

C A P I T U L O 4



CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LOS ACUIFEROS

4.1. LOS PROCESOS GEOLOGICOS

Los procesos geológicos formaron y forman las rocas y los acuíferos, pero procesos geológicos posteriores lograron y pueden transformar esas rocas y aún destruir tales acuíferos.

Rocas nuevas se formaron y se extendieron sobre rocas antiguas en una serie de estratos. Mientras las rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias se van formando, procesos geológicos continuos están alterando esas mismas rocas en varias formas que mejoran o dañan sus propiedades hidrogeológicas.

En escala geológica de tiempo esos procesos están ocurriendo: montañas se elevan o bajan; valles se están rellenando o profundizando; las costas avanzan y retroceden y los acuíferos se están formando o destruyendo.

4.1.1. El ciclo de las rocas

En el gráfico de Figura 4.1. se aclaran los procesos continuos de la corteza terrestre en el denominado "ciclo de las rocas".

Las rocas ígneas son las que se formaron a partir de magmas que ascendieron desde las profundidades o de la consolidación de magmas producidos dentro de la corteza terrestre por la fusión de rocas preexistentes.

Las rocas sedimentarias provienen de la consolidación de material derivado por procesos secundarios de rocas de todo tipo o de la acumulación de material orgánico o precipitado por reacciones químicas. Algunas de estas rocas se mantienen con el mismo carácter, otras han sufrido procesos de metamorfismos.

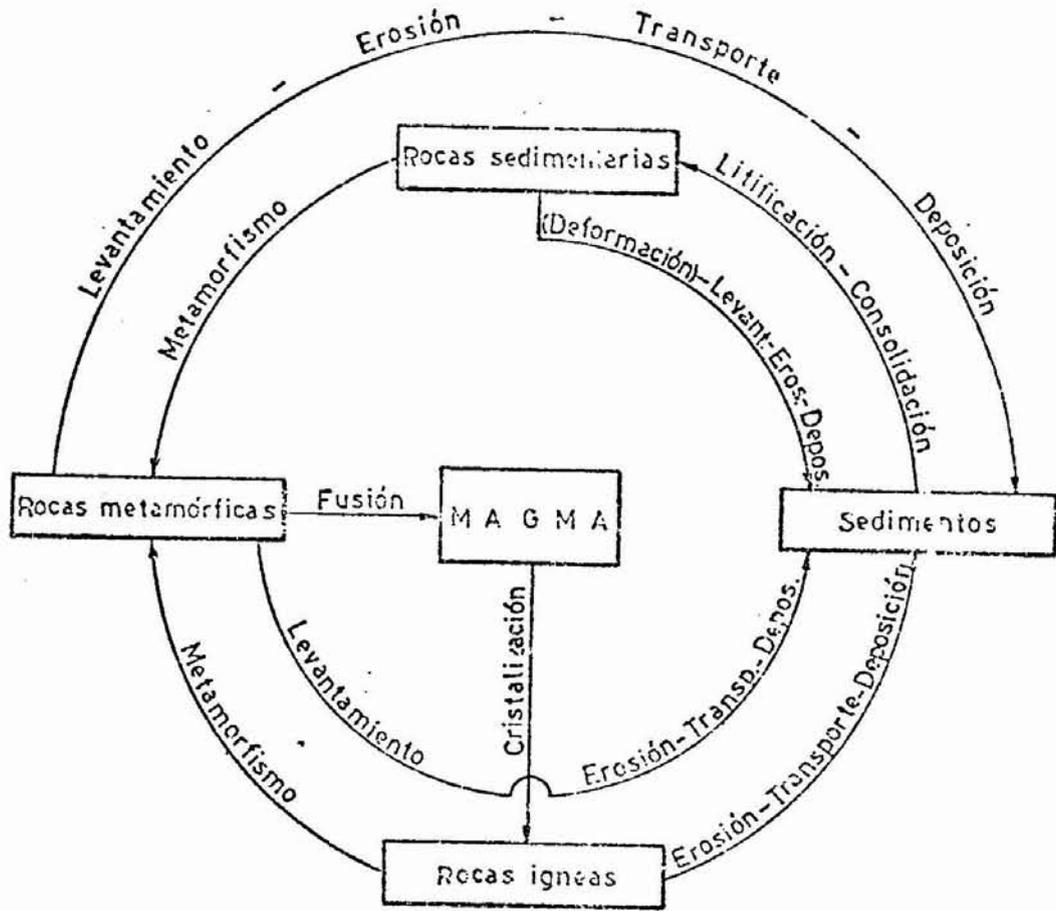


Figura 4.1. El ciclo de las rocas

Las rocas metamórficas son el producto de la transformación de rocas preexistentes de cualquier tipo, que les dan un carácter sólido. Pero el proceso interno puede ser demasiado intenso y llegar a la fusión de la roca con lo que se forman nuevos magmas.

