

TEMAS DE **BIOLOGÍA** Y **GEOLOGÍA** DEL NOA

ISSN 1853-6700

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

FICHAS TB&G NOA

Algarrobo dulce

NOTA BREVE

Sills y lavas

ARTÍCULO

Hojas Geológicas

TESIS IBIGEO 2022

Bosques secos de montaña



CONICET



I B I G E O

TEMAS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL NOA

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

Volumen 12, Número 3, Diciembre 2022

ISSN 1853-6700

Comité Editorial

Silvana Geuna. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

Carolina Montero. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

Soledad Valdecantos. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

Natalia Zimicz. IBIGEO, CCT SALTA - JUJUY.

EDITORIAL

Pág. 1- Editorial

FICHA DE TB&G NOA

Pág. 2 - Algarrobo dulce
A Guevara

NOTA BREVE

Pág. 3 - ¿Cómo diferencio coladas de lavas de *sills* sin-sedimentarios en sucesiones antiguas?
MF Quiroga

ARTÍCULO

Pág. 7 - Las Hojas Geológicas: el trabajo cotidiano de un geólogo regional
LD Escosteguy

TESIS IBIGEO 2022

Pág. 20 - Bosques secos de montaña: Importancia de las interacciones planta-planta en la restauración de laderas afectadas por incendios
J Croce

Imagen de tapa: Relevamiento geológico en la cordillera Fuegoquina. LD Escosteguy

I B I G E O

IBIGEO INSTITUTO DE BIO Y
GEOCIENCIAS DEL NOA

<https://ibigeo.conicet.gov.ar/>

CCT-Salta-Jujuy
9 de julio 14
Rosario de Lerma-4405 (Salta)
República Argentina

Es una Unidad Ejecutora de doble pertenencia CONICET-Universidad Nacional de Salta.

El Ibigeo tiene entre sus objetivos principales: 1) planificar y ejecutar investigaciones en diversos temas relacionados con los recursos naturales de la región; 2) promover la difusión de los resultados de las investigaciones en el ámbito científico; 3) participar en la formación de recursos humanos universitarios de grado y postgrado; 4) colaborar en la organización de conferencias, reuniones y cursos; 5) asesorar en ámbitos públicos y/o privados para la planificación y/o resolución de problemas; y 6) estimular el interés del público por las ciencias y difundir el conocimiento generado por el estudio de temas específicos de la región.

CONICET



I B I G E O

Editorial

Estimados lectores,

Nos encontramos cerrando un año que no fue uno más. La salida paulatina de la fase crítica de la pandemia nos fue trayendo de regreso a los lugares de trabajo, y tuvimos que reacomodarnos, con nuevas reglas. Visto en retrospectiva, parece que hubieran pasado varios años desde la vuelta plena a la presencialidad, pero fue casi ayer.

En la revista continuamos con la consigna de acercar a nuestros lectores artículos que puedan despertar su curiosidad acerca de Temas de Biología y Geología del NOA. En esta ocasión, compartimos contribuciones de dos profesionales de nuestro Instituto, que trabajan en distintos aspectos de la vegetación nativa de los bosques subtropicales. Aranzazú Guevara nos presenta información, en forma de ficha, acerca del algarrobo dulce (*Prosopis flexuosa* DC.). Y Johanna Croce nos cuenta acerca de su Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, en la que estudió cómo se regeneran los bosques de cebil, tarco y ceibo luego de los incendios forestales en los cerros, con el objetivo de proponer medidas de manejo por parte del hombre para colaborar en la restauración post fuego.

Por otro lado, dos geólogos escriben acerca de aspectos de su trabajo cotidiano. Leonardo Escosteguy presenta un artículo acerca del modo en que se confeccionan las Hojas Geológicas, es decir, los mapas geológicos regionales en los cuales se plasma la información geológica de base de nuestro territorio. Y Mirta Quiroga revela algunos tips sobre detalles a los que el geólogo debe prestar atención en el campo, para, a partir de ellos, poder interpretar mejor la historia geológica de una sucesión sedimentaria que incluye manifestaciones de origen volcánico (lavas y/o sills).

Les deseamos a todos lo mejor para el año que se inicia, que nos encontrará trabajando, como siempre, para seguir trayéndoles lo mejor de nuestros investigadores.

Comité Editorial

Temas de Biología y Geología del NOA

Silvana Geuna

Carolina Montero

Soledad Valdecantos

Natalia Zimicz

Aranzazú Guevara¹

¹Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, UNSa-CONICET)

Algarrobo dulce (*Prosopis flexuosa* DC.)

Clasificación: División Magnoliophyta, Clase Magnoliopsida, Orden Fabales, Familia Fabaceae

Distribución geográfica: Regiones áridas y semiáridas de Sudamérica. En Argentina abarca las provincias de Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza, San Luis, La Pampa, oeste de Córdoba, sudoeste de Buenos Aires y norte de Río Negro.



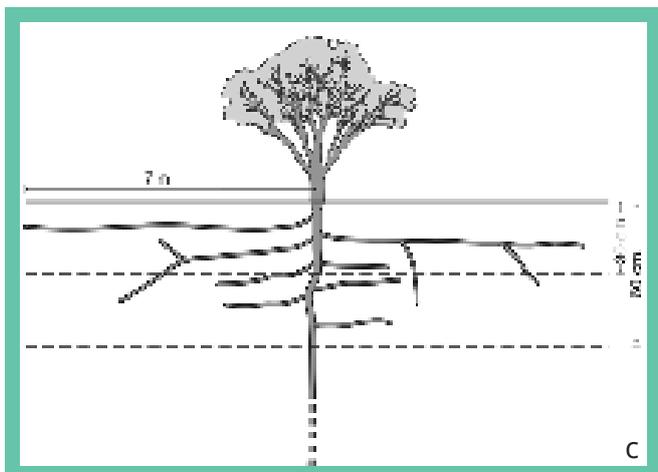
a- Árbol de *P. flexuosa*

Posee hojas caedizas, bi-pinnadas y espinas fuertes. La producción de hojas comienza a inicios de la primavera, independientemente de las precipitaciones. Las inflorescencias se agrupan en racimos y las flores son hermafroditas. Los frutos ("algarroba") son vainas comestibles de color amarillo y sabor dulce.

El Algarrobo dulce presenta 3 variedades, 1 de porte arbóreo y 2 de porte arbustivo. Se presenta en las provincias fitogeográficas del Monte, oeste del Chaco Seco y Sur del Espinal, formando bosques en galería y bosques de llanura. Su rango de precipitaciones va de 500 a 50 mm, pudiendo aprovechar el agua subterránea gracias a un sistema radical dimórfico, con una raíz pivotante vertical que alcanza grandes profundidades y una corona de raíces laterales relativamente superficiales.



b- Inflorescencia



c- Relación del sistema radical de *P. flexuosa* con la copa

d- Fruto "algarroba"

Es un árbol de crecimiento lento, de madera dura y muy apreciada comercialmente para muebles, postes y leña. En el siglo XX fue muy talado para hacer durmientes para el ferrocarril. Además, es una especie estructurante de los ecosistemas ya que proporciona hábitat para insectos polinizadores como abejas y alimento para hormigas y numerosos mamíferos. Presenta gran valor cultural para las comunidades rurales, ya que aporta madera, sombra y alimento, tanto para las personas como para el ganado.

¿Cómo se diferencia coladas de lavas de sills sin-sedimentarios en sucesiones antiguas?

Mirta F. Quiroga¹

¹Instituto de Bio y Geociencias del NOA (IBIGEO, UNSa-CONICET). e-mail: fatima2690@gmail.com

El magma asciende a través de fracturas, zonas de debilidad o diferencia de densidades a lo largo de la corteza terrestre. En este sentido, el movimiento del magma hacia la superficie es influenciado por su densidad y presión hidrostática versus la densidad de la roca de caja estratificada (o pila sedimentaria) y la presión litostática circundante (McBirney 1963, Walker 1989).

