

Capítulo 10

Campo de aplicación de la Geología: recursos naturales geológicos y medio ambiente

Los fundamentos de geología delineados en los precedentes capítulos tienen diverso grado de aplicación en apoyo de la actividad humana, parte de lo cual se menciona sintéticamente en los siguientes párrafos.

Suelos

Teniendo en cuenta que las comunidades se asientan sobre la superficie de la Tierra, el **suelo** constituye un elemento de gran importancia para su desarrollo. Su estudio es abordado por la disciplina denominada **pedología** (o edafología) y en ella participan principalmente geólogos e ingenieros agrónomos.

En los suelos hay varios componentes, en diverso grado entremezclados, incluyendo a) fragmentos de roca y granos minerales de la fracción arena y limo, constituyendo un almacén o esqueleto; b) sustancias al estado coloidal (plasma), tanto inorgánicas como minerales del grupo de las arcillas (argilominerales) y orgánicas que reciben el nombre de **humus**, resultado de la destrucción por microorganismos de restos vegetales y animales ; c) compuestos solubles, carbonatos, sulfatos, nitratos, etc.; d) fluidos, agua y aire.

La observación en sentido vertical de un suelo bien desarrollado, pone en evidencia la existencia de **horizontes**, denominados de arriba hacia abajo A, B y C, que constituyen el **perfil** de ese suelo. El horizonte A, es un nivel húmico, **eluvial** (de lavado). La parte superior del mismo contiene, si hay disponibles, cantidad de desechos orgánicos vegetales y animales, descompuestos o en vías de descomposición. Por debajo es más homogéneo, de tonalidad oscura y contiene tanto fragmentos de minerales como materia orgánica. Del horizonte A se extraen nutrientes que se movilizan hacia el horizonte B, en solución química o suspensión fluida, incluyendo sales solubles de calcio y sodio, sílice y argilominerales. El horizonte B es **iluvial** (de acumulación) y recibe por acción gravitacional el plasma movilizado desde el horizonte superior. Normalmente la precipitación de esos materiales provoca endurecimiento del nivel, que puede llegar a desarrollar costras de compuestos cálcicos (toscas), de hierro, etc. El pasaje al horizonte C es gradual y el mismo constituye una zona de parcial alteración de la roca o sedimento sobre la que se desarrolla el suelo, que también gradualmente pasa hacia abajo a la roca madre, el material original inalterado. El límite inferior puede ser de difícil establecimiento y suele fijarse arbitrariamente a la profundidad donde deja de observarse actividad biológica, mayormente arraigamiento de las raíces de plantas (Fig. 10.1).