Las nuevas rocas que se forman a partir de ese magma se consideran otra vez rocas ígneas. Se ha cerrado así el ciclo de las rocas: ígneas-sedimentarias-metamórficas-ígneas.

4.1.2. Estratigrafía

La geología Histórica tiene por objeto establecer la sucesión de los acontecimientos geológicos ocurridos a partir de la formación de los núcleos continentales y el papel que han desempeñado en la elaboración de la morfología y estructura que la tierra exhibe actualmente.

TABLA 4.1
 CUADRO CRONOLOGICO Y ESTRATIGRAFICO
 (De Kulp, J. en Johnson, E. 1966)

Era	Período	Epoca	Duración esti- timada en años	Tiempo esti- mado desde el comienzo
			En millones	de años
CENOZOICO	Cuaternario	Reciente Preistoceno	... 1	0,010 a 0,025 1
	Terciario	Plioceno	12	13
		Mioceno	12	25
		Oligoceno	11	36
		Eoceno	22	58
Paleoceno		5	63	
MEZOICO	Cretáceo	Superior Inferior	62	135
	Jurásico	Superior Inferior	46	181
	Triásico	Superior Inferior	49	230
PALEOZOICO	Pérmico	Superior Inferior	50	280
	Carbonífero	Superior Inferior	65	345
	Devónico	Superior Medio Inferior	60	405
	Silúrico	Superior Medio Inferior	20	425
	Ordovícico	Superior Medio Inferior	75	500
	Cámbrico	Superior Medio Inferior	100	600
	Precámbrico	Subdivisiones locales infor- males	más de 3.000	

La correlación estratigráfica tiene por objeto establecer las relaciones temporales de estratos o series que afloran en distintos lugares, los que se identifican principalmente por métodos paleontológicos.

El esquema estratigráfico general es el orden en que se formaron las rocas, elaborado por la geología histórica sobre la base de la correlación estratigráfica.

Este esquema dispone en una columna cronológica creciente de antigüedad desde las más recientes hasta las más modernas. Naturalmente esta columna estratigráfica es una abstracción pues está formada por rocas que no se hallan superpuestas en un solo lugar.

Para cada lugar o región se elabora su columna estratigráfica particular.

4.2. LAS FORMACIONES GEOLOGICAS COMO ACUIFEROS

4.2.1. Rocas no consolidadas

La mayor parte de los acuíferos desarrollados están localizados en rocas no consolidadas, principalmente arena y grava. De acuerdo a su ocurrencia estos acuíferos pueden clasificarse en cursos subálveos, ríos muertos o valles enterrados, planicies y valles intermontanos y conos de deyección. En su mayor parte estos depósitos pertenecen al período Cuaternario Reciente u Holoceno.

4.2.1.1. Cursos subálveos

Consisten en el depósito aluvial que forma y soporta los cursos superficiales así como sus riberas. Los cursos subálveos pueden presentarse como acuíferos libres o con artesianismos (Figura 4.2.).

Aún en períodos de estiaje o sequía superficial el subalveo puede conducir caudales apreciables.

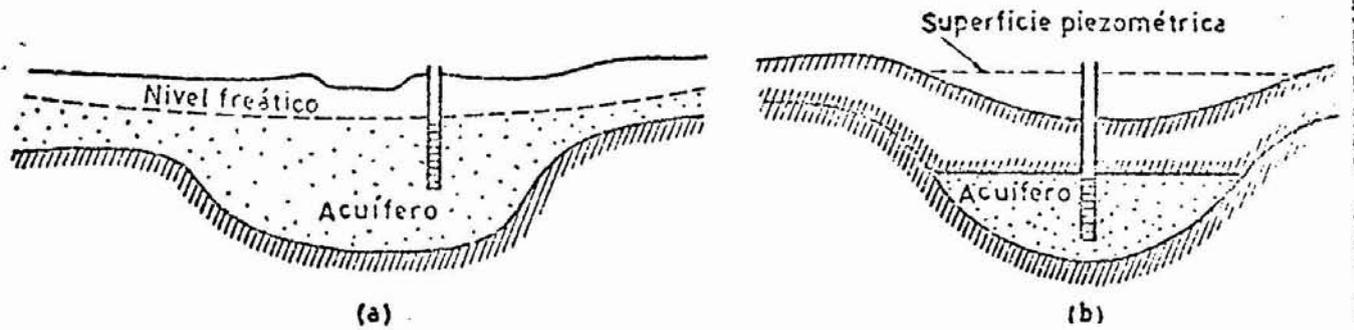


Figura 4.2. Cursos subálveos: a) libres; b) artesiano

4.2.1.2. Ríos muertos o valles enterrados

Son los valles que no están más ocupados por los ríos que los formaron. Su recarga y capacidad de rendimiento son generalmente reducidas.

