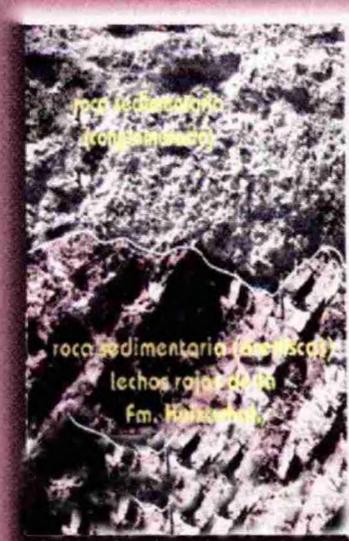
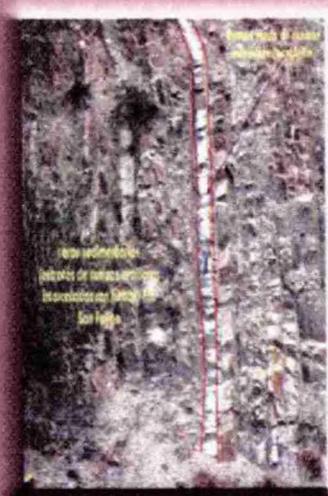


GUÍA PARA LA INTERPRETACIÓN DE CARTOGRAFÍA

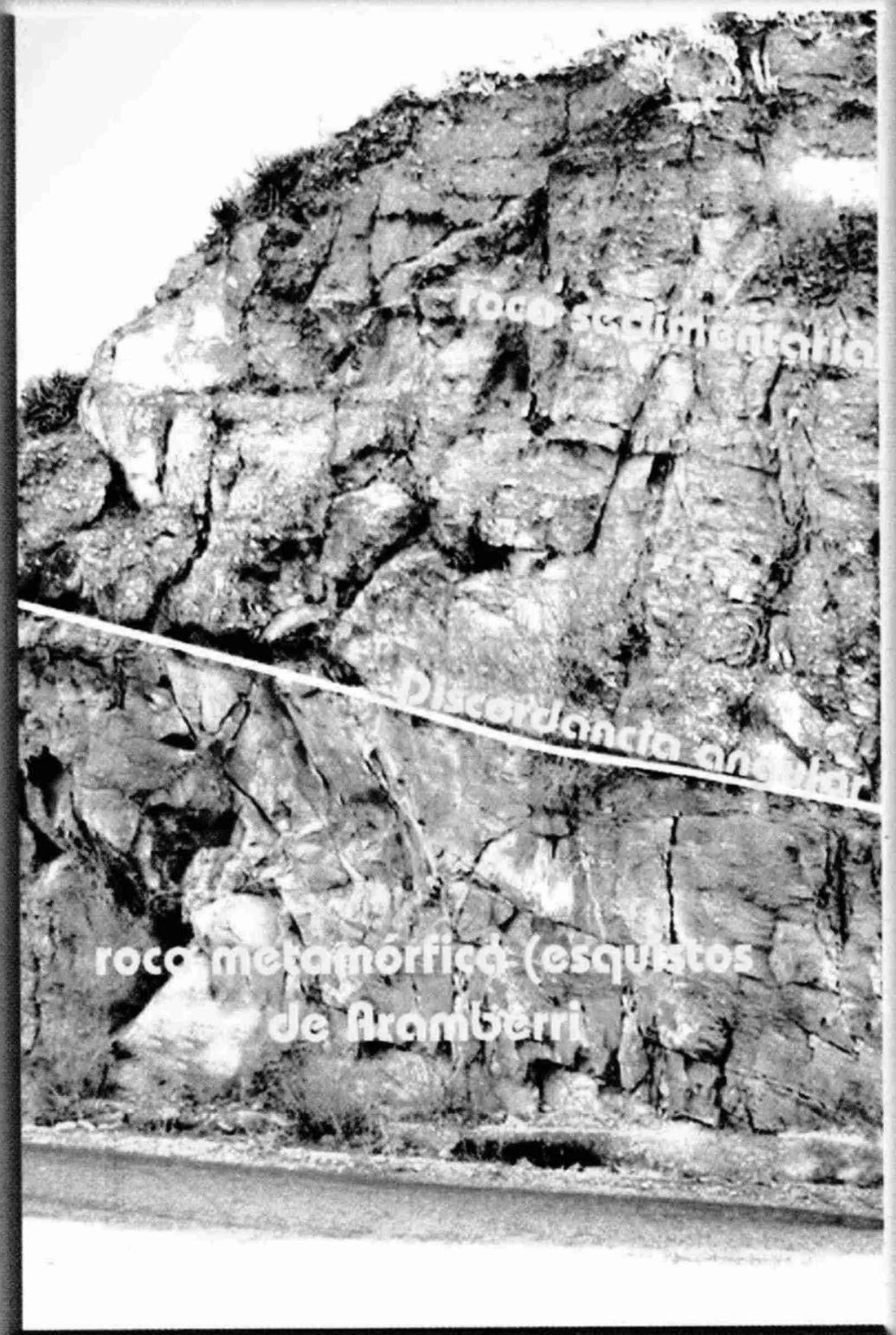
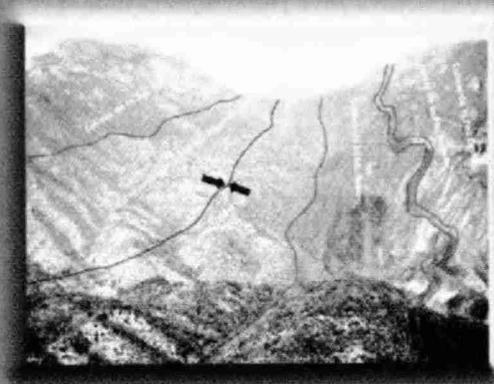


GEOLÓGICA



www.inegi.gob.mx

GUÍA PARA LA INTERPRETACIÓN DE CARTOGRAFÍA



GEOLOGICA



www.inegi.gob.mx

DR©2005, **Instituto Nacional de Estadística,
Geografía e Informática**
Edificio Sede
Av. Héroe de Nacozari Sur Núm. 2301
Fracc. Jardines del Parque, CP 20270
Aguascalientes, Ags.

www.inegi.gob.mx
atención.usuario@inegi.gob.mx

**Guía para la Interpretación de Cartografía
Geológica**

Impreso en México
ISBN 970-13-4509-6

Presentación

Los recursos naturales y humanos con que cuenta un país son factores fundamentales para su desarrollo económico y social; de ahí que su estudio y evaluación adquieran singular importancia.

Contar con información suficiente, confiable y oportuna sobre estos aspectos, a diversos grados de detalle, se convierte, en una necesidad imperiosa; y es quizá la información cartográfica -entendida ésta como la representación sobre cartas o mapas, de los datos de que se disponga al respecto de los recursos señalados-, la que ofrece mayores ventajas.

Bajo estas consideraciones es que el **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)** ha elaborado la serie **Guías para la Interpretación de la Cartografía**, una de las cuales constituye el presente trabajo, dedicado a la **Carta Geológica**.

El propósito fundamental de esta serie consiste en facilitar la interpretación de la información cartográfica que se produce en el INEGI con objeto de ampliar el universo de usuarios y hacerla más accesible en la medida de lo posible, al público no especializado.

Los documentos están en lenguaje sencillo y de fácil comprensión, los objetivos de cada tipo de carta, su utilidad, los criterios y procedimientos para interpretar la información que contienen sobre la forma y dimensiones del territorio nacional, la localización y cuantificación de los recursos naturales, la clasificación y ubicación de las obras de infraestructura y de los centros de población, entre otros aspectos.

Índice

1. Introducción	1
1.1 Necesidad e importancia de representar cartográficamente los recursos del país	1
1.2 Ubicación de la carta geológica en el sistema de información geográfica	1
1.3 Definición y consideraciones generales	1
1.4 Escalas de representación, su importancia y objetivos	2
2. Interpretación del tema	3
2.1 Metodologías de elaboración	3
2.2 Interpretación de la información y descripción de términos técnicos	3
2.3 Representación gráfica de conceptos	10
3. Posibilidades de aplicación en diferentes actividades	15
3.1 Exploración minera	15
3.2 Exploración petrolera	15
3.3 Exploración de aguas subterráneas	16
3.4 Localización de bancos para material de construcción	16
3.5 Construcción de presas y control de ríos	18
3.6 Construcción de vías terrestres	18
3.7 Planeación de asentamientos humanos e industriales	19
3.8 Planeación económica	19
3.9 Investigación científica	19
4. Grado de avance en el levantamiento cartográfico	21
Anexo	23
Relación de equivalencias entre claves y términos de las distintas escalas	23
• Rocas ígneas intrusivas	23
• Rocas ígneas extrusivas	24
• Rocas sedimentarias	25
• Rocas metamórficas	25
• Suelos	26

1. Introducción

1.1 Necesidad e importancia de representar cartográficamente los recursos del país

Los recursos naturales con que cuenta un país son una de las bases fundamentales para su desarrollo económico, social y cultural. Su estudio, ubicación y evaluación permiten conocer la disponibilidad de materias primas y energéticos para la planeación del desarrollo, y ofrecen al individuo el conocimiento de su entorno natural, lo que le permitirá interactuar con el medio y cuidar de su preservación y su equilibrio ecológico. El conocimiento racional de estos recursos ofrece la posibilidad de señalar la vocación económica de las distintas regiones de un país y de crear nuevas alternativas de uso adecuadas a las condiciones prevalecientes y a la disponibilidad de dichos recursos.

Todos los recursos naturales ocupan un lugar en la Tierra, y es posible ubicarlos geográficamente a través de mapas o cartas, en donde se podrán medir, cuantificar y analizar. La ubicación y representación de los citados recursos ofrece la posibilidad de entender su origen, su magnitud, su distribución y la relación que existe entre ellos.

Aunque hay múltiples formas de representar esta información, una de ellas y quizá la que ofrece mayores ventajas, es la cartográfica.

En la medida en que un país cuente con información cartográfica sobre los diferentes recursos naturales, a diversos grados de detalle, se tendrán mayores opciones para tomar decisiones y definir políticas en cuanto a su manejo y aprovechamiento. El material cartográfico desempeña un papel cada vez más importante en los estudios que se hacen sobre la naturaleza, y cada día son también más numerosos y diversos los temas a los que se les da un tratamiento cartográfico. El fomento de la cultura cartográfica y el incremento de usuarios de este tipo de material son algunas de las necesidades que se deben cubrir, paralelamente al desarrollo económico de un país.

1.2 Ubicación de la carta geológica en el sistema de información geográfica

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática dispone de un Sistema de Información Geográfica que ha venido desarrollando en cuatro

subsistemas, los cuales reúnen información sobre condiciones físicas, recursos naturales, asentamientos humanos y actividades económicas.

El subsistema de condiciones físicas cuenta con información actualizada sobre aspectos topográficos -o sea sobre las medidas y configuración del terreno, curso de los ríos, forma y altura de las montañas y obras realizadas por el hombre- geodésicos -medidas del planeta como apoyo a la topografía- y climáticos.

El subsistema de recursos naturales proporciona información acerca de la localización y magnitud de los recursos geológicos e hidrológicos, el uso actual del suelo y los tipos de vegetación del país, así como sobre las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos.

El subsistema de asentamientos humanos proporciona información relativa a la población de zonas urbanas, a través de las cartas de uso del suelo urbano, aptitud del suelo urbano, cédulas de información, fotomosaicos, etcétera.

El subsistema de actividades económicas cuenta con información básica para el desarrollo de actividades humanas, en sus aspectos económico y social.

La carta geológica -objeto de esta publicación- forma parte del subsistema de recursos naturales, y su campo específico es la ubicación de fenómenos geológicos en la superficie continental, es decir, los afloramientos o manifestaciones de roca y sus estructuras, las concentraciones minerales y, en general, las relaciones entre todos los elementos superficiales de carácter geológico.

Todos los rasgos que aparecen representados en la carta geológica se derivan de la interpretación de los materiales fotográficos e imágenes obtenidas por diversos tipos de satélites, y de su verificación en el campo.

1.3 Definición y consideraciones generales

La geología es la ciencia que se ocupa del estudio de la Tierra, de su constitución, origen e historia de los procesos que ocurren en ella. Es un conjunto ordenado de conocimientos sobre el planeta y sobre los recursos naturales que de él se pueden obtener.

Esta ciencia investiga el origen y clasifica a las rocas, los tipos de estructuras que conforman a las unidades de roca y la forma de relieve que se desarrolla por los procesos internos y externos plasmados en la corteza terrestre. El manejo de criterios geológicos y de otras disciplinas permiten establecer inferencias que conduzcan a la localización de: mantos de agua subterránea, yacimientos de petróleo, concentraciones minerales susceptibles de explotarse económicamente, afloramiento de roca útil como material de construcción, y de zonas con potencialidad geotérmica. El análisis geológico de una región puede indicar la conveniencia técnica del desarrollo de asentamientos urbanos, realización de obras de ingeniería civil de gran envergadura y de control de las corrientes superficiales de agua.

Todos los métodos utilizados en la investigación geológica tienen su primera etapa en la observación y recopilación de datos. La interpretación de estos datos y la formulación de hipótesis sobre la génesis de las rocas y los eventos tectónicos que las deformaron, así como el hallazgo y la explotación de yacimientos dependen, en gran medida, de la objetividad de los mismos y de su ordenamiento en cuanto a características y distribución espacial. La carta geológica nos permite ordenar estos elementos y relacionarlos con otros que presenta la naturaleza, tales como el clima y la vegetación, por citar algunos. En la carta geológica aparecen los tipos de rocas que afloran en una región, estos diferentes tipos de roca son señalados con claves que nos indican: origen, composición e interrelaciones. Aparecen también señaladas por símbolos, las estructuras que afectan a estas unidades, y las concentraciones de una o más sustancias útiles que se explotan económicamente.