Cuando en su ascenso, el magma llega a una situación de equilibrio en la densidad y presión con la roca que lo rodea, puede detenerse y solidificarse en las fracturas constituyendo lo que se llaman *diques volcánicos*, que son cuerpos tabulares que cortan la roca de caja en forma vertical (Figuras 1 y 2a).

El magma puede extenderse lateralmente aprovechando la superficie de contacto entre dos capas sedimentarias, constituyendo lo que se llaman *sills volcánicos* (e.g. McPhie et al. 1993). Los sills se caracterizan por ser concordantes con (es decir, paralelos a) los planos de estratificación (Figura 1).

El magma, también puede ascender hasta la superficie y emplazarse en el

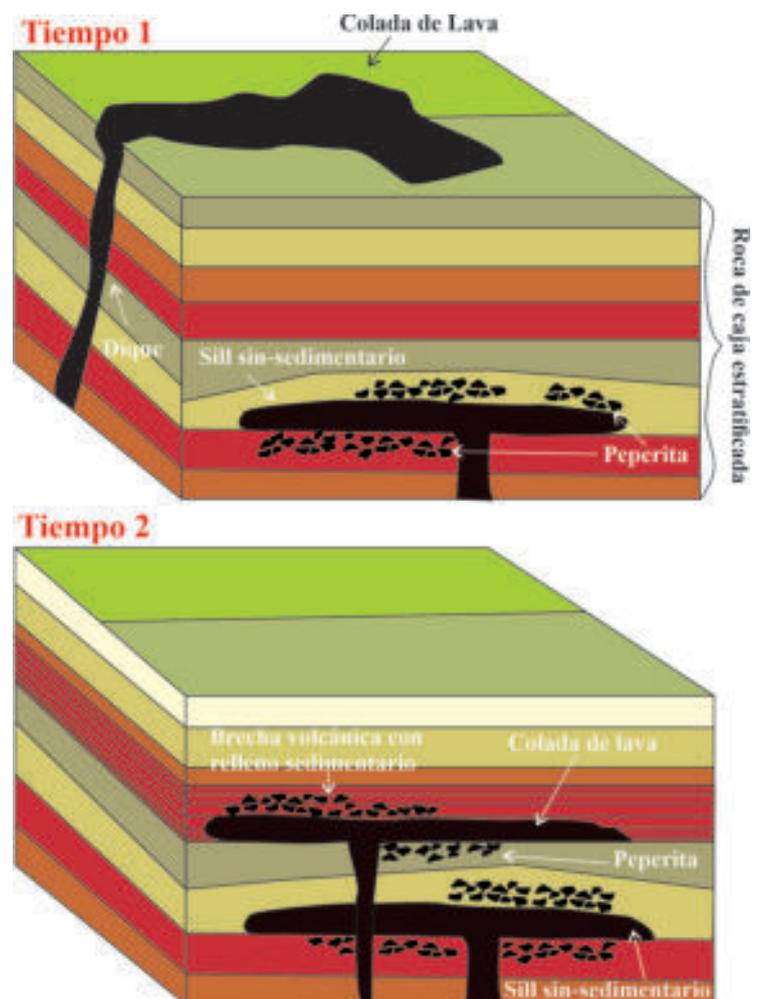


Figura 1. Modelo esquemático del emplazamiento de coladas de lava y sills sin-sedimentarios.

ambiente subaéreo, como *coladas de lavas* (Figura 1). Con el paso del tiempo y la finalización de la emisión de lava a superficie, las coladas de lava pueden ser cubiertas por nuevos sedimentos. De esta manera, en un perfil geológico, por ejemplo, de un corte de camino o cantera, podemos encontrar sills y coladas de lavas intercaladas dentro de las rocas sedimentarias estratificadas.

Entonces, **¿cómo hacemos para distinguir un sill de una colada, una vez que la colada está dentro de la roca de caja estratificada, siendo que tanto el sill como la colada son concordantes/paralelos con la estratificación?**

Los sills cuando se emplazan en roca sedimentaria estratificada, generan una aureola de color oscuro debido a un efecto térmico que produce alteraciones en los minerales de la roca sedimentaria, lo que se llama metamorfismo de contacto. Por otro lado, si los sills se emplazan en las cuencas sedimentarias y la lava interacciona con los sedimentos inconsolidados y ocasionalmente húmedos suelen desarrollar un tipo de brecha hacia sus márgenes, tanto inferior como superior, que se llaman *peperitas* (Figura 2b y e) (e.g. Skilling et al. 2002, Rosa et al. 2006). Las peperitas son brechas conformadas por clastos ("fragmentos") de lava dispersos en material sedimentario proveniente de la pila sedimentaria donde el sill se emplazó (Figura 1). Este tipo de sill asociado a peperitas, se llama *sill-sinsedimentario*.

Las coladas de lavas suelen tener una superficie (techo) muy irregular y fragmentos angulosos de lava que están sueltos como si fuera escombros, lo que geológicamente se denomina *autobrecha*. Las autobrechas se forman producto del avance de la lava que se enfría en contacto con el aire, formando una costra que se rompe. Si la emisión de lava termina, nuevos sedimentos cubren y rellenan los espacios vacíos en la autobrecha, constituyendo una nueva variedad que se llama *brecha volcánica con relleno sedimentario* (Figuras 1 y 2c) (e.g. Rosa et al. 2006, Quiroga et al. 2020). Posteriormente, la lava y esta brecha son cubiertos de nuevos sedimentos que se compactan a medida que son enterrados (Figura 1). Por otro lado, en la base de coladas de lava, también pueden encontrarse peperitas, producto del avance de la colada sobre sustrato de sedimentos inconsolidados y húmedos (Figuras 1 y 2e).

En sucesiones antiguas, diferenciar los tipos de brechas (peperita vs. brecha volcánica con relleno sedimentario) que ocurren por encima de estos cuerpos volcánicos (sills vs. lava) es muy importante. Esto se debe a que dentro de una sucesión de rocas antiguas pueden encontrarse sills y lavas intercaladas (Figura 1).

En ambas brechas los clastos volcánicos pueden ser los mismos; la diferencia principal radica en cómo es el material que se encuentra entre los intersticios de los clastos (matriz). También cómo es la relación de la brecha con las rocas sedimentarias circundantes, por encima principalmente.

