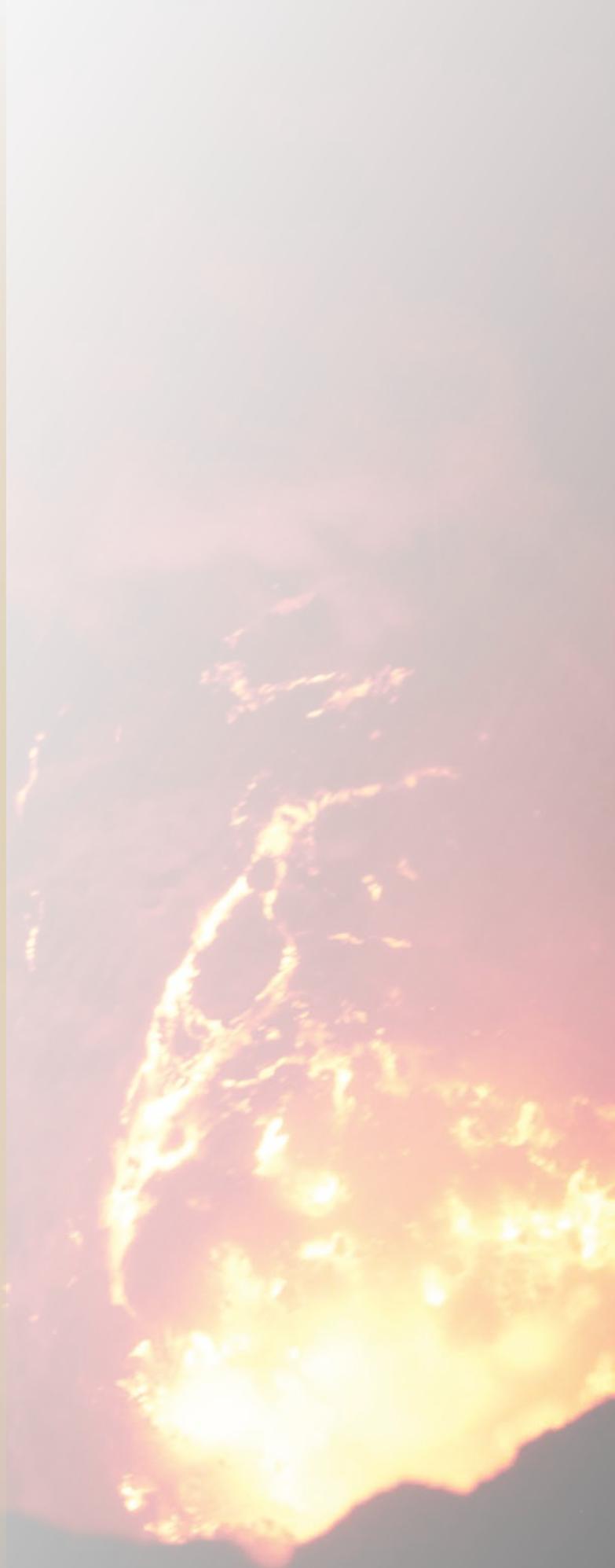
CAPÍTULO 1

LAS RAÍCES
DE LA
VULCANOLOGÍA

Miro atrás: una densa nube se alza detrás de nosotros, siguiéndonos como una riada a través del terreno... El fuego mismo [de la erupción del Vesubio] se detuvo a cierta distancia, pero la oscuridad y las cenizas volvieron en gran cantidad.

Plinio el Joven, 79 d. C.

Lago de lava en el cráter principal del volcán Turrialba
Fotografía: Geoffroy Avard



El “Fuego” ígneo en la mitología y en la religión

Entonces Yahvé hizo llover sobre Sodoma y Gomorra azufre y fuego proveniente de Yahvé de los cielos. Y así destruyó estas ciudades con toda la llanura, con sus habitantes y vegetación... Allí [Abrahán] se puso a mirar hacia Sodoma y Gomorra y hacia toda la comarca vecina, y vio que subía una humareda de la tierra, como la humareda de un horno.

Génesis 19, 24-25 y 28

Desde tiempos inmemorables el ser humano ha sentido la necesidad de explicar los fenómenos naturales y ha deseado siempre protegerse de las adversidades de la vida, derivadas de las enfermedades, los accidentes, las guerras y las catástrofes inducidas por la naturaleza. Los fenómenos naturales adversos (terremotos, erupciones volcánicas, relámpagos, tsunamis, huracanes, entre otros), incomprensibles para la humanidad en sus comienzos, generaron mucho temor y curiosidad. La incomprensión de estos y muchos otros hechos, incluso estar carente de las técnicas y herramientas científicas apropiadas durante milenios, motivó la búsqueda de un sentido sobrenatural. De ahí que las personas solían acudir a la magia, la hechicería, los mitos² y a la creación de figuras míticas y dioses, para encontrar responsables de todo lo que acontecía.

Era una época en la cual la imaginación y el reconocimiento de patrones eran el único escenario que cobraba vida. Al buscar respuestas sobre esos asuntos atávicos, con sus incertidumbres e interrogantes, se produjeron cosmogonías; es decir, explicaciones del mundo basadas en creencias no demostradas. La mitología les ponía rostro a las manifestaciones de la naturaleza, para así poder explicar los

2 El mito suele ser una narración con un lenguaje simbólico que alude generalmente a cómo se originó el universo, los seres vivos, las creencias y los ritos de un pueblo. Este se ocupa sobre todo de los dioses (Belmonte y Burgueño, 2012). Sin embargo, la definición de mito puede variar, según las distintas disciplinas. Para los religiosos, los personajes principales de los mitos deben de ser los dioses; para los folcloristas, estos versan exclusivamente sobre la creación del mundo; mientras que en el ámbito de las ciencias políticas, un mito puede ser una creencia, un credo o una ideología. Para otras disciplinas, en cambio, estos pueden describir la creación de una nación o de un movimiento, o bien, incluir no solo héroes que son humanos, sino también a los animales, quienes en ocasiones pueden ser los indiscutibles creadores del mundo (Segal *et al.*, 2012). La leyenda, por su parte, es una narración o colección de narraciones tradicionales, las cuales suelen partir de situaciones verídicas, pero incorporan elementos de ficción. Esta suele enfocarse en el héroe humano (Belmonte y Burgueño, 2012). No obstante, algunos relatos mitológicos suelen tener una raíz histórico-arqueológica, por lo que la división entre mito y leyenda no suele ser tan tajante.

misterios de la vida. Con el tiempo nacieron las religiones, las cuales se utilizaron a favor de las sociedades que las practicaban y en contra de los enemigos, incluida la supuesta dominación de las fuerzas sobrenaturales.

Si se piensa bien, no resulta sorprendente que en la antigüedad –y aún hoy día– el poder de las erupciones volcánicas, con sus ruidos ensordecedores y sus “fuegos” aterradores, asociado con una tierra que tiembla y con una boca que tira rocas incandescentes y cenizas, disparara la imaginación de los antiguos pobladores, vecinos de aquellas montañas que vomitaban “fuego” y cenizas. A ello se le pueden agregar las diversas manifestaciones del calor interno de la tierra, las cuales fluyen hasta la superficie, bajo la forma de fuentes termales, fumarolas, batideros de barro hirviente y géiseres.

En la mitología griega, Hefesto (Hefestos, Hefaístos, con o sin tilde), hijo de Hera (diosa Juno para los romanos) y de Zeus (Júpiter), era la divinidad del fuego y se casó con Afrodita.³ Según el mito, había nacido cojo y deforme, por lo que su madre le rechazó y le encomendó su crianza a Cedalión, quien le enseñó el trabajo de la fragua y la metalurgia. Por ello, Hefesto es considerado el herrero divino, dios del fuego, de las fraguas y de las forjas, así como de los herreros y la metalurgia, dado que trabajaba con metales preciosos (figuras 1.1 y 1.2).

Un gran número de objetos asombrosos salieron de su taller, localizado en el Olimpo, para varios dioses y sus hijos, así como para los héroes, tales como el carro, los rayos y la égida de Zeus, maravillosas armas (corazas y espadas), herramientas y ornamentos de oro. Por ejemplo, pertenece a la épica que Hefesto fue quien construyó el poderoso escudo al héroe griego Aquiles, así como su urna fúnebre de oro. Los cíclopes, quienes eran sus ayudantes, poseían un único ojo, quizás una reminiscencia de un cráter volcánico (Richepin, 2002; Blanco, 2011; Serrano y Pascual, 2012). El personaje de Hefesto se retomará más adelante.

3 En la mitología griega no es tan claro que el padre de Hefesto fuese Zeus, dado que varía según las tradiciones. Incluso se dice que Hera podía tener hijos sin tener relaciones con Zeus, o con otro dios; de ahí que ella alumbró a Hefesto por partenogénesis (nacimiento “virginal”). Igualmente, no es claro si la esposa de Hefesto fue Afrodita; se considera que pudo ser otra mujer llamada Perséfone. Venus, producto de la inspiración de la Afrodita helénica, sería la esposa de Vulcano. En tal caso, el idilio de Hefesto (Vulcano) con la diosa más bella de la mitología (Afrodita o Venus) no duró mucho, dado que ella le fue infiel con su amante Ares (Marte), lo cual provocó la hilaridad de los demás dioses. Lo anterior no fue impedimento para que ella tuviera nuevos y variados amoríos, tanto con dioses como con mortales (Richepin, 2002; Blanco, 2011; Cardona, 2011; Belmonte y Burgueño, 2012; Segal *et al.*, 2012).



Figura 1.1 La fragua de Vulcano, obra de Diego Velázquez, pintada en Roma en 1630

En esta se observa al dios Apolo, coronado de laurel, cuando le comunica al dios Vulcano (Hefesto para los griegos) del adulterio de su esposa Venus, diosa de la belleza, con Marte, dios de la guerra.

Fuente: cuadro souvenir del Museo Nacional del Prado, Madrid, España.

Geográficamente, lo habitual era situar el Olimpo⁴ en el corazón volcánico de la isla egea de Lemnos; pero los griegos, a medida que iban conociendo nuevos territorios, trasladaban el asiento de la actividad de Hefesto a las principales regiones volcánicas del Mediterráneo (Figura 1.3). Primero, con los dioses-volcanes del sur de Italia, Ádranos y Vulcano, donde escritores clásicos posteriores lo asociaron con las islas volcánicas de Lípari, cerca de Sicilia y, finalmente, los colonizadores griegos terminarían asociando su fragua con el volcán Monte Etna⁵ (Krafft, 1991; Richepin, 2002; Belmontey Burgueño, 2012).

4 El monte Olimpo (2917 m s. n. m.) es la montaña más alta de Grecia y uno de los picos más elevados de Europa. Forma parte de la cordillera que separa la llanura Macedonia de Tesalia. Al parecer ningún griego antiguo lo llegó a escalar; era, para la mitología griega, el hogar de las deidades (dioses del Olimpo), salvo Poseidón y Hades, quienes moraban en el mar y en el infierno, respectivamente (Segal *et al.*, 2012).

