Un Vistazo a la Geología de Minnesota

Minnesota Geological Survey
University of Minnesota

Rocas comunes de Minnesota

Las rocas están hechas de minerales. Un mineral se crea naturalmente y es inorgánico y tiene una fórmula química y estructura cristalina distintiva. Cuando los minerales se forman en espacios abiertos, su forma cristalina es aparente (Fig. 1A). Sin embargo, la mayoría de los minerales ocurre en una red entrelazada con otros minerales, formando diferentes tipos de rocas (Fig. 1B).

Hay tres tipos básicos de rocas: ígneas, metamórficas y sedimentarias. En Minnesota se encuentran variedades de los tres tipos.

Las rocas ígneas se forman del líquido fundido llamado magma. El magma que sale en la superficie de la Tierra (arriba o debajo del agua) se llama lava. La lava se enfría rápidamente y forma rocas de granos finos como el basalto o la riolita dependiendo de su composición mineral (Fig. 2). El basalto es bajo en sílice y contiene principalmente minerales oscuros que son compuestos de hierro (Fe), magnesio (Mg) y silicio (Si). Estos minerales oscuros se llaman silicatos Fe-Mg. La riolita es alta en sílice y es una roca volcánica de color claro, compuesta mayormente por minerales silicatos que contienen potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca) y aluminio (Al), junto con la silicona.

El magma que permanece bajo la superficie de la Tierra se enfría lentamente y forma rocas ígneas intrusivas de grano grueso como el gabro y el granito (Fig. 2). El gabro contiene cristales visibles del mineral plagioclasa (gris), más los silicatos de Fe-Mg, que son de color casi negro, como el piroxeno, el olivino y la hornablenda. El equivalente intrusivo de la riolita es el granito, que contiene feldespato, cuarzo y mica.

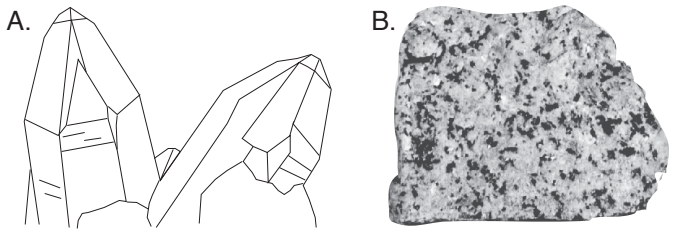

Figura 1. A. Cristales individuales con forma cristalina bien desarrollada. **B.** Roca formada por varios cristales minerales combinados.

Las rocas metamórficas se forman cuando las rocas preexistentes cambian por el calor y la presión en la profundidad en la corteza de la Tierra o por la intrusión de magma caliente. La colisión de los continentes o la ubicación a gran profundidad proveen algunas de las condiciones necesarias para alterar las rocas. Los minerales en algunas de las rocas metamórficas son nuevos, formados por las reacciones entre los granos minerales originales. Los minerales en otras rocas metamórficas son similares a los minerales presentes en la roca original, pero han sido reorganizados. El gneis es una roca metamórfica en la cual los granos minerales están segregados en capas claras y oscuras debido a los valores extremos de calor y presión. El esquisto y la filita son otros ejemplos de rocas metamórficas que muestran una orientación preferencial de los granos. El mármol, la cuarcita y la pizarra son rocas metamórficas derivadas de las rocas sedimentarias (la caliza, la arenisca, y la lutita/limolita, respectivamente).

Las rocas sedimentarias se forman por la acumulación de restos de rocas meteorizadas o por la precipitación química de ciertos elementos como el calcio, el magnesio o el hierro. En los sedimentos clásticos—compuestos de partículas individuales—los granos, que pueden ser grandes (gruesos) o pequeños (finos), originalmente fueron parte de un cuerpo de roca más antiguo descompuestos por la meteorización y la erosión. Los granos fueron transportados por el viento y el agua (a veces a través del hielo o la gravedad), depositados, enterrados y eventualmente, compactados para formar una roca.

