

The background is a vibrant, stylized illustration. On the right side, a volcano is depicted with bright yellow and orange flames rising from its crater. The left side features a jaguar, its body rendered in a pattern of dark spots on a lighter, textured background. The overall color palette is dominated by warm tones of red, orange, and yellow, creating a sense of heat and intensity.

LA TIERRA DE FUEGO

Gente y naturaleza marcadas por el calor profundo

Sofía Otero C, Editora

LA TIERRA DE FUEGO

*Gente y naturaleza
marcadas por el calor profundo*

Sofía Otero C, Editora



explora
Un Programa CONICYT



Fondap
Fondo de Financiamiento de Centros de
Investigación en Áreas Prioritarias



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Proyecto EXPLORA CONICYT de Valoración y Divulgación de la Ciencia, Tecnología e Innovación – 2014

Directora y Editora General: Sofía Otero Cavada (sofia.otero.c@gmail.com)

Editora de Arte: Cecilia Toro Álvarez (cecil@plastivida.cl)

Diseño gráfico y diagramación: Victoria Martínez Peña (hola@vickymartinez.cl)

Esta publicación se realizó en el marco del XVIII Concurso de Proyectos Explora de Valoración y Divulgación de la Ciencia, Tecnología e Innovación - 2014, y cuenta con el patrocinio del Proyecto Fondap Conicyt #15090013 Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

ISBN: 978-956-358-306-9

Licencia Creative Commons



Imagen de Portada: Marcelo Gacitúa Araya

Impreso en Salesianos Impresores S.A.

Santiago, 2014.

PRÓLOGO

Chile tiene una inmensa bodega de calor bajo tierra. Un calor que esculpe miles de contornos que resoplan y vibran en nuestro paisaje: volcanes, termas, géiseres, terremotos y contundentes depósitos minerales. Todas estas características son herencias comunes a los países, como Chile, que se han erguido sobre el Cinturón de Fuego del Pacífico, una zona de 40.000 kilómetros en forma de arco que corona al océano que le da ese nombre.

Este calor profundo, que se expresa en nuestra superficie, ha influido en nuestra historia y nuestra cultura a través de las múltiples interacciones que mantenemos con la geotermia (calor de la tierra). Temor, curiosidad o espiritualidad son solo algunas de las emociones que inspira nuestra loca y acalorada geografía.

En este libro recorreremos algunos de estos sitios - cráteres, islas, fumarolas - cuyos orígenes se explican principalmente por el calor que se mueve bajo nuestra tierra. Revisaremos cómo se formaron desde un punto de vista geológico, y conoceremos cómo estos lugares tocaron e influyeron en la vida de las personas que interactuaron con esta herencia de fuego. Leyendas, cuentos y crónicas sobre cada zona se cruzan con perspectivas desde las ciencias de la tierra para dar a conocer dos dimensiones de la riqueza de nuestros paisajes geotermiales: qué son y qué inspiran.

La recopilación que encontrarán a continuación es sólo una pequeña muestra de las miles de bóvedas geotérmicas que guarda Chile, una selección de lugares icónicos y también de localidades más desconocidas que bien vale redescubrir. Los invitamos a explorarlas.

TERMAS DE COCHA • TURI • CAMPO DE GÉISERES EL TATIO • VOLCÁN LICANCABUR • VOLCÁN LASTARRIA • RAPA NUI
CAJÓN DEL MAIPO • ARCHIPIÉLAGO JUAN FERNÁNDEZ • TERMAS DEL FLACO • VOLCÁN VILLARRICA • ZONA DE FALLA
LIQUIÑE-OFQUI • VOLCÁN OSORNO • COMPLEJO VOLCÁNICO PALI AIKE • VOLCÁN COOK • ISLA DECEPCIÓN

TERMAS DE COCHA



Oasis del desierto

Las termas de Cocha se ubican en plena Pampa del Tamarugal, en la comuna de Pica, a unos 100 km al sureste de Iquique. Se reconocen al menos 15 manantiales, de los cuales la mitad son naturales y el resto artificiales producto de la canalización y excavación de pozos para el uso del agua en la actividad agrícola y turística. El agua posee temperaturas aproximadas de 32°C; esta condición permite catalogarla como un termalismo de baja entalpía (aguas con temperaturas menores a 50°C) y se caracterizan composicionalmente por ser aguas bicarbonatadas sódicas. Se emplazan en la formación geológica Altos de Pica, la que posee rocas volcánicas como tobas y rocas sedimentarias como conglomerados y areniscas.

El agua de las termas es de origen meteórico, es decir, correspondería a aguas superficiales generadas por la acción climática (precipitaciones, deshielos, etc.) principalmente en el sector cordillerano al este de Pica. Estas aguas se infiltran bajo tierra hasta alcanzar niveles profundos donde se calientan con las altas temperaturas del subsuelo. Estas aguas circulan en dirección oeste por medios permeables: rocas de gran porosidad que les permiten el paso, como las areniscas de la formación Altos de Pica. Las aguas se movilizan hasta que se encuentran con una falla geológica cercana al poblado, la que actúa como una barrera natural al movimiento horizontal del fluido, ya que la falla genera una especie de paredón con rocas menos permeables que las areniscas impidiendo que las aguas sigan avanzando. El agua, a su vez, aprovecha las fracturas presentes en las rocas de la formación Altos de Pica y emerge a la superficie formando las termas y facilitando el desarrollo agrícola. Todas estas características permiten que la zona se perfilase como un oasis del desierto.

Texto: Camilo Sánchez / Fotografía: Gerardo Lamas

Flor en la arena

La obstinación del desierto se rindió en Pica. La aridez, las rocas y el polvo se repliegan en esta zona de oasis. Históricamente, el agua que brota en esta tierra convocó a un diverso repertorio de viajeros que fueron dejando su huella en la zona. Formó parte del Camino del Inca, atrajo a la expedición de Diego de Almagro (1536), y con el tiempo se establecieron los asentamientos que lograron hacer florecer esta tierra con viñedos y cítricos. Las vertientes de aguas calientes de Pica, conocidas como cochas, además de solventar el regadío agrícola, se convirtieron en una fuente recreativa muy apreciada por los lugareños, quienes la aprovechaban como un lugar para el aseo personal en horario vespertino y nocturno, mientras durante el día las lavanderas se beneficiaban de sus bondades para hacer su trabajo. En la actualidad, estas termas se explotan de forma turística por la Municipalidad de Pica.

Texto: Sofía Otero / Ilustración: Paula Bustamante



TURI

Termas en la estepa

En la Región de Antofagasta, en pleno Desierto de Atacama, se encuentra la localidad de Ayquina-Turi, ubicada a 77 km de Calama a una altura de 3.100 metros sobre el nivel del mar. En sus cercanías están los Baños de Turi, una surgencia natural de agua tibia caracterizada por un olor azufroso y cuya temperatura fluctúa entre 20° y 23°C. Estas aguas termales están contenidas en rústicos pozones con fondos de arenas negras. Los Baños de Turi conforman un atractivo termal único, que permite disfrutar de la naturaleza en medio de un majestuoso paisaje, en el cual se aprecian variados ecosistemas y en donde destacan las montañas más altas de la Cordillera de Los Andes, pudiéndose observar imponentes volcanes como Cerro León (5.760 m) y el Toconce (5.771 m).

La Cuenca Turi es una depresión estructural, es decir, su altura es inferior a la de las regiones circundantes, y presenta una forma triangular con una superficie de 160 km². La zona está limitada al norte y este por una serie de volcanes de la Cadena de Los Andes que definieron la morfología del lugar, al oeste por el río Loa y su límite sur es la Falla Salado-Toconce. La cuenca de Turi pertenece al sistema hidrográfico del río Loa. Un sistema hidrográfico es el que regula el flujo de aguas superficiales y del subsuelo, forzado por las características del relieve y las propiedades asociadas a éste. La Cuenca de Turi contiene un acuífero freático confinado dentro de la secuencia volcánico-sedimentaria Toconce, lo que da origen a los baños termales.



¿Un acuífero freático? Los acuíferos son mantos de agua subterráneas que se forman naturalmente cuando la superficie terrestre absorbe el agua de lluvia, ríos y/o lagos. Este proceso de absorción se da porque los terrenos de la superficie terrestre permiten que el agua se introduzca al ser permeables (tierra, arena, arcilla, etc.). Una vez absorbida, el agua forma capas subterráneas hasta llegar a una zona no permeable en la cual la composición de la roca es más cerrada y por tanto el agua no pasa con tanta facilidad. Se dice que el acuífero es freático cuando sobre él se encuentra una superficie libre en contacto con el medio externo.

En la Cuenca de Turi hay cierta cantidad de precipitaciones capturadas por los edificios volcánicos, que sumadas a flujos provenientes de los ríos de la zona, se infiltran a través de suelos constituidos por grava y arena de alta permeabilidad. Así, se forma un depósito de agua cuyo límite inferior es una impermeable capa de rocas volcánicas. La temperatura en este sitio es alta, debido a la presencia de volcanes cercanos, lo que permite que el agua se caliente dando paso a la formación de termas como los Baños de Turi.

Texto: Adriana Zapata y Katherine Gaete / Fotografía: Gerardo Lamas

Pukará de Turi

El *pukará* de Turi fue uno de los poblados más grande del Desierto de Atacama, hace unos seiscientos años atrás, y hoy representa un sitio arqueológico de gran importancia en el norte de Chile. Los *pukarás* son poblados que presentan una arquitectura densa, representada por aldeas aglutinadas y a su vez por muros perimetrales de carácter defensivo. El *pukará* de Turi cuenta con más de 650 recintos cuyos muros fueron fabricados principalmente con piedras volcánicas¹.

Situado a 70 km de la ciudad de Calama (Región de Antofagasta), este *pukará* fue erguido sobre un terreno de coladas de lava, con un tamaño de 4 hectáreas que domina sobre la gran vega de Turi, una fuente permanente de pastizales, fundamentales para el desarrollo de la ganadería de las poblaciones prehispánicas, coloniales y actuales². Muy cerca de este *pukará* se encuentran los baños de Turi, una afloración de agua termal que da origen a pozones naturales, que por sus cualidades geotérmicas, seguramente fueron importantes para las poblaciones prehispánicas. Los atacameños construyeron esta aldea hacia el siglo XI d.C. , sin embargo, tras la conquista incaica, estos últimos se instalaron en el poblado a partir del siglo XV.

Durante la ocupación incaica del sitio, los inkas se instalaron en el sector más sagrado del *pukará*, donde los atacameños veneraban a sus ancestros. En su lugar, ellos levantaron una *kallanka*, uno de los elementos clásicos de la arquitectura imperial incaica, caracterizada por su forma rectangular, sus ventanas y sus techos de dos aguas así como por su emplazamiento preferencial en la plaza central del núcleo poblacional. Estos edificios tenían diferentes usos, por ejemplo, el hospedaje de administradores y viajeros, y a su vez como un espacio para celebrar banquetes, donde se sacrificaban llamas y se bebía chicha³. Muy cerca del sitio, pasa un ramal del Camino del Inka, también llamado *Qhapaq Ñan*, que conectaba este importante poblado con el resto del Tawantinsuyo.

Texto: Valentina Figueroa / Ilustración: Óscar Ramos

¹ Ver Bibliografía Seleccionada Turi (Cornejo, 1990)

² Ver Bibliografía Seleccionada Turi (Schiappacasse, Castro y Niemeyer, 1989)

³ Ver Bibliografía Seleccionada Turi (www.precolombino.cl)



CAMPO DE GÉISERES EL TATIO



Volcanes de agua en el desierto

El Tatio es un campo de géiseres del altiplano chileno que está aproximadamente a 4.300 metros sobre el nivel del mar, a 89 km de San Pedro de Atacama. Con 10 km² de extensión representa el campo de géiseres más grande del hemisferio sur y el tercero más grande del mundo después de Yellowstone (Estados Unidos) y Dolina Geizerov (Rusia). El Tatio posee más de 80 manantiales, y si bien la mayoría de ellos produce erupciones que no superan el metro de altura, existen algunas que pueden sobrepasar los cinco metros.

Un géiser ocurre cuando se combinan tres factores: abundante recarga de agua, una fuente de calor que caliente el agua y un sistema de bombeo con la geometría adecuada que permita la descarga de agua.

El sector donde se ubica El Tatio está emplazado contra un cordón de cerros. Este cordón es parte de secuencias volcánicas que han sido comprimidas y plegadas, actuando como una barrera natural para el agua que circula en superficie. El hecho que tenga esta forma obedece a que por abajo hay una falla que está levantando un sector contra otro.

En el sector de El Tatio encontramos fluidos subterráneos de origen meteórico, una fuente de calor asociada al volcanismo de la zona y sistema de fallas geológicas que aseguran la conectividad entre esta agua y la superficie. El agua circula a través de rocas permeables hasta que se encuentra con rocas impermeables que le impiden su paso y la dejan atrapada como agua caliente, constituyendo así un reservorio geotermal.

Una vez que el agua queda atrapada, continúa calentándose con las fuentes de calor que tiene por debajo. El agua permanece apozada hasta que el calor la hace circular y se comienzan a generar burbujas de gas que intentarán salir. Pero estos gases tienen dificultad para salir, pues se encuentran con la presión de la columna de agua fría que está sobre ellas. Entonces, estas pequeñas burbujas se juntan para generar una gran burbuja. Ésta creará la presión suficiente para levantar el peso de la columna de agua fría y salir a la superficie, y es entonces cuando tenemos la erupción de un géiser. La manifestación del géiser en superficie dura hasta que se libere el gas. Una vez liberado sólo queda agua que vuelve a bajar hasta repetir el fenómeno.

El llanto milenario del abuelo andino

Acostado en lo alto, acompañado sólo por el pastoreo de las nubes y el canto eléctrico de las tormentas ocasionales, descansaba Tata-Machu, el abuelo grande, como llamaban los *ayllús* andinos al cuerpo macizo y ondulante de montículos que dividían el cielo de la tierra. El lugar era un Kahur-Huasi, un cerro sagrado, una forma excepcional de referirse al territorio, cuando todo el manto del mundo que pisaban los pueblos eran atribuidos a la Madre Tierra.

