



**Libro interactivo
con realidad
aumentada (RA)**



CHILE: ¿QUÉ HAY BAJO NUESTROS PIES?

16 CONCEPTOS GEOLÓGICOS PARA NIÑAS Y NIÑOS

Sofía Vargas Payera

Ilustraciones: Alejandra Ramírez N.

DEDICADO A LAS NIÑAS Y NIÑOS DE NUESTRAS VIDAS: GABRIELA, BENJAMÍN, FERNANDO, IVÁN, AMAYA, LOURDES, MARTINA Y ANTAI.

Chile: ¿Qué hay bajo nuestros pies?

16 conceptos geológicos para niñas y niños

Primera edición en Chile: Junio, 2020.

Todos los derechos reservados

Textos: Sofía Vargas Payera

sofiavargas@fcfm.uchile.cl

Ilustraciones: Alejandra Ramírez

Colaboradoras científica y pedagógica: Camila Pineda y Ana Rojas

Diseño de realidad aumentada: Taumatropo Estudio

Asesoría editorial: Sofía Otero C.

Diseño editorial: Macarena Vogel

Diseño íconos: freepik

ISBN 978-956-401-715-0

Registro de propiedad intelectual 2020-A-2571



PROYECTO FINANCIADO POR EL FONDO NACIONAL DE FOMENTO DEL LIBRO Y LA LECTURA, CONVOCATORIA 2019.

Institución colaboradora

Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes, (ANID/FONDAP– 15090013)



CHILE: ¿QUÉ HAY BAJO NUESTROS PIES? 16 CONCEPTOS GEOLÓGICOS PARA NIÑAS Y NIÑOS

Sofía Vargas Payera
Ilustraciones: Alejandra Ramírez N.

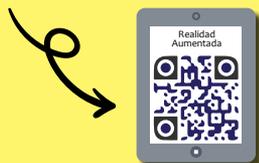
LIBRO INTERACTIVO CON REALIDAD AUMENTADA

Este libro cuenta con 10 imágenes en realidad aumentada que permiten ver conceptos y procesos en tres dimensiones. Estas son las instrucciones para que puedas interactuar con ellos.

1. Descarga gratis la aplicación **CEGA AR-GEO** en Google Play o App Store



2. Enfoca tu celular o tablet en el ícono. Algunas imágenes necesitan que pongas tu aparato de forma horizontal. Aléjate y acércate. Explora la imagen en 360°. Incluso ponte de pie para poder ver la imagen completa.



Más información en www.chilebajonuestrospies.cl



ÍNDICE



1. Introducción.....05

2. Estructura de la Tierra

- a. Capas de la Tierra.....06
- b. Pangea.....10
- c. Tectónica de placas.....14

3. Cordones montañosos

- a. Cordillera de Los Andes.....16
- b. Volcanes.....18
- c. Cámara magmática.....22

4. Procesos volcánicos

- Erupción volcánica.....24
 - a. Lava.....26
 - b. Lahar.....28
 - c. Caída de piroclastos.....30
 - d. Bombas.....32
 - e. Flujo piroclástico.....34

5. Rocas

Las rocas y sus historias.....36

5. Reservas de agua

Agua subterránea.....38

7. Sistemas geotermiales

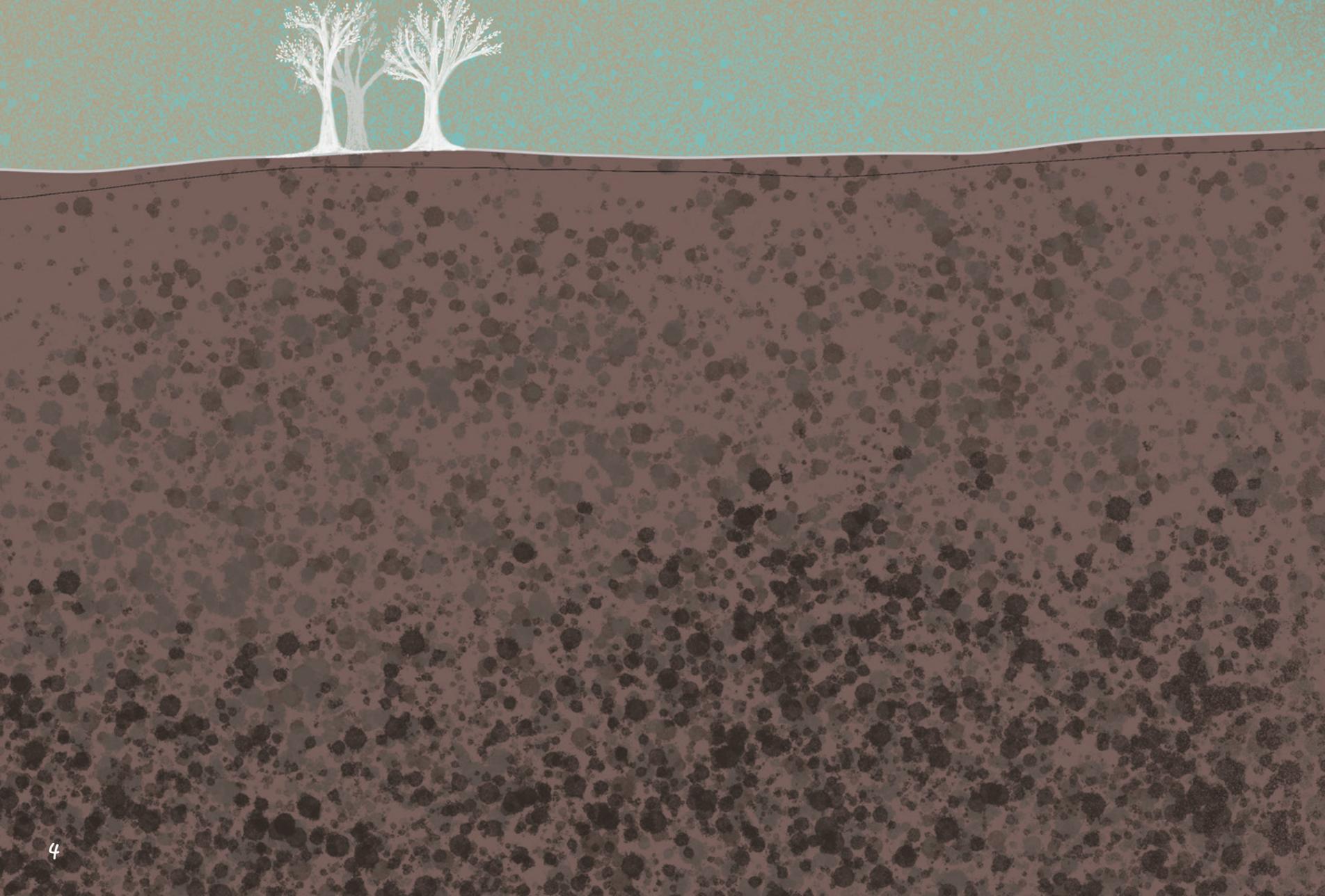
- a. Geotermia.....40
- b. Reservorio geotermal.....42
- c. Uso directo de geotermia: Bombas de Calor.....46

8. Juegos.....48

9. Agradecimientos.....50

10. Equipo.....51

11. Referencias.....52



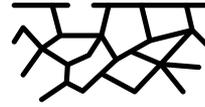
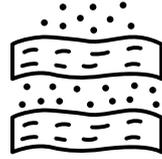
INTRODUCCIÓN

Chile, territorio de volcanes y geotermia, es una perfecta excusa para hablar y entender procesos geológicos. Los conceptos que se describen en este libro fueron identificados en dinámicas de trabajo dentro de aulas escolares. A través de talleres educativos, niñas y niños nos contaron mediante sus dibujos cuáles son sus dudas y curiosidades. Inquietudes sobre la formación de la Tierra, volcanes y geotermia son las que buscamos responder en este libro. Chile: ¿Qué hay bajo nuestros pies? es el resultado de un trabajo de tres años, donde pudimos ver cómo estudiantes de enseñanza básica perciben la geología y geografía del territorio que habitamos a través de dibujos y conversaciones. Para responder sus dudas, juntamos a personas con distintos conocimientos: de geología, arte, comunicación y pedagogía. Por

eso decimos que este libro se construye desde una mirada transdisciplinar con el objetivo de acercar la ciencia a niñas y niños. Además, para poder visualizar los procesos que están bajo y sobre nuestros pies, invitamos a la tecnología a sumarse. Con imágenes en realidad aumentada este libro representa diez conceptos geológicos en tres dimensiones que facilitan la imaginación de algunos conceptos científicos para quienes usen este libro. Ocupamos modelos que se pueden encontrar en textos escolares, pero los modificamos de acuerdo a la visión de los y las niñas. Tal como la Tierra, el conocimiento científico es dinámico, cambia. Los relatos de este libro se armaron considerando la información existente a la fecha y es una invitación para que la gente, chica y grande, siga haciéndose preguntas sobre lo que nos rodea.



ESTRUCTURA DE LA TIERRA

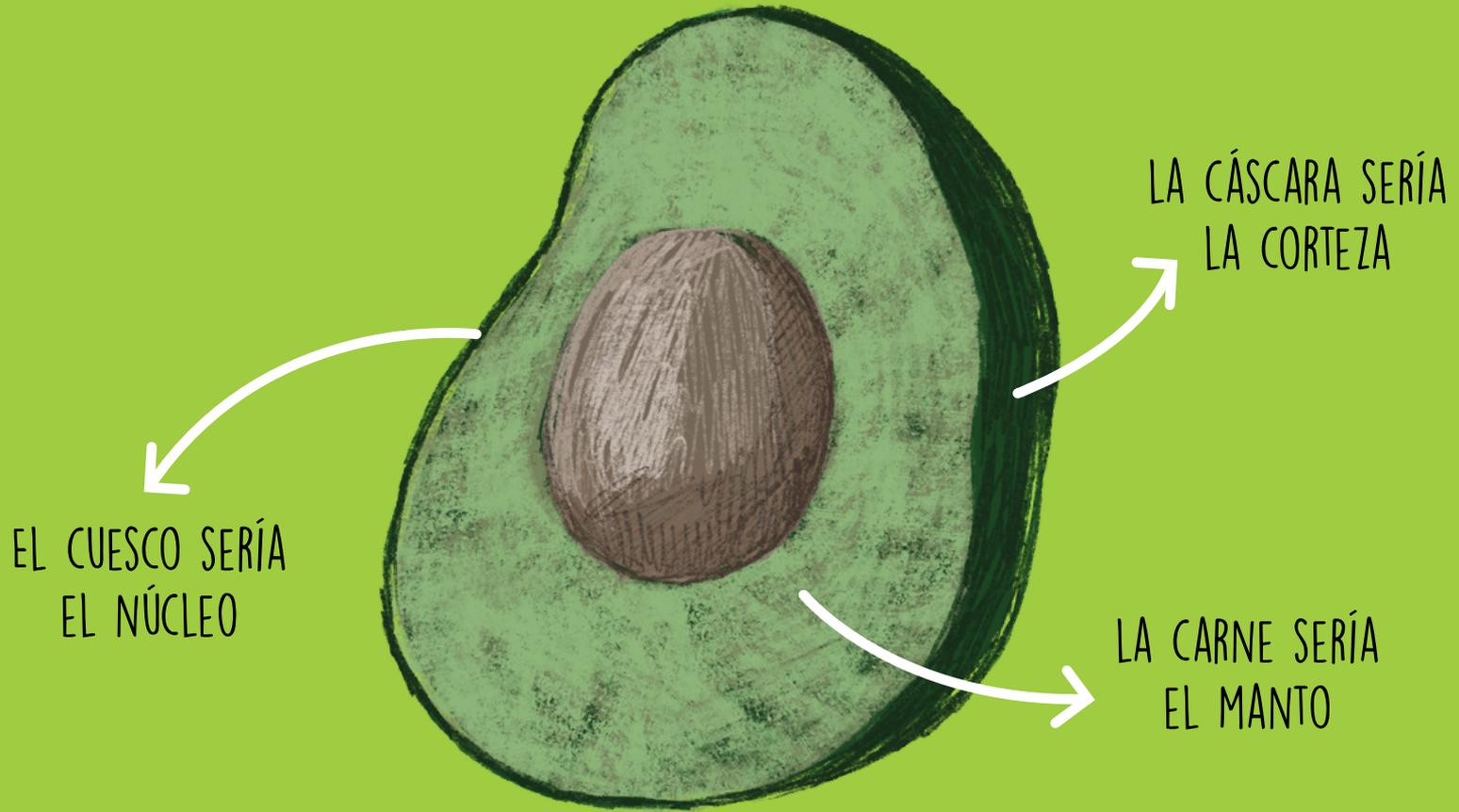


CAPAS DE LA TIERRA

Si pudieras escanear el interior de la Tierra, notarías que no es un bloque sólido, sino que tiene grandes segmentos o capas. No tantas capas como una cebolla, pero si la comparásemos con alguna fruta o verdura, se parecería más a un durazno o una palta, que tienen tres capas de distinto grosor que se identifican claramente (cáscara, carne y hueso). Desde afuera hacia adentro, la primera capa de la Tierra es la **corteza**. Es aquí donde tú vives, así como también el mundo animal y vegetal. Al igual que la cáscara de la fruta, la corteza terrestre es