El tamaño de los granos en la roca sedimentaria provee pistas sobre el mecanismo por el cual los granos fueron transportados y depositados. Los granos grandes son pesados y requieren fuerzas potentes como el viento, el agua, el hielo o la gravedad para moverse. La partículas de grano fino se pueden mover junto con los granos grandes, pero serán transportado por las corrientes más débiles después de que los granos más grandes se depositen. De este modo, muchos depósitos sedimentarios se consideran selecciondos—o sea conteniendo granos dentro de un rango de tamaño similar.

La arenisca, por ejemplo, está compuesta de granos de arena cementados. La arenisca de grano grueso típicamente indica que la arena se depositó en un ambiente de alta energía, tal vez una corriente de agua rápido o en a una playa bañado por olas. Las limolitas y las lutitas están compuestas de las partículas de granos más finas como el limo y la arcilla, que fueron depositadas en aguas tranquilas lejos de la costa (Fig. 3).

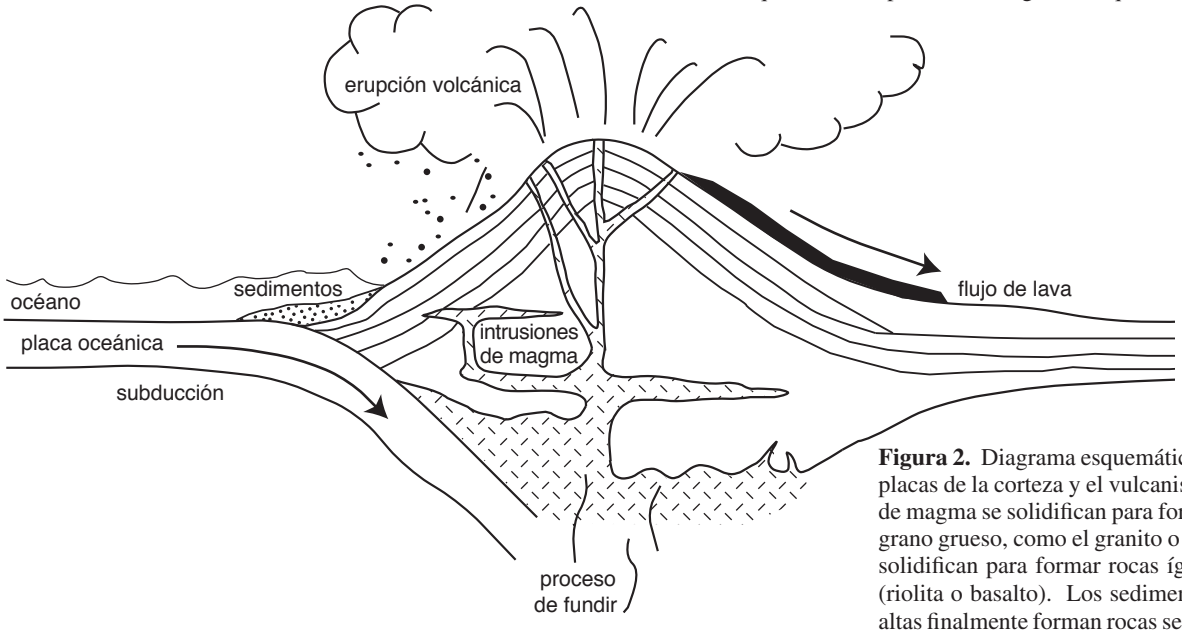

Figura 2. Diagrama esquemático que ilustra la subducción de placas de la corteza y el vulcanismo asociado. Las intrusiones de magma se solidifican para formar rocas ígneas intrusivas de grano grueso, como el granito o el gabro. Los flujos de lava se solidifican para formar rocas ígneas extrusivas de grano fino (riolita o basalto). Los sedimentos erosionados de las tierras altas finalmente forman rocas sedimentarias como la grauvaca.

Las rocas sedimentarias químicas se forman con la precipitación de los minerales del agua. La caliza es un ejemplo de roca sedimentaria carbonatada formada donde el carbonato de calcio se precipita del agua del mar (Fig. 3). Las rocas carbonatadas también se forman en el fondo del mar donde se acumulan las conchas, que contienen carbonato de calcio.

