



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS  
ARTES DE CHIAPAS**  
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

**TEXT O**

***MANUAL DE PRÁCTICAS DE  
GEOHIDROLOGÍA***

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA MARINA Y  
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

**PRESENTA**

AMOR NAYELI MERCADO PENAGOS

**DIRECTORA**

Mtra. Silvia Elena Montesinos Núñez  
Centro de Investigaciones Costeras - UNICACH

**ASESOR**

Mtro. Ignacio Díaz Galdámez  
Centro de Investigaciones Costeras - UNICACH



Tonalá, Chiapas.

Septiembre 2018.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este documento realizado en el Centro de Investigaciones Costeras de la UNICACH, es un esfuerzo en el que directa o indirectamente participaron distintas personas, opinando, corrigiendo, teniéndome mucha paciencia, dándome ánimos y acompañándome en el proceso.

Quiero agradecer en primer lugar a mi madre porque a pesar de cargar con tantas responsabilidades nunca me mostró decepción ni falta de esperanza, me ha dejado tomar mis decisiones sin presionarme. Ha estado pendiente de mis éxitos y fracasos y hasta de los profesores que me han apoyado y motivado. Gracias mamá y Vidita por su apoyo firme e incondicional. Les amo.

A la Maestra Silvia Elena Montesinos Núñez y al Maestro Ignacio Díaz Galdámez mi especial agradecimiento por tenderme la mano para la elaboración de un manual de prácticas, por su amistad, su paciencia, su cariño, los consejos y el profesionalismo que demostraron siempre. Sin ustedes no hubiese logrado cerrar este ciclo que he postergado por tanto tiempo.

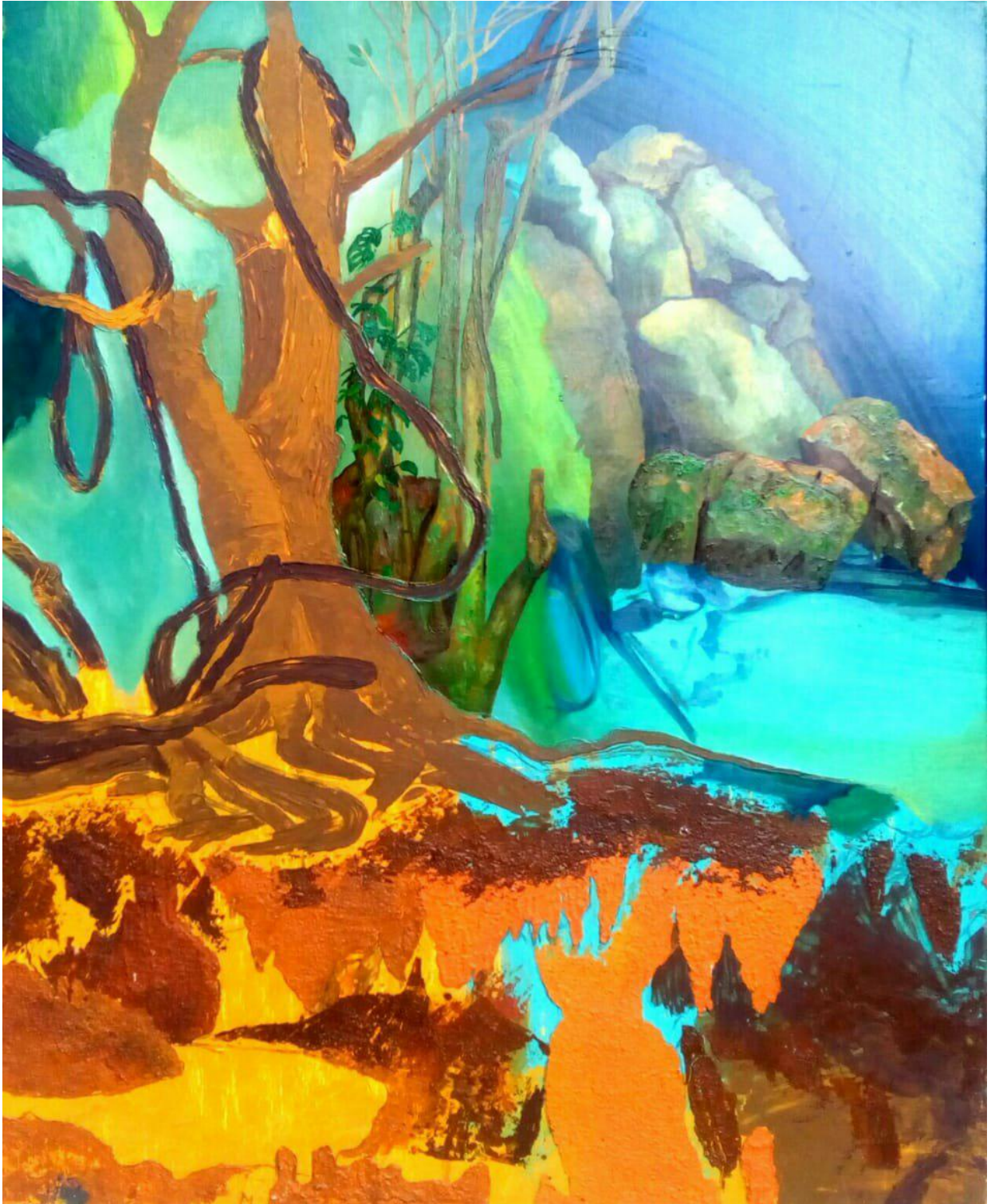
También agradezco enormemente al Dr. Emilio Romero Berny y al Maestro Delmar Cancino por sus observaciones en el proceso y construcción de este manual y por su peculiar motivación y generosidad. Sus consejos ayudaron a superar mis frenos mentales y porque en toda la carrera los recuerdo como profesores con vocación y comprometidos, siempre empujándonos a descubrir nuestro potencial.

Agradezco también a la Universidad por permitirme explorar el conocimiento de esta licenciatura, por ser mi refugio y el nido académico para pulir mi criterio y generar mi autonomía.

Gracias también al Lic. Rigoberto Gómez Sántiz, egresado de la UNICACH en artes plásticas, por ser parte de este proceso y un motivo más para ser mejor.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud, siempre.

¡Lo logré!



"Sin título"

Año: 2017

Autor: Rigoberto Gómez Sántiz.

Técnica: Óleo sobre madera

Medidas: 80x60cm.

## INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVO GENERAL.....	5
3. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
INDICACIONES SUGERIDAS AL ESTUDIANTE PARA ENTREGAR EL REPORTE ESCRITO.....	6
PRÁCTICA No. 1 .....	7
DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN UNA CUENCA HIDROLÓGICA.....	7
PRÁCTICA No. 2 .....	10
POROSIDAD PRIMARIA Y SECUNDARIA.....	10
PRÁCTICA No. 3 .....	15
PERMEABILIDAD DE SUELOS.....	15
PRÁCTICA No. 4 .....	20
HUMEDAD DEL SUELO .....	20
PRÁCTICA No. 5 .....	23
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS.....	23
PRÁCTICA No. 6 .....	32
CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE UN SUELO SATURADO .....	32
PRÁCTICA No. 7 .....	38
NIVEL FREÁTICO DE ACUÍFEROS .....	38
PRÁCTICA No. 8 .....	42
DETERMINACIÓN DEL ABATIMIENTO DE UN ACUÍFERO MEDIANTE PRUEBAS DE BOMBEO .....	42
GLOSARIO .....	I
BIBLIOGRAFÍA DIGITAL.....	VI
ANEXOS.....	XI
ANEXO 1: ACUERDO POR EL QUE SE DA A CONOCER EL RESULTADO DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DE LAS AGUAS NACIONALES SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO ARRIAGA-	

PIJIJAPAN, CLAVE 0711, EN EL ESTADO DE CHIAPAS, REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA FRONTERA SUR. ....	XI
ANEXO 2: ACUERDO POR EL QUE SE DA A CONOCER EL RESULTADO DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DE AGUAS NACIONALES SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO CINTALAPA, CLAVE 0705, EN EL ESTADO DE CHIAPAS, REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA FRONTERA SUR. ....	XI
ANEXO 3: ACUERDO POR EL QUE SE DA A CONOCER EL RESULTADO DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DE AGUAS NACIONALES SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO COMITÁN, CLAVE 0707, EN EL ESTADO DE CHIAPAS, REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA FRONTERA SUR. ....	XI
ANEXO 4: ACUERDO POR EL QUE SE DA A CONOCER EL RESULTADO DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DE LAS AGUAS NACIONALES SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO OCOSINGO, CLAVE 0715, EN EL ESTADO DE CHIAPAS, REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA FRONTERA SUR. ....	XI
ANEXO 5: ACUERDO POR EL QUE SE DA A CONOCER EL RESULTADO DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DE LAS AGUAS NACIONALES SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO SAN CRISTÓBAL LAS CASAS, CLAVE 0712, EN EL ESTADO DE CHIAPAS, REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA FRONTERA SUR. ....	XI
ANEXO 6: ACUERDO POR EL QUE SE DA A CONOCER EL RESULTADO DE LOS ESTUDIOS TÉCNICOS DE LAS AGUAS NACIONALES SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO SOCONUSCO, CLAVE 0710, EN EL ESTADO DE CHIAPAS, REGIÓN HIDROLÓGICO-ADMINISTRATIVA FRONTERA SUR. ....	XII
ANEXO 7. NORMAS DE SEGURIDAD Y BIOSEGURIDAD EN LABORATORIO .....	XIII
ANEXO 8. NORMAS DE SEGURIDAD EN PRÁCTICAS DE CAMPO .....	XIV

## **INDICE DE TABLAS**

TABLA 1. ESTRUCTURA DE LAS PRÁCTICAS EN EL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA.....	1
TABLA 2. PORCENTAJE DE POROSIDAD DENTRO DE LOS DISTINTOS COMPONENTES DEL SUELO. ....	13
TABLA 3. ALGUNOS TIPOS DE FORMACIONES HIDROGEOLOGICAS Y RANGOS CARACTERÍSTICOS DE POROSIDAD Y PERMEABILIDAD DE LAS MISMAS. ....	18
TABLA 4. TABLA DE REGISTRO PARA MUESTRAS DE SUELO. ....	21
TABLA 5. RELACIÓN DE NO. TAMICES, Y TIPO DE MATERIAL QUE DETERMINA. ....	25
TABLA 6. TABLA DE REGISTRO PARA MUESTRA DE SUELO.....	28
TABLA 7. TABLA DE REGISTRO PARA LOS RESULTADOS DE LOS TAMICES.....	29

## INDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1.</i> ELEMENTOS QUE ESTUDIA LA GEOHIDROLOGÍA EN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA. (MANCILLA, 2011).....	1
<i>FIGURA 2.</i> CONDICIÓN DE APROVECHAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS EN MÉXICO (CONAGUA, 2015.).....	3
<i>FIGURA 3.</i> CICLO DEL AGUA Y ELEMENTOS DEL BALANCE HÍDRICO. FUENTE: ADAPTADO DE VENTE CHOW (1994), HIDROLOGÍA APLICADA P.3.....	7
<i>FIGURA 4.</i> REFERENCIA DEL TAMAÑO DE LOS POROS Y SU COMPOSICIÓN. FUENTE: BRISSIO, 2005, TOMADO DE PABLO CIPARICCI, 2017.....	12
<i>FIGURA 5.</i> REPRESENTACIÓN GRÁFICA PARA LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA M/DÍA. FUENTE: CREACIÓN PROPIA. ....	17
<i>FIGURA 6.</i> TABULADOR DE PERMEABILIDAD. FUENTE: (ALCARAZ, 2007).....	17
<i>FIGURA 7.</i> SERIE DE TAMICES (BOSCH, 2006). ....	25
<i>FIGURA 8.</i> ILUSTRACIÓN DE LA EJECUCIÓN DEL MÉTODO DE CUARTEO. FUENTE: (BADILLO, 2011).....	26
<i>FIGURA 9.</i> TRIÁNGULO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TEXTURAS DE SUELOS. FUENTE: MODIFICADO DE (PÉREZ GONZÁLEZ, 2012).....	30
<i>FIGURA 10.</i> GRÁFICO DE LA RELACIÓN TIEMPO-FILTRACIÓN. FUENTE: (CHÁVEZ GUILLÉN, 1977).....	32
<i>FIGURA 11.</i> MECANISMO DE UN INFILTRÓMETRO. FUENTE: (VEGA GRANILLO, 2005). ....	34
<i>FIGURA 12.</i> EJEMPLO DE LA REPRESENTACIÓN DE LAS ISOPIEZAS. FUENTE: (MANZANO ARELLANO, 2008). ....	40
<i>FIGURA 13.</i> AFORADOR Y EN LA MEDICIÓN DE CAUDALES. FUENTE: GANCIO, (2015). ....	42
<i>FIGURA 14.</i> ESTRUCTURA DE UN POZO. FUENTE: GANCIO, (2015).....	43



## 1. INTRODUCCIÓN

Este manual de prácticas pretende ser una herramienta útil sobre aspectos fundamentales de la geohidrología y su aplicación en el manejo integral de cuencas; de esta manera, las alumnas y los alumnos comprenderán y reafirmarán experimentalmente conceptos teóricos de la asignatura y reflexionarán su importancia, argumentando con base a la discusión o conclusiones. Asimismo, este documento funcionará como una guía en la elaboración de reportes técnicos de cada práctica (Tabla 1).

Tabla 1. Estructura de las prácticas en el programa de la asignatura. Fuente: Programa académico universitario.

