



UNIVERSIDAD DE SONORA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



MATERIA

HIDROGEOLOGIA

**OBTENCIÓN DE UNIDADES DE
ESCURRIMIENTO**

PRESENTA: M.C. JOSÉ ALFREDO OCHOA GRANILLO

COBERTURA UNIDADES DE ESCURRIMIENTO

Son áreas donde el escurrimiento tiende a ser homogéneo debido a las condiciones fisiográficas de la cuenca.

Se presenta a la cuenca como un sistema, ya que está conformada por un conjunto de elementos que se interrelacionan como son:

la vegetación, el suelo, la precipitación, la pendiente del terreno y la geología.

El análisis de estas condiciones permite deducir un coeficiente de escurrimiento **K**, que representa el porcentaje de lluvia precipitada que escurre superficialmente

Coeficiente de escurrimiento K:

es la relación del caudal que fluye sobre el terreno y las unidades hidrogeomorfológicas, que integran a la cuenca.

El método empleado para la determinación de las unidades es de tipo indirecto propuesto por el Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural (PNORDR) el cual toma en cuenta la cubierta vegetal, la permeabilidad de los materiales y la distribución de la lluvia fundamentalmente para obtener un coeficiente de escurrimiento.

Estos insumos de información a escala 1:250 000, se obtienen del inventario de la Subdirección de Actualización de Recursos Naturales que lleva a cabo el INEGI, CONAGUA Y SGM.

El método, se basa principalmente en la interacción de la información de geología, edafología, uso del suelo y vegetación serie 2, precipitación media anual y topografía; para resolver de manera no matemática el coeficiente de escurrimiento.

El escurrimiento superficial es el componente hidrológico que debe ser medido con mayor precisión y este dato resulta básico e indispensable para el estudio y manejo de las aguas superficiales.

El volumen de escurrimiento superficial, es el volumen de precipitación que no interviene en los procesos de evaporación, infiltración o almacenaje superficial.

De acuerdo a las características de la lluvia y de las regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas, pueden resultar cuatro diferentes consideraciones para el estudio de las aguas superficiales y su relación con las aguas subterráneas:

- a) Cuando la intensidad de la precipitación es menor que la capacidad de infiltración y el volumen de infiltración es menor que la diferencia de humedad del suelo, entonces no abra recarga de agua subterránea, ni tampoco escurrimiento directo; la única contribución al escurrimiento directo es el pequeño volumen de agua que se precipita directamente sobre las corrientes.

- b) Cuando la intensidad de la precipitación es menor que la capacidad de infiltración y el volumen de agua infiltrada es mayor que el déficit de humedad del suelo, hay infiltración y recarga de agua subterránea, pero no se provoca escurrimiento directo.

C).-Cuando la intensidad de la precipitación es mayor que la capacidad de infiltración y el volumen de infiltración es menor que el déficit de humedad del suelo, se produce un escurrimiento directo, pero no existe recarga de agua subterránea.

D).-Si la intensidad de la precipitación, es mayor que la capacidad de infiltración y el volumen de infiltración es mayor que el déficit de humedad del suelo, se obtiene escurrimiento directo, así como recarga subterránea.

Dicha interacción se logra inicialmente con la información de permeabilidad y cubierta vegetal, con el fin de obtener un valor constante que se llamara **K**.

VALORES DE K

CUBIERTA VEGETAL PERMEABILIDAD	S	R	P	D	C
	A	0.10	0.14	0.17	0.20
MA	0.15	0.17	0.19	0.22	0.25
M	0.19	0.21	0.22	0.25	0.27
BM	0.22	0.24	0.25	0.27	0.28
B	0.25	0.27	0.28	0.29	0.30

Cada unidad de terreno definida en términos de permeabilidad y cubierta vegetal con su correspondiente valor de **K**, requiere de asociársele el valor distribuido de isoyeta para hacerlo intervenir en la gráfica 1 y obtener el valor del coeficiente de escurrimiento. Así por ejemplo un terreno con permeabilidad y cubierta vegetal medias definen un valor de **K de 0.25**; si el dato de precipitación fuera de 900 mm utilizando la gráfica No. 1, se observa que el resultado del coeficiente de escurrimiento es aproximadamente **14.7%**