4.2.1.3. Conos de deyección

Los depósitos no consolidados acumulados en los flancos de las montañas suelen contener reservas hídricas importantes. Sus características se dan en la Figura 4.3.

4.2.1.4. Planicies

Existen numerosas planicies con sedimentos infrayacentes consolidados, con lechos arenosos que forman importantes acuíferos; en otros casos no hay acuíferos productivos. Ello depende de la vinculación cercana a zonas de recarga que percolen agua a estratos permeables y a las precipitaciones del área (Figura 3.8.).

4.2.1.5. Valles intermontanos

A consecuencia de movimientos orogénicos se han elevado bloques limitados por grandes fracturas; cada cordón da nacimiento a depósitos de deyección y

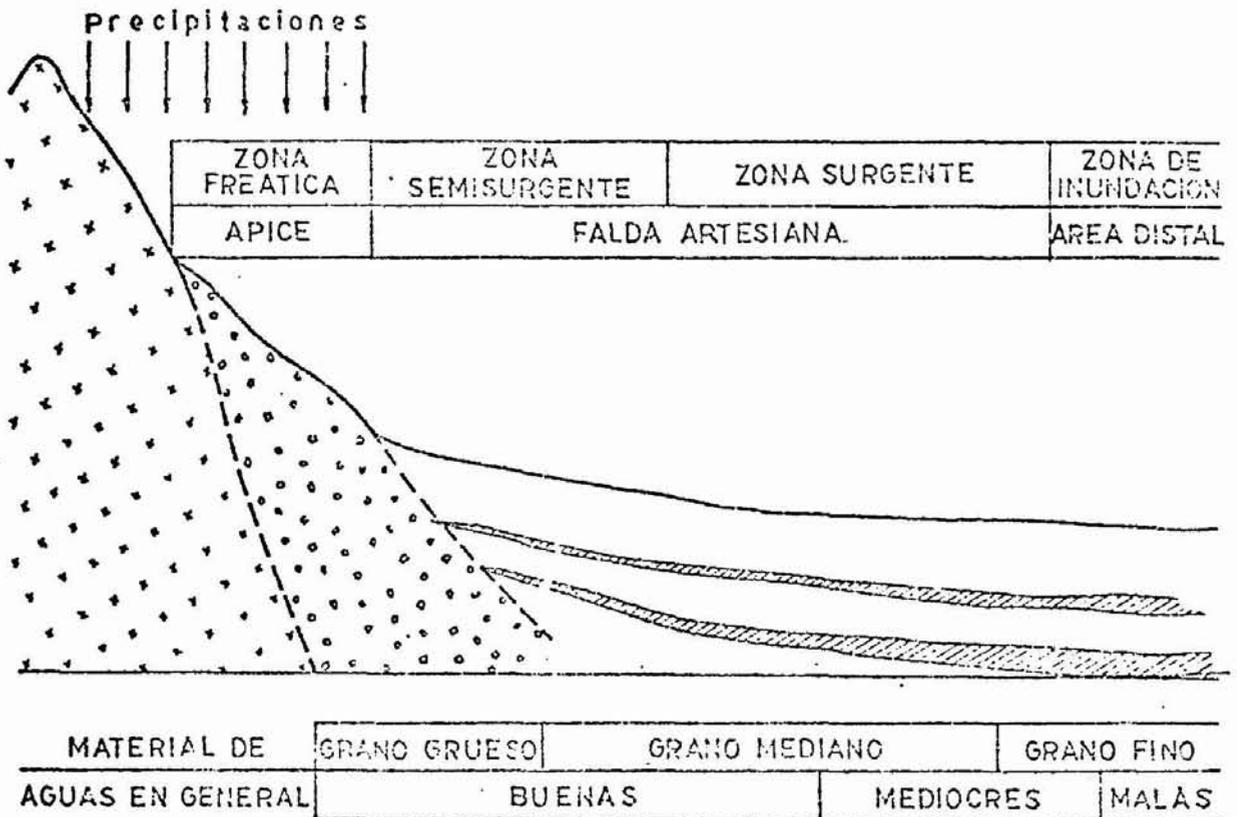


Figura 4.3. Cono de deyección: Tucumán y Santiago del Estero, Argentina, (Factor, 1964).