LAS ROCAS DE MINNESOTA

A lo largo del tiempo geológico, el paisaje de Minnesota ha experimentado muchos cambios. A veces, altas montañas se alineaban en el horizonte. Posteriormente, vastos mares envolvieron la región, y aún más tarde, grandes capas de hielo cubrieron su tierra. Todos estos ambientes están registrados en las rocas y los sedimentos que se encuentran a través del estado.

El siguiente es un resumen de los principales tipos de rocas que se encuentran en Minnesota presentadas en un orden cronológico aproximado. Por favor, tenga en cuenta que una formación específica de roca (si es nombrada) puede no ser el único ejemplo de un tipo particular de roca en el estado. Las figuras 4 y 5 muestran la distribución y la edad de las rocas a través de Minnesota, respectivamente.

GNEIS

Algunas de las rocas más antiguas en el mundo incluyen los gneis hallados en el valle del río Minnesota. El gneis Morton, que tiene 3.600 millones de años de edad, es una roca metamórfica foliada, gruesamente cristalina. El ensamblaje textural y mineral del gneis Morton da pistas sobre cómo se formó la roca. El hecho de que es una roca cristalina con

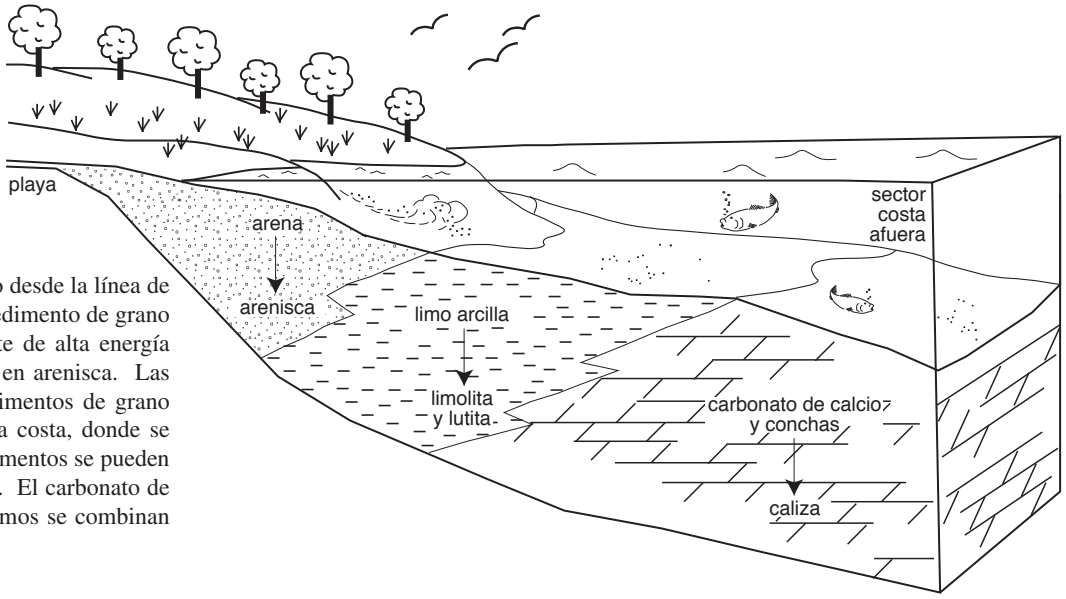

Figura 3. Sección transversal del océano desde la línea de la costa hasta el sector costa afuera. El sedimento de grano grueso (arena) depositado en el ambiente de alta energía a lo largo de la playa puede convertirse en arenisca. Las corrientes selecciónan y transportan sedimentos de grano más fino (limo y arcilla) más lejos de la costa, donde se depositan en aguas tranquilas. Estos sedimentos se pueden consolidar para formar lutitas y limolitas. El carbonato de calcio ($CaCO_2$) y las conchas de organismos se combinan para formar piedra caliza y dolomita.