No.	Nombre de la Práctica	Duración
1	Determinación de la disponibilidad del recurso hídrico en una cuenca hidrológica	4
2	Porosidad primaria y secundaria	4
3	Permeabilidad de suelos	4
4	Humedad del suelo	4
5	Análisis granulométrico de suelos	4
6	Capacidad de infiltración de un suelo saturado	4
7	Nivel freático de acuíferos	4
8	Determinación del abatimiento de un acuífero mediante pruebas de bombeo	4
	<b>Total de Horas de Práctica</b>	<b>32</b>

En cada una de ellas se encuentran breves cuestionarios cuya resolución ayudarán a comprender y ampliar la visión e importancia de cada análisis y resultado obtenido.

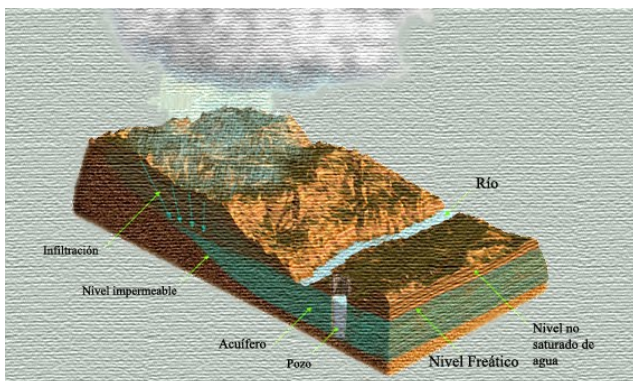


Figura 1. Elementos que estudia la geohidrología en una cuenca hidrográfica. (Mancilla, 2011)

el continuo desempeño profesional.

Todo en conjunto, obligará al estudiante a ejercitar diferentes habilidades para construir de manera sistemática un accionar con objetivo específico y centrado en la actividad, además de crear el sentido de contribución de manera conjunta con sus demás compañeros, función importante en



Las ocho prácticas, son una parte reducida de los diversos estudios que le competen a la geohidrología o hidrología subterránea (ver Figura 1), la cual, es una rama de la hidrología que precisamente incluye temas relacionados a las propiedades y características del agua a partir de su yacimiento, movimiento, volumen de recargas y descargas, propiedades de las rocas que la almacenan y la aplicación de principios hidráulicos dentro de los acuíferos para la solución de problemas ingenieriles (Vélez, 1999) .

Llegados a este punto, cabe aclarar que la geohidrología moderna, según Gil (2011) se ocupa de las siguientes cuestiones:

1. Investigación de las relaciones existentes entre las formaciones geológicas y las aguas subterráneas.
2. Desarrollo de las ecuaciones matemáticas que rigen el movimiento del agua en el interior de las rocas y en las captaciones (Hidráulica subterránea).
3. Estudio de la composición química del agua subterránea (Hidrogeoquímica).
4. Prospección de las aguas subterráneas: técnicas de localización y reconocimiento (prospección geofísica).
5. Explotación y gestión de las aguas subterráneas dentro del conjunto de los recursos hidrológicos disponibles.

En otras fuentes, geohidrología es:

Parte de la geografía física que trata del origen, localización, movimiento y características de las aguas del subsuelo, con énfasis en los aspectos físico-matemáticos (Glosario de Riego, 2018).

Se trata de la rama de la Ciencia que estudia el agua en las rocas y suelos. Su desarrollo ayuda a comprender gran parte de las formaciones acuáticas que conocemos y a identificar sus movimientos y características. Estudia cómo se forman los conductos por donde el agua se infiltra y llega hasta nosotros. De especial interés son los acuíferos, los lugares concretos donde nace el agua. En ellos se lleva a cabo el primer paso en la etapa subterránea del ciclo del agua, que es la infiltración. (Aqua Service, 2016).

La hidrología subterránea o geohidrología es una ciencia interdisciplinaria, que requiere la intervención de múltiples métodos de otras áreas de la ciencia, como: geología, geofísica, climatología, hidrología de superficie y análisis hidrogeoquímico entre otros (EPYESA, 2017).

El Servicio Geológico Mexicano (2013) define lo siguiente: La *hidrogeología* trata del estudio integral del agua subterránea, su distribución y evolución en tiempo y espacio en el marco de la geología regional. La *geohidrología* se encarga de estudiar el comportamiento del agua en el ambiente geológico según las leyes de la hidráulica. Comprende la hidráulica de pozos, es decir de perforaciones para obtener agua con diferentes fines y el control de su comportamiento en el entorno, según el tipo de material perforado.

Barrón Hoyos *et al.*, (1985), menciona que la geohidrología es la ciencia que estudia las leyes que rigen la presencia y movimiento de las aguas subterráneas. Es decir, el acuífero, la migración y volúmenes almacenados, así como los métodos de su explotación y conservación, de esta forma, las aguas subterráneas han sido (y seguirán siendo) importantes ya que son reservas hídricas naturales y desempeñan un



**Figura 2.** Condición de aprovechamiento de los acuíferos en México (CONAGUA, 2015.)

papel relevante en el crecimiento socioeconómico del país; “gracias a sus características físicas se puede extraer fácilmente en cualquier época del año y en cualquier punto de la superficie del acuífero, además, funcionan como filtros purificadores, preservando la calidad del agua y permitiendo a más de la mitad de la población mundial una red de distribución de agua potable segura” (CONAGUA, 2015a).

Por otro lado, en la Figura 2, se señalan a grandes rasgos, la situación de los acuíferos en nuestro país. A nivel estatal y municipal, desconocemos de manera

puntual el estado y la calidad del agua en los mantos freáticos, sin embargo, en los Diarios Oficiales de la Federación se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de las aguas nacionales subterráneas de algunos acuíferos en el Estado de Chiapas (Anexo 1-6). Asimismo, la geohidrología se vuelve una materia importante y urgente para lograr el estudio, la evaluación y el aprovechamiento óptimo de los acuíferos.

El agua es necesaria para ofrecernos diversos servicios ecosistémicos, a lo que Shiva (2003) también considera que “reconocer el valor social y ecológico de un recurso conduce a su utilización equitativa y sostenible. En contraste, valuar un recurso sólo en términos de su precio de mercado crea patrones de uso insostenibles e injustos.”

En ese sentido, por lo anteriormente expuesto, este manual se propone como un apoyo al docente para coadyuvar en su ardua tarea de planear y formalizar las actividades prácticas, además, se pretende que al formular una actividad práctica se consideren elementos mínimos, y que a partir de su desarrollo se facilite aprender la asignatura, de esta forma el alumno o la alumna tendrá un papel activo y reflexivo que le permitirá la apropiación de los temas, enriqueciendo e interpretando el conocimiento sistematizado.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

- ☞ Elaborar un texto didáctico que sirva de apoyo para la experimentación, aprendizaje y fortalecimiento de conceptos teóricos relacionados con la ocurrencia, distribución, movimiento y almacenamiento de las aguas subterráneas.

## **3. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✎ Obtener los conocimientos y destrezas para la evaluación y aprovechamiento adecuado del agua subterránea, afín de que el alumnado comprenda los términos utilizados en esta materia.
- ✎ Conocer las herramientas e importancia de los estudios geohidrológicos.
- ✎ Generar aptitudes para aplicar en campo y laboratorio las técnicas y procedimientos conceptuales fundamentales en el estudio de la hidrología subterránea.

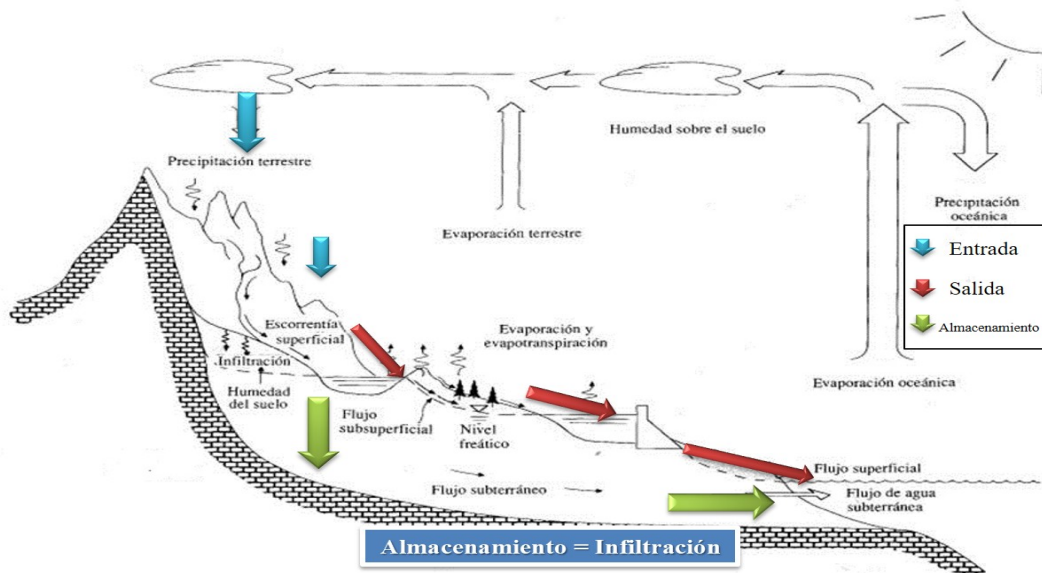
## INDICACIONES SUGERIDAS AL ESTUDIANTE PARA ENTREGAR EL REPORTE ESCRITO

---

- **GENERALES.** Usar hojas blancas, tamaño carta. Escribir con letra arial número 12 y margen izquierdo de 3 centímetros, los demás de 2.5 cm, espacio entre líneas de 1.5 cm. Se sugiere entregar en carpeta con un sujetador de hojas. La entrega se realizará ocho días después de haber concluido la práctica.
- **PORTADA.** Deberá anotar el nombre de la asignatura, nombre del catedrático(a) que imparte el curso, el número de práctica y nombre de la misma, número de equipo e integrantes, lugar y fecha.
- **INTRODUCCION.** Se plantea el problema y se señala el sentido del estudio, pero no se desarrolla el tema ni se dan conclusiones. Allí se destacan los objetivos, importancia y significado de la práctica en el área investigada. Debe presentar alcance, limitaciones e indicaciones sobre metodología empleada.
- **MÉTODO.** Describir de forma detallada los procedimientos que se realizaron en la práctica y de ser necesario agregar diagramas.
- **RESULTADOS.** Es la parte medular del reporte. Describir y analizar sus resultados. Es conveniente anexar tablas, gráficas, dibujos, fotografías o esquemas de lo que observó durante la práctica. Si existen dibujos, éstos deberán estar entintados y coloreados cuando corresponda.
- **DISCUSIÓN.** Esta es la parte más difícil de escribir, pero es la más importante. Aquí se deben señalar las diferencias y similitudes que hallaste con tus resultados al compararlos con la bibliografía consultada de trabajos similares o referencias documentales. Puedes utilizar cuadros comparativos u otra herramienta que te sea útil para presentar tu información.
- **CONCLUSIONES.** Redactar con relación al o los objetivo(s) y a los resultados obtenidos.
- **CUESTIONARIO.** Deberá contestar las preguntas que se encuentran al final de cada práctica, citará la bibliografía empleada en su(s) respuesta(s).
- **REFERENCIAS DOCUMENTALES.** Se debe citar SIEMPRE la fuente de la información obtenida, ya sea escrita o visual. Utilice revistas especializadas, libros y páginas de Internet especializadas.

**INTRODUCCIÓN**

El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El vapor de agua, que así se forma, se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes hasta que se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación. El agua interceptada y una parte de la infiltrada y de la que corre por la superficie se evapora nuevamente. Del agua infiltrada, una parte es absorbida por las plantas y posteriormente es transpirada, casi en su totalidad, hacia la atmósfera y otra parte fluye bajo la superficie de la tierra hacia las corrientes, el mar u otros cuerpos de agua, o bien hacia zonas profundas del suelo (percolación) para ser almacenada como agua subterránea y después aflorar en manantiales, ríos o el mar (Aparicio, 1992). Es importante comprender la importancia y las diferentes fases del ciclo hidrológico para estimar un balance hídrico (ver Figura 3).



**Figura 3.** Ciclo Del Agua y Elementos Del Balance Hídrico. Fuente: Adaptado de Vente Chow (1994), Hidrología Aplicada p.3.

El balance hidrológico es un elemento fundamental para poder evaluar el grado de deterioro y la disponibilidad real del recurso hídrico, así como para determinar la fragilidad de las unidades hidrológicas de una cuenca (INE, 2003). Un balance hídrico consiste, básicamente, en la aplicación del principio de conservación de masa, también conocido como ecuación de continuidad. La ecuación de continuidad establece que, para cualquier volumen de agua arbitrario y durante cualquier periodo de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas del sistema estará condicionada por la variación del volumen almacenado (Calvo, 2010).

## OBJETIVO

Determinar el volumen de agua que precipita y escurre en una cuenca en un tiempo dado; y conocer el volumen de almacenamiento generado por las precipitaciones.