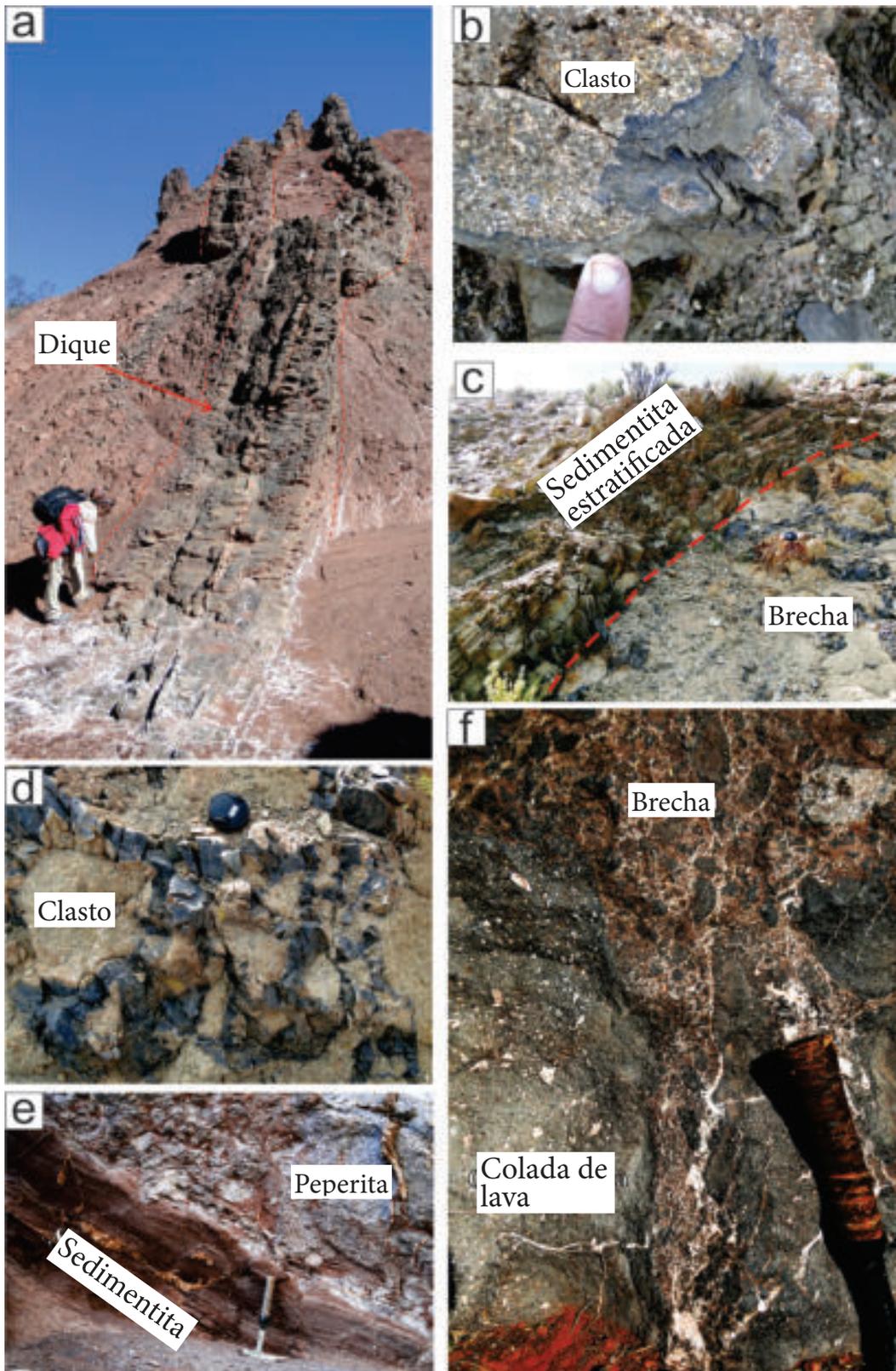


Figura 2. Fotos ilustrativas de afloramientos de rocas de edad cretácica (a, e, f) y ordovícica (b, c, d). a- dique volcánico (Quebrada Las Conchas), b- Peperita (Huancar), c- relación de contacto entre brecha volcánica con relleno sedimentario y sedimentita estratificada (Agua Cavada), d- detalle brecha, e- peperita formada en la base de una colada de lava (Quebrada El Sunchal), f- brecha volcánica con relleno sedimentario formada en el techo de una colada de lava (Quebrada El Sunchal).

En las peperitas la matriz sedimentaria es masiva, es decir, todos los componentes no están orientados ni distribuidos en bandas de diferente color o tamaño, es todo homogéneo. Por otro lado, la roca sedimentaria por encima de la peperita, está “perturbada”, en otras palabras, si estaba estratificada en capas paralelas, ahora están plegadas o es también masiva (Figuras 1 y 2e).

En cuanto a las brechas volcánicas con relleno sedimentario, la matriz suele estar estratificada y existe una correspondencia (*concordancia*) en su disposición con respecto a la de las rocas sedimentarias por encima que se continúan estratificadas (Fig. 1 y 2).

REFERENCIAS Y LITERATURA RECOMENDADA

McBIRNEY AR. 1963. Factors governing the nature of submarine volcanism. *Bulletin of Volcanology*, 26(1): 455-469.

McPHIE J, MG DOYLE, RL ALLEN. 1993. *Volcanic Textures: A Guide to the Interpretation of Textures in Volcanic Rocks*. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania, Hobart (198 p.).

QUIROGA M F, R BECCHIO, M ARNOSIO, J MCPHIE, E BUSTOS, A ORTIZ, N SUZAÑO, F LÓPEZ. 2020. Distinguishing lavas from intrusions in an Early Paleozoic submarine backarc sequence, Puna, Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 406: 107067.

ROSA CJ, J McPHIE, JM RELVAS. 2016. Distinguishing peperite from other sedimentmatrix igneous breccias: lessons from the Iberian Pyrite Belt. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 315: 28–39.

SKILLING IP, JDL WHITE, J McPHIE. 2002. Peperite: a review of magma–sediment mingling. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 114: 1–17.

WALKER GP. 1989. Gravitational (density) controls on volcanism, magma chambers and intrusions. *Australian Journal of Earth Sciences*, 36(2): 149-165

Las Hojas Geológicas: el trabajo cotidiano de un geólogo regional

“La humanidad ha inventado tres grandes formas de comunicación:
el idioma, la música y los mapas”

Norman Thrower, 1919-2020

Leonardo D. Escosteguy¹

¹Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Av. Dr. Bernardo Houssay 1099, A4400, Salta. e-mail: lescosteguy@hotmail.com

Habitamos la Tierra, un planeta vivo y dinámico que a lo largo de millones de años fue transformándose.

A nuestros ojos humanos, el paisaje que nos rodea puede parecer estático. Sin embargo, cuando caminamos, nuestros pies apoyan sobre una superficie que se altera, modifica y se restaura continuamente, que representa y refleja de alguna manera la historia geológica de millones de años, de cientos de kilómetros cúbicos de materiales rocosos que están por debajo. Cada asomo de esta superficie está vinculado a algún tipo de proceso geológico que le dio origen. Describir los detalles de la geología de superficie y volcarlos en un mapa es un primer paso hacia la comprensión de los procesos geológicos que actúan y han actuado en el pasado para dar origen a lo que hoy vemos.

Es así que los mapas geológicos han sido una herramienta básica para adentrarnos en el mundo de la investigación y del conocimiento del planeta Tierra desde los inicios de la ciencia geológica, hace varios siglos.

Qué es una Hoja Geológica

Un mapa es una representación geográfica de parte de la Tierra en una superficie plana, de acuerdo con una escala. En un mapa geológico se reúne información científica que documenta la expresión superficial de la configuración geológica de una región. La información expresada en el mapa geológico permite la reconstrucción tridimensional de los objetos geológicos. Con el mapa y otros datos adicionales, se puede saber cómo se disponen las rocas en profundidad y cómo fue la historia geológica de la región.

La Carta Geológica es un mapa de escala regional que representa básicamente los diferentes tipos de rocas que afloran en la superficie, asomos rocosos que podemos tocar con las manos y ver a simple

vista. Es la representación, a través de símbolos y colores, de la “piel” de los diferentes paisajes en los cuales vivimos. Las *Hojas Geológicas* son las partes en las que se divide o fracciona la carta geológica. Los términos “Carta Geológica” y “Hoja Geológica” suelen usarse como sinónimos, pero también podríamos decir que la Carta Geológica es un mosaico de Hojas Geológicas. En cualquier caso, la Hoja Geológica es un mapa geológico de escala regional.

Durante las últimas décadas, la publicación de Hojas Geológicas se ha convertido en un trabajo multidisciplinario donde pueden participar diferentes especialistas de las ciencias geológicas, como geomorfólogos, estructuralistas, volcanólogos, petrólogos, paleontólogos, entre otros. El Jefe de Proyecto generalmente es un Geólogo Regional que organiza el trabajo del equipo con el fin de representar cartográficamente la información geológica de la manera más adecuada para la escala elegida.

El SEGEMAR

En la República Argentina el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) es el organismo que, a través de sus geólogos especialistas en cartografía geológica, tiene la misión de cumplir con la Ley N° 24.224. Esta ley, promulgada en 1993, en su capítulo inicial “De las Cartas Geológicas”, declara a éstas como un bien de uso público, y establece la necesidad de efectuar el relevamiento geológico regular y sistemático del territorio continental, insular, plataforma submarina y Territorio Antártico de la República Argentina, en diferentes escalas.