éstos pueden tomar contacto con el área distal del cono opuesto formando una llanura intermontana deprimida en el centro, a menudo de carácter artesiano, aunque no siempre surgente. El extraordinario volumen de sedimentos se traduce en una gran capacidad receptiva de agua subterránea, constituyéndose en cuencas hidrogeológicas, más o menos independientes de importancia. En la cuenca noroeste de Argentina estas formaciones son frecuentes y se llaman "bolsones". (Figura 4.4.)

4.3. ROCAS CONSOLIDADAS

En mayor o menor grado, las rocas consolidadas también son portadoras de agua subterránea.

Independientemente de su edad, las rocas consolidadas pueden clasificarse geológicamente en tres grupos: rocas ígneas, rocas sedimentarias y metamórficas.

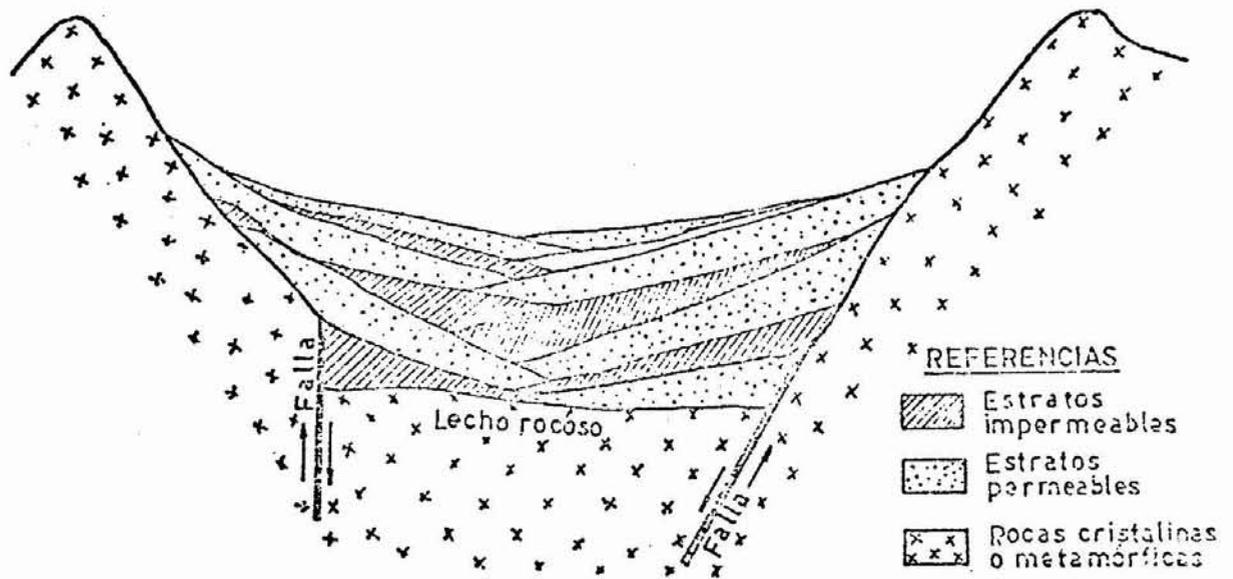


Figura 4.4. Valle intermontano

4.3.1. Rocas ígneas

Su clasificación petrográfica y textura se dá en la Tabla 4.2. El agua se encuentra en las grietas y diaclasas o en la zona superior descompuesta. Generalmente solo pequeños caudales de agua se obtienen de pozos en tales rocas.

El basalto (roca efusiva) suele ser buena fuente de agua porque, al igual que las lavas, se extienden en grandes mantos y puede tener la porosidad de una esponja. En la Patagonia, Argentina, Suroeste de Brasil y Norte de Uruguay, las principales fuentes de agua subterránea y alimentación de arroyos provienen de basaltos.

En granito y pórfidos, la circulación también es por grietas, de tipo regmático, pero de escaso caudal.

4.3.2. Rocas sedimentarias

TABLA 4.2. CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS

COMPONENTES OTROS CARACTERES		SiO ₂ (%)		Acidas	Mesosilíceas	Basicas	Ultrabásicas	
				80-60%SiO ₂	70-50% SiO ₂	50-45%SiO ₂	45-36%SiO ₂	
		Componentes característicos	Cuarzo	Abundante cuarzo	Poco o ningún cuarzo		Sin cuarzo	
Feldespatos	Ortosa (Plagioclasas)		Plagioclasas (Ortosa) (Olivina)		Plagiocla- sas			
Ferromagnesi- cos	Micas Anfiboles Piroxenos		Biotita Anfiboles Piroxenos		Anfiboles Piroxenos	Piroxenos		
ORIGEN - CONSOLIDACION	PLUTONICAS CONSOLIDACION PROFUNDA	TEXTURA	Granosa holocristalina	GRANITOS	SIENITAS	DIORITAS	GABBROS	PERIDOTI- TAS
	FILONIANAS CONSOLIDACION EN FILONES		Porfídica granular	PORFIROS GRANITICOS	PORFIROS SIENITICOS	PORFIROS DIORITICOS	PORFIROS GABBRICOS	
	VOLCANICAS EFUSIVAS		Porfídica Afanítica	RILOTAS	TRAQUITAS	ANDESITAS	BASALTOS	LIMBURGI- TAS PICRITAS
	CONSOLIDACION EXTRATELURICA		Afanítica	FELSITAS				
			Vítrea	OBSIDIANAS,PIEDRA POMEZ			VIDRIOS BASALTICOS	