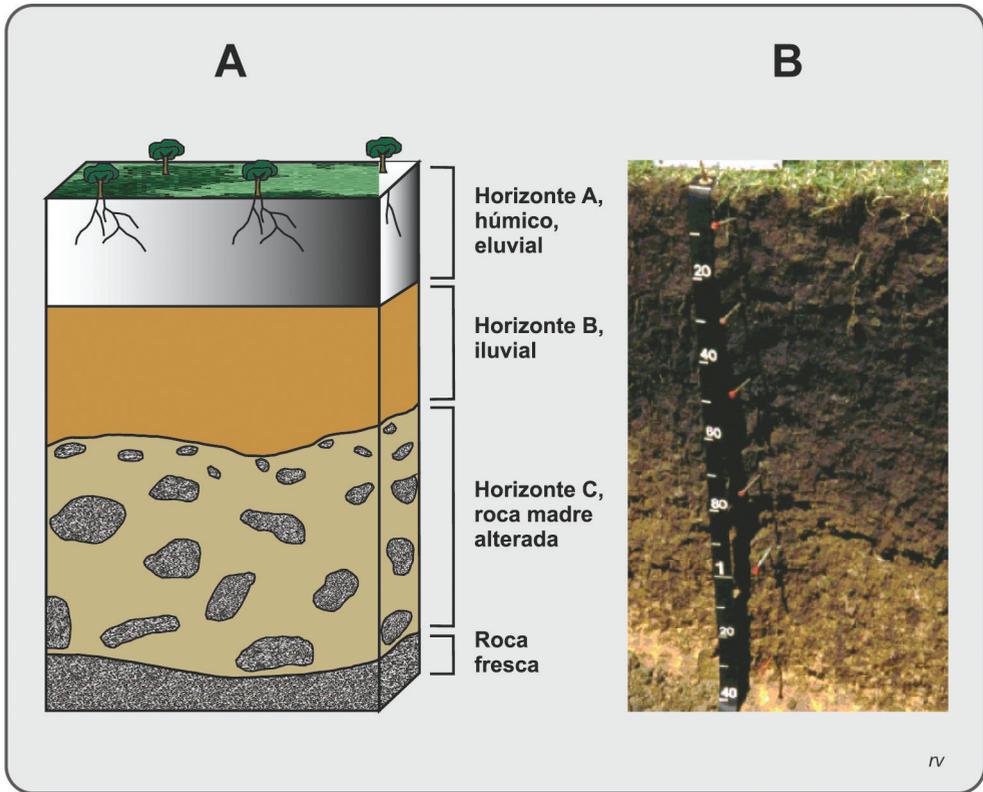


Figura 10.1. A) Esquema de un perfil de suelo. B) Perfil natural de un suelo bien desarrollado, fértil, con Horizonte A rico en humus (negro) y Horizonte B arcilloso (castaño), fotografía tomada de www.fagro.edu.uy.

Como es de prever, la distinta calidad de materiales (rocas y sedimentos), condiciones del relieve y variables condiciones climáticas (temperatura, humedad, vientos, régimen de lluvias, etc.) sobre la superficie terrestre, dan lugar a distintos tipos de suelos. La clasificación de suelos es compleja. Puede basarse en un esquema humedad-temperatura (Teruggi, 1984). a) Clima frío-seco (**serozem**; suelo desértico gris). b) Clima frío-húmedo (**podzol**; delgado nivel húmico oscuro, seguido de característico nivel blanco-ceniciento y un horizonte B iluvial gris oscuro-castaño oscuro que concentra los coloides húmicos y los hidratos de hierro y aluminio). c) Clima cálido-seco (suelo desértico rojo). d) Clima cálido-húmedo (**latosol**; suelo que por intensa eluviación pierde los materiales solubles, con un remanente insoluble enriquecido en óxidos de hierro y de aluminio). e) Clima de condiciones óptimas de humedad-temperatura (intermedias), con grandes superficies cubiertas por sedimentos finos y buen drenaje, como las praderas de la llanura Chacopampeana; se desarrollan los fértiles suelos negros llamados **brunizem** y **chernozem**.

Actualmente, son utilizadas las clasificaciones propuestas por el Servicio de Suelos de Estados Unidos de Norteamérica (Séptima Aproximación) y FAO (Organización de las

Naciones Unidas, ONU, para la alimentación y la agricultura. En Argentina el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), utiliza la Séptima Aproximación en el estudio y mapeo de suelos, que incluye 10 órdenes (Morrás, 2008): **Entisoles** (suelos castaños) tienen poco desarrollo y baja fertilidad. **Vertisoles** (suelos arcillosos), de poca aptitud agrícola pueden ser buenas áreas pastoriles. **Inceptisoles** (suelos pardos), son suelos incipientes, aptos para cultivos. **Aridisoles**, son suelos de regiones áridas, de colores claros, vulnerables a erosión y escasa fertilidad. **Molisoles** (suelos blandos, negros), muy fértiles, equivalente de los brunizem y chernozem. **Spodosoles** (suelos ácidos), de áreas boscosas, poco aptos en agricultura. **Alfisolos** (suelos grises), arcillosos, húmedos de baja permeabilidad, bajo a medio contenido de materia orgánica, no aptos para agricultura. **Oxisoles** (lateríticos), de clima subtropical húmedo, rojizos con alto contenido de hierro, poco fértiles. **Histosoles** (turberas y mallines), muy ricos en materia orgánica, aunque poco descompuesta y pantanosos, sin valor agrícola. **Litosoles**, suelos esqueléticos formados sobre cascajo y arena por desagregación de rocas duras en superficies inclinadas del faldeo de sierras, sometidos al desplazamiento hacia abajo por movimientos de reptación-solifluxión, carentes o con escasa materia orgánica y fácilmente erosionables.

Aguas subterráneas

La disponibilidad de agua dulce es un factor preponderante para el desarrollo del hombre. Del agua disponible en la Tierra, el 97,2% es agua salada de mares y océanos quedando un remanente menor (2,8%) para las aguas dulces. Para las últimas y referido al total, 2,15% está retenida en los casquetes polares y glaciares. Lagos y ríos contienen cantidades insignificantes, aproximadamente 0,0091%. La cantidad de agua dulce alojada en suelos se calcula es un 0,005% y en reservorios de subsuelo se contabiliza la significativa cantidad de 0,62% del total. Es notorio que por la atmósfera pasa cíclicamente una gran cantidad de agua, pero instantáneamente alcanza solo el 0,001% del total de agua del planeta.