Dentro del SEGEMAR, es el Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM) la repartición que se ocupa de estas tareas, para lo cual anualmente se aprueba un programa nacional de cartas geológicas que se ajusta a un cronograma y al que se asigna un presupuesto.

El Centro Salta del SEGEMAR ocupa un predio propio en cercanías de la UNSa y de la CNEA, en el barrio Castaños.

Cómo se procede, etapas del trabajo

La geología puede representarse en diferentes escalas, según el detalle requerido. La escala elegida para el mapeo de base de la mayoría de los Servicios Geológicos en la actualidad es 1:250.000, es decir, 1 cm del mapa representa 250.000 cm (2,5 km) del terreno, o lo que es lo mismo, 4 cm en el mapa equivalen a 10 km en la superficie. Esta es la escala elegida por el SEGEMAR para el relevamiento sistemático de la geología de todo el país. Cada uno de estos mapas representa un área superior a los 10 mil kilómetros cuadrados de superficie, y su construcción puede llevar años, involucrando trabajo en gabinete, campo

y laboratorio.

El mapa de rocas se dibuja sobre las cartas topográficas del IGN (Instituto Geográfico Nacional, el que antiguamente era IGM, Instituto Geográfico Militar). El nombre de las cartas topográficas y hojas geológicas se ajusta a reglas de nomenclatura que se resumen en el recuadro *El nombre de las Hojas Geológicas*. Además del relevamiento sistemático, el SEGEMAR elabora una serie de cartas geológicas a la escala 1:100.000 donde se necesita mayor detalle.

El proyecto para elaborar una Hoja Geológica comienza con la recopilación de todos los datos existentes del área en estudio, por ejemplo en bibliotecas de organismos nacionales y provinciales, y virtualmente a través de la Web en sitios donde se puede acceder a trabajos científicos publicados en medios nacionales e internacionales.

El geólogo Jefe de Proyecto de la Hoja realiza un mapa geológico de recopilación, en el cual tiene que volcar todos los antecedentes de cartografía geológica existentes. Tanto donde existen mapas previos como donde no, el geólogo previsualiza el terreno y su relieve con los medios a su alcance con el fin de interpretar y analizar las diferentes unidades geológicas y sus relaciones espaciales. La visualización más reveladora es a través de fotografías aéreas en pares estereoscópicos. Esto es, fotografías tomadas desde

El nombre de las Hojas Geológicas

El territorio nacional está dividido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en una cuadrícula de hojas 1:250.000 que tienen una dimensión de 1 grado y medio de longitud, por un grado de latitud, y que en la figura está representada con líneas negras gruesas. El nombre de cada hoja está dado por el paralelo y meridiano centrales de la hoja 1:500.000 en la que está incluida. Por ejemplo, la hoja 1:500.000 Salta se denomina "2566", porque está centrada en la intersección del paralelo 25°S y el meridiano 66°O. Esta hoja abarca cuatro hojas a escala 1:250.000, cuyo nombre también es "2566", pero seguido por un número romano para distinguirlas entre sí. La sigla es acompañada por el nombre de la localidad más importante dentro de cada hoja. Así, la hoja 2566-I es San Antonio de los Cobres; la 2566-II, Salta; la 2566-III, Cachi, y la 2566-IV, Metán. Cada una de estas hojas topográficas del IGN a escala 1:250.000, servirá de base para la confección de una carta geológica, llamada igual que la hoja topográfica.

Para comparación, en la figura se incluye también un recuadro naranja al sur del paralelo 23°S, que representa la extensión areal de una Hoja Geológica de detalle, escala 1:100.000.



Cuadrícula del IGN en los alrededores de Salta



Figura 1. Uso de estereoscopio de espejos para observar un par estereoscópico de fotografías aéreas. La estereoscopia se practica al observar dos imágenes del mismo objeto, una con cada ojo; el cerebro funde ambas imágenes en una, y se produce una sensación de relieve o profundidad, ya que las dos imágenes son tomadas con un ángulo diferente. Los espejos del estereoscopio están montados de forma tal, que la observación de ambas imágenes se realiza con ejes paralelos; así la acomodación y la convergencia ocurren en el infinito.

el aire del mismo sector pero en distintos ángulos. Observar ambas fotografías juntas, con la ayuda de un estereoscopio, permite una visión tridimensional (figura 1). En los últimos años ha sido más abierto el acceso a imágenes satelitales de gran definición, y la navegación en Google Earth se ha transformado en una herramienta auxiliar muy ventajosa. Usando todos esos recursos, el geólogo identifica áreas con texturas y colores diferentes, que interpreta como distintas rocas, y examina cómo son los límites entre las áreas: si son netos o difusos, rectos o sinuosos, etc. Esa información le permite inferir, por ejemplo, si los contactos entre las rocas son *normales*, porque una se depositó por encima de la otra, o bien *por falla*, es decir, que esas rocas fueron puestas una al lado de la otra por el desplazamiento a lo largo de una fractura geológica, cosa que ocurrió con posterioridad a que ambas rocas se formaran.

El mapa preliminar reúne toda la información previa y sirve como base para definir problemáticas, como zonas con deficiencia e incluso ausencia de datos.

El trabajo de campo se concentrará en esas zonas. El geólogo debe definir en función del objetivo del trabajo y los recursos disponibles, la cantidad de campañas a realizar. En general, existe una relación entre la cantidad de tiempo de trabajo en campo y el grado de detalle requerido por la escala: los mapas

de mayor detalle (1:100.000, por ejemplo), requieren más días de relevamiento en campo que los mapas a escala 1:250.000, aunque la superficie total a cubrir en el mapa es mucho menor. Dependiendo del grado de conocimiento previo y dificultades logísticas que puedan existir, un mapa 1:250.000 puede requerir entre 2 y 4 campañas, de entre 15 y 30 días cada una, aunque esto es muy variable.

Para el trabajo de campo, el organismo cuenta con vehículos de todo terreno, en general camionetas (figura 2). En algunas circunstancias pueden usarse cuatriciclos y, cuando la situación lo amerita y existe la posibilidad de financiamiento adicional, helicópteros. Sin embargo, muchos sectores son imposibles de acceder con vehículo terrestre, y los helicópteros no son una herramienta de uso común, por lo que se debe recurrir a mulares. Allí es imprescindible el apoyo de baqueanos, conocedores de los caminos locales y proveedores de los animales para recorrerlos. Algunos baqueanos hasta conocen, por su propia curiosidad y experiencia, sitios de interés geológico (por ejemplo dónde hay fósiles, dónde hay rocas de cierto color, etc.) y le aportan al geólogo de campo, información adicional valiosísima. En los últimos años se ha sumado el uso de drones en algunos servicios geológicos. El equipo de trabajo suele constar de al menos tres personas, entre geólogos y asistentes de campo. Para zonas más recónditas y con dificultades logísticas, se considera ir en caravana de dos vehículos.

En general se elige un lugar conveniente desde el punto de vista logístico para hacer base; puede ser un lugar poblado que esté relativamente cercano a los puntos de interés. En el caso de las hojas 1:250.000, que son muy extensas, suele ser necesario cambiar de base a lo largo de una campaña. Es importante hacer contacto personal con las autoridades locales y, a través de ellos, conectarse con los baqueanos de las distintas zonas. En ocasiones, particularmente cuando se trabaja en las zonas de



Figura 2. Los vehículos. La camioneta doble tracción, indispensable en la mayoría de las circunstancias. Aquí la escena de un pinchazo en plena ruta 40, en Patagonia (izquierda). En circunstancias excepcionales, el acceso a zonas remotas puede conseguirse con helicóptero, como en el relevamiento de cartografía geológica de un sector de la Cordillera Fueguina (derecha).

frontera, es muy importante el apoyo de la Gendarmería Nacional, que brinda apoyo logístico a través de sus escuadrones y puestos. A veces son estancias y puestos los elegidos como base; y a veces, la nada misma. También es importante dedicar los primeros días de trabajo a una recorrida preliminar, que permita a los profesionales familiarizarse con el paisaje, las unidades presentes y la problemática a resolver. Recién luego de tener esa visión de conjunto, el geólogo puede comenzar a definir el criterio de mapeo.