delgada y cubre toda la Tierra. Bajo los océanos, aunque no lo podamos ver, la Tierra tiene la misma estructura. En la corteza oceánica, fondo marino, se pueden encontrar también volcanes que experimentan procesos similares a los que vemos en superficie. La siguiente capa es el **manto**, que se divide en externo e interno. Si volvemos al ejemplo de la fruta, sería la carne, la parte más gruesa. En el caso de la Tierra, esta capa es sólida y elástica, en su parte más externa es una especie de plastilina que se puede deformar fácilmente.

SI LA TIERRA FUERA UNA PALTA:



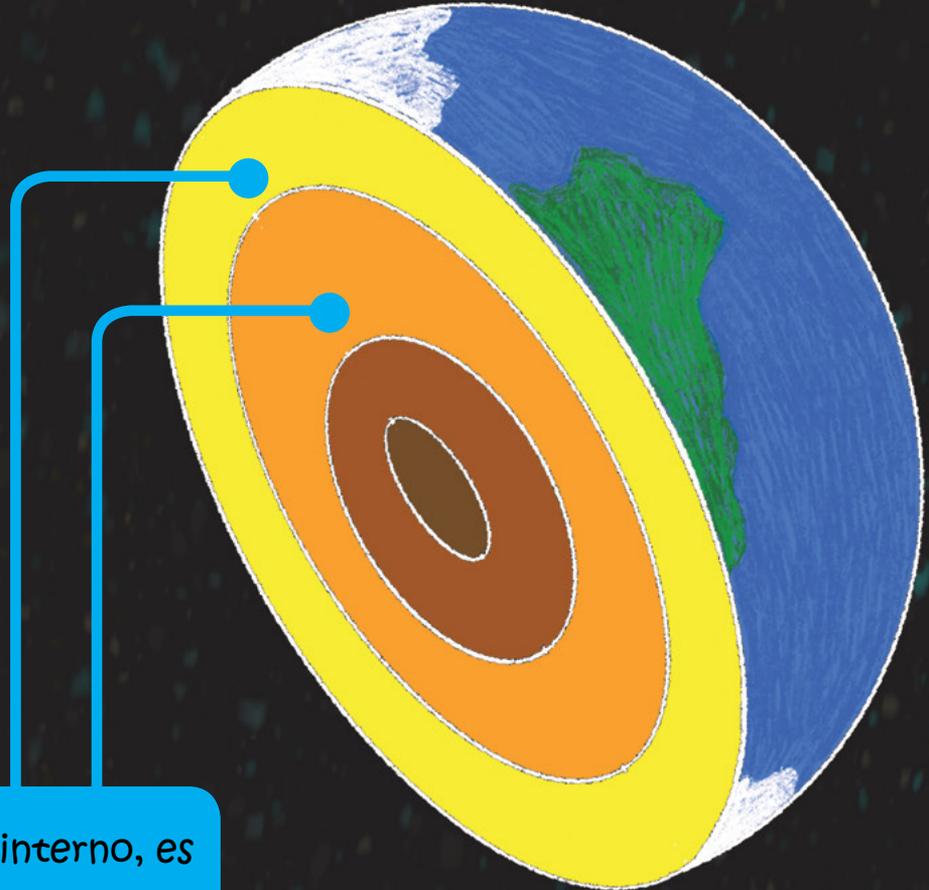


ESTRUCTURA DE LA TIERRA

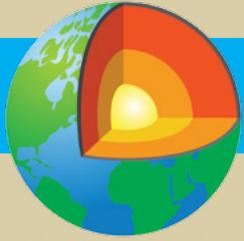
La capa más interna es el **núcleo** - externo e interno-, el cuscote de la fruta. El corazón caliente de la Tierra consta de una parte sólida y otra líquida. ¿Qué pasaría si llegaras al núcleo? Probablemente te desintegrarías antes de acercarte porque esta capa alcanza temperaturas cercanas a 6.700°C , casi tan caliente como la superficie del sol. El núcleo terrestre está a una distancia, hasta ahora, inalcanzable para los seres vivos. A la fecha, la perforación más profunda realizada en la historia fue de 12 kilómetros y se ejecutó en Rusia en 1989. Todo esto ocurrió en la piel de la Tierra, en la corteza. Estamos lejos de poder conocer en detalle qué pasa en las profundidades de la tierra que habitamos.



¡Mira cuántas
Capas tiene la Tierra!



El manto, externo e interno, es
el 80% del volumen de la Tierra

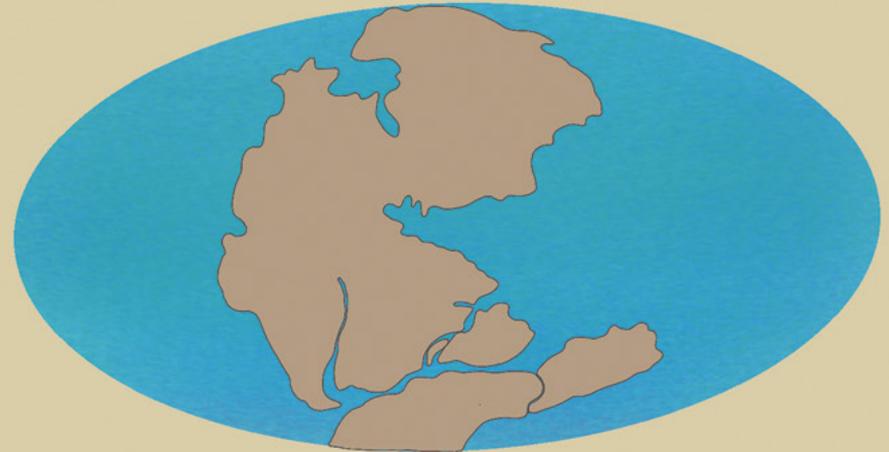


ESTRUCTURA DE LA TIERRA

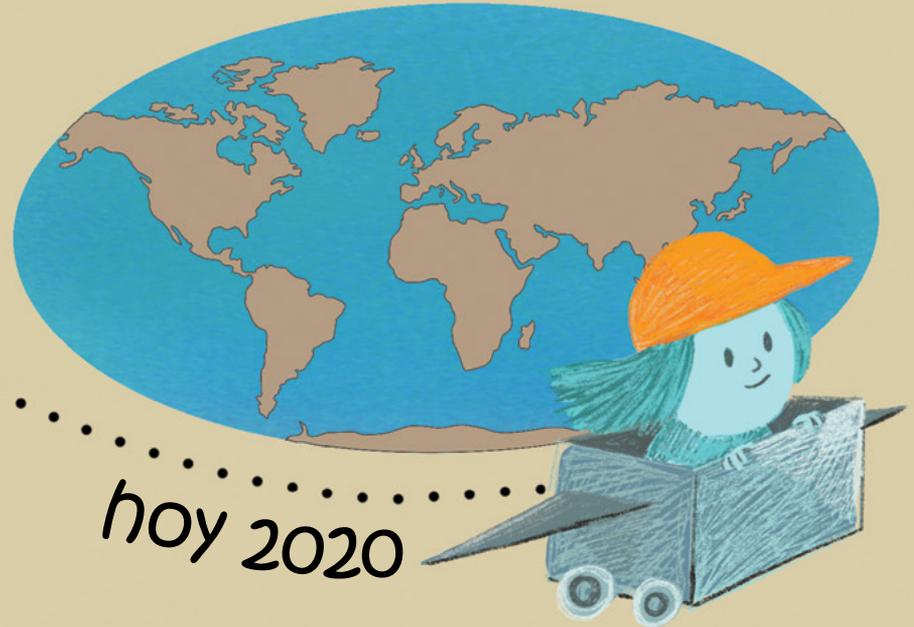
PANGEA

¿Hace cuánto tiempo crees que se sabe cómo está formada la corteza terrestre o primera capa de la Tierra? Hace menos de 100 años. Cuando tus abuelos eran jóvenes, había teorías que indicaban que la Tierra se estaba achicando y otras que decían que se estaba expandiendo, las que fueron descartadas hace no mucho tiempo. No fue sino hasta después de la Segunda Guerra Mundial, en la década del 60, y con la ayuda de submarinos, que investigaciones oceanográficas encontraron una clave para explicar cómo se mueve la corteza terrestre. En el fondo marino hallaron lugares donde las placas de la corteza terrestre se separan y se juntan, zonas en constante movimiento.

200 millones de años atrás



A partir de este descubrimiento se comprobó la teoría conocida como **deriva continental**, que exponía que hace cientos de millones de años todos los continentes que hoy conocemos estaban unidos, formando un único súper continente, al que se le llamó Pangea (pan= todo y gea = Tierra). Esta idea la propuso Alfred Wegener en 1915, curioso científico alemán, quien luego de varias expediciones, observó y planteó que Sudamérica y África encajaban entre sí como piezas de un rompecabezas, lo que indicaba que en un pasado lejano habían estado juntas. Esto lo confirmó mostrando que fósiles y rocas del continente americano y africano coincidían. Su propuesta fue muy revolucionaria para la época. A pesar de que Wegener no vio en vida cómo su teoría terminaría siendo



aceptada, fue gracias a sus ideas y las nuevas pistas encontradas en el fondo marino que se confirmó el movimiento de las placas tectónicas de la Tierra. Este es un buen ejemplo de cómo se construye el conocimiento científico. Las teorías hoy aceptadas fueron propuestas por alguien que se hizo preguntas y buscó respuestas, luego se suman nuevos descubrimientos y pistas ¿Qué teorías crees tú serán las aceptadas en 50 años más?