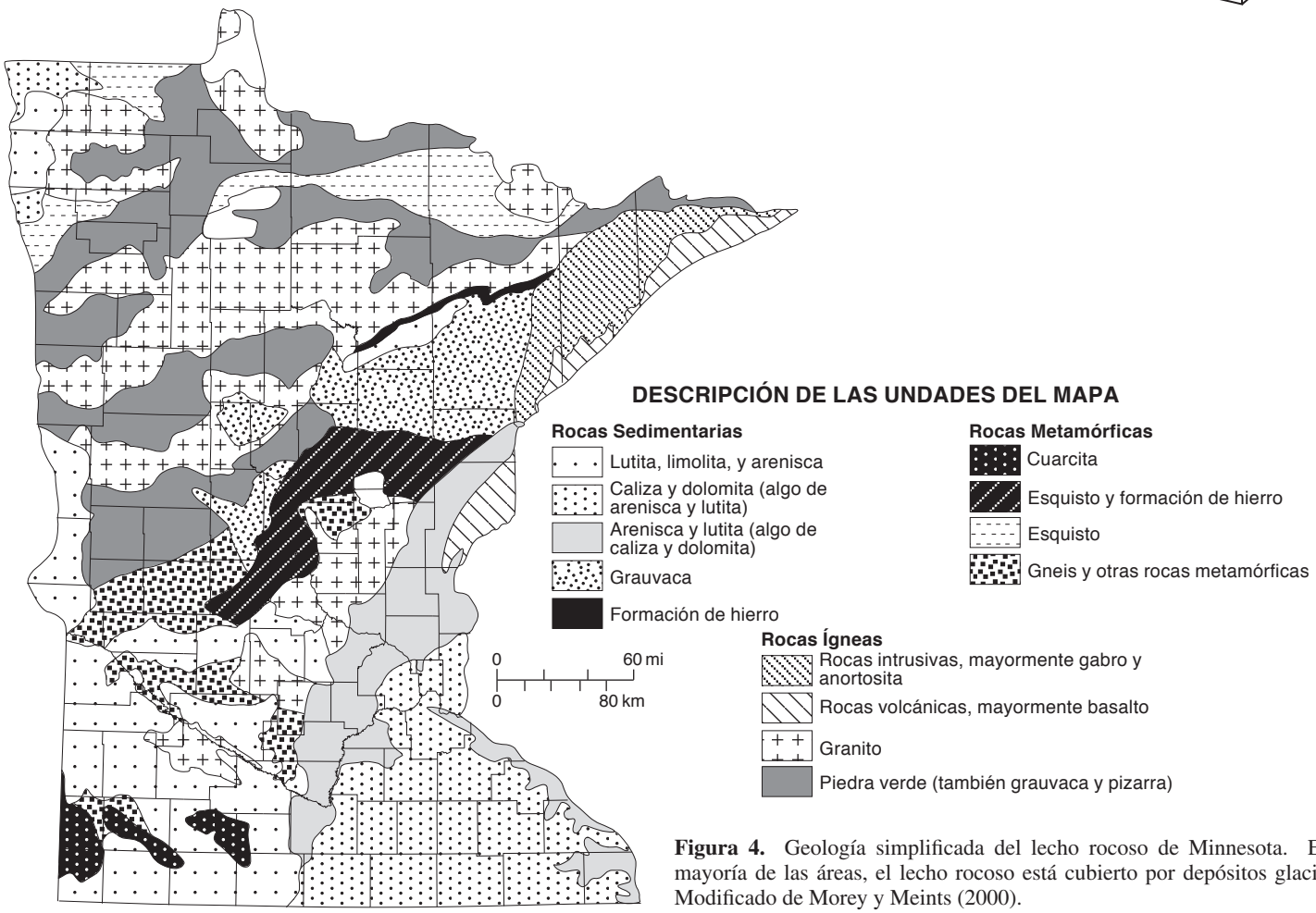

Figura 4. Geología simplificada del lecho rocoso de Minnesota. En la mayoría de las áreas, el lecho rocoso está cubierto por depósitos glaciales. Modificado de Morey y Meints (2000).

