

Como parte de la experiencia en el espacio también las superficies del terreno plantean límites. En esta área, las rocas están cubiertas por el bosque, lo que impide la observación de muchas potenciales evidencias. El paisaje es un límite y la apertura de caminos una posibilidad para la observación. En terreno se tiene que aprender a lidiar con las oportunidades para volver visible las evidencias del subsuelo y también los desafíos asociados a la invisibilidad de los elementos que se quiere estudiar.

1.3 Las trayectorias del calor

Uno de los mecanismos fundamentales para volver visible lo invisible son las muestras que se toman en terreno. Las surgencias de agua termal son un laboratorio natural en la zona para el estudio de la geotermia. A través del análisis geoquímico de muestras de agua termal en la superficie es posible seguir sus trayectorias subterráneas. Por medio del agua, y el estudio de su geoquímica, se busca acceder a las condiciones del subsuelo. Como me cuenta José, otro geólogo del equipo y quien desde su experiencia universitaria se especializó en la geotermia:

En la exploración por recursos geotermales, una muestra de agua es clave por que te puede dar las características termodinámicas en profundidad. Puede subir tan rápido que los minerales que ahí están disueltos, conservan las propiedades que están abajo, por lo tanto, podrías estimar las condiciones de temperatura en profundidad.

En este caso la materialidad de la evidencia es el agua y sus propiedades. Los minerales del agua permiten representar las condiciones del subsuelo. Estas observaciones permiten investigar un factor crucial en el estudio de la geotermia: el calor subterráneo.

El principio que siguen estos estudios es la relación entre elementos y la temperatura en el agua. Los elementos contenidos en el agua pueden ser utilizados como *geotermómetros indirectos*, ya que existen ciertas reacciones químicas que se producen en función de la temperatura. A través de los elementos en el agua se puede obtener información de la temperatura del subsuelo.

Al estudiar las surgencias y los contextos de producción de evidencia geotérmica, existe un dato relevante para este grupo. El agua brota desde las rocas fracturadas. Por medio de la textura de las rocas también se continúa estudiando la geotermia de la falla geológica en los laboratorios. La textura de la roca

cuenta historias de encuentros con el agua y su temperatura. Si bien, la textura intuitivamente como concepto se asocia al tacto, en el laboratorio se estudia a partir de imágenes que permiten volver visible la temperatura subterránea.



Figura 10: Surgencia de agua termal desde donde se extraen muestras de agua. En la imagen, el geólogo sumerge la mano para conocer la temperatura como primera aproximación a la surgencia; Elaboración propia (2019).

Luego del terreno, las rocas son trasladadas como muestras hacia los laboratorios de la universidad en Santiago. En estos espacios geólogos y geólogas vuelven luego del terreno. La figura 11 ilustra como las rocas recolectadas en terreno, ahora se encuentran junto a los escritorios para ser analizadas.

Visitando al grupo en el laboratorio luego del terreno, Juan toma una de las muestras y me provoca a adivinar de que lugar de donde proviene: “¿De dónde es esta?”. Veo la forma, el color y vuelvo a pensar en los lugares que recorrimos. Respondo que me recuerda a las rocas de la cuesta donde Francisco Hervé definió la falla (figura 2). “Cerca, es de Charlin” me explica, enseñándome que la proximidad de mi observación se debe al hecho que ambos son granitos deformados asociados a la falla. La roca tiene una fractura, una línea que muestra el movimiento de la falla.



Figura 11: Muestras de rocas obtenidas en terreno, ahora en el laboratorio; Elaboración propia (2019).

La figura 11 muestra la roca ya cortada. Las rocas son reducidas a estas láminas. Es un proceso que se realiza para poder observar la roca bajo el microscopio. Cada lámina es evidencia de las texturas de rocas de los diferentes sitios de observación. El tamaño y la forma de la evidencia se transforma en el recorrido desde el terreno hasta el laboratorio. Quienes trabajan con ellas tienen perfectamente determinados los lugares que cada una de las muestras representa, por medio de una lista que vincula códigos y lugares.



Figura 12: Fotografías de la trayectoria de una muestra de roca para el estudio de su textura. En las imágenes se puede apreciar el viaje de la roca desde la misma traza de la falla geológica en terreno, la cadena de reducción y finalmente la observación bajo la luz del microscopio; Elaboración propia (2019).

Juan me invita también a mirar por el microscopio. La lámina se pone bajo la luz, acerco mis ojos y enfoco. Por medio de esta fotografía entiendo con mayor claridad por qué Juan, al definir el concepto de textura, mencionó la relevancia de la luz y su estética. En el encuentro con la imagen de las texturas puedo acercarme un poco más a su curiosidad y relación con las rocas.