ESTRUCTURA DE LA TIERRA

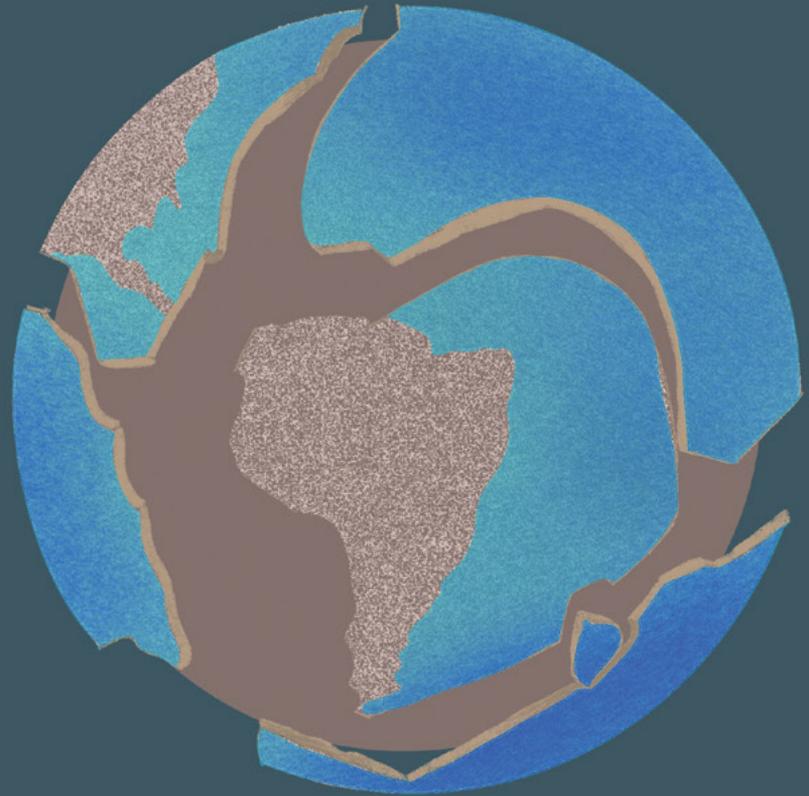
TECTÓNICA DE PLACAS



La capa externa de la Tierra, la corteza, no es una superficie lisa o estática. Al contrario, está en constante movimiento y está formada por enormes bloques móviles conocidos como placas tectónicas. En algunas zonas de la Tierra, las placas chocan. En otras se separan. Cuando las placas se alejan, se forma un espacio que se llena de magma o roca fundida, momento en que cambia de estado, de líquido a sólido, transformándose en corteza. Esta zona, dorsal

oceánica, es una especie de gran fábrica de corteza terrestre. Debido a las fuerzas que se producen al formar nueva corteza, estas placas se mueven y empiezan a presionar unas con otras. Luego de un proceso que puede tardar cientos o millones de años, la placa más densa se mete bajo la otra. Este proceso es conocido como **subducción**. Esto pasa en Chile donde la placa de Nazca se mete bajo la Sudamericana. Si pudieras ver el choque entre estas dos placas en

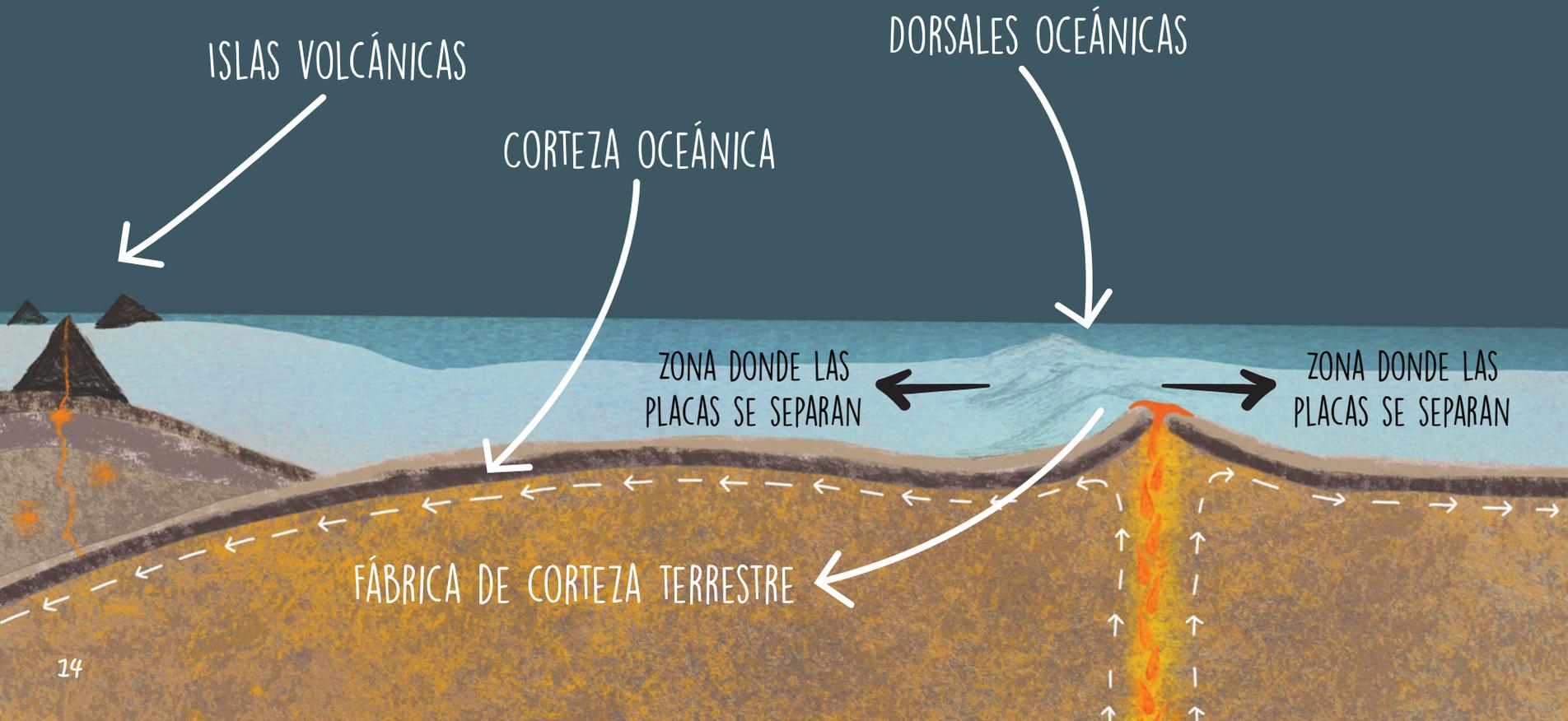
Al menos 15 placas tectónicas principales conforman la corteza terrestre. ¿Cuáles son las placas que chocan bajo Chile?



cámara rápida, notarías cómo la presión genera que una de las dos se empiece a levantar y agrietar, formando una zona “arrugada”, los **cordones montañosos**, como la cordillera de Los Andes, zona que además tiene muchos volcanes. En esta misma área, el roce entre las placas acumula energía y presión. Cuando la presión es mucha, las placas logran avanzar y toda esta presión se libera, generando terremotos.



ESTRUCTURA DE LA TIERRA





¡Mira cómo se mueven las placas de la Tierra!



CORDILLERA DE LOS ANDES

VOLCÁN ACTIVO

ZONA DE CONTACTO ENTRE DOS PLACAS

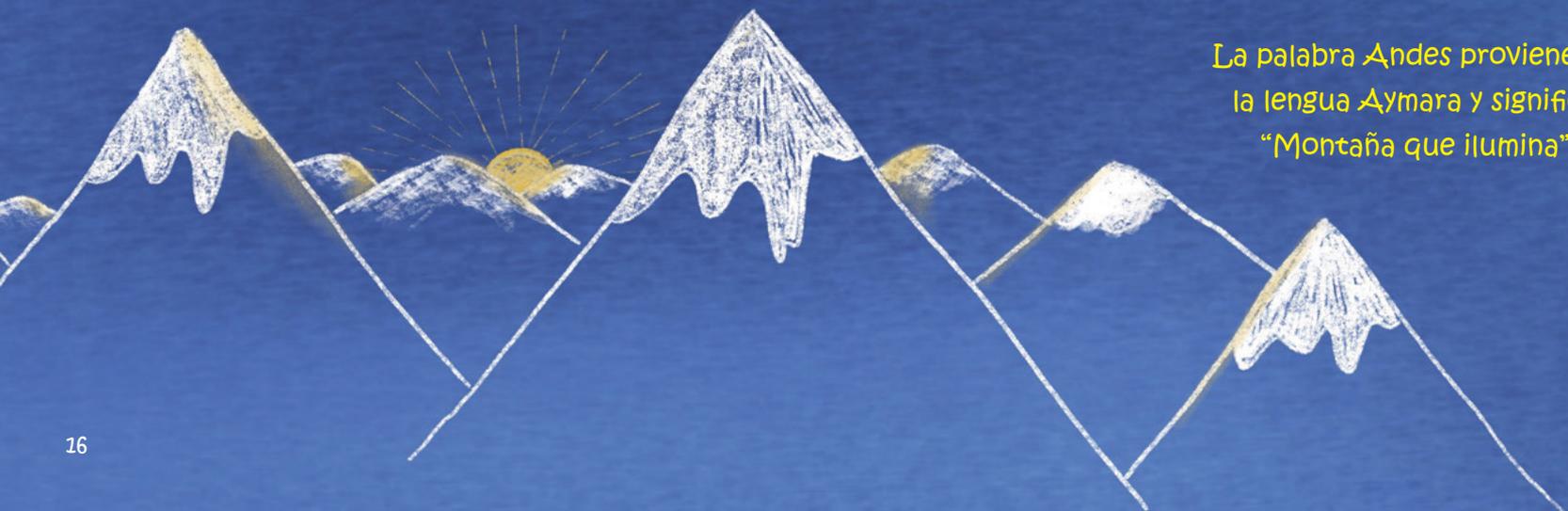
CORTEZA CONTINENTAL

SUBDUCCIÓN



CORDONES MONTAÑOSOS

CORDILLERA DE LOS ANDES



La palabra Andes proviene de la lengua Aymara y significa "Montaña que ilumina"

La Cordillera de Los Andes es parte fundamental de la cultura y geografía de los territorios andinos. Si bien desde muchas partes pareciera que si se llegara a la cumbre de la montaña más cercana se podría ver Argentina, en realidad la Cordillera de Los Andes es una extensa zona de cientos de montañas. Lo que se ve desde Chile es solo la primera parte de la cordillera y más atrás hay más montañas aún. Si te pudieras subir a un avión y cruzar hacia Argentina, verías lo gruesa que es. Esta larga cordillera nos une con nuestros vecinos latinoamericanos como Perú o Colombia porque se extiende desde Chile hasta Venezuela.

La formación de la Cordillera de Los Andes ocurrió gracias al movimiento de las placas tectónicas y al proceso de subducción, es decir, donde chocan las placas, hundiéndose una placa bajo otra, en este caso las placas de Nazca y Sudamericana. En un tiempo de cientos de millones de años, este movimiento dio vida a la Cordillera de Los Andes, hogar de cientos de volcanes.





