

las de arriba! Eso quizás nos indica que el agua viene de abajo y que lentamente sube”.

Desde las trayectorias profesionales, estudiar el calor del agua significó una transformación para miembros de este grupo, quienes por lo general se formaron observando rocas, objeto de estudio tradicional en geología. Por medio de las posibilidades que abre el ascenso mediado por el calor, rocas y aguas se ponen en relación. Las trayectorias invisibles del agua caliente se pueden volver visibles.

Pero el cultivo de una mirada geotérmica también significa un problema de escala. Este problema es un desafío con el que se tiene que aprender a vivir en terreno. Carlos, quien al igual que Ana posee una larga trayectoria en geología, me explica recordando su paso desde la geología a la geotermia: “Para mí al empezar con el tema de la geotermia, el gran desafío fue meterme otra escala de tiempo en la cabeza. Estas surgencias son una anécdota en el tiempo geológico. Cambia la naturaleza de las preguntas”. Esta observación me permite entender que la geotermia tiene una escala diferente a la geológica. “Tuve que aprender a cambiar la mirada en la escala de la geología”, me cuenta. Según lo que aprendo de su experiencia, en la historia de formación glaciaria de estos valles o la cordillera, estas surgencias comparativamente tienen una escala de tiempo geológico pequeñísima. Cultivar una mirada geotérmica en geología implica también enfrentar el desafío de las escalas del fenómeno que se observa.

1.2 El problema de las escalas en geología

Para que una observación geológica se transforme en una evidencia es necesario enfrentar el problema de las escalas que menciona Carlos en el apartado anterior. Este es uno de los principales desafíos con el que la geología tiene que lidiar en el terreno. En las expediciones aprendí las diversas formas de enfrentar este desafío. La siguiente sección ilustra como la escala no es sólo un problema de medida sino también uno de experiencia: el uso del cuerpo en la experiencia de medición geológica.

En geología para que un rasgo del paisaje sea transformado en una evidencia se necesita trabajar con supuestos, como Carlos ejemplifica con una roca en la mano. La roca, en esta imagen (figura 6), se encuentra a la escala de una mano humana. Para poder estudiar la geología es necesario que la roca—o los afloramientos de roca en la ladera del camino—representen al cerro. Esto es un

supuesto desde el que hay que partir para poder trabajar. Si no, me explica Carlos, “te puedes volver loco” teniendo que buscar todas y cada una de las rocas del cerro. El desafío de las escalas está dado en la capacidad de representar lo que se quiere estudiar. Se trata de una mirada que se enseña a los estudiantes al comenzar con la disciplina, quienes tienen que aprender a entrenarse con estos desafíos (Kastens et al., 2009). El mejor lugar para comenzar es partir por observar rocas en terreno, me enseñan.



Figura 6: Una roca a la escalade la mano humana; Elaboración propia (2018).

Se trata de un desafío respecto a las escalas en el espacio. El terreno—y las superficies disponibles—presentan dificultades espaciales para la observación. No se puede llegar a todos los lugares en la superficie. Esto también implica un desafío temporal. Es necesario pensar el paisaje desde una escala geológica. Se trata de una escala de tiempo que excede la experiencia huma-

na. El encuentro con esa escala abismante de tiempo que desestabiliza la experiencia es una de las ideas fundantes de esta disciplina bajo el concepto de *tiempo profundo* (Hutton, 1788). Al producir conocimientos geológicos se tiene que aprender a interactuar con este desafío. Es necesario entrenar las categorías temporales para poder trabajar en terreno y estudiar fenómenos geológicos.



Figura 7: Mapa geológico de la zona de estudio y la traza de la falla elaborado por el grupo; Elaboración propia (2019).

Para identificar los afloramientos de una falla geológica diversas formas de representación visual son utilizadas. El primer elemento para orientarse en el espacio en una exploración geológica es el uso de mapas (figura 7). Se trata de una manera de representar visualmente los afloramientos de rocas en la superficie. Las diferentes edades geológicas se representan en zonas de colores.