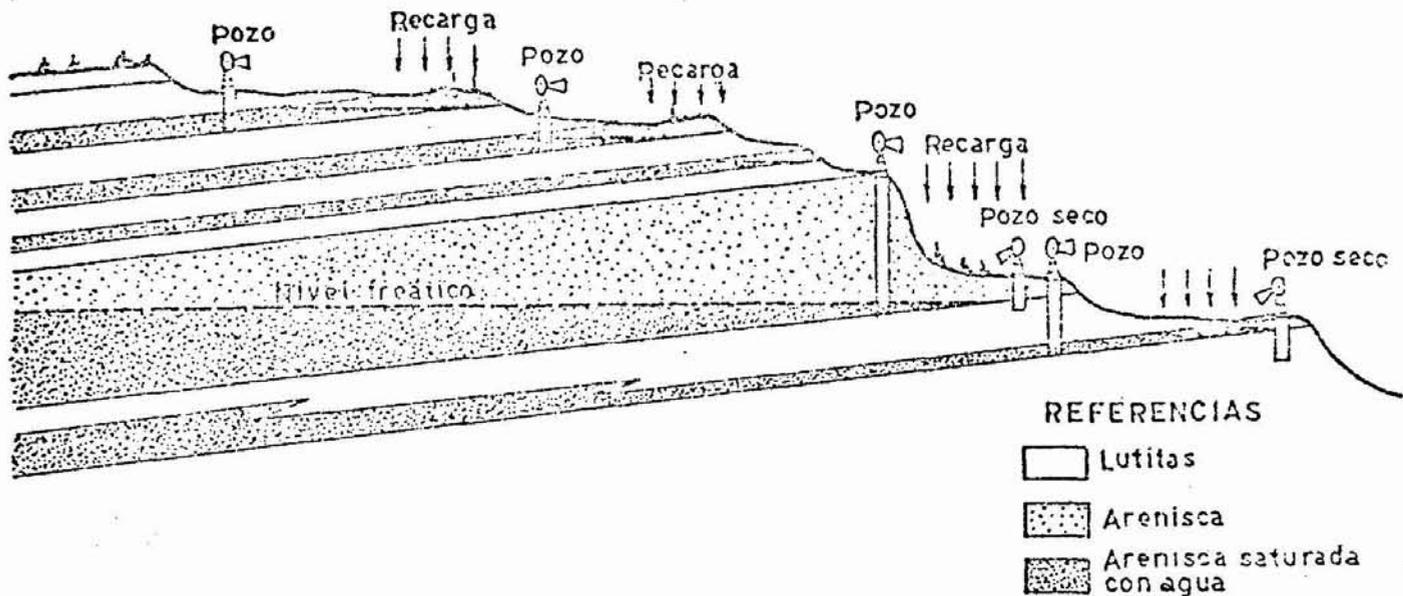


Figura 4.5. Formaciones acuíferas e impermeables en Huerfano County, Colorado, USA (según Mc Laughlin, 1966).

4.3.2.1. Sedimentos clásticos

Son de origen mecánico, productos finales de la erosión transportados y clasificados por el agua - hielo o viento. Los mejores acuíferos están dados por las areniscas, que son granos de arena cementados por carbonato de calcio u óxido de hierro (Tabla 4.3.).

4.3.2.2. Sedimentos no clásticos

Son de origen químico, por precipitación o e vaporación, (dolomitas, travertino, calizas) o de origen orgánico (calizas, margas). Las calizas es la más-abundante de las rocas no clásticas.

La gama de calizas (CO_3Ca) es muy grande y - así también sus posibilidades de rendimiento de agua. El carbonato de calcio de las calizas es soluble en - agua y forma grandes cavidades y cavernas por donde - circula el agua. Ese tipo de circulación se llama káre tico, es muy frecuente en Europa y los mejores caudales de América se los encuentra en Cuba.