CORDONES MONTAÑOSOS

VOLCANES

Estos titanes son una expresión del calor de la Tierra. Los volcanes son aquellas partes donde el magma o material fundido logra tocar la superficie. Quienes estudian los volcanes, geólogas y geólogos, les llaman **activos** (o despiertos) a aquellos que han tenido alguna erupción en los últimos 11.700 años. Cuando mires un volcán, imagina que bajo esta gran estructura, a un par de kilómetros de distancia, se encuentra su fuente de calor, un espacio muy caliente que acumula **roca fundida, gases y cristales**, a estas zonas se les conoce como **cámaras magmáticas** (en la siguiente sección

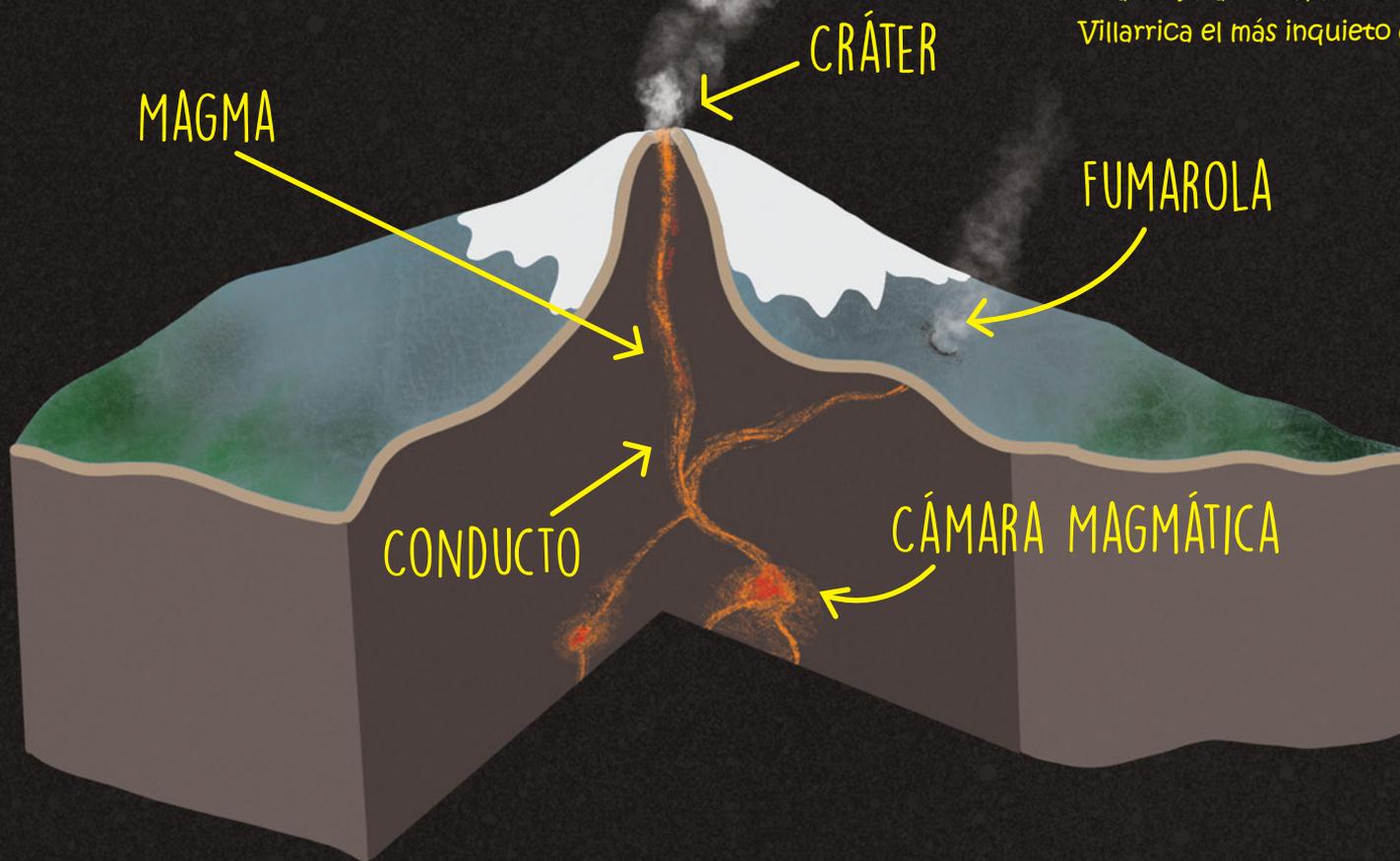
conversaremos más sobre estos lugares). Cuando el magma logra subir a la superficie estamos ante la presencia de una erupción volcánica. Este fluido caliente se mueve bajo tierra por delgados túneles, **los conductos alimentadores**.

Si bien podrías imaginar que el volcán está conectado con el núcleo, no es así. En realidad, el magma que sale del volcán viene de una zona de calor ubicada en la corteza de la Tierra.

El magma buscará siempre el camino más fácil para salir, por ello, es probable que se formen varios conos o volcanes cerca de una misma fuente de calor.

PARTES DE UN VOLCÁN:

¿Hay algún volcán en tu ciudad?
Probablemente sí, porque el territorio chileno cuenta con cientos de **Volcanes dormidos (o sin actividad)** y cerca de 90 activos, siendo el Volcán Villarrica el más inquieto del país.



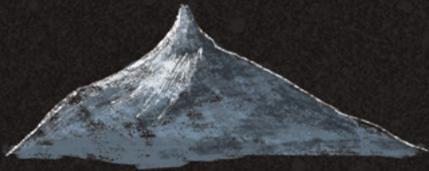


CORDONES MONTAÑOSOS

CHILE, TIERRA DE VOLCANES

Si tienes lápiz y papel dibuja un volcán. Mira tu dibujo. ¿Tu volcán tiene forma de cono? Si es así, entonces se parecerá a la forma de la mayoría de los volcanes en Chile. ¿Por qué tienen esa silueta? Para responder esta pregunta, imagina ahora una erupción volcánica, cuando la lava sale desde el cráter del volcán, al estar en contacto con la superficie se va enfriando como la cera de una vela y se va acumulando. Es por esto que un volcán es una foto del pasado, ya que toda la roca sólida que está allí, antes fue lava que salió producto de una erupción. Quienes observan e investigan los volcanes llaman a este tipo de formaciones **estratovolcanes**, y pertenecen a esta familia los agitados volcanes Villarrica y Lonquimay, los que viven en tierra mapuche, en La Araucanía. La forma de cono no es una regla en el mundo de los volcanes, pues los hay de distintas formas. Hay algunos

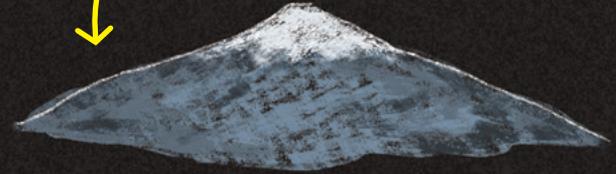
que tienen una forma chata, como los volcanes Hudson y Sollipulli y varios otros que habitan en la Cordillera de Los Andes. Si volvemos a tu dibujo... ¿Le dibujaste nieve? Existen muchos volcanes con nieve en la punta, pero también muchos que no. Los más altos tienen la suerte de contar con un sombrero blanco, pero hay muchos que visten solo un traje café. En Chile hay volcanes para todos los gustos. Intensos como el volcán Llaima (La Araucanía), que ha registrado más de 23 grandes erupciones en los últimos 100 años. Sin cabeza, como el Descabezado Grande (Maule), que perdiendo su mollera en una gran erupción, hoy cuenta con un enorme cráter de cerca de un kilómetro. De peculiar forma como el Puntagudo (Los Lagos) o altísimos como Ojos del Salado (Atacama) que encabeza la lista de los más altos del mundo.



Volcán Puntagudo



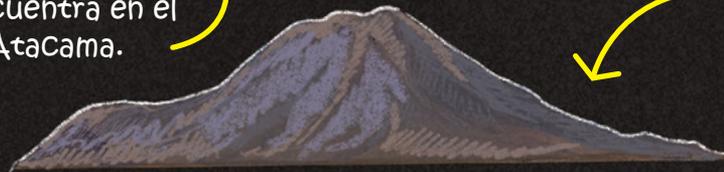
Volcán Lonquimay



Volcán Osorno



Volcán Láscar



¡Adivina cuál volcán es!
Una pista, se encuentra en el
desierto de Atacama.



La ceniza volcánica entrega nutrientes a campos y cultivos, por ello, el territorio nacional es muy fértil. No es casual el alto desarrollo de la agricultura en el país. Este hecho confirma que en la naturaleza no existen casualidades, solo causalidades.





CORDONES MONTAÑOSOS

CÁMARA MAGMÁTICA

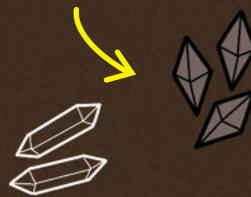
Una de las primeras cosas que nos cuenta un volcán despierto o activo es que bajo sus pies existe una fuente de calor: **la cámara magmática**. Este es un lugar donde se acumula magma o calor proveniente de las lejanas zonas más calientes de la Tierra. Tal como varía la forma de los volcanes, también varía su fuente de calor. Estas, además, cambian de volcán en volcán. Nadie ha visto una cámara porque se encuentran escondidas bajo tierra, pero hay diversas teorías sobre su forma, distancia de la superficie y composición. Lo que sí se

sabe es que esta especie de corazón del volcán no es una masa compacta, sino que se compone de varios elementos en distintos estados como **roca fundida, gases y cristales**. Este magma va haciendo su propio camino para llegar a la superficie, construyendo túneles o cuevas subterráneas conocidas como **conductos alimentadores**, los que se pueden conectar entre sí como un gran sistema de tuberías subterráneas. Estos túneles son muy delgados en comparación con el cráter del volcán y se extienden kilómetros bajo tierra.

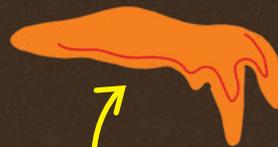
Cámara en erupción

En muchos aspectos, una botella con bebida gaseosa es muy parecida a una cámara magmática. Dentro de ella hay varios elementos, uno de los principales aparte del líquido, es el **gas**, el cual no es tan fácil de ver con la botella cerrada, pero si la agitas y luego la abres, ¿qué pasa? Por cambios de presión, el líquido sale expulsado. Esto mismo pasa con la cámara magmática. Cuando ocurre una erupción volcánica, el gas, elemento fundamental de estas reservas calientes, al estar bajo una variación de presión, logra movilizar el flujo y tocar la superficie.

CRISTALES



MAGMA



GASES



¡Mira la Cámara magmática en erupción!