Claves utilizadas para Determinar las Unidades de Escurrimiento



Permeabilidad	
A	Permeabilidad alta
MA	Permeabilidad alta – media
M	Permeabilidad media
BM	Permeabilidad media – baja
B	Permeabilidad baja

Cubierta Vegetal	
S	Cubierta vegetal alta
R	Cubierta <u>vegetal alta</u> – media
P	Cubierta <u>vegetal media</u>
D	Cubierta <u>vegetal media</u> – baja
C	Cubierta <u>vegetal baja</u>
Nota:	Las áreas sin <u>vegetación</u> , quedan incluidas en la cubierta vegetal baja. Las zonas urbanas, se mantienen como se representan en la cobertura de uso del suelo y vegetación serie 2.



Tabla para Determinar el Coeficiente de Escurrimiento

K P(mm)	0.0	0.10	0.14	0.15	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.24	0.25	0.27	0.28	0.29	0.30
	AT	AS	AR	AMS	AP AMR	MS AMP	AD	MR	MP MBS	AC MBR	AMC MD MBP BS	MC MBD BR	MBC	BD BP	BC
100	0	0	0	0	0.1	0.3	0.7	2.2	3.0	4.2	4.9	6.0	6.7	7.2	7.7
150	0	0	0	0	0.5	1.7	2.4	3.0	3.5	4.8	5.5	6.7	7.4	7.9	8.5
200	0	0	0	0	0.9	2.2	2.9	3.4	4.1	5.4	6.1	7.3	8.1	8.5	9.0
250	0	0	0	0	1.3	2.7	3.3	3.9	4.7	6.0	6.7	8.0	8.7	9.3	10.0
300	0.2	0.3	0.4	0.4	1.7	3.1	3.8	4.5	5.2	6.6	7.3	8.7	9.4	10.0	10.6
350	0.3	0.5	0.7	0.7	2.1	3.6	4.3	5.0	5.7	7.2	7.9	9.3	10.1	10.8	11.0
400	0.5	0.7	1.0	1.1	2.5	4.1	4.8	5.5	6.3	7.8	8.6	10.0	10.8	11.5	12.0
450	0.7	1.0	1.3	1.4	3.0	4.5	5.3	6.0	6.8	8.4	9.2	10.7	11.5	12.2	13.0
500	0.8	1.3	1.7	1.8	3.4	5.0	5.8	6.6	7.4	9.0	9.8	11.3	12.2	12.9	13.3
550	1.0	1.5	2.0	2.1	3.8	5.5	6.3	7.1	7.9	9.6	10.4	12.0	12.9	13.6	14.0
600	1.2	1.8	2.4	2.6	4.2	5.9	6.8	7.6	8.5	10.2	11.0	12.7	13.6	14.4	15.2
650	1.4	2.0	2.8	3.0	4.6	6.4	7.3	8.1	9.0	10.8	11.6	13.3	14.3	15.1	16.0
700	1.5	2.2	3.1	3.3	5.0	6.9	7.8	8.6	9.5	11.4	12.2	14.0	14.9	15.8	16.2
750	1.7	2.5	3.5	3.7	5.5	7.3	8.3	9.1	10.1	12.0	12.9	14.7	15.6	16.5	17.5
800	1.8	2.7	3.9	4.1	5.9	7.8	8.8	9.6	10.7	12.8	13.6	15.3	16.2	17.2	18.2
850	2.0	3.0	4.2	4.5	6.3	8.3	9.3	10.2	11.2	13.1	14.1	16.0	16.9	18.0	19.0
900	2.2	3.2	4.6	4.9	6.7	8.7	9.8	10.7	11.7	13.7	14.7	16.7	17.7	18.7	19.5
950	2.4	3.5	4.9	5.2	7.1	9.3	10.3	11.3	12.3	14.3	15.3	17.3	18.5	19.4	20.5
1000	2.6	3.8	5.2	5.6	7.5	9.7	10.8	11.8	12.9	14.9	16.0	18.0	19.1	20.2	21.2
1050	2.8	4.0	5.6	6.0	8.0	10.4	11.4	12.4	13.5	15.6	16.7	18.8	19.9	21.0	22.0