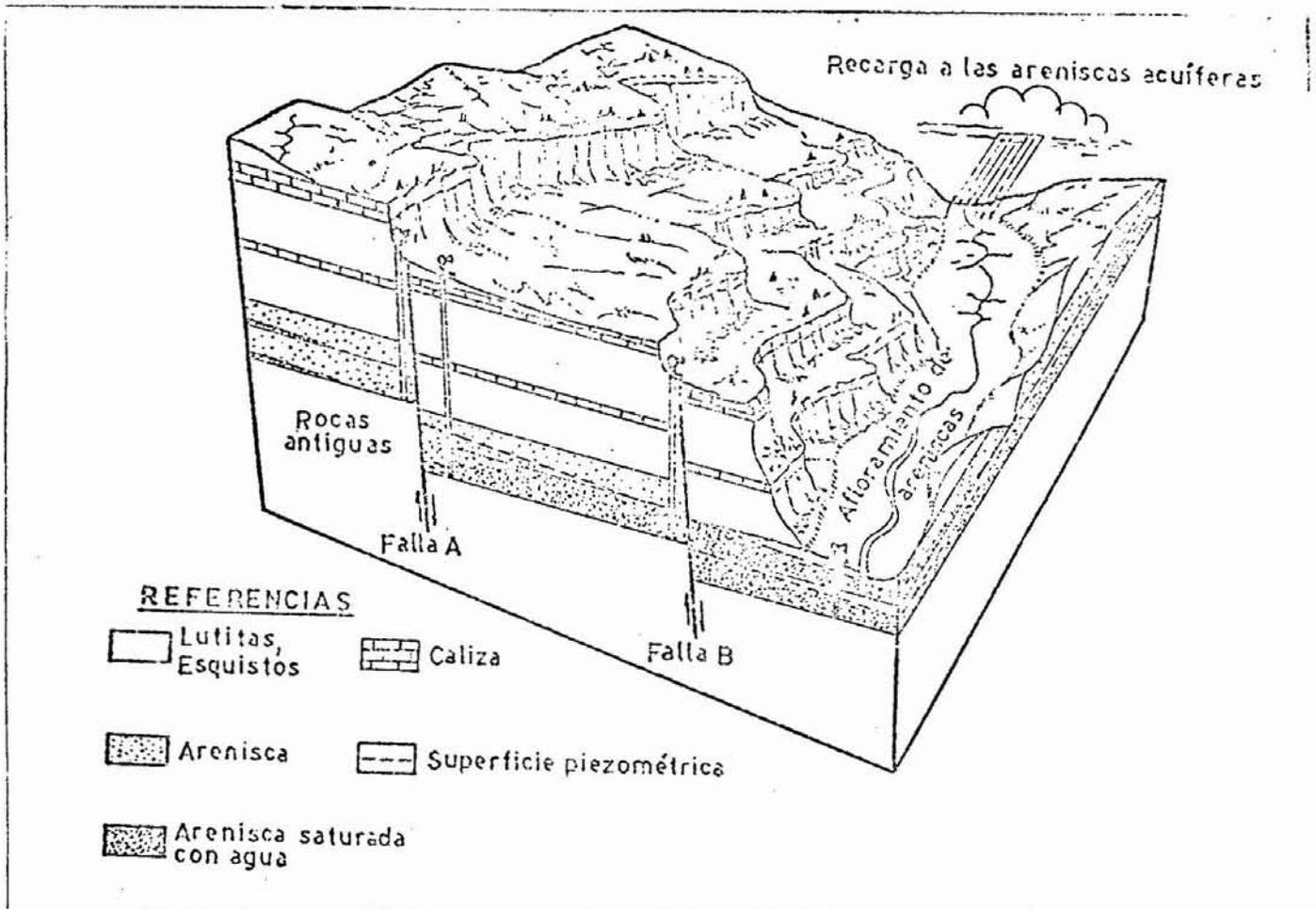


Figura 4.6. Relación de la estructura geológica con la ocurrencia del agua subterránea

La caliza es un buen acuífero cuando tiene grietas y cavidades. Generalmente es más frecuente en calizas de edad joven pues las calizas de edad precretácicas han sufrido procesos de compactación que disminuyeron grietas y fisuras. (Tabla 4.4.)