A partir de un plano geológico superficial se pueden hacer inferencias respecto al subsuelo de una región. De él se pueden derivar una serie de representaciones geológicas adicionales: secciones estructurales, o sea la determinación del comportamiento de las unidades de roca en su estructura, disposición espacial e interrelación con otras unidades; columna estratigráfica, para conocer la relación entre las rocas, planos para estudiar las formas superficiales de la corteza terrestre (geomorfología), y reconstrucción de las condiciones geográficas de épocas geológicas pasadas (paleogeografía), etcétera, que son comúnmente utilizadas en la exploración de recursos naturales.

Las características particulares que debe tener una carta geológica dependen, en gran medida, del fin que se persiga con su elaboración, es decir, del tipo de recursos naturales que se piense localizar con el análisis y manejo de este material cartográfico.

Las cartas geológicas del Instituto se han elaborado con la intención de cubrir de manera general una gama básica de necesidades y requerimientos de diversas disciplinas.

1.4 Escalas de representación, su importancia y objetivos

Las cartas geológicas se elaboran en las siguientes escalas: 1:50 000, 1:250 000 y 1:1 000 000, en cada escala, se persiguen objetivos específicos y no es de extrañar que se observen ciertas diferencias de metodología y contenido entre las mismas.

La carta geológica escala 1:50 000 cubre áreas de 1 000 km², aproximadamente. En ella se muestran principalmente los tipos de rocas que afloran en la superficie, con especial hincapié en las variaciones que presentan y en las estructuras de dichas formaciones rocosas. Se señalan las minas, catas y bancos de material, así como el producto que de ellos se extrae. También se señalan los pozos, las norias y los manantiales.

Conviene destacar que en esta carta un centímetro de la escala representa 500 m en el terreno.

La carta geológica escala 1:250 000, muestra los tipos de roca que afloran en una zona y en ella se caracterizan las edades geológicas de las unidades cartografiadas. No cuenta con el detalle de la escala 1:50 000 pero sí presenta las relaciones geológicas generales de toda una zona. Esta carta cubre un área aproximada de 22 000 km². Un centímetro en la escala de esta carta cubre dos kilómetros y medio. En su parte posterior aparece un informe en donde se habla sobre las generalidades del área y se describen las unidades de roca cartografiadas.

Con un menor grado de detalle que en las anteriores, la carta geológica escala 1:1 000 000 señala la diversidad de rocas, caracterizadas por tipo y edad; en las diferentes regiones del país su representación es de acuerdo a la predominancia de la roca de la región, referidas al intervalo de tiempo geológico en el que se generaron y agrupadas de acuerdo a su origen, también se muestran las principales estructuras geológicas y los principales sitios de explotación de yacimientos. En resumen, esta carta muestra la composición geológica general del país. En esta carta un centímetro representa 10 km.

El hecho de señalar la edad relativa de las diferentes unidades permite hacer reconstrucciones del pasado geológico de una región determinada, para poder inferir la existencia de ciertos recursos naturales (petróleo, yacimientos minerales, etc.), cuyo origen sea compatible con dicho pasado geológico.

2. Interpretación del tema

2.1 Metodologías de elaboración

La elaboración de las diferentes cartas geológicas del INEGI está basada fundamentalmente en la fotointerpretación geológica de fotografías aéreas y de imágenes espaciales obtenidas por medio de satélite. Cada tipo de roca o rasgo geológico desarrolla formas del relieve particulares y apariencias fotográficas distintas. La visión estereoscópica (a través de un instrumento óptico que proporciona la sensación del relieve en tercera dimensión) que se puede obtener de las fotografías aéreas de una porción del terreno, permite marcar límites entre las diferentes unidades de roca y observar las relaciones estratigráficas y estructurales que existen entre ellas. Por otro lado, la perspectiva que brindan las imágenes satelitales permite observar lineamientos estructurales de carácter regional, que es difícil detectar en las fotografías aéreas.

En la elaboración de las tres cartas, se inicia con la recopilación y el análisis de información previa, elaborada por instituciones públicas y privadas, sobre el área a estudiar. La segunda etapa la constituye una visita preliminar al área de interés. Esta etapa, al igual que la primera, tiene por objeto la recopilación de datos y el establecimiento de criterios para llevar a cabo una adecuada interpretación de las imágenes.

La interpretación sobre las características geológicas constituye la tercera etapa, que es la más importante en la metodología de elaboración de las cartas geológicas. En esta fase se marcan con claves a las unidades y con símbolos los rasgos geológicos que se detectan, así como las actividades geológico-económicas relacionadas con ellos.

Para la carta geológica escala 1:50 000 se utilizan fotografías aéreas llamadas de vuelo bajo, tomadas a escalas 1:25 000 ó 1:35 000 en color o en blanco y negro; esta clase de fotografías permite observar en forma detallada la superficie del terreno.

Para las cartas geológicas 1:250 000 y 1:1 000 000, se hace un uso combinado de: fotografías aéreas llamadas de vuelo alto, tomadas a escalas 1:50 000, 1:70 000 y 1:90 000 en blanco y negro, imágenes de satélite en tonos de gris, y en falso color así como cartas geológicas a escala 1:50 000.

El resultado de la interpretación se confronta directamente con la verificación de campo del área de la carta que, para cada escala, se efectúan métodos específicos. La verificación de campo para la escala 1:50 000 es la que mayor tiempo requiere dado que en esta escala es donde se busca el mayor grado de detalle en la separación de las diferentes unidades de roca. En la verificación de campo para la escala 1:250 000 se le da un especial énfasis a los caminamientos o secciones que son rutas que se siguen en la investigación de campo, para estudiar y tomar muestras de las unidades de rocas, observar su comportamiento y en donde se revele la relación de superposición entre las distintas unidades de roca. En general, en los trabajos de campo se describen los afloramientos de rocas, se elaboran croquis de sus relaciones estructurales y se recogen muestras de roca y paleontológicas (fósiles). En la escala 1:1 000 000, se realizan recorridos para observar mega estructuras y predominio de rocas en la región.

En la etapa de reinterpretación se vierten sobre las fotografías aéreas o imágenes de satélite todos los datos recabados en el campo y los resultados de los estudios de laboratorio de las muestras reunidas. En esta etapa se corrige y enriquece el trabajo de interpretación original, a la luz de los datos de campo. Las muestras, de roca de clasificación dudosa son sujetas a estudios minuciosos a través del microscopio petrográfico, con lo cual se identifica su contenido mineralógico, y con esta base se clasifican.

Asimismo, las muestras paleontológicas de identidad dudosa se sujetan a estudios sobre su anatomía para determinar el género o especie y de esta forma fijar la edad relativa y posicionar a la unidad, en la escala del tiempo geológico.

Una vez reunidos todos los datos en las fotografías aéreas, la información es transferida a una base topográfica acorde a la escala de representación, para constituir la carta geológica.

2.2 Interpretación de la información y descripción de términos técnicos

El tipo de lenguaje técnico que se utiliza en las cartas geológicas es accesible a distintos niveles de conocimiento sobre el tema y está por encima de las

denominaciones regionalistas de los rasgos geológicos. Los términos que aparecen en la carta son de uso a nivel nacional y cumplen con los acuerdos internacionales a que se ha llegado en este respecto. Además, éstos poseen, generalmente, un significado genético y descriptivo de los rasgos geológicos que denominan.

En el diagrama¹, se muestra un esquema de la escala del Tiempo Geológico de la Tierra¹ y algunas de sus características más importantes, a fin de que el lector se ubique de mejor manera en el tiempo y pueda comprender la importancia de dicho factor en la conformación de la superficie terrestre. En ese diagrama también aparecen las claves asignadas a cada una de las edades geológicas con las cuales se representan en la carta objeto de esta publicación.

En forma similar y también con el propósito de hacer accesibles los diagramas 2, 3 y 4, se presentan algunas explicaciones sobre los principales tipos de roca que afloran a la superficie así como sobre la forma en que se clasifican.

Las rocas se clasifican en tres grupos generales: ígneas, sedimentarias y metamórficas; en cada grupo con base en su mineralogía y textura se determinan tipos diferentes.

Para un mejor conocimiento de los componentes minerales de las rocas descritas en los diagramas correspondientes, en seguida se proporcionan las definiciones de los más importantes:

Se hará mención únicamente de los principales grupos de minerales.

Sílice (algunos autores lo consideran como óxidos).

Cuarzo (SiO₂). Está compuesto exclusivamente de tetraedros de silicio-oxígeno, con todos los oxígenos unidos en un arreglo tridimensional. Su forma cristalina es la de un prisma hexagonal con extremos piramidales. Alta estabilidad química, y es incoloro y translúcido. Es un importante mineral formador de rocas. Otros minerales dentro del grupo son: Calcetonia (SiO₂) presenta estructura fibrosa y puede aparecer en glóbulos o esferulitas. Se encuentra también en rocas sedimentarias. Las formas zonales en capas planas, se denomina Ónix y en capas concéntricas Ágatas. El ópalo es un sílice amorfo e hidratado.

Silicatos. Abundantes no sólo en los tres tipos de rocas. La clasificación se basa en la estructura molecular que los caracteriza, es decir el modo de

reunión de los tetraedros. Por su abundancia constituyen el 80 por 100 de la litosfera.

Tectosilicatos. Su estructura cristalina está formada por tetraedros que se reúnen dando lugar a una red tridimensional en la que cada oxígeno es compartido por dos átomos de silicio. Entre las características generales de los minerales pertenecientes a este grupo se puede decir que, en general, son incoloros o de color blanco o gris pálido. Dentro del grupo están:

Feldespatos: como la ortosa y la albita.

Feldespatoides: como la leucita y la nefelina.

Zeolitas: como la natrolita y la chabasita.

Filosilicatos. Su estructura cristalina está formada por tetraedros unidos que dan lugar a anillos hexagonales y se disponen formando capas. El mineral final está constituido por varias de estas capas o estratos planos superpuestos. Como característica común a todos ellos se puede decir que son blandos y se exfolian en láminas.

Los minerales más representativos de este grupo son las Micas (silicatos de aluminio y otros metales): la mica blanca se denomina moscovita, la rosada lepidolita y la negra biotita, la flogopita es una biotita magnésica.

Otros minerales: Caolinita (Al₄(OH)₈Si₄O₁₀), Serpentina (Mg₆(OH)₈Si₄O₁₀) y Talco (Mg₃(OH)₂Si₄O₁₀).

Inosilicatos. Su estructura cristalina está formada por grupos de tetraedros unidos entre sí, dando lugar a cadenas sencillas: Piroxenos -Augita- o dobles Anfíboles -Horblenda y Jade- con estructura abierta o cerrada.

Nesosilicatos. Los tetraedros están unidos por enlaces iónicos de cationes intersticiales. Generalmente son incoloros o de una coloración muy tenue y con una dureza y peso específico elevados.

Minerales de este tipo son: Olivino (SiO₄(Mg, Fe)₂), Almandino (Fe₃Al₂(SiO₄)₃), Grosularia (Ca₃Al₂(SiO₄)₃) Piropero (Mg₃Al₂(SiO₄)₃) -Granates- Andalucita (Al₂OSiO₄); Topacio (Al₂(OH,F)₂SiO₄).

Ciclosilicatos. Su estructura cristalina está formada por la unión de tres, cuatro o seis tetraedros. Dentro de este grupo, tenemos: Berilo (Al₂Be₃(Si₆O₁₈)), Cordierita (Mg₂Al₃(AlSi₅O₁₈)) Crisocola (CuSiO₃·H₂O): Turmalina (borosilicato de aluminio, hierro, sodio y magnesio).

¹ Los diagramas 1, 2, 3 y 4 aparecen al final del capítulo.

En cuanto a los suelos, debe destacarse que a diferencia de la carta edafológica que los trata considerando sus propiedades físicas, químicas y morfológicas, la geológica los trata atendiendo a los lugares en que se depositan (llanuras de inundación, pie de monte, zonas lacustres, zonas de pantanos y litorales, por citar algunos) y a los agentes de transporte que los depositan (viento y corrientes de agua, entre otros).

A continuación se proporcionan algunas de las peculiaridades de los principales tipos de suelo, desde el punto de vista geológico.

Residual (re). Conformado por una capa de material intemperizado, de rocas preexistentes, que no ha tenido transporte alguno.

Aluvión (al). Suelo formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua. Este nombre incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación y los valles de los ríos.

Lacustre (la). Es un suelo integrado por depósitos recientes que ocurre en lagos. Generalmente está formado por arcillas y sales.

Palustre (pa). Está formado por materiales no consolidados, ricos en materia orgánica, que se han depositado en zonas pantanosas.