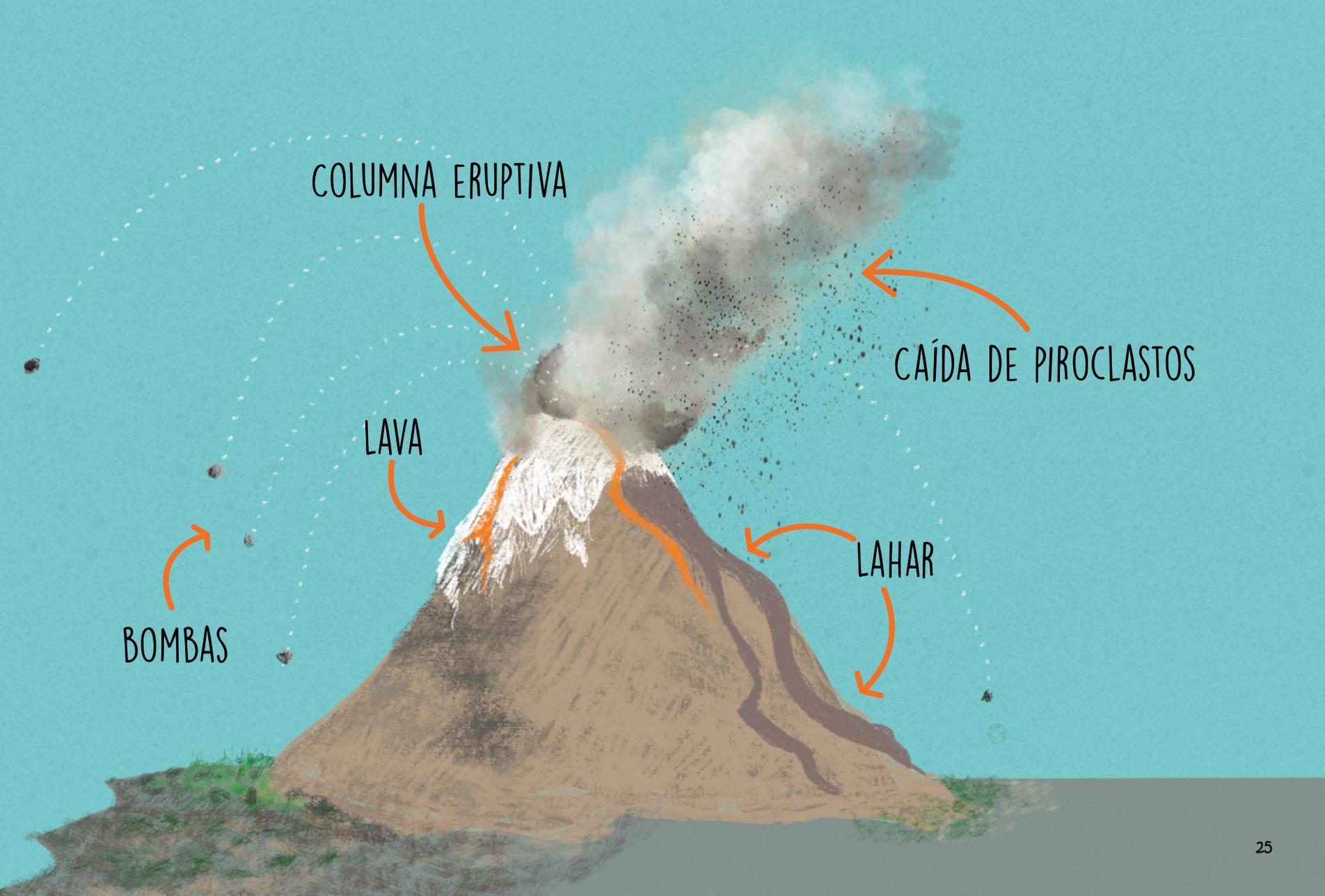


PROCESOS VOLCÁNICOS

ERUPCIÓN VOLCÁNICA

Al igual que las personas, cada volcán es único y responde a características particulares, y ante una erupción o una situación de estrés, reacciona de forma distinta. Lo que sí tienen en común es que durante una erupción sale material desde el cráter del volcán. Las erupciones volcánicas tienen distintas personalidades o características. Una **efusiva** es muy intensa y se caracteriza por tener mucha lava, mientras que una **explosiva** incluye una alta columna eruptiva y lanza rocas de distintos tamaños.

Aunque geólogas y geólogos no pueden predecir una erupción, sí pueden observar el comportamiento de los volcanes para advertir a las personas que viven cerca sobre la posibilidad de una erupción. Además, algunas amenazas siempre recorren el mismo camino, como la lava o el lahar (los que revisaremos más adelante). Por eso, al construir ciudades o pueblos, es importante considerar la historia eruptiva de los volcanes vecinos, así como también estudiarlos.



COLUMNA ERUPTIVA

CAÍDA DE PIROCLASTOS

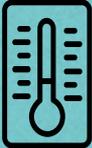
LAVA

LAHAR

BOMBAS



PROCESOS VOLCÁNICOS

LAVA 

Lejos, la más conocida de las amenazas, la lava, es la especie de río anaranjado de material rocoso fundido que sale desde el cráter de un volcán. Su alta temperatura es una de sus características, así como también su baja velocidad, aunque depende de la pendiente o inclinación del territorio. La lava alcanza velocidades entre 1 y 40 km/h; la velocidad es similar a la que podrías alcanzar tú caminando rápido, pero puede llegar a la de un atleta



¡Mira como se mueve la lava!



de alto rendimiento. Su extensión también varía. Hay registros de largos “ríos o coladas de lava” de hasta 14 km, como la erupción del volcán Villarrica en 1971. La lava no es lo mismo que el magma, como vimos en las secciones anteriores, ya que el magma es el material que está bajo tierra y que al salir a superficie cambia su estado. En este proceso cambian también varias cosas en su interior, por eso se le conoce como lava al salir.



La lava alcanza velocidades entre 1 y 40 km/h



PROCESOS VOLCÁNICOS

LAHAR

Pese a ser desconocido, el lahar puede ser muy peligroso. El lahar se forma cuando el material caliente que sale del cráter derrite la nieve de la cima de un volcán, convirtiéndose en una masa de agua, barro y residuos que se mueve a gran velocidad por las laderas del volcán. Al contrario de la lava, el lahar es veloz como una chita o guepardo e incluso un auto en una autopista, pudiendo alcanzar, en algunos casos, una

→
¿Hasta dónde puede
llegar un lahar?



velocidad de más de 100 km/h. Al igual que la lava, es posible predecir su recorrido porque el lahar utiliza los caminos trazados por los ríos y las pendientes de los volcanes para moverse. Ante una erupción, el lahar es uno de los primeros en bajar del volcán, por eso es clave conocer su camino para no cruzarlo mientras lo hace, porque se lleva consigo todo a su paso, como árboles, piedras, puentes o incluso casas.



El lahar es rápido y puede correr a la misma velocidad de una chita (100 km/h).



PROCESOS VOLCÁNICOS



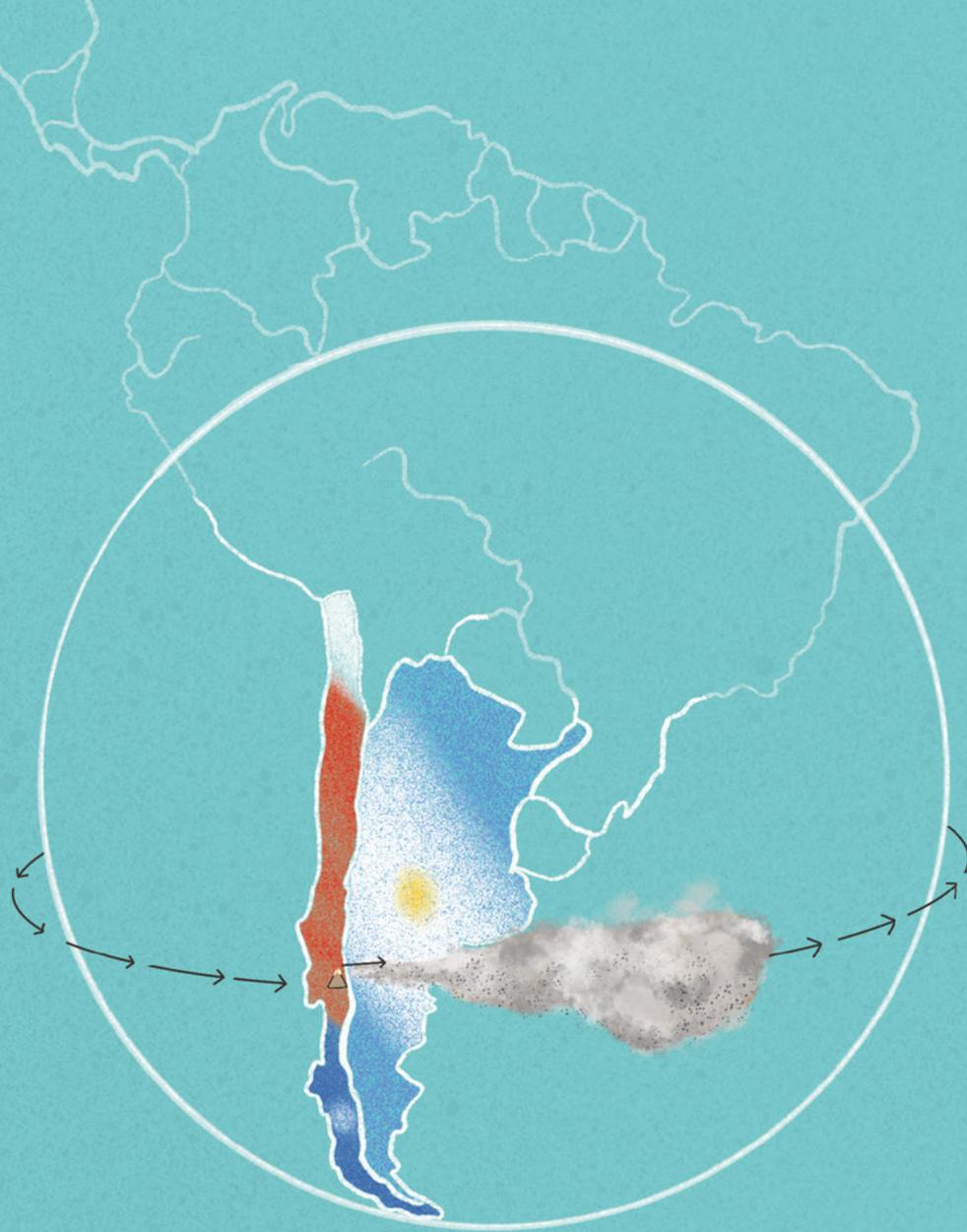
¡Mira todo
lo que sale
del volcán!



CAÍDA DE PIROCLASTOS

No son muy conocidos y su nombre es un poco enredado, pero es importante que los conozcas porque pueden significar un peligro. Se conoce como piroclasto a los pequeños o grandes trozos de rocas que son expulsados del volcán. Se incluye en este grupo a la ceniza volcánica, rocas medianas como una pelota de básquetbol y rocas grandes

del porte de una pelota de pilates. Todos estos trozos salen del cráter del volcán o son lanzados de la columna eruptiva. Su peligrosidad está asociada no sólo a que pueden caer estas enormes rocas en el patio de tu casa, sino también a la ceniza que puede afectar el alimento de animales y a los seres humanos al hacer colapsar techos de viviendas.



La ceniza volcánica puede afectar el transporte aéreo. En grandes erupciones, como la del Chaitén en 2008, la ceniza dio vueltas alrededor de la Tierra.



PROCESOS VOLCÁNICOS

BOMBAS

Pertenecientes al grupo de piroclastos, estas grandes rocas son material formado por magma que sale expulsado desde el cráter del volcán en erupciones explosivas. Su tamaño es superior a 64 mm de diámetro y su forma en general es aerodinámica debido a la manera en que son lanzadas desde el volcán. Su trayectoria es variada, pero pueden llegar a alcanzar varios kilómetros desde su lugar de origen.

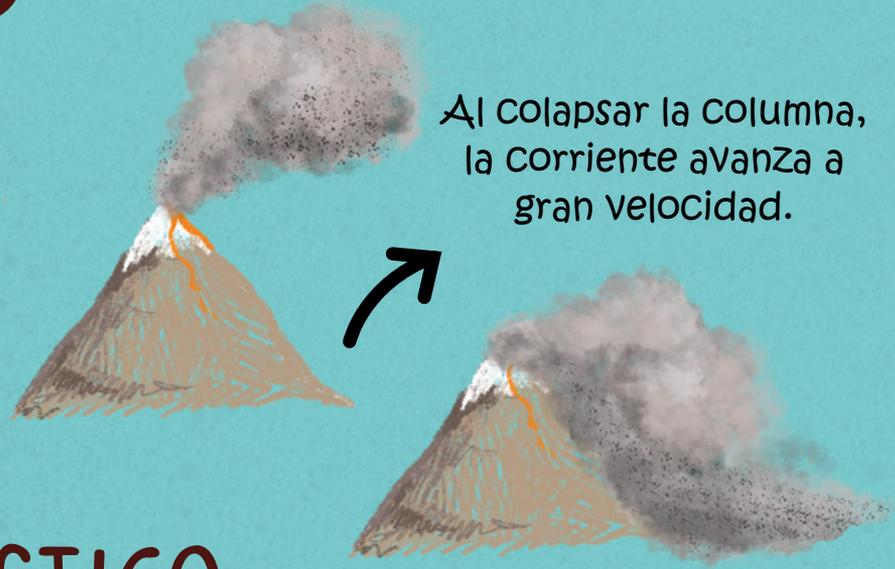
¿Por qué crees que las bombas cambian de color?