Pero un día, Tata-Machu no descansó más. Dejó su descanso eterno y se largó a llorar. El mundo como lo conocían los hombres y mujeres andinos se había desfigurado. Sin que nadie pudiese explicarse por qué, la Madre Tierra desató una ola de furia que comenzó con un temblor que pronto se transformó en frenéticas sacudidas que tajearon la tierra, abriendo grietas que se tragaron *ayllús* completos, transformando el horizonte y colocando planicies tirantes donde antes dominaban quebradas y rocas afiladas. Hubo también vientos como cachetadas que levantaron el polvo y nublaban la vista y luego tempestades cuyas aguas corrían furiosas lavando un paisaje totalmente nuevo.

Muy pocos sobrevivieron a esta gran tragedia universal en la zona de El Loa, y quienes lo hicieron, tratando de identificar lo que alguna vez fue un mundo conocido, dieron con la silueta del Tata Machu en el horizonte, aún acostado, aún enorme, pero ya no más descansando, sino botando inmensas lágrimas expulsadas a chorros hacia lo alto, calientes y vaporosas, como un ruego para que el caos cesara. "Iu, iu, iu", cantaba su llanto. Y desde ese día, los pobladores comenzaron a llamarlo Tata Iu. Y pasaron los años, y el nombre fue cambiando como el tiempo y derivó en Tataíu, hasta que cambió un poco más y ahora tiene el nombre por el que lo conoces tú: Tatio.



Texto: Sofía Otero / Ilustración: Daniel Blanco

VOLCÁN LICANCABUR



La montaña del pueblo

En el territorio chileno continental se conocen alrededor de 2.000 volcanes, de los cuales 1.500 aproximadamente se consideran geológicamente inactivos. Uno de ellos es el volcán Licancabur.

El volcán Licancabur está ubicado a 60 km al noroeste de San Pedro de Atacama, II Región de Antofagasta, en el borde occidental de la frontera entre Chile y Bolivia. Geológicamente hablando es parte del segmento sur de la Zona Volcánica Central de Los Andes.

Este volcán, cuyo nombre proviene del idioma atacameño o kunza y significaría “montaña del pueblo”, corresponde a un estratovolcán de forma perfectamente cónica de alrededor de

1.500 m de altura y 5.916 m de elevación sobre el nivel del mar aproximadamente. Su diámetro basal es de 9 km y su pendiente es constante de 30°, lo que resulta en un volumen cónico total de 35 km³.

Estudios geológicos indican que el volcán Licancabur se formó durante el periodo Holoceno, posterior al último periodo glacial, ocurrido hace 12.000 a 10.000 años, sobre antiguos depósitos volcánicos de alrededor de 1,35 millones de años.

En él se pueden reconocer tres tipos de materiales volcánicos: flujos de lava antiguos en la base del volcán, flujos de lava dominante que formaron la mayor parte del cono y flujos de lava más jóvenes y depósitos piroclásticos en la cumbre.

Aunque no se ha registrado actividad volcánica histórica asociada a este volcán y se considera como extinto, a sus pies es

posible observar aún flujos de lava andesítica de color oscuro correspondientes a su última erupción ocurrida durante los últimos 10.000 años.

En su cráter se encuentra la Laguna Verde, una fuente permanente de agua dulce de 70 x 90 metros de superficie y una profundidad de alrededor de 6 metros, conocida como la quinta de mayor altura del mundo. Esta laguna contiene gran variedad de organismos planctónicos que existen a pesar de las extremas condiciones ambientales presentes, como temperaturas atmosféricas inferiores a -30°C producidas durante cada noche y los niveles de radiación ultravioleta más altos encontrados en el planeta, que la transforman en un atractivo ambiente natural que captura el interés de científicos de muchas disciplinas.

Texto: Valentina Flores Aqueveque / Fotografía: Felipe Cantillana

Cumbre ceremonial

El volcán Licancabur, que domina sobre el oasis de San Pedro de Atacama, fue un cerro muy importante para las poblaciones prehispánicas de la región atacameña. El culto a las montañas fue un elemento central para las sociedades andinas prehispánicas. Los cerros que fueron venerados recibían una devoción particular, formando parte de las creencias de estas poblaciones. Las montañas, cerros y volcanes se percibían como santuarios de altura, y cada uno tenía un nombre particular y podía, por ejemplo, estar asociado a la fertilidad agrícola, pecuaria, minera o a los fenómenos climáticos.

Según la leyenda, el Licancabur estaría casado con Kimal, una cumbre ubicada en la cordillera de Domeyko. La unión entre estas dos cumbres queda de manifiesto en el solsticio de invierno, durante el cual la sombra de uno cubre la del otro al salir y ponerse el Sol.

En estos cerros sagrados se albergaba una arquitectura ceremonial compuesta por diversas estructuras fabricadas en muros de piedra, como plataformas y habitaciones, las cuales estaban al servicio de los ritos realizados para rendir el culto. En el Licancabur, las descripciones de la presencia de arquitectura fueron reportadas desde fines del siglo XIX. Uno de los conocidos exploradores del volcán fue el sacerdote jesuita de origen belga R.P. Gustavo Le Paige, una notable figura del rescate histórico, pues él fundó, en San Pedro de Atacama, uno de los principales museos arqueológicos en Chile donde se conservan las colecciones arqueológicas del Desierto de Atacama.

En sus expediciones, Le Paige describió las estructuras arquitectónicas inkaicas, cerámica inkaica y cerámica local, como también la presencia de fogones y rumas de leña tanto a los pies del volcán como en su cumbre⁴. Un equipo de arqueólogos en 1981 realizó el levantamiento arquitectónico de los principales sitios arqueológicos, describiendo más de 150 estructuras habitacionales y corrales a los pies del Licancabur (4.900 mts) y 20 estructuras en la cima (5.921 mts)⁵. En la región, no sólo el Licancabur presenta vestigios arqueológicos, también el San Pedro y San Pablo, Pili, Juriques, Sairecabur, Pular y Llullaillaco.



Texto: Valentina Figueroa / Ilustración: Margarita Valdés

⁴Ver Fuentes de Consulta Licancabur (Le Paige, 1978)

⁵Ver Fuentes de Consulta Licancabur (Reinhard & Baron, 1981)

VOLCÁN LASTARRIA

Una rareza mundial

El Complejo Volcánico Lastarria (CVL), está ubicado en la cordillera andina de la parte sureste de la Región de Antofagasta, en la frontera con Argentina. La distribución geográfica del CVL comprende una superficie aproximada de 12 km de largo y 10 km de ancho, destacando en una de sus zonas la presencia única de coladas de azufre, convirtiendo a este centro volcánico en un caso

excepcional dentro de la volcanología andina –y planetaria– tanto por su rareza como por la variedad de tamaño de las formaciones.

El CVL se establece sobre un conjunto de lavas que conforman diversos volcanes cónicos, denominados también estratovolcanes, identificándose de norte a sur como los volcanes Lastarria, Espolón y Negriales.

Con una altitud de 5.697 metros sobre el nivel del mar, el volcán Lastarria es la estructura más elevada del CVL, sobrepasando entre 500 a 1.000 metros la línea de cumbres del entorno. El Lastarria se caracteriza por la distribución de cinco cráteres anidados y alineados en dirección noroeste, y presenta baja erosión, lo que ha permitido que parte importante del volcán esté completamente preservado.

Además, la ubicación del CVL en un clima desértico y un viento predominante en dirección noroeste ha permitido el depósito de sales provenientes del salar Aguas Calientes, al pie del flanco norte del volcán, dando como resultado la distintiva coloración grisácea del terreno.

El Lastarria es el último que ha presentado actividad eruptiva dentro del CVL, aunque no existen registros de erupciones históricas y sólo se caracteriza por una intensa actividad fumarólica, que ha permitido el desarrollo de depósitos de azufre que posteriormente dieron origen a las coladas de azufre.

Las fumarolas activas del volcán Lastarria están en los bordes de los cráteres más jóvenes y sobre la ladera noroccidental. La existencia de estas fumarolas, así como las evidencias de actividad explosiva, sugieren la presencia de una fuente magmática bajo la superficie, posibilitando la generación de calor para la fusión y removilización de los depósitos de azufre, facilitando condiciones ideales para originar coladas de azufre de diversos tamaños. Las más grandes se relacionan con un estado de baja viscosidad y temperatura (113 a 160°C), alcanzando longitudes de más de 250 metros, mientras que las coladas más pequeñas, de escala centimétrica, se asocian con estados de mayor viscosidad y temperatura (>a 250°C).

Si bien los depósitos de azufre son comunes en la Tierra, las coladas de azufre como las del Lastarria son muy escasas y extrañas en volcanes terrestres.



*Texto: Nicolás Esteban Hernández Soto, Felipe Orlando Vera Sanhueza/
Fotografía: Guy Wenborne.*

Un negocio cuesta arriba

El volcán Lastarria tiene unas exóticas coladas de azufre que son únicas en el mundo. No obstante, sus depósitos –vistosos, abundantes, puros– prácticamente no han sido explotados por el hombre. El motivo por el que se mantienen intactos es el mismo que frenó el desarrollo de casi toda la industria azufrera nacional.

El azufre comenzó a explotarse en Chile hace casi dos siglos, y existieron numerosos yacimientos (más de 500 a comienzos del siglo XX, según un estudio de Santiago Machiavello⁶) que satisfacían la demanda de las industrias agrícola, minera y farmacéutica, principalmente. Gracias a su entorno volcánico, nuestro país tiene muchos y generosos depósitos de azufre asociados a la cordillera andina, pero pese a esta bonanza, la producción de azufre se paralizó casi por completo en Chile a fines del siglo pasado, debido a que las condiciones de explotación en el país versus las demandas del mercado y los avances tecnológicos lo hacían muy poco rentable. Su explotación no era sostenible principalmente por el emplazamiento de los recursos, alojados en las altas cumbres volcánicas.

En 1969, el dueño de la azufrera Mc-Arthur, en el volcán Lastarria, encargó un estudio para analizar la viabilidad de explotar el elemento en la zona. Según declaran en su informe, los encargados de explorar el área tuvieron que superar tres importantes dificultades para llevar a cabo la tarea, dos de las cuales son representativas también de la situación en muchos otros prometedoros yacimientos dentro del país: mal tiempo en la zona cordillerana (nevazones) y que gran parte del trayecto hasta la cima había que hacerlo en mula (en otros sitios nortinos se optaba por la llama para el acarreo). El tercer traspí fue más bien representativo de la idiosincrasia nacional, o lo que muchos conocen como “la mala suerte del chileno”: el jeep con el que contaban estaba en pésimas condiciones mecánicas.

Actualmente y dadas sus características geológicas extraordinarias, algunos expertos buscan proteger al Lastarria como un patrimonio geológico de excepción.

Texto: Sofía Otero / Ilustración: Sol Undurraga



⁶ Ver Bibliografía Seleccionada Lastarria (Macchiavello, 2010)



RAPA NUI

La isla Volcánica

Rapa Nui es una isla de forma triangular, donde cada uno de sus vértices está coronado por un volcán: Rano Kau, Poike y Mauga Terevaka. Estos tres volcanes dieron origen a la isla, de aproximadamente 166 km², y actualmente están inactivos, lo que significa que no han dado muestra de actividad en miles de años.

Pero estos volcanes no siempre estuvieron dormidos. Hace millones de años, debido a la actividad del *hot spot* que está localizado bajo la isla, se formaron dos de estos grandes volcanes de Rapa Nui: Rano Kau y Poike. Luego, en una nueva actividad del *hot spot* se formó el tercer gran volcán de la isla: Mauga Terevaka. Entre 2 millones y 100 mil años atrás, los volcanes entraron en actividad con erupciones de lava, durante las cuales liberaron material que fue formando diversas islas sobre el océano. De hecho, el volcán Poike solía ser una isla aparte hasta que las lavas del Terevaka la unieron a la isla principal formando lo que hoy es el cuerpo principal de la isla. Pero ¿cómo aparecieron estos volcanes en medio del Océano Pacífico? Saber más sobre la tectónica de placas nos puede arrojar una respuesta.

A fines de 1960, los científicos acordaron que toda la superficie del planeta (litósfera) se dividía en un pequeño número de fragmentos: las placas. Estas placas se mueven lentamente entre ellas, donde la interacción de sus bordes puede ser de tipo convergente, de subducción (como es en el caso del borde chileno), transformantes o divergentes, lo cual genera las dorsales oceánicas o cordilleras submarinas. En el caso de Rapa Nui, su formación se debe a la actividad de la Dorsal Oceánica del Pacífico Oriental, donde divergen la Placa de Nazca y la Placa del Pacífico. Esta dorsal se forma por un ascenso de magma generados en el manto de la Tierra. Este ascenso produce un abombamiento en la corteza oceánica que termina por romperla, generando una fisura de miles de kilómetros de longitud en sentido surnorte que divide el fondo oceánico en estas dos placas (Nazca y del Pacífico). Al llegar el magma a la superficie, se enfría y solidifica creando permanentemente una nueva corteza a ambos lados de la dorsal, lo cual produce la separación de ambas placas. El abombamiento o elevación de la corteza es lo que le da la forma de montes o cordilleras submarinas a la dorsal con una alta actividad volcánica y, por ende, un alto gradiente geotérmico. Estas cordilleras submarinas pueden aflorar sobre la superficie del océano, permitiendo el desarrollo de islas o archipiélagos volcánicos. De esta forma, se podría explicar el origen (aún discutido científicamente) de Rapa Nui.

Como la isla está emplazada en la Placa de Nazca, avanza lentamente en dirección este, hacia el Continente Sudamericano a una razón aproximada de 14 centímetros al año.

Texto: Camila Novoa y Alexandra Quiroga / Fotografía: Guy Wenborne.