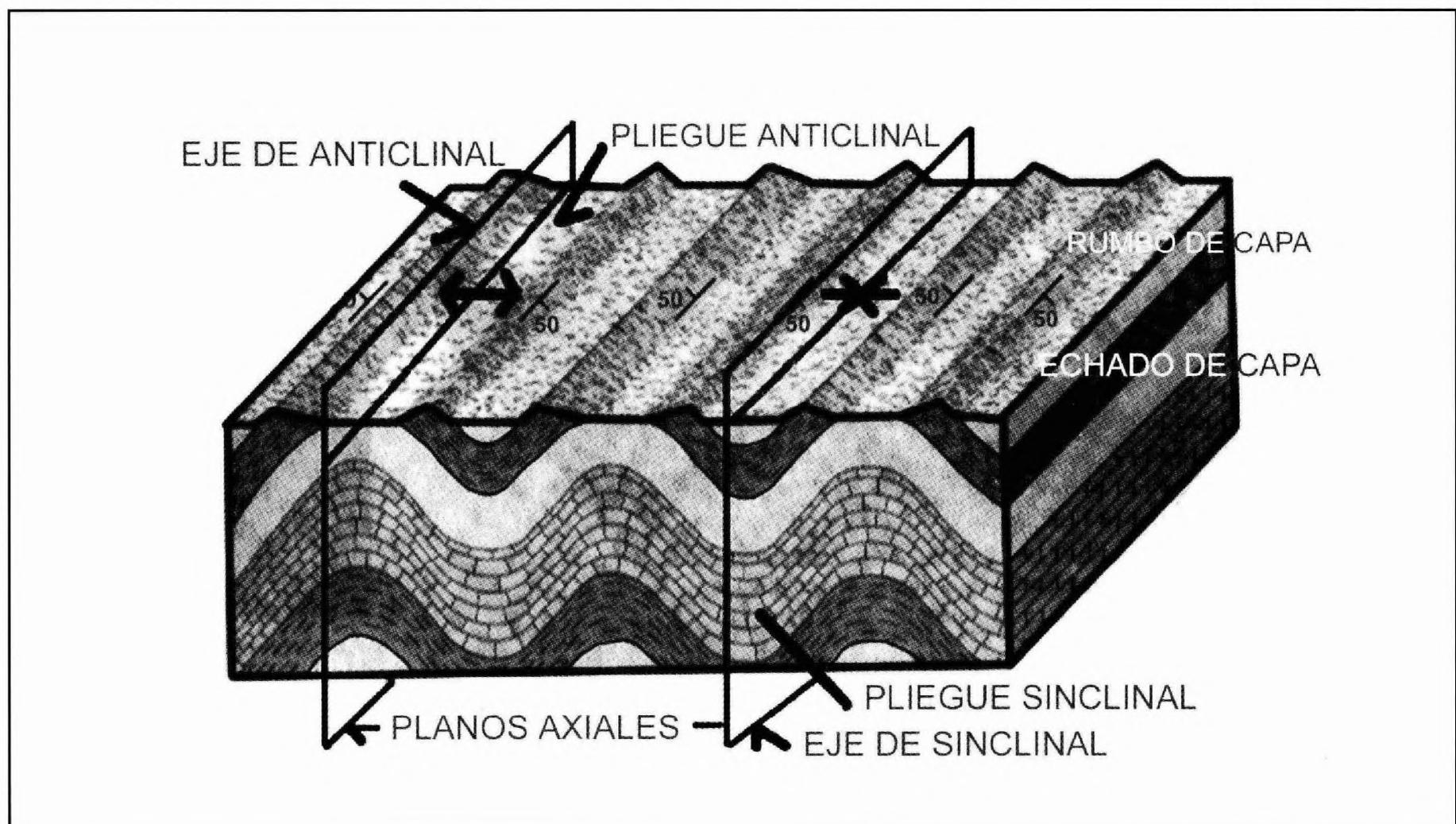
Litoral (li). Está formado por materiales sueltos que se acumulan en zonas costeras por la acción de las olas y las corrientes marinas (arenas de playa).

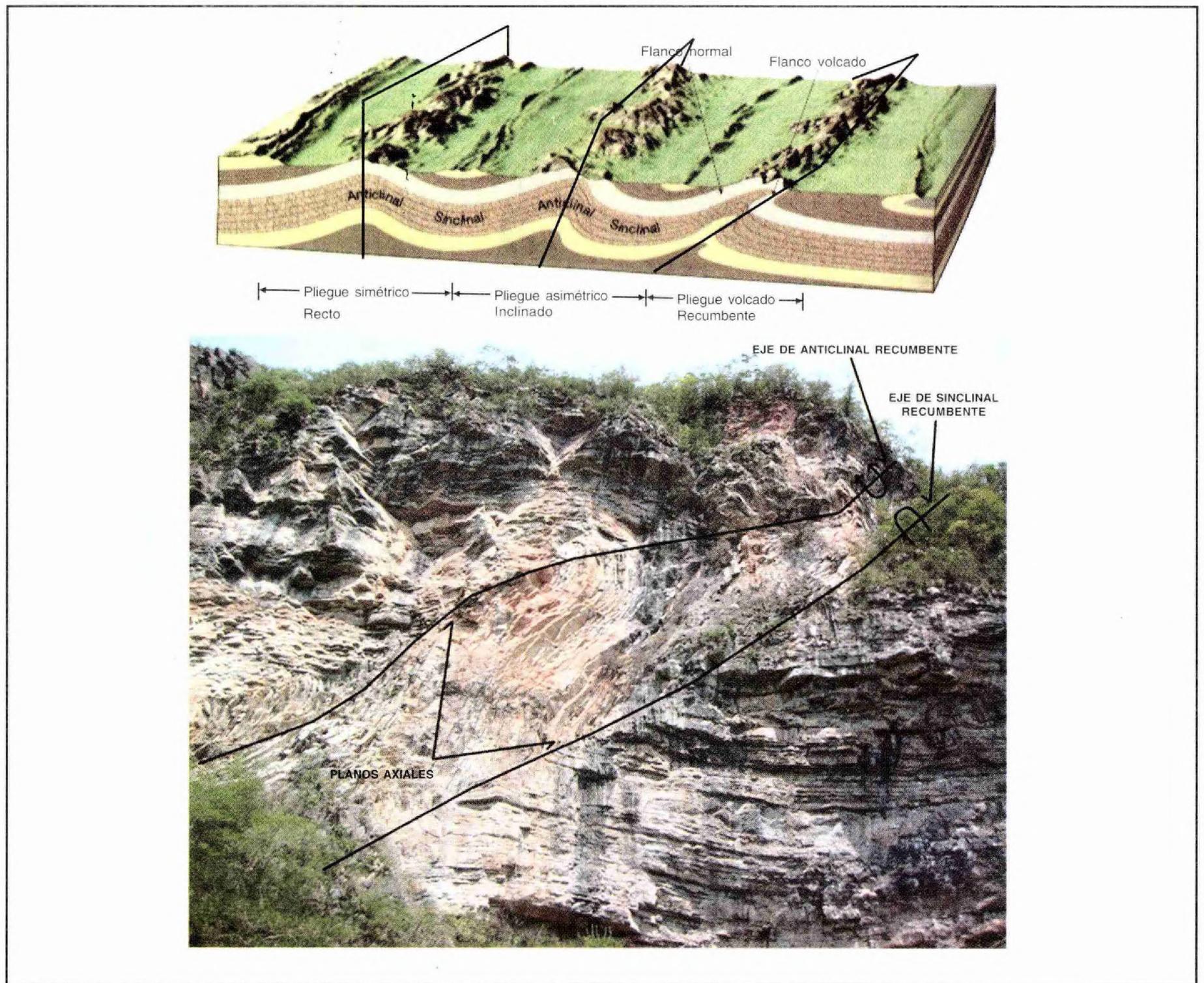
Eólico (eo). es un suelo integrado por la acumulación de material derivado de rocas preexistentes, que ha sido transportado por la acción del viento (forma un relieve conocido como dunas).

Otro elemento que considera la carta en cuestión y que resulta de mucha importancia para entender la historia geológica de una región, corresponde a las estructuras geológicas que se presentan en las unidades de roca de muy distintas maneras, por ejemplo, formando pliegues, fracturas o fallas, por citar algunas; de hecho las estructuras señalan la disposición y orden de las partes de la corteza terrestre. En la carta se señalan con símbolos que nos indican su configuración. Los símbolos de echado y rumbo indican respectivamente, la dirección hacia la que se inclina la línea de máxima pendiente de las capas sedimentarias, así como la orientación de la perpendicular al echado respecto del norte magnético medida sobre un ángulo horizontal (ver figuras 1 y 2).

TÉRMINOS Y SIMBOLOGÍA DE DATOS ESTRUCTURALES ELEMENTALES

FIGURA 1





Los pliegues pueden ser de origen tectónico y no tectónico, los primeros son el resultado de las fuerzas que actúan en el interior de la corteza terrestre, los segundos son el resultado de movimientos producidos por la gravedad. Un **pliegue** es una ondulación en la roca. Está mejor expuesto en secuencias sedimentarias, también se pueden encontrar en rocas piroclásticas y en algunas rocas metamórficas. Sus dimensiones pueden ser desde metros hasta centenares de kilómetros. En muchos lugares, especialmente en las zonas montañosas, las rocas de origen sedimentario (estratificadas), han sido dobladas en pliegues más o menos regulares. Los anticlinales comúnmente forman elementos topográficos elevados y los sinclinales forman depresiones topográficas.

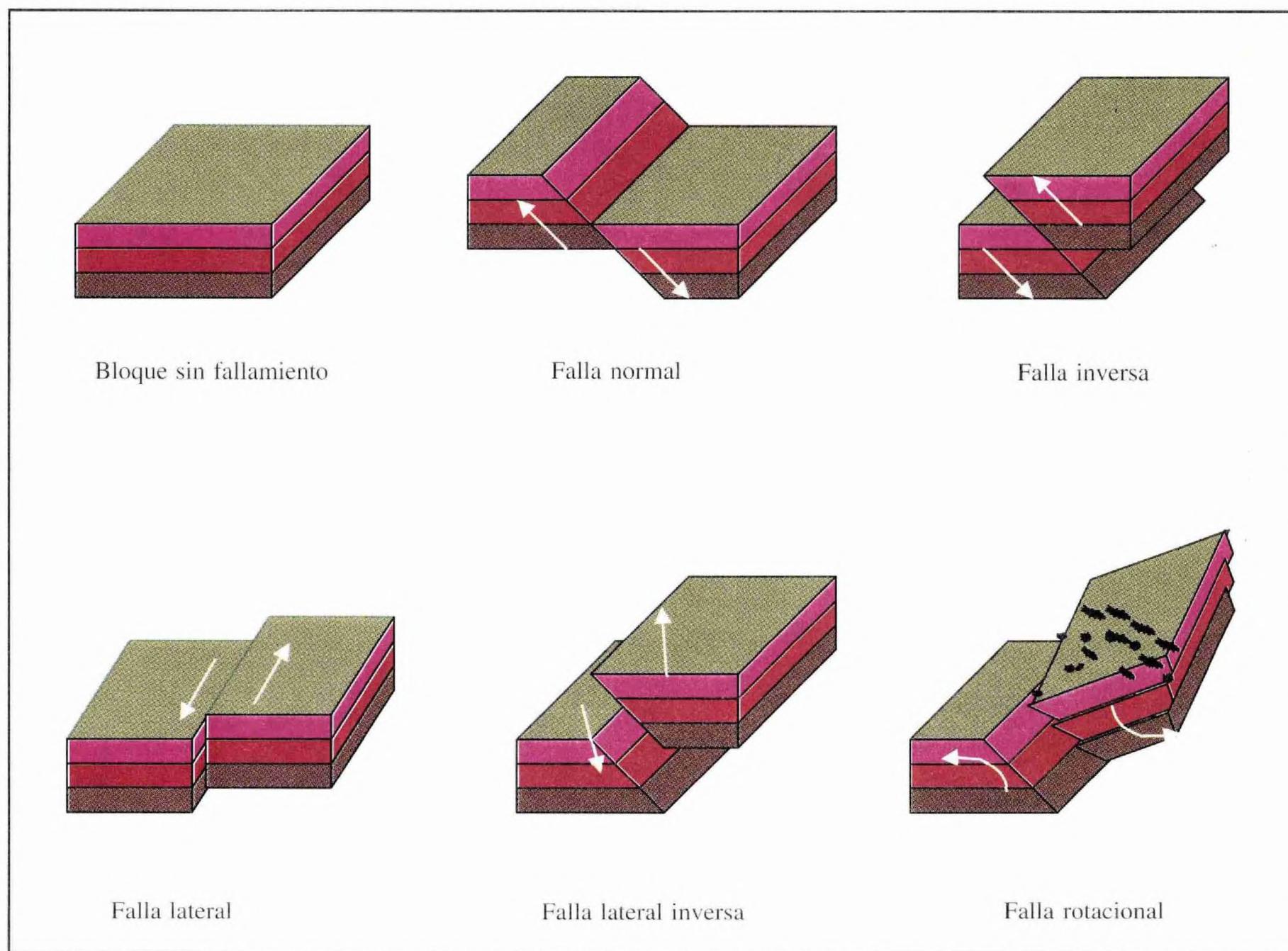
Un pliegue **anticlinal** es una estructura geológica originada por fuerzas de compresión sobre las capas

de rocas de la corteza terrestre; consiste en un pliegue convexo hacia arriba.

Un pliegue **sinclinal** es una estructura geológica originada también por compresión y está formado por un pliegue convexo hacia abajo. El **plano axial** de un pliegue es un plano imaginario de simetría que divide al pliegue en dos partes iguales. Algunos pliegues suelen ser asimétricos con los planos axiales ligeramente inclinados, inclinados u horizontales denominándose: inclinado, recostado y recumbente.

Un **domo** es una deformación convexa en la corteza terrestre, que vista en planta -o sea desde arriba- muestra aproximadamente las mismas dimensiones en todas direcciones.

Una **fractura** es una ruptura de la corteza en la que no ha habido desplazamiento entre los bloques.



Una **falla** es la ruptura de la corteza en donde sí ha habido desplazamiento entre los bloques. En la figura 3 se muestran diversos tipos de fallas.

Un **dique** es un cuerpo de roca ígnea en forma tabular que corta otras unidades de roca de la corteza terrestre.