TABLA 4.3

ROCAS SEDIMENTARIAS CLASTICAS
CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Tamaño de los granos	Sedimento original	Litificación	Roca consolidada	Condiciones Hidro-geológicas
Más de 2 mm	Aglomerado de peñones (más de 300 mm) rodados (300-50 mm) grava 50-4 mm gravilla (4-2 mm)	Cementación con arcilla, caliza, sílice óxidos de hierro	Conglomerado, brecha	Impermeable en general; circulación por grietas
2-1/16 mm	Arena	Cementación por CO_3Ca u óxidos de hierro	Arenisca	Circulación por grietas y poros, puede ser muy importante
		Cementación por SiO_2	Cuarcita	Impermeable o circulación por grieta, poco importante
	Ortosa y Arena	Cementación SiO_2 , CO_3Ca	Arcosa	Circulación por grietas y poros
	Plagioclasa y Arena	Cementación SiO_2	Grauvaca	Circulación por grietas
1/16 a 1/256 mm	Limo	Compactación	Limolita	Impermeable
Menos de 1/256 mm	Arcilla	Compactación	Esquistos arcillosos (Lutita)	Impermeable

TABLA 4.4

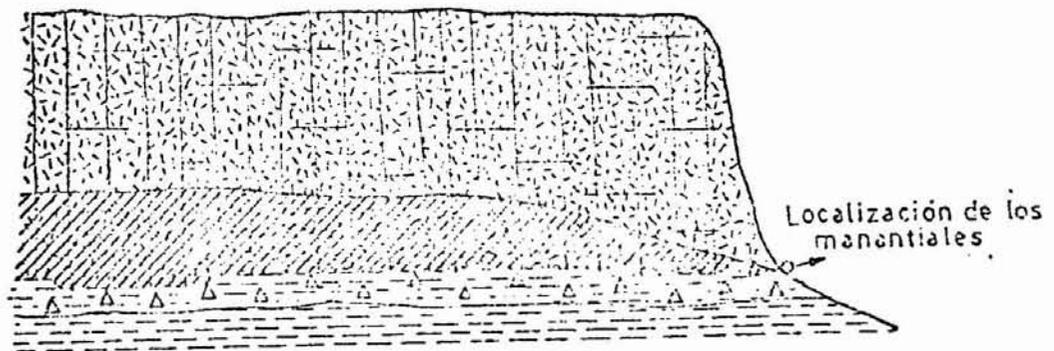
ROCAS SEDIMENTARIAS NO CLASTICAS

CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

Orígen	Composición	Roca Consolidada	Condiciones Hidrogeológicas
Orgánico (a veces químico)	CO ₃ Ca de conchas y plantas marinas o de agua dulce	Caliza	De mediana a muy buenas. Circulación <u>karstica</u> , por cavidades de disolución. Las condiciones disminuyen con la edad geológica
Orgánica (deposición)	CO ₃ Ca de conchas de agua dulce. Arcilla en proporción variable o nula	Marga (marl)	Permeable, porosa, cuando no contiene arcilla Baja permeabilidad cuando no contiene arcilla. No productora
Orgánico y Químico (deposición)	SiO ₂ con conchas calcáreas	Ftanita (chert)	Compacto y denso. Impermeable.
Químico (por reemplazo)	CO ₃ Mg + CO ₃ Ca Reemplazo del Ca por Mg en las calizas	Dolomita	Circulación por grietas. Poco productivo
Químico (termal)	CO ₃ Ca de soluciones termales	Travertino	Poroso, de grandes cavidades. Muy productivo a veces (toba calcárea)

4.3.3. Rocas metamórficas

Originalmente todas eran rocas ígneas o sedimentarias, las que fueron transformadas por un proceso de "metamorfismo" en el que intervienen conjunta o indistintamente temperatura, presión, reacciones químicas y tiempo. Generalmente son las rocas más pobres en producción de agua subterránea (Tabla 4.5.)



REFERENCIAS

 Roca cristalina agrietada	 Esquisto	 Zona saturada
---	--	---

Figura 4.7. Circulación de agua en grietas

4.4. LA INFORMACION GEOHIDROLOGICA

El estudio de la geología regional referida a las condiciones de permeabilidad de las formaciones estratigráficas y a su comportamiento para la infiltración, circulación y almacenamiento de agua es una de las etapas preliminares básicas de la investigación hidrogeológica regional.

Como se verá en el capítulo 14, la cartografía del agua subterránea debe incluir mapas geológicos y mapas geohidrológicos que definan la extensión y ubicación de los estratos de características geohidrológicas importantes.

Además de tales mapas, y referidos a ellos, es conveniente presentar un cuadro que reúna la información estratigráfica, litológica e hidrogeológica disponible. Pueden usarse distintos criterios, de los que se dan ejemplo en Tablas 4.6, 4.7 y 4.8.

