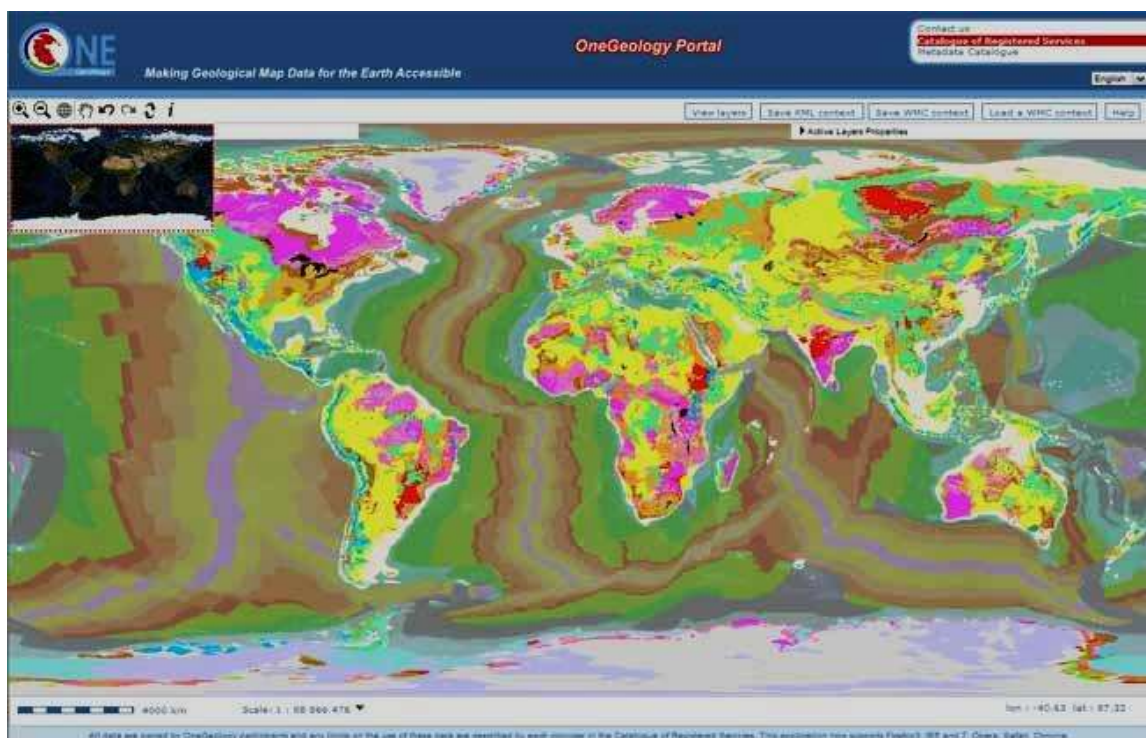


CARTOGRAFIA GEOLOGICA

Dr. José Sellés-Martínez

Levantamiento Geológico 2014



“OneGeology es una iniciativa internacional de todos los institutos geológicos del mundo y un proyecto líder en este el año internacional de la tierra. Su objetivo es crear un mapa digital dinámico e interactivo accesible a través del Internet, creando así un punto de encuentro para el acceso a información geológica. Gracias al entusiasmo y al apoyo de todas las naciones participantes, esta iniciativa ha progresado rápidamente. Los institutos geológicos y los muchos usuarios de sus datos, están entusiasmados con este proyecto tan innovador. Estas páginas proveen la historia de la iniciativa así como información actualizada de su progreso. Te invitamos a explorar nuestra página y te damos la bienvenida a OneGeology. ¡Disfruta de tu visita! <http://www.onegeology.org/spanish/home.html> (Dic. 2014)

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA

Conceptos generales y evolución histórica

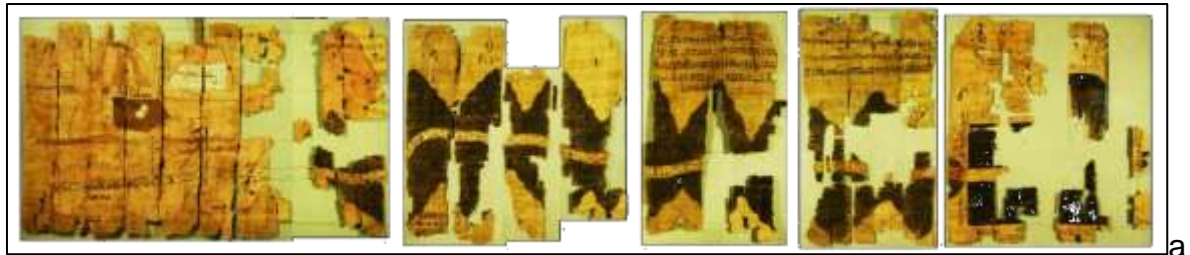
En el año 1990 un informe de la American Geophysical Union decía: "Los mapas son de fundamental importancia como documentos, pero los mapas topográficos y geológicos tradicionales son todavía esquemáticos y no normalizados sobre la mayor parte del globo. Los nuevos sistemas espaciales multiespectrales, permiten producir con gran detalle diferentes mapas cuantitativos. Un vigoroso programa de perforación continental es necesario para proporcionar la tercera dimensión, la verdad subsuperficial que guíe la interpretación de las mediciones geofísicas." (*AGU Planet Earth Committee Report, Part II Interior and Crust, P.J. Willie & W.M. Kaula, EOS, 18 de Diciembre de 1990*).

Si se compara esta expresión con el texto con que es recibido actualmente quién accede a la página del proyecto ONEGEOLOGY (que tiene como objetivo unificar la cartografía geológica de todo el mundo) y se observa el mapa de síntesis que allí se exhibe, puede verificarse que los últimos 25 años han producido un muy considerable avance en la calidad, cantidad y disponibilidad de la cartografía geológica.

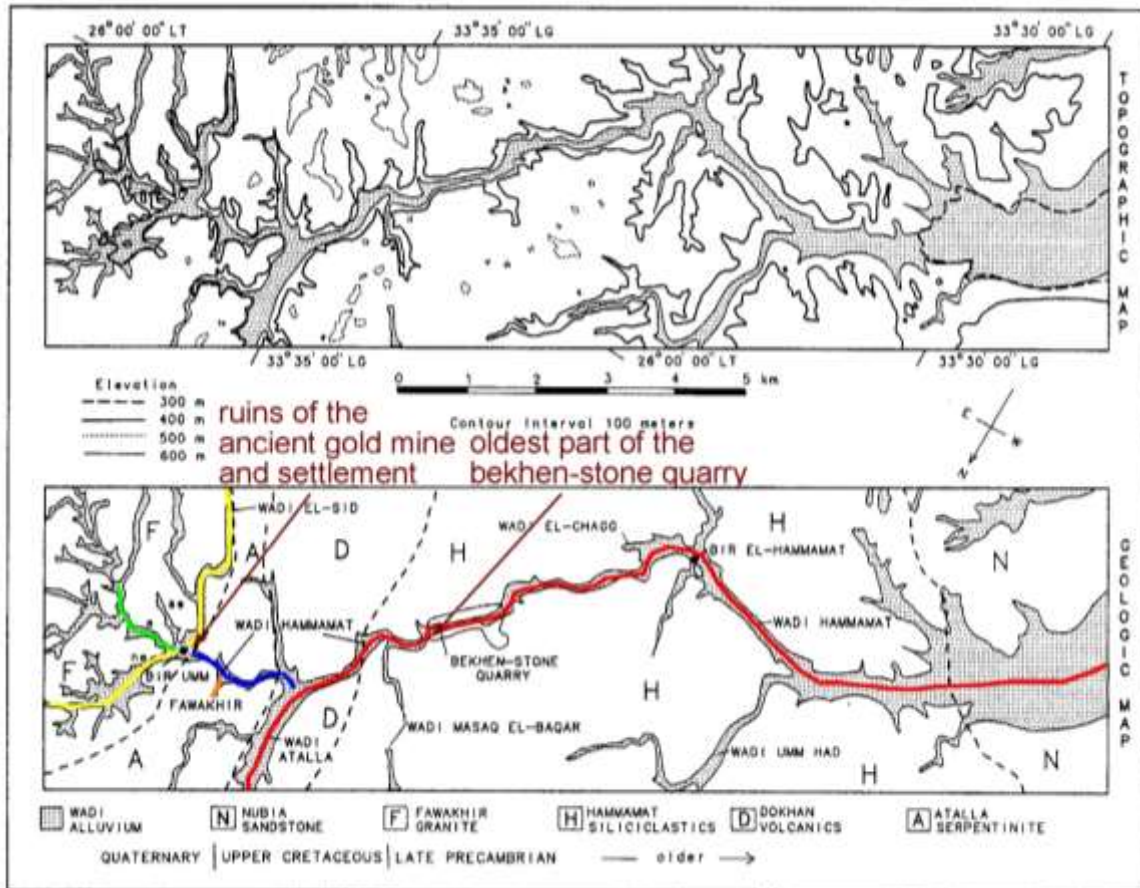
De acuerdo con la definición de Marshak y Mitra (1988), "Un mapa es una superficie bidimensional sobre la cual se representa información acerca de la superficie de la Tierra, una porción de la misma o una porción de su interior". Un mapa geológico sería por lo tanto una superficie en la cual se representan determinadas características geológicas de un sector de la superficie terrestre o de su interior. El mapa geológico más antiguo conocido, que cumple con estos principios es el denominado Papiro de Turín, un impresionante documento cartográfico del año 1150 AC que describe el área del Wadi Hammamath, en que se ubica una importante cantera de piedra ornamental y escultórica de la época, la denominada "piedra Bekhen" o "basanita" (aunque se trata de una grauvaca metamorfozada) y muestra también la localización de una mina de oro, distinguiendo con rasgos apropiadas las diferentes litologías. El área representada en el mapa ha sido estudiada e identificada sobre el terreno, reconociéndose los principales rasgos presentados en el mapa.