## NORMAS DE SEGURIDAD

Tipo de riesgo	Cómo evitarlo	Cómo proceder en caso de accidente
Revisar anexo 8		

## NORMAS DE BIOSEGURIDAD

Tipo de desechos	Cómo descartarlos	Tipo de contenedor
Revisar anexo 7		

## MÉTODO

1. En la libreta, caracterizar el territorio de estudio, tomando en cuenta los tipos y usos de suelo, naturalmente delimitado.
2. Identificar los puntos o estaciones de control, en un tiempo determinado.
3. Elegir el punto de salida e intercepción del escurrimiento principal con la estación hidrométrica o estructura hidráulica (puente, vado, bóveda, canal), destinado a la medición de esorrentía superficial.
4. Aplicar la fórmula para realizar el balance hídrico en una cuenca que se presenta enseguida:

$$E - S = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$



$E$ = entrada = precipitación

$S$ = salida = escurrimientos

$\Delta A$ = cambio de almacenamiento ( $V_1 - V_2$ )

$\Delta t$ = incremento del tiempo, semanal, mensual, anual, etc.

5. Analizar resultados, en los diferentes escenarios que se puedan presentar.

## CUESTIONARIO

1. ¿Cuál es la relación entre agua subterránea y agua superficial?
2. ¿A qué temporada del año atribuyes los resultados?
3. ¿De qué depende un alta o baja recarga del acuífero?
4. ¿Qué aplicaciones puede tener un balance hidrológico? Y ¿por qué es importante estimar la recarga de un acuífero?
5. ¿Cuáles son las principales problemáticas que presentan los cuerpos de agua?
6. De acuerdo al clima de la zona de estudio, ¿qué factor determinante incide directamente en el proceso de captación e intercepción del agua? Desarrolle su respuesta.

## REFERENCIAS

- ✓ APARICIO, M. F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México, D.F.: Ediciones LIMUSA. Pág. 17-18.
- ✓ CALVO, A. J. C. (2010). *Introducción al balance hídrico*. En línea: [http://cicg.ucr.ac.cr/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=9&Itemid=8](http://cicg.ucr.ac.cr/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=9&Itemid=8)
- ✓ INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INE). (2003). *Paisajes hidrológicos y balance hídrico de la cuenca Lerma-Chapala*. Disponible en: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/estudio\\_hidrologico\\_clch.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/estudio_hidrologico_clch.pdf). Pág. 10-12.

## INTRODUCCIÓN

Los espacios abiertos, vacíos o intersticios en las rocas son los receptáculos para almacenamiento y circulación del agua subterránea, dichos espacios tienen formas y tamaños variados; por ejemplo, una roca común, la arenisca, tiene poros más fáciles de visualizar; la arenisca es simplemente arena que se convirtió en roca debido a que los granos de la arena se aglutinaron por medio de un cementante, y muchas de las aberturas se conservaron en el proceso; es como si el azúcar granulada se hubiera convertido en un terrón de azúcar (Price, 2012).

Con el ejemplo anterior podemos tener idea de la morfología de la porosidad. En la porosidad como lo expone Vélez (1999) están:

a) Poros intergranulares (primarios): se encuentran en rocas sedimentarias clásticas consolidadas o no.

b) Poros que resultan de fisuras y fracturas, formando dos grupos:

- Rocas estratificadas fisuradas que pueden sufrir disolución, formando canales a lo largo de las fracturas y planos de estratificación (evaporitas, calizas, carbonatos).

- Rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, que son capaces de almacenar y transmitir agua por medio de las fisuras y fracturas.

La manera como esos poros están intercomunicados entre sí permiten que el agua tenga la "habilidad" de circular por las diferentes formaciones geológicas. Lo anterior significa que un material puede tener porosidad muy alta (arcillas) y sin embargo su permeabilidad ser nula, ya que los poros no están intercomunicados (Vélez, 1999).

En general, podemos distinguir dos tipos de porosidad (Alcaraz, 2007):

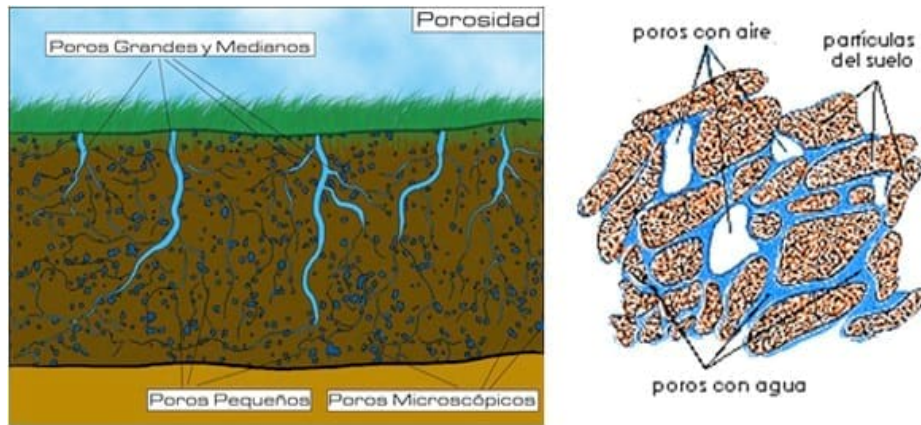
- 1) Porosidad Primaria: Es aquella que se desarrolla u origina en el momento de la formación o depósito del estrato. Los poros formados en esta forma son

espacios vacíos entre granos individuales de sedimento. Es propia de las rocas sedimentarias como las areniscas (Detríticas o Clásticas) y calizas oolíticas (No-Detríticas), formándose empaques del tipo cúbico u ortorrómbico.

- 2) Porosidad Secundaria o Inducida: Es aquella que se forma posteriormente, debido a unos procesos geológicos subsecuente al depósito del material del estrato o capa. Esta porosidad puede ser:
- Porosidad en solución: Disolución de material sólido soluble constitutivo de las rocas.
  - Porosidad por Fractura: Originada en rocas sometidas a varias acciones de diastrofismo.
  - Porosidad por dolomitización: Proceso mediante el cual las calizas se convierten en dolomitas, que son más porosas.

Los empaques de granos que presentan las rocas con porosidad secundaria son en general del tipo romboedro, aunque es frecuente encontrar sistemas porosos de morfología compleja (Alcaraz, 2007).

La forma de los granos puede ser determinada en el laboratorio con la ayuda de un microscopio y por medio del análisis granulométrico (ver Figura 4); la colocación de los granos es muy difícil de determinar debido a que, al tomar la muestra, generalmente ésta se altera (Alcaraz, 2007).



**Figura 4.** Referencia del tamaño de los poros y su composición. Fuente: Brissio, 2005, tomado de Pablo Ciparicci, 2017.

Un medio poroso puede contener agua de dos tipos diferentes:

- Agua de retención
- Agua gravítica

Esta clasificación se basa en el estudio de las distintas fuerzas a que se pueden ver sometidas las moléculas de agua presentes en los medios porosos. Desde el punto de vista hidrogeológico, esta distinción es fundamental ya que no toda el agua que hay en los vacíos de una formación determinada es utilizable en forma efectiva, situación que está ligada al concepto definido anteriormente de porosidad eficaz (Sánchez-San Román, 2017).

### OBJETIVO

De acuerdo a las principales características edafológicas de una superficie: obtener el porcentaje de porosidad e identificar el tipo de material.

### NORMAS DE SEGURIDAD

Tipo de riesgo	Cómo evitarlo	Cómo proceder en caso de accidente
Revisar anexo 8		

### NORMAS DE BIOSEGURIDAD

Tipo de desechos	Cómo descartarlos	Tipo de contenedor
Revisar anexo 7		

## MÉTODO

En general la porosidad total de las rocas no compactas varía entre el 5 y el 40%, siendo el valor más frecuente el 15%. Una porosidad mayor de 20% se puede considerar grande, entre el 5% y el 20% es mediana y menor del 5% es pequeña. La siguiente tabla (ver Tabla 2) presenta valores de porosidad para algunos materiales:

Tabla 2. Porcentaje de porosidad dentro de los distintos componentes del suelo. Fuente: (Vélez Otálvaro, 1999).

Material	Porosidad (%)
Grava	25 – 40
Arena y gravas	36
Arenas	25 – 50
Limos	35 – 50
Arcillas	40 – 70
Mármoles	0.1 – 0.2
Esquistos	1 – 10
Dolomitas	2.9
Granitos	1.5 – 0.02
Basaltos	0.1 – 2.9

## Fórmulas

### POROSIDAD TOTAL

$$n = \frac{V_v}{V}$$

### POROSIDAD EFECTIVA

$$ne = \frac{V_v}{V_s}$$

$n$ = Porosidad total

$ne$ = Porosidad efectiva

$V_v$ =Volumen de vacíos

$V_s$ =Volumen de sólidos

## CUESTIONARIO

1. ¿De qué formación geológica proviene la porosidad primaria?
2. ¿Cuál es la diferencia entre porosidad efectiva y porosidad total?
3. ¿Cuáles son los materiales con mayor porcentaje de porosidad?
4. ¿Cuáles son los dos tipos de aguas que puede albergar un medio poroso?
5. Define con tus propias palabras el concepto de porosidad.
6. ¿Existe ventaja o desventaja para la porosidad secundaria en un clima cálido húmedo? Explique.
7. ¿Existe ventaja o desventaja para la porosidad primaria en un clima cálido húmedo?

## REFERENCIAS

- ✓ Vélez, M. V. (1999). *Hidráulica de Aguas Subterráneas*. Universidad Nacional de Colombia. 2ª. Edición. 40-41; 60-62, 66 pp. Disponible en: [http://www.bdigital.unal.edu.co/4993/1/Capitulos\\_1-5.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/4993/1/Capitulos_1-5.pdf)
- ✓ PRICE, Michael. (2012). *Agua subterránea*. Limusa. México, D.F.
- ✓ Alcaraz Sevilla, María del Pilar. (2007). *Porosidad*. Disponible en: [slideplayer.es/slide/10909848/](http://slideplayer.es/slide/10909848/)

**INTRODUCCIÓN**

El agua subterránea es agua subsuperficial que ocupa vacíos (porosidad) presentes en formaciones geológicas, y constituye una de las fases o etapas del ciclo del agua. El agua subterránea es la mayor fuente de agua dulce disponible, por lo cual más de la mitad de la población mundial la utiliza para su consumo; además posee un gran número de ventajas, ya que tiene excelente calidad natural, pues en general es libre de patógenos, color y turbiedad, y puede ser consumida directamente sin tratamiento, o luego de realizarse un tratamiento sencillo (Vélez y Vázquez, 2004).

Ahora bien, la cantidad de agua subterránea que se almacena en un acuífero depende de la ley de Darcy que dice “la velocidad de un fluido en un medio poroso depende del coeficiente de permeabilidad y del gradiente hidráulico”, y de las siguientes propiedades hidráulicas (Sánchez-San Román, 2017):

- 1. Porosidad.
- 2. Transmisividad o transmisibilidad.
- 3. Conductividad hidráulica.
- 4. Permeabilidad.

**OBJETIVO**

Identificar el tipo de acuífero de acuerdo a las principales propiedades hidráulicas.

**NORMAS DE SEGURIDAD**

Tipo de riesgo	Cómo evitarlo	Cómo proceder en caso de accidente
Revisar anexo 8		

**NORMAS DE BIOSEGURIDAD**

Tipo de desechos	Cómo descartarlos	Tipo de contenedor
Revisar anexo 7		



## MÉTODO

1. Identificar cada horizonte para su posterior estudio (ver Figura 5).
2. Determinar los espesores de cada horizonte.
3. Determinar la permeabilidad (ver Figura 6).
4. Obtener el valor de la transmisividad o transmisibilidad (T), siendo esta la cantidad de agua que transmite un acuífero a través de todo el espesor saturado, en una unidad de superficie por unidad de tiempo.

$$T = K * b$$

T= Transmisividad o transmisibilidad (m<sup>2</sup>/día)

K= Conductividad hidráulica

b= Espesor o ancho del acuífero

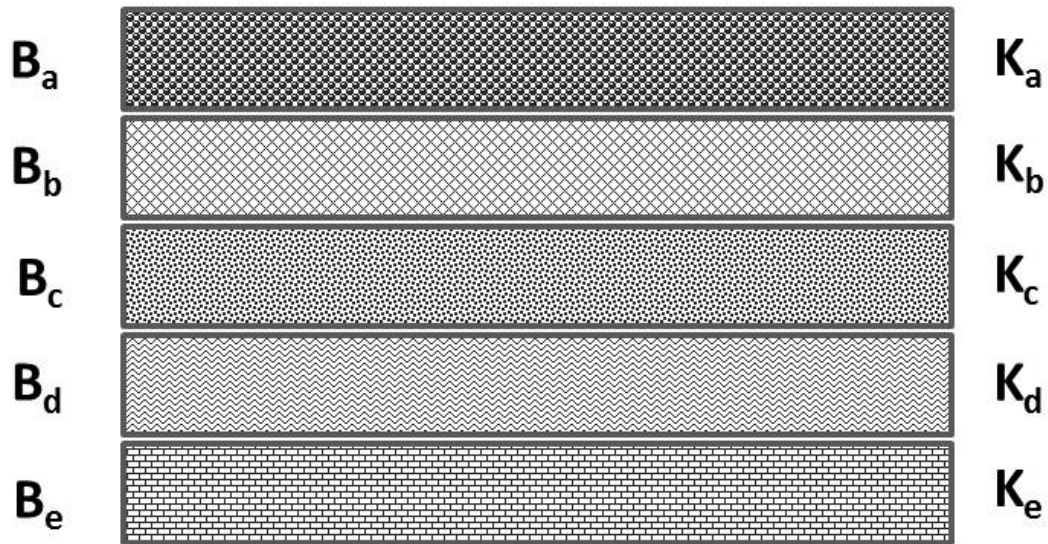
5. Determinar la conductividad hidráulica en el eje vertical y horizontal, que transmite un acuífero sometido a un gradiente con unidad de alturas piezométricas.

### CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA HORIZONTAL

$$K_h = \frac{1}{b} * \frac{\sum^h < b_i * k_i >}{i = 1}$$

### CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA VERTICAL

$$K_v = \frac{\Delta l}{\frac{\sum^n \Delta l_n}{i=1} K_n}$$



[Figura 5](#). Representación gráfica para la conductividad hidráulica m/día. Fuente: Creación propia.

**Coefficientes de permeabilidad (K)**

$K$ m/s	Tipo de suelo - Permeabilidad	$K$ m/s
10	Grava limpia	10
$10^{-1}$		$10^{-1}$
$10^{-2}$		$10^{-2}$
$10^{-3}$	Arenas limpias Arena limpia y mezclas de grava	$10^{-3}$
$10^{-4}$		$10^{-4}$
$10^{-5}$	Arenas muy finas Limos orgánicos e inorgánicos Mezclas de arena, limo y arcilla Depósitos estratificados de arcilla, etc.	$10^{-5}$
$10^{-6}$		$10^{-6}$
$10^{-7}$		$10^{-7}$
$10^{-8}$	Suelos impermeables, por ejemplo, arcillas homogéneas por debajo de la zona de meteorización	$10^{-8}$
$10^{-9}$		$10^{-9}$
$10^{-10}$		$10^{-10}$
$10^{-11}$		$10^{-11}$

Rápida
Moderada
Lenta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Prácticamente impermeable.

[Figura 6](#). Tabulador de permeabilidad. Fuente: (Alcaraz, 2007).

**Tabla 3.** Algunos tipos de formaciones hidrogeológicas y rangos característicos de porosidad y permeabilidad de las mismas.  
Fuente: Modificado y creado desde (Rebollo, 2008) y (Molinero, 2005).

Tipo de formación hidrogeológica	Ejemplos	Rangos de permeabilidad	Rangos de porosidad
Acuífero	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formaciones aluviales con gravas y arena</li> <li>▪ Formaciones calizas karstificadas</li> </ul>	1 – 1000 m/día (Alta)	10% - 30% (Alta o moderada)
Acuitardo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formaciones aluviales con arenas muy finas, limos y arcillas.</li> <li>▪ Formaciones margosas</li> </ul>	0.1 – 0.001 m/día (Baja)	20% - 40% (Alta o moderada)
Acuicludo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formaciones arcillosas</li> </ul>	$10^{-4} - 10^{-7}$ m/día (Nula)	> 40% (Alta)
Acuífugo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rocas ígneas y metamórficas “sanas”</li> <li>▪ Formaciones carbonatadas sin fisuración ni karstificación</li> </ul>	$< 10^{-6}$ m/día (Nula)	< 0.1% (Nula o muy baja)

## CUESTIONARIO

1. Con tus propias palabras, define acuífero.
2. Revisa la Tabla 1, ¿cuál es la diferencia de un acuitardo y un acuífugo?
3. ¿Cuáles son las principales propiedades hidráulicas que permiten estudiar e identificar a los diferentes tipos formaciones hidrogeológicas?
4. ¿Qué tipo de formación hidrogeológica está constituida por arcilla y tiene un rango de permeabilidad de  $10^{-4}$  –  $10^{-7}$  m/día?
5. ¿Qué tipo de formación hidrogeológica está constituida por caliza karstificadas y tiene un rango de porosidad de 10% a 30%?
6. Con base a tus cálculos, haz un dibujo en el cual señales la distribución de las formaciones hidrogeológicas que obtuviste.

## REFERENCIAS

- ✓ Sánchez-San Román, Francisco Javier. (2017). Universidad de Salamanca. Conceptos fundamentales de hidrogeología. Disponible en: [http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos\\_Hidrogeol.pdf](http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf)
- ✓ Universidad Politécnica de Cataluña. (2005). *Conceptos básicos hidrogeológicos*. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3407/5/41239-5.pdf>
- ✓ Alcaraz Sevilla, María del Pilar. (2007). *Porosidad*. Disponible en: [slideplayer.es/slide/10909848/](http://slideplayer.es/slide/10909848/)
- ✓ Vélez, O. M. V. y Vásquez A. L. M. (2004). *Métodos para determinar la recarga de acuíferos*. Primer Congreso Colombiano de Hidrogeología, Medellín, Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4442/1/EA3760.pdf>

**INTRODUCCIÓN**

El suelo que compone a una cuenca hidrológica, interviene en la transformación de las lluvias-gastos, por la velocidad más o menos grande con la cual es capaz de absorber agua. Para un suelo dado, la velocidad de la infiltración varía con la humedad del terreno, ya que entre más húmedo, la velocidad de infiltración será más lenta (Uribe, 2007).

El agua del suelo proviene de la precipitación atmosférica, por lo que el abastecimiento es muy variable y, como regla general de la naturaleza, hay marcadas fluctuaciones en el contenido de agua del suelo dependiendo de las regiones y de la época del año. El agua que se mueve por la fuerza de gravedad se llama agua libre o gravitacional. Parte del agua se retiene contra la fuerza de gravedad como resultado de la atracción entre el agua y los otros constituyentes del suelo (Duque y Escobar, 2002).

La humedad del suelo se calcula por la diferencia de peso de una misma muestra húmeda y secada en la estufa hasta obtener peso constante.

**OBJETIVO**

Determinar la cantidad de agua presente en la muestra de suelo, en términos de su peso en seco.

**NORMAS DE SEGURIDAD**

Tipo de riesgo	Cómo evitarlo	Cómo proceder en caso de accidente
Revisar anexo 8		

**NORMAS DE BIOSEGURIDAD**

Tipo de desechos	Cómo descartarlos	Tipo de contenedor
Revisar anexo 7		

## Materiales y equipo

- ☞ Muestra de suelo.
- ☞ Cápsulas de porcelana
- ☞ Horno electrónico de secado
- ☞ Desecador
- ☞ Balanza analítica
- ☞ Pinzas para crisol

## MÉTODO

1. Utilizar una cápsula de porcelana a peso constante. Para ello se coloca en la estufa a 100 °C durante 24 horas. Posteriormente se coloca en el desecador para que se enfríe.
2. Pesarse, en la balanza analítica, la cápsula de porcelana que esté a peso constante y registrar el peso.
3. Tarar la balanza y agregar a la cápsula de porcelana aprox. 2 g de suelo. Registrar el peso exacto del suelo agregado a la cápsula.
4. Dejar en un horno a 100 °C por 24 horas. Posteriormente colocar en un desecador para que se enfríe y pesar. Registrar el peso.
5. Realizar el procedimiento por duplicado.

⇒ Registrar los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 4. Tabla de registro para muestras de suelo.

	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
Peso de la cápsula (g)			
Peso del suelo húmedo (g)			
Peso de la cápsula + suelo seco (g)			

⇒ Obtener el peso del suelo seco mediante la diferencia de peso de la siguiente manera:

Peso del suelo seco= (Peso de la cápsula + suelo húmedo) – (Peso de la cápsula + suelo seco)

$$\%\_de\_humedad\_p\acute{e}rdida\_del\_suelo = \frac{Peso_{suelo\_h\acute{u}medo} - Peso_{suelo\_seco}}{Peso\_suelo\_h\acute{u}medo} * 100$$

**Fórmula condensada:**

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

⇒ El porcentaje de humedad del suelo se obtiene de la siguiente manera:

$$\% \text{ humedad del suelo} = 100 - \% \text{ humedad perdida del suelo}$$

**CUESTIONARIO**

1. ¿Qué relación existe entre el porcentaje de humedad del suelo y la aireación del mismo?
2. ¿Por qué la infiltración depende de la humedad del suelo?
3. ¿El efecto de la gravedad es importante para mantener la humedad de un suelo?
4. ¿Cuál es la función de un tensiómetro?
5. Según tus resultados... ¿qué porcentaje de agua retuvo el suelo que elegiste?

**REFERENCIAS**

- ✓ Duque-Escobar Gonzalo y Escobar-Potes Carlos. (2002). *Estructura del suelo y granulometría*. p. 24-25. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/4/cap3.pdf>
- ✓ González Sonia, Del Río Cinthya y Guerrero Claudia. (2011). *Prácticas de laboratorio de remediación de suelos y acuíferos*. Instituto Politécnico Nacional. UPIBI. p. 38 Disponible en: [http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/Material%20Didactico/Manuales%20de%20Pr%C3%A1cticas/AMBIENTAL/Manual%20practicas%20remediacion%205%20Oct%2011%20IMPRIMIR%20\(1\).pdf](http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/Material%20Didactico/Manuales%20de%20Pr%C3%A1cticas/AMBIENTAL/Manual%20practicas%20remediacion%205%20Oct%2011%20IMPRIMIR%20(1).pdf)
- ✓ Uribe, Omar. (2009). *Recursos hídricos en regiones hidrológicas*. Instituto Politécnico Nacional. p. 63. Disponible en: [http://tesis.bnct.ipn.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/3899/1/uribe\\_hernandez\\_omar.pdf](http://tesis.bnct.ipn.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/3899/1/uribe_hernandez_omar.pdf)



## **INTRODUCCIÓN**

La granulometría es la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra. La información obtenida de un análisis granulométrico puede utilizarse para medir la capacidad de infiltración que tiene el agua en una superficie determinada (Anónimo, 2010).

El método de determinación granulométrico más sencillo es obtener las partículas por una serie de mallas con distintos tamaños de abertura en el entramado, y que actúan como filtros y se llaman comúnmente columna de tamices (Ecured, 2018).

Para realizar el tamizado se dispone de una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en orden descendiente según la graduación de la abertura formando una columna (ver Figura 7). En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original (suelo o sedimento mezclado) posteriormente se indica mediante el tablero electrónico el tiempo de agitado de la consola agitadora de tamices, la cual somete a movimientos rotatorios y vibración a la muestra contenida en la columna. Finalizado el tiempo de agitado (regularmente se le asigna de 10 a 15 minutos dependiendo del objetivo de la práctica) se retira uno por uno cada tamiz de la columna, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices.

## **OBJETIVO**

Determinar el tipo de suelo mediante el método de cuarteo, utilizando el tamizado e identificarlo en el triángulo de texturas.

## NORMAS DE SEGURIDAD

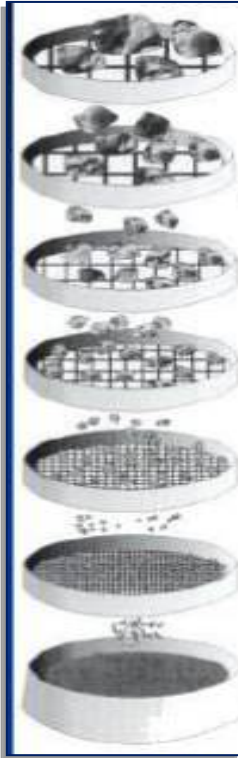
Tipo de riesgo	Cómo evitarlo	Cómo proceder en caso de accidente
Quemarse con el horno de secado. Lastimarse con la máquina de tamices	Leer el instructivo del aparato o solicitar asesoría al encargado(a) de laboratorio.	Conseguir un botiquín y curar la(s) herida(s). En caso de quemadura, colocar una gasa y acudir a urgencias en el IMSS.

## NORMAS DE BIOSEGURIDAD

Tipo de desechos	Cómo descartarlos	Tipo de contenedor
No aplica		

## Materiales y equipo

Cantidad	Descripción
1	Balanza granataria
11	Tamices
1	Vaso de precipitado plástico de 2 000 ml
1	Vaso de precipitado plástico de 1 000 ml
1	Espátula grande
1	Horno de secado
12	Bolsas de plástico de 1 kg (que sean de igual tamaño)
2	Charolas de plástico
12	Vasos de unicel



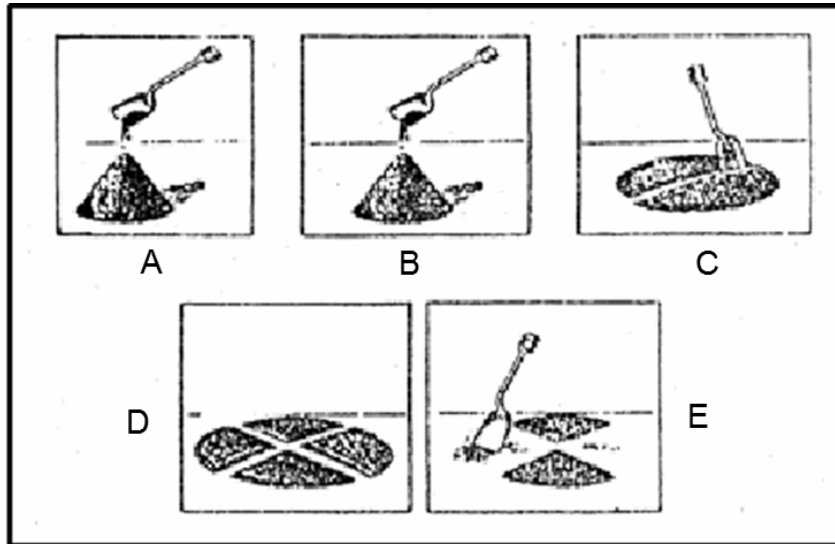
**Figura 7.** Serie de tamices (Bosch, 2006).