TABLA 4.5

ROCAS METAMORFICAS

Condiciones Hidrogeológicas

ESTRUCTURA	ORIGEN	ROCA	Condiciones Hidrogeológicas
Foliada (los granos se arreglan en planos paralelos, separables mecánicamente)	Rocas sedimentarias arcillosas: Lutitas. Rocas magmáticas afaníticas: Basaltos	Pizarras	El agua puede circular por grietas y planos de foliación. (Circulación regmática). Producción pobre a muy pobre
	Cristalino (especialmente mica)	Esquistos	Superficie de foliación ondulada. Circulación regmática. Producción pobre a muy pobre
	Rocas magmáticas y granitos Sedimentarias (areniscas, con glomerados)	Gneises	Foliación imperfecta. Circulación pobre a muy pobre por grietas
Maciza	Sedimentaria	Cuarcita	Impermeable. Eventual circulación restringida por grietas
	Caliza y Sedimentaria	Mármoles	Impermeable. Eventual circulación restringida por grietas

TABLA 4.6.

DESCRIPCION GENERALIZADA DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS DE EDAD CUATERNARIA Y SUS
 CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS EN VILLMORE COVENTRY, NEBRASKA (U.S. GEOL. SURVEY)

Sistema	Series	Unidades Estratigraficas	Espesor (Pies)	Textura y Distribución Areal	Provisión de Agua	
Cuaternario	Reciente	Depósitos aluviales y coluviales no diferenciados	0 - 5 +	Arcilla, limo, arena y grava fina; generalmente húmica. Generalmente limitada a áreas de valles	Nivel freático alto generalmente	
	Pleistoceno	Wisconsin	Loos Peoria	0 - 30	Limo arcilloso gris-amarillento. Depósitos superficiales en los valles altos	Generalmente nivel freático alto. Cuando está saturado el acuífero rinde bajo caudal a los pozos
			(Continúa)			

TABLA 4.7

UNIDADES DE ROCAS Y SUS CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS EN COUNTRY, WISCONSIN

(U.S. GEOL. SURVEY)

Edad	Unidad Rocosa	Descripción	Espesor máximo (pies)	Características hidrogeológicas		
				Máximo rendimiento medido (gpm)	Capacidad específica promedio de pozos (gpm/ft)	Observaciones
	Aluvial	Arcilla, limo, grava, rodados, escogidos y estratificados	20?	700		Arena y grava rinden caudales moderados a los pozos. Arcilla y limo no rinden agua a los pozos
	Dep. de glaciares	'Outwash' Arena y grava, bien clasificadas y estratificadas	+ 154	+ 1.300	53	Rinde grandes caudales a los pozos
		(Continúa)				

TABLA 4.8

SECCION GENERALIZADA DE LAS FORMACIONES GEOLOGICAS Y SUS CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS.

PROYECTO MASPARRO - ACEQUIAS (CIDIAT-ULA, 1971)

Edad	Formación	Espesor (metros)	Carácteres litológicos	HIDROGEOLOGIA Circulación de agua	Capacidad específica Rendimientos específ.	
Cuaternario	Reciente	Aluviones	Variable	Formación no consolidada. Arcillas, gravas, arenas y suelos	Da lugar a la formación de acuíferos de grande a mediana importancia. Perforaciones rinden desde 10 hasta 100 lts/seg. hasta 70 metros de profundidad	Desde menos de 1 lt/seg/m hasta más de 20 lts/seg/metros hasta 70 m. de profundidad
	Fleistoceno	Terrazas	Variable	Bloques no consolidados, gravas, arcillas y arenas. Localmente, conglomerados con cemento ferruginoso	Generalmente impermeable. Localmente con poca permeabilidad	Menos de 1 lt/seg/m. hasta 3 lts/seg/metro entre 30 y 100 metros de profundidad
Terciario	Fleistoceno	Guanapa	5 a 250	Conglomerados, arenas y arcillas en estratos. Formas y terrazas de pié de monte	Tiene permeabilidad primaria. Constituye un área de recarga en acuíferos profundos	Menos de 1 lt/seg/metro hasta 3 lts/seg/metro hasta más de 100 metros de profundidad

(Continúa)

BIBLIOGRAFIA CITADA

Capítulo 4

CIDIAT-ULA (1971): Lineamientos de estrategia para manejo de aguas y control de erosión en subregión Motatán-Cenizo, Venezuela; CIDIAT-ULA-CORPOANDES, Mérida.

Factor, A. (1964): Aguas subterráneas de la Provincia de Santiago del Estero; Corporación del Rio Dulce, Argentina.

Johnson, E.E. (Editor) (1966): Ground-water and wells; Saint Paul, Minnesota.

Kroboth, A. (1967): Minerales y rocas en desarrollo de aguas subterráneas. Universidad Nacional de Venezuela, Caracas.

McLaughlin, T.G. (1966); Gound water in Huerfano County, Colorado, USGS Water Supply Paper 1805, Washington, D.C.