Figura 1: Detalle del Papiro de Turín. Puede apreciarse la calidad del mismo y la forma en que distintos rasgos culturales y geológicos han sido incorporados al dibujo.



a



b

Figura 1: a. El Papiro de Turín, mapa geológico de hace 3.165 años. b. Topografía y geología del Wadi Hammamat según Harrell y Brown, 1992. (Nótese que el norte se encuentra apuntando hacia abajo y ligeramente a la izquierda.)

Ningún otro documento cartográfico que merezca la denominación de mapa geológico parece haberse conservado en la memoria escrita o en los archivos hasta el siglo XVII. En el año 1683, en una presentación a la Royal Society publicada en las *Philosophical Transactions* de la misma al año siguiente, el médico y naturalista Martin Lister (1639–1712), propone la realización de un nuevo tipo de mapas en los que se representara la naturaleza mineral del terreno. Sin embargo, él nunca llegó a producir un mapa de esas características. Mayor mala suerte cupo al sueco Daniel Tilas (1712–1772), quién también señaló la necesidad de que se realizaran cartas geográficas en las que se estableciera la localización de los diferentes cuerpos de roca, con su extensión, espesor e inclinación y, de ser posible, con perfiles en los que se pusieran en evidencia los cambios que pudieran ocurrir en profundidad. Desgraciadamente la obra cartográfica que sería utilizada como base por este autor se perdió al incendiarse su casa en 1751 y ninguno de los mapas por el propuesto llegó a publicarse.

El mérito de generar el primer mapa geológico de la historia moderna quedaría para J. E. Guettard (1715-1786), quién en 1751 publica una memoria (presentada en 1746), sobre la distribución de minerales y rocas en el reino de Francia y que deberá ser acompañada por un mapa. Es importante citar sus palabras al respecto: “*Si algo puede ser de vital importancia para la construcción de una teoría física y general de la Tierra, son las numerosas observaciones a realizar sobre los diferentes terrenos y los fósiles que ellos encierran. Nada puede demostrar más cabalmente esta utilidad que la aproximación y la presentación, al golpe de vista, de dichas observaciones mediante los mapas mineralógicos.*” Este texto ha sido traducido del sitio dedicado a la obra de Guettard y Monett: <http://www.arehn.asso.fr/centredoc/livres/guettard/guettard.html>.

Es interesante señalar que en la campaña de cartografía de campo, que se inicia en el 1767, participa el joven L. A. Lavoissier, un entusiasta de la mineralogía que contribuirá con un significativo aporte a la representación de la información geológica en los mapas al crear la columna estratigráfica. En este primer mapa geológico de los tiempos modernos (recuérdese que el único anterior conocido y conservado es el recién mencionado Papiro de Turín) se observan ya rasgos que serán atributos permanentes de este tipo de representaciones, tales los signos y rastras que representan los diferentes tipos de materiales y su extensión geográfica.



Figura 3: Fragmento de una de las planchas del mapa mineralógico de Guettard y Monett. Nótese la cuidadosa representación de la morfología.



Figura 4: Título, créditos y referencias del primer mapa geológico moderno.

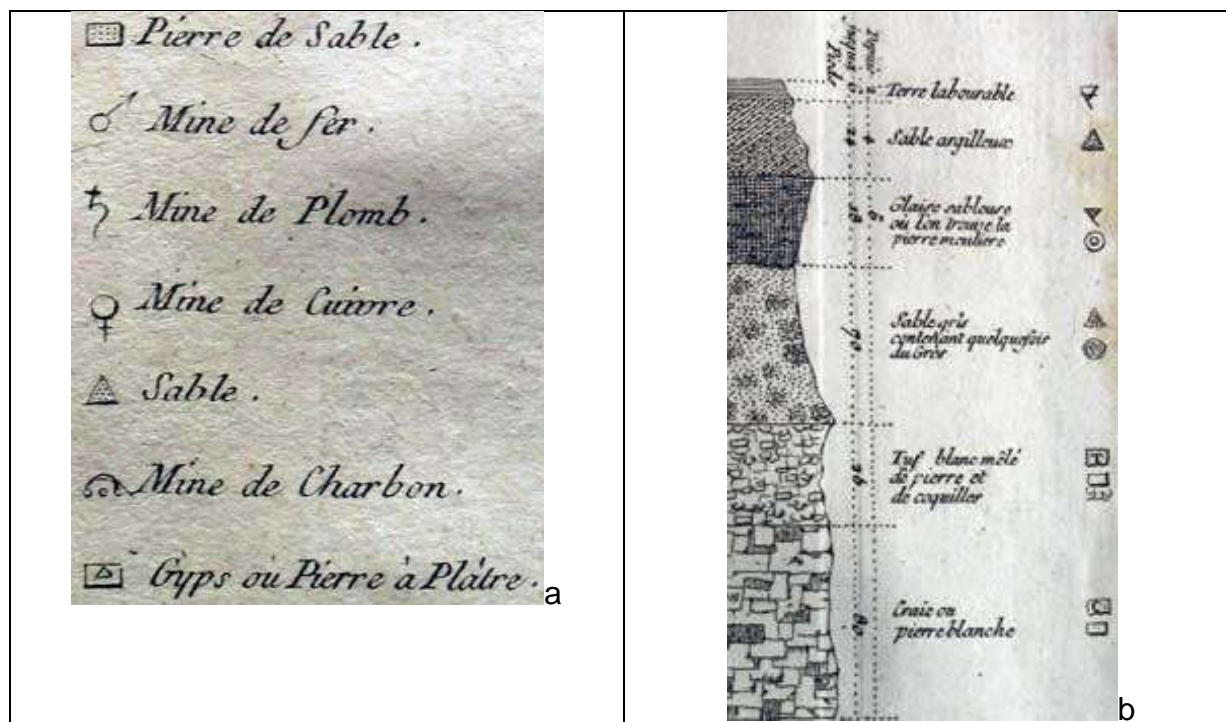


Figura 5: a. Algunos de los signos utilizados en el mapa de Guettard y Monet; b. La columna estratigráfica según la propuesta de Lavoissier para hacer gráficamente evidente la sucesión temporal o superposición de los materiales.

Sin embargo, es el británico William Smith (1769-1839) quién más famoso se ha hecho entre los pioneros de la cartografía geológica. Smith, apodado “*strata*”, por su afición a la Geología y al estudio de la estratigrafía, publicó en 1799 un mapa geológico de los alrededores de Bath (UK) y en 1801 realizó el primer borrador del que sería denominado “el mapa que cambió el mundo”, un mapa que publicaría en 1815 y que muestra la geología de casi toda la Gran Bretaña.

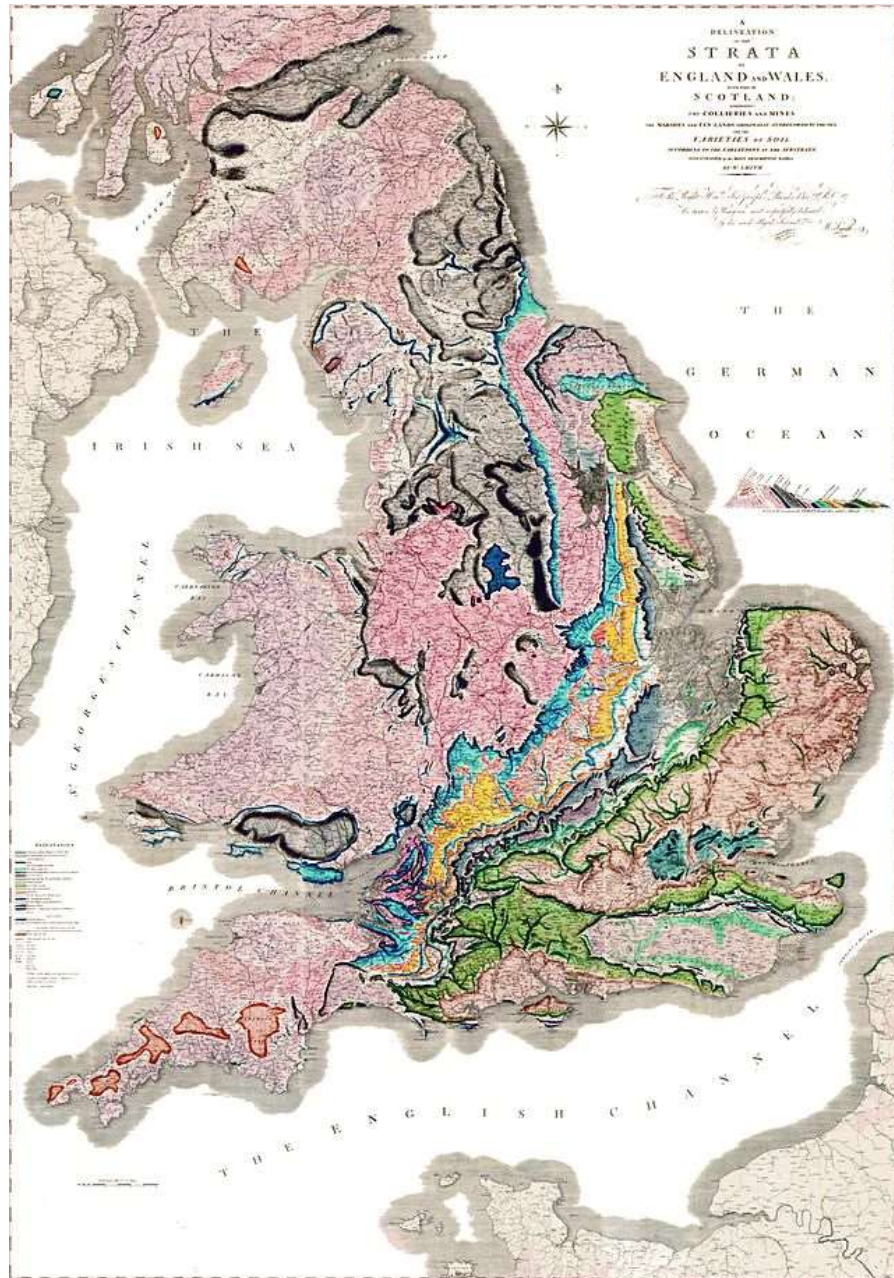


Figura 6: El mapa geológico de la Gran Bretaña publicado en 1815 por William Smith

El primer mapa geológico mundial fue realizado por Amy Boué en una época tan temprana como el 1843 y, dado que en ese momento muy extensas regiones del globo no contaban aún con mapas geológicos de ninguna clase, es natural que el mismo pecara de generalizaciones y errores. 170 años después, sin embargo, el mapa preparado por Onegeology que figura en la portada refleja un conocimiento muy detallado (si bien no homogéneo) de la geología del planeta.