5 Dicho volcán debe su nombre a Etné, hija de Briáreo (o Briareo), en la mitología griega un dios del mar o del océano.

Es sabido que la diosa griega Atenea (Athenea; Minerva según la mitología romana) y Zeus (Júpiter) luchan contra los Gigantes, quienes, a diferencia de los Titanes, no son inmortales. Uno de ellos era el temible Encelado (Enceladus, Encélado), a quien Atenea tuvo que aplastar con el peso de la isla de Sicilia para poder acabar con él. Se suponía que las llamas del volcán Etna eran producto de la respiración de Encelado y, sus erupciones, se producían al restregar su lado herido en el interior del volcán como escribe el poeta Lucilo. No obstante, el más temible de los gigantes, un monstruo con un tamaño jamás visto, llamado Tifón (Tifoeo, Tifeo), atacó el Olimpo, por lo que, Zeus se defiende y lo persigue sin descanso, acosándolo con sus rayos, mientras que Tifón contesta a su enemigo arrojándole montes enteros. Sus fuerzas, sin embargo, se fueron agotando y perdió poco a poco su sangre, debido a las incontables heridas. Zeus triunfa finalmente sobre él, lo expulsa del Olimpo y lo sepulta debajo del peso de la isla de Sicilia, el Etna. Con el fin de sellar sus andanzas, Hefesto se sentó sobre la montaña para impedir que se escapara el prisionero. Los rugidos de la montaña eran los gritos tormentosos de Tifón, las llamas su respiración y los temblores su pasamano contra las barras de la prisión. Desde entonces y hasta la actualidad, cuando se mueve vomita “fuego”; por ello, algunos creen que Encelado es el mismo Tifón (Giacomini, 1974; Richepin, 2002).

Otros entes misteriosos de la mitología griega son los Telquines, genios del fuego, de los cuales se posee poca información, al igual que de los Cabiros, quienes, como estos, parecen haber sido genios volcánicos, cuyas leyendas se encuentran en Creta y en las islas de Chipre y de Rodas. En la religión romana, Vesta (identificada con la diosa griega Hestia, escrita con o sin tilde) era la diosa del fuego del hogar y, menos frecuente, del fuego interior de la propia Tierra (Krafft, 1991; Richepin, 2002; Cardona, 2011; Serrano y Pascual, 2012).

El Hefesto helénico aparece en la Italia antigua como una divinidad equivalente al dios romano en lengua etrusca y, posteriormente, tomada por el latín, *Vulcanus* o *Volcanus* (Vulcano o Volcano), pero cuyas atribuciones eran notablemente diferentes a las del dios griego. En lugar de presidir a la actividad subterránea, gobierna los relámpagos y, como consecuencia, es también el dios de los incendios causados por los rayos. Como Hefesto, Vulcano no fue el dios que lanza el rayo, sino el que los fabrica y viene a ser el divino herrero que reside en las regiones volcánicas de la Italia meridional, en especial, el Etna y las islas Lípari, lugares donde se ubica también su forja de metales.

Vulcano personifica el *ignis elementatus*, es decir, el fuego físico que permite moldear el hierro y resolver otros problemas prácticos. Considerado como el señor del elemento ígneo (fuego y los volcanes), reina sobre los volcanes que son sus talleres, donde la sangre de otros gigantes derrotados originaría los campos Felgreaos –“los campos que arden”–, una región volcánica en Italia. Por ello decían que la casa del dios Vulcano era el Etna y que, cuando el fuego de la fragua se escapaba, originaba

las erupciones, como un aviso y castigo de los dioses. En su honor se realizaba una fiesta el 23 de agosto, la *Vulcanalia*, además, debido a la construcción de su primer santuario, toda el área recibió el nombre de *Vulcanal*.



Figura 1.2 Templo griego dedicado a Hefesto (Atenas, Grecia)
Construido alrededor del 460-415 a. C.⁶

6 En adelante, aquellas figuras que no incluyen fuente en el pie de la figura o fotografía son propiedad del autor.



Figura 1.3 Los volcanes italianos Etna (arriba) y Vulcano (abajo)
Según la mitología griega, en estos el divino herrero Hefesto tenía sus talleres.

Como se desprende en la mitología griega, varios gigantes fueron castigados y condenados a residir bajo el Etna y los seres malvados pagaban sus penas en un pozo o abismo sin fondo, donde estaba el dios Hades o dios del Hades (casa de Hades o Érebo), es decir, del reino de los muertos, la oscuridad y del inframundo, hoy día conocido como el infierno.⁷ Puesto que los romanos tomaron parte de estos dioses y los renombraron, toda esta concepción grecorromana se adaptó, en cierta forma, a las tres religiones monoteístas, las cuales también se apropiaron de ideas de otras civilizaciones, particularmente la egipcia (Blanco, 2011; Segal *et al.*, 2012; Serrano y Pascual, 2012). De allí nace la idea de que el castigo divino se localiza en las profundidades de la Tierra, bajo montañas que arrojan “fuego” (también llamado el Averno, un cráter cerca del Vesubio, que era la entrada al reino de los muertos) y poseen el hedor asociado por tradición al azufre.⁸

En efecto, la Biblia (Apocalipsis 21, 8) reza:

Pero a los cobardes, a los renegados, corrompidos, asesinos, impuros, hechiceros e idólatras, en una palabra, a todos los embusteros, la herencia que les corresponde es el lago de fuego y de azufre, o sea, la segunda muerte.

Del mismo modo se refleja en el Antiguo Testamento, con la destrucción de Sodoma y Gomorra, a través de una lluvia de azufre, la antigua relación entre este elemento –el azufre– y la furia (fuego) divina (Génesis 19, 24-25 y 28):

Entonces Yavé hizo llover sobre Sodoma y Gomorra azufre⁹ y fuego proveniente de Yavé de los cielos. Y así destruyó estas ciudades con toda la llanura, con sus habitantes y vegetación... Allí [Abraham] se puso a mirar hacia Sodoma y Gomorra y hacia toda la comarca vecina, y vio que subía una humareda de la tierra, como la humareda de un horno.

Por ello, en la Edad Media se consideraba el cráter de un volcán como un respiradero del infierno, incluso, localizaban allí al infierno y a su ángel malvado, el reino del diablo, Satanás o Lucifer. Aunque se explicaban los volcanes por una

7 Casi todas las religiones y culturas han creído desde hace milenios en un infierno o inframundo, donde los cráteres de los volcanes (p. ej., Masaya en Nicaragua, Hekla en Islandia, Averno en Italia y Erta Ale en Etiopía) o las cavernas (p. ej., Xibalbá en Belice o las del Peloponeso en Grecia) son los portales construidos para conectar el mundo de los vivos con el abismo tenebroso. Es probable que su concepto naciera en el Egipto faraónico.

8 En realidad, el azufre elemental o puro no tiene olor, pero sí algunos de sus componentes que pueden tener olores nauseabundos, como el sulfuro de hidrógeno (H₂S) que huele a huevos podridos, lo cual, en disolución acuosa, se denomina ácido sulfhídrico.

9 En el griego antiguo, en lugar de azufre, la traducción podría ser fuego amarillento.

multiplicidad de nociones precientíficas, también se pensaba que eran el trabajo malévolo de Satán o la ira de Dios. Solamente los milagros podrían evitar su ira.¹⁰

Sin embargo, la forma en que Dios se apareció a Moisés en el monte Horeb o Sinaí es impactante (Éxodo 3, 1-5):

Y llegó [Moisés] al cerro de Horeb, esto es, el Cerro de Dios.

El Ángel de Yavé se presentó a él bajo las apariencias de una llama ardiente, en medio de una zarza. Moisés vio que la zarza ardía pero no se consumía. Moisés se dijo: “Voy a mirar más de cerca esta cosa asombrosa, y saber por qué la zarza no se consume”.

Yavé vio que Moisés se acercaba para mirar, y Dios lo llamó de en medio de la zarza: “Moisés, Moisés”. El respondió: “Aquí estoy”. Yavé le dijo: “No te acerques más. Sácate tus sandalias porque el lugar que pisas es tierra sagrada”.

El fuego, entonces, es un vehículo de teofanía o manifestación de la divinidad (Beitzel, 2014). En el siguiente apartado se analizará cómo los sucesos ocurridos en el cerro de Horeb (o monte Sinaí) emulan un volcán en erupción.

Así, se tiene que los volcanes eran la guarida del diablo, o bien, el fuego un medio divino (Cirlot, 2016). Solo a finales del siglo XVIII, pero particularmente a mediados del siglo XIX, durante el Romanticismo, es cuando los volcanes y sus erupciones empezaron a verse como atractivos, un tanto peligrosos, pero fascinantes y hasta como escenarios románticos.

No está demás aclarar que en las erupciones volcánicas no hay fuego, ni siquiera humo o cenizas, en la acepción correcta de estos términos; no hay fuego porque no hay combustión; por lo tanto, no se producen llamas (a menos de que se combustione algún elemento o cuerpo), ni humo. Como se pensaba que ocurría combustión y para los pobladores se parecían a las fraguas metalúrgicas, las rocas pulverizadas erupcionadas, de color negruzco o rojizo, adquirieron los nombres de escorias y de cenizas volcánicas, términos arraigados aún en la literatura científica debido a su uso milenario.

En los volcanes, el fuego solo puede producirse ocasionalmente cuando el hidrógeno se escapa entre los volátiles o el azufre se combustiona, con lo cual se puede observar una llama a modo de soplete, o bien, cuando una colada de lava, al estar a elevada temperatura (>600 °C), puede quemar la vegetación y las construcciones, produciendo incendios. Las coladas de lava y las explosiones presentan colores

10 La idea de confiar en la fe y no en la razón se conoce como *fideísmo*. Una vez que la mente tiene cierta visión del mundo, se tiende a considerar solo los casos que demuestren que la idea preconcebida está en lo cierto, independientemente de la cantidad de información con que se disponga (Taleb, 2007).

rojizos o amarillentos vivos, debido a que, al estar a elevadas temperaturas, su radiación térmica las hace emitir luz, lo cual no significa la presencia de fuego.

A este punto, se puede explicar la diferencia entre magma y lava. *Magma* (del griego “pasta” o “ungüento” o del latín, magma)¹¹ se refiere a las rocas fundidas, en estado pastoso, sometida a presión bajo las entrañas de la Tierra u otro planeta. La *lava*¹² surge cuando el magma sale a la superficie terrestre o de algún otro planeta. Una lava se puede presentar ya sea en forma de una colada o lengua de lava, o bien, en forma de fragmentos explosivos (p. ej., cenizas, proyectiles de lava). Ambos términos, magma y lava, asociados con los volcanes, son mezclas de compuestos sólidos, líquidos y gaseosos a muy alta temperatura (600-1200 °C o más). Aunque el magma se presenta sometido a grandes presiones, la lava está a presión atmosférica y suele estar más desgasificada.