En la variada temática que encierra el conocido ciclo hidrológico (evaporación en los océanos, precipitación sobre los continentes, infiltración-escurrecimiento y retorno a los océanos), tiene clara injerencia geológica el tramo que ocurre sobre los continentes, tanto en superficie como subterráneamente (**hidrología**) y con énfasis en las aguas de subsuelo que es motivo de estudio de la **hidrogeología**. La precipitación de nieve introduce algunas particularidades y da lugar a una especialidad denominada **nivología**.

Caída el agua como lluvia sobre la superficie de los continentes, una parte **escurre en superficie**, sea en manto o canalizada en torrentes, arroyos y ríos. El agua que **infiltra** en el terreno, en suelo y subsuelo, migra tanto lateral como verticalmente y define una **zona de aereación**, donde la porosidad de los materiales no es totalmente ocupada y por debajo una **zona de saturación**, en la que hay total ocupación de espacios vacíos. La superficie que limita las zonas de aereación y saturación constituye el **nivel freático**, que se destaca por su movilidad en el tiempo, tanto ascendente como descendente (Fig. 10.2).

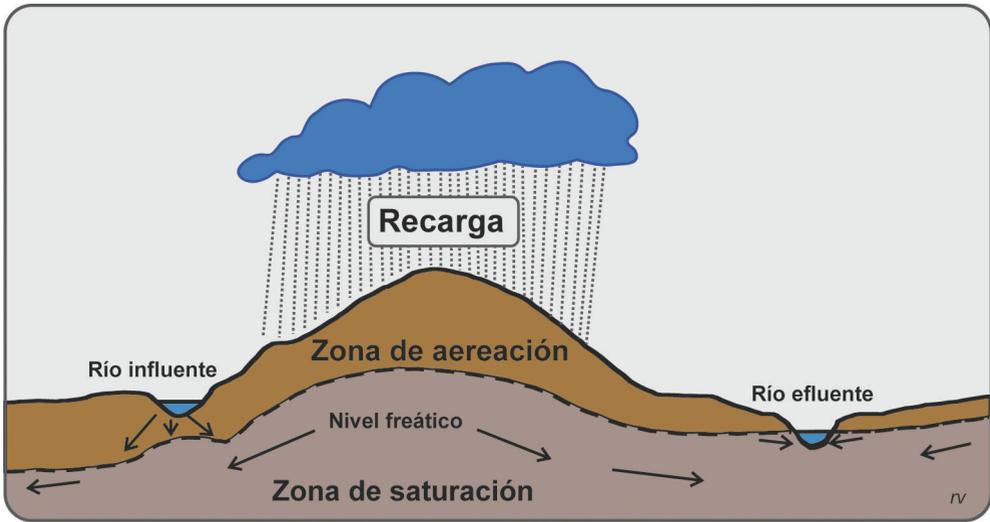


Figura 10.2. Esquema mostrando la relación entre zonas de aereación-saturación y nivel freático. También se aprecia la interacción entre aguas superficiales (arroyos y ríos) y subterráneas.

El agua subterránea se aloja en los espacios vacíos de las rocas. El medio más importante son los sedimentos y rocas sedimentarias clásticas y los espacios vacíos son los poros entre los clastos, que constituyen la **porosidad** de la roca. La porosidad es mayor cuanto menor es el tamaño de los clastos y también varía en función de la madurez textural, aumenta cuando es homogéneo el tamaño de los granos y disminuye ante la existencia de matriz dispuesta entre los clastos mayores. También los cementos ligando clastos reduce la porosidad. En sedimentos y en promedio, la porosidad es de 45% en arcillas, 35% en arenas y 25% en gravas; en sedimentitas son frecuentes valores de 15% en areniscas y 5% en limolitas y arcilitas. En rocas compactas, como granitoides y calizas, la capacidad de contener agua está determinada por la existencia de diaclasas abiertas y oquedades producidas por disolución.

Teniendo en cuenta que sedimentos y rocas pueden contener agua en subsuelo, resulta de gran importancia el parámetro denominado **permeabilidad**, que es la capacidad de permitir el movimiento de la misma. Se valora por la cantidad de agua que pasa por una sección del sedimento/roca y se mide en $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}^2$. Está controlada por el grado de interconexión entre los poros y/o fisuras del sedimento/roca. Las arcillas/arcilitas pueden contener mucha agua, pero retardan o impiden el tránsito por ella, constituyendo un **acuicludo**. En cambio, las arenas/areniscas tienen relativamente buenos valores de porosidad y permeabilidad, por lo que almacenan y permiten el movimiento de agua, lo que da lugar a los **acuíferos**.

Hay una relación a tener en cuenta entre agua subterránea y de escurrimiento superficial por ríos y arroyos. El caso general es que los acuíferos tengan una **zona de recarga** en terrenos altos, sea por lluvias o derretimiento de nieve y hielo. Definido un nivel freático, los ríos pueden aportar agua al acuífero y ser **ríos influentes**, o por el contrario extraer agua del mismo siendo entonces **ríos efluentes** (Fig. 10.2).