PROCESOS VOLCÁNICOS

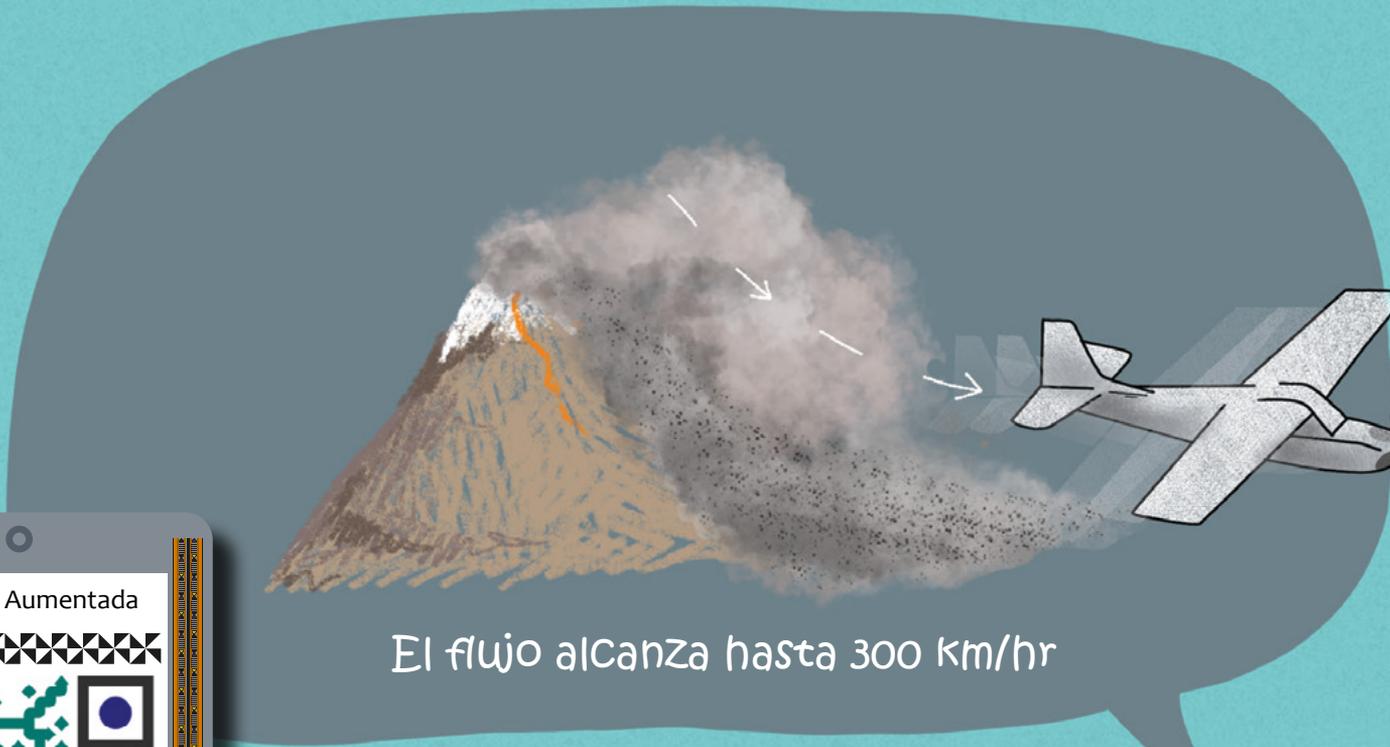


Al colapsar la columna, la corriente avanza a gran velocidad.

FLUJO PIROCLÁSTICO

Esta amenaza es de las más peligrosas y es una especie de nube caliente formada por todas las partículas que salen del volcán, es decir, rocas, cristales y gases. Estos se transforman en una corriente densa que avanza a gran velocidad y alta temperatura. Este flujo alcanza velocidades casi tres veces mayores que las del lahar

(hasta 300 km/hr) y es muy caliente: pudiendo llegar a los 700° C. En el volcán Villarrica se han identificado 16 flujos piroclásticos ocurridos durante los últimos 14.000 años, y de los últimos registrados en Chile, se conoce el caso del volcán Chaitén en 2009, un año después de su primera erupción.



El flujo alcanza hasta 300 km/hr

¿Qué ves aquí?





LAS ROCAS Y SUS HISTORIAS

Las rocas son narradoras naturales de la historia de la Tierra. ¿Cómo era el territorio hace millones de años? ¿Cuántas erupciones volcánicas han existido? Para conocer en detalle las respuestas a estas preguntas, cada roca nos cuenta una historia a través de sus colores, componentes, texturas y formas, lo que ayuda a geólogas y geólogos a entender todo lo que ha vivido en su vida. Las rocas están formadas principalmente por minerales y las podemos clasificar, de acuerdo con su historia de vida o proceso de formación, en tres tipos.

1. ÍGNEAS: Se forman cuando la roca derretida se enfría y endurece. Existen dos tipos de rocas ígneas. **a) volcánicas:** por el alto volcanismo del país, es fácil encontrar este tipo de rocas cerca de volcanes, sobre todo activos. La piedra pómez y la obsidiana pertenecen a este grupo. **2) plutónicas:** el proceso de enfriamiento de la roca ocurre bajo la superficie. ¿Cómo logramos ver esta roca si se forma bajo tierra? Debido al movimiento constante de las placas tectónicas y ocasionalmente, por las erupciones volcánicas que las expulsan.

2. SEDIMENTARIAS: Se forman cuando sedimentos o partículas se acumulan y endurecen. ¿Has tenido la oportunidad de ir a un río? Si es así, seguro haz visto uno de los materiales que dan vida a las rocas sedimentarias como la arenilla. Estas partículas pueden ser transportadas por el agua, viento o hielo. Estas rocas nos ayudan a entender procesos evolutivos porque en ellas se encuentran fósiles o restos de vida que quedaron capturadas con el paso del tiempo.

3. METAMÓRFICAS: Cuando una roca es sometida a mucha presión y temperatura esta se deforma, cambiando sus minerales. Luego de este proceso de cambio pasa a ser una roca metamórfica.



¡Mira la Variedad
de rocas! ¿Cuál es tu favorita?



¿Podría una roca cambiar
de estado y dejar de ser sólida?

¡Sí. Para comprobarlo, basta con mirar
en YouTube un video de una erupción
volcánica. Toda la lava que sale del
cráter de un volcán es: iroca fundida!

La cual estuvo expuesta a tan altas
temperaturas y presión que se fundió.



RESERVAS DE AGUA



AGUA SUBTERRÁNEA

Aunque no la podamos ver porque se encuentra bajo la superficie terrestre, el agua subterránea es un recurso muy valioso porque es la principal fuente de agua dulce que tenemos los seres vivos. ¿Cómo crees que se almacena el agua subterránea? Si bien podrías pensar que son especies de ríos o lagos escondidos bajo tierra, en realidad esta agua se almacena en la roca. ¿Cómo? Gracias a que las rocas están compuestas por poros y fracturas, son permeables, lo que permite que el agua circule.

Lo que hay bajo tierra no es uniforme. Si hiciéramos un

pozo para extraer agua subterránea en el patio de tu escuela, puede que encontremos agua, pero quizás en la casa vecina no haya. Esto se debe a las diferencias de tipos de suelo y a las fracturas de las rocas que hay bajo la superficie.

El agua que proviene de la lluvia es absorbida por el suelo, y con el paso de decenas o cientos de años se acumula entre las rocas. Es un largo camino el que recorre el agua para llegar a situarse bajo tierra, por ello, la misión de cuidar estas reservas que están bajo nuestros pies es fundamental para todas y todos quienes habitamos hoy la Tierra y las futuras generaciones.



El agua se almacena en rocas gracias a su porosidad y fracturas.

Este proceso puede tardar cientos de años.



GEOTERMIA



Una de las bondades de vivir en tierra de volcanes es que bajo nuestros pies hay calor y energía. A la energía asociada al calor interno de la Tierra se le conoce como geotermia (geo = Tierra y termia = calor). Si bien esta fuente de calor está bajo la superficie, tú puedes ver sus expresiones en todo el territorio que habitamos. Ese es el caso de las aguas termales, fumarolas, volcanes y géiseres. Si tienes la oportunidad de bañarte en una terma o visitar un volcán, podrás notar que algunas expresiones de la geotermia son muy sensoriales, las puedes ver, sentir e incluso oler. ¿Quién dijo que la geotermia no se veía?

Las manifestaciones del calor de la Tierra se han

utilizado desde los orígenes de la humanidad para actividades culturales, de sanación, espiritualidad o incluso cocción de alimentos. Sin embargo, también se usa para generación de electricidad. Si bien se podría pensar que se genera electricidad a través de erupciones volcánicas, esto no es así. En realidad, su utilización consiste en buscar y utilizar adecuadamente las reservas de calor que hay bajo tierra (en la siguiente sección te contaremos más detalles). En Chile, la exploración geotérmica comenzó hace 100 años, pero no fue sino hasta 2017 que se inauguró la primera -y hasta ahora única- planta geotérmica del país, Cerro Pabellón en la región de Antofagasta.



La geotermia se usa en Chile principalmente en baños termales, sin embargo, se puede usar también para calefaccionar casas o incluso generar electricidad. La geotermia es una energía limpia y renovable.





RESERVORIO GEOTERMAL

¿Cómo se puede generar electricidad con geotermia?

Para producir electricidad se requiere identificar los lugares bajo tierra donde se concentra esta energía, conocidos como **reservorios geotermiales**, lugares que están a un par de kilómetros de profundidad.

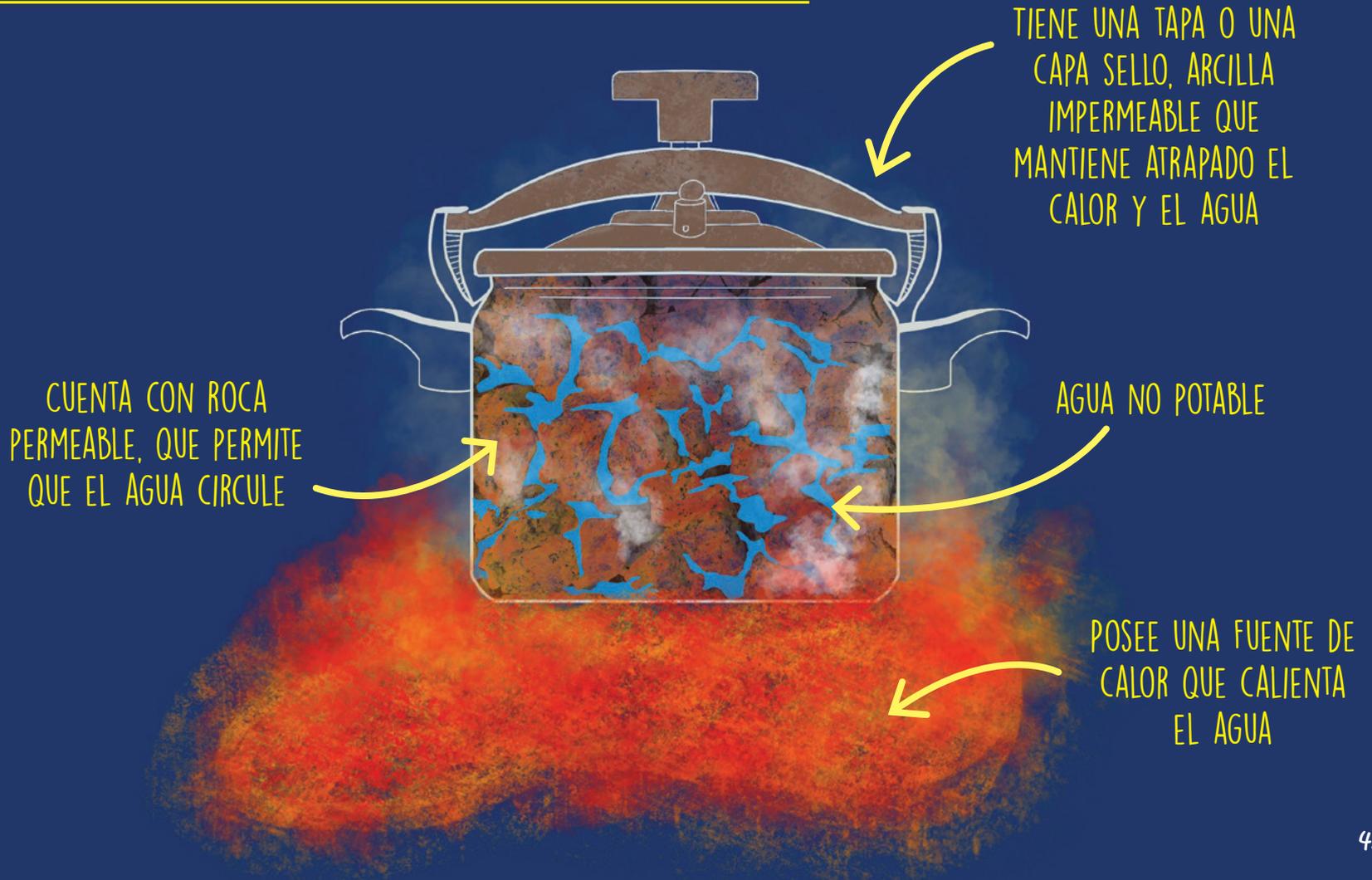
Imagina estas reservas de calor como una gran olla a presión. ¿Sabes qué diferencia una olla a presión de una olla común y corriente? Su tapa. Su cubierta tiene seguros que permiten que se cierre completamente, lo que hace que el agua se mantenga a mayor temperatura que en una olla común. Ahora, volviendo al reservorio geotermal... La tapa, en este caso es una capa de roca impermeable. Esta especie de sello captura y deja el calor y el agua atrapados. Bajo esta tapa hay unas rocas fracturadas