En síntesis, en la mitología en general, el volcán aparece investido de potestades antagónicas. Por un lado, se le asocia con la extraordinaria fertilidad de las tierras y, por el otro, representa el símbolo de la fuerza primaria de la naturaleza y del fuego vital (creador y destructor), donde los “elementos” originales (aire, fuego, agua y tierra) se relacionan y transforman. Desde el punto de vista psicológico, se le puede asociar con las pasiones, como una fuente de energía espiritual, si es que se puede tratar de domar y transformarla (Cirlot, 2016).

11 El filósofo griego Anaxágoras de Clazomene (¿496-500?-428 a. C.) coincidía con la idea de una materia primitiva (*meigma* o magma), aunque no con una concepción similar a la que se maneja hoy día.

12 Proviene del latín *labes*, del napolitano *lave* y finalmente del italiano *lava*, que significa deslizar o lavar, dado que cuando una colada de lava corre sobre un terreno, destruye o “lava” todo por donde discurre.

La Atlántida y su eventual relación con el éxodo bíblico

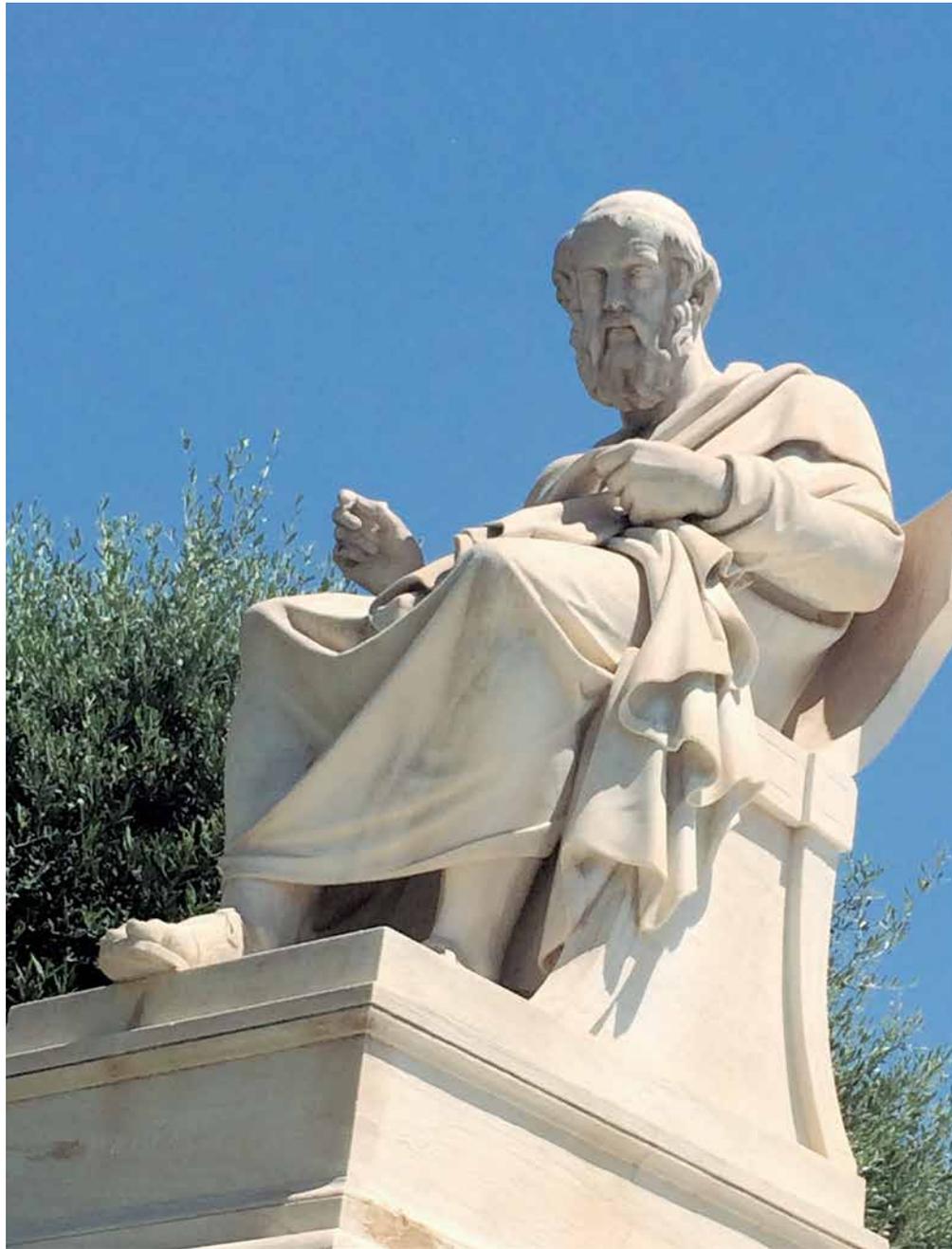
El mando de la guerra estaba en manos de los reyes de la isla Atlántida. Esta isla, como hemos dicho, era entonces mayor que Libia y el Asia juntas. Hoy en día, sumergida por temblores de tierra, no queda de ella más que un fondo limoso imposible de franquear, obstáculo difícil para los navegantes que hacen sus singladuras desde aquí hacia el gran mar.

Platón, ¿395-350 a. C.?

Durante siglos, la Atlántida ha sido uno de los cataclismos míticos más fascinantes que más hondo ha calado en la imaginación del ser humano. La Atlántida (en honor a Atlas o Atlante¹³) es el nombre de una isla mítica, mencionada como un hecho real en los diálogos de Timeo y Critias, escritos en algún momento entre el 395 y 350 a. C. por el filósofo griego Platón (¿427 o 428-347 o 348? a. C.) (Figura 1.4). La describe como una isla situada en el océano Atlántico, delante de la desembocadura que vosotros llamáis “columnas de Hércules” [nombre que se le daba en la Antigüedad al estrecho y peñón de Gibraltar]. Esa isla presuntamente era “mayor que Libia y Asia juntas”¹⁴ y alojaba a una cultura que era una potencia marítima, supuestamente unos 9000 años antes de la época del legislador ateniense Solón. La isla era rica en minerales (cobre, estaño y oricalco, este último desconocido) y animales domésticos y salvajes, particularmente elefantes; además, estaba conformada por anillos concéntricos de tierra y agua alterados por la mano del ser humano, con una fuente termal y rocas de colores negro, blanco y rojo. Debió existir –según Platón– una población muy numerosa; ciudades de techos dorados, poderosas flotas y ejércitos de conquista e invasión, un paraíso terrestre mezcla de imponentes montañas, ríos y tierras fértiles. Dicha potencia habría conquistado gran parte de Europa y el norte de África; fue solo detenida por una Atenas prehelénica, después de la cual habría desaparecido en el mar por causa de un violento terremoto y un gran diluvio “en un día y una noche terribles”.

13 En la mitología griega significa “el portador”; era un joven titán al que Zeus condenó a cargar sobre sus hombros al cielo (a Urano) y era hermano de Prometeo, a quien se referirá más adelante.

14 Acá nuevamente puede haber una mala interpretación del texto original, dado que en lugar de “mayor”, pudo haber sido “entre”, lo cual correspondería mejor (Friedrich, 2000).



 **Figura 1.4** Estatua de Platón, en la entrada de la Academia Nacional de Ciencias (Grecia, Atenas)

En relación con la Atlántida, en el diálogo, Critias, discípulo de Sócrates (470-399 a. C.), cuenta la historia que escuchó de su abuelo (con el mismo nombre de Critias) y que este, a su vez, lo escuchó de su padre, llamado Drópida, quien

lo escuchó de Solón (¿630-560 a. C.?) hacia el 600 a. C., a quien se la habían narrado los sacerdotes egipcios Sonkhis de Sais (ciudad ubicada en el delta del Nilo) y Psenophis de Heliópolis. Al parecer, Critias nieto tuvo el documento en sus manos y lo estudiaba cuando era niño. Con todo ello se desprende cómo la supuesta historia de la Atlántida pasó por muchas bocas; además, se sabe que el relato presenta anacronismos y datos imposibles, lo cual descartaría su verosimilitud histórica. No obstante, como toda leyenda y mito, se admite la posibilidad de que haya sido inspirada en un hecho real, vinculado con una catástrofe de origen natural. Resulta bien conocido que las grandes catástrofes afrontadas por la humanidad en la Antigüedad dejaron su huella por generaciones, antes de que los mitos y las leyendas fueran finalmente escritos o asociados con castigos divinos o luchas entre dioses.

En efecto, de vuelta a la Atlántida, varios escritores antiguos dan crédito a Platón, como por ejemplo Teopompo (380-323 a. C.), Posidonio (ca. 135-51 a. C.), Diodoro Sículo (s. I a. C.), Estrabón (ca. 64 o 63-19-24 d. C.), Plinio el Viejo (23-79 d. C.) y Plutarco (ca. 46 o 50-120 d. C.). Proclo (410 o 412-485 d. C.) refiere que el filósofo griego Crantor (ca. 340-290 a. C.) pudo ver las estelas en que se hallaba el relato escuchado por Solón, el venerado legislador ateniense. Otros autores antiguos y bizantinos como Claudio Eliano (ca. 175-ca. 235 d. C.) y Eustacio de Tesalónica (ca. 1110-1198 d. C.), entre otros, también hablan de la Atlántida. En cambio, Aristóteles (384-322 a. C.) piensa que fue una invención de su mentor (Sigurdsson, 1999; Friedrich, 2000; de Boer y Sanders, 2002; Richepin, 2002; Oppenheimer, 2011; Belmonte y Burgueño, 2012).

Desde que el filósofo griego Platón narró sobre la Atlántida y la describió con cierto grado de detalle en dos de sus Diálogos, aunado al hecho de que en sus textos se afirma su existencia, la Atlántida ha mantenido vívida la llama de su historia y tragedia. Particularmente, a partir de la segunda mitad del siglo XIX, durante el Romanticismo, Julio Verne escribe en 1864 *Viaje al centro de la Tierra* y, entre 1869 y 1870, *Veinte mil leguas de viaje submarino*. Allí pone en contexto a los volcanes en Islandia e Italia, así como a la Atlántida. Todo ello estimularía, a través del tiempo, la imaginación de la humanidad, lo cual favoreció la propuesta de gran cantidad de conjeturas sobre la existencia y ubicación de la isla; inspiración para gran cantidad de obras literarias, musicales y películas. La localización eventual de la Atlántida durante el siglo XX y XXI se debate entre más de cuarenta diferentes lugares de África, Eurasia, América, Groenlandia y en las islas del vasto océano Atlántico, cuyo mismo nombre es “mar de los atlanteans o los atlantes”, incluso en nuestra isla del Coco en el Pacífico.

Pese a que todos los autores presentan un sinnúmero de justificaciones sobre su probable situación geográfica, están también aquellos para los cuales se trata de tan solo un mito. Empero, dado que Platón aseguró en sus escritos que se trató de un hecho real, la Atlántida ha sido objeto de debate entre los entendidos.