Una **veta** es una acumulación de minerales de rendimiento económico (oro, plata, cobre, etcétera), que por procesos hidrotermales se emplaza en fracturas o fallas preexistentes.

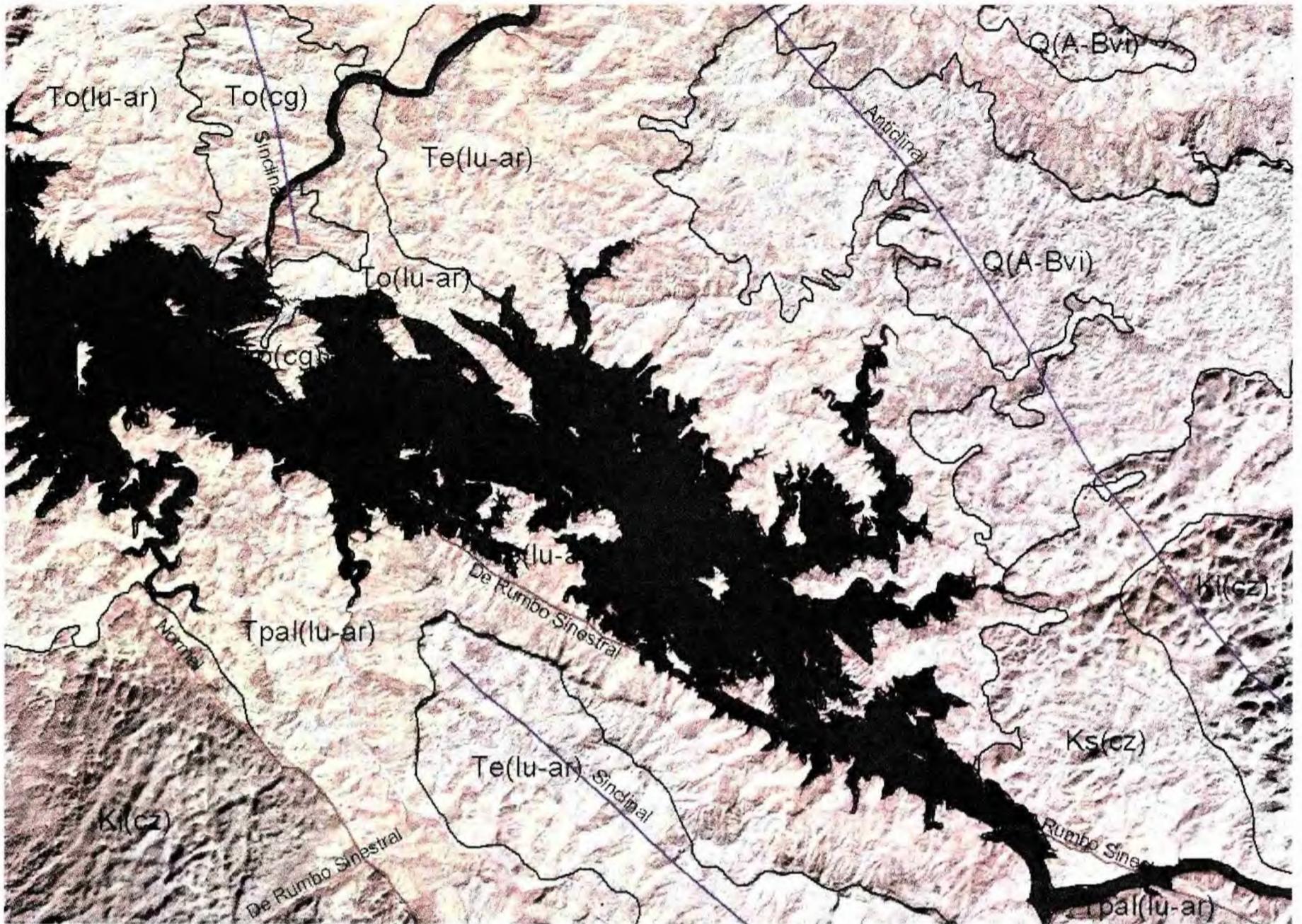
Una **dolina** es una depresión topográfica que se desarrolla a causa de la disolución de la caliza y que

comunica a la superficie el drenaje subterráneo; en el sureste del país se le conoce como “cenote”.

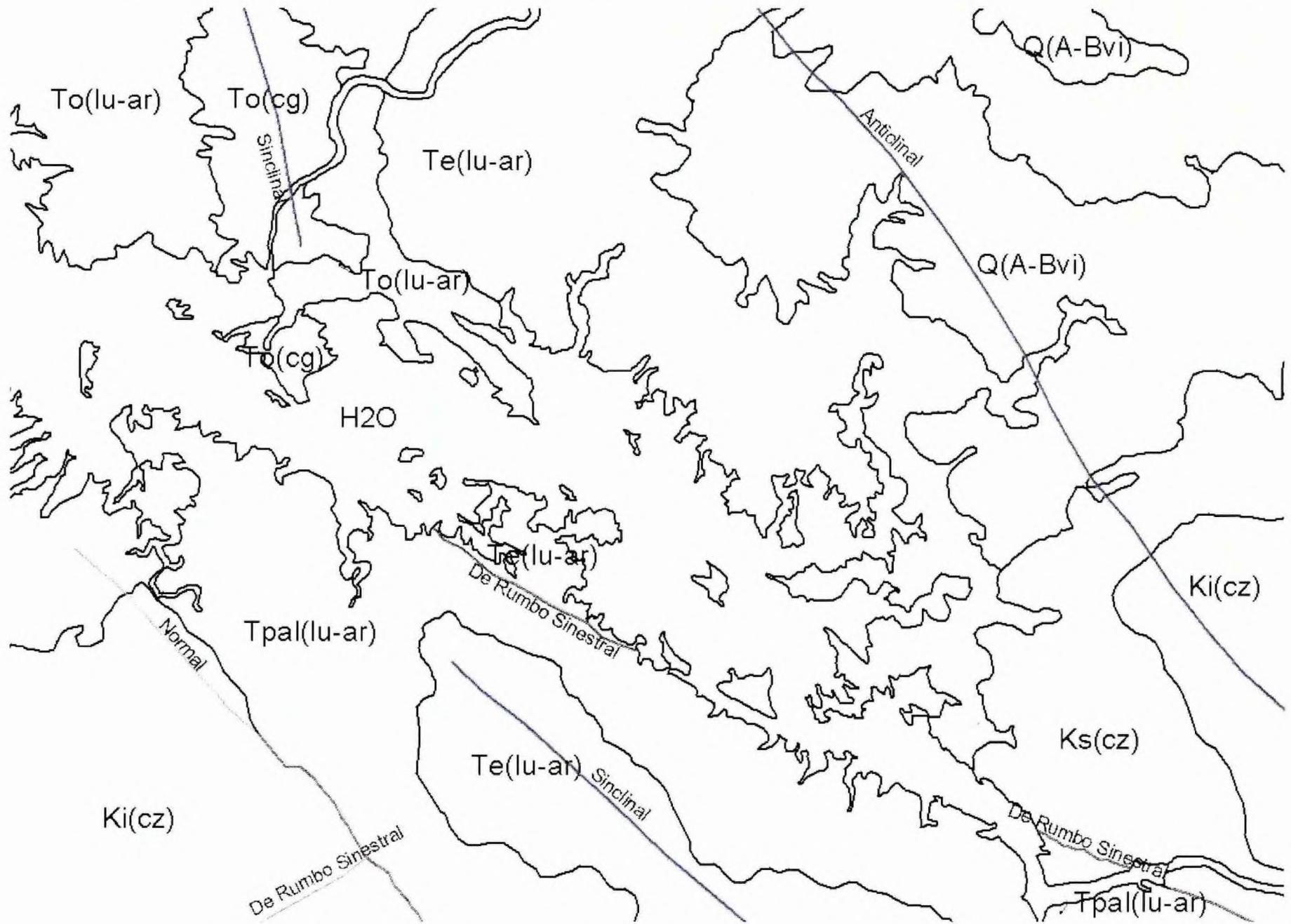
Una **mina** es una obra de donde se extraen o se han extraído alguna vez productos minerales de interés económico.

Una **cata** es una obra minera de carácter exploratorio para obtener productos minerales con rendimiento económico.

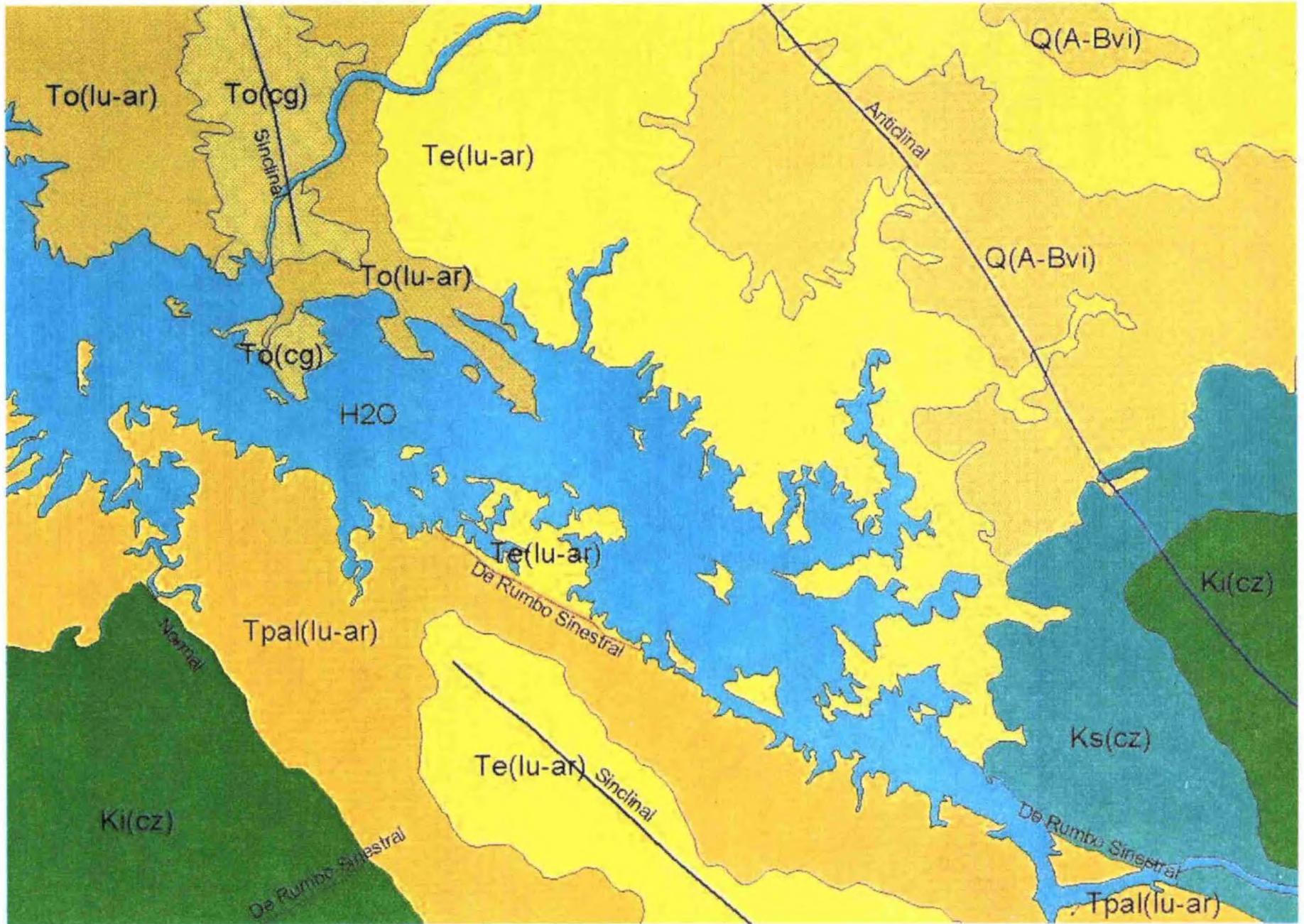
Un **banco de material** es una obra de extracción superficial de material rocoso para la industria de la construcción.



Ki(cz)	(Caliza del Cretácico inferior)	Ks (cz-lu)	(Calizas y Lutitas del Cretácico superior)	To (lu-ar)	(Lutitas y Areniscas del Oligoceno)
Tpal (lu-ar)	(Lutitas y Areniscas del Paleoceno)	Q (A-Bvi)	(Andesita-Brecha volcánica intermedia del Cuaternario)	To (cg)	(Conglomerado de Oligoceno)
Te (lm-ar)	(Limolitas y Areniscas del Eoceno)				
—	Ejes Estructurales				
—	Fallas Geológicas				



Ki(cz)	(Caliza del Cretácico inferior)	Ks (cz-lu)	(Calizas y Lutitas del Cretácico superior)	To (lu-ar)	(Lutitas y Areniscas del Oligoceno)
Tpal (lu-ar)	(Lutitas y Areniscas del Paleoceno)	Q (A-Bvi)	(Andesita-Brecha volcánica intermedia del Cuaternario)	To (cg)	(Conglomerado del Oligoceno)
Te (lm-ar)	(Limolitas y Areniscas del Eoceno)				
—	Ejes Estructurales				
—	Fallas Geológicas				



Ki(cz)	(Caliza del Cretácico inferior)	Ks (cz-lu)	(Calizas y Lutitas del Cretácico superior)	To (lu-ar)	(Lutitas y Areniscas del Oligoceno)
Tpal (lu-ar)	(Lutitas y Areniscas del Paleoceno)	Q (A-Bvi)	(Andesita-Brecha volcánica intermedia del Cuaternario)	To (cg)	(Conglomerado de Oligoceno)
Te (lu-ar)	(Limolitas y Areniscas del Eoceno)				
—	Ejes Estructurales				
—	Fallas Geológicas				

2.3 Representación gráfica de conceptos

Símbolos y colores

Los elementos que se utilizan para señalar los conceptos en la carta geológica son: claves, símbolos, pantallas y colores.