En un determinado lugar y en profundidad, también cabe distinguir entre **acuífero libre** o **freático** y **acuífero/s confinado/s**. El primero es de posición superior, inmediatamente por debajo del nivel freático, en comunicación con la atmósfera y por abajo es limitado por un acuicludo. De acuerdo con ello la ubicación de su techo varía estacionalmente; el nivel freático puede subir tanto como para anegar la superficie del terreno, o descender y aún secar el acuífero libre. Su conexión con superficie es causa de que sus aguas estén sujetas a contaminación. Por su parte, los acuíferos confinados están limitados en base y techo por acuicludos; desde superficie puede accederse a ellos mediante perforaciones; al estar sometida a presión, el agua asciende por las perforaciones, determinando un **nivel piezométrico**; eventualmente el agua puede llegar a superficie sin necesidad de bombeo, constituyendo un **pozo artesiano**. Otra característica es que al estar aislados, son recursos de agua no contaminada (Fig. 10.3).

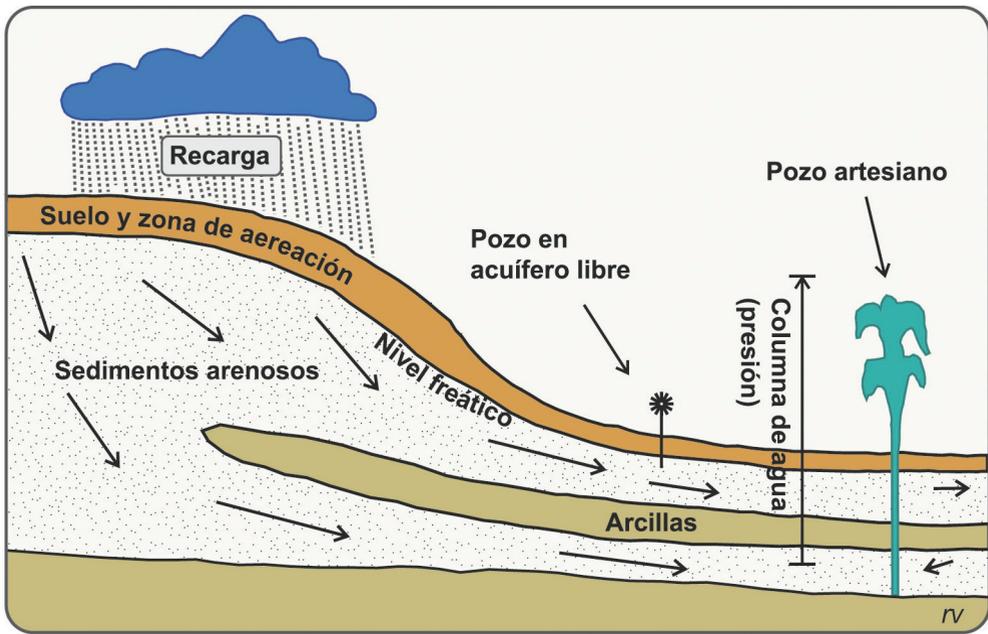


Figura 10.3. Esquema de un acuífero confinado con un pozo artesiano. Puede apreciarse la diferencia respecto a un pozo en acuífero libre, que extrae agua mediante un molino de viento.

Otro aspecto a tener en cuenta es la calidad química de las aguas que contienen los acuíferos. Normalmente contienen en solución aniones carbonato, sulfato, cloruro, fluoruro y variados cationes, como calcio, sodio, magnesio, hierro, arsénico, etc. La incorporación de sales y elementos procede normalmente de los sedimentos o rocas por las que circulan y alojan. Mediante análisis químicos se determina con precisión su calidad y aptitud.

La composición química del agua puede alterarse por la actividad del hombre, comúnmente por contaminación desde superficie por productos de uso industrial o agrario. Otra causa, que provoca salinización, puede deberse a la explotación de acuíferos en lugares próximos al litoral marino, que moviliza la invasión por aguas saladas.