**Tabla 5.** Relación de No. tamices, y tipo de material que determina. Fuente: Modificado de (Bosch, 2006).

No. de malla	Material	Tamaño	
		Abertura	Pulgadas
230	Arcilla	63 $\mu\text{m}$	0.0025
140	Limo	106 $\mu\text{m}$	0.0041
60	Limo	250 $\mu\text{m}$	0.0098
35	Arena	500 $\mu\text{m}$	0.0197
18	Arena	1000 $\mu\text{m}$	0.0394
10	Arena	2000 $\mu\text{m}$	0.0787
6	Arena	3360 $\mu\text{m}$	0.132
1/4"	Arena	6.3 mm	0.250
2	Arena	50 mm	2.000
1 1/4"	Arena	31.5 mm	1.250
1	Arena	25 mm	1.000

## MÉTODO

1. Se realizará el método de cuarteo, el cual consiste en seleccionar y homogeneizar la muestra hasta obtener un tamaño proporcionado, separándola en cuatro partes iguales (ver Figura 8).
2. Coloca la muestra de suelo sobre una superficie plana, dura y limpia, donde no pueda haber pérdida de material ni contaminación con materias extrañas. Retira toda la hojarasca.
3. Con ayuda de la espátula mezcla el material uniformemente y después divídela en cuatro partes proporcionales (ver Figura 8, incisos A, B, C Y D).
4. Elimina dos de las partes diagonalmente opuestas (ver Figura 7 inciso E).



**Figura 8.** Ilustración de la ejecución del método de cuarteo. Fuente: (Badillo, 2011).

5. Después de haber cuarteado la muestra de suelo, selecciona 1/4 y mantenlo a la vista porque será colocado dentro de un vaso de precipitado.
6. Las otras 3/4 partes guárdalas por separado en bolsas de plástico.
7. Con ayuda de la balanza granataria, pesa una bolsa de plástico, el refractario
8. y el vaso de precipitado de 2,000 ml (en la siguiente página hay tablas para que registres tus datos).
9. El cuarto de muestra de suelo seleccionado en el punto #5 colócalo en el vaso de precipitado de 2,000 ml.
10. Comienza cribando la cuarta parte del material de suelo que seleccionaste para la práctica con el tamiz No. 6, posteriormente ocupará los tamices No. 10, 35, 140 y el último será el No. 230. En este proceso de tamizado será necesario que despliegues una bolsa de plástico para contener\* todo el material colado y de esta forma transferirlo fácilmente al vaso de precipitado. (\*Sé cuidadoso, la pérdida de material edáfico alterará tus resultados finales).
11. Sitúa en el refractario\* de vidrio la cantidad de material de suelo que se coló en último tamiz (#230), pésalo y mételo al horno de secado durante 15 minutos a una temperatura de 50°C. (\*Recuerda tomar en cuenta el peso del recipiente).
12. Haz tus cálculos y utiliza el triángulo de texturas que encontrarás en la página

## CÁLCULOS

Ubicación:

Descripción del suelo:

Fecha de muestreo:

Fecha de ensayo:

Realizado por:

Peso de bolsa de plástico

Peso del vaso de precipitado de 2,000 ml

Peso del vaso de precipitado de 1,000 ml

Peso de la muestra + recipientes (grs)

Peso único de la muestra seca (grs) <sin recipientes>

Peso de las charolas

Después del método de cuarteo, pesa las cuatro fracciones de suelo:

Peso de la fracción 1

Peso de la fracción 2

Peso de la fracción 3

Peso de la fracción 4

(fracción a estudiar)

***OBSERVACIÓN.** Cuando peses el material de las cuatro fracciones de suelo, recuerda tomar en cuenta el peso del recipiente.*

Tabla 6. Tabla de registro para muestra de suelo.

<i>Análisis por tamizado</i>					
TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% RETENIDO	% QUE PASA	MAT. ORGÁNICA
<b>Total (Σ)</b>					

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido} \times 100}{\text{Peso total de la muestra}}$$

$$\% \text{ Que pasa} = (100) - (\Sigma \% \text{ Retenido})$$

Elabora un histograma con los datos de las columnas diámetro (mm) y peso retenido (grs). Guiándote de la tabla en la página 25 y la fórmula de abajo, llena las siguientes columnas para determinar el tipo de suelo por cada tamiz:

Tabla 7. Tabla de registro para los resultados de los tamices.

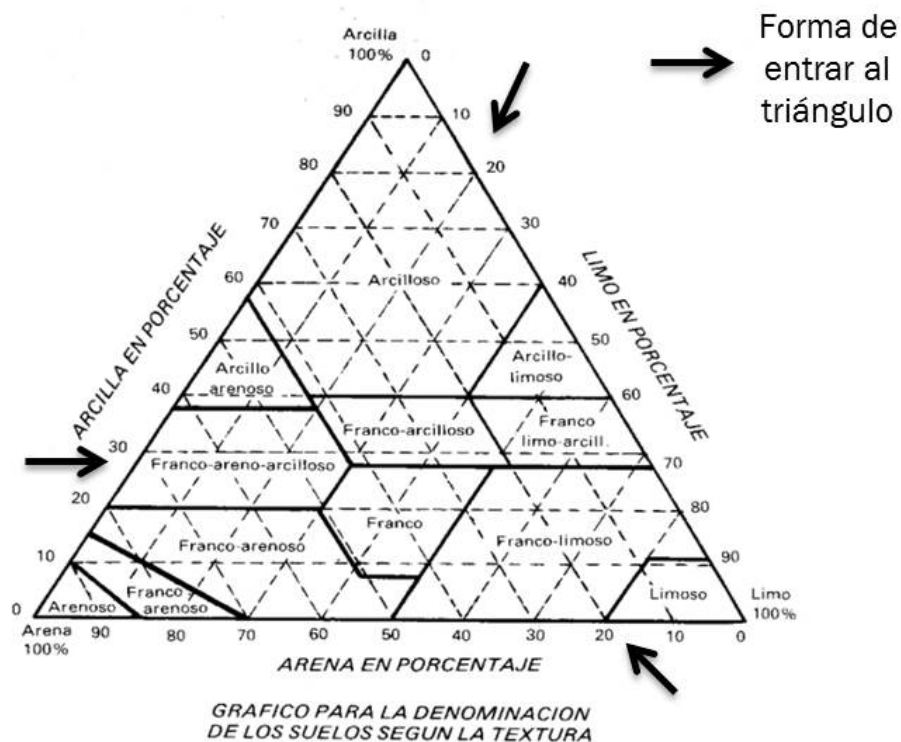
No. de Malla	Conversión (pulgadas a mm)	Tamaño de la partícula	Tipo de Suelo

*Fórmula para convertir pulgadas a milímetros y obtener el tamaño de la partícula y tipo de suelo:*

$$mm = \frac{pulgadas}{0.039370}$$



La utilización del siguiente triángulo permite situar un suelo en un conjunto caracterizado por propiedades texturales; su empleo contribuye a fijar las ideas y normalizar en alguna medida la interpretación de los resultados del análisis granulométrico.



**Figura 9.** Triángulo para la identificación de texturas de suelos. Fuente: Modificado de (Pérez González, 2012).

## CUESTIONARIO

1. ¿Qué importancia tiene conocer la textura y granulometría de un suelo?
2. ¿Cuáles son las diferencias entre limo, arcilla y arena?
3. ¿Cuál es el tipo de suelo que permite mayor infiltración de agua?
4. Al finalizar esta práctica, ¿cuál fue la textura de suelo que obtuviste?
5. ¿Cuál fue el porcentaje de humedad que obtuviste?
6. ¿Qué textura de suelo aplicarías para implementarlo en la generación de algún tipo de cultivo?

7. ¿Qué característica encuentra en relación a los valores del triángulo con el lugar de obtención de la muestra?
8. De acuerdo al histograma de valores de diámetro y peso ¿qué relación encuentra con los datos de otro equipo?

## REFERENCIAS

- ✓ ANÓNIMO. (2010). *Granulometría de Suelos*. En línea:  
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Granulometria-De-Suelos/763754.html>
- ✓ ECURED. (2018). *Granulometría*. En línea:  
<http://www.ecured.cu/index.php/Granulometr%C3%ADa>
- ✓ Universidad Católica de Valparaíso. (2004). *Análisis granulométrico*. Grupo de geotecnia. Disponible en:  
[http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/granulometria.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/granulometria.pdf)

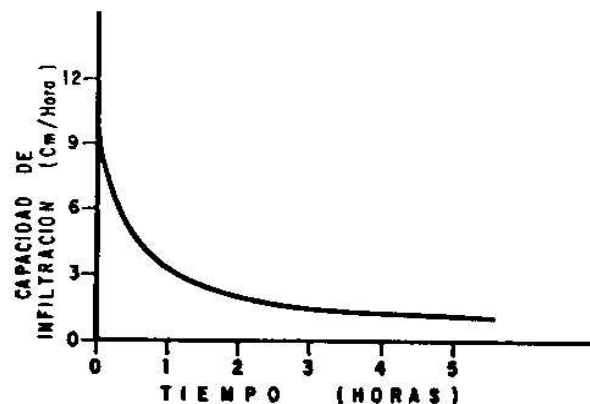
## INTRODUCCIÓN

La infiltración se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares (Aparicio, 1992).

Todas las cuencas pueden captar lluvia pero por las diferentes características que presentan hace que unas difieran de otras debido a factores que alteran o modifican la capacidad de infiltración tales como (Solís, 2007):

- Textura del suelo.
- Contenido de humedad inicial.
- Contenido de humedad de saturación.
- Cobertura vegetal.
- Uso del suelo: continua extensión de los asentamientos humanos.
- Aire atrapado.
- Lavado de material fino.
- Compactación.
- Temperatura, sus cambios y diferencias.

Por lo general, la infiltración presenta un valor inicial alto el cual disminuye durante las lluvias continuas, hacia una magnitud reducida y prácticamente constante, como se ve en la Figura 10:



**Figura 10.** Gráfico de la relación tiempo-filtración.  
Fuente: (Chávez Guillén, 1977).

### *Aparatos para medir la infiltración*

Para medir la infiltración de un suelo se usan los infiltrómetros, que sirven para determinar la capacidad de infiltración en pequeñas áreas cerradas, aplicando artificialmente agua al suelo (Vega, 2005).

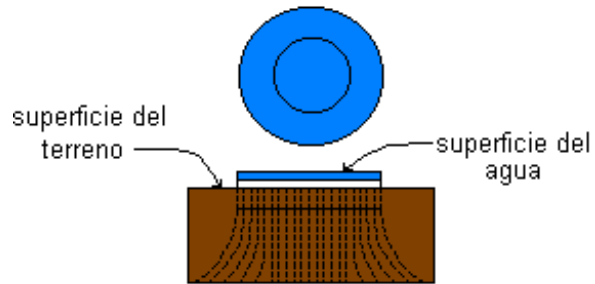
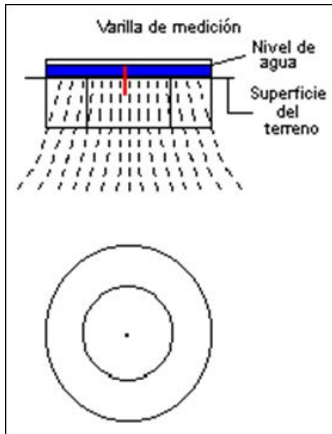
Los infiltrómetros se usan con frecuencia en pequeñas cuencas o en áreas pequeñas o experimentales dentro de cuencas grandes. Cuando en el área se presenta gran variación en el suelo y vegetación, ésta se subdivide en sub-áreas relativamente uniformes, de las cuales haciendo una serie de pruebas se puede obtener información aceptable (Vega, 2005).

Siendo la infiltración un proceso complejo, es posible inferir con los infiltrómetros la capacidad de infiltración de cualquier cuenca en forma cualitativa, pero no cuantitativa. La aplicación más favorable de este equipo se obtiene en zonas experimentales, donde se puede evaluar la infiltración para diferentes tipos de suelo y contenido de humedad (Vega, 2005).

Los infiltrómetros se clasifican en dos tipos básicos: **a)** simuladores de lluvia, en los que se aplica el agua de modo y en cantidades similares a la lluvia natural, y **b)** de carga constante, en los que se coloca una lámina constante de agua sobre el suelo dentro de un área cerrada (Vega, 2005)..

Los infiltrómetros de carga constante (ver Figura 11) más comunes consisten en dos aros concéntricos, o bien en un solo tubo; en el primer tipo, se usan dos aros concéntricos de 23 y 92 cm de diámetro respectivamente, los cuales se hincan en el suelo varios centímetros (Vega, 2005)..

El agua se introduce en ambos compartimentos, los cuales deben conservar el mismo tirante. El objeto del aro exterior es evitar que el agua dentro del aro interior se expanda en una zona de penetración mayor que el área correspondiente; la capacidad de infiltración del suelo se determina a partir de la cantidad de agua que hay que agregar al aro interior para mantener su tirante constante (Vega, 2005)..



**Figura 11.** Mecanismo de un infiltrómetro. Fuente: (Vega Granillo, 2005).

Con el infiltrómetro simulador de lluvia se intenta reproducir lo más exactamente posible la forma natural del fenómeno de la infiltración y pretenden evitar las fallas o defectos de otro tipo de infiltrómetros. El agua se aplica mediante un sistema de tipo aspersion, en parcelas de pequeño tamaño (1 a 40m<sup>2</sup>); para verificar la uniformidad y medir la cantidad de lluvia aplicada (P) se instalan pluviómetros y por otra parte, se requiere un sistema para medición de los escurrimientos (E) (Vega, 2005)..

Los resultados que se obtienen de pruebas con infiltrómetros son, en general, poco confiables, pues el suelo se altera al hincar los tubos y no se toma en cuenta la estructura del mismo. Además, estos resultados sólo pueden considerarse como representativos de áreas sumamente pequeñas (Vega, 2005)..