Las claves se utilizan para señalar el tipo de roca que compone cada unidad delimitada en la carta y su posición en el tiempo geológico. Las letras y grupos de letras que constituyen las claves, así como los símbolos que señalan las estructuras, tienen en su mayoría, el mismo significado en las tres escalas de la carta geológica (ver anexo); no así los colores y las pantallas cuyos significados varían con la escala.

En la carta geológica escala 1:50 000 los recursos de color y pantallas se utilizan para lograr el mayor contraste entre los diferentes tipos de roca. Cada uno

de estos tipos es señalado con una clave, que generalmente es la abreviatura de su nombre, y por un color, que en ciertas ocasiones va acompañado de una pantalla. Las pantallas son también utilizadas para hacer resaltar las asociaciones por alternancia, de distintos tipos rocosos.

En las escalas 1:250 000 y 1:1 000 000 los colores se utilizan para hacer contrastar las diferentes edades relativas de las unidades y los diferentes grupos litológicos generales. Cada rango de tiempo geológico tiene un color determinado. Estos colores coinciden, en lo general, con los colores que se usan internacionalmente en la cartografía geológica. En estas escalas las pantallas se utilizan para hacer contrastar los tipos de rocas específicos de cada unidad y para las combinaciones de ciertos tipos de roca. Los símbolos relacionados con las estructuras geológicas y las manifestaciones económicas tienen los mismos significados para las tres escalas.

ERA (ERATEMA)	PERIODO (SISTEMA)		ÉPOCA (SERIE)	FORMAS DE VIDA PREDOMINANTES	EIDADES EN MILLONES DE AÑOS		PRINCIPALES EVENTOS GEOLÓGICOS EN MÉXICO, SUS ROCAS Y ALGUNOS RECURSOS ECONÓMICOS	
CENOZOICO	CUATERNARIO Q		RECIENTE	Existe <i>Homo Erectus</i> , evoluciona <i>Homo Sapiens</i> , desarrollo de floras modernas.	1.8	Presente	Glaciación reciente, que cubre la mayor parte de Norteamérica, erupción del volcán Xitle los derrames son el asentamiento de Cd. Universitaria.	
	Terciario T	Terciario Superior	PLIOCENO Tpl	Desarrollo de bipedalismo homínido, aparición del <i>Astralophitecus</i> en África, predominio de animales de gran talla: oso, alce, bisonte, rinoceronte, y de grandes carnívoros: desarrollo del caballo.	5.3	1.8	Manifestaciones volcánicas esporádicas de: Popocatepetl, Volcán de Colima, Ceborúco.	
			MIOCENO Tm	Evolución de la línea filogenética de los chimpancés y homínidos. Aparición y desarrollo de: ballenas, murciélagos, caballo y mono antropoide.	23.8	5.3	Inicia la apertura del Golfo de California. Desarrollo del volcanismo en el Cinturón Volcánico Transmexicano. Extenso volcanismo al occidente de México formando la cobertura ignimbrítica, más extensa de México.	
		Terciario Inferior	OLIGOCENO To	Evolución hacia familias modernas de angiospermas.	33.7	23.8	Choque de las placas Pacífica y Norteamericana, que da origen a la trinchera del Pacífico.	
			EOCENO Te	Evolución de los conejos y las liebres, aparición de caballos y ballenas, las angiospermas se adaptan a la polinización por viento y por insectos, aparecen los linajes modernos de vertebrados y de insectos.	55.5	33.7	En esta era hay emplazamientos hidrotermales de minerales de rendimiento económico como: oro, plata y cobre. Otros minerales se formaron por procesos sedimentarios: carbón bituminoso, fosforita, anhidrita, entre otros (Bauxita); por alteración de minerales que conforman a las rocas ígneas intrusivas ácidas.	
			PALEOCENO Tpal	Se inicia amplio desarrollo de angiospermas: aparecen los primeros mamíferos (placentarios), aparecen nuevas especies de invertebrados: foraminíferos, gasterópodos y bivalos. Máximo desarrollo de tiburones, aumento en el nivel del mar.	65	55.5	También se desarrollaron condiciones favorables para la generación de hidrocarburos. Límite K/T extinción masiva de dinosaurios por el impacto de un meteorito e inicio del predominio de los mamíferos.	
MESOZOICO	CRETÁCICO K	CRETÁCICO SUPERIOR Ks	Culminación de dinosaurios amonitas e invertebrados (foras plantónicos), seguidos de su extinción. Decremento de los belemnites, las plantas con flores (angiospermas), llegan a ser dominantes. Los mamíferos y las aves se diversifican. Se inicia aumento en el nivel del mar.	145 a 65		Al final del periodo Cretácico inicia la orogenia Laramide (Sierra Madre Oriental). Emplazamiento de rocas intrusivas forman el núcleo de la sierra cristalina de Baja California Norte.		
		CRETÁCICO INFERIOR Ki						
	JURÁSICO J	JURÁSICO SUPERIOR Js		Desarrollo en tierra, mar y aire de dinosaurios, profusión de amonitas (amonítidos) y belemnites. Primeros vestigios de aves. Continúan las coníferas.	213 a 145		Se inicia la apertura del Golfo de México, invasión de los mares y depositación de rocas evaporíticas al inicio del período.	
		JURÁSICO MEDIO Jm					Se inicia el rompimiento del Supercontinente Pangea	
		JURÁSICO INFERIOR Ji					Formación de extensos depósitos de carbón al Norte de México (Coahuila). Los minerales formados en esta era de tipo sedimentario son: yeso, carbón bituminoso, lignito y antracita.	
TRIÁSICO Tr	Disminución en el nivel del mar. Aparición de los dinosaurios, abundan las cicadáceas, coníferas, y ginkoas. Aparecen los ancestros de los mamíferos.	248 a 213		Los generados por procesos hidrotermales: plata, plomo, zinc, molibdeno, manganeso mercurio, barita y fluorita. Hubo condiciones favorables para la formación de hidrocarburos.				
PALEOZOICO	PALEOZOICO	PÉRMICO Pe	Se extinguen los trilobites y euriptéridos. Desarrollo de las coníferas, aparecen amonites (ceratites), reptiles, cicadales. Mengua la flora del carbonífero y braquiópodos.	286	248	Rocas poco expuestas y aisladas. Las rocas sedimentarias marinas forman algunas montañas plegadas, las rocas ígneas y metamórficas forman la estructura cristalina interna de algunas sierras. Afloran en los estados de: Sinaloa, Hidalgo, Chihuahua, Tamaulipas, Jalisco, Guanajuato y sur del país.		
		PENSILVÁNICO Pn	Amplio desarrollo de los bosques coníferos, abundan los insectos. Aparecen los primeros reptiles.	325	286			
		MISISÍPICO Mi	Nuevas especies de organismos en el mar (tiburones gigantes). Aparición de los primeros anfibios. A fines del periodo aparecen árboles de estructura escamosa vascular (licopodios, lepidodendros, sigilarias), equisetales, cordiantites y helechos con semilla. Aparecen los insectos alados.	360	325			
	PALEOZOICO	DEVÓNICO D	Desarrollo de peces acorazados, aparición del ancestro de los anfibios (estegocéfalos). Aparecen los bosques de helechos y aparecen las amonitas (goniatites). Primera evidencia de la deriva continental.	410	360		Formación del supercontinente Gondwana. Hay evidencias de colisión entre los antiguos continentes de Europa, Africa y Norteamérica en las rocas metamórficas que afloran en Acatlán, Pue.	
		SILÚRICO S	Desarrollo ulterior de las plantas terrestres (psilofitales), aparición de los insectos y en los grandes mares aparecen los grandes escorpiones marinos "euriptéridos".	440	410		Las rocas y minerales tipo son: calizas, areniscas dolomías, gneis, esquistos, pizarras, mármoles, y minerales: fosfatos, grafito, yeso, carbón bituminoso, antracita, hierro, zinc, molibdeno, tungsteno, oro, berilio, titanio, magnesio.	
		ORDOVÍCICO O	Amplio desarrollo de la vida marina. Predominan los invertebrados marinos (trilobites, graptolites, cefalópodos y corales primitivos). Aparecen los primeros vertebrados (peces primitivos).	505	440			
		CÁMBRICO ε	Primer indicio abundante de vida marina, principalmente trilobites, braquiópodos, anélidos y arqueociátidos, plantas terrestres (psilofitales).	544	505			
		PRECÁMBRICO		Pe	Comienzo de la vida (organismo heterótrofos), bacterias, plantas marinas (algas verde-azules, estromatolitos) y anélidos. Atmósfera reductora (H ₂ , CH ₂ , NH ₃) células primitivas subsistiendo en fermentación de carbohidratos. Primeras lluvias y formación de extensiones de agua.		4500	544

GRUPO DE ROCA	POR SU LUGAR DE FORMACIÓN	POR SU CONTENIDO MINERALÓGICO PREDOMINANTE EN SiO ₂ (sílice)	TIPO DE ROCA	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA ESENCIAL
ÍGNEAS (Ignis-fuego) Se originan a partir de material fundido en el interior de la corteza terrestre, el cual está sometido a temperatura y presión muy elevada. El material antes de solidificarse recibe el nombre genérico de MAGMA (solución compleja de silicatos con agua y gases a elevada temperatura). Se forma a una profundidad de la superficie terrestre de entre 25 a 200 km. Cuando emerge a la superficie se conoce como LAVA.	INTRUSIVAS (Plutónicas). Cuando la corteza terrestre se debilita en algunas áreas, el magma asciende y penetra en las capas cercanas a la superficie, pero sin salir de ésta, lentamente se enfría y se solidifica dando lugar a la formación de este tipo de rocas. La característica principal es la formación de cristales, observables a simple vista (Textura fanerítica).	ÁCIDAS. Término químico usado comúnmente para aquellas rocas que tienen más del 65% de SiO ₂ .	GRANITO GRANODIORITA TONALITA	Roca plutónica que consiste esencialmente de cuarzo, feldespato y plagioclasa en cantidades variables. Roca plutónica que consiste esencialmente de cuarzo, plagioclasa y muy poca cantidad de feldespato alcalino. Roca plutónica que consiste esencialmente de cuarzo y plagioclasa sódica.
		INTERMEDIAS. Término químico usado comúnmente para aquellas rocas que contienen más de 52% y menos de 65% de SiO ₂ .	SIENITA MONZONITA DIORITA	Roca plutónica que consiste esencialmente de feldespato alcalino con plagioclasa sódica subordinada. Roca plutónica que contiene cantidades casi iguales de plagioclasa sódica y feldespato alcalino. Roca plutónica que consiste de plagioclasa sódica.
		BÁSICAS. Término químico usado comúnmente para definir las rocas que contienen entre 45% y 52% de SiO ₂ .	GABRO	Roca plutónica compuesta esencialmente de plagioclasa cálcica.
		ULTRABÁSICA (ULTRAMÁFICA). Término químico usado comúnmente para definir las rocas que contienen menos del 45% de SiO ₂ .	ULTRAMÁFICA	Roca plutónica compuesta esencialmente de minerales máficos (ferromagnesianos).
	EXTRUSIVAS. Cuando el magma llega a la superficie terrestre es derramado a través de fisuras o conductos (Volcán), al enfriarse y solidificarse forma este tipo de rocas. Se distinguen de las intrusivas, por presentar cristales que sólo pueden ser observados por medio de una lupa (Textura afanítica).	ÁCIDAS. Término químico usado comúnmente para definir las rocas que contienen más del 65% de SiO ₂ .	RIOLITA RIODACITA DACITA	Roca volcánica que consiste de cuarzo y feldespato alcalino en mayor proporción que la plagioclasa sódica. Roca volcánica que consiste de cuarzo, la plagioclasa sódica se presenta en mayor proporción que el feldespato alcalino. Roca volcánica compuesta de cuarzo y plagioclasa sódica.
		INTERMEDIAS. Término químico comúnmente usado para aquellas rocas que contienen más 52% y menos del 65% de SiO ₂ .	TRAQUITA LATITA ANDESITA	Roca volcánica que consiste esencialmente de feldespato alcalino y plagioclasa sódica subordinada. Roca volcánica que consiste esencialmente de cantidades semejantes de feldespato alcalino y plagioclasa sódica. Roca volcánica generalmente porfídica que consiste de plagioclasa sódica.
		BÁSICAS. Término químico usado comúnmente para definir las rocas que contienen entre 45% y 52% de SiO ₂ .	BASALTO	Roca volcánica que consiste de plagioclasa cálcica.
	TOBA (T). Roca de origen explosivo, formada por material volcánico suelto o consolidado. Comprende fragmentos de diferente composición mineralógica y tamaños menores de 4 mm.	TOBA ÁCIDA	TOBA RIOLÍTICA	Roca piroclástica cuya composición mineralógica es similar a la roca riolítica.
		TOBA INTERMEDIA	TOBA ANDESÍTICA	Roca piroclástica cuya composición mineralógica es similar a la roca andesítica.
		TOBA BÁSICA	TOBA BASÁLTICA	Roca piroclástica cuya composición mineralógica es similar a la roca basáltica.
		BRECHA VOLCÁNICA ÁCIDA	BRECHA VOLCÁNICA RIOLÍTICA	Roca piroclástica cuya mineralogía es similar a la roca riolítica.
		BRECHA VOLCÁNICA INTERMEDIA	BRECHA VOLCÁNICA ANDESÍTICA	Roca piroclástica cuya composición mineralógica es similar a la roca andesítica.
		BRECHA VOLCÁNICA BÁSICA	BRECHA VOLCÁNICA BASÁLTICA	Roca piroclástica cuya composición mineralógica es similar a la roca basáltica.
		VITREA. Se forma por un enfriamiento brusco de la lava, e impide la formación de cristales.		Roca esencialmente compuesta por vidrio que puede ser de composición química, ácida, intermedia o básica.