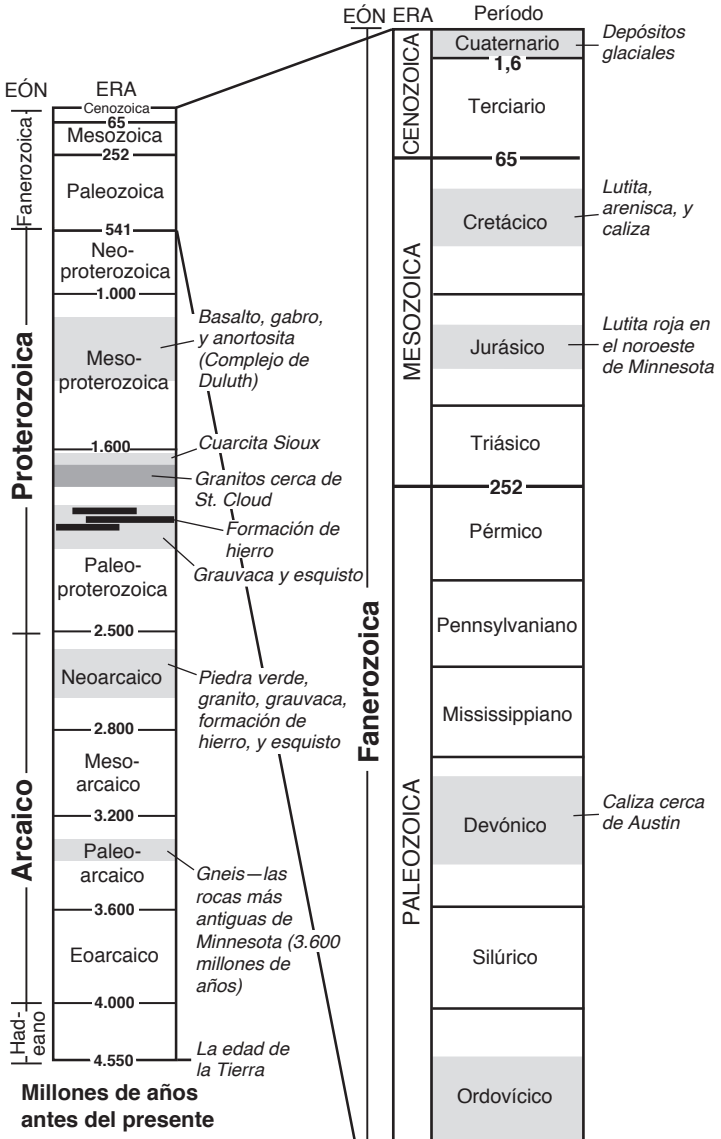

Figura 5. Representación de intervalos de tiempo geológicos. Las edades de las principales unidades de roca están sombreadas. Las áreas blancas representan intervalos de tiempo que faltan en el registro geológico de Minnesota.

grandes granos visibles indica que se enfrió y recristalizó lentamente debajo de la superficie de la Tierra. La foliación, o el alineamiento de los granos minerales, indica que la roca original fue sometida a alta temperatura y presión a gran profundidad debajo de la superficie de la Tierra.

El gneis es extraído de canteras para su uso como piedra de construcción y monumentos. Usted puede encontrar afloramientos rocosos de gneis cerca de Morton (el colorido "Gneis Arcoiris"), Redwood Falls, Sacred Heart y Ortonville.

PIEDRA VERDE

En Minnesota, la piedra verde es un poco más joven que el gneis. La piedra verde es basalto, metamorfoseado débilmente, de color verdoso a gris. Este tipo de roca se formó hace aproximadamente 2.700 millones de años cuando el área que ahora es el norte de Minnesota era parte de un arco volcánico de islas, similar a las islas de Japón hoy en día.

La piedra verde y otras rocas volcánicas asociadas y relacionadas han sido prospectadas en busca de depósitos de metales de gran valor económico como el oro, el cobre, el zinc, el plomo y el hierro. Anteriormente, minas de hierro operaban en Ely y Soudan.