## OBJETIVO

Comprender y cuantificar la relación precipitación-escurrimiento para conocer la potencialidad de un acuífero.

## NORMAS DE SEGURIDAD

Tipo de riesgo	Cómo evitarlo	Cómo proceder en caso de accidente
Revisar anexo 8		

## NORMAS DE BIOSEGURIDAD

Tipo de desechos	Cómo descartarlos	Tipo de contenedor
Revisar anexo 7		

## MÉTODO

1. Los métodos que permiten calcular la infiltración en una cuenca para una cierta tormenta, requieren del hietograma de la precipitación media y de su correspondiente hidrograma. Esto implica que en la cuenca donde se requiere evaluar la infiltración se necesita, por lo menos un pluviógrafo y una estación de aforo en su salida. En caso de contar únicamente con estaciones pluviométricas sólo se podrán hacer análisis diarios.
2. La capacidad de infiltración se define como la velocidad máxima por unidad de superficie y en ciertas condiciones, a la que el agua puede ser absorbida por el suelo. El criterio supone que la capacidad de infiltración es constante durante toda la tormenta. A esta capacidad de infiltración se le llama índice de infiltración media  $\phi$ . Cuando se tiene un registro simultáneo de precipitación y escurrimiento de una tormenta, el índice de infiltración media se calcula de la siguiente manera:
3. Del hidrograma de la avenida se separa el gasto base y se calcula el volumen de escurrimiento directo con la siguiente fórmula:

$$Ved = \frac{(te) (3600) (QE)}{2}$$

Dónde:

$Ved$ = Volumen de escurrimiento directo

$te$ = tiempo de escurrimiento

3600= segundos en una hora

$QE$ = Gasto efectivo (gasto pico — gasto base)

4. Se calcula la altura de lluvia en exceso o efectiva  $hpe$  como el volumen de escurrimiento directo dividido entre el área de la cuenca:

$$hpe = \frac{Ved}{Ac}$$

Dónde:

$hpe$ = Lluvia efectiva

$Ved$ = Volumen de escurrimiento directo

$Ac$ = Área de la cuenca

5. Se calcula el índice de infiltración media trazando una línea horizontal en el hietograma de la tormenta, de tal manera que la suma de las alturas de precipitación que queden arriba de esa línea sea igual a  $hpe$ . El índice de infiltración media  $\phi$  será entonces igual a la altura de precipitación correspondiente a la línea horizontal dividida entre el intervalo de tiempo  $\Delta t$  que dure cada barra del hietograma.
6. Con el criterio de la infiltración media se supone que las pérdidas son proporcionales a la intensidad de la lluvia, esto es:

$$f = (1 - Ce)i, \quad o \text{ sea,} \quad r = Cei$$

Donde la constante de proporcionalidad  $Ce$ , sin unidades, se denomina coeficiente de escurrimiento. Otra manera de escribir la ecuación es:

$$Ce = \frac{ved}{vll} \quad o \quad Ved = (Ce)(Vll)$$

Dónde:

$Ce$ = Coeficiente de escurrimiento

$Ved$ = Volumen de escurrimiento directo

$Vll$ = Volumen de lluvia

## CUESTIONARIO

1. ¿Cuáles son los factores que afectan la capacidad de infiltración?
2. ¿Qué se necesita para calcular la infiltración de una cuenca?
3. ¿Cuál es la clasificación de los infiltrómetros?
4. ¿Por qué es necesario conocer la capacidad de infiltración en una cuenca?
5. ¿Qué es una mesa hidrológica?
6. ¿Existe alguna relación de las variables climatológicas con la capacidad de infiltración de un suelo? ¿Por qué?
7. ¿Cuál de los métodos propuestos cree que es el más confiable en cuanto a resultados? ¿Por qué?

## REFERENCIAS

- ✓ APARICIO, M. F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México, D.F.: Ediciones LIMUSA. Pág. 177-201.
- ✓ CAMPOS, A. D. F. (1998). *Procesos del ciclo hidrológico*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Disponible en: <http://books.google.com.mx/books?id=tkUYqd0Aac8C&pg=SA6-PA2&dq=capacidad+de+infiltracion+de+un+acuifero&hl=es-419&sa=X&ei=QMt6U4X4HsGhqAb974DYCw&ved=0CD0Q6AEwBA#v=onepage&q=capacidad%20de%20infiltracion%20de%20un%20acuifero&f=false>
- ✓ NOTICIA: *Cuenta UNICACH con moderno equipo para estudios hidrológicos*. (2013) [https://www.flickr.com/photos/unicach\\_informa/8736680800/](https://www.flickr.com/photos/unicach_informa/8736680800/)
- ✓ NOVADIDACTA. *Características de un sistema de entrenamiento en hidrología*. En línea: [http://novadidacta.com.mx/produtos-categoria-produto.php?id\\_cate=28&id\\_sub=200&id\\_prod=1274](http://novadidacta.com.mx/produtos-categoria-produto.php?id_cate=28&id_sub=200&id_prod=1274)
- ✓ SOLÍS, M. J. (2007). *Análisis beneficio/costo de obras de protección contra inundación, tramo del río Alseseca en la colonia Hacienda*. Tesis profesional de maestría. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería y Ciencias. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/solis\\_m\\_j/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/solis_m_j/capitulo2.pdf)
- ✓ UNAM. (2012). *Práctica 3: Relación precipitación-escurrimiento*. Hidrología. Laboratorio de hidráulica. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <http://dicyg.fi-c.unam.mx/~hidraulica/HG/3HG13-2.pdf>



## **INTRODUCCIÓN**

Un pozo es un hoyo profundo que se hace en tierra, especialmente para extraer agua procedente de las formaciones geológicas que almacenan este líquido de manera subterránea (acuíferos). Siempre que exista infiltración procedente de las precipitaciones, los poros o fisuras del terreno estarán llenos de agua (“saturados”) hasta un determinado nivel que se denomina superficie freática o nivel de aguas freáticas (NAF). Cuando esta superficie es cortada por un pozo, el nivel dentro del mismo coincidirá con la superficie freática, en este punto se habla del nivel freático o nivel piezométrico (Sánchez-San Román, 2017).

El estudio de las superficies piezométricas permite obtener información básica sobre el movimiento y comportamiento del agua subterránea, como es el caso de la dirección del flujo del agua subterránea, la ubicación de zonas de recarga y descarga del acuífero, la existencia de heterogeneidades hidráulicas tales como cambios de permeabilidad dentro de una misma formación litológica o cambios de acuífero, la existencia de niveles acuíferos libres y confinados, superpuestos, adyacentes y colgados, así también de la existencia de flujos verticales o laterales entre formaciones distintas, etc (Manzano, 2008).

Las medidas piezométricas pueden ser:

- Instantáneas
- Continúas no registradas
- Continúas registradas

Las medidas piezométricas instantáneas se realizan mediante la denominada "sonda de nivel" que se basan en la observación de la profundidad del agua mediante el cierre de un circuito eléctrico cuando un elemento detector establece contacto con el agua.

## OBJETIVO

Interpretar la red de flujo de agua subterránea de una zona a partir de las superficies piezométricas utilizando los piezómetros para identificar los niveles de acuíferos existentes y el tipo (libre o confinado), el sentido del gradiente hidráulico y del flujo entre los distintos niveles acuíferos y las zonas de recarga y descarga.

### NORMAS DE SEGURIDAD

Tipo de riesgo	Cómo evitarlo	Cómo proceder en caso de accidente
Revisar anexo 8		

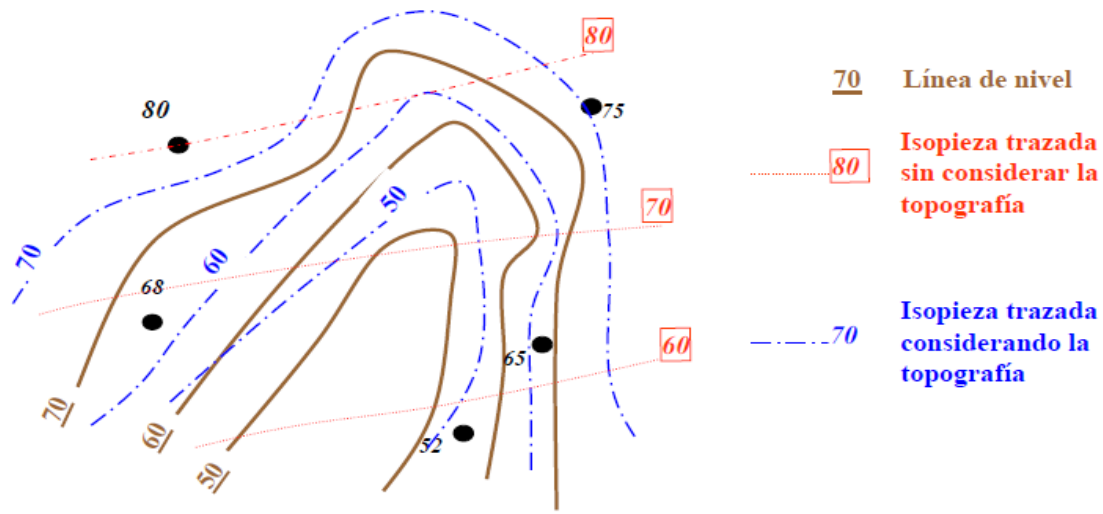
### NORMAS DE BIOSEGURIDAD

Tipo de desechos	Cómo descartarlos	Tipo de contenedor
Revisar anexo 7		

## MÉTODO

1. Identificar el área de monitoreo piezométrico de un cierto acuífero.
2. Determinar las distancias en los distintos puntos de observación sean "simultáneas" entendiéndose por tales a aquéllas que se realizan dentro de un período de tiempo tan corto que no se presuman variaciones debidas a recargas o fuertes bombeos. La observación de las variaciones de nivel piezométrico en un cierto punto proporciona información sobre la respuesta del acuífero a procesos de recarga o de extracción, así como sobre la tendencia en el almacenamiento.
3. Dibujar las isopiezas (también se conoce como isobatas o isolíneas) del acuífero a partir de valores puntuales del nivel piezométrico medido en un conjunto de puntos discretos (pozos, sondeos, manantiales) (ver Figura 11). El trazado de las isopiezas requiere:
  - i. Que los valores de nivel (freático o piezométrico) medidos con el piezómetro correspondan a un mismo acuífero.
  - ii. Que estén expresados en cotas absolutas (m sobre el nivel del mar).

iii. Que sea coherente con la topografía de la zona.



**Figura 12.** Ejemplo de la representación de las isopiezas. Fuente: (Manzano Arellano, 2008).

4. El fundamento del método es interpolar valores entre puntos cercanos y trazar líneas que unan puntos de igual piezometría.
5. En cada línea isopieza debe figurar su valor.
6. El sentido del flujo del agua es desde líneas de mayor altura piezométrica hacia líneas de menor altura piezométrica, en la dirección de la máxima pendiente, es decir, perpendicularmente a las mismas. Así, es posible, dibujar flechas que indican el sentido del flujo.

## CUESTIONARIO

1. ¿En qué casos se utilizan los limnógrafos y los limnímetros?
2. ¿Para qué se aplican los piezómetros en los pozos?
3. ¿Cuál es la diferencia de nivel freático y nivel piezométrico?
4. ¿Por qué crees tú que es necesario determinar el nivel piezométrico de los pozos?
5. Informa la evolución espacial de la profundidad del agua desde la superficie del terreno así como del sentido y dirección del agua subterránea.

6. De acuerdo a los resultados ¿es posible inferir la dirección o zonas de subsidencia o abatimientos del NAF del acuífero en cuestión?

## REFERENCIAS

- ✓ Sánchez-San Román, Francisco Javier. (2017). Universidad de Salamanca. Conceptos fundamentales de hidrogeología. Disponible en: [http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos\\_Hidrogeol.pdf](http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf)
- ✓ AQUACLUB. (s.f). *Nivel piezométrico*. En línea: <http://acuclub.wikispaces.com/NIVEL+PIEZOM%C3%89TRICO>
- ✓ MANZANO, Arellano M. (2008). *Práctica 2: Trazado e interpretación de superficies piezométricas*. Hidrología Subterránea. Universidad Politécnica de Cartagena. Disponible en: [http://www.upct.es/~minaeees/practica2\\_explicacion.pdf](http://www.upct.es/~minaeees/practica2_explicacion.pdf)

## INTRODUCCIÓN

La prueba de aforo tiene por objeto establecer cuál es el caudal óptimo al que se debe



Figura 13. Aforador y en la medición de caudales. Fuente: Gancio, (2015).

explotar un pozo (ver Figura 13). Es la operación que culmina la construcción del mismo, pero es también una operación de rutina en la rehabilitación de pozos, ya que, por lo general, los pozos rehabilitados cambian sus condiciones de operación y por consecuencia es necesario conocerlo (ver Figura 14) (Villanueva e Iglesias, 2006).

A continuación se describen los principales términos empleados en el aforo de pozos (Pineda *et al*, 2004):

es el nivel en el cual se estabiliza el agua dentro del pozo.

**Nivel estático:** es la distancia vertical medida en metros, desde el brocal del pozo hasta el nivel libre del agua cuando no está siendo bombeado; es decir,

**Nivel dinámico o de bombeo:** es la distancia vertical medida en metros, desde el brocal del pozo hasta el nivel al cual se mantiene el agua cuando es bombeada a cualquier velocidad. Este nivel es variable y cambia de acuerdo al gasto que está siendo extraído.