Ejemplo de acuífero de importancia económica es el Acuífero Puelche. Cubre una superficie de aproximadamente 92.000 km² y se extiende en subsuelo por el NE de la provincia de Buenos Aires, con extensión a las provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Córdoba. Es un manto de arenas cuarzosas blanquecinas de 20 a 30 metros de espesor y origen fluvial, depositado durante el Plioceno tardío (~ 3 Ma), cuyo techo se dispone a profundidad variable de 30 a 50 m. Por arriba soporta los limos y loess del Grupo Pampa, la conocida **tierra colorada** sobre la que se desarrollan los suelos de la llanura pampeana. Por debajo las arenas se apoyan sobre arcilitas verdes, marinas, de la Formación Paraná (Mioceno tardío) con características de acuícludo. Teniendo en cuenta que se ha comprobado la intercomunicación con la atmósfera y recarga a través de los sedimentos del Grupo Pampa, se lo considera un acuífero semiconfinado. El agua del Puelche es bicarbonatada sódica. Numerosas ciudades se alimentan de agua del Puelche y un ejemplo es la ciudad de La Plata (700.000 habitantes), único recurso utilizado hasta el año 1957, para con posterioridad compartir con agua potabilizada extraída del río de la Plata (Auge, 2005).

Otro gran sistema es el Acuífero Guaraní, que tiene una extensión aproximada de 1.200.000 km², en el SE de Brasil, NO de Uruguay, SE de Paraguay y NE de Argentina. El agua está contenida en areniscas continentales de paleodesiertos, de edad Triásico-Jurásico (aproximadamente 200 Ma de antigüedad), que en Brasil se denominan Formación Botucatu, en Uruguay Formación Tacuarembó y en Argentina Areniscas de Misiones. El manto arenoso está a profundidades variables, desde 50 m en los bordes de cuenca en Brasil, hasta 1500 m hacia el Sur, donde es cubierto por volcánicas cretácicas (140-120 Ma de antigüedad), como las que están a la vista en la meseta misionera. Es un acuífero confinado y puede alumbrar en superficie, en pozos artesianos, aguas a temperaturas de 33° a 65°C, por lo que se explota también en centros termales recreativo-curativos.

Un ejemplo de uso de agua proveniente de un acuífero libre es el del Partido de la Costa, en el litoral marino, desde San Clemente a Mar de Ajó. El agua se aloja en la arena de los médanos y cordones costeros, en una franja paralela a la costa, de 2 a 4 kilómetros de ancho, sobre la que se asienta la población. El espesor de arena varía de 5 a 15 metros y se apoyan sobre arcillas de albufera. El agua es extraída desde numerosas perforaciones someras domiciliarias y la contaminación limita su uso como agua potable, a causa de lo que ha prosperado el comercio de agua potabilizada, envasada en botellas y bidones (Carretero y Kruse, 2010).

Geología aplicada

Las construcciones que realiza el hombre, sea en superficie o subsuelo, requieren del conocimiento geológico de los sitios donde serán emplazadas, estableciendo un campo de acción donde participan geólogos e ingenieros, en una actividad que suele denominarse **geología aplicada**. Intenta asegurar la estabilidad de obras tan diversas como edificios, calles, rutas, pistas de aterrizaje, diques y embalses de agua y tendido de acueductos- gasoductos- oleoductos.

La disciplina utiliza prácticamente todos los recursos geológicos convencionales, destacándose que lo hace a escala de detalle (1:1000 a 1:10000), en la que se efectúa el relevamiento y mapeo de litologías, estructuras sedimentarias/ígneas/metamórficas y estructuras tectónicas (fallas, pliegues y diaclasas).

Cabe también mencionar la interacción entre naturaleza y actividad humana en el límite continente-mar, donde la **geología de costas** aporta para el mejor uso de puertos, playas y desarrollo de ciudades.

Recursos naturales geológicos

La necesidad de materiales para el desarrollo acompaña a la humanidad desde tiempos prehistóricos, como queda acreditado por la utilización de rocas y minerales en la construcción y confección de herramientas, seguida por el uso de metales y la energía proveniente de los depósitos de carbón, hidrocarburos y uranio. La alta sofisticación actual de la ingeniería y electrónica requiere además elementos químicos poco abundantes, del grupo de los minoritarios y tierras raras. A lo largo de ese proceso se han desarrollado especialidades, como las conocidas con el nombre de **geología de yacimientos** y **geología del petróleo**.

Geología de yacimientos

La exploración y explotación de rocas y minerales para su uso en la construcción e industria es un tema de variada índole. El bien a aprovechar puede ser una roca en su totalidad, uno o varios minerales concentrados en cuerpos discretos por procesos naturales, o minerales que en pequeñas cantidades están dispersos en la roca.

La roca o cuerpo que constituye o aloja el material de interés, puede ser del dominio ígneo, sedimentario o metamórfico. Para la etapa exploratoria resulta indispensable el conocimiento de la estratigrafía regional, acompañado del relevamiento minucioso de estructuras tectónicas desarrolladas en las rocas.

La zona de interés constituye un distrito minero y normalmente cuenta con varios yacimientos o minas. Además, es frecuente que haya zonas con más de un mineral o roca de interés minero, en el mismo o a distintos niveles estratigráficos, a veces de diferentes orígenes y desprovistos de relación entre ellos.