NOTA: Todos aquellos tipos de roca que carezcan de clave en las tres versiones cartográficas, aparecen rotuladas en el cuerpo de la carta.

GRUPO DE ROCA	POR COMPOSICIÓN MINERALÓGICA Y ORIGEN	TIPO DE ROCA	CARACTERÍSTICAS Y MINERALOGÍA BÁSICA
<p>A causa de los agentes externos de erosión: Agua, Viento, Hielo y cambios de temperatura, se produce el efecto de <i>meteorización</i> (desintegración y descomposición de las rocas), cuyas partículas son transportadas y finalmente depositadas. Conforme se acumulan sedimentos, los materiales del fondo se compactan formando a la Roca Sedimentaria.</p>	<p>ROCAS EPICLÁSTICAS. Originadas a partir del intemperismo y erosión de rocas preexistentes. La clasificación general de estas rocas, es de acuerdo a su granulometría (tamaño y forma), se distinguen los siguientes tipos de roca.</p>	<p>LUTITA</p>	<p>Roca constituida por material terrígeno muy fino (arcillas) 1/256 mm. Debido al tamaño de sus componentes no es posible una clasificación más precisa. Por la presencia de minerales accesorios se tienen: lutitas calcáreas, lutitas rojas o férricas, lutitas carbonosas y lutitas síliceas.</p>
		<p>LIMOLITA</p>	<p>Roca constituida por material terrígeno muy fino entre 1/256 y 1/16 de mm, principalmente: cuarzo, plagioclasa y algunas micas.</p>
		<p>ARENISCA</p>	<p>Roca constituida por minerales, fragmentos del tamaño de la arena 1/16 mm a 2 mm. Se pueden clasificar en forma general por el porcentaje de matriz (material que engloba a los fragmentos) en arenitas (0-15 %) y wacas (15-75%), por su contenido de minerales (cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca) en: arcosas, ortocuarcitas y litarenitas, Grawvaca (lítica o feldespática).</p>
		<p>CONGLOMERADO</p>	<p>Roca de grano grueso mayores a los 2 mm a más de 250 mm (gravilla 2-4 mm, matatena 4-6 mm, guijarro 64 - 256 mm y peñasco > 256 mm); de formas esféricas a poco esféricas y de grado de redondez anguloso a bien redondeados. Por la presencia de arcillas (matriz y/o cementante) se diferencian los siguientes tipos de conglomerados: ortoconglomerados (matriz <15 %) y paraconglomerados (matriz > 15%).</p>
		<p>BRECHA SEDIMENTARIA</p>	<p>Roca de grano grueso de forma poco esférica, angulosos de dimensiones 2 mm a más de 256 mm. De acuerdo a su origen se reconocen: brechas sedimentarias, brechas de deslizamiento, de disolución y colapso.</p>
		<p>TILLITA</p>	<p>Rocas formadas por fragmentos angulosos de varios tamaños (arenas a peñascos) y estriados. Depósitos de origen glaciario; otros de origen no glaciario se denominan tilloide.</p>
		<p>MARGA</p>	<p>Roca constituida por una mezcla proporcional de carbonato de calcio y minerales de arcilla (50% y 50%), se le clasifica como roca epiclástica o como roca química.</p>
<p>A causa de los agentes externos de erosión: Agua, Viento, Hielo y cambios de temperatura, se produce el efecto de <i>meteorización</i> (desintegración y descomposición de las rocas), cuyas partículas son transportadas y finalmente depositadas. Conforme se acumulan sedimentos, los materiales del fondo se compactan formando a la Roca Sedimentaria.</p>	<p>NO CLÁSTICAS O QUÍMICAS (INCLUYE A LAS BIOQUÍMICAS). Rocas originadas por la precipitación química de minerales en cuerpos de agua en ambientes marino y/o continental. La precipitación puede ser causada directamente por reacciones inorgánicas entre minerales disueltos o por organismo (foraminíferos, diatomeas, moluscos, corales, etc.), que secretan o tienen una estructura esquelética. La clasificación general de estas rocas, considera principalmente su composición química, así como criterios texturales y de origen. El grupo más importante de éstas son las Rocas Carbonatadas. Otras rocas importantes de este grupo son: Rocas Silíceas, Rocas Carbonosas, Rocas Ferruginosas, Rocas Evaporíticas.</p>	<p>CALIZA</p>	<p>Roca química o bioquímica, es la roca más importante de las rocas carbonatadas; constituida de carbonato de calcio (>80% CaCO₃), pudiendo estar acompañada de: aragonito, sílice, dolomita, siderita y con frecuencia la presencia de fósiles, por lo que son de gran importancia estratigráfica. Por su contenido orgánico, arreglo mineral y textura existen gran cantidad de clasificaciones en calizas. Sin embargo en ninguna se considera la presencia de material clástico. En los casos donde es considerable o relevante la presencia de clásticos se clasifica la caliza y el tamaño de la partícula determina el nombre secundario: caliza arcillosa, caliza arenosa y caliza conglomerática.</p>
		<p>DOLOMÍA</p>	<p>Roca química y/o bioquímica, es la roca más importante de las rocas carbonatadas; constituida de carbonato de calcio y magnesio 80%-90% CaMg (CO₃)₂.</p>
		<p>TRAVERTINO</p>	<p>Roca química del grupo de las rocas carbonatadas, son exclusivas de medio continental, rica en carbonato de calcio y de acuerdo a su estructura se clasifican como: travertino laminado, travertino bandeado y travertino poroso (tufa).</p>
		<p>YESO</p>	<p>Roca perteneciente al grupo de rocas evaporíticas que deben su origen principalmente a la evaporación de cuerpos restringidos de agua en medio transicional continental-marino como: zonas litorales, áreas de inundación y áreas lagunares cerradas. Este grupo de rocas clasifica en forma específica: CLORUROS (halita, silvita, carnalita), SULFATOS (anhidrita, yeso, polyhalita, langbeirita, kieserita, kainita), CARBONATOS (calcita, dolomita, magnesita) y BORATOS (kamita, saylusita, trona).</p>
		<p>CALICHE</p>	<p>Roca perteneciente al horizonte petrocálcico (costras) de un suelo, constituido por carbonatos, dolomita y/o nitrato de sodio y ocasionalmente yeso, con estructuras laminares onduladas y pisolíticas. La presencia de arenas y arcillas es común. Su origen es por evaporación con precipitación capilar (proceso edáfico), en zona semiárida.</p>
		<p>VOLCANOCLÁSTICA</p>	<p>Roca constituida de fragmentos derivados por cualquier mecanismo y origen depositada en ambientes continental y marino. Su clasificación se basa en la combinación textural-estructural de rocas piroclásticas y de rocas sedimentarias. El tamaño de sus componentes varía de arcillas-cenizas a bloques-bombas.</p>

NOTA: Todos aquellos tipos de roca que carezcan de clave en las tres versiones cartográficas, aparecen rotuladas en el cuerpo de la carta.

GRUPO DE ROCA	TIPO DE METAMORFISMO	TIPO DE ROCA	CARACTERÍSTICAS Y MINERALOGÍA
<p>Son todas las rocas que bajo la influencia de condiciones físicas y/o químicas diferentes, como la elevación de temperatura y/o presión. De las que habían regido en la formación de la roca original; modifican las características primarias, dando paso a nuevos minerales llamados neoformados y la adquisición de texturas particulares. En este sentido se produce una transformación en estado sólido. Los fenómenos metamórficos pueden ser múltiples y complejos y las rocas metamórficas son muy variadas.</p>	<p>METAMORFISMO REGIONAL. Ocurre en grandes extensiones de la corteza terrestre. Generalmente se relaciona con eventos tectónicos a gran escala, los procesos que intervienen son: temperatura, presión y acción de fluidos circundantes, dando como resultado la recristalización, neomineralización y orientación de minerales en fábrica paralela, conocida como foliación.</p>	<p>PIZARRA</p>	<p>Roca con bajo grado de metamorfismo a partir de lutita, con foliación muy desarrollada y de grano muy fino, por lo que muchas veces es necesario recurrir al empleo de rayos X para poder definir su composición mineralógica. Contiene principalmente; micas, arcillas, clorita, cuarzo y material carbonoso, entre otros.</p>
		<p>FILITA</p>	<p>Roca con grado de metamorfismo un poco mayor a la de la Pizarra, por lo que sus minerales presentan un mayor tamaño, dando a la roca un clivaje (separación en planos paralelos) y brillo sedoso, los minerales predominantes son: la clorita y la moscovita.</p>
		<p>ESQUISTO</p>	<p>Roca en la que predomina algún mineral laminar como talco, mica, clorita o hematita, también son comunes los minerales en forma fibrosa, esta roca contiene frecuentemente cuarzo y feldespato, así como cantidades menores de: augita, horblenda, granate, epidota y magnetita; se caracteriza por tener foliación consistente, en una disposición paralela de la mayor parte de sus minerales.</p>
		<p>GNEIS</p>	<p>En esta roca se produce una segregación de silicatos claros y oscuros dando lugar al aspecto de bandas característico, que contienen fundamentalmente minerales alargados y granulares, los cuales pueden variar desde un milímetro a varios centímetros de diámetro. Los minerales más comunes son: cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa son comunes también cantidades menores de moscovita, biotita y horblenda</p>
	<p>METAMORFISMO DE CONTACTO. Asociado a intrusiones ígneas, por lo que su extensión está determinada por las dimensiones del intrusivo. Debido a que el incremento de temperatura es el factor más significativo, los procesos que intervienen en este tipo de metamorfismo son recristalización, reacción entre minerales y fluidos con o sin adición de materiales de nueva formación. Comúnmente no desarrollan foliación.</p>	<p>CUARCITA</p>	<p>Roca muy dura, formada a partir de arenisca con alto contenido de cuarzo, sus granos constituyentes recristalizan y desarrollan una textura de mosaico, con poca o ninguna traza de matriz, es decir, pierden sus rasgos de roca clástica. Es de tono blanco, pero los óxidos de hierro producen tintes rojizos.</p>
		<p>MARMOL*</p>	<p>Roca formada a partir del metamorfismo de calizas o dolomías: Compuesto esencialmente por calcita, que recristaliza en bajo condiciones de termometamorfismo, en algunos hay presencia de minerales accesorios como: clorita, granate, mica y wollastonita. La coloración que presentan algunos se debe a la presencia de impurezas.</p>
		<p>SKARN**</p>	<p>Roca formada en aureolas de contacto, producida entre un intrusivo y rocas carbonatadas. En el SKARN además de haber recristalización existe neomineralización, resultado de fluidos químicamente activos. Su mineralogía comúnmente está representada por: carbonatos, granates, wollastonita, etc. En especial puede estar asociada genéticamente con depósitos pirometasomáticos, o la asociación con mármoles.</p>
		<p>HORNFELS**</p>	<p>Roca que se forma por el metamorfismo de rocas arcillosas, consisten de un mosaico de minerales sin orientación y de tamaño fino a medio. Contiene principalmente cuarzo, feldespato, mica, piroxenos, granate y calcita.</p>
		<p>CORNEANA**</p>	<p>Roca granular de grano fino a medio. No presenta foliación, esquistosidad o lineamientos paralelos de minerales debido a metamorfismo, si bien pueden persistir organizaciones residuales (bien depositacionales o compresivas). Las corneanas se describen posponiendo los nombres de los minerales o grupos de minerales significativos.</p>
		<p>METAMORFISMO CATACLÁSTICO. Comprende los cambios que existen en la fábrica original de la roca como resultado de su exposición a esfuerzos de tensión y/o compresión. El proceso predominante es la trituración y en menor importancia la neomineralización.</p>	<p>CATACLASITA</p>
<p>COMPLEJO METAMÓRFICO (C.met)</p>			<p>Cualquier combinación que involucre más de dos tipos de rocas metamórficas.</p>

NOTAS: * Este tipo de rocas pueden ser de metamorfismo de contacto o regional.
 ** Este tipo de rocas existe en el país, aunque la mayoría de las veces no son cartografiadas en las tres escalas existentes, se mencionan como punto de referencia en los informes técnicos.
 Con frecuencia aparecen cartografiadas unidades identificadas con rótulos que utilizan el prefijo META, por ejemplo: METAVOLCÁNICO, METASEDIMENTARIA, Metareniscas, etc. En estos casos dicho prefijo (META) es usado para indicar que una roca ígnea o sedimentaria ha sido débilmente metamorfizada y que la textura de éstas aún es preservada y se deduce el tipo de roca original.
 Todos aquellos tipos de roca o grupos de roca que carezcan de clave en las tres versiones cartográficas aparecerán rotuladas en el cuerpo de la carta.

3. Posibilidades de aplicación en diferentes actividades

La información de la carta geológica puede ser utilizada en diferentes niveles de conocimiento sobre el tema y con distintos enfoques. Actualmente, en toda exploración para la localización de recursos minerales y energéticos, el uso de este documento es una de las etapas iniciales más relevantes en la secuencia de trabajo e investigación que se debe seguir. En los proyectos de investigación académica relacionados con las ciencias de la Tierra, una carta geológica constituye el mejor marco para ubicar datos, delimitar áreas de interés y contrastar zonas con características distintas, así como para contar con una guía geológica de campo.