Su imán ha motivado a que regularmente un grupo serio de científicos e investigadores (arqueólogos, geólogos y vulcanólogos) se reúnan periódicamente en congresos internacionales para revisar las hipótesis y evaluar las evidencias. En julio del 2005 se establecieron 24 criterios que debería reunir la localización geográfica hipotética, en el caso de haber existido el esquivo lugar mítico.

Dentro de este marco y en el límite entre la historia y la leyenda, puede situarse la gran destrucción y hundimiento de la isla egea de Stronghlyli, producto de una explosión volcánica sin precedentes históricos. Esta se ubica donde hoy se asientan las islas de Tera (Thera o Thira), Terasia (Therasia) y Aspronisi, del archipiélago de Santorini (Santorín, Grecia), al cual en tiempos antiguos se le llamó Calistro (Figura 1.5). La gran erupción del volcán Santorini, fechada con radiocarbono (^{14}C), debió ocurrir entre el año 1663 y 1600 a. C., probablemente, en algún momento hacia el año 1627-1613 a. C. La fecha exacta no se puede determinar dado que el ^{14}C ofrece un rango. Los insectos preservados en las cenizas sugieren que la erupción ocurrió en el mes de junio o principios de julio y debió de durar varios días (Frieddrich, 2000; Druitt, 2014).

Desde que el francés Louis Figuier en 1872 conectó a Santorini con la Atlántica, los científicos han establecido que, si existió efectivamente la legendaria Atlántida, no habría desaparecido 9000 años antes de la época de Solón, lo cual correspondería con una exageración literaria de Platón o con un error en la interpretación de los números egipcios, donde quizás ocurrió solo unos 900 años antes. En ese caso, la historia habría sido escrita unos 1000-1250 años después de la supuesta catástrofe. Además, estaría situada detrás de las Columnas de Hércules, en el Peloponeso y no en Gibraltar.

Así pues, la Atlántida, aumentada diez veces por la imaginación novelista de Platón, sería la antigua isla de Stronghlyli de Santorini y habría sido hogar de los minoicos, una civilización muy avanzada que se hallaba en todo su esplendor, tal y como lo evidencian las excavaciones arqueológicas en Acrotiri (Akrotiri).¹⁵ Quizá el imperio marítimo sí era de esas dimensiones. En aquella época, Creta era comparable con Egipto, el reino hitita, Babilonia y otros, que conformaban la potente semiluna en torno al desierto de Arabia, llamada el “Fértil Creciente”.

El Fértil Creciente comprendía desde el delta del Nilo hasta los valles irrigados por los ríos Tigris y Éufrates, incluida su desembocadura en el mar Rojo. Aunque Creta geográficamente era una isla pequeña, sus influencias hacia Sicilia y Asia Menor constituyeron un imperio marítimo, el primero del que existe mención, el cual dominó por cuatro siglos el tráfico naval de todo el Mediterráneo oriental. Esta potencia cretense fue más avanzada que las que le siguieron y su esplendor

15 El yacimiento arqueológico toma el nombre del pueblo griego que se encuentra en una colina próxima, mientras que el nombre original del asentamiento se desconoce.

se alcanzó hacia el 1600 a. C. Acrotiri poseía una sociedad sofisticada, exitosa, compleja y avanzada, con edificios de tres plantas, agua potable, drenajes e instalaciones sanitarias sorprendentemente modernas, incluyendo inodoros, vasos de cristal de colores, cubiertos brillantes y modas muy elaboradas, tal y como lo revela la arqueología de las excavaciones y los murales allí encontrados. Hoy día es una meca del turismo internacional, pero justo allí fue donde hace unos 3400 años debió de ocurrir una de las erupciones volcánicas más grandes que hayan afectado a la civilización antigua. Se observan las paredes escarpadas, que forman parte de la caldera, es decir, una gran depresión volcánica producto de la megaexplosión (Figura 1.5).



 **Figura 1.5** Vista panorámica de la caldera de Santorini

La explosión volcánica de Santorini del siglo XVII a. C. es cercana en el tiempo con la caída de una de las primeras civilizaciones del Mediterráneo –la minoica tardía– y un maremoto de unos 100 m de altura, que debió azotar las costas de Creta, a unos 112 km del epicentro eruptivo (Figura 1.6). Se estima que unos 35 000 habitantes hicieron caso a los fenómenos sismovolcánicos premonitores y evacuaron la isla, puesto que no se ha encontrado ningún resto humano y solo un objeto de valor, al contrario de Pompeya y Herculano. La repartición geográfica de las civilizaciones de la Edad de Bronce estaría condicionada, en parte, por los efectos de esta erupción en el Egeo, puesto que los supervivientes posiblemente

se refugiaron entonces en Grecia. Lo anterior dio comienzo al esplendor de la civilización griega (Heládico III o Micénica), previo a la clásica griega.

Resulta igualmente tentador asociar con Santorini la batalla épica entre los dioses del Olimpo y los Titanes, registrada en el poema *Teogonía* (Descendientes de los Dioses), escrito por el poeta griego Hesíodo (ca. s. VII o VIII a. C.):

Trescientos peñascos, lanzados a la vez por sus robustos brazos, caían sin cesar sobre los Titanes y los cubrían con una nube oscura... Repentinamente suenan con espantoso ruido el mar inmenso, la vasta tierra; el cielo, sacudido, gime; el alto Olimpo tiembla hasta en sus cimientos cuando se encuentran los inmortales: hasta el sombrío Tártaro llegó el ruido del horrible choque... La fecunda tierra ardía rugiendo, los dilatados bosques estallaban, todo hervía, la tierra entera, las corrientes del Océano, el mar inmenso.

A ello se le suma el diluvio mitológico que Zeus y Poseidón (dios del mar) dejaron caer sobre los humanos como castigo por su perversidad, donde por espacio de nueve días con sus noches, inundaron Ática, Argolis, Salónica, Rodas, la costa Lycia (actual Turquía) y Sicilia, al que sobrevivieron únicamente Deucalión y su esposa Pirra, por ser justos y haber construido un arca según consejo del propio Zeus y de Prometeo. Talo (Talos), un gigante mitológico de la “raza de los hombres de bronce”, el último de ellos, al parecer habitaba en un lugar conocido también como Circinus (el círculo), el cual podría ser la representación de la Atlántida con sus anillos de agua y tierra. También se tiene la oscuridad repentina del cielo, mencionado el poema épico *Argonáuticas*, uno de los mitos más antiguos de Grecia, narrado por Apolonio de Rodas.

Todos estos pueden ser el reflejo de memorias ancestrales de un cataclismo eruptivo que oscureció el cielo, fuertes lluvias y de una inundación, quizás debida al maremoto disparado por la erupción y por la entrada al mar de corrientes de densidad piroclástica concentrada (flujos piroclásticos), lo cual favoreció la vaporización del agua. Además, es muy probable que la ceniza y los maremotos destruyeran las cosechas y los pastizales para alimentar el ganado, todo un desastre para la cultura minoica (cretense) de tradición marítima (Schwab, 1946; Sigurdsson, 1999; Friedrich, 2000; de Boer y Sanders, 2002; Richepin, 2002; Blanco, 2011; Oppenheimer, 2011; Belmonte y Burgueño, 2012).

Al erupcionar el volcán, se desplomó en el interior de su cámara magmática submarina y solo dejó una corona de tierras emergidas, las islas de Tera, Terasia y Aspronisi. Actualmente, en la isla de Tera, con su paisaje bucólico, habitada, cultivada y mundialmente famosa por el turismo, existe el único volcán activo que abre sus fauces en el Egeo. En esta se reconocen acantilados de casi 400 m de altura con formas y relieves que corresponden con el de una gran depresión volcánica (6 × 10 km y 280-380 m de profundidad), llamada caldera por los vulcanólogos, aunque en realidad engloba dos depresiones submarinas. En el fondo,

que constituye un golfo con un mar azul intenso, existen ruinas de viejas edificaciones que representan briznas de tiempo e inmortalidad.

En el 197 a. C. empezó a crecer un nuevo volcán hacia el centro de la depresión, donde emergió un cono volcánico pequeño, el Kameni (Kaiméni), compuesto por rocas negras (lavas dacíticas), las cuales surgieron por encima de la antigua chimenea de alimentación. Este foco ha estado regularmente activo durante los últimos milenios. La última actividad eruptiva fue en 1950, cuando una nueva erupción pondría en peligro a sus residentes y turistas (Pichler y Kussmal, 1980).

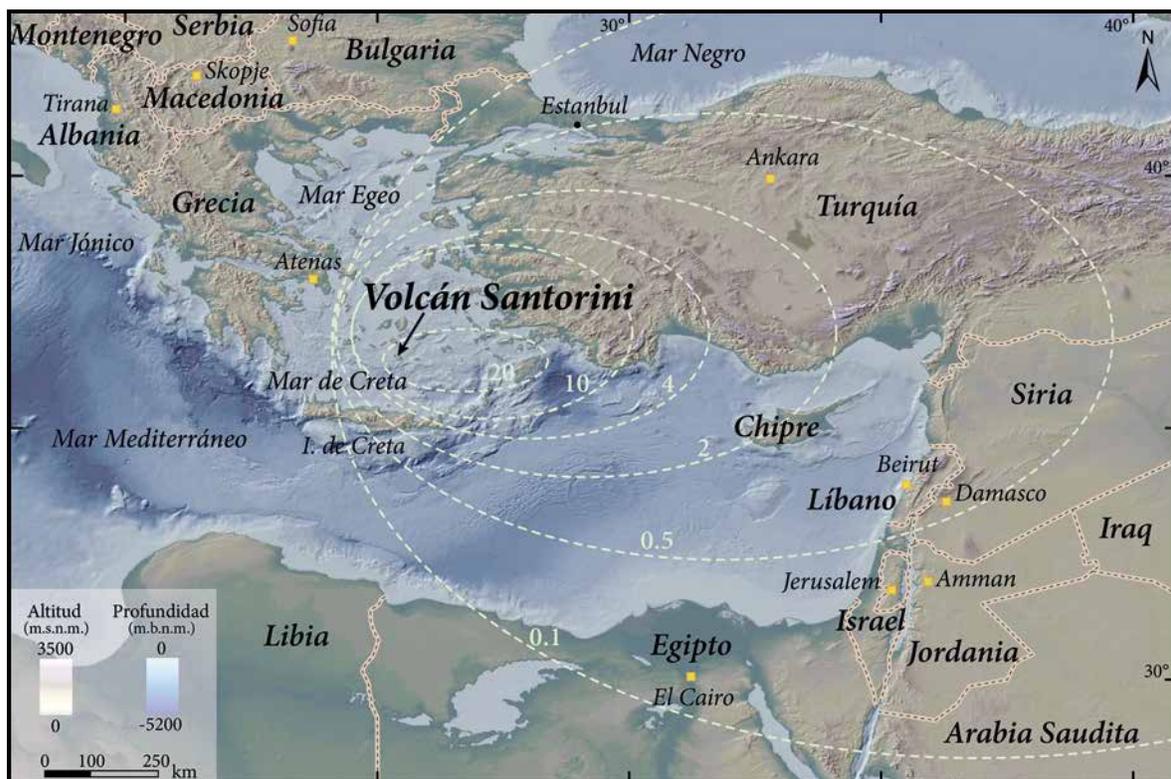


Figura 1.6 Dispersión de las pómez y cenizas producto de la gran erupción de Santorini hacia el año 1620 a. C. Las líneas discontinuas son las curvas de igual espesor de cenizas (isopacas) en centímetros.
Fuente: tomado y modificado a partir de Friedrich (2000).