La estratigrafía juega un papel fundamental cuando la roca o mineral explotable está vinculado a una roca sedimentaria. Hay casos relativamente sencillos, como es el aprovechamiento a cielo abierto (canteras) de calizas, dolomías y arcilitas en Olavarría, provincia de Buenos Aires, donde la sucesión de estratos se dispone subhorizontalmente. Otros distritos presentan diferentes grados de complejidad; un ejemplo puede ser la explotación de hierro en Sierra Grande, provincia de Río Negro, donde los estratos de areniscas ferríferas motivo de la actividad minera, están inclinados por efecto de pliegues y fallas, lo que obliga al laboreo en galerías subterráneas y a un permanente control de los frentes en explotación por la discontinuidad provocada por numerosas fallas.

En rocas ígneas los yacimientos suelen tener hábito laminar, bajo la forma de diques o filones mineralizados, contenidos en plutonitas o volcanitas. Ejemplo diques de pegmatita en granitoides de las sierras de Córdoba, San Luis y otros bloques de Sierras Pampeanas, explotados por micas, cuarzo, turmalina. También diques de fluorita en volcanitas de Río Negro.

Los yacimientos contenidos en rocas metamórficas pueden estar condicionados por la alta

complejidad estructural, como los yacimientos de plomo, zinc y plata en esquistos del Distrito Minero Gonzalito, Río Negro. Varias fases de deformación superpuestas generaron una compleja estructura, en la que los niveles mineralizados son discontinuos, con forma de discos de posición subvertical, espesor de algunos metros y continuidad en el rumbo por algunos cientos de metros, separados por niveles de esquistos y gneises estériles (Fig. 10.4 A).

Los yacimientos diseminados, contenidos en rocas ígneas en pequeñas cantidades (partes por millón), permiten obtener cobre, oro, plata y otros metales, removiendo grandes volúmenes de roca con explosivos y grandes máquinas, que se tritura y somete a tratamientos físico-químicos para concentración de los metales. Se explotan a cielo abierto, en enormes labores subcirculares, que ganan profundidad escalonadamente. Mina La Alumbrera, en funcionamiento en Andalgalá (Catamarca), remueve por día 340 toneladas de roca y obtiene por año 190.000 kg de concentrado de cobre y 23.000 kg de oro. En el proceso utiliza gran cantidad de agua y “sopas ácidas” para extraer los metales, acusadas de contaminar suelo y agua.

En la provincia de San Juan, la Mina Veladero es otra explotación a cielo abierto. Ubicada en la alta cordillera 320 km al NO de la ciudad capital, extrae oro y plata con utilización de cianuro. En la misma provincia, el proyecto Pascua Lama, compartido con Chile, también por oro y plata, será uno de los más grandes del mundo. Es resistido por la contaminación de los glaciares en los que se alumbró el agua utilizada en los valles sanjuaninos. Igual situación ocurre con la proyectada explotación de oro y plata de la sierra de Famatina, en La Rioja. En la provincia de Santa Cruz, el yacimiento Cerro Vanguardia explota oro y plata a cielo abierto utilizando cianuro (Fig. 10.4 B).