Figura 7: Ami Boué (1843); primer mapa geológico del mundo.

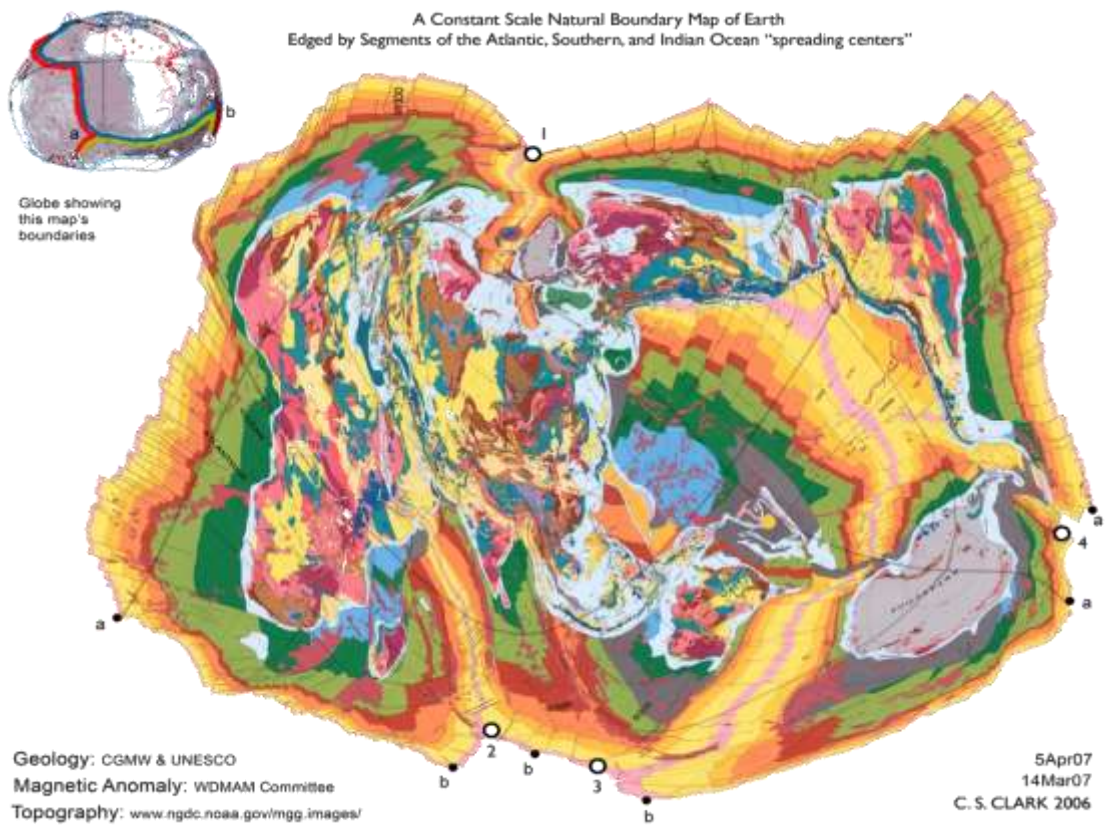


Figura 8: Mapa geológico mundial en el que los límites se han localizado en las dorsales oceánicas.

Con respecto a nuestro país, uno de los mapas más importantes realizados en el Siglo XIX es el mapa de Luis Brackebusch publicado en el año 1891, del cual, por razones de conflicto de límites con Chile se suprimió una plancha completa, quedando el mismo lamentablemente mutilado.

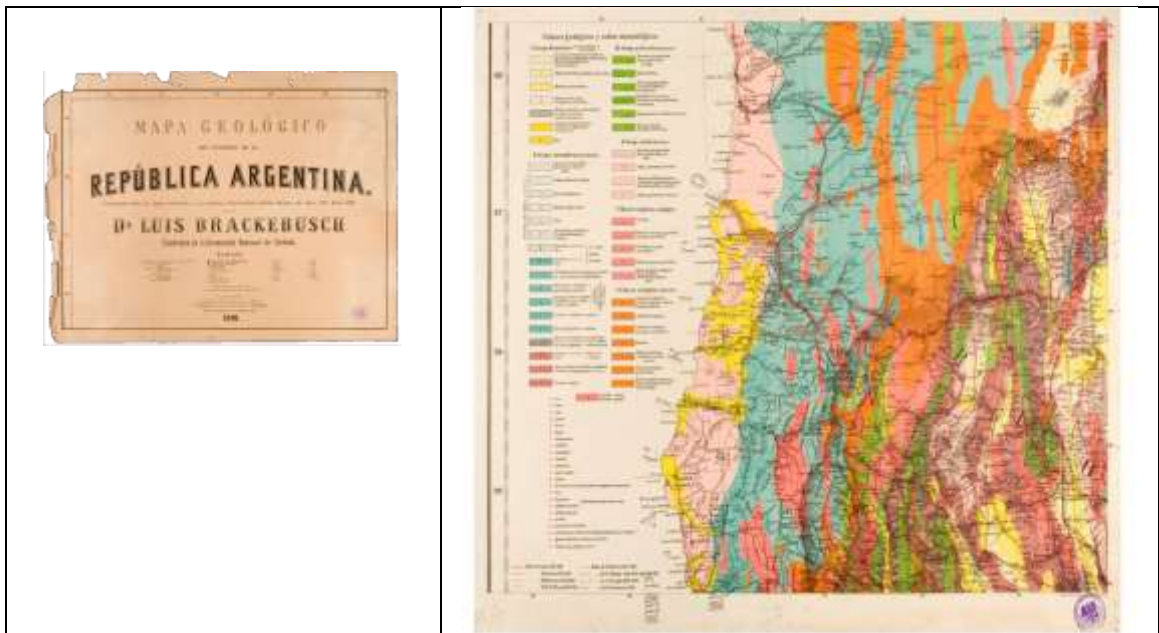


Figura 9: Título y fragmento del mapa de L. Brackebusch de 1891.

CARACTERÍSTICAS DEL MAPA GEOLÓGICO

Desde sus orígenes el mapa geológico estuvo ligado al mapa geográfico y, en muchos casos, estaba constituido por un mapa topográfico, en el cual la geomorfología estaba muy detalladamente representada con la ayuda de sombreados y achurados sobre el que se marcaban los sitios de interés geológico-paleontológico y las áreas de afloramiento de las litologías en estudio.



Figura 10: Mapa topográfico-geomorfológico de un sector de la Auvernia por N. Desmarest (comenzado a publicar en 1771). Es evidente su semejanza con el mapa de Guettard-Monett.

Los mapas en los que las diferentes litologías aflorantes y los datos estructurales elementales se han representado sobre una base topográfica de curvas de nivel constituyen los mapas geológicos prototípicos y permiten la extrapolación de observaciones hacia el subsuelo, cubriendo las necesidades ingenieriles y mineras.