Por medio de una línea negra se dibuja el recorrido espacial por donde la falla geológica se expresa en el paisaje.

Con este grupo aprendo que *la traza de la falla*⁵ va en el contacto entre las zonas de colores. Es decir, entre diferentes edades geológicas. En el lugar en el que comencé este capítulo (figura 2), la línea imaginaria que Juan ve en el paisaje—por donde me cuenta que va la traza de la falla—queda en este mapa representado como una línea. Los mapas se elaboran de acuerdo a la información disponible de SERNAGEOMIN, a lo que se va sumando nueva información levantada en terreno. El mapa guía esta exploración. Es una herramienta fundamental para orientarse en el espacio y el tiempo geológico; pero no la única.

Al llegar a un sitio de estudio, luego de mirar el mapa, se necesita determinar la textura de las rocas, realizando un esquema en la libreta geológica para situar en el espacio las fracturas. Se realiza un registro que posiciona en el espacio las rocas que serán observadas. El dibujo permite resaltar rasgos de la roca que se observan durante las primeras impresiones del lugar y que luego no se alcanzan a notar en las fotografías. Es una forma de registrar la experiencia de observación frente a las rocas y guiar la atención para cuando las fracturas sean analizadas posteriormente.



Figura 8: Esquema del sitio de estudio, siendo dibujado en la libreta de terreno; Elaboración propia (2018).

Hacer el esquema del sitio es un ejercicio que permite saber la posición de las rocas dentro del contexto de estudio. Es una presentación del escenario que

5 El concepto de traza es utilizado en geología para referirse a la expresión material de una falla geológica en la superficie de la tierra.

se observa, la que queda registrada en la libreta mediante dibujos. En la libreta se va acumulando el conocimiento del sitio. Es una acción que pone a la observación en el centro.

También los sitios de estudio son registrados mediante fotografías, cuando una de las rocas señala un rasgo interesante. El registro debe ser acompañado de lo que se denomina una *escala*. Una de mis primeras tareas en las salidas a terreno fue tomar fotografías de las rocas. Lo central es nunca olvidar tener una escala, para que luego en el análisis sea posible dimensionar el tamaño en el espacio. La escala permite que el registro fotográfico sea una evidencia de la observación. La brújula, el martillo geológico o los lápices, son elementos que se tienen a la mano para *escalar* lo observado y tener una idea del tamaño.

Otra escala utilizada continuamente en terreno es el cuerpo humano. En geología se usa constantemente el cuerpo para producir escalas al fotografiar los sitios de estudio. Estrategias de representación que son parte de las tareas de terreno, donde se utilizan los elementos a disposición para hacer sentido de las dimensiones espaciales del fenómeno observado. Pero a la vez, la interpretación directa del paisaje es la base sobre la que se sostiene la producción de su conocimiento. El uso del cuerpo es una experiencia fundamental para observar la falla, pero también mediante estas estrategias de representación transformar, literalmente, una observación en evidencia (figura 9).

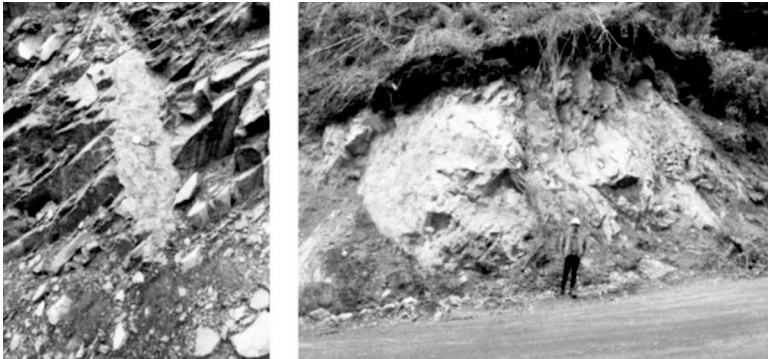


Figura 9: Fotografía de evidencia de rocas fracturadas. A la izquierda la brújula es utilizada como escala. A la derecha el cuerpo del geólogo como escala; Elaboración propia (2018).

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