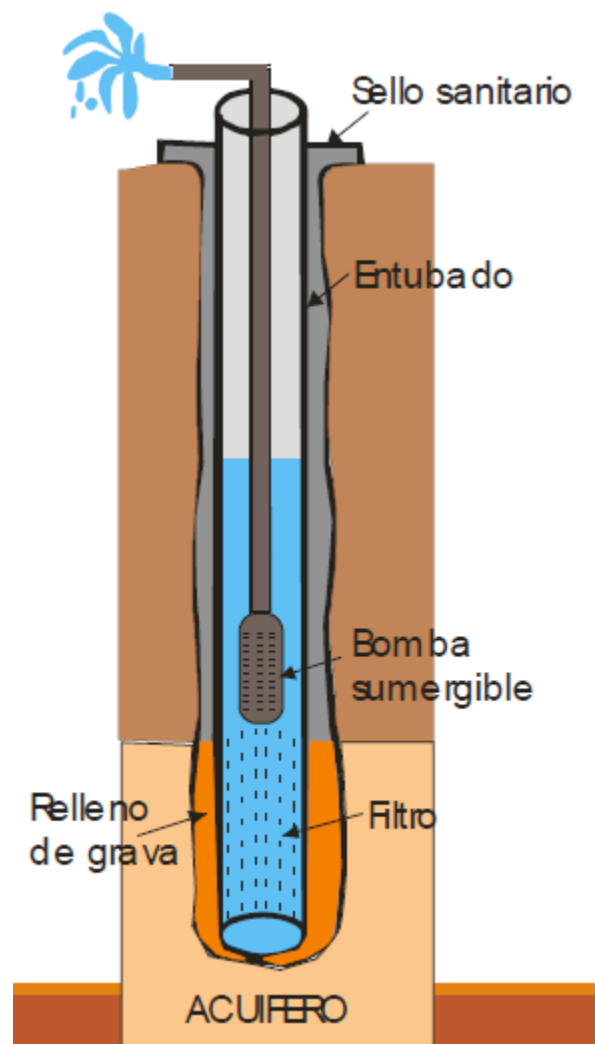
**Abatimiento:** es la diferencia en metros entre el nivel estático y el nivel de bombeo; o sea la distancia vertical medida en metros que desciende el nivel estático de un pozo bajo la influencia del bombeo.

**Gasto o caudal:** es el volumen de agua que produce un pozo en la unidad de tiempo; se expresa en litros por segundo (l/s)

**Nivel de recuperación:** son las distancias verticales medidas en metros desde el brocal del pozo, hasta los niveles libres del agua a partir del momento que fue suspendido el bombeo y alcance su estabilización.

**Recuperación:** es el lapso medido en la unidad de tiempo, que tarda en estabilizarse el nivel de recuperación.

**Capacidad específica:** es la relación que existe entre la producción del pozo, medida en litros por segundo y su correspondiente abatimiento por metro (l.p.s/metro).



*Figura 14.* Estructura de un pozo. Fuente: Gancio, (2015).

## OBJETIVO

Aprender a medir el volumen de agua que puede proveer un pozo en un tiempo determinado (litros por segundo) y de este modo descubrir el gasto, nivel de bombeo y explotación máximos.

## NORMAS DE SEGURIDAD

Tipo de riesgo	Cómo evitarlo	Cómo proceder en caso de accidente
Revisar anexo 8		

## NORMAS DE BIOSEGURIDAD

Tipo de desechos	Cómo descartarlos	Tipo de contenedor
Revisar anexo 7		

## MÉTODO

1. Se emplean bombas tipo turbina, accionadas por un motor de combustión capaz de variar revoluciones, por lo general entre 900 r.p.m. y 2000 r.p.m
2. Se determina el diámetro del pozo, para conocer su área.
3. Determinar la longitud necesaria para que la bomba no succione aire al abatirse el nivel dinámico
4. Además de la bomba, se debe contar con un tacómetro de contacto, una sonda, preferentemente eléctrica, con cable suficiente, y un dispositivo de medición de caudal, que consiste, por lo general, en un tubo con orificio calibrado y piezómetro.
5. Se toma el tiempo en que se llega a su nivel de abatimiento, y el tiempo en que se recupera.
6. Se aplica la fórmula de caudal, que divide el volumen del pozo entre el tiempo de llenado.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Dónde:

Q= caudal en litros por segundo

T= tiempo de llenado en segundos.

V= volumen

7. Cuando la capacidad del depósito es pequeña y el caudal a aforar es considerable, el tiempo de llenado puede ser tan reducido que el dato obtenido carecerá de precisión.
8. Un buen aforo por este sistema se obtiene a partir de los 20 segundos de tiempo de llenado.
9. Si la capacidad del depósito utilizado es muy grande se plantean problemas de transporte y manipulación.

## CUESTIONARIO

1. ¿Por qué es importante aforar un pozo?
2. ¿Qué métodos se utilizan para medir el gasto de un pozo?
3. ¿Cómo se denomina la diferencia entre el nivel estático y el nivel de bombeo de un pozo?
4. Volumen de agua que produce un pozo en cierta unidad de tiempo:
5. ¿Qué aforo utilizaste y cuáles fueron tus resultados?
6. Según la zona de extracción, ¿cree usted que existen lugares donde se debe controlar el gasto de extracción? ¿cuál es el principal motivo?

## REFERENCIAS

- ✓ CUSTODIO, E. & LLAMAS, R., 1983: *Hidrología Subterránea*. Tomo I. 1157p. Ed. Omega. Barcelona.
- ✓ FALCONI, G. C. (2009). *Manual para aforo y desinfección del agua*. Quito, Ecuador. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/14341773/MANUAL-PARA-AFORO-Y-DESINFECCION-DEL-AGUA>
- ✓ PINEDA, Neida; Jaimes E.; Mejías, J. y Mendoza J. (2004). *Sistematización de procesos para estudios de aforo de pozos de agua subterránea en áreas sujetas a la adquisición de datos sísmicos*. Interciencia. Vol. 29, Núm. 1, Enero, 19-25pp. Venezuela. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/339/33908806.pdf>
- ✓ VILLANUEVA, Martínez M. e Iglesias, L. A. (2006). *Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo*. Pozos y Acuíferos. Instituto geológico y minero de España. Disponible en: [http://www.igme.es/biblioteca/Libros\\_agotados/pozos\\_acuiferos\\_2.pdf](http://www.igme.es/biblioteca/Libros_agotados/pozos_acuiferos_2.pdf)



## GLOSARIO

Abatimiento: se refiere a la reducción del nivel del agua en un pozo debido a una extracción sostenida. El abatimiento es una función de las propiedades del acuífero (conductividad hidráulica,  $k$ ) y las características del pozo incluyendo su construcción.

Acuicludo: formaciones geológicas que pudiendo contener agua no la transmiten y por lo tanto no es posible su extracción.

Acuífero: formaciones de gran porosidad y permeabilidad, capaces de almacenar y transmitir agua en forma apreciable. Como conductos de transmisión transportan el agua subterránea de las aéreas de recarga hacia lagos, cauces y pantanos, manantiales, pozos y otras estructuras de captación.

Acuífugo: formaciones geológicas que no están aptas para almacenar ni transmitir el agua subterránea, son impermeables.

Acuitardo: son formaciones geológicas semipermeables, que transmiten el agua muy lentamente y que resulta muy difícil su extracción mediante obras de captación, pero que son importantes para la recarga de acuíferos subyacentes.

Aforo: es la acción de medir el caudal de una corriente.

Agua de retención: (a) agua procedente de la lluvia que queda retenida o bien en la vegetación o bien en el suelo constituyendo lagunas. (b) La tensión superficial, con que el agua es retenida por el suelo se debe a dos tipos de fuerzas:

- Adhesión: entre el suelo y el agua.
- Cohesión: entre las moléculas de agua.

Este tipo de fuerzas, que dependen de la superficie de contacto entre las partículas, justifican por que los suelos de textura fina (mayor superficie de contacto) retienen más agua que los de textura gruesa.

Agua gravítica o gravífica: es el agua que temporalmente ocupa los poros más grandes, en los cuales las fuerzas gravíficas son mayores a las capilares, esta agua no es retenida por el suelo emigrando a la zona saturada o como flujo subsuperficial.

Balance hidrológico: Proceso de análisis mediante el cual se realiza un balance entre las disponibilidades de agua y los consumos o necesidades.

Capacidad de infiltración: es la velocidad con la que el agua penetra en el suelo a través de su superficie.

Caudal: volumen de agua corriente que discurre por un cauce en un punto determinado.

Conductividad hidráulica: se refiere a la facilidad que tiene un acuífero en dejar pasar el agua dependiendo de las características del medio (porosidad, tamaño, forma y arreglo de las partículas, compactación) y del fluido (viscosidad). Unidades: m/día

Cribar: acción de separar un material diminuto de los gruesos por medio de una criba.

Cuenca hidrológica: es la unidad estructural que almacena un manto acuífero, por consiguiente, de ella dependerá la circulación subterránea y las reservas.

Edáfico: término utilizado para representar muestras de suelo.

Espesor saturado: es la distancia entre la base del acuífero y el nivel freático (en acuífero libre) o el techo del acuífero (en acuífero confinado).

Estación hidrométrica: Estación en la cual se obtienen datos del agua, en los ríos, lagos y embalses, de uno o varios de los elementos siguientes: niveles, flujo de las corrientes, transporte y depósito de sedimentos y propiedades físicas, químicas y bacteriológicas del agua.

Geohidrología: es el estudio geológico de las aguas subterráneas, su distribución, almacenamiento y circulación.

Granulometría: es la ejecución de cálculos e instrumentos para obtener la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas de los suelos y así conocer

Hidrograma: Gráfica que muestra la variación del nivel, caudal, velocidad o de otras características de las corrientes de agua, con respecto al tiempo.

Hietograma: (a) Mapa o plano que representa la distribución temporal o zonal de la precipitación. (b) Gráfico que muestra la intensidad de la precipitación en función del tiempo.

Histograma: Diagrama de frecuencia de una variable en el que se trazan rectángulos cuya área es proporcional a la frecuencia de clase. Está dibujado sobre un eje horizontal cuya escala es igual al intervalo de clase.

Horizonte: se denomina así a las capas de suelo dentro de la corteza terrestre, debido al proceso de meteorización y descomposición de las rocas durante un tiempo geológico determinado.

Infiltración: es el agua de precipitación que en su descenso por el suelo, ocupa parcial o totalmente los poros o fisuras del suelo y rocas.

Infiltrómetros: dispositivos que permiten medir la capacidad del suelo para retener agua después de una precipitación.

Isopiezas: Línea que conecta en un mapa los puntos con igual nivel piezométrico, en un manto freático o en un acuífero confinado.

Limnígrafos: Aparato que registra gráficamente las fluctuaciones de los niveles de agua en forma continua.

Limnímetro: Regla graduada que se instala en el río para leer las fluctuaciones de los niveles de agua.

Mesa Hidrológica: equipo diseñado para simular la precipitación y el flujo del agua dentro de una cuenca ofreciendo una clara visualización de patrones de flujo.

Motor de combustión: Es aquel que es capaz de transformar en movimiento la energía proveniente de la combustión de sustancias adecuadas, denominadas combustibles.

Nivel freático: (a) es el nivel estático del agua en los pozos que penetra en la zona de saturación. (b) También se conoce como manto freático, capa freática, napa subterránea o tabla de agua; es el nivel en donde tanto el suelo como las rocas se encuentran permanentemente saturados, es la línea de división entre la zona de aireación y la zona de saturación de los acuíferos, el nivel freático, puede encontrarse en la superficie formando lagos, ríos, manantiales y pantanos.

Nivel piezométrico: corresponde en los acuíferos libres a la altura de la superficie libre de agua sobre el nivel del mar, y, en los acuíferos confinados, corresponde a la presión existente y la altura que alcanzaría el agua sobre un punto del acuífero en el cual se encuentra o un pozo o un sondeo hasta equilibrarse con la presión atmosférica.

Permeabilidad: es la capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es mínima o nula. Unidades: m/seg o cm/seg.

Piezómetro: (a) Instrumento que se usa para medir la compresibilidad de los líquidos. (b) Es un tubo sellado longitudinalmente, abierto por su parte inferior de modo que pueda intercambiar agua con el acuífero, y abierto a la atmósfera por su parte superior. Se usa para medir el nivel piezométrico en un punto del acuífero.

Pluviógrafo: es el aparato que mide la cantidad de agua caída y el tiempo en que ésta ha caído. Está diseñado para determinar la intensidad de la lluvia durante largos periodos de tiempo

Porosidad: es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total de la roca o suelo.

Pozo: es una perforación vertical, en general de forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que la profundidad. El agua penetra a lo largo de las paredes creando un flujo de tipo radial. Se acostumbra clasificar a los pozos en “poco profundos o someros” y “profundos”

Refractario: se dice del recipiente de material resistente a altas temperaturas, que no altera su estructura ni composición.

Tacómetro: dispositivo que mide el número de vueltas o revoluciones de un eje.

Tamizar: acción de colar un material sobre un tamiz.

Tensiómetro: aparato para medir la tensión superficial de los líquidos.

Transmisividad o transmisibilidad: (a) Se refiere a la cantidad de agua que puede ser transmitida horizontalmente por el espesor saturado del acuífero:  $T = (k)$  (b).