Al mirar la imagen, veo colores. Juan, en cambio, observa minerales y sus historias, como me cuenta: “Lo que se observa en el medio es un cristal de cuarzo. El Cristal está roto. Está fragmentado. Eso es evidencia de lo que estamos hablando. Las rocas no quedan estáticas. Después se deforman. Se fallan. Y la falla es lo que produce eso al nivel de los cristales”. Esta imagen es evidencia de la falla, me enseña. Mirándola, Juan ve fracturas y minerales a una escala microscópica. Las evidencias que se observan permiten seguir no sólo las trayectorias de las rocas. “Estas condiciones a nosotros nos cuentan cosas, porque el cuarzo se rompe a cierta temperatura. No pasa a cualquier temperatura. Entonces, puedo estimar una temperatura a través de los minerales”, me dice Juan. La temperatura del subsuelo se hace presente en las imágenes de las texturas que se estudian en el laboratorio. Al conocer las propiedades de los minerales, por medio de experimentos químicos, se puede conocer las temperaturas a la que los cristales se transformaron. Al saber las temperaturas y el gradiente térmico (la variación de la temperatura en la medida que se desciende por la corteza), la profundidad a la que la roca se deformó puede ser estimada.

En el laboratorio, mirando las texturas es una forma de recordar los lugares visitados durante el terreno. Señalando un mineral de color verde en la imagen, Juan me enseña una de las fracturas. “Esas son vetas de circulación hidrotermal, por ahí pasó agua caliente a más de 200 grados. Esa es la evidencia que queda”, me cuenta. La historia que cuenta las imágenes que me muestra es que la roca se fracturó y al mismo tiempo circuló agua caliente en una dirección específica. La orientación de la fractura está asociada a la falla. A la escala de los microscopios, estamos observando como la falla se comporta y las trayectorias del agua.

Pero lo que se ve en la imagen no es lo único que se estudia. “¿Qué pasa si lo roto? ¿Le pasa algo a la imagen? ¿Qué ves?”, me pregunta Juan. Al mirar los colores estos van cambiando. Lo que me explica, es que al rotar la imagen cambia la luz. La luz vibra de una manera diferentes al rotar la imagen. Normalmente la luz vibra en dos direcciones, pero al rotar la imagen se pone un polarizador que hace que la luz vibre en una sola dirección. Por medio de este ejercicio, se encuentra un patrón que se va repitiendo, “Una posición específica de los cristales, en la que la configuración de los átomos hace que no pase la

luz. Esto se llama *ángulo de extinción*. Es una propiedad que se mide para saber que minerales son”.

En el laboratorio aprendo la relevancia de la luz para comprender la textura de las rocas. Al observar las texturas en el microscopio, me doy cuenta de las diferentes reacciones visuales. Pero más allá de la curiosidad que provoca su estética, destaco la conceptualización del *ángulo de extinción*. Los patrones de ausencia visual—es decir las características que no se ven—son descritas como propiedades de las texturas de los minerales. Juan me enseña como en geología se tiene que aprender a trabajar no sólo con lo que se puede observar, si no también con lo que no se ve, al igual que en el terreno cuando se estudia el subsuelo desde la superficie. Impedimentos también descritos por Andrea Ballesterio (2019b) para el mapeo de acuíferos con tecnologías satelitales. Aquí en este laboratorio, aprendo que formas emergentes de invisibilidad descritas en las texturas son también parte de la composición de evidencia subterráneas.

Para Juan, también esta es una experiencia estética. Incluso se ha fabricado cuadros con estas imágenes. Me cuenta sobre la primera vez que vio estas texturas: “Me enamoré, no podía creer lo que lindo que son los minerales al microscopio, son impresionantes”. Al ver estas imágenes supo que a este estudio se quería dedicar. Pero es un trabajo arduo y delicado. Hay que saber mirar y pasar mucho tiempo observando texturas, como me cuenta: “A veces, ya no quiero hablar con nadie. Sólo quiero mirar rocas”. Su trabajo es ir identificando las texturas y los minerales. “Hay algunas propiedades que se ven en una luz y hay propiedades que se ven en la otra. Entonces lo que uno hace es describir las propiedades y si no sabí vas anotando. Y vas consultando tablas para consultar y ver que mineral es...Uno define que mineral es por los colores, por todas las propiedades. Por el ángulo de extinción. Es una suma”, me dice.

Saliendo del laboratorio, noto que este es el cierre de mi viaje con este grupo siguiendo la evidencia geotérmica desde el terreno a la Universidad. En este lugar el análisis toma una trayectoria diferente. El encuentro, aprendizaje e interacción en terreno que experimentamos hizo que los límites entre geología y antropología por este período de tiempo se volvieran difusos. Posiblemente esto ocurrió ya que la experiencia de terreno nos permitió el espacio y tiempo para intercambiar perspectivas con calma y detención. Paradójicamente al volver al espacio de la universidad las barreras entre disciplinas vuelven a hacerse presente. Aquí nos despedimos y cada uno se devuelve hacia los institutos asociados a la disciplina correspondiente.