Taller de moais

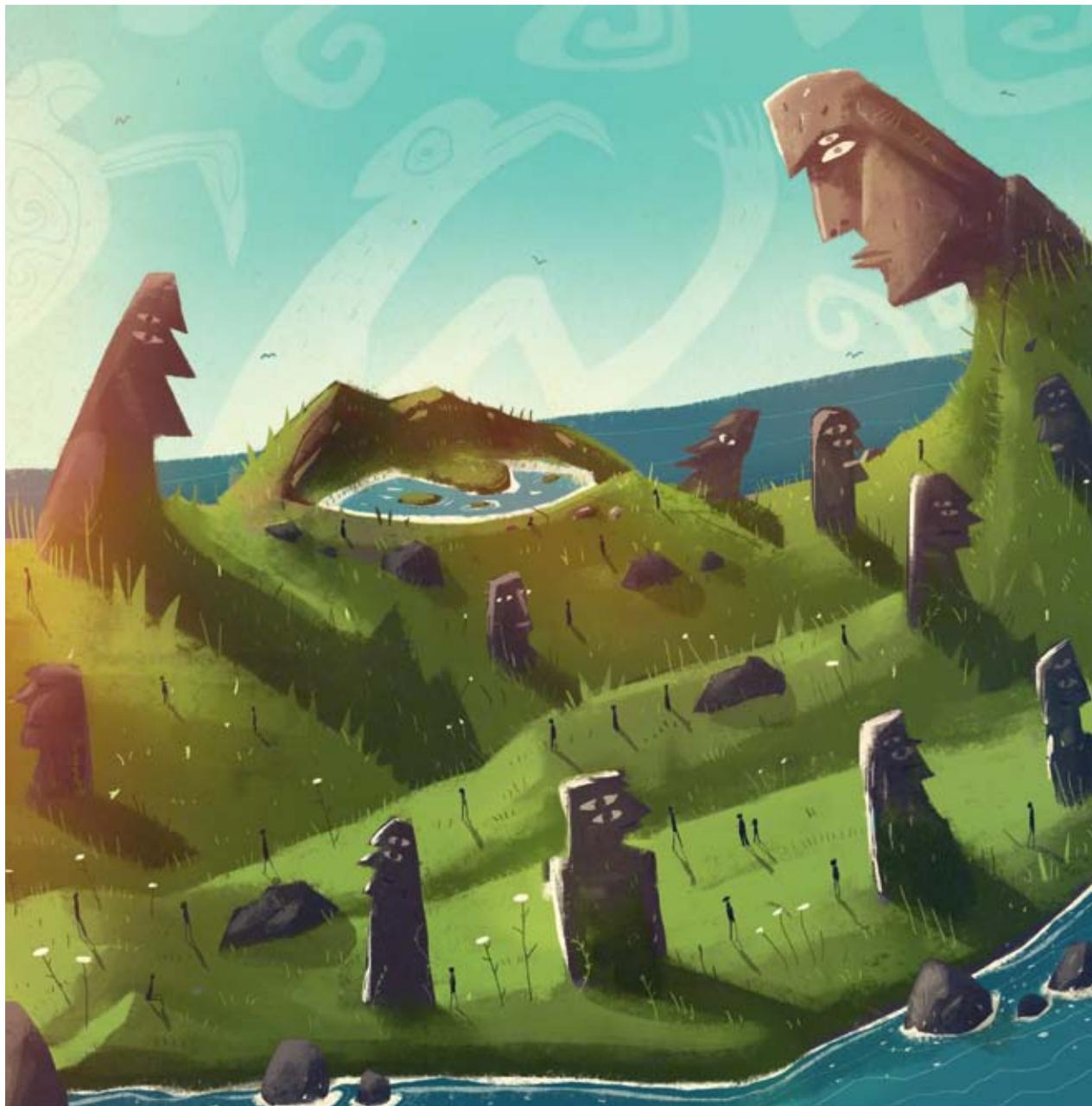
¿Te imaginas cambiarle la cara al cráter de un volcán a puros golpes? Año, tras año, siglo tras siglo, piedra contra piedra; los escultores de *moais* en Rapa Nui fueron modificando el borde del cráter Rano Raraku, que durante unos 400 años (entre 1.200 y 1.600 a.C.) sirvió de cantera para extraer la roca desde donde

se tallaron casi todos las estatuas de piedra de la isla. Los *moais* representaban a antepasados y eran capaces de proyectar su maná o fuerza espiritual sobre sus descendientes. Unos 1.000 *moais* fueron modelados en Rano Raraku en toba volcánica, un tipo de roca porosa que se forma por la acumulación de cenizas. Al ser moldeable, la toba se daba bien para esculpirla, proceso que se realizaba con herramientas hechas de otro tipo de roca más duras y afiladas, basalto y obsidiana, todas ellas volcánicas.

Durante siglos, las faldas y el interior de Rano Raraku se fueron llenando de vetas desde donde se tallaban directamente los *moais* que luego se desprenderían casi terminados. Desde el cráter se daba forma a las figuras de los ancestros, desde el cráter, de alguna forma, se hacía renacer a los muertos. Las colosales estatuas de entre uno y diez metros de altura en promedio y más de 80 toneladas (el más grande yace acostado y aún adherido a la roca madre, con 21 metros de largo y casi 200 toneladas), se levantaban con la ayuda de cuerdas y los "hacían caminar" con ayuda de troncos (o quizás no...) hasta los *ahu*, que son plataformas ceremoniales de piedra sobre las cuales los *moais* ejecutan su eterna pose. En verdad, sabemos que casi todos los *moais* de la isla se esculpieron en Rano Raraku y que se trasladaron hasta los *ahu* que estaban lejos, hasta 18 kilómetros de distancia, sin ayuda de ruedas ni animales, pero cómo lo hicieron exactamente es un misterio y un debate constante entre los estudiosos del pasado Rapa Nui. Además, en una parte de este proceso, algunos *moais* también fueron decorados con *pukaos* (moños) cilindros tallados en escoria volcánica de color rojizo que se fabricaban en otra cantera, Puna Pau (a 12 kilómetros de Rano Raraku) y que también debían ser trasladados hasta los *ahu* para luego colocarse sobre la cabeza de los *moais*.

Quien visite Rapa Nui atraído por los secretos de sus gigantes de piedra se sentirá más que recompensado con la vista que ofrece Rano Raraku. Su pasado como taller de *moais* no solo está avalado por las diversas cuevas que los artistas fueron creando al esculpir y separar las estatuas de las pendientes del cráter, sino principalmente por los 397 *moais* en diversos estados de modelado que yacen acostados o semi enterrados y erguidos en sus laderas, como gigantes a la deriva en un ondulante mar de hierba, protagonistas de una escena petrificada en el tiempo.

Texto: Sofía Otero / Ilustración: Sergio Lantadilla



CAJÓN DEL MAIPO

Una muestra de todo lo que puede albergar la Cordillera de Los Andes

El Cajón del Maipo es un valle fluvial, construido por la sucesiva erosión de roca del río Maipo y sus afluentes. Desde su inicio en Las Vizcachas, hasta su término a los pies del volcán San José, está compuesto por unos 70 kilómetros de camino zigzagante donde se puede observar la geología, flora y fauna típica de la Cordillera de Los Andes.

En un recorrido hacia el este por el Cajón podemos observar distintos eventos geológicos que, de manera sucesiva y repetida en distintos lugares, han formado la Cordillera de Los Andes. En el inicio del recorrido, antes de entrar al Cajón del Maipo se encuentra la falla San Ramón que levanta la cordillera sobre el plano donde está la ciudad de Santiago. En el tramo inicial del Cajón del Maipo la cordillera está conformada por rocas volcánicas de 20-30 millones de años que se encuentran ligeramente deformadas, por la compresión que ejerce la Placa de Nazca que subduce bajo la Placa Sudamericana. Y en un recorrido por el Cajón, se puede ver cómo las capas de rocas afloran en distintas posiciones, desde una colocación horizontal (San Gabriel) hasta levantarse de forma casi vertical (Baños Morales) por efectos de la compresión y alzamiento de la cordille-



ra. Además, en ellas podemos encontrar fósiles marinos que nos indican que las rocas que los contienen se formaron en un fondo oceánico hace aproximadamente 160 millones de años. Finalmente, podemos ver los volcanes activos actuales (San José y Tupungatito) que tienen asociados una serie de fuentes termales, que nos indican que bajo la superficie existe una fuente de calor activa que transfiere su calor a las aguas subterráneas.

Si bien en la Cordillera de Los Andes el volcanismo es habitual, existen tramos extensos donde no existe volcanismo activo. Justo al norte de los volcanes Tupungatito y San José el volcanismo activo desaparece, hasta Copiapó, por un cambio en la configuración de subducción de la Placa Nazca bajo la Placa Sudamericana.

En el Cajón del Maipo existen dos fuentes termales en torno a las cuales se ha desarrollado mucho turismo: Baños Colina y Baños Morales.

Estas fuentes termales son sólo la expresión superficial de lo que puede haber más abajo. La geotermia consiste en la interacción de una fuente de calor (cámaras magmáticas que alimentan los volcanes), con agua subterránea que se infiltra por zonas de falla, para provocar movimientos continuos de fluidos que se introduce en las rocas, para calentarse por la fuente de calor y luego volver a la superficie.

Texto: Mauricio Muñoz / Fotografía: Pablo Valenzuela

La fortuna y la ruina de las minas de plata

Las minas de San Pedro Nolasco se encuentran cruzando el río Maipo, frente al cerro San Gabriel y a 3000 msnm y fueron los primeros depósitos de plata que explotaron los españoles en Chile. La gran cantidad de mano de obra empleada en su explotación tuvo como consecuencia la fundación de la Villa Alta, actual San José de Maipo.

La historia de estas minas fluctuó entre dos extremos: que eran muy ricas y que eran una ruina. Los yacimientos tenían plata y durante bastante tiempo fueron los únicos depósitos de este mineral conocidos en Chile, pero las condiciones extremas de su explotación y su difícil acceso las hicieron terreno fértil para visiones contrapuestas sobre su potencial.

Descubiertas a finales de siglo XVII, es en el siglo XIX que su fama sufre diversas fortunas. Para entender esto, es necesario tener en cuenta que desde el siglo XVI, y durante la Colonia, Chile no fue mucho más que “el otro Perú”; es decir, la posibilidad utópica de reproducir “más al sur” las riquezas expoliadas a los incas.

La polémica respecto a su valor económico comenzó temprano en el siglo XVIII. Mientras el franciscano Soto Aguilar escribía en 1713 al Rey de España describiendo su riqueza, en 1717 el gobernador José de Santiago desestimaba la importancia del mineral. Sólo unos años más tarde, el naturalista Tadeo Haenke alababa el mineral de San Pedro de Nolasco, comparándolo con lo extraído de “las del Perú”, a la vez que describe las precarias condiciones de los mineros. La posibilidad de convertirse en un segundo Perú constituye un imaginario poderoso, y en 1803 Juan Egaña –al catastrar la minería colonial– las denomina “el Potosí de Chile”.

La gestación del mito de su riqueza contrasta con las precarias condiciones de trabajo. En 1826, el ingeniero inglés F.B. Head describe un lamentable espectáculo: galerías abandonadas, abundantes cruces fúnebres y unos pocos “mineros, cuyo triste y macilento semblante estaba en perfecta armonía con la escena” (1827:149). Imposibilitados de bajar a la ciudad por la nieve, durante el invierno los mineros quedaban encerrados. Charles Darwin, quien recorrió la zona en 1835, también recuerda las percepciones de su compatriota en su diario.

Sólo en 1875 se realiza la primera expedición científica a las minas, encabezada por el padre de la Física Nacional, Luis Zegers, quien vuelve a relatar la rudeza de las condiciones laborales y evalúa técnicamente el mineral. Describe los principales minerales presentes y constata la dificultad para determinar la ley de la plata y el cobre, hechos que a su juicio complican la extracción, clasificación y refinamiento.

Ya en 1882, el Intendente Vicuña Mackenna, afirma que la escasez técnica “han convertido a San Pedro Nolasco en una ruina”. Para él, la idea del Potosí de Chile “no era sino la verificación del refrán castellano del pan y las tortas, porque no solo no había entonces mejor sino que no había otro”. En su figura, la historia cumple su función desmitificadora, enterrando, quizás para siempre, la potencial riqueza del Cajón del Maipo.

Actualmente, la ubicación exacta de estas minas es desconocida, pero varios estudiosos y amantes de la geología realizan esfuerzos para encontrarlas, dar a conocer su historia y ponerlas nuevamente en valor apostando a un nuevo giro en su cambiante historia.



Texto: Daniel Egaña y José Benado / Ilustración: Alfredo Cáceres

ARCHIPIÉLAGO JUAN FERNÁNDEZ

Montañas bajo el mar

Si quitáramos todo el océano que rodea al archipiélago Juan Fernández, nos encontraríamos con que este grupo de islas es un cordón montañoso y que sus cúspides son las que sobresalen en la superficie marina. Uno de los principales rasgos observables en el fondo del mar son las dorsales oceánicas, cordones montañosos submarinos que se forman sobre una placa tectónica oceánica. Las dorsales oceánicas alcanzan miles de metros de altura y hasta miles de kilómetros de longitud.

La dorsal oceánica de Juan Fernández está a 667 km frente a las costas de Valparaíso, en la V Región. Es una dorsal formada

sobre la Placa Tectónica de Nazca, que tiene dirección aproximadamente esteoeste, paralela a la costa de Chile. Sus mayores elevaciones, que junto a algunos islotes menores son las únicas que sobresalen del nivel del mar, corresponden al archipiélago de Juan Fernández, compuesto por tres islas principales: Robinson Crusoe (denominada también Masatierra), Alejandro Selkirk (Masafuera) y Santa Clara. En conjunto, las tres islas tienen una superficie de 99,66 km². Alineados con ellas, existen además al menos siete montes submarinos como el O'Higgins, Guyot O'Higgins, Alpha, Beta, Gamma, Friday y Domingo, que pueden alcanzar hasta 3500 m de altura (Guyot O'Higgins).

Estas islas de origen volcánico fueron formadas por el movimiento hacia el este de la Placa de Nazca sobre el hot spot de Juan Fernández. Dataciones efectuadas en lavas de estos tres volcanes indican que sus edades varían entre 1 y 6 millones de años (Ma) aproximadamente, siendo la más joven la isla Alejandro Selkirk de 1 a 2 Ma aproximadamente, seguida en edad por Robinson Crusoe de 4 Ma, y la pequeña isla Santa Clara de alrededor de 5.8 Ma.