Ningún trabajo de mapeo geológico puede realizarse analizando el terreno palmo a palmo, no sólo por la accesibilidad sino también por la disponibilidad de tiempo y recursos. Sobre el mapa preliminar se marcan puntos de interés para la observación directa, ya sea porque son conflictivos o porque son claves para la interpretación geológica. Se establece un recorrido con paradas claves, que se denominan estaciones. Como dijimos antes, la consulta con un baqueano del lugar puede permitir agregar nuevas estaciones a los recorridos.

En cada estación los geólogos identifican los distintos tipos de materiales, recogen y estudian muestras de rocas, sedimentos y fósiles, todos ellos enumerados cuidadosamente con fecha y lugar exacto de recolección. Con una brújula de geólogo, con clinómetro y nivel, se determina cómo están dispuestos los estratos o capas de roca: si están inclinadas, es importante saber cuánto, y hacia qué dirección (figura 3). Lo mismo vale para otras superficies con significado geológico: la esquistosidad o lajamiento, los planos de fallas y fracturas, etc. En una libreta de campo o en un dispositivo más moderno (como una tablet, por ejemplo), se apunta el número de estación, su ubicación precisada con GPS y, a continuación, todos los datos observados y medidos (*buzamiento* –inclinación de la capa–,



Figura 3. El trabajo de campo, provincia de Santa Cruz. A la izquierda, caminando largas horas por el valle del río Lista, en busca del perfil tipo de la Formación Río Lista. A la derecha, toma de datos estructurales con brújula Brunton en un afloramiento; en este caso, se mide la inclinación de los estratos de la Formación Apeleg.

litología, fósiles, numeración de muestras y sus características, etc.). A veces las observaciones que se van haciendo, permiten replantear algunas hipótesis previas y, en el lugar, puede decidirse agregar nuevos puntos de observación para verificar o refutar.

Finalizado el trabajo de campo, se debe estudiar el material recolectado, catalogarlo e incorporarlo al repositorio. El estudio petrográfico a través del microscopio permitirá estudiar con más detalle la composición y textura de cada roca, para caracterizarla con precisión. El estudio de los restos fósiles puede, en algunos casos, dar información sobre la edad de la roca y el ambiente en que se depositaron los sedimentos que albergaron a los seres vivos, hoy fósiles. La edad de formación también puede establecerse a través de datación por métodos isotópicos.

Esta serie de estudios sumado a los *datos de campo* observados por los geólogos en las estaciones, se utiliza para confeccionar el mapa geológico definitivo, y en base a éste, interpretar la historia geológica de la región.

Las tareas que ejecutan los profesionales del SEGEMAR se encuentran enmarcadas en un amplio programa que contempla la realización de hojas geológicas a diferentes escalas, con una normativa estandarizada. El último paso es someter la Hoja Geológica al procedimiento de control y supervisión que involucra varias instancias de validación por parte de profesionales externos al Proyecto, para asegurar la calidad de la información generada.

Elementos de la Hoja Geológica

A la hora de dibujar el mapa, el geólogo buscará la forma más adecuada de representar los datos relevados, ajustándose a la escala de trabajo. Los rasgos geológicos del orden de centímetros a metros que pueda haber observado en un afloramiento, serán imposibles de representar en el mapa 1:250.000; pensemos que el sólo trazo de una línea de 0,1 mm, representa 25 metros del terreno. El detalle volcado en la cartografía geológica está condicionado por la escala a la que se trabaja. La experiencia le otorga al geólogo el criterio para representar la mayor información posible sin saturar el mapa con detalles que dificulten la lectura. El oficio del geólogo regional en la confección del mapa, se va adquiriendo a fuerza de enfrentar constantemente ese desafío, que se renueva en cada nuevo proyecto.

La premisa fundamental, es conseguir un producto que sea fácilmente legible y comprensible. Para eso es importante que se respete un criterio de mapeo uniforme. La elección de colores y rastras es muy importante; si bien existen colores, rastras y símbolos convencionales, representativos de ciertas litologías o edades, la elección puede ajustarse procurando que se destaquen a la vista los rasgos que el geólogo considera más importantes. También puede modificarse la base topográfica del IGN,

descartando datos innecesarios y agregando nuevos. Las Hojas Geológicas del SEGEMAR contienen:

1) Dentro del pliego de la Hoja (figura 4):

- El mapa geológico, con todas las unidades litoestratigráficas (ver recuadro *Estratigrafía*) que se puedan representar a la escala elegida, mostrando sus relaciones espaciales, estructura, e indicando