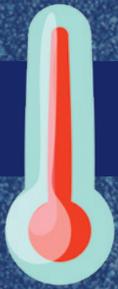
y permeables, las que permiten que el agua circule. Esta agua no la podrías tomar porque al estar a gran profundidad, deja de ser potable. Toda esta agua se calienta gracias a una fuente de calor como las que vimos en las secciones anteriores.

Para poder extraer el calor acumulado en un reservorio geotermal se construyen pozos de uno a tres kilómetros, con los cuales se saca el agua caliente y luego se devuelve. Reintegrar el agua a la tierra es un proceso clave porque protege la vida del reservorio y permite que sea una fuente renovable de energía.

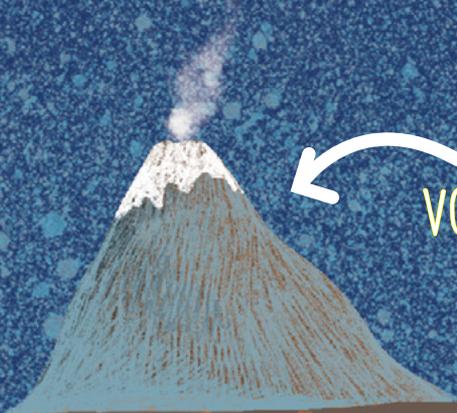
Los sistemas geotérmicos son muy distintos unos de otros y no siempre están cerca de volcanes, por ello se ha transformado en un gran desafío para geólogos y geólogos encontrarlos y, por sobre todo, protegerlos.

UN RESERVORIO ES COMO UNA OLLA A PRESIÓN:

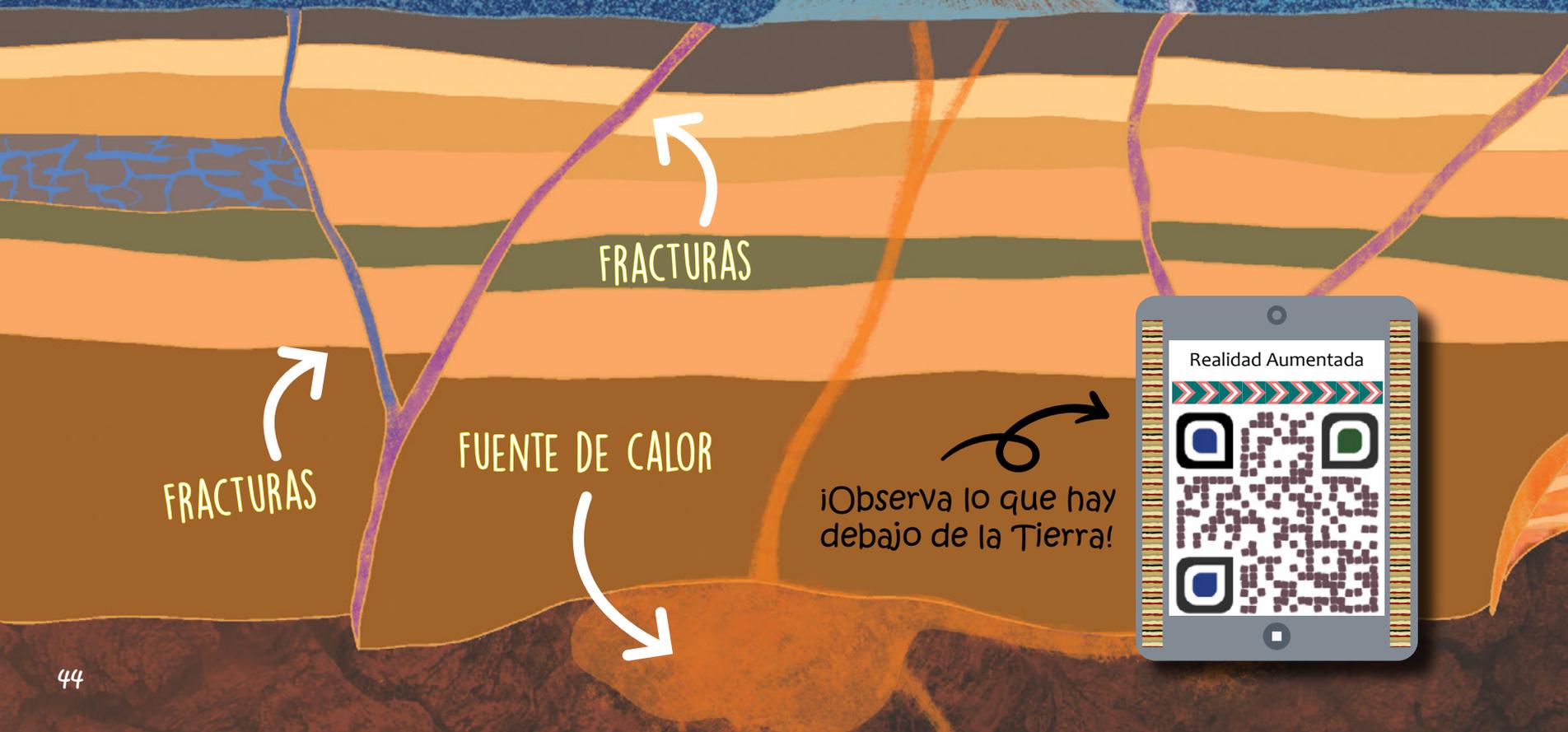




SISTEMAS GEOTERMALES



VOLCÁN ACTIVO



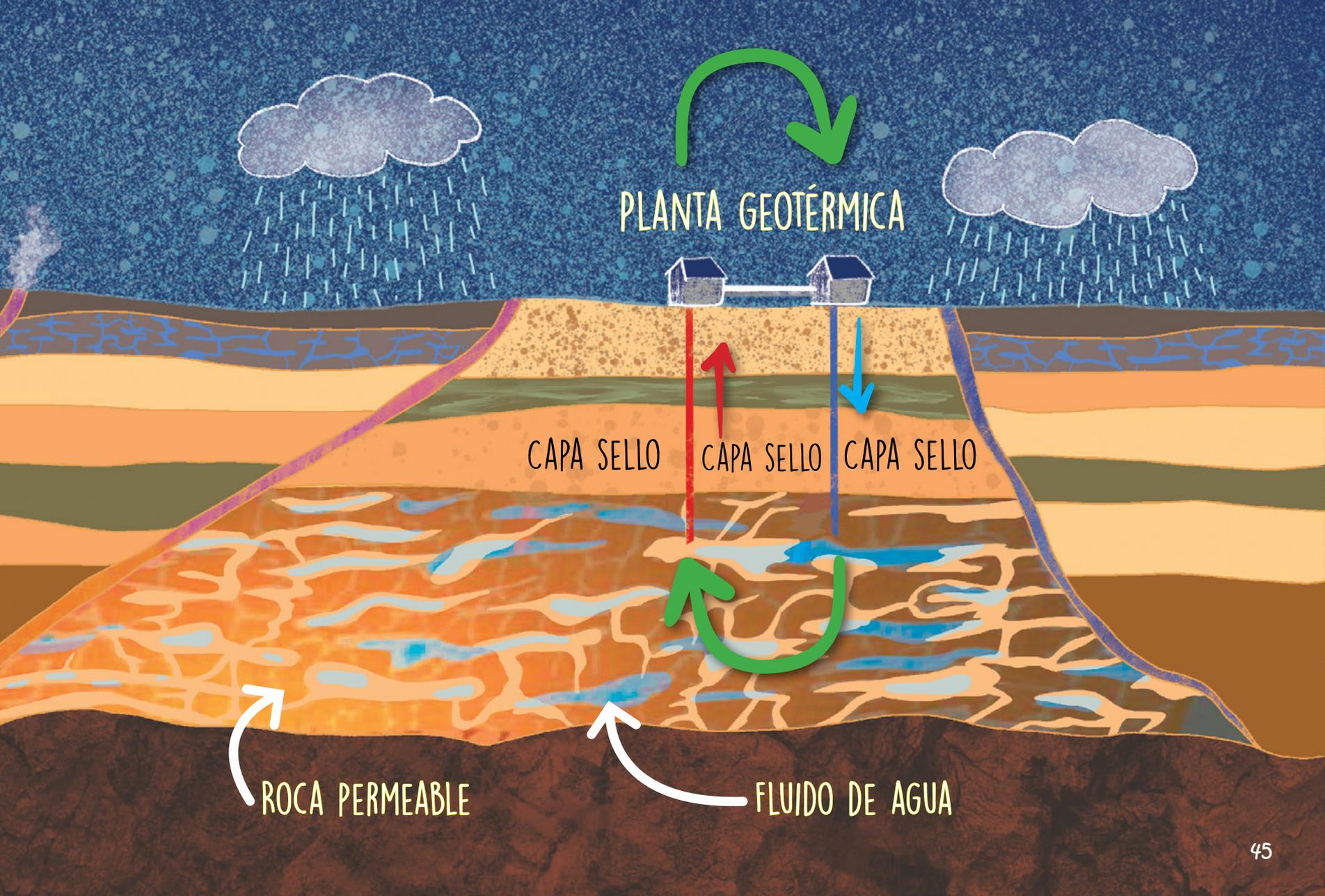
FRACTURAS

FRACTURAS

FUENTE DE CALOR

¡Observa lo que hay debajo de la Tierra!





PLANTA GEOTÉRMICA

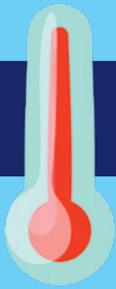
CAPA SELLO

CAPA SELLO

CAPA SELLO

ROCA PERMEABLE

FLUIDO DE AGUA



USO DIRECTO DE GEOTERMIA: BOMBAS DE CALOR

¿Por qué crees que algunos animales como perros o topos hacen agujeros en la tierra para protegerse del frío en invierno? Esto pasa porque la Tierra es una especie de gran batería que almacena el calor que recibe del sol. Bajo nuestros pies la temperatura es la misma durante todo el año. Si hicieras un hoyo de tu estatura en el patio de tu casa, podrías notar que la temperatura es igual todo el tiempo y no depende del clima o de lo que pase en la superficie. Los sistemas de uso directo de geotermia usan esa

estabilidad del subsuelo para climatizar ambientes. Para poder utilizar este calor, la geotermia tiene una relación virtuosa con la electricidad. ¿Cómo? A través de **bombas de calor geotérmicas**, tecnología que permite sacar un poco del calor del suelo para poder calefaccionar espacios como salas de clases o casas. Hoy, en Chile, hay escuelas y hospitales climatizados con geotermia. Estos sistemas podrían ayudar a descontaminar ciudades, reemplazando la leña por geotermia.