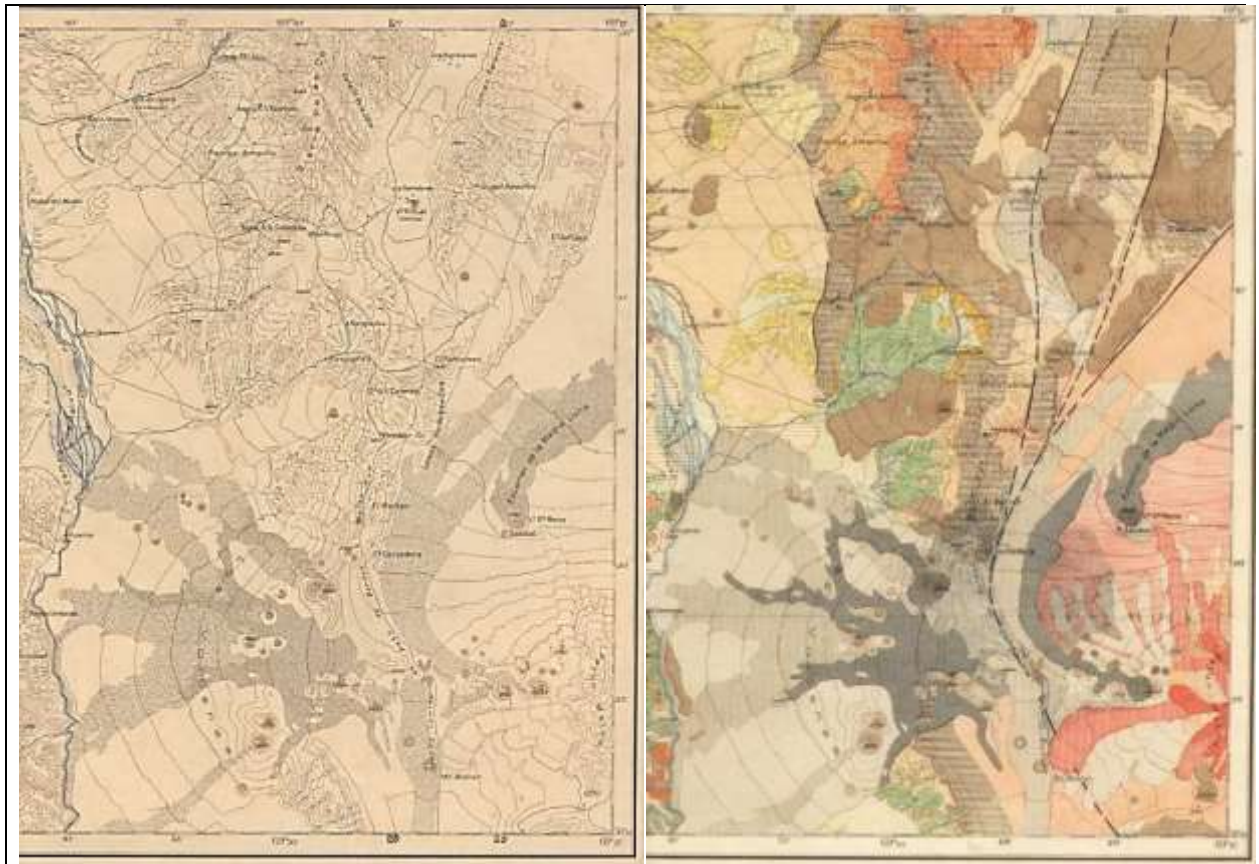


Figura 11: a. Mapa topográfico; b. Mapa geológico de la misma área

Las unidades litológicas y los colores usados para representarlas

Parece que el primer mapa geológico coloreado habría sido producido tan temprano en la historia de la cartografía geológica como 1768, el documento, realizado por C. Lommer, representa un sector de Sajonia.

Con posterioridad Abraham Gottlob Werner (1749-1817) estableció tanto un esquema básico de clasificación de las rocas como un cuadro de colores para representarlas. Sin embargo, los intentos de unificación de criterios para el uso de los colores se demorarían hasta el Primer Congreso Geológico Internacional, realizado en Bologna en el año 1881, en el cual se nombró una Comisión encargada de la unificación y, según consta en la Memoria del evento, se abrió un concurso para establecer un conjunto de símbolos y colores de uso universal.

Un dato curioso en la historia de los códigos de colores es el hecho de que el Inspector de Minas Johann Wolfgang Goethe (1749-1832) más conocido como autor del Fausto que por su labor geológica (aún cuando esta fue relevante en su momento) es consultado por otro geólogo (Christian Keferstein, 1784-1866) respecto a los colores a utilizar en los mapas de Europa Central que estaba realizando. Goethe, que estaba explorando las teorías del color y muy influenciado por Werner se toma su tiempo para decidirlo y Keferstein queda tan satisfecho que escribe a Goethe: “Su tabla de colores perdurará como un trabajo clásico, cuando mis contribuciones ya hayan sido olvidadas”.

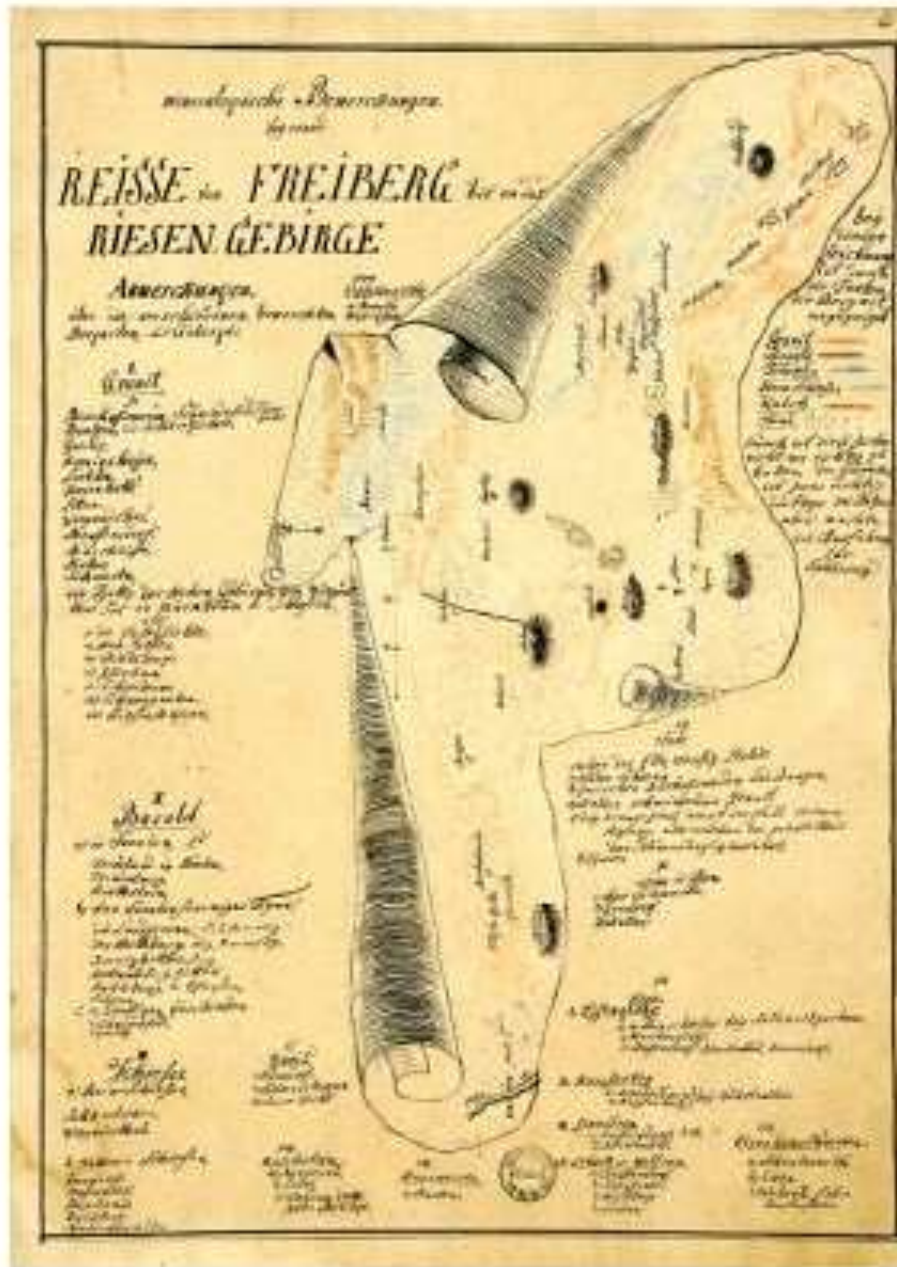


Figura 12: El mapa de Lommer de 1768

En la tabla siguiente pueden verse algunas de las convenciones adoptadas en los mapas de los tiempos iniciales de la geología.

TIPO DE ROCA	COLORES			
	WERNER ¿1775?	CHARPENTIER (1778)	GIMBERNAT (1808)	KEFERSTEIN (1820/21)
Esquisto	verde grisáceo	naranja	verde	verde
Granito	rojo	rojo	rosa-rojizo	rojo
Porfiro	castaño	-	naranja	gris
Arenisca	amarillo	amarillo	amarillo	naranja
Caliza	azul	azul	azul	azul
Basalt	negro	-	gris	negro

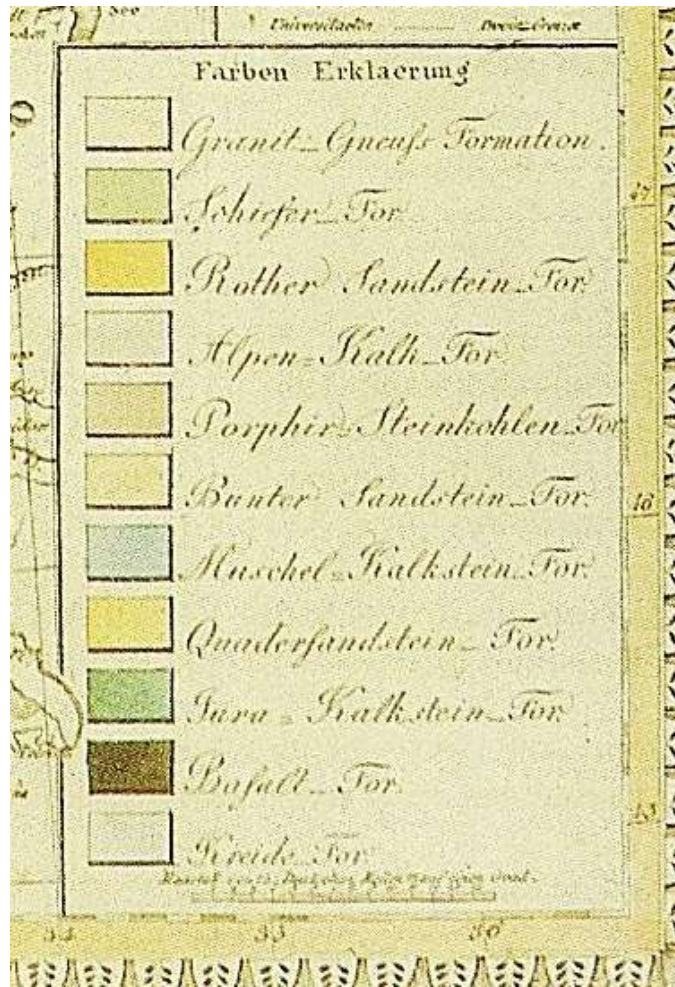


Figura 13: Cuadro de referencias de acuerdo al código propuesto por Goethe para el mapa de Keferstein de 1821.