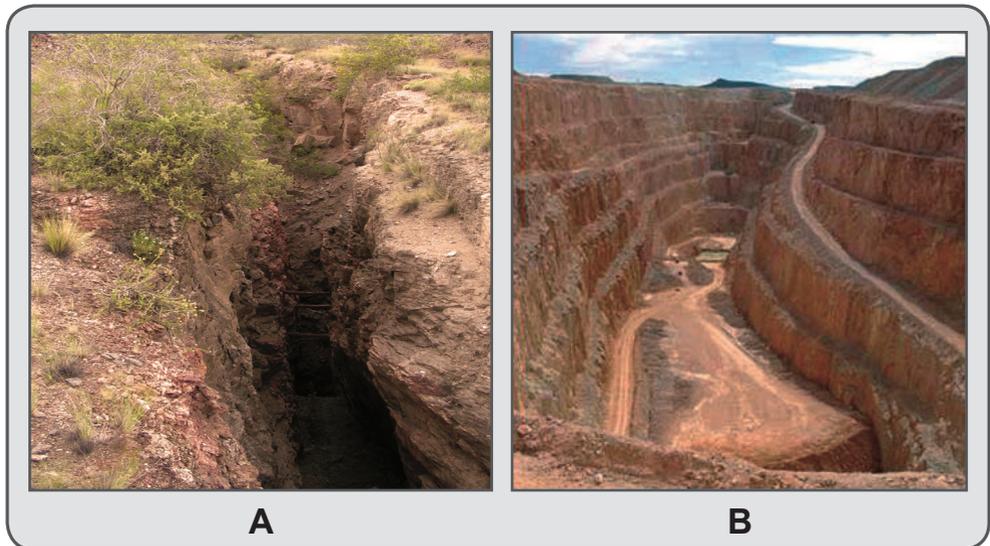


Figura 10.4. Ejemplo de explotaciones mineras. A: Labor en Mina Gonzalito, Río Negro. Son gneises y esquistos cámbricos, de los que se ha extraído el nivel mineralizado; piques de ingreso y galerías subterráneas dan continuidad en subsuelo. B: Cerro Vanguardia, Santa Cruz, labor a cielo abierto en rocas volcánicas jurásicas.

Geología del petróleo

Es conocido que en los continentes hay regiones con grandes afloramientos rocosos, a veces sobresaliendo pocos metros sobre el nivel del mar, otras formando serranías y montañas elevadas desde pocos cientos de metros hasta miles de metros sobre el nivel del mar. En Sudamérica las elevaciones del terreno son prominentes en la franja occidental (Pacífico), merced a la instalación del orógeno activo andino. La franja oriental o atlántica tiene las elevaciones cratónicas, expuestas discontinuamente con alturas modestas, como en los escudos Amazónico, de San Francisco y del Río de la Plata. Interpuesta entre ambos ambientes rocosos se dispone la franja central de los grandes llanos (Beni, Iquitos, Pampas).

En las grandes extensiones tapizadas por sedimentos, la exploración de subsuelo permite ubicar áreas en las que el espesor de sedimentos acumulados es significativo (depocentros; cientos a varios miles de metros, separados por altos o umbrales de subsuelo), que constituyen cuencas sedimentarias. Algunos de esos depocentros son cuencas intracratónicas, como las de Amazonas, Parnaíba, Paraná y Chaco-paranaense. Otras son cuencas subandinas de antepaís, en los contrafuertes de los Andes, desde Venezuela a Tierra del Fuego, de Norte a Sur depocentros de Barinas, Los Llanos, Oriente, Madre de Dios, Chaco, Cuyo, Neuquén, Río Mayo y Magallanes. Otras cuencas, asentadas parte en continente y parte en plataforma continental, tuvieron origen en la apertura del Atlántico, como las de Campos, Santos, Pelotas, Punta del Este, Salado, Colorado y San Jorge.

Ubicado un depocentro, el éxito en la exploración y explotación de hidrocarburos requiere conocer la evolución estratigráfica y estructural del relleno. Establecida la secuencia depositacional (columna estratigráfica) es posible presumir cuales pueden ser las rocas madre (rocas generadoras de hidrocarburos; sedimentos de alto contenido de materia orgánica), cuales las rocas reservorio (sedimentos porosos y permeables capaces de albergar petróleo y gas) y cuales las rocas sello (sedimentos impermeables que impiden la pérdida de los hidrocarburos acumulados en la roca reservorio). También es necesario conocer el estilo tectónico, para imaginar las posibles trampas de hidrocarburos, consistentes en determinado arreglo estructural (pliegues; fallas) o estratigráfico (facies; cambio lateral de litologías), (Allen y Allen, 2005).

Las rocas madre o generadoras son aquellas capaces de generar y expeler petróleo, que deben además integrar un modelo de migración junto a una roca reservorio. Son sedimentos marinos o lacustrinos ricos en materia orgánica por la actividad fotosintética de algas, a lo que puede sumarse el aporte de plantas desde el continente. La materia orgánica debe ser enterrada por otros depósitos y protegida de ambientes oxidantes que la destruyan.

La materia orgánica insoluble contenida en los sedimentos es llamada *kerógeno* y se puede transformar (metamorfismo) en hidrocarburos mediante un proceso físico-químico que requiere ciertas condiciones de temperatura y presión. Conocido es que el gradiente geotérmico medio es de 1° C por cada 30 metros de profundidad. A un rango de 100°-150°C el kerógeno genera petróleo y a 150°-220°C la ruptura de moléculas (cracking) produce gas.

La expulsión de los hidrocarburos de la roca madre se debe a la presión por sobrecarga (presión litostática). Es un proceso concomitante, temperatura alcanzada por enterramiento a cierta profundidad y presión resultante de la carga de la pila sedimentaria sobre el nivel de sedimentos

con materia orgánica. Cabe tener en cuenta que la migración hacia niveles superiores se produce por la menor densidad de los hidrocarburos respecto a la del agua contenida en los poros del sedimento reservorio. También en los lugares donde madura y se expele petróleo, se producen gradientes de presión, que pueden ser laterales y aún dirigidos hacia abajo, favoreciendo la circulación por fisuras-microfisuras hacia sedimentos porosos y permeables.