GRANITO

El granito se encuentra en el norte y el centro de Minnesota. Comprende edades de 2.600 millones de años en el valle del río Minnesota y en el norte de Minnesota a aproximadamente 1.700 millones de años cerca de St. Cloud. Los granitos de Minnesota están predominantemente compuestos de los minerales feldespato, cuarzo, mica y hornablenda. Estas rocas se formaron a grandes profundidades debajo de la superficie en las raíces de las grandes cordilleras montañosas. Estas rocas, que una vez estuvieron profundamente enterradas, ahora están expuestas en la superficie o cerca de ella debido al levantamiento y la erosión. El granito se extrae de canteras para usarlo como piedra de construcción y monumentos. Usted puede encontrar afloramientos de granito en los condados Stearns, Pine y Mille Lacs, y también en lugares del noreste de Minnesota, incluyendo Boundary Waters Canoe Area Wilderness.

GRAUVACA

La grauvaca es una arenisca con bajo grado de selección y mineralógicamente compleja derivada de sedimentos que fueron transportados una distancia relativamente corta antes de que se depositaran (Fig. 2). Un transporte corto y entierro rápido no permiten que el sedimento de grano más fino sea removido. Por lo tanto, la grauvaca es una roca "sucia" de grano grueso en la cual los granos grandes están rodeados de una matriz de sedimento de grano fino y con la presencia de minerales que típicamente son de fácil descomposición.

La grauvaca se encuentra asociada a la piedra verde en el norte de Minnesota, con la formación de hierro más joven de la cordillera Mesabi, y al suroeste de Duluth cerca de Cloquet y Thomson.

ESQUISTO MICACEO

Al igual que hoy en día, la erosión de rocas antiguas produjó sedimentos. Estos sedimentos, la arena de grano fino y el barro, más adelante fueron deformados por las mismas fuerzas que causaron el levantamiento de las montañas al norte de Minnesota. Las altas temperaturas y prensiones resultantes formaron rocas metamórficas llamadas esquisto. El esquisto está compuesto predominantemente minerales de micas, que imparten a la roca una textura laminada o con capas. El esquisto es común en el norte y centro de Minnesota.

FORMACIÓN DE HIERRO y TACONITA

Las capas delgadas de formación de hierro ocurren dentro de otras rocas en el norte de Minnesota. El término en inglés es una contracción de "formación de hierro," que es una roca que tiene hasta un 30 porciento de hierros en algunos lugares. La formación de hierro se originó cuando las partículas ricas en hierro se precipitaron y se depositaron en el fondo del mar durante los períodos tranquilos de actividad volcánica. La formación de hierro que vemos hoy consiste en minerales rojos, blancos y negros en capas finas. Las capas rojas son jaspe; las blancas, pedernal (principalmente cuarzo); y las negras son minerales que contienen hierro, principalmente magnetita (magnética) y hematita (no magnética). Un ejemplo de este tipo de roca se puede ver en el Parque Estatal de la Mina Subterránea de Soudan. Una formación similar, pero mucho más joven (solo 1.900 millones de años), ocurre a lo largo de la cordillera Mesabi Iron que se extiende desde Grand Rapids hasta Babbitt. Esta formación de hierro se formó mediante el mismo proceso, pero su depositación también implicó la interacción entre el agua del mar, el agua de lluvia superficial, la actividad volcánica y algunas de las formas de vida más antiguas de la Tierra (cianobacterias). Cuando se incrementa el contenido de hierro con un procesamiento industrial, las rocas de la cordillera Mesabi producen una mena importante llamada taconita.

CUARCITA

No mucho después de que se levantaran las montañas en el centro de Minnesota, la arena empezó a acumularse en corrientes de agua de cauces entrelazados en el suroeste de Minnesota. Estos depósitos fluviales de granos de cuarzo rojizo finalmente se consolidaron y se alteraron ligeramente para formar una roca muy dura llamada cuarcita.

La cuarcita Sioux, de color rojizo a púrpura, se encuentra en la superficie cerca del Parque Estatal Blue Mounds y los Petroglifos Jeffers en el suroeste de Minnesota. En el Monumento Nacional Pipestone, una fina capa de lutita se intercala entre gruesas capas de cuarcita. Esta capa de lutita es pipestone (conocida como catlinite: arcilla con muy leve metamorfismo) y es espiritualmente significativa para los nativos americanos, que la han tallado durante siglos.