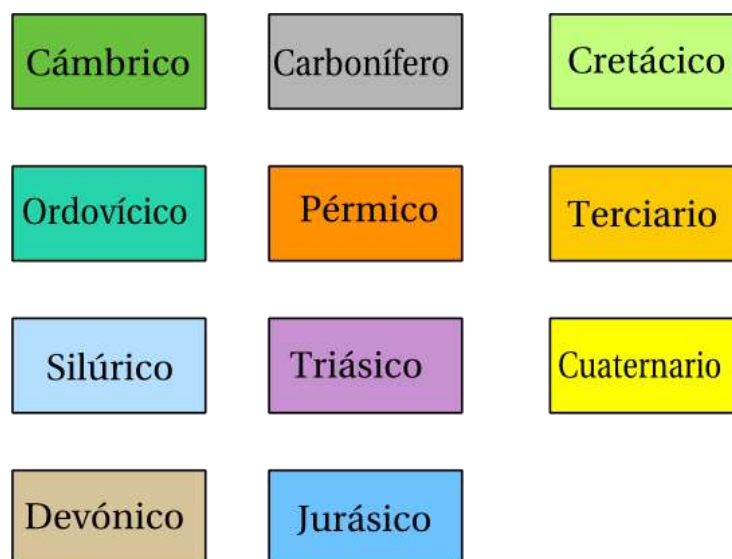


Figura 14: Cuadro simplificado de los colores que corresponden a las unidades geológicas según su edad.

Mapas temáticos de uso en Geología

Si bien el término "mapa geológico" se referiría específicamente a aquéllos que muestran la distribución de los afloramientos en superficie o su probable extensión bajo cubiertas someras, en un sentido más amplio abarca todo un conjunto de mapas diversos que en un momento u otro deben ser utilizados, interpretados o preparados por el geólogo. Es así que, de acuerdo con Bishop (1967), la historia del mapeo geológico muestra claramente "*el impacto de la necesidad sobre la inventiva*", promoviendo la búsqueda creativa de soluciones a los problemas que impone la necesidad de representar la geología de una región.

Con el desarrollo de la investigación petrolera, por ejemplo, se hizo necesario representar información de subsuelo (tipos de rocas y sus variaciones laterales, espesores de determinadas capas y fundamentalmente las características geométricas de las estructuras (pliegues y fallas) soterradas. Las primeras experiencias demuestran que el uso de símbolos resulta inadecuado pues la enorme cantidad de ellos que se hace necesaria torna los mapas sumamente complejos. Un avance importante se logra con la adaptación del sistema de curvas de nivel (ya desarrollado para representar la topografía), a la representación de superficies estructurales, que son generalmente superficies de estratificación elegidas en base a algún criterio determinado por el tipo de trabajo que se está realizando. Surgen así los denominados "mapas de contornos estructurales", que permiten representar superficies de contacto entre cuerpos de roca e identificar rápidamente pliegues y fallas en el subsuelo a partir de la información proveniente en general de perforaciones o de datos obtenidos por prospección geofísica.

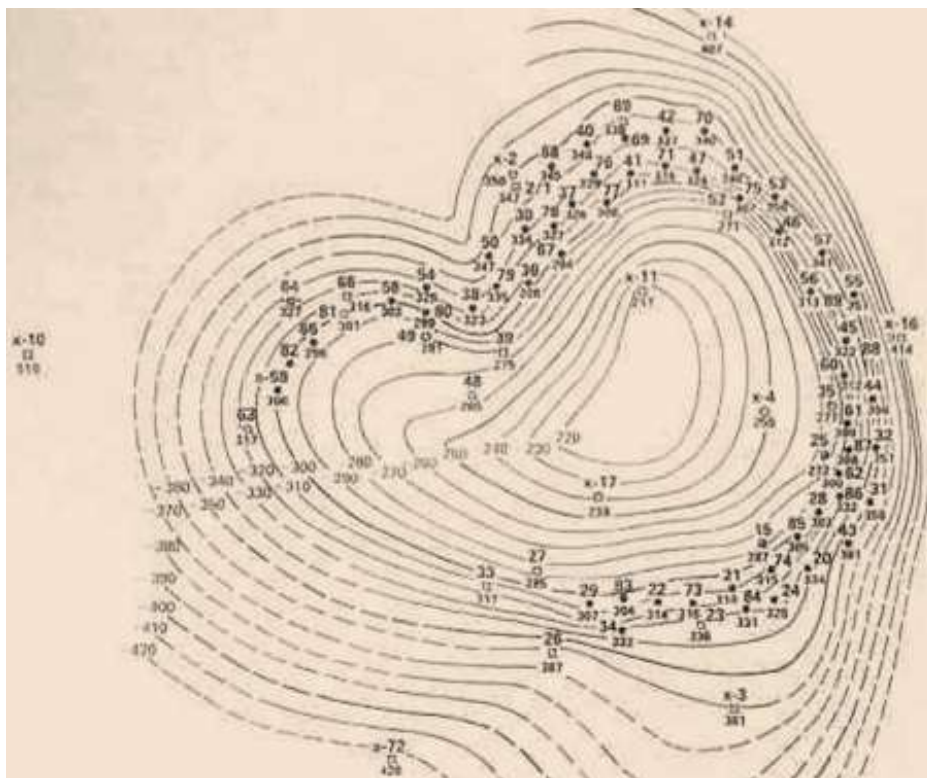


Figura 15: Mapa de contornos estructurales de un yacimiento en la Cuenca Neuquina (tomado de <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=821>)

Sin embargo estos mapas de contornos estructurales presentan una limitación muy importante, si bien describen exactamente la disposición espacial de la superficie en estudio, no aportan ninguna información con respecto a las características litológicas del cuerpo de roca que lo sobre- o subyace, ni sobre su espesor. Esta necesidad lleva al desarrollo de los *mapas isopáquicos (igual espesor verdadero)* y *mapas isocóricos (igual espesor vertical)*, en los que se representa la variación del espesor de una unidad litológica y de los *mapas de facies*, en los que se representa la distribución y extensión de las distintas unidades o cuerpos litológicos. Se alcanza finalmente así, en forma cabal, la representación de un **volumen** de roca, frente a la de una **superficie**, más o menos compleja e irregular, representada en los mapas de superficies estructurales o sedimentarias.

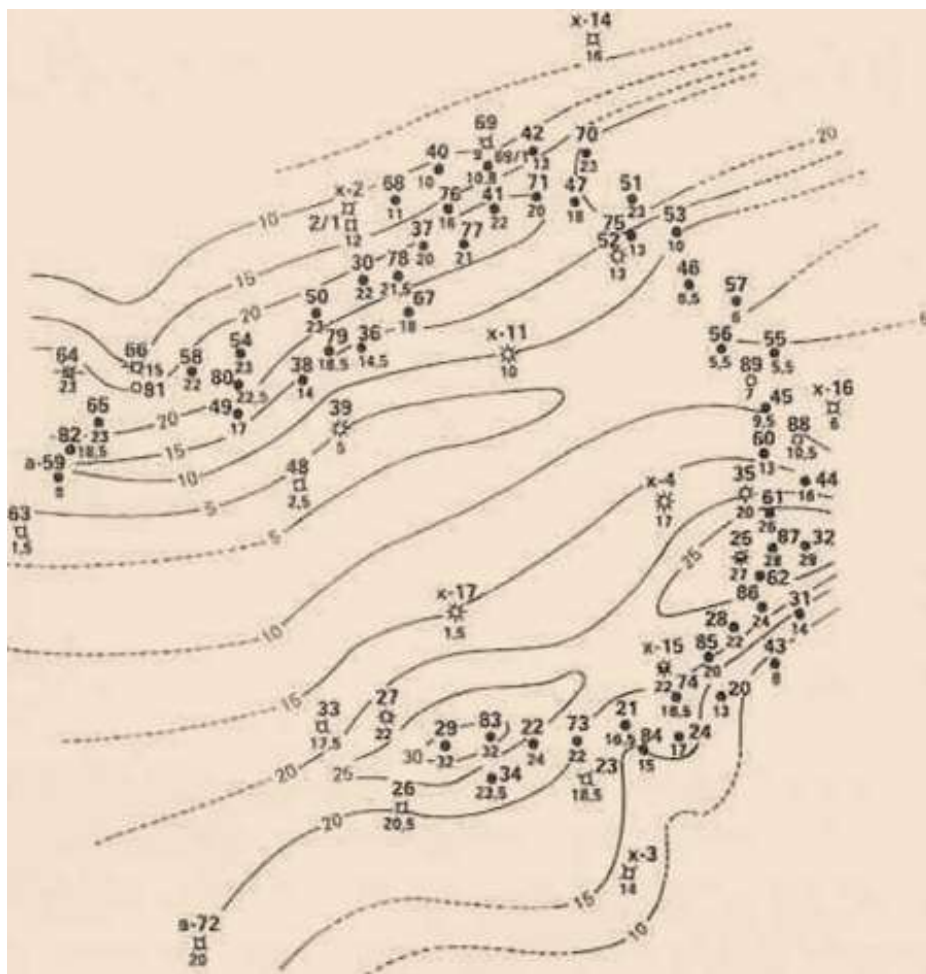


Figura 16: Mapa de espesores permeables para el caso de la figura anterior

Mapas geofísicos

El progreso de la tecnología y los requerimientos de la Ciencia y la Industria han impulsado el desarrollo de este tipo de mapas, que representan atributos no directamente observables, sino medibles por medio de instrumentos. Son mapas que representan las propiedades físicas de los materiales geológicos que componen el terreno (mapas gravimétricos, magnetométricos, geoeléctricos y sísmicos entre los más importantes). Estas propiedades físicas y sus variaciones espaciales pueden ser interpretadas como materiales geológicos con una composición determinada y sus

variaciones el resultado de las formas de los cuerpos y sus estructuras. De hecho la determinación de geometría de las franjas de corteza oceánica y su edad relativa se ha determinado midiendo, desde la superficie oceánica, la intensidad del campo magnético terrestre y, mediante una serie de complejas operaciones, calcular la dirección de magnetización remanente de las rocas que componen cada una de ellas, reflejo de la polaridad del campo magnético terrestre en el momento de solidificarse.