1100	3.0	4.3	6.0	6.4	8.5	10.8	11.9	13.0	14.0	16.3	17.4	19.5	20.6	21.8	22.2
1150	3.2	4.6	6.4	6.8	9.0	11.3	12.4	13.5	14.6	16.8	18.0	20.2	21.3	22.5	23.0
1200	3.4	4.8	6.7	7.2	9.4	11.8	12.9	14.1	15.2	17.4	18.6	20.9	22.0	23.2	24.0
1250	3.6	5.1	7.0	7.5	9.8	12.3	13.4	14.6	15.7	18.0	19.2	21.6	22.8	24.0	25.0
1300	3.8	5.3	7.4	7.9	10.2	12.8	13.9	15.1	16.2	18.6	19.8	22.2	23.5	24.7	25.2
1350	4.0	5.6	7.8	8.3	10.6	13.2	14.4	15.6	16.8	19.2	20.5	22.9	24.1	25.4	26.0
1400	4.2	5.8	8.1	8.7	11.0	13.7	14.9	16.1	17.3	19.8	21.1	23.6	24.8	26.2	27.0
1450	4.4	6.1	8.4	9.0	11.4	14.2	15.4	16.6	17.9	20.4	21.8	24.3	25.5	26.9	28.0
1500	4.5	6.3	8.8	9.4	11.9	14.7	15.9	17.2	18.5	21.0	22.4	24.9	26.2	27.9	28.2
1550	4.7	6.6	9.2	9.8	12.4	15.1	16.4	17.7	19.0	21.6	23.0	25.6	26.9	28.3	29.0
1600	4.8	6.8	9.5	10.2	12.8	15.6	17.0	18.2	19.5	22.2	23.7	26.0	27.6	29.0	30.3
1650	5.0	7.1	9.8	10.6	13.2	16.1	17.5	18.8	20.1	22.6	23.9	26.3	28.3	29.8	31.0
1700	5.2	7.3	10.2	10.9	13.6	16.6	18.0	19.3	20.7	23.4	24.9	27.6	29.0	30.5	31.3
1750	5.4	7.6	10.6	11.3	14.0	17.0	18.5	19.8	21.2	24.0	25.6	28.3	29.7	31.2	32.0
1800	5.6	7.8	10.9	11.7	14.5	17.5	19.0	20.4	21.8	24.6	26.2	29.0	30.4	32.0	33.0
1850	5.8	8.1	11.3	12.0	15.0	18.0	19.5	20.9	22.3	25.2	26.8	29.6	31.1	32.7	34.0
1900	6.0	8.4	11.6	12.4	15.4	18.5	20.0	21.4	22.8	25.9	27.4	30.3	31.8	33.4	34.3
1950	6.2	8.6	12.0	12.8	15.8	19.0	20.5	21.9	23.4	26.4	28.1	31.0	32.6	34.2	35.0
2000	6.3	8.8	12.4	13.2	16.2	19.5	21.0	22.4	24.0	27.1	28.6	31.7	33.2	35.0	36.0
2050	6.5	9.1	12.7	13.6	16.6	19.9	21.5	23.0	24.6	27.7	29.3	32.4	34.0	35.7	37.0
2100	6.6	9.4	13.1	14.0	17.0	20.4	22.0	23.5	25.1	28.3	30.0	33.0	34.7	36.4	37.2
2150	6.8	9.6	13.4	14.3	17.5	20.9	22.5	24.0	25.6	28.9	30.6	33.7	35.3	37.1	38.0
2200	7.0	9.8	13.8	14.7	18.0	21.4	23.0	24.6	26.2	29.5	31.2	34.4	36.0	37.0	39.3
2250	7.2	10.1	14.1	15.1	18.4	21.8	23.5	25.0	26.7	30.1	31.8	35.0	36.8	38.0	40.0
2300	7.4	10.4	14.4	15.5	18.8	22.3	24.0	25.5	27.2	30.7	32.4	35.7	37.4	39.2	40.8
2350	7.6	10.6	14.8	15.9	19.2	22.8	24.5	26.0	27.8	31.3	33.0	36.4	38.2	40.0	41.5

Para obtener la información del cálculo de escurrimiento, se siguen los procedimientos siguientes:

Permeabilidad:

Es la capacidad de los materiales (rocas y suelos) para permitir la circulación del agua a través de ellas.