(b) Es el producto del espesor saturado de dicho acuífero y la conductividad hidráulica (K). Se mide en una unidad de superficie dividida en una unidad de tiempo. Tiene dimensiones:  $m^2/día$ ;  $m^2/seg$ . En otras palabras, transmisividad (T), es el volumen de agua que atraviesa una banda de acuífero de ancho unitario en la unidad de tiempo y bajo la carga de un metro. Es representativa de la capacidad que tiene el acuífero para ceder agua.

Zona saturada: es aquella en donde los poros de un acuífero están completamente rellenos de agua. En esta zona, la presión del agua es superior a la de la atmósfera.

## BIBLIOGRAFÍA DIGITAL

- ANÓNIMO. (2010). Granulometría de Suelos. En línea:  
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Granulometria-De-Suelos/763754.html>
- APARICIO, M. F. J. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. México, D.F.: Ediciones LIMUSA. Págs. 17-18; 177-201.
- AQUACLUB. (s.f). Nivel piezométrico. En línea:  
<http://acuclub.wikispaces.com/NIVEL+PIEZOM%C3%89TRICO>
- AQUASERVICE. (2016) ¿Qué es la geohidrología? En línea:  
<http://www.siquierovivirmejor.com/2016/06/09/que-es-la-geohidrologia/>  
[Fecha de consulta: 20/02/2018]
- BARRÓN HOYOS, José Luis; Méndez Ferratt Alejandro y Kitazawa Armendariz, Eduardo. (1985). *Diseño, perforación y equipamiento de pozos profundos*. Universidad de Sonora. Escuela de Ingeniería, 202 h.; Tesis (Ingeniero civil). Disponible en: <http://bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=2706>. [Fecha de consulta: 14/01/2018].
- CALVO, A. J. C. (2010). Introducción al balance hídrico. En línea:  
[http://cicg.ucr.ac.cr/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&mp;gid=9&Itemid=8](http://cicg.ucr.ac.cr/index.php?option=com_docman&task=cat_view&mp;gid=9&Itemid=8)
- CAMPOS, A. D. F. (1998). Procesos del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Disponible en:  
<http://books.google.com.mx/books?id=tkUYqd0Aac8C&pg=SA6-PA2&dq=capacidad+de+infiltracion+de+un+acuifero&hl=es-419&sa=X&ei=QMt6U4X4HsGhqAb974DYCw&ved=0CD0Q6AEwBA#v=onepage&q=capacidad%20de%20infiltracion%20de%20un%20acuifero&f=false>
- CONAGUA. (2015a). Estadísticas del Agua en México. México. pp. 58 y 81. Recuperado desde:  
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2015-ALTA.pdf>  
[Fecha de consulta: 27-Agosto-2016].

- CONAGUA. (2015b). NUM3RAGUA. México. p. 31. Recuperado desde: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/NUMERAGUA2015.pdf> [Fecha de consulta: 28-Agosto-2016].
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, R., 1983: Hidrología Subterránea. Tomo I. 1157p. Ed. Omega. Barcelona.
- DUQUE-ESCOBAR Gonzalo y Escobar-Potes Carlos. (2002). Estructura del suelo y granulometría. p. 24-25. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/4/cap3.pdf>
- ECURED. (2018). Granulometría. En línea: <http://www.ecured.cu/index.php/Granulometr%C3%ADa>
- EPYESA, Exploración, perforación y estudios del subsuelo S.A. de C.V. (2017). Geohidrología. En línea: <http://epyesa.com/geohidrologia/>
- ESPINOZA, C. (2004). Propiedades físicas del agua subterránea y acuíferos II. Disponible en: <http://www.cec.uchile.cl/~ci51j/txt/Apuntes/Tema04.pdf>
- FALCONI, G. C. (2009). Manual para aforo y desinfección del agua. Quito, Ecuador. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/14341773/MANUAL-PARA-AFORO-Y-DESINFECCION-DEL-AGUA>
- GIL, Juan. (2011). Recursos Hidrogeológicos. p. 3. Disponible en: <https://geologiaextremadura.blogspot.com/2012/12/recursos-hidrogeologicos-por-juan-gil.html> [Fecha de consulta: 22-Agosto-2016].
- Glosario de Riego. En línea: <https://www.riego.org/glosario/tag/geohidrologia/> [Fecha de consulta: 20/02/2018].
- GONZÁLEZ Sonia, Del Río Cinthya y Guerrero Claudia. (2011). Prácticas de laboratorio de remediación de suelos y acuíferos. Instituto Politécnico Nacional. UPIBI. p. 38 Disponible en: [http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/Material%20Didactico/Manuales%20de%20Pr%C3%A1cticas/AMBIENTAL/Manual%20practicas%20remediacion%205%20Oct%2011%20IMPRIMIR%20\(1\).pdf](http://www.biblioteca.upibi.ipn.mx/Archivos/Material%20Didactico/Manuales%20de%20Pr%C3%A1cticas/AMBIENTAL/Manual%20practicas%20remediacion%205%20Oct%2011%20IMPRIMIR%20(1).pdf)
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INE). (2003). Paisajes hidrológicos y balance hídrico de la cuenca Lerma-Chapala. Disponible en:

- [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/estudio\\_hidrologico\\_clch.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/estudio_hidrologico_clch.pdf).  
Pág. 10-12.
- JUNCOSA, R. (s.f). Hidrología I. Universidad de la Coruña. Disponible en:  
[http://caminos.udc.es/info/ asignaturas/grado\\_itop/415/pdfs/HSS-2013-3%20Fundamentos%20Hidrologia%20Subterranea-.pdf](http://caminos.udc.es/info/ asignaturas/grado_itop/415/pdfs/HSS-2013-3%20Fundamentos%20Hidrologia%20Subterranea-.pdf) [Fecha de consulta: 23-Agosto-2016].
- MANZANO, Arellano M. (2008). Práctica 2: Trazado e interpretación de superficies piezométricas. Hidrología Subterránea. Universidad Politécnica de Cartagena. Disponible en:  
[http://www.upct.es/~minaees/practica2\\_explicacion.pdf](http://www.upct.es/~minaees/practica2_explicacion.pdf)
- NOTICIA: Cuenta UNICACH con moderno equipo para estudios hidrológicos. (2013)  
[https://www.flickr.com/photos/unicach\\_informa/8736680800/](https://www.flickr.com/photos/unicach_informa/8736680800/)
- NOVADIDACTA. Características de un sistema de entrenamiento en hidrología. En línea:  
[http://novadidacta.com.mx/productos-categoria-producto.php?id\\_cate=28&id\\_sub=200&id\\_prod=1274](http://novadidacta.com.mx/productos-categoria-producto.php?id_cate=28&id_sub=200&id_prod=1274)
- PINEDA, Neida; Jaimes E.; Mejías, J. y Mendoza J. (2004). Sistematización de procesos para estudios de aforo de pozos de agua subterránea en áreas sujetas a la adquisición de datos sísmicos. Interciencia. Vol. 29, Núm. 1, Enero, 19-25pp. Venezuela. Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/pdf/339/33908806.pdf>
- PRICE, Michael. (2012). Agua subterránea. Limusa. México, D.F.
- Sánchez-San Román, Francisco Javier. (2017). Universidad de Salamanca. Conceptos fundamentales de hidrogeología. Disponible en:  
[http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos\\_Hidrogeol.pdf](http://hidrologia.usal.es/temas/Conceptos_Hidrogeol.pdf)
- Servicio Geológico Mexicano. (2016) ¿Qué es la hidrogeología? Disponible en:  
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157801/Que-es-la-Hidrogeologia.pdf> [Fecha de consulta: 15/03/2018].
- SHIVA, Vandana. (2003). Las guerras del agua. Privatización, contaminación y lucro. Editorial Siglo XXI.
- SOLÍS, M. J. (2007). Análisis beneficio/costo de obras de protección contra inundación, tramo del río Alseseca en la colonia Hacienda. Tesis profesional



- de maestría. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería y Ciencias. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/solis\\_m\\_j/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/solis_m_j/capitulo2.pdf)
- UNAM. (2012). Práctica 3: Relación precipitación-escorrentía. Hidrología. Laboratorio de hidráulica. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <http://dicyg.fi-c.unam.mx/~hidraulica/HG/3HG13-2.pdf>
- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO. (2004). Análisis granulométrico. Grupo de geotecnia. Disponible en: [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/granulometria.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/granulometria.pdf)
- UPC. Universidad Politécnica de Cataluña. (2005). *Conceptos básicos hidrogeológicos*. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3407/5/41239-5.pdf> [Fecha de consulta: 14/11/2017].
- URIBE, Omar. (2009). Recursos hídricos en regiones hidrológicas. Instituto Politécnico Nacional. p. 63. Disponible en: [http://tesis.bnct.ipn.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/3899/1/uribe\\_hernandez\\_omar.pdf](http://tesis.bnct.ipn.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/3899/1/uribe_hernandez_omar.pdf)
- VALENCIA, C. M. (2010). Tema 4: Propiedades hidráulicas de los acuíferos. Curso de introducción a las aguas subterráneas. Disponible en: <http://www.aguassub.com/aguassubpdf/TEMA%20-PROPIEDADES%20HIDRAULICAS%20DE%20LOS%20ACUIFEROS.PDF>
- VEGA Granillo, Lourdes. (2005). Infiltración, Disponible en: <http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/lvega/ARCHIVOS/INFIL.htm>
- VÉLEZ, María Victoria. (1999). Hidráulica de Aguas Subterráneas. Universidad Nacional de Colombia. 2ª. Edición. 40-41; 60-62, 66 pp.
- VÉLEZ, O. M. V. & Vásquez A. L. M. (2004). Métodos para determinar la recarga de acuíferos. Primer Congreso Colombiano de Hidrogeología, Medellín, Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4442/1/EA3760.pdf>

VILLANUEVA, Martínez M. e Iglesias, L. A. (2006). Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Pozos y Acuíferos. Instituto geológico y minero de España. Disponible en: [http://www.igme.es/biblioteca/Libros\\_agotados/pozos\\_acuiferos\\_2.pdf](http://www.igme.es/biblioteca/Libros_agotados/pozos_acuiferos_2.pdf)

## ANEXOS

ANEXO 1: ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de las aguas nacionales subterráneas del acuífero Arriaga-Pijijiapan, clave 0711, en el Estado de Chiapas, Región Hidrológico-Administrativa Frontera Sur. DOF: 11/07/2016. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5444234&fecha=11/07/2016](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5444234&fecha=11/07/2016)

ANEXO 2: ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero Cintalapa, clave 0705, en el Estado de Chiapas, Región Hidrológico-Administrativa Frontera Sur. DOF: 28/04/2016. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5434916&fecha=28/04/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5434916&fecha=28/04/2016)

ANEXO 3: ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero Comitán, clave 0707, en el Estado de Chiapas, Región Hidrológico-Administrativa Frontera Sur. DOF: 26/04/2016. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5434538&fecha=26/04/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5434538&fecha=26/04/2016)

ANEXO 4: ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de las aguas nacionales subterráneas del acuífero Ocosingo, clave 0715, en el Estado de Chiapas, Región Hidrológico-Administrativa Frontera Sur. DOF: 07/07/2016. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5443857&fecha=07/07/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5443857&fecha=07/07/2016)

ANEXO 5: ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de las aguas nacionales subterráneas del Acuífero San Cristóbal Las Casas, clave 0712, en el Estado de Chiapas, Región Hidrológico-Administrativa Frontera Sur. Disponible: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5441870&fecha=21/06/2016&print=true](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5441870&fecha=21/06/2016&print=true)

ANEXO 6: ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de las aguas nacionales subterráneas del acuífero Soconusco, clave 0710, en el Estado de Chiapas, Región Hidrológico-Administrativa Frontera Sur. DOF: 22/06/2016. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5442147&fecha=22/06/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5442147&fecha=22/06/2016)

6

## **ANEXO 7. NORMAS DE SEGURIDAD Y BIOSEGURIDAD EN LABORATORIO**

Es importante que el estudiante conozca bien las normas de seguridad, bioseguridad y prevención de accidentes. Por ello es necesario que en la primera sesión de laboratorio, se realice un recordatorio de dichas normas y reglas para prevenir accidentes por parte del profesor y del técnico de laboratorio. Haciendo énfasis sobre los siguientes aspectos:

- Localización y uso del equipo de seguridad como regaderas de seguridad, lavabos para lavado de ojos y manos, garrafones de solución de bicarbonato de sodio e hidratantes para casos de emergencia.
- Localización y uso de equipo de emergencia, tales como válvulas de gas, o interruptores.
- Acciones y procedimientos que se deben llevar a cabo en casos de una emergencia.

## ANEXO 8. NORMAS DE SEGURIDAD EN PRÁCTICAS DE CAMPO

<b>CÓMO EVITARLO</b>	<b>CÓMO PROCEDER EN CASO DE ACCIDENTE</b>
Asistir puntualmente a las instalaciones o lugar de reunión que se determine para la realización de la práctica de campo.	<b>Acudir a urgencias del IMSS</b>
Llevar identificación oficial y credencial vigente de la UNICACH.	
Llevar carnet de servicio médico al que tengan derecho.	
Permanecer durante toda la práctica de campo o salida profesional con el grupo. Bajo ninguna circunstancia, podrá quedarse un alumno en sitios distintos a los marcados en la práctica de campo.	
Durante la realización de la práctica de campo los participantes deberán usar el equipo, accesorios y ropa de protección que corresponda.	
Cuidar de la seguridad y el buen comportamiento del grupo en general, durante el periodo que dure la práctica de campo, desde su lugar de inicio y hasta su regreso.	