Muchas instituciones públicas y privadas requieren de cartas geológicas para llevar a cabo diversas actividades económicas y de investigación. Algunas de estas instituciones las requieren con un enfoque específico, es decir, que contengan datos que satisfagan cierto tipo de requerimientos. Las cartas geológicas del Instituto son documentos generales que tratan de cubrir el más amplio rango de necesidades. En muchas disciplinas se requieren el análisis e interpretación de los datos que aparecen en estas cartas. En otras, es necesario adicionarles información para lograr una utilidad especializada.

Con la elaboración de estas cartas se tiene el doble compromiso de cubrir el territorio nacional en un periodo relativamente corto y de lograr esta tarea utilizando un mínimo de recursos; por lo tanto, la metodología que se utiliza en su elaboración, con base en la interpretación de fotografías aéreas e imágenes de satélite y en la verificación de campo, que es relativamente rápida, resulta el mejor camino para el levantamiento de información cartográfica útil, en diferentes medidas, a todos los sectores del país.

Principales actividades en las que se utilizan las cartas geológicas:

- Exploración minera
- Exploración petrolera
- Exploración de aguas subterráneas
- Localización de bancos para material de construcción
- Construcción de presas y control de ríos
- Construcción de vías terrestres

- Planeación de asentamientos humanos e industriales
- Investigación científica
- Educación

3.1 Exploración minera

En la búsqueda de concentraciones minerales económicamente explotables, la información de la carta geológica es de mucha utilidad, sobre todo en las primeras etapas de la exploración. La distribución de estas concentraciones no es caprichosa; los diferentes tipos de yacimientos minerales se encuentran asociados a ciertas condiciones geológicas; por ejemplo, se sabe que los cuerpos ígneos intrusivos pueden estar asociados a mineralizaciones de oro, plata, plomo o zinc; o que a los yacimientos de fosforita se les localiza en rocas sedimentarias de origen marino.

En la búsqueda de ciertos minerales, la carta geológica permite diseñar estrategias de exploración y delimitar áreas de interés prioritario, según las relaciones geológicas que se observen.

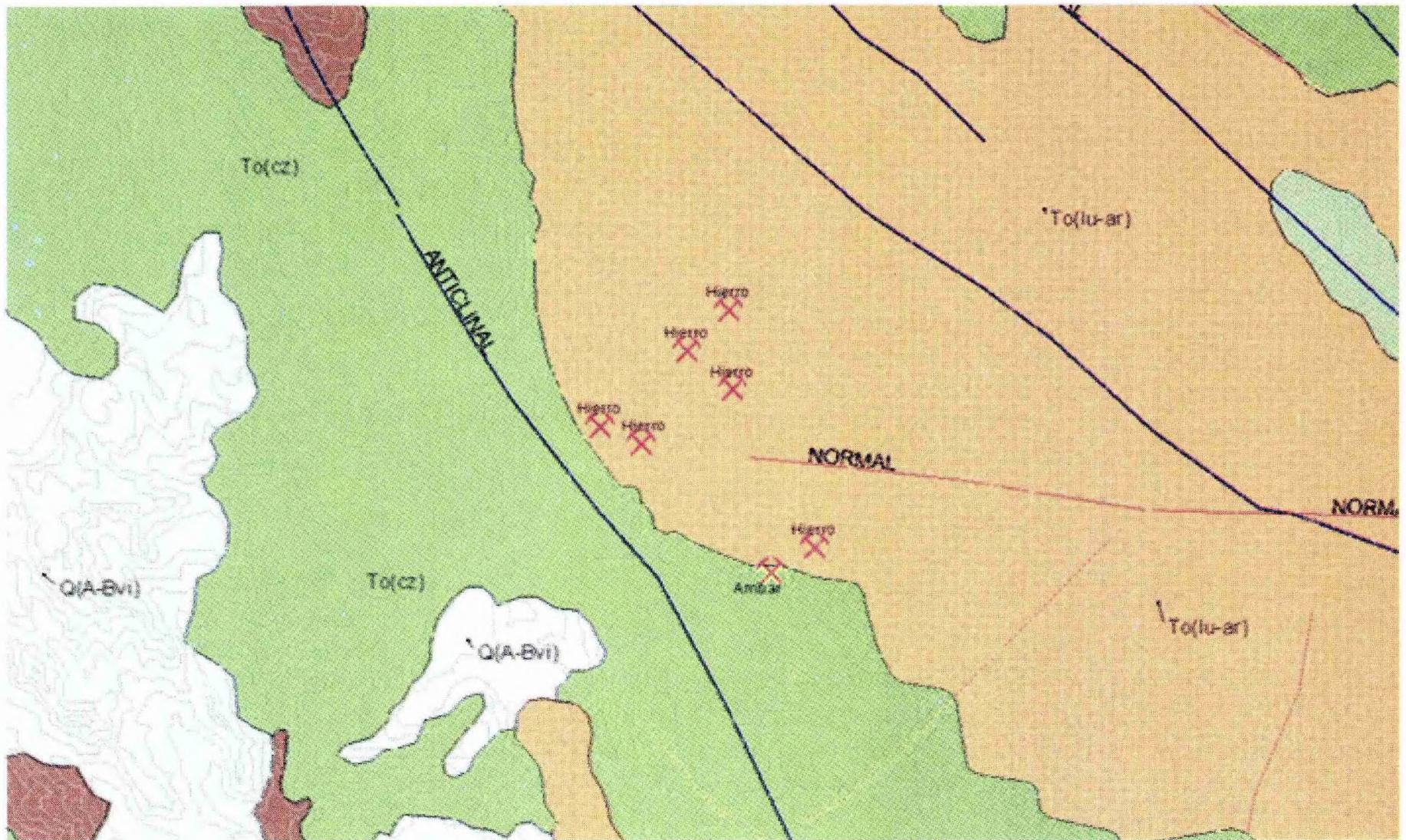
Por otra parte, el hecho de que aparezcan señaladas las minas y catas de yacimientos conocidos, pone al usuario en antecedentes sobre la explotación minera de un lugar.

Generalmente, en la exploración minera de una localidad específica se requiere elaborar un mapa geológico de detalle (escala 1:10 000 o 1:5 000); sin embargo, una etapa necesariamente anterior es la consulta y análisis de una carta a escala menor que cubra una amplia zona, para fijar las localidades de interés e iniciar los estudios de detalle. En este primer procedimiento es útil principalmente la carta geológica escala 1:50 000.

Los minerales radioactivos tienen una amplia gama de ocurrencias, pero para su localización es necesaria, al igual que con los otros tipos de minerales, contar con planos geológicos de superficie. (ver figura 7)

3.2 Exploración petrolera

En la exploración petrolera se requiere de cuidadosos estudios sobre las relaciones geológicas de una región, sobre todo de las rocas sedimentarias y sus



La información Geológica muestra las minas de una región y el tipo de elementos que en ellas se obtienen. En este ejemplo se muestran minas de hierro y de ámbar correspondientes a yacimientos de rocas sedimentarias.
 Q (A-Bvi) (Andesitas, Brechas volcánicas intermedia del cuaternario)
 To (lu-ar) (Areniscas y Lutitas del Oligoceno)
 To (cz) (Calizas del Oligoceno)

estructuras. La carta geológica permite al explorador de hidrocarburos localizar las zonas de afloramiento de rocas sedimentarias que tengan interés para él. Esto simplifica la exploración en sus primeras etapas y permite concentrar el esfuerzo en aquellas áreas sedimentarias que requieren de un estudio detallado. La información de la escala 1:250 000 es un buen marco de referencia para la exploración petrolera. Esta situación se ejemplifica en la fotografía 2.

3.3 Exploración de aguas subterráneas

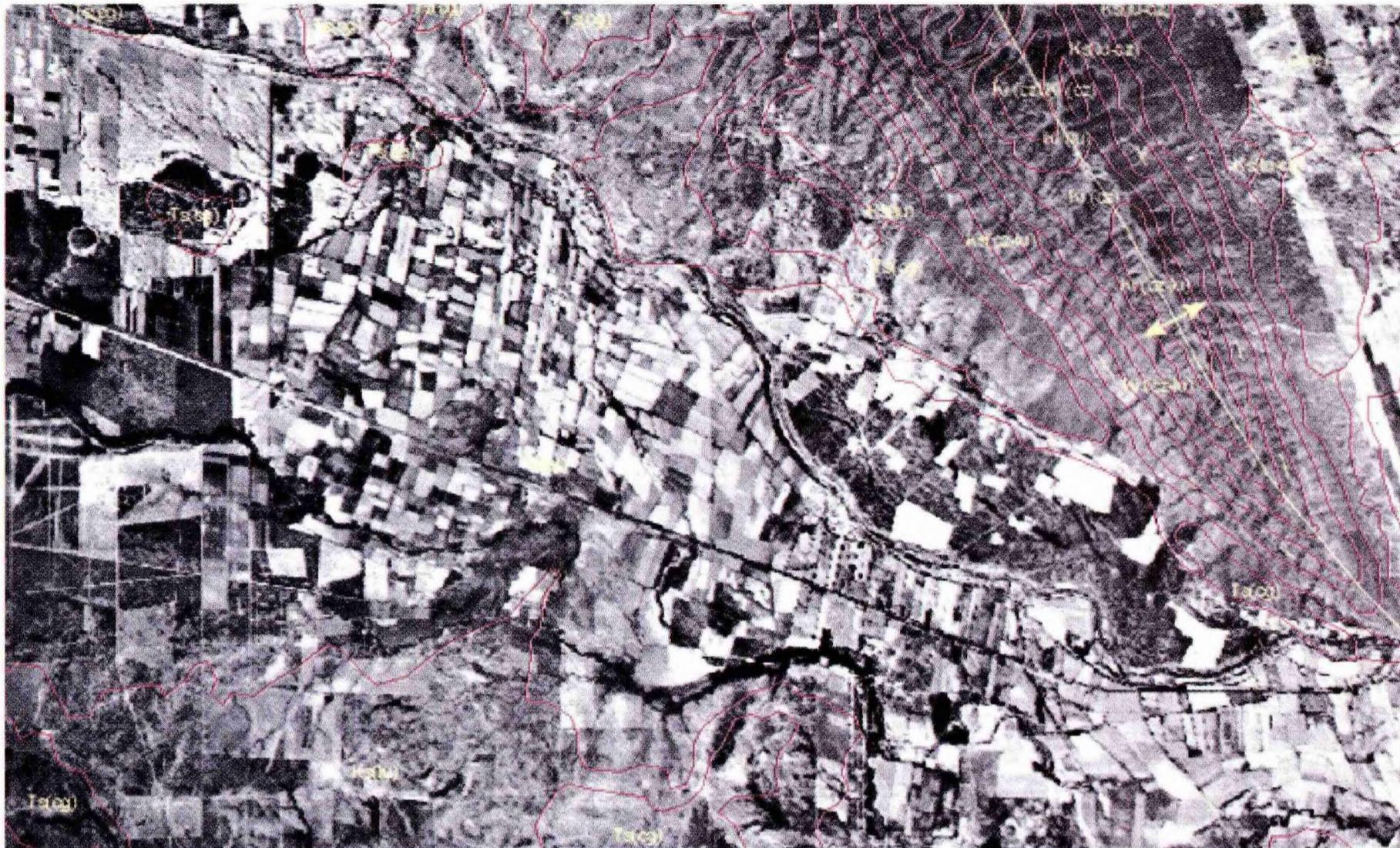
El análisis de las estructuras y tipos de roca que aparecen en una carta geológica permite ubicar zonas con posibilidades para la extracción de aguas subterráneas. La permeabilidad de las rocas es un factor primordial en la búsqueda de mantos acuíferos. Existen ciertos tipos de rocas que cuentan con mayores posibilidades de desarrollar permeabilidad y por lo tanto su situación de ubicación y configuración estructural permite inferir su potencialidad como acuífero a profundidad.

Para los trabajos de prospección geohidrológica son útiles las cartas geológicas escalas 1:50 000 y 1:250 000.

3.4 Localización de bancos para material de construcción

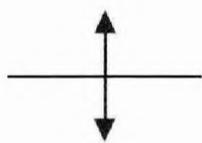
En la búsqueda de material para ser utilizado en la construcción, el análisis de una carta geológica simplifica de manera notable la localización de afloramientos rocosos que sean una fuente potencial para la extracción de cierto material, ya que las líneas de contacto señalan claramente en donde principian y en donde terminan los diferentes tipos de roca; esto permite observar la superficie de afloramiento y referirla a las vías de comunicación de la zona, ya que la carta cuenta con los datos topográficos generales. En algunos casos se pueden hacer cálculos estimativos de los volúmenes disponibles, gracias a la presencia de las curvas de nivel.

Existen rocas que tienen una gran utilidad como materiales de construcción; por ejemplo es ampliamente conocido que la caliza es la materia prima para la elaboración de cal; que el basalto se utiliza como piedra brasa en la cimentación y como balasto en las vías de ferrocarril; que del granito se pueden extraer excelentes bloques para la mampostería, etcétera.



Las estructuras anticlinales en rocas sedimentarias suelen servir como trampas a profundidad para la acumulación de hidrocarburos. En esta figura se muestra una estructura anticlinal desarrollada en una alternancia de unidades de roca, de origen sedimentario de los periodos Cretácico y Terciario. También se muestran dos unidades clásticas del reciente.