Su valor esta dado por el coeficiente de permeabilidad, el cual se define como el caudal de agua que circula a través de un área unitaria, transversa al flujo y bajo un gradiente hidráulico unitario (transmisibilidad).

Esto depende de la forma, acomodo y distribución granulométrica de las partículas constituyentes y del grado de compactación o cementación de las mismas, factores que controlan, a su vez, el tamaño e interconexión de los intersticios.

La permeabilidad de las rocas puede ser primaria, cuando se debe al origen de la roca, como los huecos que quedan en un depósito de grava al irse acumulando; o secundaria, cuando se adquiere por fracturamiento ocasionado por algún movimiento u otro fenómeno de la corteza terrestre.

Esta información se deriva directamente del conjunto de datos digital Geológico y Edafológico correspondientes a escala 1:250 000, aplicando la definición de permeabilidad para rocas y suelos, esta se representa en cinco rangos:

Alta, Alta - Media, Media, Media – Baja y Baja.

Se consideran solamente cinco rangos por que al utilizar la tabla de la constante **K**, el valor de permeabilidad, 1 material consolidado y 6 material no consolidado de la clasificación de escala 1:1000 000 corresponde el mismo valor de la constante K para ambos casos.

Con objeto de que esta información se elabore lo más homogénea posible, se incluye la Tabla de Permeabilidad, que contiene una clasificación de las principales rocas atendiendo a la definición de permeabilidad en los cinco rangos de aplicación que requiere el método, aclarando que debe de tomarse como una guía de gabinete para posteriormente comprobarse en campo.

Con respecto a la permeabilidad de los suelos se incluye igualmente la Tabla de Permeabilidad. Que relaciona la clasificación edáfica de los suelos, según **FAO-UNESCO**, con los cinco rangos de permeabilidad.

Tabla de Permeabilidad (Geología)

SUELOS



TIPO DE SUELO	PERMEABILIDAD				
	ALTA	MEDIA / ALTA	MEDIA	BAJA / MEDIA	BAJA
Aluvial	Arenoso – Gravoso	Arenoso	Limo-Arenoso	Limo- Arcilloso	Arcilloso
Residual	Arenoso – Gravoso	Arenoso	Limo-Arcilloso	Limo-Arcilloso	Arcilloso
Lacustre			Arcillo-Arenoso	Limo-Arcilloso	Arcilloso
Palustre				Arcillo-Limoso	Arcilloso
Eólico	Arenoso	Arenoso-Limoso			
Litoral	Arenoso				

ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS

TIPO DE ROCA	PERMEABILIDAD				
	ALTA	MEDIA / ALTA	MEDIA	BAJA / MEDIA	BAJA
Igea (R-Ta-Bva)	Lavas muy porosas intensamente fracturadas o alteradas (riolitas, andesitas) basaltos en bloques, vesiculares y escoriáceos.	Lavas porosas (riolitas, andesitas, basaltos) muy fracturadas y alteradas.	Lavas moderadamente fracturadas, porosas y alteradas.	Lavas de composición variada, porosas, con poco fracturamiento y alteración.	Rocas lávicas masivas y compactas (riolitas, andesitas, basaltos), escasamente fracturadas y alteradas.
Igei (A-Ti-Bvi) Igeb (B-Tb-Bvb)	Materiales piroclásticos sueltos muy porosos o muy pobremente consolidados, con predominancia de fragmentos del tamaño de bloques y lapilli (brechas silíceas o basálticas, aglomerados, lahares, tobas arenosas). <u>Además</u> pueden presentar fracturamiento.	Tobas y brechas silíceas o basálticas, con predominancia de fragmentos de tamaño medio y grueso escasamente consolidados.	Tobas y brechas poco consolidadas con predominancia ceniza media moderadamente fracturadas y alteradas.	Brechas y tobas semiconsolidadas, de composición riolítica a basáltica, con predominancia de ceniza fina a media, con bajo grado de fracturamiento y alteración.	Brechas y tobas bien consolidadas y no porosas (ignimbritas), con predominancia de ceniza fina, poco fracturadas y alteradas.