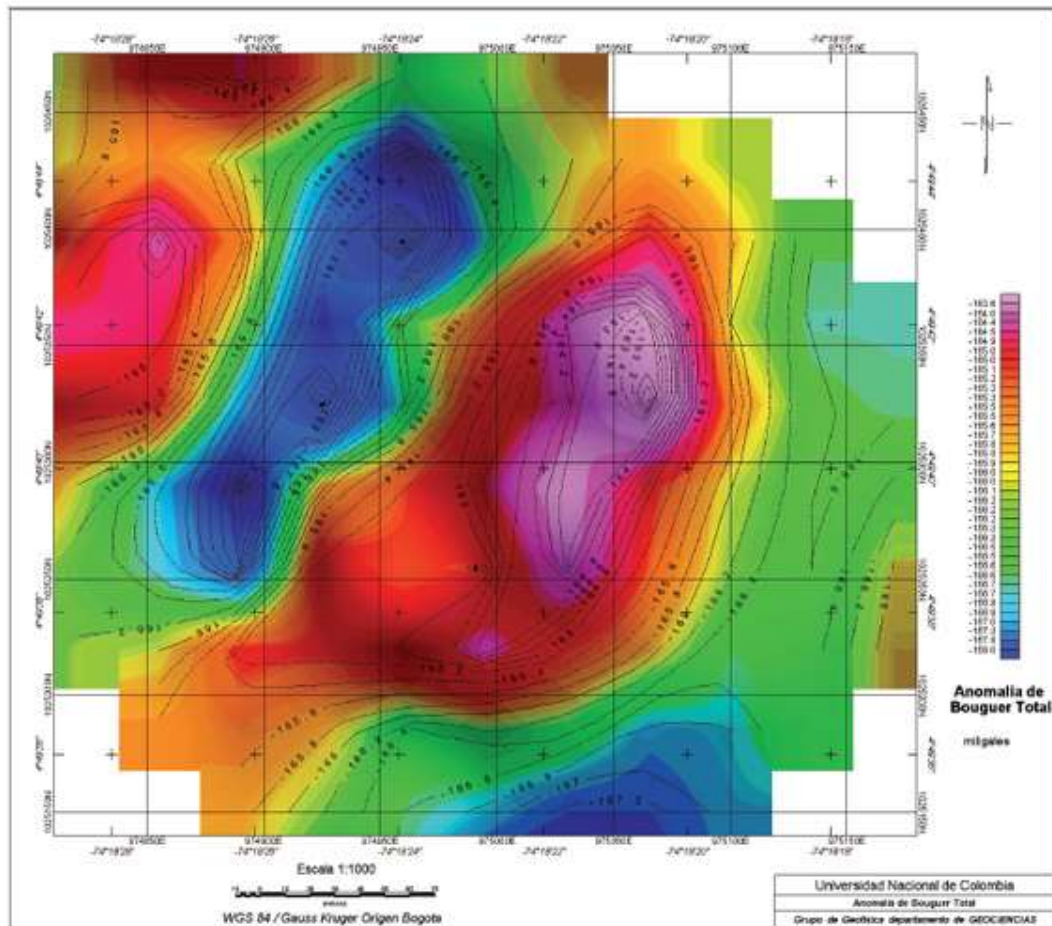


Figura 17 : Mapa de anomalías de Bouguer preparado a partir de mediciones de gravedad (tomada de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-02832013000100008&script=sci_arttext)

Las técnicas de "tomografía" aplicadas a la información sísmica, han producido una verdadera revolución en el campo de la interpretación y obtención de información geológica del subsuelo. Es posible ahora conocer con aceptable certeza numerosas características de un punto cualquiera de un determinado ámbito geológico en estudio con "sólo apretar un botón". Estos sistemas integran todas las fuentes de datos geológicos y geofísicos en un único banco, procesan toda la información y pueden desplegarla en forma de mapas de superficies planas o irregulares, cortes horizontales o verticales localizados donde el operador lo solicite y para las condiciones de entorno que el operador requiera.

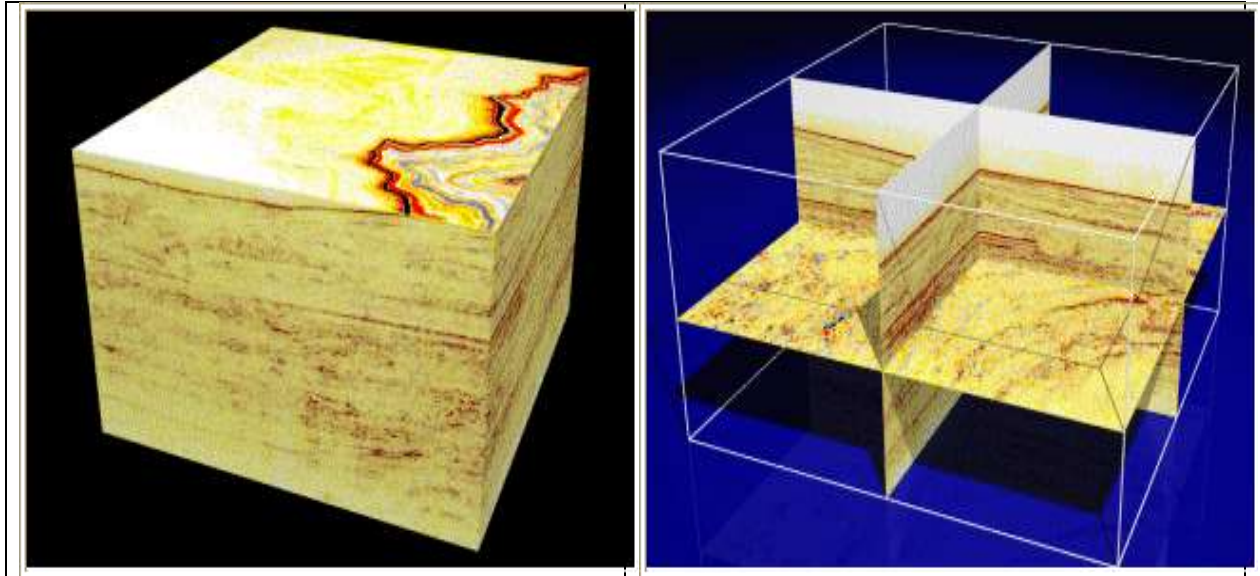


Figura 18: Un típico “cubo” de información sísmica puede ser cortado al nivel y en la dirección que el operador desee e interpretado en función del interés hidrocarburífero o para estudios geológicos estructurales y sedimentológicos (tomado de <http://inter-geo.org/Study/Seismic/Graf-5/display2.php?lang=es>)

Importancia de la selección de la escala de trabajo de acuerdo a los objetivos del mapa y al detalle de la información disponible.

Es importante tener en cuenta que la escala de trabajo debe buscar un equilibrio entre la calidad y cantidad de información que se debe incluir de acuerdo con los objetivos del mapa y el tamaño en el que debe o puede publicarse.

La escala de un mapa geológico no es sólo una mera cuestión de ampliar o reducir un diseño rígido sino que la variación en la escala hace aparecer o desaparecer numerosa información.

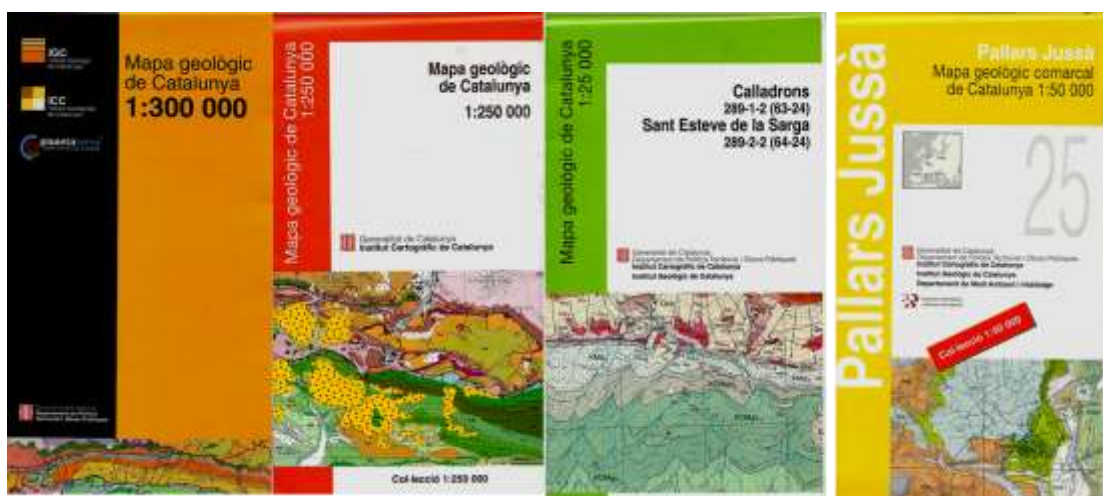


Figura 19: Es habitual que los servicios geológicos presenten la información geológica en diferentes niveles de detalle, asociados a las escalas de trabajo seleccionadas.



Figura 20: En estos dos mapas de la provincia de San Juan puede apreciarse la diferencia en la cantidad de información geológica que puede ser representada en cada uno de ellos, de acuerdo al tamaño del documento físico y las dimensiones del territorio representado.

Distintas necesidades, distintos mapas

Puede intentarse una agrupación de los mapas de uso común según las especialidades a las que corresponden. Se tienen así mapas estructurales, mineros, geomorfológicos, paleogeográficos, etc. En el cuadro I se reseñan los distintos tipos de mapas, las escalas más habituales, las fuentes de datos y su uso más indicado.

Cuando el objetivo del mapa es identificar la presencia de valores anormales de un determinado parámetro (tal como en relevamientos geofísicos) es a veces más conveniente representar en lugar del valor absoluto medido la magnitud de la anomalía, entendiéndose por tal al valor resultante de deducir del valor efectivamente medido el valor correspondiente al campo regional. Se logra así una más rápida

identificación de los puntos de interés en función de la localización de las anomalías positivas y negativas y una mejor estimación de su superficie y/o volumen.