El magma que originó este archipiélago proviene directamente desde el manto, que es la capa de la Tierra que está ubicada entre la corteza y el núcleo terrestre, sin "contaminación" con productos de la corteza. Esto hace que esta zona sea geológicamente muy interesante, pues su estudio podría entregar información sobre la composición química y mineralógica del manto terrestre.

Actualmente, la dorsal de Juan Fernández se está deslizando por debajo de la Placa Continental Sudamericana a la altura de las costas de la V Región. Esto es algo relativamente nuevo, porque antes, hace unos 14 Ma, este mismo movimiento se producía mucho más al norte, a la altura del Norte Chico de Chile (27°-32°S). Se cree que este cambio en la zona de desplazamiento ha producido alteraciones en el continente, como por ejemplo una desaparición de la actividad volcánica entre estas latitudes.



Paraíso de aventureros

Había una vez un marinero, Alexander Selkirk, que fue castigado por su capitán y abandonado a su suerte en un solitario archipiélago del Pacífico, conocido hoy como Juan Fernández. Allí sobrevivió cuatro años y cuatro meses hasta su rescate. Las aventuras de Selkirk inspiraron al escritor Daniel Defoe para crear su novela "Robinson Crusoe". El relato puso al archipiélago en el mapa de muchos aventureros para quienes el abrupto paisaje de estas islas superaba la ficción. Un archipiélago formado desde las entrañas mismas de la Tierra (ver página 18) ciertamente tiene una impronta con carácter. A continuación, un relato de John Ross Browne de su libro "Las islas de Crusoe: divagando en los pasos de Alexander Selkirk, con bocetos de aventura en California y Washoe" (1864), sobre su impresión al acercarse a este archipiélago:

"Nunca olvidaré la extraña alegría con que la que contemplé esa romántica isla; el sincero éxtasis que sentí en la anticipación de la exploración de ese mundo miniatura en el desierto de las aguas, tan cargada de los más felices recuerdos de juventud; tan alejado de todas las realidades ordinarias de la vida; la encarnación real del más absorbente, más fascinante de todos los sueños de fantasía. Había visto muchas tierras extrañas; muchas islas dispersas en el amplio océano, ricas y maravillosas en su belleza romántica; muchas quebradas de belleza utópica; altas montañas, raras e impresionantes en su sublimidad; pero nada que igualara esto en su variedad de contornos y la riqueza indefinible de colores; nada tan onírico, envuelto en la ilusión, tan extraño y absorbente en su novedad. Grandes cimas de roca rojiza parecían atravesar el cielo donde miraba; mil crestas escarpadas barridas hacia lo alto, hacia el centro de un laberinto perfecto de encanto. Todo era salvaje, fascinante e irreal. (...) Abruptas paredes de roca se elevaban desde el agua hasta la altura de mil pies. Las olas se partían en una línea blanca de espuma a lo largo de las orillas de la bahía, y el oleaje flotaba en el aire como la voz de una catarata lejana. (...) En toda la costa, había un solo lugar, una sola abertura entre las rocas que parecía accesible al hombre. El resto de la costa a la vista consistía en pavorosos acantilados que dominaban las aguas, sus crestas se inclinaban a medida que se alejaban hacia el interior, formando una variedad de pequeños valles superiores, que se iban diversificando extrañamente con maderas y hierbas, y los campos de oro de la alocada avena. Cerca de la orilla estaba la oscura roca cubierta de musgo, eternamente húmeda con el brillante rocío del océano, y por encima de ella, agrietada por innumerables fisuras provocadas por terremotos de tiempos pasados, la tierra quemada de color rojizo; (...) nada en toda la isla y sus costas, a medida que el sol se levantaba y se deshacía de la niebla, parecía sino sufrir un cambio radical en algo rico y extraño".



Texto: Sofía Otero / Ilustración: Leonardo Beltrán

TERMAS DEL FLACO



Aguas hipertermales y dinosaurios

En la VI Región de O'Higgins las fuentes termales se encuentran asociadas espacialmente al arco volcánico de la Zona Volcánica Sur, que comprende todos los volcanes andinos existentes en los 33°-46°S, y a fallas geológicas relacionadas al alzamiento de la Cordillera de Los Andes.

Unas de las fuentes termales más reconocidas en esta región son las Termas o Baños del Flaco, ubicadas en plena Cordillera de Los Andes junto al río Tinguiririca. Estas aguas termales han sido clasificadas como manantiales calientes debido a su temperatura superior a 75°C. Su pH es de 6,7 –lo que las hace levemente ácidas– y su composición química está caracterizada por la presencia de cloro, sodio, calcio, litio, sulfato y ácido carbónico, entre otros. Estas surgencias de agua caliente corren prácticamente bordeando la cordillera como un riachuelo que se apoza en varias piscinas naturales y artificiales, y pozones de barro al aire libre.

Las Termas del Flaco también son famosas por la presencia de huellas de dinosaurios del orden saurópoda. Los saurópodos fueron dinosaurios cuadrúpedos de gran tamaño caracterizados por tener un cuello largo y flexible, y una cabeza pequeña. Poseían patas gruesas y una cola larga y fuerte. Sus huellas son visibles en la parte alta de la ladera de un cerro a 600 metros hacia el este de las termas. Cerca de estas huellas se observa además un afloramiento de un estrato de paleo-arrecife de coral.

Estudios recientes han permitido determinar que estos dinosaurios habitaron el sector durante el Jurásico Superior, hace más de 130 millones de años, en un ambiente que correspondía a la ribera de una laguna costera en un clima tropical a subtropical cuando esta región se ubicaba alrededor de los 45°S.

Posteriormente, la caída de una capa de material piroclástico, producto de las erupciones que afectaban la zona que hoy conocemos como la Cordillera de la Costa, sepultó estas pisadas permitiendo su conservación.

La localidad fosilífera Termas del Flaco, fue declarada Monumento Paleontológico Nacional mediante el Decreto Supremo N°4866 del 13 de julio de 1967.

Texto y Fotografía: Valentina Flores Aqueveque.

Sanación de alta montaña

Hace menos de un siglo, la tuberculosis mataba como ninguna otra enfermedad en Chile. A fines del siglo XIX era el padecimiento más mortal, y durante la primera mitad del XX aún era una amenaza. Muchísimos chilenos vivían hacinados, con mala alimentación y poca higiene, facilitando el contagio de una enfermedad que requería mucha paciencia para sobrellevarla. Un tuberculoso necesitaba mínimo un año de reclusión, en una época sin antibióticos y sin seguridad social ni licencias médicas. Sin ingresos, los enfermos tendían a volver rápidamente al trabajo, aumentando el contagio.

Cuando la tos, la fiebre y la sudoración atacaban, la forma más viable de recuperarse era en un sanatorio. En Chile había varios, pero hubo uno que, en muchos sentidos, se escapó a la norma. Casi abrazado a la Cordillera de Los Andes, y custodiado por un potente flujo de aguas termales y el río Tinguiririca, el Sanatorio Vegas del Flaco fue el único del país que buscó incorporar el uso de termas en el tratamiento de la tuberculosis. Emplazado a 1.730 metros sobre el nivel del mar –cosa rara cuando la norma internacional rondaba los 1.000 m– el sanatorio de cinco pisos y con capacidad para 400 camas se levantó al final de un sinuoso camino cordillerano de tierra –solo transitable en verano incluso hoy– a 80 km de San Fernando. Si el objetivo era que los pacientes no se escaparan, la idea no sonaba mal, pero en verdad, la locación era poco favorable: lejos, alto, y en definitiva, carísimo de mantener. Las autoridades cayeron en cuenta de esto al

noveno año de iniciadas las construcciones que jamás concluyeron: la obra gruesa costó casi el doble del presupuesto inicial y jamás atendió un enfermo.

Hoy el sanatorio está abandonado, a un costado del complejo turístico Termas del Flaco. Sus muros se mimetizaron con el paredón cordillerano; plumas de vapor termal se entrelazan frente a la fachada creando una cortina sobre un edificio que lleva la firma de uno de los arquitectos más emblemáticos de Chile, Luciano Kulczewski (autor del acceso al funicular y el colegio de arquitectos, entre otras). Kulczewski, que trabajó estilos que iban desde el neo-gótico al Art Nouveau, dirigía en esa época la Caja del Seguro Obrero, institución que se había adjudicado el goce del terreno de las termas en 1939, año en que se iniciaron las obras del Sanatorio Vegas del Flaco por iniciativa del presidente Pedro Aguirre Cerda, quien dos años después moriría víctima de la tuberculosis.

La historia popular justifica el abandono de la construcción por el descubrimiento de la penicilina. Sin embargo, otros sanatorios en Chile siguieron funcionando hasta fines de la década de 1940 y el uso de antibióticos se sistematizó en nuestro país recién entre los '50 y '60, por lo que la orden de abandonar no debería, quizás, atribuirse tanto a la famosa inyección como a que a algunas autoridades de la época se le fueron los vapores a la cabeza.

Texto: Sofía Otero / Ilustración: Tite Calvo*



**Agradecemos a Marcelo López Campillay, Profesor de Historia de la Salud (Programa de Estudios Médicos Humanísticos, Facultad de Medicina, PUC), por compartir sus fuentes de información para la realización de este texto.*

VOLCÁN VILLARRICA

Volcán modelo

Una laguna de lava, forma de cono casi perfecta y un casquete de hielo permanente son tres características que hacen del Villarrica uno de los volcanes más atractivos de Chile. Ubicado en el límite entre la IX y X regiones, aproximadamente a 15 km de Pucón, este estratovolcán mide 2.847 metros sobre el nivel del mar.

Si bien casi siempre imaginamos que los volcanes tienen forma de cono muy definida, por lo general esto no es así, el Villarrica es una excepción, lo que lo ha convertido en un ícono que se puede identificar hasta a 100 km a la redonda. Villarrica, Pucón, Lican Ray y Coñaripe son ciudades que se benefician de su belleza y se han convertido en polos turísticos en parte gracias al paisaje que dibuja este volcán en el horizonte.

El Villarrica tiene un cráter abierto en su cima de 200 m de diámetro (más o menos equivalente a 2 canchas de fútbol), donde se puede observar un lago de lava, con una fumarola permanente y actividad explosiva débil y constante, que se aprecia como diminutas explosiones de lava a lo lejos, visibles especialmente de noche ya que la oscuridad permite distinguir la lava reflejada en el cráter, y la fumarola anaranjada. Este lago de lava tiene un diámetro entre 30 a 50 m, y se encuentra entre los 50 a 100 metros de profundidad del cráter (pues su nivel sube y baja). Además, el volcán está cubierto por un glaciar de 30 km², que constituye un factor de riesgo debido a que, en caso de una erupción, los productos de ésta en conjunto con los glaciares dan paso a la creación de los amenazantes lahares: flujos de lodo que se deslizan con rapidez por valles hacia los lugares de menor pendiente, generalmente zonas pobladas, donde debido a su carga de cenizas, rocas, y escoria volcánica, arrasan con todo lo que esté a su paso. En el caso del volcán Villarrica, estos



flujos se producen debido al derretimiento del glaciar que cubre al volcán, y según datos históricos cerca de un centenar de personas han perdido la vida producto de estos eventos.

En Sudamérica el volcán Villarrica es considerado uno de los volcanes más activos, su actividad habría comenzado hace 100.000 años, aunque registrada sólo desde la fundación de la ciudad de Villarrica en 1552. Desde esa fecha se han reportado al menos 49 erupciones de importancia, de las cuales cinco han ocurrido en el último siglo, siendo particularmente críticos los eventos

de los años 1948, 1963, 1971 y 1984, que generaron lahares y flujos piroclásticos. Estas erupciones se producen cuando el magma fundido asciende por una descompresión violenta de gases, lo que genera una gran columna de rocas y ceniza, la que puede colapsar por las laderas del volcán y formar flujos piroclásticos. Estos flujos pueden alcanzar velocidades de hasta 200 km/h, y temperaturas de 1.000 °C.

Texto: Matías Candía y Macarena Lopetegui / Fotografía: Felipe Cantillana

El Pillán, el brujo, sus hijas y sus amantes

Para el pueblo mapuche, los volcanes son hogar de pillanes, espíritus que encarnan las almas de grandes antepasados y que controlan algunos de los extraordinarios arranques de la naturaleza. En las zonas cordilleranas se le atribuía al Pillán el manejo de fenómenos asociados al fuego y la luz, como erupciones volcánicas, rayos y relámpagos. De todos los volcanes del sur de Chile, el Villarrica lleva un nombre que lo vincula directamente a la morada de estos seres, pues en mapudungún se le conoce como *Rucapillán* (casa del espíritu).

Si bien el poder del Pillán suele asociarse a desastres naturales, su fuerza puede manifestarse también de forma benévola. Una muestra de su generosidad se encuentra en la historia que cuenta cómo un Pillán ayudó a unos hermanos a superar las pruebas que un brujo les puso como requisito para casarse con sus hijas.

El brujo tenía dos hijas que eran zorras y un hijo que era tigre. Dos hermanos quisieron casarse con sus hijas, pero al no tener una dote que entregar, el brujo las prometió en matrimonio a cambio de que los jóvenes cortaran un roble con un hacha de palo y cazaran un toro como humanos con sus propias manos. Los hermanos aceptaron, y luego rogaron, rogaron y rogaron al Pillán: "envíanos tu hacha de hierro". El hacha bajó de la cordillera y de tan solo un golpe los enamorados derribaron el árbol. El brujo estaba furioso.

Cuando los jóvenes salieron en busca del toro rogaron: "Envíanos tu lazo, Pillán". Bajó el lazo, con el cuál atraparon al toro para luego decapitarlo con el hacha. El brujo estaba rabioso e igual entregó a sus hijas en matrimonio, pero tras ellas, envió al tigre para recuperarlas o matarlas si no querían volver. Y así sucedió, que los maridos encontraron a sus mujeres asesinadas. La furia de los hombres fue tan enorme, que opacaron la luz por años. Vinieron todos los animales a pedir por el fin de la oscuridad, ofreciendo a ovejas, golondrinas y guanacas por esposas como consuelo, pero a nadie más querían los hermanos que a sus difuntas zorras. Así que de la pena hicieron acción, y salieron a vengar a sus enamoradas con la poderosa hacha del Pillán, primero fueron tras el tigre, luego tras el padre, y con su sangre derramada, revivieron a sus mujeres.