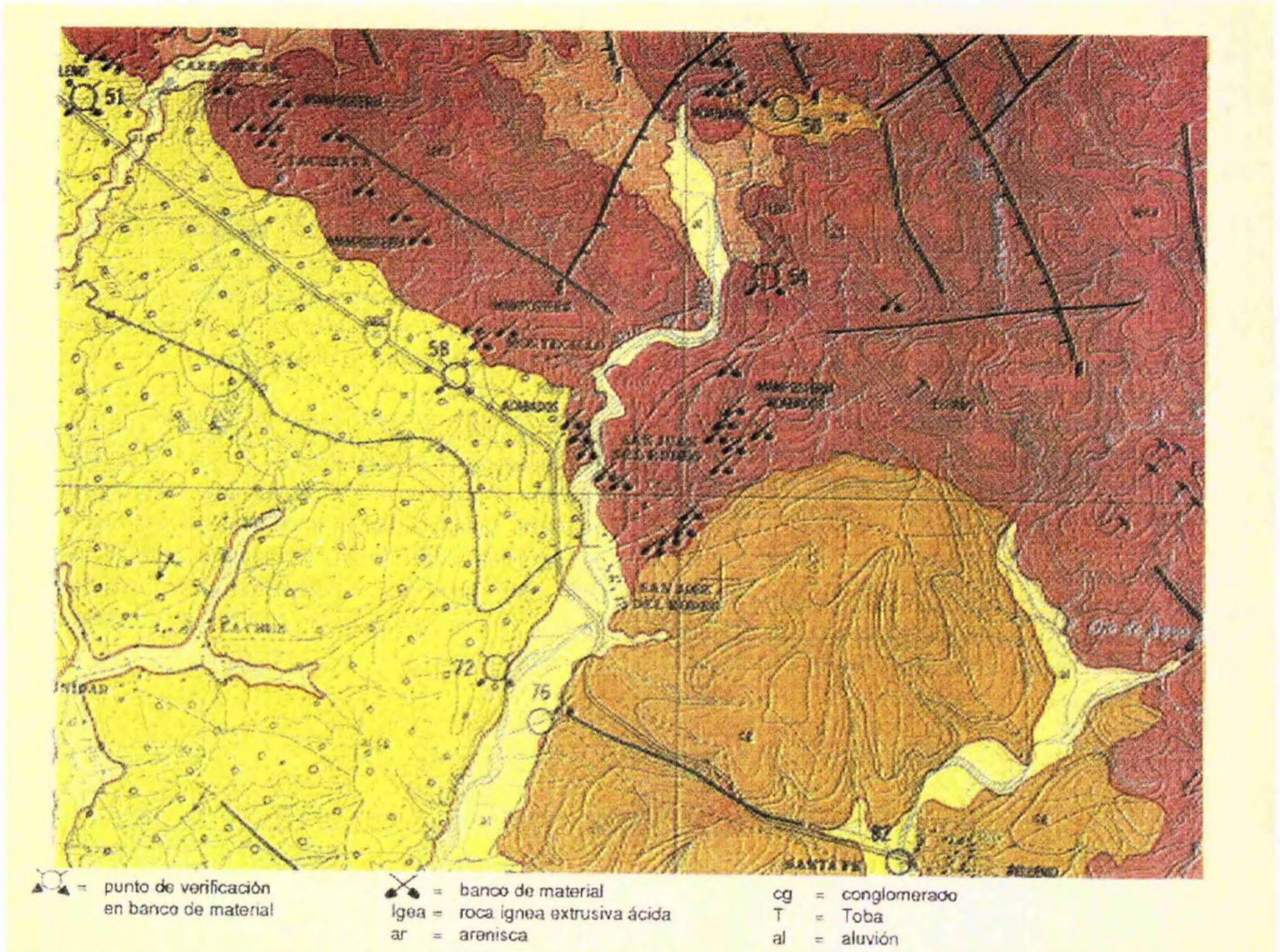
- Q(re) = Residual del cuaternario
- Q(al) = Aluvión del cuaternario
- Ts(cg) = Conglomerado del Terciario superior
- Ki(cz-lu) = Calizas-lutitas del Cretácico inferior
- Ki(cz) = Calizas del Cretácico inferior
- Ki(lu) = Lutitas del Cretácico inferior
- Ki(cz-lu) = Calizas-lutitas de Cretácico inferior
- Ks(cz-lu) = Caliza-lutita del Cretácico superior
- Ks(lu-cz) = Lutita-caliza del Cretácico superior
- Ks(lu) = Lutitas del Cretácico superior



Eje del anticlinal



Echados de las rocas sedimentarias de 0° a 10°



Para la planeación de obras de infraestructura es necesario conocer la disponibilidad de materiales de construcción en las cercanías de las localidades de interés.

En este ejemplo se muestran algunos poblados como Santa Fe de Guadalupe y San Juan del Rodeo así como el tipo de unidades de roca que afloran en su inmediata vecindad. La unidad de arenisca y conglomerado es una importante fuente para la obtención de arena y grava. La unidad de rocas ígneas extrusivas ácidas puede proporcionar excelentes bloques para su uso como mampostería.

Para este tipo de aplicación las cartas 1:50 000 son el material de trabajo más apropiado. La figura 9 ejemplifica las afirmaciones anteriores.

3.5 Construcción de presas y control de ríos

Para la construcción de presas, bordos y obras de canalización es necesario conocer el sustrato rocoso mediante el uso de una carta. El análisis de esta información geológica permite ubicar localidades favorables para la construcción de estas obras, con base en el conocimiento de la permeabilidad, resistencia y fracturamiento de los tipos de rocas que aparecen señalados en las cartas. El uso combinado de las escalas 1:50 000 y 1:250 000, puede ofrecer resultados satisfactorios en el trabajo de localización de zonas de interés.

3.6 Construcción de vías terrestres

Como en el caso anterior, la distribución espacial de los diferentes tipos de roca nos permite, en los proyectos de caminos, simplificar el problema de los materiales que se encontrarán a lo largo de un trazo de carretera, para poder hacer inferencias respecto al costo o dificultad en los movimientos de masas que habrán de hacerse en su construcción.

La información de la carta geológica permite conocer de antemano, el tipo de material que existe en los lugares donde se han proyectado túneles, puentes, etcétera. También ofrece la posibilidad de prever deslizamientos de laderas y conocer posibles fuentes de aprovisionamiento del material necesario para la construcción de estas obras.

La carta más adecuada para estudios de este tipo es la carta geológica escala 1:50 000.

3.7 Planeación de asentamientos humanos e industriales

Todas las aplicaciones anteriores indican claramente que las cartas geológicas tienen una gran utilidad para los estudios interdisciplinarios sobre la viabilidad de los asentamientos humanos e industriales. La disponibilidad de material de construcción, agua, materias primas y energéticos puede ser inferida, en cierta medida, a partir de un análisis adecuado y racional de la información geológica general que proporcionan estas cartas.

3.8 Planeación económica

En la planeación económica para las diferentes regiones del país se requieren estudios técnicos multidisciplinarios para reunir la información que permite tomar decisiones. En los renglones de energéticos, materias primas, construcción y recursos hidráulicos, la información geológica juega un papel principal.

Para este tipo de actividades son útiles las escalas 1:1 000 000 y 1:250 000.

3.9 Investigación científica

Los importantes avances que ha tenido la ciencia geológica, respecto a la concepción del origen de los continentes y los océanos, así como de las cadenas montañosas, se han logrado gracias al gran volumen de información a la que se ha tenido acceso.

Las cartas geológicas proporcionan una fuente de información de primera importancia en la reconstrucción de los eventos que ocurrieron en el pasado geológico y que, en última instancia, tienen importancia económica ya que permiten inferir la presencia de yacimientos compatibles, en origen, con dichos eventos del pasado. Para las investigaciones científicas son útiles las tres escalas a las que se elaboran las cartas geológicas.

Educación

Para los estudiantes de las disciplinas de Geología, Hidrología, Geografía, Biología e Ingeniería Civil las cartas en las tres escalas son útiles para el conocimiento del entorno geográfico en estudios de aplicación de su tema.

4. Grado de avance en el levantamiento cartográfico

Actualmente se ha cubierto la República Mexicana en un 37% en lo referente a las cartas geológicas escala 1:50 000. Estas cartas se encuentran distribuidas principalmente en la parte central de la República y en el estado de Baja California.

En lo referente a la escala 1:250 000, el cubrimiento nacional se halla completo, con excepción del territorio insular del litoral Pacífico.

La carta geológica escala 1:1 000 000 también se halla completa a nivel nacional.

Anexo

RELACIÓN DE EQUIVALENCIAS ENTRE CLAVES Y TÉRMINOS DE LAS DISTINTAS ESCALAS:

ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS

Escala 1:1 000 000		Escala 1:250 000		Escala 1:50 000*	
Roca ígnea intrusiva ácida	Igia	Granito Granodiorita Tonalita	Gr Gd Tn	Granito Roca ígnea intrusiva ácida	Gr Igia
Roca ígnea intrusiva intermedia	Igii	Sienita Monzonita Diorita	Si Mz D	Roca ígnea intrusiva intermedia Diorita	Igii D
Roca ígnea intrusiva básica	Igib	Gabro Intrusiva Ultramática	Ga Um	Gabro Roca ígnea intrusiva básica	Ga Igib

* En la mayoría de los cuadros que siguen se presentan dos columnas para la escala 1:50 000 debido a que hubo diferencias de denominación entre la primera y la segunda versión; en el caso de las rocas intrusivas, se usaron las mismas claves en ambas.

ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS
(Volcánicas)

Escala 1:1 000 000	Escala 1:250 000		Escala 1:50 000 (Primera versión)		Escala 1:50 000 (Segunda versión)	
Roca ígnea extrusiva ácida Igea	Riolita	R	Riolita	R	Riolita	R
	Riodacita Dacita	Rd Da	Roca ígnea extrusiva ácida	Igea	Roca ígnea extrusiva ácida	Igea
	Toba ácida	Ta	Toba	T	Toba riolítica Roca ígnea extrusiva ácida	Tr Igea
	Brecha volcánica ácida	Bva	Brecha volcánica	Bv	Brecha volcánica riolítica Roca ígnea extrusiva ácida	Bvr Igea
Roca ígnea extrusiva Igei intermedia	Traquita Latita	Tq La	Roca ígnea extrusiva intermedia	Igei	Roca ígnea extrusiva intermedia	Igei
	Andesita	A	Andesita	A	Andesita	A
	Toba intermedia	Ti	Toba	T	Toba andesítica Roca ígnea extrusiva intermedia	Ta Igei
	Brecha volcánica intermedia	Bvi	Brecha volcánica	Bv	Brecha volcánica intermedia Roca ígnea extrusiva intermedia	Bvi Igei
Roca ígnea extrusiva Igeb básica	Basalto	B	Basalto	B	Basalto	B
	Toba básica	Tb	Toba	T	Toba basáltica	Tb
	Brecha volcánica básica	Bvb	Brecha volcánica	Bv	Brecha volcánica basáltica	Bvb
					Roca ígnea extrusiva básica	Igeb

ROCAS SEDIMENTARIAS

Escala 1:1 000 000		Escala 1:250 000		Escala 1:50 000 (Primera versión)		Escala 1:50 000 (Segunda versión)*	
Caliza	cz	Caliza	cz	Caliza	cz	Caliza	cz
Lutita	lu	Lutita	lu	Lutita	lu	Lutita	lu
Limolita	lm	Limolita	lm	Limolita	lm	Limolita	lm
Arenisca	ar	Arenisca	ar	Arenisca	ar	Arenisca	ar
Conglomerado	cg	Conglomerado	cg	Conglomerado	cg	Conglomerado	cg
		Brecha sedimentaria	bs	Brecha sedimentaria	bs	Brecha sedimentaria	bs
Yeso	Y	Yeso	Y	Yeso	Y	Yeso	Y
		Travertino	tr	Travertino	tr	Travertino	tr

*No hubo modificación con respecto a la primera

ROCAS METAMÓRFICAS

Escala 1:1 000 000		Escala 1:250 000		Escala 1:50 000 (Primera versión)		Escala 1:50 000 (Segunda versión)	
Cuarcita	C	Cuarcita	C	Cuarcita	C	Cuarcita	C
		Mármol	M	Mármol	M	Mármol	M
Pizarra	Pz	Pizarra	Pz	Pizarra	Pz	Pizarra	Pz
Filita	F	Filita	F	Filita	F	Filita	F
Esquisto	E	Esquisto	E	Esquisto	E	Esquisto	E
Gneis	Gn	Gneis	Gn	Gneis	Gn	Gneis	Gn
Complejo metamórfico	C.met.	Complejo metamórfico	C. met.	Complejo metamórfico	C. met.	Complejo metamórfico	C. met.

SUELOS

Escala 1:1 000 000	Escala 1:250 000	Escala 1:50 000 (Primera versión)	Escala 1:50 000 (Segunda versión)*
Suelos S	Residual re	Residual re	Residual re
	Aluvial al	Aluvial al	Aluvial al
		Piamonte pi	Piamonte pi
	Lacustre la	Lacustre la	Lacustre la
	Palustre pa	Palustre pa	Palustre pa
	Litoral li	Litoral li	Litoral li
	Eólico eo	Eólico eo	Eólico eo

*No hubo modificación con respecto a la primera

Esta publicación consta de 1 517 ejemplares y se terminó de imprimir en el mes de junio de 2005 en los talleres gráficos del **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática** Av. Héroe de Nacozari Sur Núm. 2301, Puerta 11, Nivel Acceso Fracc. Jardines del Parque, CP 20270 Aguascalientes, Ags.
México



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA
www.inegi.gob.mx
ISBN 970-13-4509-6

MÉXICO