La roca sello ideal es un paquete de lutitas, transgresivo sobre una sucesión suavemente inclinada, formada por paquetes alternantes de sedimentitas arenosas y arcillosas.

Las trampas de petróleo son de tipo estructural o estratigráfico. Las de mayor frecuencia son las primeras y de ellas se han extraído los grandes volúmenes consumidos en la era industrial. Un anticlinal es la trampa estructural por excelencia (Fig. 10.5 A), adquiriendo mayor complejidad el caso de combinación de pliegues asociados con fallas. Las fallas por si solas suelen también constituir trampas, al interrumpir la continuidad lateral de las arenas reservorio y yuxtaponerlas con estratos arcillosos u otras rocas sello (Fig. 10.5 B). Actualmente se acentúa la exploración de otros reservorios no convencionales, como los producidos por discordancias (Fig. 10.5 C), diapiros salinos y sucesiones de plataformas continentales producidas en los tiempos de ruptura de continentes y activación de cuencas rift.

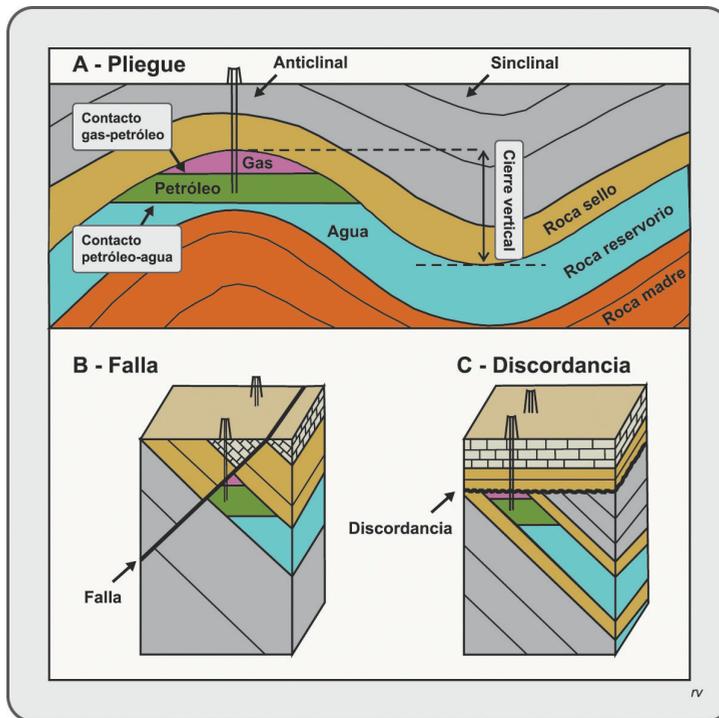


Figura 10.5. Yacimientos de petróleo y variedad de trampas. A: Petróleo y gas son retenidos en la cresta de un anticlinal. B: Los hidrocarburos están alojados en una sedimentita arenosa, que es interrumpida por el desplazamiento provocado por una falla y la yuxtaposición con un nivel impermeable formado por lutitas. C: El conjunto muestra una sección inferior, dislocada y arrasada por erosión, y una sección superior subhorizontal, depositada en un segundo ciclo de sedimentación; la relación entre ambas secciones es de discordancia angular. Los fluidos agua-petróleo-gas contenidos en areniscas porosas y permeables son retenidos por las lutitas sobre el plano de discordancia.

Geología ambiental – Geología urbana

Por último, ha cobrado relevancia en las últimas décadas la temática relacionada con la actividad humana, en lo referente a utilización de la tierra, riesgos naturales y contaminación de aire, suelo y aguas. Los problemas se acentúan en los asentamientos de grandes conglomerados poblacionales y en las regiones de actividad minera o agropecuaria de gran escala. La temática puede referirse en conjunto como **geología ambiental**.

Ante el desarrollo de nuevas actividades, está capacitada para determinar el impacto ambiental que pueden provocar en la atmósfera, agua y suelo/subsuelo y la forma de evitarlas o atenuarlas. Incluye además la evaluación y diagnóstico del grado de contaminación de una región, los procedimientos para la remediación y recuperación de suelo/subsuelo y aguas, así como la forma de evitar nuevas contaminaciones.

Entre los riesgos geológicos en relación con las poblaciones, la **geología urbana** contribuye a evitar y remediar problemas de las grandes ciudades, como destino de basura, tratamiento de efluentes, efectos del uso masivo de pesticidas y fertilizantes, manejo del drenaje pluvial para evitar inundaciones y en áreas montañosas prevención de deslizamientos en masa y efectos de sismicidad y volcanismo.