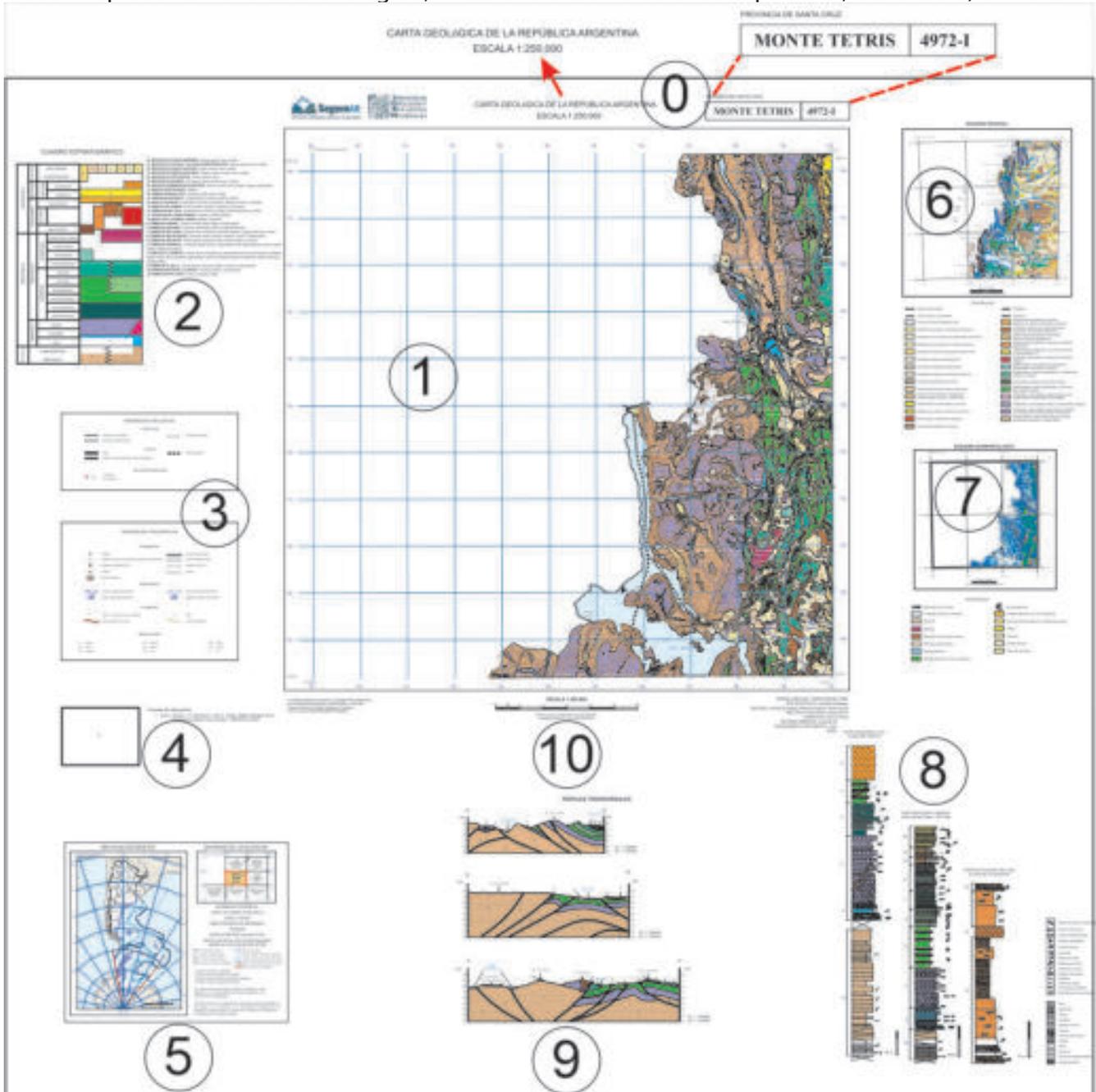


Figura 4. Los elementos de una Hoja Geológica del SEGEMAR. 0: el título, siguiendo las normas de nomenclatura del Recuadro. 1: el mapa geológico. 2: el cuadro estratigráfico (ver detalles en la figura 5). 3: referencias geológicas y geográficas del mapa. 4: fuentes principales de información. 5: mapa de ubicación relativa, en el país y con respecto a las hojas vecinas. 6: esquema regional. 7: esquema tectónico (o geomorfológico). 8: perfiles columnares. 9: perfiles transversales. 10: escala gráfica y numérica. La imagen corresponde a la Hoja Geológica 4972-I Monte Tetris (Escosteguy et al. 2017); la versión completa puede consultarse en <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/2783>

localidades fosilíferas, ubicación de perfiles, de muestras obtenidas, etc. Las unidades litoestratigráficas se numeran secuencialmente desde la más antigua hasta la más moderna.

- Las referencias estratigráficas. En este cuadro, formado por tres columnas, se representan todas las relaciones observadas en la Hoja Geológica. En él se consigna, para cada unidad (figura 5): la cronoestratigrafía (con la edad, a nivel de sistema, serie, piso, etc.; ver cuadro *Estratigrafía*), litoestratigrafía (con los colores y rastras usados en el mapa para la Formación) y litología (donde se indica el número de la unidad, su nombre, y el/los tipo/s de roca que la constituye/n).
- Las referencias para los símbolos geológicos y estratigráficos usados en el mapa.
- El esquema de ubicación, donde se indica la posición de la Hoja en la República Argentina, y su relación con respecto a las Hojas vecinas.
- El marco geológico regional, un esquema geológico que abarque a la zona circundante a la Hoja en una escala apropiada, y donde vea cómo está situada la Hoja respecto de las grandes unidades morfoestructurales con las que esté vinculada.

Estratigrafía: unidades crono y litoestratigráficas

(como se definen en el Código Argentino de Estratigrafía, Comité Argentino de Estratigrafía, 1992)

La estratigrafía es el ordenamiento de los cuerpos de rocas por unidades, de acuerdo con rasgos o propiedades que posean, para poder establecer las relaciones espaciales y temporales entre ellas (en qué orden se formaron, qué eventos geológicos las afectaron, etc.).

Las clasificaciones de las unidades estratigráficas se basan en diferentes propiedades de las rocas. Por ejemplo:

- Unidades litoestratigráficas: se definen en base a sus características litológicas, y son las unidades prácticas en el trabajo de mapeo. La unidad fundamental es la *Formación*, que se define en una localidad tipo, generalmente donde está mejor desarrollada, y lleva el nombre de algún topónimo situado en o cerca de esa localidad. Por ejemplo, la Formación La Yesera fue definida en el paraje La Yesera, en la quebrada de Las Conchas, y agrupa a un conjunto de areniscas y conglomerados de color rojo, depositados en un ambiente continental. Exposiciones de esa misma unidad encontradas en otras localidades, también son identificadas en los mapas como "Formación La Yesera".

- Unidades cronoestratigráficas: son cuerpos de roca originados durante un determinado lapso de tiempo. Todas las rocas situadas en distintas áreas, que se formaron al mismo tiempo, constituyen la misma unidad cronoestratigráfica. Reconocer unidades cronoestratigráficas permite correlacionar rocas de distintas áreas, ordenar las rocas de acuerdo a su edad relativa, y construir una escala cronoestratigráfica global. Por ejemplo, el Sistema Cretácico es la unidad cronoestratigráfica que agrupa a todas las rocas depositadas/formadas durante el Período Cretácico, entre los 145 y 65 millones de años. Dentro del Sistema hay subdivisiones menores, que se denominan Serie, Piso. Desde el punto de vista cronoestratigráfico, la unidad litoestratigráfica Formación La Yesera es parte del Sistema Cretácico, ya que fue depositada durante el Período Cretácico.

- Un esquema tectónico o bien un esquema geomorfológico, en el que se representen simplificada los rasgos principales de la Hoja.
- Columnas estratigráficas esquemáticas, en las que se representa a las unidades presentes, en orden estratigráfico (la más antigua abajo, la más moderna arriba, en el orden en que supuestamente se han depositado, unas sobre otras), y mostrando en la dimensión vertical el espesor aproximado observado para cada unidad, representado a una escala conveniente. Se usan las mismas rastras y numeración que en el mapa y cuadro de referencias estratigráficas.