Escala	Mapas generales	Mapas específicos	Mapas aplicados
>1:10.000 (detalle) hasta 1:1.000.000 (sintéticos)	Mapas Geológicos	<i>Litológicos</i> <i>Geotectónicos</i> <i>Tectónicos</i> <i>Estructurales</i> <i>Cronológicos</i> <i>Morfológicos</i> <i>Peligrosidad y riesgo</i>	Mineros Geotérmicos Geoquímicos Metalogénicos Hidrogeológicos Ambientales Usos del suelo
<1:1.000.000 (Muy sintéticos)	Mapas Geológicos	<i>Suelos</i> <i>Sismicidad</i> <i>Paleogeográficos</i> <i>Cuencas Sedimentarias</i>	Hidrotermales De metales, minerales o rocas

Cuadro 2: tipos de mapas geológicos (Modificado de Martínez-Álvarez, 1979).

El proceso de confección de un mapa geológico tradicional

De acuerdo con lo publicado por el SEGEMAR en su sitio web (<http://www.segemar.gov.ar/geologia/geologiaaplicada.htm>), en una carta geológica se representan, sobre una base planimétrica-altimétrica (mapa topográfico), los diferentes tipos de **rocas** que afloran en una región determinada. Las rocas se agrupan en **unidades geológicas** y se estudian las **relaciones espaciales y temporales** que guardan entre ellas, así como las modificaciones que han sufrido en los diferentes tiempos o eras geológicas.

Para la realización de una carta geológica, se recopilan y evalúan los **antecedentes o trabajos geológicos previos**. Sobre la base de esta evaluación y de la **interpretación de imágenes satelitales**, se elabora un **mapa geológico preliminar** y se establece un **plan de trabajo de campo**.

El trabajo de campo involucra la **identificación de las unidades geológicas en el terreno**, la **toma de muestras y datos** de cada una de ellas, el **reconocimiento y examen de las fracturas o fallas** que las afectan y las **geoformas** que adquieren, así como cualquier otro dato que se considere relevante.

Los datos obtenidos en el campo se **procesan posteriormente en gabinete**. Estos estudios incluyen el **análisis de las rocas al microscopio**, la **clasificación de los fósiles** para determinar la edad de las rocas que los contienen y **análisis químicos** para determinar la composición de cada tipo de roca.

Asimismo, se realizan **dataciones radiométricas** para determinar la edad absoluta de las rocas de acuerdo al contenido de los minerales radiactivos (isótopos).

El **mapa geológico definitivo** se acompaña de un texto o **memoria**

explicativa.

Toda la información obtenida en el trabajo de campo y gabinete, se almacena en una **base de datos** que incluye toda la bibliografía consultada e incorpora los sitios de interés geológico, por su importancia geocientífica y aplicación en circuitos turísticos. Asimismo, ésta incluye los yacimientos y manifestaciones minerales reconocidos en la región.

Información que debe proporcionar el mapa geológico

En la actualidad, el mapa geológico normalizado debe incluir:

- Mapa mostrando la información geológica seleccionada (Ubicación, edad, litología, estructura, etc.)
- Columna estratigráfica
- Perfiles
- Esquemas complementarios (cortes adicionales, bloques diagrama, etc.)
- Referencias (Rastras y símbolos)
- Escala (gráfica y numérica)
- Coordenadas y mapa de ubicación regional
- Dirección del Norte (geográfico y magnético)
- Fecha de realización y autor/es

y la memoria explicativa que lo acompaña debe ocuparse de describir y explicar:

- Presentación y Objetivos del mapa
- Metodología de realización
- Antecedentes
- Explicación del mapa
- *Litología*
- *Estructura*
- *Geomorfología*
- *Historia Geológica*
- *Paleontología*
- *Aspectos temáticos específicos*
- *Recursos económicos (minerales,, hidrocarburos, etc.)*
- *Hidrogeología*
- *Riesgos*
- Bibliografía

Usos de las cartas geológicas

Una lista de riesgos tomada de “The Civil Protection Handbook for Families” producida por la Presidencia del Consejo de Ministros del Gobierno de Italia pone de manifiesto muchos de los usos directos e indirectos de la información geológica.

1. *Terremotos*
2. *Erupciones volcánicas*
3. *Deslizamientos de tierra y rocas*
4. *Inundaciones*
5. *Maremotos y Tsunamis*

6. *Estado de las carreteras*
7. *Nieve y avalanchas*
8. *Escasez de agua*
9. *Golpe de calor*
10. *Incendios forestales*
11. *Incendios domésticos*
12. *Apagones*
13. *Riesgos industriales*
14. *Pandemias*
15. *Ataques terroristas*

Principales fuentes de material cartográfico

A nivel nacional las principales fuentes de material cartográfico de base (generalmente hojas topográficas) son el Instituto Geográfico Militar y el Servicio Geológico Nacional. En el Servicio de Hidrografía Naval, o en la Comisión de Investigaciones Espaciales (CNIE) o en el Instituto de Tecnología Agraria (INTA) pueden también a veces encontrarse mapas de temas específicos. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Yacimientos Carboníferos Fiscales, Agua y Energía Eléctrica, Gas del Estado o Vialidad Nacional son (o fueron) otras empresas que con importantes secciones de cartografía.

La carta geológica: meta y punto de partida

Un mapa geológico constituye la síntesis gráfica del conocimiento que se tiene de un determinado espacio de la parte más externa de la Tierra.

Es meta en cuanto su confección supone la culminación de los esfuerzos de geólogos de campo, fotointérpretes, paleontólogos, petrólogos, sedimentólogos, estructuralistas, etc. para reconocer e interpretar los diferentes rasgos geológicos presentes, consignando su distribución espacial y relaciones temporales.

Es también punto de partida en cuanto constituye el documento sobre el que deben realizarse todas las acciones vinculadas al desenvolvimiento y progreso social como es el uso de los recursos (minerales, hidrocarburos, agua, suelo), la planificación del uso de suelo con diferentes fines, la exposición a riesgos naturales, etc.

APENDICE 1

Interés geopolítico de la carta geológica y normativa legal de su confección. La labor del SEGEMAR y organismos que lo precedieron.

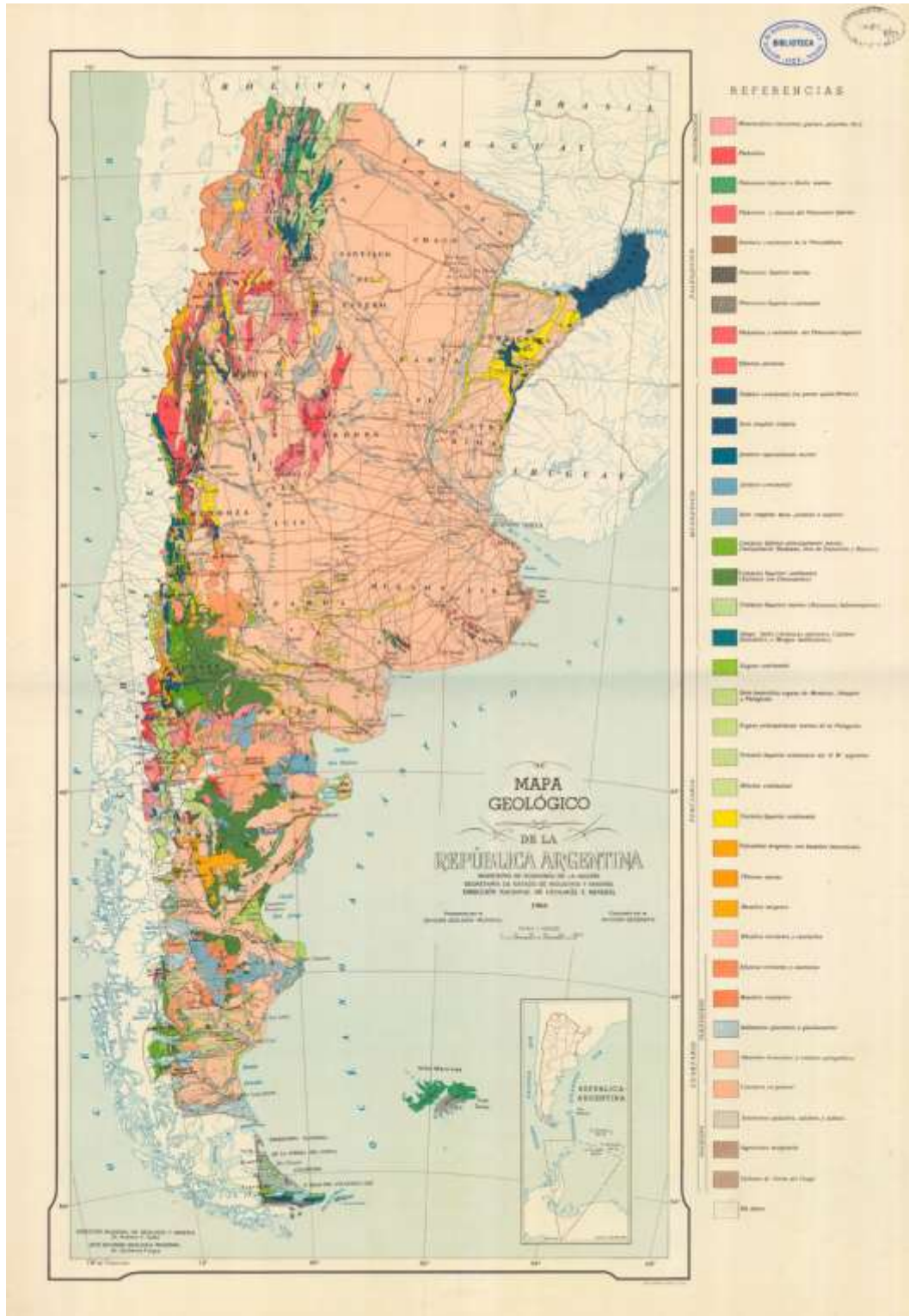


Figura a : Mapa geológico de la República Argentina producido en el año 1964 por la entonces denominada Dirección Nacional de Geología y Minería.