El antiguo volcán debió de alcanzar una altitud de unos 1000-2000 m; mientras que hoy día el punto culminante de la isla se eleva tan solo a 568 m s. n. m. y en esta se encuentran gruesos bancos blancos y anaranjados de cenizas y pómez, con espesores hasta de 5,5 m en correspondencia con las capas de pómez riodacítica de caída (lluvia de piroclastos), suficientemente grande para cubrir todo rastro de una ciudad. A ello se le debe agregar capas sucesivas hasta de 60-80 m de espesor,

producto de los depósitos de corrientes de densidad piroclástica concentrada (flujos piroclásticos) de temperatura variable (~80-400 °C), que arrasaron con todo e incluso pudieron disparar maremotos al ingresar al mar. La citada explosión del año ~1620 a. C. alcanzó una columna de cenizas que se elevó a una altura estimada en unos 31-41 km y, en total, arrojó un volumen de magma de unos 40-60 km³, lo cual corresponde al primer cataclismo de la humanidad que afectó a varias civilizaciones (Pichler y Kussmaul, 1980; Sigurdsson, 1999; Friedrich, 2000; de Boer y Sanders, 2002; Oppenheimer, 2011; Druitt, 2014).

La explosión de Santorini tuvo un efecto climático de enfriamiento, causado por la ceniza fina suspendida por años en la estratosfera, lo cual está registrado por un descenso en el crecimiento de los anillos de los árboles antiguos de América del Norte, Siberia y Finlandia, aunado a los bellos atardeceres crepusculares registrados en la historia china, durante el reinado del rey Chieh. La explosión se pudo escuchar a más de 2500 km y la nube de cenizas se pudo ver desde Egipto (Figura 1.6), ya que la citan numerosas inscripciones de la 18.^a dinastía bajo el reinado del quinto faraón, Tutmosis III, además de varias inscripciones en papiros (p. ej., el rollo del escriba Ipuwer, el papiro de Hermitage y la inscripción de Arish).

También se tiene una estela funeraria micénica, pero particularmente la estela de Atmosis I, que se refieren a ella de manera indirecta, pues se mencionan nueve días de plagas, sangre, aguas contaminadas, alimentos y cosechas perdidas, ciudades y bosques destruidos, ríos secos, un tremendo estruendo, además de que el sol se observaba en el cielo como si fuese la luna (Sigurdsson, 1999; Friedrich, 2000; de Boer y Sanders, 2002; Oppenheimer, 2011).

Históricamente han ocurrido cataclismos volcánicos similares, por ejemplo, la colosal erupción de Tambora (isla de Sumbawa, Indonesia) en 1815, la mayor erupción volcánica en tiempo histórico, la cual fue escuchada a más de 2500 km de distancia y generó una columna de cenizas de 43 km de altura, para un volumen de magma eruptado de unos 50 km³. Producto de esta erupción, la cima del volcán Tambora fue reducida de su altura de más de 4000 m a los actuales 2850 m; hoy está constituida por una caldera de 6 km de diámetro y 1,5 km de profundidad. Otro ejemplo mejor conocido corresponde con el maremoto provocado por la erupción y el hundimiento del Krakatau¹⁶ (Indonesia) en 1883. Su explosión se escuchó hasta unos 4600 km de distancia y originó una ola hasta de 35 m de altura, responsable de más del 90 por ciento de las 36 000 personas fallecidas en costas alejadas. Los efectos en el clima (descenso de la temperatura,

16 El nombre correcto en indonesio es Krakatau, pero, por un error en los reportes científicos al momento de la erupción, se escribió como Krakatoa, nombre comúnmente usado desde ese entonces como sinónimo.

colores anómalos en el Sol y la Luna)¹⁷ y en las cosechas, en ambas explosiones, se mantuvieron por varios años (de Boer y Sanders, 2002; Oppenheimer, 2011).

De vuelta al relato de Santorini y su posible alusión con el éxodo bíblico, hay tres citas de la Biblia que hacen alusión a la destrucción de Caftor (Creta) y de sus habitantes (los filisteos), en el libro de Amós (9, 5-9) y el Éxodo (5-11), lo cual podría concordar con esta época. Para varios especialistas, las diez plagas descritas en la epopeya bíblica¹⁸ podrían corresponder con una serie de eventos geológicos y biológicos disparados en cadena, contemporáneos con la erupción de Tera, ubicada a unos 750 km del delta del Nilo.

Para algunos eruditos de la Biblia y del Corán, en particular los ortodoxos, el éxodo puede tomarse como un relato al pie de la letra. Mientras que, para otros, la salida de todo un pueblo es un cuadro simplificado de la realidad que parece mezclar los recuerdos de al menos dos grupos diferentes, que para cuando la historia fue escrita ya tenía una categoría de épica religiosa y, por lo tanto, en su interpretación se debe conceder un margen de idealización. No está de más el recordar que tanto el Génesis como el Éxodo fueron escritos por varios escribas (yavistas y eloístas) en los siglos X y IX a. C.; después fue modificado y complementado por los sacerdotes en el siglo V a. C.; es decir, los escritos nacen varios siglos después de los acontecimientos.

Algunos historiadores piensan que varios grupos nómadas entraron y salieron de Egipto en aquellas épocas y que uno de ellos liberó el profeta Moisés.¹⁹

17 Debido a los aerosoles naturales y a la ceniza volcánica extremadamente fina esparcida en la atmósfera superior, se generaron efectos ópticos espectaculares sobre el 70 por ciento de la Tierra. Por al menos durante tres años se observaron colores extraños en el cielo, halos alrededor del sol y de la luna, espectaculares celajes matutinos y vespertinos, además de colores azulados en la luna, en su salida o crepúsculo (de Boer y Sanders, 2002). Resulta interesante señalar que existe una leyenda en Costa Rica intitulada “El celaje lila” (Alfaro, 2000), pero desgraciadamente no se puede fijar una fecha aproximada, dado que no comentan hechos que permitan ubicarla mejor temporalmente. Allí se narra como un campesino por San Rafael de Escazú, durante la madrugada, quedó maravillado por el color morado del sol, las nubes lila y sus reflejos sobre el bosque de iguales tonos. Resulta muy tentador pensar que se pudo relacionar con los efectos de la erupción del Krakatau en 1883.

18 El relato más antiguo de la Biblia, el yavista, narra 7 plagas; mientras que el relato eloísta trae 9, además de que un tercer relato añade lo de las úlceras, para un total de 10 plagas.

19 La etimología de Moisés, descrita en la Biblia como “salvado de las aguas”, puede más bien relacionarse con la palabra egipcia “ms” o “msi”, que significa sencillamente “niño, hijo” (Keller, 1978) o “dar a luz o nacido” (Salama y Mangado, 1998). Por su parte, los escépticos mencionan la leyenda del nacimiento del rey Sargón, fundador de la dinastía semítica de Akkad en el 2360 a. C., cuyos textos en escritura cuneiforme nos narran

El primer grupo podría haber sido expulsado de Egipto con ocasión de la peste (la décima plaga) cerca del año 1600 a. C., por la costa; mientras que el segundo grupo pudo salir con Moisés por el S del Sinaí, hecho que debió de ocurrir hacia los años 1260-1230 a. C., en tiempos del faraón Ramsés II el Grande y su primogénito, Amun-Her-Khepershef. Sin embargo, el mayor problema es que ninguna de las fuentes sagradas cita el nombre del faraón de Egipto en tiempos de Moisés (Keller, 1978; Salama y Mangado, 1998; Sivertsen, 2009).

Los científicos que han estudiado la veracidad de las afirmaciones que allí dicen, entre ellos, Greta Hort, John Marr, Vitus B. Dröscher, Barbara J. Sivertsen, Colin J. Humphreys y Simcha Jacobovic, piensan que efectivamente los egipcios se enfrentaron en ese entonces a una catástrofe de origen natural, la cual podría haber quedado registrada no solo en la Biblia y en el Corán, sino también en los documentos antiguos, previamente citados. No obstante, cada investigador bíblico también ha dado su interpretación a los hechos narrados en las sagradas escrituras, por lo que, han ofrecido explicaciones científicas diversas, muchas veces coincidentes, otras divergentes en su interpretación, las cuales darían cuenta de las plagas que afectaron a Egipto y el éxodo masivo del pueblo hebreo. Aunque su interpretación ha sido ampliamente debatida por los hermenéuticos, a continuación, se darán algunas de las explicaciones que, a criterio del autor del presente libro, explican mejor los sucesos.

Los pesares del pueblo egipcio se iniciaron cuando en la Biblia se habla “y todas las aguas del Nilo se convirtieron en sangre. Los peces del río murieron y el río quedó contaminando, de manera que los egipcios no pudieron beber más aguas del Nilo” (primera plaga, Éxodo 7, 21). Lo anterior pudo haber sucedido tras una crecida anormal de este río entre los meses de julio y agosto, el cual transportaba sedimentos finos de tierra roja de las cuencas del Nilo Azul (Etiopía) y Atbara (Siria), procedentes de la erosión y fuertes lluvias de los lagos de Abisinia en la meseta de Etiopía (Keller, 1978; Salama y Mangado, 1998; Beitzel, 2014). Otra interpretación es la posible proliferación de algas tóxicas y cianobacterias (*Oscillatoria rubescens*, *Eugleda sanguinea*) que suelen provocar las mareas rojas. Una inundación de ese tipo pudo haber aumentado el número de microorganismos, que afectaría directamente a los peces y les produjo su muerte con los consecuentes olores nauseabundos.

Después se describe: “el río pululará de ranas que subirán y penetrarán en tu casa” (segunda plaga, Éxodo 7, 27-29). Como se dijo, la rubefacción natural del Nilo pudo producir la descomposición de los peces y las aguas nauseabundas, lo cual habría afectado a los anfibios y los habría impelido a abandonar su hábitat, esto los obligó a salir en grandes cantidades e invadir los terrenos para buscar refugio

una historia muy similar a la de Moisés, cuando Sangón fue dejado a la orilla del Nilo en una cesta de papiro, por lo que argumentan que la historia bíblica del nacimiento y salvación de Moisés es una reproducción y adaptación de dicho relato (Keller, 1978).