ROCAS SEDIMENTARIAS

TIPO DE ROCA	PERMEABILIDAD				
	ALTA	MEDIA / ALTA	MEDIA	BAJA / MEDIA	BAJA
Caliza (Cz)		Arrecifales, Cársticas <u>observables</u> <u>estructura</u> de disolución menor a 1 cm.	Calizas puras con incipiente intemperismo Cárstico, desarrollada en superficies de fractura.	Calizas arenosas sin proceso de silicificación.	Generalmente sana y cementadas, arcillosas, margas y remplazamiento por sílice.
Arenisca (Ar)	Mal consolidadas, escaso cementante y sujeta a fracturamiento.	Ortocuarcitas, moderadamente clasificadas maduras y fracturadas.	Mal clasificadas submaduras, y sujetas a fracturamiento.	Con matriz limosa, no cementadas y fracturadas.	Cementadas, sanas.
Lutita (lu.)	Escasamente cementado, fracturado, y clastos <u>medianamente maduros y medianamente clasificados.</u>	Con matriz arenosa, no cementado y fracturado	Con matriz arenolimosa, escasamente cementado y sujeto a fracturamiento.	Arenosas e intensamente fracturadas	Lutitas sanas.
Conglomerado (Cg)	Colapso, sin cementante turbiditas (conglomeráticos arenosos sin proceso de cementación).	Con matriz arenosa y sujeto a fracturamiento	Con matriz limo arenosa y sujeto a fracturamiento.	Fracturados	Bien cementados y sanos.
Brecha sedimentaria (Bs)			Fracturamiento diferencial por tectonismo.	Con matriz limoarcillosa y sujeta a fracturamiento.	Cementada (colapso), turbiditas.
Caliza-Lutita (Cz-lu.)			Fracturamiento intenso producto de tectonismo.	Generalmente arenosas y sujeta a fracturamiento.	Sanas
Lutita-Arenisca (lu.-Ar)				Areniscas no cementadas y lutitas intercaladas, generalmente sujeta a fracturamiento.	Sana, con areniscas cementadas.

ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS *

TIPO DE ROCA	PERMEABILIDAD	
	BAJA	BAJA/MEDIA
Gr	Bajo <u>fracturamiento</u> y poca alteración por efectos de intemperismo.	Fracturadas y alteradas por efectos de intemperismo.
D	Bajo <u>fracturamiento</u> y poca alteración.	
Ga	Bajo <u>fracturamiento</u> y poca alteración.	
Igia	Bajo <u>fracturamiento</u> y poca alteración por efecto de intemperismo.	Fracturadas y alteradas por efectos de intemperismo.
Igii	Bajo <u>fracturamiento</u> y poca alteración.	
Igib	Bajo <u>fracturamiento</u> y poca alteración.	

ROCAS METAMÓRFICAS *

TIPO DE ROCA	PERMEABILIDAD	
	BAJA	BAJA/MEDIA
Cuarcita (C)	Bajo fracturamiento, poco alterada, puede tener un prototipo ígneo o sedimentario (areniscas, riolitas, granitos), metamorfismo regional o de contacto.	Alto fracturamiento, muy alterada, protolito ígneo o sedimentario (arenisca, riolita, granito), metamorfismo regional o de contacto.
Mármol (M)	Bajo fracturamiento poco alterado, protolito sedimentario (calizas). Metamorfismo de contacto o regional.	Alto fracturamiento, muy alterado, protolito sedimentario (calizas). Metamorfismo de contacto o regional.
Pizarra (Pz)	Textura esquistosa. Bajo fracturamiento, poco alterada, protolito sedimentario (Lutitas). Metamorfismo regional.	Alto fracturamiento, muy alterado protolito sedimentario (calizas), metamorfismo regional.
Esquisto (E)	Textura esquistosa bajo fracturamiento, poco alterado, protolito puede ser ígnea o sedimentaria (cualquier tipo de roca) metamorfismo regional.	Textura esquistosa. Alto fracturamiento, muy alterado, protolito ígneo o sedimentario (cualquier tipo de roca) metamorfismo regional.
Gneis (Gn)	Bajo fracturamiento, poco alterado, protolito ígneo o sedimentaria (cualquier tipo de roca) metamorfismo regional.	Alto fracturamiento, muy alterado, protolito ígneo o sedimentario (cualquier tipo de roca) metamorfismo regional.