BASALTO

Hace unos 1.100 millones de años, el continente que se había estado formando durante miles de millones, comenzó a dividirse en lo que actualmente es Minnesota. El "Midcontinent Rift" (ruptura tectónica a lo largo del continente norteamericano) es donde la corteza comenzó a separase para formar una nueva cuenca oceánica. El mismo proceso está actualmente sucediendo entre el continente africano y Arabia Saudita. El proceso de ruptura no llegó a producir una nueva cuenca oceánica en el centro de América del Norte, pero las abundantes rocas basálticas de color rojo-marrón ahora expuestas a lo largo de la Costa Norte del lago Superior son un testimonio del derramamiento masivo de lava a través de fracturas o grietas a lo largo de la ruptura. El Parque Estatal Gooseberry Falls es un lugar ideal para explorar estos antiguos flujos de lava.

GABRO

El gabro es una roca intrusiva pobre en sílice y rica en Fe-Mg que se forma cuando roca fundida que se encuentra retenida bajo la superficie terrestre se enfría en una masa dura y cristalina. Es el equivalente intrusivo del basalto. Los mejores ejemplos al afloramiento de gabro en Minnesota están en la parte del Rift del Mediocontinente de 1.100 millones de años de antigüedad, expuestas en las grandes colinas en y al norte de Duluth, conocidas como el Complejo de Duluth. Es una roca densa, de color oscura, con proporciones variables de minerales plagioclasa, piroxeno y olivino. El Complejo de Duluth contiene, además, extensos depósitos en bajo grado del grupo de elementos del cobre, el níquel y del platino.

ÁGATA

La piedra preciosa del Estado de Minnesota es el "ágata del lago Superior," llamada así al encontrarse predominantemente en las orillas del lago Superior. Las ágatas se forman en las cavidades del basalto. A medida que agua rica en minerales circula por las cavidades, la sílice (SiO_2) o el cuarzo forman capas en las paredes de la cavidad. Las cavidades terminan llenándose completamente de esta variedad de cuarzo bandeado. La variación de color es resultado de leves impurezas minerales en el agua. El hierro, por ejemplo, es responsable de los tonos rojizos y anaranjados propios de las ágatas del lago Superior.

Aunque las ágatas se originaron en las rocas basálticas a lo largo de la Costa Norte del lago Superior (North Shore), algunos de los mejores lugares para buscar ágata son los saques de grava (gravel pits), que se encuentran esparcidos por todo el estado. Específicamente es probable encontrar ágatas donde las compañías operadoras están extrayendo depósitos glaciales de arenas y gravas, asociados con glaciares que avanzaron dentro de Minnesota desde el noroeste, transportando gravas con ágatas hacia el centro y el sur del estado.

ANORTOSITA

De composición similar a las rocas de la luna, la anortosita es una roca ígnea intrusiva de grano grueso compuesta casi en su totalidad por un solo mineral: feldespato plagioclasa.

En Minnesota, la anortosita se introdujó en los flujos de lava inferiores formados durante la apertura del "Midcontinent Rift." La anortosita forma parte del Complejo de Duluth y del cercanamente relacionado Complejo de la Bahía Beaver, expuesto a lo largo de la Costa Norte del lago Superior. El faro de Split Rock se asienta sobre un afloramiento rocoso de anortosita.

ARENISCA

En Minnesota, la arenisca y otras rocas sedimentarias se depositaron durante la era Paleozoica temprana, hace unos 500 millones de años. En ese tiempo, Minnesota estaba cerca del ecuador y mares poco profundos cubrían la mayor parte del estado (Fig. 3). Los sedimentos erosionados de las zonas altas fueron transportados en la orilla del mar, y el sedimento de grano más grueso formó las areniscas que se ven hoy en el sur de Minnesota. Alguna de estas areniscas está tan mal cementada que los granos se pueden separar con el frote de los dedos. Conforme la arenisca se erosiona, se forman bancos de arena de cuarzo limpia.

CALIZA y DOLOMITA

Más lejos de la costa, distanciados de las áreas arenosas, se acumularon sedimentos de grano más fino y se precipitaron sedimentos químicos para formar la caliza y una roca estrechamente relacionada llamada la dolomita (Fig. 3). En este ambiente, la vida marina era abundante. En la caliza del sur de Minnesota se preservan conchas y esqueletos de variedades de almejas, caracoles, corales y otros animales. Típicamente la caliza es de colores tostados a grisáceos. Puede ser masiva o estratificada con capas con arenisca y lutita. En algunos lugares, los fósiles se pueden encontrar fácilmente (ver Un Vistazo a la Geología de Minnesota: La Colección de Fósiles en las Twin Cities).