El objetivo de la producción de evidencia de esta exploración es principalmente la producción de conocimiento científico, y por lo tanto, realizar publi-

caciones académicas. El viaje descrito transita desde las rocas y las surgencias de agua termal hacia *papers* científicos. Durante el trabajo de descripción de la producción de evidencia geotérmica, una de mis orientaciones fue seguir como la geotermia se vuelve visible en los lugares recorridos. Durante esta trayectoria intenté pausar la pregunta por la geotermia a una escala nacional o su promesa como fuente de electricidad. Para mi sorpresa no surgió de manera espontánea.

A Juan la pregunta por los futuros de la energía geotérmica no le produce mayor inquietud. A una escala nacional para la producción de electricidad él cree que el futuro es la energía solar. Por otro lado, José me cuenta que se formó con la esperanza durante su formación universitaria que la energía geotérmica se consolidaría como solución sustentable para la producción de electricidad a una escala nacional. Su esperanza de a poco fue desapareciendo con el surgimiento de la energía solar, sumando a la explicación la falta de apoyo estatal en las etapas iniciales de exploración. Me doy cuenta de que al sumarme a esta expedición mi sesgo fue asumir que este grupo científico compartía la fe en las promesas de futuro de la geotermia. Luego de observar detenidamente con ellos la evidencia geotérmica del valle de Liquiñe, me doy cuenta de que este futuro se encuentra abierto. El fenómeno geotérmico que se expresa en este valle se estudia principalmente desde una perspectiva científica, pero también con un objetivo de formación profesional y educación en geociencias.

Pero también como señalé, para mi sorpresa, la producción de evidencia de un sistema geotermal no se relaciona necesariamente de manera directa con las promesas de la energía geotérmica como un futuro potencial para producir electricidad. La fe en los futuros de la energía geotérmica tampoco es compartida de manera homogénea por los miembros de esta exploración científica. Esto también varía entre los diversos grupos de investigación de la misma institución. Frente al avance de otras fuentes de energía y el rol comparativo de la geotermia dentro del *boom* de las energías renovables en Chile, estas diferencias cobran sentido, y reflejan un debate aún abierto. Las expectativas iniciales asociadas a este centro se han ido modificando y también los relatos asociados a su futuros. Quienes decidieron especializarse en estas temáticas han tenido que convivir con las preguntas y abrirse a reflexionar sobre las barreras asociadas a cómo la energía se organiza en Chile.

Mi experiencia con el grupo es principalmente una experiencia de educación en geociencias, aprendiendo a realizar trabajo de campo en geología y tener una perspectiva general sobre las preguntas e inquietudes que provoca la observación en terreno. Pero ¿qué futuros se busca producir con este tipo de

exploraciones? Con esta pregunta en mente busqué entender en mayor profundidad cómo las promesas de esta forma de energía se han transformado en el tiempo y desde qué tipos de lógicas sus futuros han sido imaginados. Caí en cuenta que necesitaba una perspectiva histórica más amplia, para entender también las transformaciones institucionales y narrativas dentro de las instituciones vinculadas a las geociencias que han buscado promover la geotermia en Chile. Una vez finalizada mi participación describiendo la producción de evidencia geotérmica en terreno, busqué tener una panorámica histórica más amplia sobre la geología en Chile, y el estudio de la geotermia. En la siguiente sección describo el paso que tomé, siguiendo las trayectorias de las rocas con las que comencé este capítulo.

1.4 Libretas de campo

Una vez finalizadas las exploraciones geológicas y luego de visitar el laboratorio, busqué saber más sobre cómo las texturas de las rocas de la falla geológica Liquiñe-Ofqui comenzaron a ser estudiadas. Quise continuar componiendo la evidencia abordando la dimensión histórica y las trayectorias de las rocas descritas al inicio de este capítulo; específicamente *la roca de Hervé*. Para esto me reuní en Santiago, la capital de Chile, con el mismo Francisco Hervé, el geólogo que definió y bautizó junto a su equipo esta falla (1979). En el barrio de Providencia, nos encontramos a conversar y tomar un café. Al preguntarle por sus libretas y su historia de investigación, me invitó a acompañarlo a revisarlas a su departamento. Ahí tuve la posibilidad de acceder junto a él a sus diarios de campo.

Mi inquietud por los diarios nace durante la experiencia junto a estas exploraciones geológicas. En terreno noté la centralidad de las libretas de campo como forma de registro, atención y producción de datos. En este espacio, la intimidad y detalles de la vida cotidiana de una exploración pueden quedar plasmados. En estas libretas y reportes de exploraciones es posible profundizar más en las experiencias de terreno, sus formas de registro e inscripción. Ellas son archivos de la evidencia y sus contextos de producción. Si bien la libreta y sus dibujos pueden ser considerados como un detalle dentro de los diferentes elementos de terreno, es también el artefacto por excelencia donde se inscriben datos que luego son convertidos en evidencia. La libreta media entre el fenómeno geológico y la futura producción de conocimiento científico. Pero también, desde una mirada comparativa entre disciplinas, se trata de una práctica