* Estas rocas tan solo tienen permeabilidad BAJA/MEDIA y BAJA.

Tabla de Permeabilidad (Edafología)

ACRISOL			FLUVISOL			PODZOLUVISOL	
Plíntico	M		Tiónico	A		Gleyco	B
Gleyco	B		Gleyco	M		Dístrico	M
Húmico	A		Calcárico	A		Eútrico	M
Férrico	M		Dístrico	A			
Órtico	M		Eútrico	A		REGOSOL	
						Gélico	A
ANDOSOL			GLEYSOL			Calcárico	A
Mólico	A		Plíntico	B		Dístrico	A
Húmico	A		Vértico	B		Eútrico	A
Ocrico	A		Mólico	B			
Vítrico	A		Húmico	B		RENDZINA	
			Calcárico	B		Rendzina	A
ARENOSOL			Dístrico	B			
Albico	A		Eútrico	B		SOLONCHAK	
Lúvico	A					Gleyco	B
Ferrálico	A		HISTOSOL			Takírico	B
Cámbico	A		Dístrico	M		Mólico	M
			Eútrico	M		Órtico	M
CAMBISOL							
Gélico	A		LITOSOL			SOLONETZ	
Gleyco	M		Litosol	*		Gleyco	B
Vértico	M					Albico	B
Cálcico	A		LUVISOL			Mólico	B
Húmico	A		Plíntico	M		Órtico	B
Ferrálico	A		Gleyco	B			
Crómico	A		Vértico	B		VERTISOL	
Dístrico	A		Cálcico	M		Crómico	B
Eútrico	A		Albico	M		Pélico	B

Tabla de Permeabilidad (Edafología)

			Férrico	M			
CASTANOZEM			Crómico	M		XEROSOL	
Lúvico	M		Ortico	M		Lúvico	M
Cálcico	A					Gypsico	M
Háplico	A		NITOSOL			Cálcico	M
			Húmico	M		Háplico	A
CHERNOZEM			Dístrico	A			
Lúvico	M		Eútrico	M		YERMOSOL	
Cálcico	A					Takirico	M
Háplico	A		PLANOSOL			Lúvico	M
			Solódico	M		Gypsico	M
FEOZEM			Mólico	M		Cálcico	M
Lúvico	M		Dístrico	M		Háplico	A
Gleyco	M		Eútrico	M			
Calcárico	A						
Haplyco	A		PODZOL				
			Plácico	A			
FERRALSOL			Gleyco	M			
Plíntico	M		Húmico	A			
Húmico	A		Ortico	A			
Acrico	A						
Ródico	M		RANKER				
Xántico	A		Ranker	A			
Ortico	A						

A: Permeabilidad alta.
B: Permeabilidad baja.

M: Permeabilidad media.
* De acuerdo al análisis Litológico.

Densidad de vegetación (uso del suelo):

Este concepto es manejado como el elemento que amortigua la precipitación en función de la mayor o menor cobertura vegetal del terreno, puesto que, un área cubierta con selva o bosque propiciara una mayor infiltración si las condiciones de permeabilidad o en su defecto lo que propiciara será un mayor escurrimiento de la cuenca.

Esta información se deriva directamente del Conjunto de Datos Digital de Uso del Suelo y Vegetación, serie 2, correspondiente a escala 1:250 000, aplicando la definición de cobertura vegetal, esta se representa en los siguientes cinco rangos: **S, R, P, D, C.**

Precipitación.

Es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. Este dato representa el valor que junto con el valor de **K**, previamente definido, permite conocer el coeficiente de escurrimiento.

Se tomará como fuente para el cálculo de las unidades de escurrimiento, las isoyetas representadas en la cartografía de hidrología superficial serie I.



GRACIAS