Violenta y apasionada, esta historia grafica cómo el Pillán puede manifestarse en auxilio de los hombres. Pero el socorro del Pillán se debe recompensar. Generalmente, unas hojas de canelo en el cráter bastan para apaciguar su espíritu, otras, el Pillán ha demandado un sacrificio humano. Pero dicen también que en particular en el *Rucapillán* (o Villarrica) es bueno derramar un poco de alcohol para rendirle tributo al Pillán que allí habita. Y mejor una copa que el corazón de una virgen ¿O no?



Texto: Sofía Otero / Ilustración: Sol Díaz

ZONA DE FALLA LIQUIÑE-OFQUI

Compositora de paisajes abruptos

En el sur de Chile se encuentra la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui (ZFLO), un largo conjunto de fallas relacionadas de alrededor de 1.000 kilómetros de longitud y varias decenas de kilómetros de profundidad. Está ubicada en la parte más austral de la Cordillera de Los Andes entre el sector del Alto Biobío y el Golfo de Penas. En esta falla los bloques se desplazan a lo largo de un plano nortesur moviéndose en el sentido de las agujas del reloj.

La ZFLO se formó por la presión oblicua que ejerce la Placa de Nazca al deslizarse bajo la Placa Sudamericana. Algunos estudios dicen que estaría activa desde hace al menos 6 millones de años. Se desconoce su geometría en profundidad, sin embargo, se piensa que corresponde a una estructura vertical, ubicada bajo el arco volcánico que se inclina lentamente haciéndose casi horizontal en profundidad.

La presencia de esta zona de falla ejerce un importante control sobre el paisaje del sur de Chile: ríos, lagos, fiordos, manifestaciones termales y volcanes se encuentran asociados a su existencia ya que al ser una zona más débil de la corteza cada uno de sus movimientos deja su marca en la superficie.

Una de las características más notables es la presencia de unos 21 volcanes cuaternarios de la Zona Volcánica Sur alineados paralelamente a la ZFLO. Entre ellos destaca el Villarrica, Lonquimay, Llaima, Calbuco, Puyehue-Cordón Caulle, Osorno, Chaitén y Hudson. Recientemente se ha observado actividad volcánica asociada a algunos de éstos, como la erupción del Llaima y Chaitén el 2008 y Puyehue-Cordón Caulle el 2011.

La actividad de esta falla se evidencia además porque allí existen varias fuentes termales: las termas de Chihuido, Liquiñe, Río Florín, Cerrillos, San Luis, Trifupán y Palguín, con temperaturas que oscilan entre los 82°C y los 35°C.

¡Y eso no es todo! El dinamismo a lo largo de esta zona también produce sismicidad, como el sismo registrado en el Alto Biobío el 31 de diciembre de 2006 de magnitud local 5,7 grados, y el terremoto de Aysén el 21 de abril de 2007 de magnitud de 6,2 (escala de Richter). Este terremoto produjo un maremoto con olas de hasta 5 metros de altura y es el primer sismo históricamente registrado asociado a la ZFLO a esa latitud.

Todo esto indica la importancia de estudiar más la zona a fin de analizar la ocurrencia de eventos que puedan afectar directamente a la población y establecer planes de acción que ayuden a mitigar sus efectos.



La gran sacudida universal

Hace mucho, mucho tiempo, el mar y las montañas se enfrentaron en una feroz batalla. Transformadas en dos serpientes colosales, el agua y la tierra midieron sus fuerzas en un combate brutal que cambió la forma de la superficie terrestre como hasta entonces la conocía el pueblo mapuche.

Tren Tren, la culebra de la tierra alta y encorvada, ya lo había advertido: *Kai Kai*, la serpiente del océano haría salir el mar hundiendo ferozmente las costas y más allá. Solo se librarían de este fatal destino quienes se montaran sobre la cima de *Tren Tren*.

Pero haría falta más que eso para salvar a la humanidad...

El mundo estaba en calma, cuando de pronto un chillido atronador y afilado quebró la paz del horizonte.

–“*Kai Kai*”– rugió la culebra marina con su aliento de sal y espuma, haciendo que el océano montado en su sinuoso espinazo creciera, se levantara y ahogara a la tierra, su gente y sus rucas.

Hombres, mujeres y niños enrollados entre las olas se transformaron en peces, toninas y ballenas. Solo unos pocos lograron escapar del agua que masticaba sus talones y se cerraba por encima de sus cabezas como una gigantesca bóveda de mar. Los sobrevivientes lograron alcanzar las lomas de *Tren Tren*, quien respondió al grito de *Kai Kai* con un seco alarido de piedra que agrietó la tierra e hizo encorvar su espalda y subir los cerros. Tan alto subieron, que las cabezas de quienes habían logrado salvarse de la marea eran ahora abrasadas salvajemente por el fuego del sol. No mucho más abajo de sus pies, *Kai Kai* se arremolinaba y cobraba nuevas fuerzas, y a cada grito “*Kai Kai*” el agua crecía, a lo que *Tren Tren* reaccionaba haciendo temblar la tierra, levantándola y partiéndola aún más. Sofocadas por el calor, las mujeres cubrieron sus cabezas con cántaros llenos de agua, mientras que varios de los hombres perdieron la cabellera chamuscadas por los rayos que los azotaban como latigazos.

La tragedia no hacía más que crecer. Los temblores de agua y de tierra sacudían a los pocos sobrevivientes encaramados en los cerros, varios estaban muriendo ahogados por el calor. Los terremotos se sucedían uno tras otro, como los pálpitos de un corazón. *Kai Kai*, *Tren Tren*, *Kai Kai*, *Tren Tren*.

La tragedia era insostenible y los mapuches debían domar el caos antes de que la muerte ganara definitivamente sobre la vida. Y lo harían quietando la violencia de la naturaleza con el sacrificio de un niño, que ofrecieron en cuatro partes a las aguas de la mar, cuya sed se calmó por fin con la sangre ofrendada. Y así, el agua retrocedió y se acurrucó nuevamente en las playas, quedando en la tierra las marcas de una de las batallas más grandes jamás contadas entre el océano y las montañas en el sur de Chile.



Texto: Sofía Otero / Ilustración: Karina Cocq



VOLCÁN OSORNO

Fruto de la lucha de la naturaleza

El volcán Osorno pertenece al segmento sur de la cadena de volcanes activos de la Cordillera de Los Andes. Localmente, junto a los volcanes La Picada, Puntigudo y cordón Los Cenizos, integra un cordón volcánico de orientación noreste. En sus faldeos, los lagos Llanquihue, Rupanco y Todos Los Santos complementan un emblemático paisaje que es testimonio de la extensa y compleja historia de interacción entre glaciares y volcanismo en esta latitud, procesos que en el largo plazo, actúan como fuerzas antagónicas en la naturaleza.

Los glaciares, con su inmenso poder erosivo y su efectiva capacidad de transporte, labran amplios y profundos valles, pudiendo dismantelar montañas completas y allanar extensas superficies. En contraposición, el volcanismo, mediante consecutivas erupciones y la adición gradual de sus depósitos, es un proceso que provoca la formación de nuevas montañas. En este dinámico contexto natural, el volcán Osorno ha sufrido intensas transformaciones durante su historia, en momentos donde alguna de estas fuerzas ha conseguido imponerse, generando episodios de crecimiento o destrucción, o bien cuando éstas se han mantenido temporalmente en equilibrio.

Los vestigios de su primera etapa, iniciada hace unos 200 mil años, evidencian una época donde erupciones y glaciares coexistieron durante la construcción de un volcán inmerso en los campos de hielo de la penúltima glaciación, en cuya etapa cúlmine el volcán sufre una dramática erosión. Tras el sustancial retiro del hielo durante el período interglacial, se inicia un proceso de reconstrucción sobre su dismantelada estructura. El último período glacial no interrumpió completamente el desarrollo del volcán, aunque provocó una intensa erosión por el avance de los glaciares en valles y quebradas principales. Tras el último retiro glacial, iniciado hace 14 mil años en la región, los ríos y lagos adquieren su configuración actual, ocupando las grandes depresiones antes rellenas por el hielo. En el período postglacial, la ocurrencia de erupciones predominantes en el cráter central, de moderada a baja explosividad, le proporcionaron al volcán un notable y juvenil aspecto cónico, escasamente erosionado.

El volcán Osorno posee además numerosos cráteres secundarios ubicados en sus flancos, entre los que destacan aquellos originados por la erupción histórica del año 1835, en su flanco suroeste. Durante este evento, extensas coladas de lava alcanzaron las orillas del lago Llanquihue, además de generarse la fusión repentina de hielos y la ocurrencia de inmensos aludes que afectaron los poblados de Ensenada y Las Cascadas.

Hacia finales del siglo XIX aún se podía apreciar el interior de su cráter principal, con una débil emisión de gases bajo el hielo de la cumbre. Actualmente se encuentra totalmente cubierto por gruesos glaciares en su cima y flanco sur.

Texto: Gabriel Orozco / Fotografía: Felipe Cantillana

Pasión y hielo

Un Pillán es un espíritu de un gran antepasado. Todos los volcanes son residencias de algún Pillán. Cuando un cacique moría, ascendía y hacía de las montañas de fuego su morada. En el volcán Osorno vivía Hueñauca. La pasión de Hueñauca solía calmarse con una hoja de canelo, pero hubo un tiempo en que el canelo no bastó... Una pesada lengua de cenizas, roca y lava explotaba con furia sobre el volcán, ahuyentando a los mapuches que habitaban en sus laderas. *“La furia de Hueñauca sólo se va a calmar con un corazón”*, proclamó un anciano. Entonces la elegida fue Licarayén, la joven más bondadosa y bella de la comunidad, para quien este sacrificio era un honor.

“Si me permites un último deseo –dijo Licarayén a su padre– quisiera que mi amado Quitralpique me arranque el corazón. Él es el único que hasta ahora lo ha tocado”. Esa noche, Licarayén se recostó sobre un lecho de flores y Quitralpique alzó su lanza. La sangre de Licarayén y la lava del Osorno brotaban a borbotones, al igual que la pasión de Quitralpique, quien también atravesó su pecho para unirse al último suspiro de su amada. El metálico aroma de las venas abiertas y la roca fundida se dispersó entre la gente con el aleteo firme de un cóndor que bajó hasta la ceremonia para devorar el corazón de la joven. En sus patas aferró una rama de canelo y voló hasta la cumbre del Osorno, elevando el ruego del pueblo consigo, hasta depositar las hojas dentro del cráter. El paisaje inmediatamente se transformó: las columnas de ceniza dieron paso a frescas nubes que depositaron una calma nevazón que con silencio blanco fue aquietando la cólera de Hueñauca tras tantos y tantos días de nieve que se depositaron sobre la cumbre del Osorno hasta coronarlo.

Hoy, el Hueñauca aún vive dentro del volcán Osorno, su furia está dormida bajo el hielo y no sabemos cuándo despertará. Pero cada año, una vena viva de primavera florece en una quebrada del volcán, recordando el sacrificio y el amor perpetuo de los dos corazones que en aquella ceremonia se entrelazaron con la fuerza de un volcán.



Texto: Sofía Otero / Ilustración: Sebastián González

COMPLEJO VOLCÁNICO PALI AIKE

Paisaje de lava

Patagonia, naturaleza indómita, prístina e inigualable, acoge un paisaje particular que encanta a sus visitantes. Es aquí donde se emplaza, a campo abierto, el Complejo Volcánico Pali Aike (CVPA), en el que se mezclan espejos de agua, la estepa magallánica y formaciones rocosas comparables con la superficie lunar.

La denominación de complejo volcánico se debe a que está formado por un gran número de centros eruptivos, bien preservados, ubicados en la comuna de San Gregorio (Región de Magallanes y la Antártica Chilena), a 196 km al noreste de Punta Arenas en el límite fronterizo Chile-Argentina. Pali Aike comprende un área aproximada de 4.500 km² cubierta por flujos de lava y materiales volcánicos alineados a lo largo de fisuras que se agrupan en direcciones desde noreste hacia suroeste y desde noreste a sureste, y que dan origen a una extensa plataforma producida por actividad eruptiva que se habría iniciado hace 3,8 millones de años, cesando aparentemente, hace 170.000 años atrás.

Dentro del Complejo Pali Aike es posible distinguir antiguas coladas de lava basáltica solidificada (que se formaron por el apilamiento sucesivo de material proveniente de erupciones efusivas, que fluyen en forma pasiva a alta temperatura -1.000° a 1.200° C—parecido al fluir de la miel). Estas coladas se extienden modelando la superficie sobre la que se ubican más de 400 conos monogenéticos variados, que corresponden a edificaciones volcánicas construidas en un solo ciclo eruptivo de corta duración



(días a décadas), cuya expresión puede tomar diferentes formas, como maares, anillos de toba y conos de escoria.

Los maares o “cráteres de explosión”, son centros de emisión circulares, con diámetro menor a 2 km. Presentan una zona central deprimida que puede alcanzar el nivel freático (profundidad a la que se encuentran aguas subterráneas) dando lugar a la generación de lagunas volcánicas; hacia la periferia se yerguen paredes de 100 a 200 metros de altura y laderas suaves rellenas de sedimentos y material volcánico. Estas paredes reciben el nombre de “anillos de toba”. Su origen se debe a explosiones extremadamente violentas debido a la reacción del magma en ascenso al entrar en contacto con el nivel de aguas subterráneas. Por su parte, los conos de escoria son elevaciones cónicas de baja altura, formadas por la acumulación de material suelto,

como cenizas y rocas trituradas, eyectadas desde un cráter, en erupciones explosivas.

Todas las características distintivas del CVPA se deben a que se ubica en una zona donde la relación tectónica es compleja, pues dos placas oceánicas (Nazca y Antártica) se subducen bajo la Placa Sudamericana. Y junto con ellas, la Dorsal de Chile (una cordillera submarina compuesta de volcanes alineados, que tienen su origen debajo de Rapa Nui y el Archipiélago de Juan Fernández) ingresa por debajo del continente. Cuando esto ocurre la Placa Continental se calienta y debilita en ese lugar particular, permitiendo que el magma suba rápidamente a la superficie y se generen áreas extensas de pequeños volcanes.