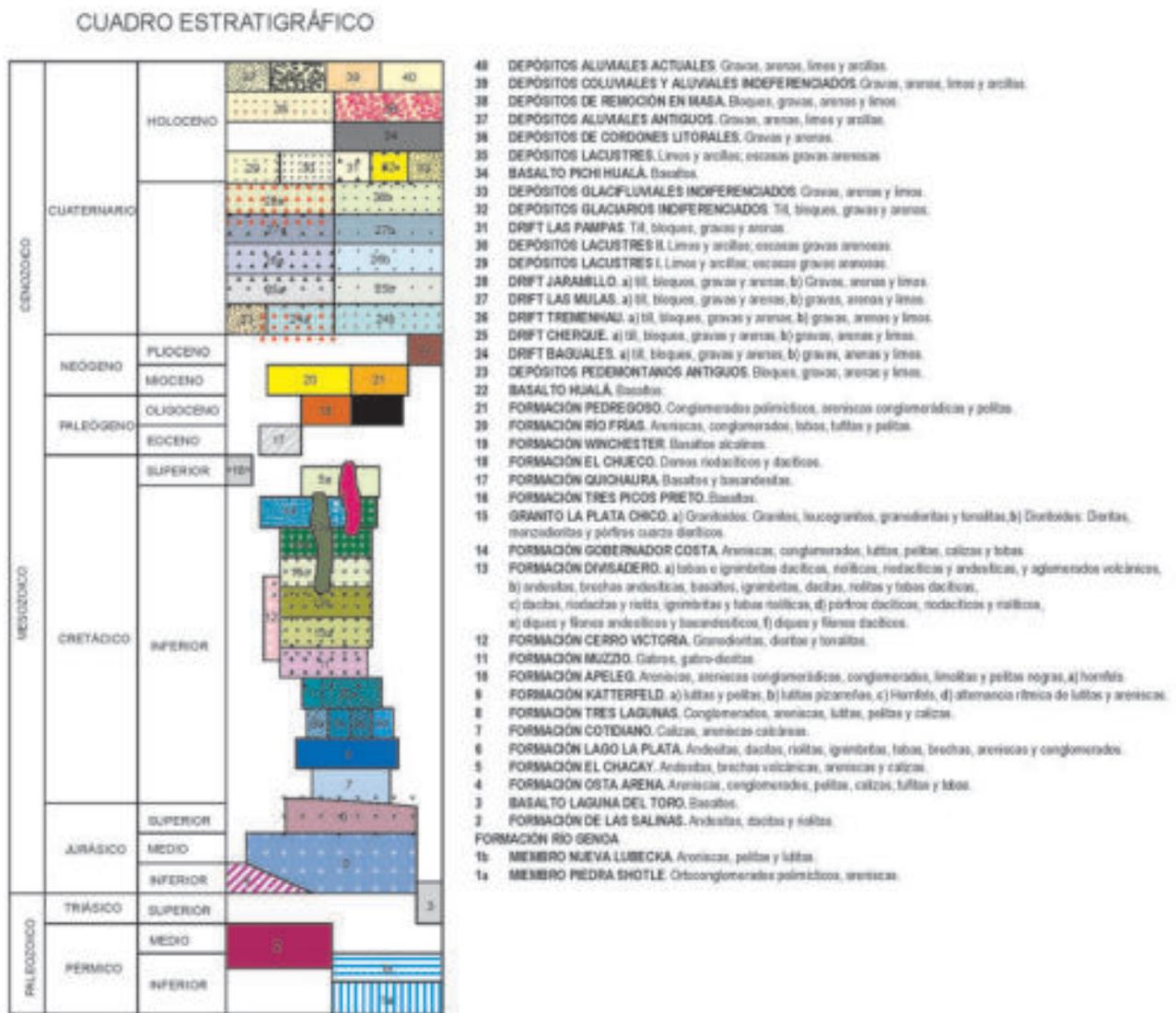


Figura 5. El cuadro estratigráfico. A la izquierda, cuadro cronoestratigráfico con los eratemas Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico (rocas formadas durante las eras paleozoica, mesozoica y cenozoica, respectivamente) y sus subdivisiones en sistemas y pisos. Al centro, las unidades litoestratigráficas, representadas con los mismos números, colores y rastras que se usaron en el mapa. A la derecha, la información litológica para cada unidad litoestratigráfica: nombre, número, tipos litológicos que la caracterizan.

- Perfiles geológicos. Aquí se incorpora una tercera dimensión, a la representación bidimensional que representa el mapa. Se realiza un corte o sección que atraviesa el mapa entre dos puntos (cuya posición se indica en el mapa), y se representa en *perfil*, donde en la dimensión vertical de la figura se indica la altura/profundidad. El borde superior de la figura es la superficie topográfica, y hacia abajo se dibuja esquemáticamente, cómo se interpreta que continúan las unidades geológicas en profundidad, y cómo son sus relaciones. Esta interpretación es posible, a partir de las mediciones realizadas en superficie, del modo en que inclinan las capas geológicas.

2) Como adicional, un texto o memoria explicativa, que suele tener en el orden de entre 50 y 100 páginas impresas, y que contiene la descripción detallada de las unidades litoestratigráficas, la estructura, geomorfología, recursos minerales y sitios de interés geológico dentro de la Hoja, así como una interpretación de la historia geológica de la región. Se consigna aquí además toda la bibliografía consultada.

Otros materiales complementarios no forman parte de la versión de la Hoja que se publica, pero pasan a integrar el archivo de la institución, y quedan a disposición del público que pueda manifestar un interés particular. Estos materiales son: el plano de ubicación de muestras y fotografías, la colección de muestras, perfiles estratigráficos de detalle, informes complementarios (por ejemplo, descripciones de cortes petrográficos o determinaciones paleontológicas), colección de fotografías.

¿Dónde encontrar esta información?

Una de las características de la Carta Geológica definida por la ley 24224, es su acceso público. Esto garantiza que las Hojas Geológicas de algún modo cumplan con su objetivo final, que es servir de base para realizar el inventario de los recursos naturales no renovables, estimular las inversiones y asentamientos poblacionales en las áreas de frontera e identificar zonas de riesgo geológico.

EISEGEMAR hace pública toda la información generada por sus Institutos a través de tres herramientas, de las cuales dos son accesibles a través de la Web:

- Sistema de Información Geológica Ambiental Minera (SIGAM). El visor de mapas del SIGAM (<https://sigam.segemar.gov.ar/visor/>) permite recuperar toda la información disponible para un sector de interés, georreferenciada y en capas.

- Biblioteca (Repositorio) Digital contiene una vasta cantidad de informes producidos por el organismo, digitalizada y accesible a través de un buscador (<https://repositorio.segemar.gob.ar/>)

- Repositorio del material físico respaldatorio de la información producida (muestras de rocas, fósiles,

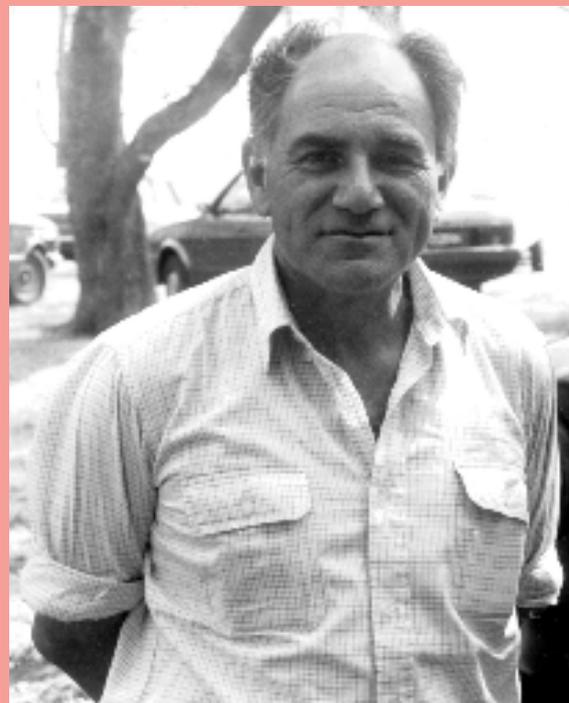
Pioneros del SEGEMAR

El actual Servicio Geológico Minero Argentino nació el 25 octubre de 1904, con el nombre de “Dirección General de Minas, Geología e Hidrología”, entonces dependiente del Ministerio de Agricultura de la Nación, y bajo la dirección del Ing. Enrique M. Hermitte (1871-1955).

La lista de profesionales del SEGEMAR que, a lo largo de la existencia del organismo, contribuyeron a la cartografía del NOA incluye nombres como Juan Keidel, Ricardo Stappenbeck, Guido Bonarelli, Horacio J. Harrington, Félix González Bonorino, Enrique De Alba, César Vilela, Oscar Ruiz Huidobro, Guillermo Furque, Juan Carlos Turner, Mario Susic, Héctor Maisonave, Beatriz Coira, Magdalena Koukharsky, Roberto Caminos, Víctor Ramos, Francisco Nullo, Amilcar Galván, Atilio Battaglia, Fernando Hongn, Graciela Blasco, Osvaldo González, Daniel Rubiolo, Eduardo Zappettini, Juan Carlos Candiani, Raúl Seggiaro, Raúl Becchio, María Alejandra González, Luis Fauqué, Carlos Dal Molin, Roberto Miró. La lista no es exhaustiva y sigue un aproximado orden cronológico de las contribuciones. Un justo homenaje requeriría varios artículos: podría destacarse, por ejemplo, el rol pionero de varias mujeres geólogas en la cartografía de la Puna, como Beatriz Coira, Magdalena Koukharsky, Graciela Blasco. O el papel destacado de referentes y formadores de geólogos, como Félix González Bonorino o Juan Carlos Turner. También es importante notar que algunos integrantes de la lista, hoy pertenecen a IBIGEO; es el caso de Fernando Hongn, Raúl Seggiaro y Raúl Becchio.

En mayor o menor medida, todos ellos representan los cimientos sobre los que se sigue edificando el conocimiento científico en el día a día. En reconocimiento a todos ellos, en esta ocasión elegimos a uno de esos nombres, el Dr. Roberto Caminos (1931-1997), quien planificó y diseñó la última versión de “Geología Argentina” publicada por SEGEMAR en 1999.