Muchas canteras en el sur de Minnesota extraen y trituran caliza para obtener el material necesario para hacer concreto y asfalto para edificios y carreteras.

LUTITA y LIMOLITA

Sabemos por observación junto a las zonas costeras modernas que los sedimentos de granos finos, el limo y la arcilla de grano fino se depositan en aguas más tranquilas, lejos de la línea costera de alta energía (Fig. 3). La misma situación existió a lo largo de las costas antiguas. Estos sedimentos lodosos finalmente forman la lutita y la limolita. Las capas de lutita del Paleozoico en el sureste de Minnesota son delgadas y discretas. La roca es blanda, de colores gris a gris-verdoso, se divide en astillas irregulares y fácilmente se convierte en lodo de nuevo cuando se sumerge en agua. La lutita del Cretácico (aproximadamente 80 millones de años de edad) se utiliza para fabricar ladrillos y tejas cerca de Springfield.

DEPÓSITOS GLACIALES

Por encima de las rocas de Minnesota hay sedimentos, en su mayoría sedimentos glaciales que fueron depositados hace relativamente poco tiempo, dentro de los últimos 2 millones de años, cuando el hielo cubrió repetidamente el estado (ver Un Vistazo a la Geología de Minnesota: Geología Glacial del Cuaternario). Los glaciares pasaron por encima y trituraron a toda esa variedad de rocas que hemos descrito (Fig. 6). Estos sedimentos, ahora partículas de grava, arena, limo y arcilla, se distribuyen en una capa gruesa que cubre la mayor parte del lecho rocoso infrayacente de Minnesota. Cuando recoges una roca en cualquier lugar del estado, hay muchas probabilidades de que esta haya sido transportada por los glaciares desde otro lugar.

Aunque hoy no se considera una roca, los sedimentos glaciales que cubren una gran parte del estado podrían eventualmente consolidarse en una roca llamada tilíta. El proceso probablemente llevará cientos de miles de años y durante ese tiempo, los procesos de meteorización y erosión continuarán actuando y modificando la superficie que nosotros vemos hoy.

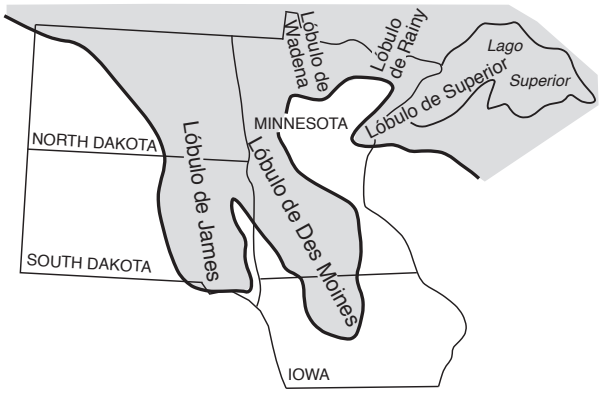

Figura 6. Mapa simplificado mostrando la posición de lóbulos de hielo (área sombreada) de hace aproximadamente 14.000 años.

REFERENCIAS

Morey, G.B., y Meints, J.P., comps., 2000, Geologic map of Minnesota—bedrock geology: Minnesota Geological Survey State Map S-20, scale 1:1,000,000.

Un Vistazo a la Geología de Minnesota es producido por el
Minnesota Geological Survey
University of Minnesota
2609 W. Territorial Road
St. Paul, MN 55114

B.A. Lusardi, 2000; revisado 2020. Traducido por Erma Nezirevic.

Muchas gracias al Departamento de Español y Portugués a la Universidad de Minnesota.

© 2020 por los Regentes de la Universidad de Minnesota.
La Universidad de Minnesota es un educador y empleador de igualdad de oportunidades.
Este documento se puede copiar libremente por objetivos educativos.