(Beitzel, 2014). Su muerte repentina quizás se debió a un tipo de ántrax que se pudo difundir con fuerza entre estos animales.

Seguidamente, “y saldrán mosquitos por todo el país” y “los tábanos invadieron la casa de Faraón y las casas de todo su pueblo, y el país quedó infestado de todos ellos” (tercera y cuarta plaga, Éxodo 8, 12-13, 13-18). Dichas plagas pudieron estar relacionadas con la huida de las ranas que se alimentaban de ellos, así como la inundación y la humedad, pues estos insectos se ven muy favorecidos por tales condiciones, particularmente en los meses de julio y de agosto. Desde el punto de vista biológico resulta lógico que tras una plaga de mosquitos, se produzca una de tábanos (especie de mosca). No por casualidad estos últimos se alimentan de las larvas de los primeros. La mosca pudo ser *Stomoxys calcitrans*, que luego ayudó en la transmisión de enfermedades mortales. Posteriormente, hubo “mortandad tremenda de los caballos, de los burros, de los camellos, de las vacas y ovejas” (quinta plaga, Éxodo 9, 4-6). En esta epidemia, el ganado de los egipcios, que pastaba en los campos, se pudo contagiar con carbunco, el cual una vez que el microorganismo penetra en la piel de las especies ganaderas, produce una pústula maligna o bien con el ántrax de las ranas. El ganado de los israelitas, por el contrario, estaba dentro de los corrales y lejos de los territorios húmedos donde los tábanos se incuban. Hasta acá se tiene una reacción ecológica en cadena de las plagas.

A partir de ese momento, las plagas pudieron corresponder a fenómenos meteorológicos anómalos, en parte disparados por las nubes de cenizas avanzando hacia Egipto, para lo cual muchos israelitas previeron su arribo con antelación, dado que tomaron medidas. Pudo haber comenzado como un hongo oscuro, levantándose en el horizonte al NW (columna eruptiva de cenizas), quizá seguido de una onda de choque procedente de una de las tantas explosiones cataclísmicas del volcán Santorini, para culminar horas después por el arribo de una lluvia de cenizas.

Por dicha razón, la plaga que sigue resulta muy interesante cuando Yavé dijo a Moisés y a Aarón: “tomen unos puñados de cenizas que Moisés tirará hacia el cielo en presencia del Faraón. El polvo se esparcirá por todo el territorio de Egipto, provocando úlceras y tumores en hombres y animales” (sexta plaga, Éxodo 9, 9-10). Este relato puede corresponder con la erupción distante del Santorini, la cual iba a caer en forma de cenizas extremadamente finas sobre el territorio egipcio, provocando alergias, conjuntivitis y problemas respiratorios. Resulta igualmente posible que, a consecuencia del ántrax, de la mosca del caballo o de la sarna del Nilo, pudieran provocar tumores debido a una enfermedad bacteriana (*Bukholderia mallei*) llamada muermo, o bien, debido a alguna otra enfermedad como la viruela, el cafre, la variolois o la varicela (Keller, 1978; Salama y Mangado, 1998; Beitzel, 2014).

Seguidamente, Yavé: “mandó truenos y granizos, e hizo caer fuego sobre el país de Egipto” (séptima plaga, Éxodo 9, 20-25). Las lluvias de granizo suelen ocurrir en Egipto durante insólitos fríos en el otoño e invierno y claramente suelen causar daños en las cosechas (Keller, 1978; Salama y Mangado, 1998).

Sin embargo, en el presente caso se aclara “haré llover una granizada tan fuerte como no ha habido otra en Egipto, desde el día en que comenzó a ser habitado hasta hoy” (Éxodo 9, 18). Perfectamente, esta granizada excepcional pudo más bien haber sido disparada por las cenizas al interactuar con la atmósfera, donde los frecuentes relámpagos que se originan de estas cargaban las cenizas eléctricamente durante su ascenso. Granizos del tamaño de bolas de tenis se han registrado en tiempos recientes, por lo que no sería extraña su ocurrencia y sus efectos sobre el ser humano, ganado y cultivos, en ciertos sectores; mientras que otros pudieron quedar libres de sus efectos, como ocurrió con los israelitas, en la tierra de Gosén.

Bajo ciertas condiciones climáticas, las cuales también suelen afectar a Sudán y Etiopía, el viento se traslada hacia Egipto y tiene su origen en la zona de Irak, concretamente de la región de Bassra. Dicho fenómeno, que aún se produce, suele trasladar con ellos los chapulines desde la desembocadura de los ríos Tigris y Éufrates donde hay un conjunto de marismas (Salama y Mangado, 1998): “el viento del oriente había traído las langostas que invadieron Egipto y se desparramaron por todas las tierras en tal cantidad que nunca habían visto tantas” (octava plaga, Éxodo 10, 4-15). Las bajas temperaturas, producto de la granizada, provocaron que los enjambres de langostas (chapulines) se posaran en masa sobre una porción de Egipto.

Referente a los tres días de oscuridad: “negras tinieblas cubrieron Egipto por espacio de tres días. No podían verse unos a otros, ni nadie pudo moverse durante los tres días; sin embargo, para los hijos de Israel había luz donde vivían” (novena plaga, Éxodo 10, 21-23). En un diario del ejército egipcio alrededor del siglo XVI a. C. explica que cerca de Suez, el dios de los extranjeros “hacía oír su voz”, es decir, tronaba y un decreto egipcio habla de una tormenta, durante la cual hubo oscuridad, un ruido terrible y algo cayó del cielo y dañó todas las viviendas (Beitzel, 2014). Las “tinieblas” pueden perfectamente haber sido la nube de cenizas de 43 km de altura por 200 km de diámetro, la cual avanzaba hacia Egipto durante el paroxismo eruptivo, al igual que se ha visto en otras erupciones históricas, donde el sol se ha ocultado y el día se transforma en noche. Empero, en los lugares donde la nube no cubre, el sol se puede observar sin problema y los efectos de las cenizas serán nulos. Efectivamente, se ha encontrado trazas de cenizas de la erupción de Santorini en el N y NE, incluso en la isla del delta del Nilo.

La última plaga pudo ser una consecuencia directa de la reacción de los egipcios ante los desastres que afrontaban. Al recoger a toda prisa los alimentos que sobrevivieron al granizo y a las langostas, los almacenaron húmedos, condiciones propicias para que se tornaran mohosos y se cubrieran de toxinas mortales. El hijo mayor siempre recibía doble ración, de ahí las numerosas muertes de los primogénitos. Por su parte, los israelitas comieron casi todo asado, eliminando las toxinas y gérmenes, en correspondencia con la Pascua: “esa misma noche comerán la carne asada al fuego... y dará muerte a todos los primogénitos de los egipcios” (décima plaga, Éxodo 12, 8-13).

Para algunos teólogos e historiadores, un primer grupo de israelitas pudo huir por la ruta de las fortalezas o del litoral, es decir, cerca de la costa del mar Mediterráneo (antiguamente mar de los filisteos), utilizada por los mercaderes del Norte y Mesopotamia para comerciar con Egipto. No obstante, este territorio poseía a los enemigos de Israel, los filisteos, además, estaba fuertemente custodiado por los egipcios, porque muchos enemigos la utilizaron para intentar invadir el país (Beitzel, 2014). Pese a todo ello, allí se encuentra la laguna de Juncos (Mar de los Juncos o de los Cañaverales), erróneamente traducida del hebreo como mar Rojo, localizada cerca de la costa mediterránea, en la península del Sinaí. Dicha marisma, hoy día drenada a raíz de la construcción del canal de Suez, se localizaría a unos 50 km del Mediterráneo, pero habría estado unida a él, en lo que se llamaba el lago el Balah, que en hebreo significa “el lugar donde Dios devoró”.

Otra ruta posible era el Camino de los Reyes, el cual atravesaba toda Siria, seguía por el oriente del lago de Galilea, a través de Moab y Edom, hasta el puerto del extremo del golfo de Aqaba, que se une a la mar Rojo. Otra traducción del mar Rojo en hebreo es “mar del final” (Beitzel, 2014).

En tal caso, los israelitas pudieron haber observado el mar retroceder, fenómeno previo al maremoto que los salvó de la persecución egipcia (Éxodo 14, 15-29):

Se dividieron las aguas. Los israelitas pasaron en seco, por medio del mar; las aguas les hacían de murallas a izquierda y a derecha... Las aguas al volver cubrieron los carros, los caballos y su gente, o sea, todo el ejército de Faraón que había entrado en el mar persiguiéndolos. No se escapó ni uno solo. Los israelitas, en cambio, habían pasado en medio del mar.

Se debe recordar que los maremotos pueden penetrar tierra adentro muchos kilómetros, en particular en bahías y marismas y que, en tierras pantanosas, los carruajes egipcios no podían maniobrar fácilmente. Otra posibilidad sería la ocurrencia de vientos fuertes, aunque no es tan aceptada por los investigadores (Humphreys, 2004).

Mucho tiempo después, durante su travesía por el desierto de Sinaí, los israelitas acamparon frente a un monte, donde Yavé le dijo a Moisés:

Yo vendré a ti en medio de una espesa nube (Éxodo 19, 9).

Porque pasado mañana Yavé bajará a vista de todos sobre el monte Sinaí. Señala al pueblo un límite alrededor del monte, y diles que no traten de subir al monte o de alcanzarlo. Todo aquel que traspase el límite deberá morir (Éxodo 9, 11-12).

Al tercer día, al amanecer, hubo sobre el monte truenos y relámpagos; una espesa nube cubrió el cerro; hubo un sonido fuerte de cuerno. En el campamento todo el pueblo se puso a temblar (Éxodo 9, 16).

El Sinaí entero humeaba porque Yavé había bajado en medio del fuego. Subía aquel humo como de un horno, y todo el monte temblaba con violencia. El sonido del cuerno se hacía cada vez más fuerte; Moisés hablaba y Dios le contestaba con el trueno (Éxodo 9: 18-19).

Al parecer el lugar elegido por Dios para darle el encargo a Moisés fue “Hereb, la montaña de Dios”, aunque se desconoce su ubicación; la Biblia, la tradición y los estudios no aclaran si el Horeb y el Sinaí son en realidad el mismo monte. Ya en el siglo IV, los peregrinos veneraban el Jabal Musa o monte Sinaí, cerca del extremo meridional de la península del Sinaí (Egipto), como el lugar de revelación divina, además de que existe una posible fuente judía del siglo II d. C. que señala este cerro como un tipo de epifanía. En el cerro que en la actualidad se le denomina monte Sinaí (altitud 2285 m s. n. m., pero con una altura de tan solo 332 m sobre el terreno circundante), también conocido como Jabal Musa o monte de Moisés, se construyó el monasterio de Santa Catalina en el siglo III.