Texto: Gabriela Gebauer W. y Ariel Navarro A. / Fotografía: Guy Wenborne

Fuente de la arqueología patagónica

Localizadas en el Complejo Volcánico Pali Aike (CVPA), las Cuevas de Fell y Pali Aike, ambas formaciones volcánicas, representan uno de los testimonios más antiguos y más australes del poblamiento americano y son también la cuna de la arqueología patagónica. Hace 10.000 años, durante el periodo Paleoindio, las primeras bandas de cazadores-recolectores se desplazaron desde el norte y llegaron a las latitudes patagónicas en un momento de condiciones climáticas más cálidas, tras la última glaciación, que permitieron el acceso a tierras libres de hielos.

El Periodo Paleoindio está representado en diversos lugares de América, desde Alaska hasta Patagonia, y se extiende aproximadamente desde el 20.000 hasta el 8.000 antes de Cristo. Este periodo se caracteriza por la presencia de fauna extinta y por la aparición de un nuevo tipo de herramientas de piedra, las puntas de proyectil talladas, denominadas según su tipología bajo diferentes nombres (Clovis, Folsom, Fell, Cola de Pescado) y que dan cuenta de la gran difusión de esta técnica en todo el continente americano.

El CVPA alberga numerosos sitios arqueológicos donde se inició la arqueología patagónica. En 1936, el arqueólogo norteamericano, Junius Bird, encontró en los campamentos temporales de Fell y Pali Aike el tipo de punta de proyectil Cola de Pescado junto a vestigios de fauna extinta como milodón y caballo americano. Su descubrimiento fue una revolución en su época, pues eran los primeros testimonios de que el hombre había convivido con animales extintos.

La tipología de los artefactos de piedra tallada encontrados en Fell y Pali Aike y la presencia de fauna extinta permitió demostrar que se trataba de las primeras ocupaciones de los cazadores-recolectores paleoindios, transfor-

mándose en sitios fundamentales para comprender la historia cultural de la Patagonia meridional⁷. Luego, en la década del 50, se realizaron estudios utilizando el método de datación por carbono 14 en el campo volcánico Pali Aike que permitieron confirmar la antigüedad del poblamiento del extremo sur de América⁸.

En ambos sitios, los restos materiales, principalmente líticos (puntas de proyectil, raspadores, retocadores, raederas) y arqueozoológicos (milodón, caballo americano, guanaco, zorro, aves, huevos de avestruz) excavados en los campamentos estacionales, dan cuenta de una economía basada en la caza de especies terrestres⁹. La Cueva de Fell permite observar, a través de sus diferentes capas arqueológicas depositadas en el tiempo, la evolución tecnológica entre las primeras ocupaciones y manifestaciones más tardías de estos cazadores-recolectores, probablemente ancestros de los grupos indígenas *aonikenk* o *tehuelches*, que habitaron el área del campo volcánico Pali Aike hasta la desaparición de estos grupos a fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX, causada por el contacto con las poblaciones colonizadoras.

Dada su relevancia para comprender las primeras ocupaciones humanas del extremo sur de América, ambos sitios arqueológicos están protegidos por la Ley N°17.288 de Monumentos Nacionales y forman parte de la Lista Tentativa de Bienes Culturales de Chile a ser postulados como Sitio del Patrimonio Mundial de la UNESCO¹⁰.

Texto: Valentina Figueroa / Ilustración: Maritza Piña

⁷ Ver Bibliografía Seleccionada (www.monumentos.cl)

⁸ Ver Bibliografía Seleccionada (Barberena, Blasi y Castineira, 2006)

⁹ Ver Bibliografía Seleccionada (www.monumentos.cl)

¹⁰ Ver Bibliografía Seleccionada (www.monumentos.cl)



VOLCÁN COOK

El último volcán andino

El volcán Cook se formó producto de una erupción lenta de una lava viscosa. Es un complejo de flujos y domos de lava, montículos de formas circulares formados por la acumulación de lavas, que producto de su alta viscosidad no pueden recorrer un trayecto muy largo y se enfrían y solidifican cerca de su punto de salida.

Este volcán, de unos 150 metros, está ubicado en la Isla Cook del archipiélago de Tierra del Fuego, al sur de la Zona de Falla Magallanes sobre la Placa de Scotia, lo que hoy es el Parque Nacional Alberto de Agostini. Dada su localización es considerado

Parque Nacional Alberto de Agostini



la manifestación volcánica más austral de la Cordillera de Los Andes. Junto a otros cinco volcanes (Lautaro, Viedma, Aguilera, Reclus y Burney) forma parte de la Zona Volcánica Austral (ZVA).

Durante mucho tiempo, la ubicación exacta del Cook fue un enigma. Pese a las señales de humo que dio en sus tres últimas erupciones registradas, nadie logró seguirle la pista a este volcán hasta 1978, cuando un grupo de geólogos del actual Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) encontró domos y evidencias de actividad volcánica reciente en la Isla Cook que permitieron confirmar su existencia y localización precisa.

Según ha señalado el historiador Mateo Martinic, las últimas erupciones de las que se tiene conocimiento fueron registradas a fines de noviembre del año 1712 por el capitán francés Josselin Gardin y el 25 de noviembre de 1820 por el capitán británico Basil Hall cuando cruzaba desde el estrecho Le Maire hacia el Cabo de Hornos en el H.M.S Conway. Ambos describieron un fenómeno volcánico en la parte austral de la Isla Grande de Tierra del Fuego. Con respecto a sus observaciones el capitán Hall destacó: “Apenas había cerrado la noche cuando un suceso (...) atrajo nuestra atención: una luz viva de rumbo noroeste, brillaba con intervalos regulares. Primero de rojez intensa, se hacía más y más débil hasta desaparecer; después de un intervalo de cuatro o cinco minutos su brillo volvía de repente, parecía que una columna de materias incandescentes se proyectaba en el aire. Este aspecto brillante duraba, generalmente de diez a veinte segundos, desvaneciéndose gradualmente a medida que la columna descendía, hasta que al fin solamente era perceptible una masa roja apagada (...). Todos los que examinaron cuidadosamente la luz con anteojos, convenían en atribuirla a un volcán como el Stromboli (...)”.

En febrero de 1926 un nuevo evento dio pistas sobre su actividad y ubicación. El capitán Emilio Krsanac al mando del Fortunato Viejo, mientras navegaba por el Canal Beagle, entre Ushuaia y Punta Arenas, se encontró con una densa nube de ceniza que considerando la dirección del viento le atribuyó a un volcán que podría existir en la Cordillera Darwin. Mas, por falta de conocimiento, este evento se consideró solo como un suceso atmosférico extraordinario.

Actualmente, este centro volcánico no es monitoreado ya que al estar alejado de grandes centros poblado, no presenta un peligro real para la población.

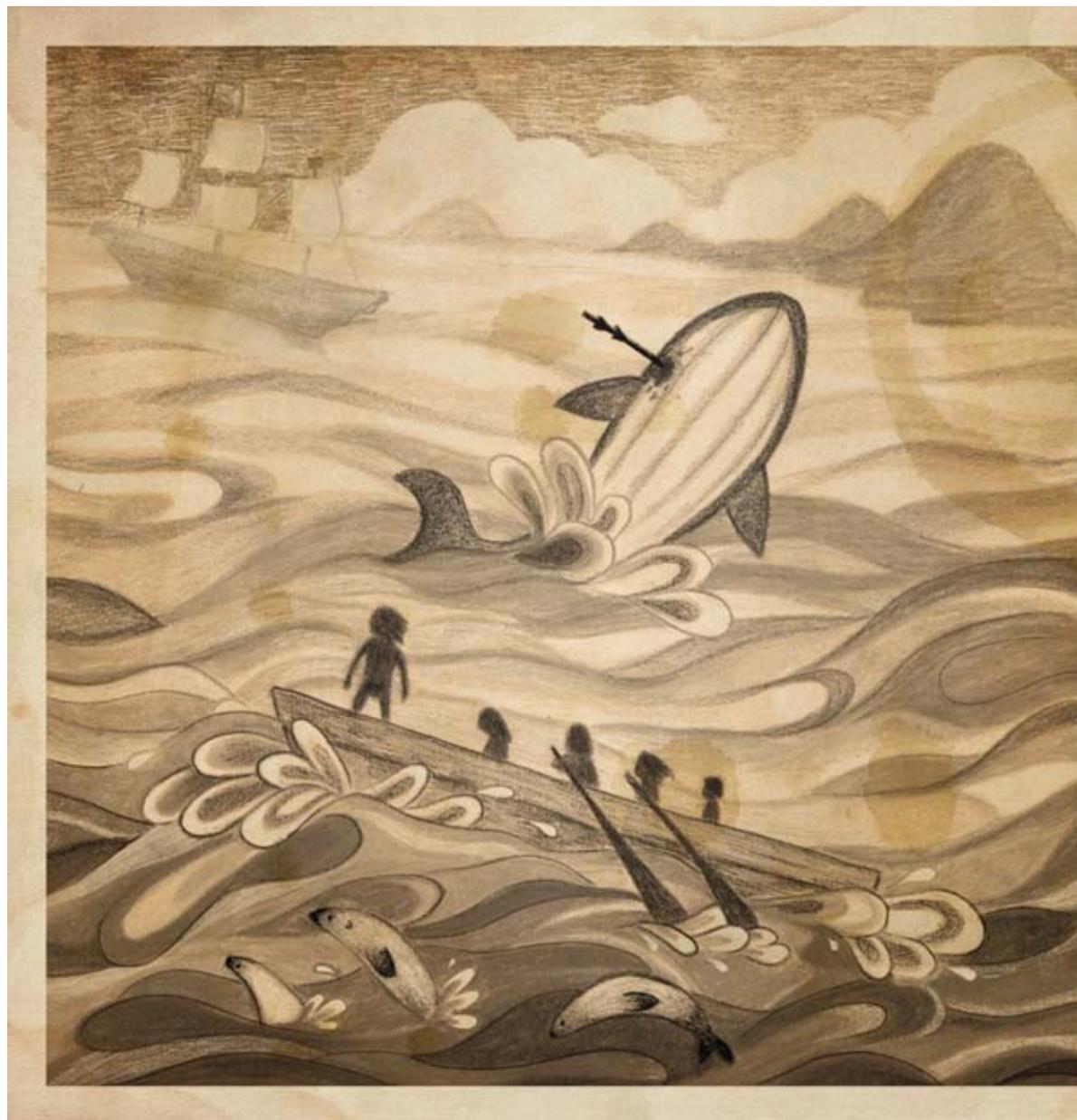
Texto: Valentina Flores Aqueveque / Fotografía: Pablo Valenzuela

Panorámica de canoeros

El volcán Cook, también conocido bajo el nombre de Fueguino, está localizado en un paisaje geográfico que fue también el paisaje cultural de los yámanas (yaganes): los canoeros más australes de América. Compuesto por canales y archipiélagos, este espacio geográfico fue intensamente recorrido por los grupos yámanas, especializados en la caza de animales marinos y la recolección de mariscos. Su medio de transporte, al igual que los grupos de cazadores-recolectores que habitaron la zona septentrional, los *kawéskar*, fue la canoa fabricada con corteza de árbol. Con esta canoa, también llamada *anan* en idioma yámana, se desplazaban por los canales del Archipiélago de Tierra del Fuego.

Volcán Cook está ubicado en la Isla Cook la cual está circunvalada por la Bahía Cook. Esta última es una entrada natural desde el Océano Pacífico hacia el Canal Beagle. James Cook, el famoso capitán inglés, visitó ese lugar en diciembre de 1774 durante su segundo viaje (1772-1775) en el cual tenía la misión, encomendada por el gobierno británico: explorar las latitudes más australes del mundo en busca de la *Terra Australis*. Durante su paso por el Archipiélago de Tierra del Fuego se encontró con grupos yámanas¹¹. Cook viajaba en la embarcación HMS Resolution junto al pintor inglés Williams Hodges, quien realizó grabados y dibujos de los paisajes y de los yámanas¹². Las representaciones visuales realizadas por Hodges de los yámanas han dado la vuelta del mundo desde el siglo XVIII hasta nuestros días. Algunas fuentes culpan en parte a la segunda expedición de Cook y su paso por los canales patagónicos, del exterminio de los últimos grupos de canoeros. La prosperidad en recursos animales de los mares australes se divulgó a través de los relatos del viaje de Cook dando inicio a la explotación masiva de focas y ballenas, la que conllevó la llegada de contingentes de colonos extranjeros, responsables de las epidemias y de un nuevo sistema de producción que acabó con las poblaciones locales a comienzos del siglo XX. Entre 1918-1924, el sacerdote austriaco Martín Gusinde realizó trabajos de campo en Tierra del Fuego. En esas campañas, él pudo observar, describir y fotografiar la vida cotidiana de los últimos grupos yámanas, inclusive participar de ceremonias religiosas. Gusinde fue uno de los principales testigos de la desintegración y desaparición de los yámana, kawéskar y selknam, y su obra posee un valor inestimable.

Texto: Valentina Figueroa / Ilustración: Antonia Herrera



¹¹ Ver Bibliografía Seleccionada (Empeaire, 2002)

¹² Ver Bibliografía Seleccionada (Martinic, 2007)

ISLA DECEPCIÓN



Fuego en la Antártica

La Antártica, el territorio más austral del planeta, se caracteriza por ser el continente más frío, seco y ventoso de la Tierra. Sin embargo, en ella se encuentra un foco geotérmico, volcánico y sísmico, la Isla Decepción, que forma parte de un conjunto de islas y montes submarinos asociados a un arco volcánico presente en el Estrecho de Bransfield.

Esta isla, con forma de herradura, se desarrolló sobre el cráter de la caldera del volcán del mismo nombre, formado por la acumulación de depósitos volcánicos en numerosas erupciones. Su edad aún no ha sido determinada pero se cree que se formó durante el periodo Cuaternario, hace menos de 1 millón de años atrás. Se estima que la altura total de la isla es de 1,5 km aunque más de la mitad se encuentra sumergida, alcanzando casi 500 metros sobre el nivel del mar en sus cerros más altos. La

zona central de la isla está inundada debido a un estrecho paso en su parte sureste, llamado Fuelles de Neptuno, que la comunican con el Océano Antártico.