El “cómo” hacer depende fundamentalmente del “porqué” y del “para qué” hacer, es por ello que resulta de interés conocer los fundamentos sobre la que se apoya la realización de los mapas geológicos cuando su objetivo excede el interés científico o profesional de un particular o empresa y se vincula al interés social. En nuestro país la ley N°24.224 de Reordenamiento Minero reglamenta la realización de las Cartas Geológicas de la República Argentina, la Institucionalización del Consejo Federal de Minería, al Canon Minero y presenta, además, disposiciones complementarias. Fue sancionada en Junio de 1993 y promulgada al mes siguiente.

En su Capítulo 1, Artículo 1 se dispone la ejecución del carteo geológico regular y sistemático del territorio continental, insular, plataforma submarina y territorio antártico de la República Argentina en diferentes escalas.

El Artículo 2 dice que las cartas geológicas constituirán el fundamento necesario para realizar el inventario de los recursos naturales no renovables, estimular las inversiones y asentamientos poblacionales en las áreas de frontera e identificar zonas de riesgo geológico, aportando al mismo tiempo a la preservación del medio ambiente, la prevención de los riesgos geológicos y la defensa nacional.

El Artículo 3 establece que las cartas geológicas constituirán un bien de uso público, por lo que se efectuará su publicación de manera de difundir los datos y los conocimientos adquiridos. De acuerdo con el Artículo 4 las cartas geológicas de la República Argentina incluyen: a) La carta geológica general de la República Argentina, a ser elaborada y publicada en escalas convenientes, acompañada de texto explicativo. b) Las *cartas provinciales o regionales*, en escalas adecuadas a las demandas que cubran las necesidades de proyectos técnicos, científicos y económicos. c) *Cartas de riesgos geológicos* que serán elaboradas y publicadas en escalas adecuadas, para identificar las áreas en las que los procesos endógenos, exógenos y antrópicos puedan producir catástrofes tales como erupciones volcánicas, terremotos, inundación, deslizamientos, desertificación y contaminación ambiental. d) Las denominadas cartas temáticas, serán elaboradas en escalas adecuadas y publicadas para cubrir las necesidades de proyectos específicos relacionados con distintos aspectos de la geología, tales como minería, geología urbana y ambiental, hidrogeología y edafología.

Con respecto a la autoridad de aplicación, el Artículo 5 deja claro que la misma será la Secretaría de Minería de la Nación o, en caso de cambios en la estructura de organización del Estado, el organismo equivalente que la sustituya. El Artículo 6, por su parte, instruye a la autoridad de aplicación para que cumpla con un programa nacional de cartas geológicas y establece que dicha realización puede estar a cargo de organismos del sector público o privado mediante convenios o contratos. Las tareas asignadas a la Secretaría de Minería de la Nación son cumplidas por el SEGEMAR (Servicio Geológico y Minero de la República Argentina)

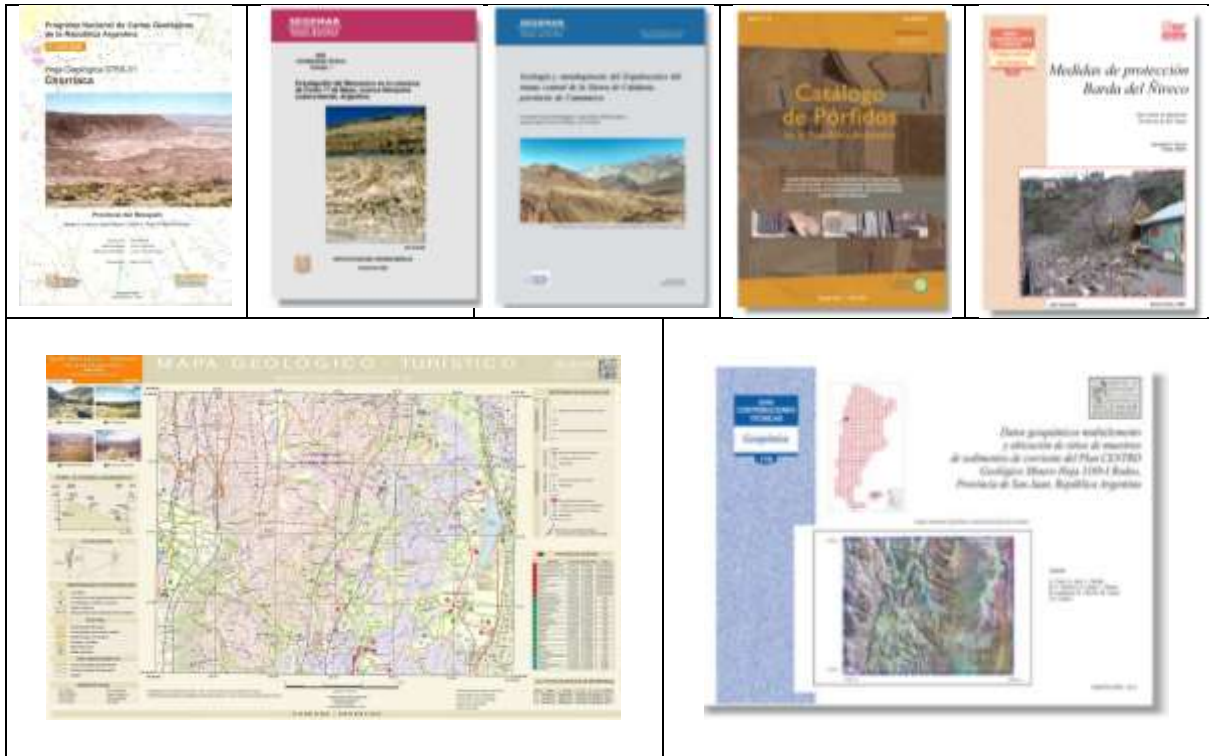


Figura b: Algunos productos producidos como resultado de la aplicación de la ley. El catálogo completo puede descargarse en <http://www.segemar.gov.ar/pdf/Institucional/catalogo2014.pdf>

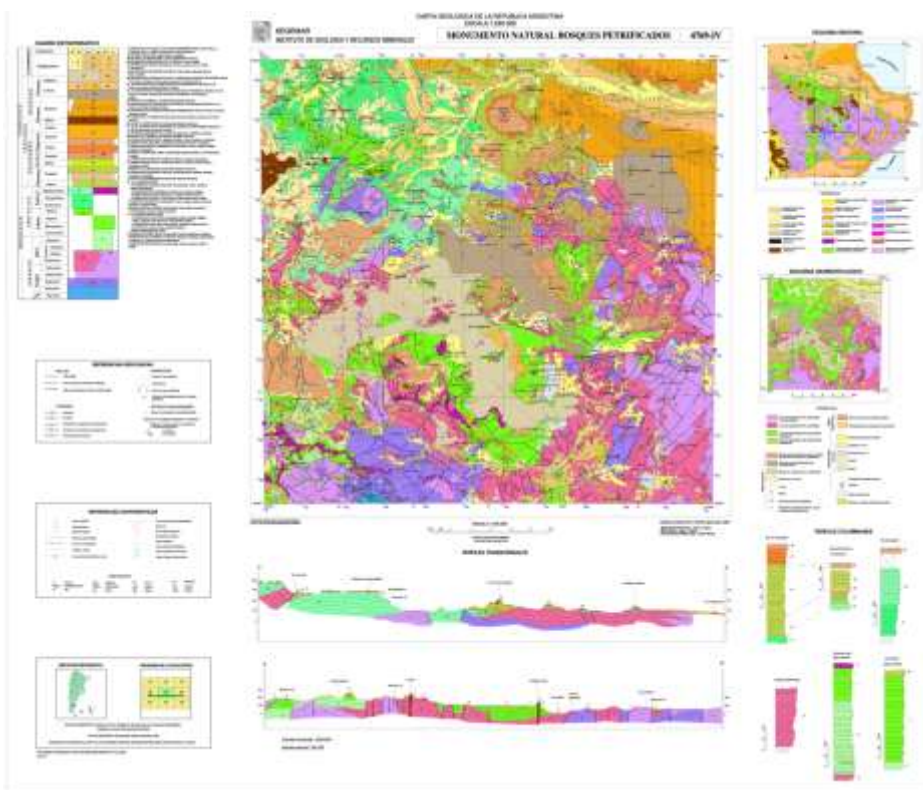


Figura c: Aspecto de una hoja geológica normalizada



Figura d: Distribución e identificación de las Hojas Geológicas en escala 1:250.000 de la República Argentina.



Figura e: Estado de avance de la ejecución de las Hojas Geológicas en escala 1:250.000 de la República Argentina a diciembre del 2012.

APÉNDICE 3

IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS INFORMÁTICAS EN LA CONFECCIÓN DE LOS MAPAS GEOLÓGICOS.

El impactante desarrollo de las tecnologías de captación, organización, conservación, interpretación y representación de información en los estudios geológicos, asociadas a las nuevas tecnologías de impresión y reproducción tridimensional de información digital ha cambiado notablemente la calidad, cantidad y disponibilidad de la información geológica, dando origen a una especialidad, la *Geomática*.

Entre los principales elementos que han contribuido a este cambio merecen señalarse:

- *Digitalización de Fotografías aéreas e ilustraciones*
- *Imágenes satelitales*
- *Imágenes hiperespectrales*
- *Sistemas de posicionamiento global (GPS/SPG)*
- *Sistemas de información geográfica (GIS/SIG)*
- *Programas de dibujo asistido por computadora (CAD)*
- *Programas de diseño e impresión de muy alta resolución*
- *Capacidad de creación de modelos en tres dimensiones*

La figura reproduce el diagrama de circulación de la información geológica para llegar al destino final que es el mapa impreso tanto en sus versiones materiales como digitales.