Muchos de quienes estamos actualmente en SEGEMAR, tuvimos la suerte de conocer a Roberto Caminos, algunos en la institución, y otros, como quien escribe, cuando nos formábamos como geólogos en la Universidad de Buenos Aires o la Universidad Nacional de La Plata. Como profesor, Caminos se preocupó por transmitir criteriosa y generosamente algo de su vasta experiencia de campo, siempre con su modo campechano, hablando bajo y pausado, con una gran humildad que no disimulaba su enorme dominio y conocimiento. Era un experto mapeador, que valoraba los mapas como el instrumento base a partir del cual, con la simple observación, se podían entender las relaciones geológicas más importantes. Para él, lo más importante del mapa era que tenía la cualidad fundamental que debe tener un dato científico que se precie: su fácil comprobación. Lo hemos visto, mapa en mano frente a un afloramiento, mostrándonos dónde estaba el error, que él mismo había cometido. La gran lección de un Maestro.



Roberto Caminos (1931-1997)

minerales, muestras geoquímicas, cortes petrográficos, etc.), organizado en un repositorio central y en repositorios locales en Centros del SEGEMAR. Algunos de estos repositorios se encuentran aún en etapa de adecuación edilicia.

En síntesis...

Las Cartas Geológicas son un documento cartográfico en el que se vuelca la naturaleza y disposición estructural de los diferentes terrenos (rocas) que conforman el soporte físico del paisaje. Estas aportan información de base para múltiples aspectos de la actividad económica, tales como el inventario y aprovechamiento de los recursos minerales, las grandes obras públicas, la protección del medio ambiente, el ordenamiento y la gestión territorial y la prevención y mitigación de riesgos geológicos.

A su vez, las cartas son de uso científico, ya que a través de ellas se sintetiza el conocimiento que sirve a la evaluación de los procesos geológicos que condicionaron la historia de una comarca y la configuración actual del relieve.

Una hoja geológica es una herramienta básica del conocimiento geológico; los geólogos debemos reconstruir pieza a pieza, un gran rompecabezas que nos permite ver lo que la tierra es hoy, recordar lo que fue ayer y predecir el mañana.

REFERENCIAS Y LITERATURA RECOMENDADA

CAMINOS R, JL PANZA, MP ETCHEVERRÍA, NE PEZZUTTI, DC RASTELLI. 1999. Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 29, 796 p. Buenos Aires.

COMITÉ ARGENTINO DE ESTRATIGRAFÍA. 1992. Código Argentino de Estratigrafía. Asociación Geológica Argentina, Serie B (Didáctica y Complementaria) 20: 1-64, Buenos Aires.

ESCOSTEGUY L, M ETCHEVERRÍA, S GEUNA, M FRANCHI, C WILSON, D AZCURRA. 2017. Hoja Geológica 4972-I, Monte Tetris. Provincia de Santa Cruz. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 429, 87p. Buenos Aires.

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO. 2004. Servicio Geológico Minero Argentino 1904-2004, 100 Años al Servicio del Desarrollo Nacional. Serie Publicaciones 166, 106 p. Buenos Aires, Servicio Geológico Minero Argentino.



Johanna Croce

Ingeniera en Recursos Naturales
Universidad Nacional de Salta

Realizó su Doctorado en Ciencias Biológicas en la escuela de postgrado de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta

Dirección: Dr. Andrés Tálamo (IBIGEO, UNSa-CONICET)

Codirección: Dr. Ernesto I. Badano (IPICYT, México)

Bosques secos de montaña: Importancia de las interacciones planta-planta en la restauración de laderas afectadas por incendios

La regeneración de un bosque luego de un incendio depende de muchos factores bióticos, abióticos y de la interacción entre ellos. Las interacciones interespecífica planta-planta juegan un rol determinante en el éxito de este proceso, al promover o no el establecimiento mediante diferentes mecanismos de facilitación o competencia. Ambos mecanismos actúan simultáneamente en las comunidades vegetales y el resultado final depende de cuál de ellos predomine sobre el otro. Los bosques secos subtropicales de montaña del NOA han experimentado un incremento de episodios de incendios en los últimos años. La problemática ambiental supone la pérdida de vegetación nativa y de las funciones ecosistémicas que estos bosques cumplen. Estas funciones cobran importancia en los bosques situados en la cercanía de centros urbanos, debido al incremento de inundaciones y aludes producidos tras la pérdida de vegetación. Un ejemplo de esta problemática es la que presentan los bosques que circundan la ciudad de Salta (provincia de Salta, Argentina). Las principales especies arbóreas que los habitan son *Anadenanthera colubrina*, *Jacaranda mimosifolia* y *Ceiba chodatii*. Después de los incendios, las áreas quemadas son colonizadas por plantas herbáceas y en menor medida, arbustos leñosos que rebrotan tras el fuego. La colonización por especies arbóreas es extremadamente lenta y, por ello, surge la inquietud de cómo acelerar la recuperación del estrato arbóreo para recuperar más rápidamente los servicios ecosistémicos perdidos. Esta tesis buscó responder cómo interactúa la vegetación que coloniza las laderas luego de un incendio con las plántulas emergidas desde semillas de las tres especies arbóreas

principales de estos bosques. Se realizó un experimento para establecer cómo afectan los factores bióticos (cobertura de la herbácea *W. tucumanensis*) y abióticos (intensidad de luz y lluvia) a la emergencia y la supervivencia de las especies arbóreas. Además, se realizó un experimento en dos serranías incendiadas para establecer si la forma de crecimiento de la vegetación circundante (leñosa o herbácea) promueve el establecimiento de las especies arbóreas elegidas. También se evaluó si el efecto de la vegetación circundante cambia al modificar su porcentaje de cobertura, y si estos efectos se deben o no a la modificación de las condiciones ambientales bajo sus copas. La respuesta de las especies a las distintas condiciones experimentales dependió principalmente de la especie considerada. El reclutamiento de *A. colubrina* estuvo favorecido por regímenes lumínicos elevados y restricción de precipitaciones. *C. chodatii* mostró cierta vulnerabilidad a la elevada radiación solar y buena tolerancia a la reducción de lluvia y *J. mimosifolia* tuvo un mayor reclutamiento en condiciones de baja exposición solar y sin reducción de lluvia. En ningún caso, la interacción con *W. tucumanensis* facilitó el reclutamiento de las especies arbóreas. En condiciones de campo post-incendio e incorporando nuevas formas de crecimiento y manipulando sus porcentajes de cobertura se encontró un mayor reclutamiento de *J. mimosifolia* y *C. chodatii* bajo la cobertura de arbustos leñosos y un menor o nulo reclutamiento bajo la cubierta de especies herbáceas. *A. colubrina* tuvo un mayor reclutamiento en sitios desprovistos de vegetación. Los resultados obtenidos llenan algunos vacíos de conocimiento a los que se enfrenta el profesional de la restauración ecológica: La vegetación que ha colonizado los sitios post fuego modifica diferencialmente las condiciones de luz y humedad bajo sus copas. Las herbáceas que actualmente dominan ambos sitios no favorecen el reclutamiento de las especies arbóreas elegidas. La vegetación arbustiva facilita el establecimiento de plántulas de *J. mimosifolia* y *C. chodatii*. De no tomarse medidas de manejo la restauración por sucesión ecológica podría demorar más de lo esperado.



Serranía de Mojotoro
– Acceso norte a la
Ciudad de Salta.

TEMAS DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA DEL NOA

Revista de Divulgación Científica del Instituto de Bio y Geociencias

Volumen 12, Número 3, Diciembre 2022

I B I G E O

IBIGEO INSTITUTO DE BIO Y
GEOCIENCIAS DEL NOA

<https://ibigeo.conicet.gov.ar/>

CCT-Salta-Jujuy
9 de julio 14
Rosario de Lerma-4405 (Salta)
República Argentina
Tel: 54 (0) 387 4931755
ibigeotemas@gmail.com