No obstante, la localización de este lugar fue el producto de la búsqueda de lugares sagrados en la Antigüedad, en este caso su asignación habría ocurrido casi 1500 años después de acontecidos los hechos bíblicos, sin que mediara ninguna investigación. Por ello, los eruditos han propuesto al menos una docena de posibles localizaciones para el monte en donde fueron entregadas las tablas sagradas. La razón de la incertidumbre anterior radica en las indicaciones contradictorias y vagas de la Biblia, para ubicar Hereb, la montaña sagrada (Beitzel, 2014).

El profesor Colin J. Humphreys ha argüido más bien a favor del volcán Hala-‘l Badr, más al S, en Arabia (Humphreys, 2004). Sin pretender ser un hermenéutico de la interpretación bíblica, el relato anterior en efecto aporta elementos susceptibles para interpretar la montaña sagrada como un volcán en plena erupción, con espesas nubes de ceniza, explosiones, rocas incandescentes, temblores, relámpagos y, quizá, hasta la generación de corrientes de densidad piroclástica concentrada (flujos piroclásticos).

En síntesis, los hechos anteriores no pueden demostrarse con rigor científico, pero no cabe duda de que sucedió algo realmente memorable. Varios científicos e historiadores, incluyendo el presente autor, piensan que la leyenda de la Atlántida y el Éxodo bíblico nacen al parecer de hechos históricos, cuyo soporte está basado en evidencias circunstanciales o indirectas, pero ambos parecen estar íntimamente ligados con erupciones volcánicas y a sus efectos primarios (erupciones volcánicas, sismos, nubes de cenizas, corrientes de densidad piroclástica) y secundarios (maremotos, rayos y relámpagos, granizada, oscuridad durante el día). Dichas calamidades debieron de favorecer las plagas, la salida de los israelitas de Egipto y la destrucción de una parte de la civilización minoica.

Todas estas historias se vinieron a escribir varios siglos después de ocurridas, de manera exagerada en parte y con visos de castigos divinos, naciendo así los mitos, las leyendas y los relatos de hechos extraordinarios, en una época en que el conocimiento humano era limitado.

Se observa, entonces, que no es sencillo afirmar estos hechos como reales, pero tal y como elocuentemente afirma Denis Saurat: “Estoy íntimamente persuadido de que la realidad, una vez conocida, será aún más hermosa que el sueño”.

Los volcanes y la ciencia que los estudia

El hombre... percibe en la naturaleza algo de sagrado, de inaccesible y de inviolable, y, a pesar de ello, quiere superar todas las barreras, incluida la barrera del fuego. Lo que le empuja es algo más que la voluntad de poseer el fuego; es el deseo incontenible de alcanzar la primera fuente del fuego. El hombre que se sumerge en los espacios estelares, el hombre que investiga las estructuras abismales de la materia, tiende, como Empédocles, a la Unidad, al Absoluto e inaccesible, hacia la Fuente primera de la luz que ilumina, rige y ordena todo el universo. Pero la naturaleza se encarga de desengañar las locas esperanzas, las que olvidan los valores de la naturaleza y de la vida en sus dimensiones más humanas, y parece recordarles las palabras del Libro de los Libros: "Quítate las sandalias, porque el lugar que pisas es sagrado". Palabras que salían de un Fuego que ardía sin consumirse en la cima de la montaña.

Valerio Giacomini, 1974

Tal y como dicta la tradición, el estudio de una disciplina debe comenzar por el análisis etimológico del vocablo del que se sirve para denominarla. En apartados anteriores se vio que el Hefesto helénico aparece en la Italia antigua como una divinidad equivalente al dios romano en lengua etrusca y, posteriormente, tomada por el latín, *Vulcanus* o *Volcanus* (Vulcano, Volcano o Volcania). Los textos de algunos autores griegos aluden al territorio en torno al Vesubio como “fragua de Hefesto”, “llanura ardiente” y “tierra de fuego”. En su honor se realizaba una fiesta el 23 de agosto, la *Vulcanalia*, además, debido a la construcción de su primer santuario, toda el área recibió el nombre de *Vulcanal*. De allí se fue paulatinamente derivando el término volcán, el cual originalmente no existía, dado que para los romanos y muchas otras culturas posteriores, era simplemente una montaña que vomitaba fuego o “montaña de fuego”, frase y significado más usado en casi todos los idiomas para designar un volcán. De hecho, en latín se nominaba a los volcanes *mons ignivomus* (“montaña que vomita fuego”) y por ello el archipiélago de las Eolias, al NE de Sicilia (Italia), donde se ubican los volcanes Vulcano y Estrómboli y las islas Lípári, en el siglo I a. C. fue llamado por Cicerón, *Vulcaniae insulare*, es decir, “isla vulcánica” o “isla de Vulcano” (Corominas y Pascual, 1983; Soto, 1996, 2015; Romero, 2010).

La palabra etrusca *vulcanus* o *volcanus* pasó a las lenguas romances a través de los navegantes portugueses que contemplaron erupciones en otras latitudes y establecieron la comparación con el Etna y el Vesubio. Primero aparece como un término lusitano, *volcam* en las primeras décadas del siglo XV, después extendido como *vulcão* (portugués), *volcan* (francés, en 1213), *vulcano* (italiano), seguido de *Vulkan* (alemán), *volcano* (inglés) y, en español americano, originalmente como *volcán*, *vulcan* o *bolcán*, para finalmente establecerse como volcán (Corominas y Pascual, 1983). En efecto, en el primer documento en donde

se describe una erupción volcánica de Costa Rica, la del Irazú de 1723, se escribe como *bolcan* (con b y sin tilde).

Entonces un *volcán*²⁰ es una estructura geológica por la cual emerge el magma (roca fundida), a través de una abertura circular (*cráter*) o alargada (*fisura*) en la superficie de un planeta, por donde se emiten gases, piroclastos (fragmentos de rocas) y derrames de lava (roca fundida, definida en función del cuerpo planetario). Su expulsión ocurre generalmente en episodios de actividad llamados *erupciones* que, cuando ocurren en forma violenta, se denominan *explosiones*. Las erupciones pueden emitir coladas de lava de forma no violenta, por ello, toda explosión es una erupción, pero no toda erupción es explosiva (Figura 1.7).

Lo más frecuente es asociar el concepto volcán con una montaña cónica que ha sido construida por los fragmentos eruptados, como el volcán Arenal. Sin embargo, se pueden tener volcanes tan pequeños que solo cuentan con unas decenas o centenas de metros de altura, como el Monte de la Cruz en la provincia de Heredia, u otros cuyo tamaño es respetable pero su morfología es relativamente suave o irregular, al grado de que el turista o incluso el residente, no se percatan que vive en las laderas de un volcán. Este es el caso de los volcanes de la cordillera Central en Costa Rica, en donde las personas asocian al volcán solo con sus cráteres cuspidales, pero no se percatan de que, durante su relativamente rápido ascenso, lo están haciendo en sus faldas, por las laderas de un cono, aunque en nuestro caso, de pendiente más suave que la de los volcanes que los niños suelen dibujar. Las poblaciones de Poasito, Fraijanes, Varablanca,²¹ Cariblanco, Heredia, Llano Grande, Cot, Cervantes, están edificadas en las faldas de volcanes activos.

La estructura o arquitectura de un volcán y su forma dependen de los productos que emite (efusivos o explosivos, o ambos), de su cantidad, forma de acumulación, del tipo de magma (básico o ácido), localización y forma del foco de emisión (central, fisural, lateral), edad y frecuencia de actividad, así como de su ambiente (erupción subaérea, subglacial o submarina) y lugar climático, entre muchos otros factores. Varios de estos aspectos se explicarán con detalle en los apartados que siguen a continuación.

20 La definición de volcán que parece simple y evidente no lo es tan así, por lo que todavía se debate entre los académicos sobre la definición más precisa y completa, válida no solo para el planeta Tierra, sino a escala del sistema planetario solar (Cañón-Tapia y Szakács, 2010).

21 Varablanca aparece escrito en los mapas del IGN como Vara Blanca, aunque su manera correcta de escribirse es unida, según lo establece la Comisión Nacional de División Territorial Administrativa (CNDTA, 2007) y el Departamento de División Territorial y Nomenclatura (DTN-ING, 2009), ambas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de Costa Rica.

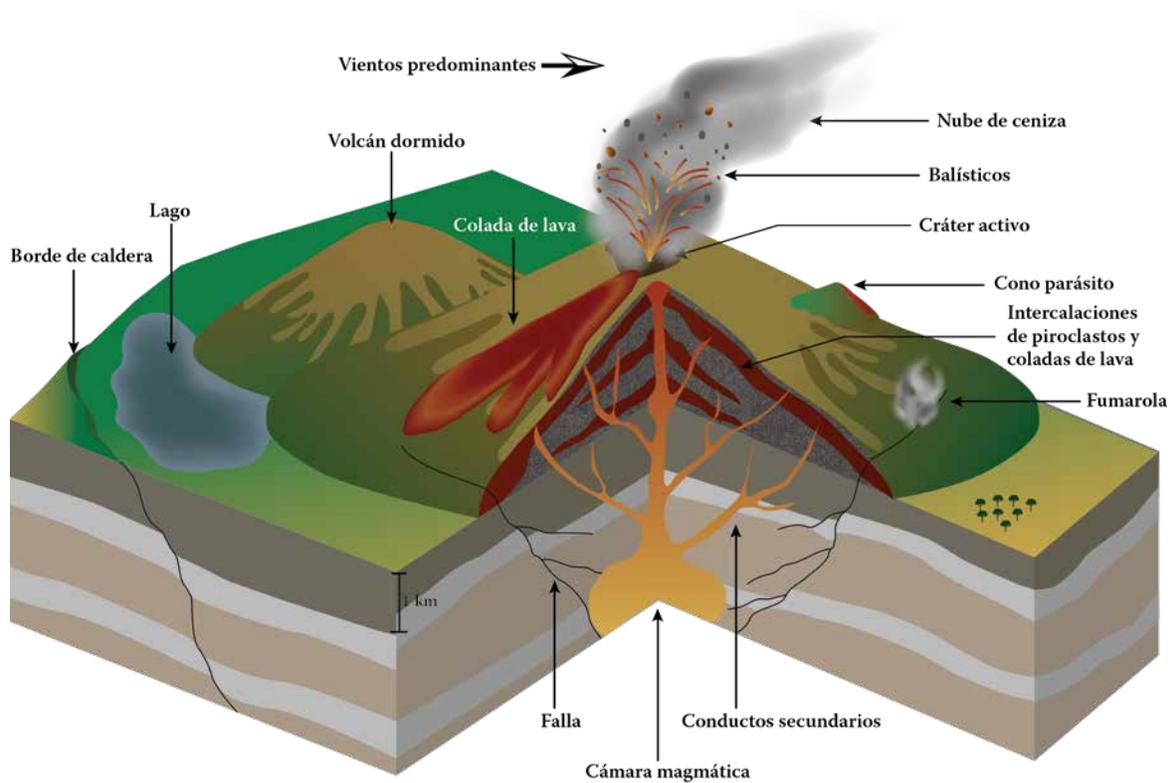


Figura 1.7 Diagrama esquemático de la estructura de un volcán

Se observan los elementos morfológicos externos tales como colada de lava, cráter cuspidal, cono parásito (secundario o satélite) y un escarpe tectónico o de falla, así como una naciente termal. Dentro de los elementos internos se cuenta con la estructura estratificada interna, además de los conductos o chimeneas magmáticas alimentados desde una bolsa de magma somero, denominada cámara magmática.