No es necesario estar cerca de un volcán para utilizar el calor de la Tierra. La tierra es una especie de batería que acumula calor.



JUEGOS



CONTEMOS HISTORIAS

Te invitamos a que busques una roca y la revises con detención. Identifica su color, forma y textura. Si tienes una lupa, aún mejor. Revisa con la app de este libro la sección Rocas y trata de identificar de qué tipo es y qué historia te puede contar. Luego puedes dibujarla y escribir una historia sobre qué camino crees que recorrió antes de llegar a tus manos.



VOLCANÓLOGA O VOLCANÓLOGO POR UN DÍA

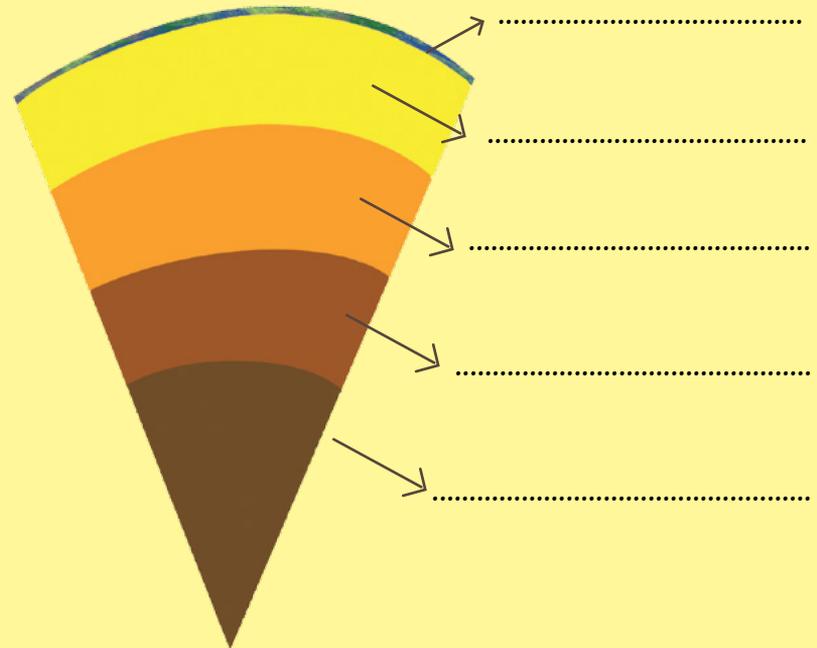
Te invitamos a ser volcanóloga o volcanólogo. Investiga conversando con tu familia o en internet sobre un volcán despierto que esté ubicado cerca del lugar donde vives y responde las siguientes preguntas:

1. ¿Cuándo fue su última erupción?
2. ¿Viven personas cerca del volcán?
3. Revisa las imágenes en tres dimensiones de la app de realidad aumentada ¿Cuál fue la mayor amenaza en la última erupción de tu volcán vecino? ¿Cómo se podría disminuir el riesgo de ser afectado o afectada por alguna amenaza?



CAPAS DE LA TIERRA

Revisa el libro y escribe los nombres de las capas.





DESCUBRE LAS PALABRAS EN LA SOPA DE LETRAS

Lee las pistas y encuentra los conceptos en la sopa de letras.

1. Fuente de calor compuesta por roca fundida, gases y cristales.
2. Cuando el magma sale a superficie se le conoce como...
3. Amenaza volcánica que se compone principalmente de agua y se mueve a gran velocidad.
4. Energía renovable que se obtiene a partir del calor interno de la Tierra.
5. Capa de la Tierra delgada como la cáscara de una fruta.
6. Proceso que describe cuando una placa tectónica se incrusta debajo de otra.
7. Nombre del material expulsado a través de la columna eruptiva, puede tener diferentes tamaños como ceniza o bombas.

C	B	F	C	D	F	Á	J	o	H	Ó	Y	U	Í	E	A	H	Y
Ó	O	I	Á	A	F	Á	J	o	H	Ó	Y	U	Í	E	M	S	A
F	L	Ú	M	R	A	G	E	O	T	E	R	M	I	A	G	E	A
A	A	C	A	C	Í	N	F	D	L	H	Á	U	N	A	A	D	Í
E	S	E	R	V	O	R	I	O	G	E	O	T	E	R	M	A	L
P	É	A	A	B	E	E	B	S	R	N	Ú	O	D	L	B	D	I
I	C	W	M	I	R	C	D	E	C	A	L	O	R	U	I	I	R
R	E	U	A	I	N	P	O	L	O	L	A	V	A	L	N	A	A
O	N	O	G	B	Ú	P	R	R	L	L	A	N	Ú	C	T	E	H
C	I	A	M	Í	C	T	O	L	T	V	A	Ñ	B	A	R	D	A
L	Z	Z	Á	A	L	E	F	M	M	E	L	A	S	H	U	A	L
A	A	E	T	G	E	R	O	Á	E	U	Z	G	O	X	S	T	T
S	N	T	I	U	O	O	Ú	E	I	Z	A	A	Á	S	I	D	A
T	E	R	C	A	T	E	R	R	E	M	O	T	O	C	V	Ó	S
O	T	O	A	L	S	U	B	D	U	C	C	I	Ó	N	A	L	T

AGRADECIMIENTOS



Nuestra gratitud a la escuela Diego Portales de Quinta Normal y al colegio Leonardo Da Vinci de Las Condes por abrirnos sus puertas y darnos un espacio para realizar los talleres educativos. Al equipo de niñas y niños que nos permitieron ver y entender procesos geológicos desde su mirada, pero por sobre todo por su entusiasmo, alegría y cariño: Sebastián Díaz, Vicente Domínguez, Sebastián Romero, Pamela Valdés, Carlos Rey, Josefa Rojas, Débora Traslaviña, Sofía Zúñiga, Carolina Durán, Javier Ferrada, Vicente Marín, Justina Popote, María José Palma, Martina Lubones, Neissa Garcón, Renata Olivares, Emiliana González y Melissa Contreras.

Agradecemos también al geo-equipo que estuvo atento a las infinitas consultas que surgieron en este proceso, en especial a Diego Morata, Diego Aravena, Linda Daniele, Miguel Angel Parada, Álvaro Amigo, Mauricio Muñoz, Christian Betancourt, Daniele Tardani, Patricia Larrea, María Angélica Contreras y Francisca Aguilera. Por último, queremos agradecer al Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes, CEGA, (ANID/ FONDAP/15090013) en especial a su director, Dr. Diego Morata, por brindar el espacio para soñar, imaginar y crear.

EQUIPO



Textos y edición general. Directora del proyecto **Sofía Vargas Payera**

Investigadora social con formación en comunicación. Trabaja en la interfaz ciencia y sociedad. Se ha interesado en la comunicación de riesgos y en investigar componentes sociales y culturales asociados al calor de la Tierra. Democratizar el conocimiento científico es una de sus fuerzas movilizadoras y Gabriela, su inspiración.



Ilustradora: creación de ilustraciones y **asesoría pedagógica** **Alejandra Ramírez Neilson**

Artista visual, docente, ilustradora y tatuadora. Durante su carrera ha mantenido la conexión entre la educación y el arte, lo que le ha permitido participar en proyectos educativos y culturales como el colectivo “Cuentos en Fa” y la recientemente estrenada temporada para niñas de “Ojo en Tinta”. Apasionada por las buenas historias, los cuentos misteriosos y sus Chipis.



Colaboradora científica: asesora de contenidos **geológicos y oradora de talleres** **Camila A. Pineda Ramírez**

Geóloga de la Universidad de Chile, actualmente realiza su investigación doctoral enfocada en grandes erupciones volcánicas, buscando entender cómo, cuándo y por qué se producen. La geología es uno de sus grandes amores y hablar de ella se ha convertido en una de sus pasiones.



Colaboradora pedagógica: coordinación de talleres **y asesoría pedagógica** **Ana Rojas**

Ha trabajado como profesora de Educación Diferencial de niños y niñas. Actualmente, su tesis de magíster se enfoca en los procesos de inclusión educativa de estudiantes inmigrantes. Uno de sus pasatiempos favoritos es coleccionar libros infantiles para leerlos en compañía de su hija Amaya.



Diseño de realidad aumentada **Taumatropo. www.taumatropo.com**

Estudio dedicado a la creación de material educativo a través del uso de diversos medios y técnicas como videojuegos, realidad aumentada y realidad virtual. Creado en 2013, Taumatropo ha trabajado en proyectos para el Museo de Historia Natural, Metro de Santiago, Barton Springs Edwards Aquifer Conservation District Texas, Big Bang Productora, Universidad de Chile, FOX y Warner Brothers.

REFERENCIAS SELECCIONADAS

Chile: Territorio volcánico (2019) Servicio Nacional de Minería y Geología, SERNAGEOMIN.

Goff, F., Janik, C. J. (2000). Geothermal Systems. In H. Sigurdsson, B. Houghton, McNutt Stephen, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), Encyclopedia of Volcanoes (pp. 1215-1227). San Diego, USA: Academic Press.

Grotzinger, J., Jorda, T. H., Press, F., Siever, R. (2007) Understanding Earth, 5ta ed. New York, USA.

Moreno, H. (1993) Volcán Villarrica. Geología y evaluación del riesgo volcánico, regiones IX y X, 39° 25`S. Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapa geológico a escala 1:50.000, mapa de riesgo volcánico a escala 1: 50.000

Moreno, H., & Clavero, J. (2006). Geología del volcán Villarrica, Regiones de La Araucanía y de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, 98.

Otero, Sofía (2014). La Tierra de Fuego: gente y naturaleza marcadas por el calor profundo.

Peterson, D. W., Tilling, R. I. (2000). Lava flow hazards. In H. Sigurdsson, B. Houghton, McNutt Stephen, H. Rymer, & J. Stix (Eds.), Encyclopedia of Volcanoes (pp. 1215-1227). San Diego, USA: Academic Press.

Stern, C.R., Moreno, H., López-Escobar, L., Clavero, J.E., Lara, L.E., Naranjo, J.A., Parada, M.A., Skewes, M.A., (2007). Chilean volcanoes, The geology of Chile, pp 147-178

Tarback, E. J., Lutgens, F. K. (2005). Ciencias de la Tierra, 8va ed., Madrid, España

Recursos digitales:

Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes, CEGA.
www.cega-uchile.cl
Servicio Nacional de Geología y Minería
www.sernageomin.cl

Te invitamos a visitar nuestra web
www.chilebajonuestrospies.cl

Envíanos tus comentarios,
sugerencias o preguntas.

Nos vemos!



Todas las personas, grandes o chicas, nos preguntamos por qué el mundo que conocemos es como es ¿Se puede llegar al centro de la Tierra? ¿Por qué los volcanes hacen erupción? ¿Qué tan caliente es la lava? Estas son algunas de las preguntas que “Chile: ¿Qué hay bajo nuestros pies?” ayuda a responder. Con un lenguaje sencillo y directo, este libro acerca a niñas y niños a conceptos clave de la geología que les permitirán comprender mejor el planeta que habitan y cómo cuidarlo. La presente edición es el fruto de un trabajo realizado en talleres educativos con escolares que a través de dibujos manifestaron sus principales dudas y curiosidades. Esta es una invitación para que sigamos haciéndonos preguntas sobre el mundo que habitamos.

www.chilebajonuestrospies.cl



PROYECTO FINANCIADO POR
EL FONDO NACIONAL DE
FOMENTO DEL LIBRO Y LA
LECTURA, CONVOCATORIA 2019.