Decepción corresponde al volcán más activo de la Península Antártica, asociado a una zona de extensión de la corteza terrestre producto de la interacción entre las placas tectónicas Antártica y Scotia. Posee una historia volcánica compleja y agitada. Se cuenta que en 1923 el agua de Puerto Foster, al interior de la isla, se calentó tanto que desprendió la pintura de los barcos que estaban fondeados en el puerto y que en 1930, el piso del fondeadero se hundió 3 m durante un sismo. Sus últimas erupciones registradas ocurrieron en los años 1967, 1969 y 1970. En esta última, se registró el siguiente mensaje emitido desde la base antártica chilena Arturo Prat, ubicada a 75 km de la isla: «Comunicaciones afectadas desde las 21 horas del 12 hasta las 05 del 13. Lluvia de arena volcánica, cascajo (lapilli) de hasta un centímetro de diámetro y polvillo de color negro. El ambiente anormal y olor a piedra fundida».

Estas erupciones produjeron la acumulación de depósitos piroclásticos (ceniza) que sepultaron y exterminaron toda la fauna que habitaba la isla, como organismos submarinos, aves, pingüinos, focas, leones marinos y elefantes marinos, dañando además las estaciones científicas que ahí existían.

Su forma en “U” permite en su interior el desarrollo de un microclima producido por el calor geotérmico que aflora en superficie a través de grietas, fumarolas y agua termales que alcanzan hasta 70°C, indicando que el volcán aún permanece activo. La actividad geotérmica, junto al efecto de los cerros que protegen de los vientos y favorecen la formación y acumulación de nubes, permite que la temperatura al interior de la isla sea de alrededor de 3°C mayor que el promedio de temperaturas en estas latitudes.

Actualmente, el territorio de la Isla Decepción se encuentra en disputa entre Argentina, Reino Unido y Chile, hecho que debe ser sometido y regulado por el Tratado Antártico.

Texto: Valentina Flores Aqueveque /

Fotografía: Jeniffer Muñoz, gentileza del Instituto Antártico

Refugio antártico

La Isla Decepción es una de las islas del Archipiélago de Shetland del Sur. De origen volcánico y con una singular forma de herradura, es la única de las islas de ese archipiélago que posee un microclima, gracias al calor de origen geotérmico que proviene desde su interior. Este fenómeno tiene por consecuencia una gran diversidad de especies animales como focas, lobos marinos y pingüinos.

Su particular geografía –con condiciones climáticas cálidas y una morfología que forma una bahía natural– hicieron de Isla Decepción, un refugio para quienes navegaban por los mares del sur. Desde comienzos del siglo XIX, se conocen varios relatos de quienes pasaron por sus costas. Navegantes, exploradores y cazadores de focas y ballenas, de diversas nacionalidades (españoles, rusos, noruegos, norteamericanos, argentinos, chilenos) hicieron de la Isla Decepción un conocido lugar austral.

Durante el siglo XIX, se desarrollaron numerosas campañas de cacerías de lobos y focas antárticas, destinadas a la producción de pieles y aceite, en las diferentes islas del Archipiélago de las Shetland del Sur. Las condiciones favorables de Decepción hacían que muchos barcos cazadores se detuvieran en ella. En la Isla Livingstone –la segunda más grande de las Shetland del Sur–, situada a 20 km al norte de la Isla Decepción, campañas arqueológicas recientes han identificado vestigios del ciclo lobero del siglo XIX. Arqueólogos, especialistas de la historia de la Antártica, identificaron un trineo del tipo Inuit del Ártico, utilizado en Canadá y Groenlandia, y cuyo nombre conocido es “Komatik”. Este tipo de vehículo servía para trasladar cargas pesadas, como barriles cargados de aceite de foca¹³.

El ciclo lobero culmina a fines del siglo XIX, luego comienza la caza ballenera. Motivadas por el aceite y las barbas de ballena, fueron muchísimas las empresas internacionales que se instalaron a comienzos del siglo XX en los mares del sur¹⁴. En la Isla Decepción se instaló una de las empresas balleneras chilenas más importantes del período, la Sociedad Ballenera de Magallanes, fundada en 1906, convirtiendo a la isla en el centro de sus operaciones, de las cuales aún quedan vestigios arqueológicos del período de caza de focas, lobos y ballenas.

Durante la década del 50 Chile inauguró una base en la isla que no alcanzó a sobrevivir más de dos décadas, pues fue destruida por los efectos de violentas erupciones volcánicas.

Texto: Valentina Figueroa / Ilustración: Telly Gacitúa



¹³ Ver Bibliografía Seleccionada (Stehberg et al., 2007).

¹⁴ Ver Bibliografía Seleccionada (Nicholls, 2010).

GLOSARIO

Ayllú: en las culturas andinas (quechua, aymará) denominación de comunidades familiares que comparten un territorio.

Basalto: roca volcánica que se forma al enfriarse la lava, más oscura y densa que otras rocas ígneas. Es el tipo de roca más común en la corteza terrestre y también se encuentra en las cuencas oceánicas.

Cortical: relativo a la corteza terrestre.

Escoria: residuo volcánico, poroso.

Falla geológica: zona de fractura entre dos placas de roca a través de la cual se desplazan uno o ambos bloques. Pueden desarrollarse a distintas escalas afectando desde rocas hasta varios kilómetros de la corteza. Se relacionan con sismicidad, volcanismo y/o manifestaciones geotermiales, porque funcionan como una vía de escape del calor interno de la Tierra y su energía atrapada.

Fuente termal: afloramientos de aguas subterráneas con temperaturas superiores al promedio ambiental, calentadas por el contacto con rocas de mayor temperatura en profundidad o por la acción directa del volcanismo cercano a su emplazamiento. Se forman cuando el agua calentada circula hacia la superficie de la tierra por vías favorables como fracturas o fallas geológicas. Están ampliamente distribuidas por todo el mundo y en Chile es posible encontrar más de 500 fuentes termales con distintas características esparcidas por todo el país.

Géiser: fuentes termales que producen erupciones episódicas de agua, vapor y gases. Los géiseres naturales son un fenómeno escaso en el mundo, y se han registrado menos de 1.000 alrededor del planeta.

Geotermia: relativo al calor interno de la Tierra. También es una fuente de energía renovable.

Lava: masa fundida que se expulsa de un volcán durante una erupción.

Hot spot: los geólogos ocupan este término desde el inglés, que es más universal en esta área. Significa "punto caliente" y se refiere a zonas con actividad volcánica que son anómalamente más calientes que otras en relación a su entorno. En estos lugares –unos 50 identificados en el planeta– la roca se funde para generar magma. Los científicos aún están generando teorías para explicar qué los produce.

Ígneo(a): referente a las rocas volcánicas que se originan por material en fusión al interior de la Tierra.

Ma: millones de años.

Magma: roca fundida que se encuentra al interior de la Tierra.

Manto: la capa de la Tierra que está ubicada entre la corteza y el núcleo terrestre.

Piroclasto: fragmento sólido de material volcánico expulsado a través de una erupción.

Placa tectónica: hace más de 250 millones de años todos los continentes formaban un gran bloque. Con el tiempo, este supercontinente (Pangaea) comenzó a fragmentarse originando las actuales placas tectónicas terrestres, que juntas forman el rompecabezas de la corteza terrestre. Estas placas están en continuo movimiento, siguiendo su propia dirección y velocidad produciendo choques o separaciones en sus bordes, y generando fuerzas sobre la superficie terrestre, la cual al tratar de acomodarse a estas tensiones se deforma o fractura.

Pukará: fortificación indígena característica de las culturas andinas.

Subducir: proceso mediante el cual el borde de una placa tectónica se desliza por debajo de otra.

Terma: ver "Fuente termal".

Toba: tipo de roca liviana y porosa que se forma por acumulación de pequeños elementos volcánicos (ceniza y otros).

Volcán: puntos en la corteza terrestre por donde se expulsa roca fundida (o magma) en forma de lava, ceniza, gases y líquidos a muy altas temperaturas desde el interior de la Tierra. Dependiendo de las características físicas y químicas del magma (temperatura, densidad, composición mineralógica, cantidad de gases disueltos) éste puede emerger en erupciones explosivas muy destructivas o formando lentos ríos de lava.

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

TERMAS DE COCHA

Aguilera, F. (2008). *Origen y naturaleza de los fluidos en los sistemas volcánicos geotermiales y termalismo de baja entalpia de la zona volcánica central (ZVC) entre los 17 43 SY 25 10 S* (Tesis doctoral, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile).

Marttel, F. (2013). *Pica*. Alto Hospicio: Autoediciones El Buque Varado.

O'Ryan, E. (2014) *enorvadesierto@yahoo.es*. Contacto desde Dpto. Geología UChile. Correspondencia personal 4 septiembre 2014.

Pentecost, A., Jones, B., & Renaut, R. W. (2003). What is a hot spring? *Canadian Journal of Earth Sciences*, 40(11), 1443-1446.

SERNAGEOMIN (1980) *Catastro Geotérmico de Chile*.

SERNAGEOMIN (2003) *Carta geológica Guatacondo, Región de Tarapacá*.

VOLCÁN LICANCABUR

Carmona, J.C. (2002). Volcán Licancabur. En <http://www.andeshandbook.org/montanismo/cerro/76/Licancabur>

Le Paige, G. (1978). Vestigios arqueológicos incaicos en las cumbres de la zona atacameña. *Estudios Atacameños*, 6, 36-52.

Programa de Vulcanismo Global, Departamento de Ciencias Minerales, Institución Smithsonian, Museo Nacional de Historia Natural. En <http://www.volcano.si.edu/>

Reinhard J., Baron A.M. (1981). Expedición Arqueológica al Volcán Licancabur, *Revista de Corporación para el Desarrollo de la Ciencia*, 1(4), 31-38.

TURI

Cornejo, L. (1990). La molienda en el Pucará de Turi. *Chungara*, 24-25, 125-144.

Dirección general de Aguas. (1977). Hidrogeología de la Región de Turi. En: http://bibliotecadigital.ciren.cl/gsdlexterna/collect/textoshu/index/assoc/HASH0154.dir/DGA-HUMED33_v14.pdf

Houston, J. (2007). Recharge to groundwater in the Turi Basin, northern Chile: an evaluation based on tritium and chloride mass balance techniques. *Journal of hydrology*, 334(3), 534-544.

Museo Chileno de Arte precolombino. Una Arquitectura al servicio del imperio. En

Aldunate et I. Solimano (eds), *Culturas de Chile: Prehistoria*, 181-220. Santiago: Editorial Andrés Bello.

CAMPO DE GÉISERES EL TATIO

Lahsen, A., Trujillo, P. (1975) The geothermal field of El Tatio, Chile. *U. N. Symp. Dev. Use Geotherm. Resour.*, Abstr2.

Navarro, I. (1993). *El campo geotérmico de El Tatio ; posible sistema epitermal activo, Región de Antofagasta* (Tesis de grado, Universidad de Chile, Santiago, Chile).

Pumarino Soto, H. (1994) *Tierras de sol: Cuentos del Norte Grande de Chile*. Santiago: Hermes Hernández Ura.

Sanchez, J. (1970). *Geología de la área geotérmica de los geysers del Tatio, provincia de Antofagasta* (Tesis de grado, Universidad de Chile, Santiago, Chile).

VOLCÁN LASTARRIA

Guijón, R., Henríquez, F., & Naranjo, J. A. (2011). Geological, Geographical and Legal Considerations for the Conservation of Unique Iron Oxide and Sulphur Flows at El Laco and Lastarria Volcanic Complexes, Central Andes, Northern Chile. *Geoheritage*, 3(4), 299-315.

Macchiavello, S. (2010). Estudio Económico sobre la Industria del Azufre en Chile. *Anales de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales*, 1(1-2).

Naranjo, J.A. (2010) Geología del Complejo Volcánico Lastarria, Región de Antofagasta, Escala 1:25.000. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica*, No. 123

Naranjo, J.A. (1988) Coladas de azufre de los volcanes Lastarria y Bayo en el norte de Chile: Reología, génesis e importancia en geología planetaria. *Revista Geológica de Chile* 15(1): 3–12

Thomson, I. (2013) La industria azufrera y el ferrocarril de Tacora, el más alto del mundo. En <http://www.institutoferroviario.cl/2013/01/la-industria-azufrera-y-el-ferrocarril-de-tacora-el-mas-alto-en-el-mundo/>

ARCHIPIÉLAGO JUAN FERNÁNDEZ

Browne, J. R. (1864). *Crusoe's Island: A Ramble in the Footsteps of Alexander Selkirk. With Sketches of Adventure in California and Washoe*. New York: Harper & brothers.

Greimler, J., Lopez, P., Stuessy, T. F., & Dirnbock, T. (2002). The vegetation of Robinson Crusoe Island (Isla Masatierra), Juan Fernández Archipelago, Chile. *Pacific Science*, 56(3), 263-284.

James, I. (1800) *Providence Displayed: Or, The Remarkable Adventures of Alexander Selkirk*. London: Riggs and Cottle

Reyes, J., (2012). Evolución Magmática de la Isla Robinson Crusoe, Dorsal de Juan Fernández, Chile (Tesis de grado, Universidad De Chile, Santiago, Chile).

RAPA NUI

Dumont, H.J., et al. (1998). The end of moai quarrying and its effect on Lake Rano Raraku, Easter Island. *Journal of Paleolimnology*, 20(4), 409–422.

González-Ferrán, O. (1987). *Evolución geológica de las Islas chilenas en el océano Pacífico*. En: Castilla, J.C., ed. *Islas oceánicas chilenas*. Conocimiento científico y necesidades de investigaciones. Santiago: Eds. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Hamilton, S., Seager Thomas, M., & Whitehouse, R. (2011). Say it with stone: constructing with stones on Easter Island. *World Archaeology*, 43(2), 167-190.

Hekinian, R.; Francheteau, J.; Armijo, R.; Cogné, J.P. Constantin, M.; Girardeau, J.; Hey, R.; Naar, D.F.; Searle, R. (1996). Petrology of the Easter microplate region in the South Pacific. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 72 (3-4), 259-289.