La altura de un volcán es relativa, dado que muchas veces a la altura real hay que sumarle la altura del basamento o substrato sobre el que creció. Por ejemplo, el volcán Nevado Ojos del Salado (en el límite de Chile/Argentina) se levanta tan solo 2000 m sobre un basamento andino preexistente (elevado en ese punto a más de 4,8 km), por ello, el volcán alcanza su gran altitud de 6887 m. El volcán Mauna Loa, por su parte, se levanta más de 9 km sobre el fondo oceánico (250 km de diámetro en su base), pero solo 4169 m s. n. m. No obstante, si se mide el punto más alto sobre la superficie desde el centro de la Tierra, el récord le correspondería al volcán ecuatoriano Chimborazo (6268 m s. n. m.), el cual se encontraría a 6384 km de distancia del centro terrestre, 2 km más que la cima del globo, el Everest, debido a las diferencias del diámetro del planeta en estas dos localizaciones continentales, puesto que la rotación hace que el planeta esté abultado en el ecuador (Siebert *et al.*, 2010; Redfern, 2012).

Existen cerca de dos millardos de volcanes en la Tierra y de estos unos 570 volcanes han estado activos en tiempos históricos (Siebert *et al.*, 2010). Los volcanes se

pueden encontrar en la Tierra, así como en otros planetas y satélites, algunos de los cuales están formados de fragmentos que se consideran “fríos”; son los llamados *criovolcanes*, es decir, aquellos en los que el hielo actúa como roca mientras el agua líquida interna actúa como el magma. Esto ocurre, por ejemplo, en el satélite frío de Júpiter, llamado Europa. Sin embargo, el satélite más activo del sistema solar es Ío, igualmente una luna de Júpiter, quien se caracteriza por constantes erupciones de azufre.

Así pues, de todo lo anterior se desprende que del término volcán deriva claramente la ciencia de la vulcanología o volcanología, ambos gramaticalmente correctos. Vulcanología, como término científico, es un cultismo originado en la forma latina *vulcanus*. La palabra volcanología en cambio está más acorde con la raíz propiamente española de la palabra y no es, por tanto, un término incorrecto o un anglicismo, dado que el término inglés *volcano* deriva más bien del italiano (Araña y Ortiz, 1984; Soto, 1996).

La vulcanología (o volcanología) es la disciplina de la geología, geofísica o geoquímica que estudia científicamente los fenómenos volcánicos, transporte y erupción del magma, así como todos sus aspectos relacionados, tanto en volcanes activos, dormidos o incluso extintos o los restos de ellos. Tiene como fin una inmediata aplicación a la vigilancia, la prevención de las erupciones y la disminución de sus efectos, así como el aprovechamiento de los recursos naturales asociados con el vulcanismo, como la energía geotérmica, los recursos minerales metálicos y no metálicos. Además, nos ayuda a comprender la historia geológica y el paisaje que nos rodea. Puede decirse que se compone de tres partes principales (Araña y Ortiz, 1984; Szakács, 2010):

- Conceptual, es decir, los modelos cualitativos e interpretaciones básicas.
- Teórica, aplicando modelos físicoquímicos con soporte de formulaciones matemáticas.
- Aplicada, la cual incluye el aprovechamiento del vulcanismo (recursos minerales, generación eléctrica a partir de la energía geotérmica, suelos, agregados y rocas ornamentales) y su parte aplicada a la humanidad (calentamiento global, peligro y vigilancia volcánica e implicaciones socioeconómicas).

Esta ciencia se debe considerar joven. Su nacimiento se sitúa a mediados del siglo XVIII y, desde entonces, ha evolucionado mucho, sobre todo en las últimas cuatro décadas, y se ha alcanzado un grado de conocimiento apreciable, aunque falta mucho por aprender.

Aunque la imagen más popular de un vulcanólogo es la de un osado científico tomando muestras de gases y de temperatura de las fumarolas o un pedazo de la lava fundida, frente a un volcán en actividad; también estos científicos, además

de su labor investigadora no exenta de emoción y riesgo, pueden dedicarse a otras actividades para la sociedad y la economía, tales como contribuir con el ordenamiento territorial, protección de la naturaleza, búsqueda de recursos renovables (agua en acuíferos volcánicos, energía geotérmica), o minerales (rocas para construcción, piedras preciosas, metales), geoturismo, conocimiento de los suelos volcánicos, o bien el estudio de volcanes extintos o terrenos volcánicos antiguos (paleovulcanismo) (Figura 1.8). Por ejemplo, muchas de las rocas volcánicas de tonos oscuros presentes en los acantilados marinos, cerca de las hermosas playas en las penínsulas de Nicoya y Osa, o bien, los promontorios de Herradura, Quepos y punta Burica, son rocas volcánicas, en su mayoría basaltos, testigos mudos de un vulcanismo submarino que estuvo activo entre 40 y 140 millones de años atrás.



Figura 1.8 Afloramiento de lavas prismáticas con una edad de 8 millones de años, en la hacienda Taboga, al sur de Cañas

Este tipo de rocas se utilizan para construcción de carreteras.

Finalmente, la vulcanología es una rama de la geología, aunque también se comparte con otras ciencias como la física y la química. La geología (del griego *geo*, tierra; *logos*, estudio o tratado) es la ciencia que estudia la Tierra, su composición, su estructura, su forma, los fenómenos de toda índole que en esta tienen lugar (procesos que actúan sobre las rocas y sus productos), incluidos su mecanismo de formación, los cambios o alteraciones que ha experimentado desde su origen, además de la textura y estructura que tiene en el actual estado.

Por extensión, también estudia el resto de los cuerpos y materia del sistema solar y, en un futuro, de otros sistemas. Para todo lo anterior, la geología utiliza los recursos de otras ciencias, que así resultan auxiliares, por ello, puede considerarse como la ciencia más amplia en todo el sentido de la palabra, dado que estudia desde las partículas elementales hasta el universo, incluyendo a los seres que allí viven. La geología nació del deseo del ser humano para entender su entorno, es decir, su mundo (procesos naturales, evolución); y de la necesidad de mejorar su medio, aprovechando los recursos naturales (aguas subterráneas, geotermia, yacimientos minerales metálicos, no metálicos e hidrocarburos) en aras de optimizar la vida, sostenible con el ambiente.

Modernamente, a través de la geología se trata de prever e identificar los sitios adecuados y los lugares riesgosos para el ser humano y la infraestructura, tales como los procesos geológicos destructivos, las amenazas antrópicas, la contaminación, el cambio climático, el adecuado uso del suelo y el geoturismo. En estos y en muchos otros sentidos, la geología se aplica al servicio, bienestar y educación de la Humanidad. La persona profesional en geología estudia la Tierra, sus componentes, los recursos naturales y su historia, en beneficio del ser humano y del medio ambiente. Puede especializarse en alguna de las múltiples ramas de la geología en la observación, conocimiento y experimentación de metodologías aplicadas al estudio de la Tierra y la sociedad, incluso, el espacio (geología planetaria).



ACERCA DEL AUTOR

Guillermo E. Alvarado Induni es costarricense de nacimiento, naturalizado suizo. Obtuvo su bachillerato, licenciatura (mención honorífica) y maestría en Geología en la Universidad de Costa Rica; mientras que su doctorado (*summa cum laude*) lo realizó en la Universidad Christian Albrecht de Kiel (Alemania) fundada en 1665. Ha sido profesor de Geología en la Universidad de Costa Rica en diversos cursos de bachillerato, licenciatura y maestría, en la Escuela de Historia y Geografía (1985-1989), la Escuela de Geología (1994-2011, 2016-presente) y la Escuela de Antropología y Sociología (2003-2004, 2006), así como en cursos en la Universidad Central (2015-presente), Universidad de Salta (1997-2001, 2003, 2019 Argentina), Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (2012 y 2014) en Cotui (República Dominicana) y en la Universidad de Caldas (2018) en Colombia.

Es autor y coautor de 70 artículos en revistas extranjeras indexadas y de 115 artículos en revistas nacionales indexadas, además de 37 publicaciones en libros y de 235 resúmenes en congresos. Tiene en su haber 11 libros; en total, su actividad científica suma más de 230 publicaciones indexadas. La mayoría de sus investigaciones se han enfocado en la geología de América Central, aunque posee investigaciones en Argentina, Ecuador y República Dominicana. Su trabajo ha abarcado casi todos los campos de las ciencias geológicas, pero se ha enfocado en los volcanes y las rocas ígneas, así como en los peligros geológicos, la geología del Cuaternario y la historia de la Geología. La mayor parte de su labor profesional la realizó en los proyectos hidroeléctricos y geotérmicos, que investigó y desarrolló el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) desde su ingreso en 1984. Ha colaborado desde 1987 con la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), donde labora desde setiembre de 2018. Además, es miembro de la *International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior* (IAVCEI) y miembro fundador de la Asociación Latinoamericana de Volcanología (ALVO). Formó parte de la Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE) desde su establecimiento en 1982 hasta el 2019. Es miembro de la Academia Nacional de Ciencias y de la Academia de Historia y Geografía. Ha recibido reconocimientos por parte de la Universidad de Costa Rica (2003, 2010, 2012) y por el Colegio de Geólogos de Costa Rica en 1997 y el “Premio Geológico Nacional”, 2009.

Esta es una
muestra del libro
en la que se despliega
un número limitado de páginas.

Adquiera el libro completo en la
Librería UCR Virtual.

LIBRERÍA
UCR

VIRTUAL



Costa Rica nació a partir del vulcanismo. De allí los suelos fértiles, las rocas para construcción y ornamentación, el agua de los acuíferos, el aprovechamiento de la energía geotérmica, el geoturismo y el disfrute de las fuentes termales. Pero también se tienen las calamidades que deparan los volcanes cuando entran en actividad con pérdidas económicas, muerte y destrucción.

Se transporta al lector desde el nacimiento de la vulcanología, los dioses míticos y las leyendas, hasta su desarrollo y utilidad en la sociedad. Se recalca la estrecha relación de los volcanes con la idiosincrasia, cultura y arte costarricense, su entorno socioeconómico, ecológico y turístico.

Todo ello es el marco para las investigaciones de cada uno de los volcanes (extintos, dormidos e históricamente activos). Se incluyen aspectos de su geología, geografía, historia, toponimia, leyendas y riquezas que allí celosamente encierran, además de una adecuada gestión del riesgo.

Su rico contenido lo hace de consulta obligatoria, desde los escolares hasta los investigadores, por lo que debe estar en las bibliotecas patrias.