Van Tilburg, J.A., Lee, G. (1987). Symbolic Stratigraphy: Rock Art and the Monolithic Statues of Easter Island. *World Archaeology*, 19(2), 33-149.

Vezzoli, L., Acocella, V. (2009). Easter Island, SE Pacific: An end-member type of hotspot volcanism. *Geological Society of America Bulletin*, 121(5-6), 869-886.

CAJÓN DEL MAIPO

Armijo, R., Rauld, R., Thiele, R., Vargas, G., Campos, J., Lacassin, R., and Kausel, E. (2010). The West Andean Thrust, the San Ramón Fault, and the seismic hazard for Santiago, Chile. *Tectonics*, 29(2).

Egaña, J. (2000). *Minería y metalurgia colonial en el Reyno de Chile, Una visión a través del Informe de don Juan Egaña al Real Tribunal de Minería en 1803*. Santiago: Gastón Fernández Montero Editor.

Head, F. (1827). *Rough notes taken during some rapid journeys across the pampas and among the Andes*. Boston: Wells and Lilly.

Heanke, T. (1942). Descripción del Reyno de Chile (1761-1817). Santiago: Editorial Nascimento.

Jocelyn-Holt, A. (2004). *Historia general de Chile. Tomo 2, Los cesáres perdidos*. Santiago: Ed.Sudamericana.

Moreno, T., and Gibbons, W. (2007). *The geology of Chile*. London: Geological Society of London.

Risacher, F., Fritz, B., and Hauser, A. (2011). Origin of components in Chilean thermal waters. *Journal of South American Earth Sciences*, 31(1), 153–170.

Thiele, R. (1980). *Hoja Santiago: región metropolitana: carta geológica de Chile*. Santiago: Instituto de Investigaciones Geológicas.

TERMAS DEL FLACO

Eyquem, M., (2009). *Volcanismo cuaternario de Sierras de Bellavista: comparación geoquímica con el magmatismo contemporáneo del arco comprendido entre los 34°30' y los 35°30'S* (Tesis de grado, Universidad de Chile, Santiago, Chile).

Moreno, K., Pino, M., (2002). Huellas de dinosaurios en la Formación Baños del Flaco (Titoniano-Jurásico

Superior), VI Región, Chile: paleoetología y paleoambiente. *Revista Geológica de Chile*, 29(2), 151-165.

Parada, R., (2008). *Análisis estructural del borde oriental de la cuenca terciaria de Abanico en el valle del Río Teno, 7ma Región* (Tesis de grado, Universidad de Chile, Santiago, Chile).

Paz, S. (2014). Regreso a la gárgola. Capital online, en <http://www.capital.cl/vida-y-estilo/2014/01/24/080125-regreso-a-la-gargola>

Sepúlveda, F. (2005). *El sistema geotérmico de Cordón Caulle, sur de Chile: caracterización geológica y geoquímica* (Tesis doctoral, Universidad de Chile, Santiago, Chile).

VOLCÁN VILLARRICA

Bacigalupo Gittins, A.M. (1988). *Definición, evolución e interrelaciones de tres conceptos mapuches: Pillan, Nguenechen, y Wekufe* (Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile).

Castruccio, A. (2008) Comparación y modelación numérica de lahares calientes en el volcán Calbuco (41,3°S) y lahares fríos en el volcán Villarrica (39,5°S), Andes del Sur (Tesis de magister, Universidad de Chile, Santiago, Chile).

Montecinos, S. (2003). *Mitos de Chile: Diccionario de seres, magias y encantos*. Santiago: Random House.

Rivera, A. (Sin fecha) Interacciones Glacio- Volcánicas. En http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia_es/volcanesdetalle.php?idArticulo=320

Rivera, A. (2014) Volcán Villarica. En http://www.glaciologia.cl/web/glaciologia_es/volcanes.php

Sauniere, Sperata R. (1975). *Cuentos populares araucanos y chilenos*. Santiago: Ed. Nascimento.

VOLCÁN OSORNO

Bacigalupo Gittins, A.M. (1988). *Definición, evolución e interrelaciones de tres conceptos mapuches: Pillan, Nguenechen, y Wekufe* (Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile).

Lara, L. E., Orozco, G., & Piña-Gauthier, M. (1835). AD fissure eruption at Osorno Volcano, Southern Andes: triggering by local intra-arc stress field instead of remote megathrust-related dynamic strain. *Tectonophysics*, 530-531.

López-Escobar, L.; Parada, M.A.; Moreno, H.; Frey, F.A.; Hickey-Vargas, R.L. (1992). A contribution to the petrogenesis of Osorno and Calbuco volcanoes, Southern Andes (41°00' - 41°30'S): comparative study. *Revista Geológica de Chile*, 19(2), 211-226.

Montecinos, S. (2003). *Mitos de Chile: Diccionario de seres, magias y encantos*. Santiago: Random House.

Moreno, H.; Lara, L.; Orozco, G., 2010. Geología del volcán Osorno. SERNAGEOMIN, 20 páginas y mapa geológico 1:50.000.

Moreno, H., Varela, J., López, L., Munizaga, F., & Lahsen, A. (1985). Geología y riesgo volcánico del volcán Osorno y centros eruptivos menores. *Universidad de Chile, Departamento de Geología (inédito)*. Reporte No. OICB-06C ENDESA-CORFO.

Moreno, H. (1999). Mapa de Peligros del Volcán Osorno, Región de los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería. *Documentos de Trabajo*, (11), 1.

Orozco, G. (2009). Sistema de Centros Eruptivos de Flanco de la erupción de 1835 A.D. volcán Osorno (SCEFVO-1835): Significado Tectónico (Tesis de grado, Universidad de Chile, Santiago, Chile).

Petit-Breuilh, M.E. (1999). Cronología eruptiva histórica de los volcanes Osorno y Calbuco, Andes del Sur (41°-41°30'S). *Servicio Nacional de Geología y Minería*, 53.

ZONA DE FALLA LIQUIÑE-OFQUI

Carrasco, H. (1986). Trentren y Kaikai: segundo nacimiento en la cultura mapuche. *Estudios Filológicos*, 21, 23-24.

Catalán, N. (2013). *Geometría de la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui, y su relación con la geometría de la subducción de Nazca bajo Sudamérica en el sur de Chile* (Tesis de grado, Universidad De Concepción, Concepción, Chile).

Cembrano, J., Hervé, F., Lavenue, A. (1996) The Liquiñe Ofqui fault zone: a long-lived intra-arc fault system in southern Chile *Tectonophysics*, 259 (1-3), 55-66.

Foerster, R., Gonzalez, H., Gundermann, H. (1978-1979). Kaikai y Trentren: Análisis estructural de un grupo de mitos mapuches. *Acta literaria*, 3-4, 27-40.

Hauser, A. (1991). Hans Steffen, precursor del concepto Falla Liquiñe-Ofqui. *Revista Geológica de Chile*, 18(2), 177-179.

Montecinos, S. (2003). *Mitos de Chile: Diccionario de seres, magias y encantos*. Santiago: Random House.

Vargas Easton, G., Rebolledo, S., Sepúlveda, S. A., Lahsen, A., Thiele, R., Townley, B., ... & Lara, M. (2013). Submarine earthquake rupture, active faulting and volcanism along the major Liquiñe-Ofqui Fault Zone and implications for seismic hazard assessment in the Patagonian Andes. *Andean Geology*, 40(1), 141-171.

COMPLEJO VOLCÁNICO PALI AIKE

Barberena, R., Blasi, A., Castineira, C. (2006). Geoaqueología en Pali Aike: Cueva Orejas de Burro 1 (Patagonia, Argentina). *Magallania* 34 (1), 119-138.

Consejo de Monumentos Nacionales. Cuevas de Fell y Pali Aike. En www.monumentos.cl/consejo/606/w3-propertyvalue-40926.html

D'Orazio, M., Agostini, S., Mazzarini, F., Innocenti, F., Manetti, P., Haller, M. J., & Lahsen, A. (2000). The Pali Aike volcanic field, Patagonia: slab-window magmatism near the tip of South America. *Tectonophysics*, 321(4), 407-427.

Ross, P. S., Delpit, S., Haller, M. J., Németh, K., & Corbella, H. (2011). Influence of the substrate on maar-diatreme volcanoes—an example of a mixed setting from the Pali Aike volcanic field, Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 201(1), 253-271.

Silverstone, J. (1982). Fluid inclusions as petrogenetic indicators in granulite xenoliths, Pali-Aike volcanic field, Chile. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 79(1), 28-36.

Zolitschka, B., Schäbitz, F., Lücke, A., Corbella, H., Ercolano, B., Fey, M., ... & Wille, M. (2006). Crater lakes of the Pali Aike Volcanic Field as key sites for paleoclimatic and paleoecological reconstructions in southern Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 21(3), 294-309.

VOLCÁN COOK

Emperaire, J. (2002). Los nómades del mar. Traducción de Luis Oyarzún. Lom Ediciones.

Martinic, M. (1988). Actividad Volcanica Histórica en la Región de Magallanes. *Revista Geológica de Chile*, 15(2), 181-186.

Martinic, M. (2007). Noticias históricas sobre los inicios de la pintura realista en Magallanes (1834-1940). *Magallania* 35(1), 5-32.

Martinic, M. (2008). Registro histórico de antecedentes volcánicos y sísmicos en la Patagonia Austral y la Tierra del Fuego. *Magallania*, 36(2), 5-18.

Stern, C. (2004). Active Andean volcanism: its geologic and tectonic setting. *Revista Geológica de Chile*, 31(2), 161-206.

ISLA DECEPCIÓN

Agudo, L. (2003). Estudio Sísmico De Isla Decepción (Antártida). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Geológicas, Departamento Geodinámica, Programa de Doctorado "Geología Dinámica y Ambiental", Trabajo de Investigación de Tercer Ciclo.

Baraldo, A., Rapalini, A.E., Böhnell, H., Mena, M. (2003). Paleomagnetic study of Deception Island, South Shetland Islands, Antarctica. *Geophys. J. Int.* 153, 333-343.

Birkenmajer, K. (1998). Geological research of the Polish Geodynamic Expeditions to West Antarctica, 1984-1991: Antarctic Peninsula and adjacent islands. *Polish Polar Research*, 19(1-2), 125-142.

Nicholls, N. (2010). La Sociedad Ballenera de Magallanes: de cazadores de ballenas a "héroes" que marcaron la soberanía nacional (1906-1916). *Magallania* 43 (1), 41-78.

Stehberg, R., Zarankin, A., Pearson, M., Gatica, C., Senatore, M.X. (2007). Nuevos antecedentes arqueológicos sobre la caza de lobos y focas en Península Byers. *Boletín Antártico Chileno* 26(1), 7-8.

AUTORES

Benado, José: Magíster en Patrimonio Geológico y Geoconservación, Universidad de Minho (Portugal).

Candia, Matías: Estudiante de Geología, Universidad de Concepción.

Egaña, Daniel: Antropólogo y Magíster en Estudios Latinoamericanos, Universidad de Chile. Magíster en Ciencias Antropológicas y Doctor en Ciencias Antropológicas de la Universidad Autónoma Metropolitana (México).

Figueroa, Valentina: Arqueóloga, Magíster y Doctorada, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne (Francia).

Flores Aqueveque, Valentina: Geóloga y Magíster en Ciencias mención Geología, Universidad de Chile. Doctora en Ciencias, mención Geología, Universidad de Chile / Université Paris XII (Francia).

Gaete, Katherine: Estudiante de Geofísica, Universidad de Concepción.

Gebauer W., Gabriela: Estudiante de Geología, Universidad de Concepción.

Hernández Soto, Nicolás: Estudiante de Geofísica, Universidad de Concepción.

Lopetegui, Macarena: Estudiante de Geofísica, Universidad de Concepción.

Muñoz, Mauricio: Geólogo, Universidad de Chile.

Navarro A., Ariel: Estudiante de Geología, Universidad de Concepción.

Novoa, Camila: Estudiante de Geofísica, Universidad de Concepción.

Orozco, Gabriel: Licenciado en Ciencias mención en Geología y Magister en Ciencias(C) mención Geología, Universidad de Chile.

Otero, Sofía: Periodista, Universidad de Chile. Magíster en Comunicación Científica, Universidad de Otago (Nueva Zelanda).

Quiroga, Alexandra: Estudiante de Geofísica, Universidad de Concepción.

Sánchez, Camilo: Licenciado en Ciencias mención en Geología y alumno de Magister en Ciencias Geológicas, Universidad de Chile.

Vera Sanhueza, Felipe: Estudiante de Geofísica, Universidad de Concepción.

Zapata, Adriana: Estudiante de Geofísica, Universidad de Concepción.

COMITÉ EDITORIAL

ASESORES CIENTÍFICOS

Belmonte, Arturo: Ingeniero Civil, Universidad de Chile. Doctor en Geofísica, Freie Universität Berlin (Alemania). Académico en Universidad de Concepción e Investigador CEGA.

Figueroa, Valentina: Arqueóloga, Magíster y Doctora, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne (Francia). Académica en Universidad Católica del Norte.

Flores Aqueveque, Valentina: Geóloga y Magíster en Ciencias mención Geología, Universidad de Chile. Doctora en Ciencias, mención Geología, Universidad de Chile / Université Paris XII (Francia). Investigadora postdoctoral en Geofísica e investigadora Fondecyt en Geología, U. de Chile.

Morata, Diego: Geólogo y Doctor en Ciencias Geológicas, Universidad de Granada (España). Académico en Universidad de Chile y Director del CEGA.

EDITORIA GENERAL

Otero, Sofía: Periodista, Universidad de Chile. Magíster en Comunicación Científica, Universidad de Otago (Nueva Zelanda). Encargada de Difusión en CEGA y relatora del diplomado en Comunicación de la Ciencia de la U. de Chile.

EDITORIA DE ARTE

Toro, Cecilia: Diseñadora de Instituto DUOC, directora de arte e ilustradora independiente en Estudio Plastivida E.I.R.L.

ISBN: 978-956-358-306-9



explora
Un Programa CONICYT



Fondap
Fondo de Financiamiento de Centros de
Investigación en Áreas Prioritarias



FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE