

# CONTENIDO

FIGURAS	XIV
TABLAS	XVII
MATERIAL WEB	XXII
INTRODUCCIÓN	XXIII

## 1. Generalidades

---

1.1 Historia de la hidrología	26
1.2 Subáreas de la hidrología	27
1.3 El ciclo hidrológico	27
1.4 Balance global del agua	29

## 2. Tiempo atmosférico, clima e hidrología

---

2.1 La atmósfera y la hidrología	32
2.1.1 <i>Composición de la atmósfera</i>	32
2.1.2 <i>Estructura</i>	32
2.2 La radiación solar	33
2.2.1 <i>Distribución de la radiación solar</i>	33
2.2.2 <i>Variación de la radiación solar</i>	33
2.2.3 <i>La radiación solar y el ciclo hidrológico</i>	34
2.3 Temperatura	34
2.3.1 <i>Gradiente altitudinal de la temperatura</i>	34
2.4 Humedad atmosférica	35
2.4.1 <i>Origen de la humedad atmosférica</i>	36
2.4.2 <i>Propiedades del vapor de agua</i>	36
2.4.3 <i>Expresión de la humedad atmosférica</i>	37
2.5 El viento	38
2.6 Cambio climático	38
2.6.1 <i>Causas del cambio climático</i>	38

2.6.2	<i>Efectos del cambio climático en la hidrología y los recursos hídricos</i>	40
2.6.3	<i>Adaptación al cambio climático</i>	42
2.7	Resumen	43
2.8	Preguntas de repaso	43

### 3. La cuenca hidrográfica y su morfometría

---

3.1	Delimitación	46
3.1.1	<i>Delimitación automática empleando un SIG</i>	47
3.2	Morfometría de cuencas hidrográficas	48
3.2.1	<i>Características generales de la cuenca</i>	48
3.2.2	<i>Forma de la cuenca</i>	49
3.2.3	<i>Elevación y relieve</i>	51
3.2.4	<i>Red de drenaje</i>	57
3.2.5	<i>Tiempo de concentración</i>	60
3.3	Método Pfafstetter para la codificación de unidades hidrográficas	61
3.3.1	<i>Tipos de unidades hidrográficas</i>	61
3.3.2	<i>Proceso de codificación</i>	61
3.4	Resumen	64
3.5	Preguntas de repaso	65

### 4. Precipitación

---

4.1	Origen de la precipitación	68
4.2	Clasificación de la precipitación	68
4.2.1	<i>Precipitación convectiva</i>	69
4.2.2	<i>Precipitación orográfica</i>	70
4.2.3	<i>Precipitación por convergencia</i>	70
4.3	Factores que afectan la ocurrencia de la precipitación	70
4.3.1	<i>Latitud</i>	70
4.3.2	<i>Corrientes oceánicas</i>	71
4.3.3	<i>Proximidad a una fuente de humedad</i>	71
4.3.4	<i>Relieve</i>	74
4.3.5	<i>Condición de la superficie</i>	74
4.4	Variación de la precipitación	74
4.4.1	<i>Variación altitudinal de la precipitación</i>	74
4.4.2	<i>Variación estacional</i>	74
4.4.3	<i>Variación geográfica</i>	75
4.4.4	<i>Variación con el área de la cuenca</i>	75
4.5	Registros de la precipitación	75

4.6	Procesamiento de datos de precipitación	78
4.6.1	<i>Análisis de consistencia: curvas de doble masa</i>	78
4.6.2	<i>Estimación de información faltante</i>	80
4.7	<i>Precipitación media sobre un área (<math>P_m</math>)</i>	85
4.7.1	<i>Media aritmética</i>	85
4.7.2	<i>Polígonos de Thiessen</i>	85
4.7.3	<i>Distancia inversa</i>	87
4.7.4	<i>Curvas isoyetas</i>	87
4.8	Lluvias intensas	89
4.8.1	<i>Análisis de intensidad</i>	92
4.8.2	<i>Intensidades máximas para diferentes periodos de duración</i>	92
4.8.3	<i>Análisis de frecuencia</i>	97
4.8.4	<i>Curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF)</i>	101
4.8.5	<i>Ecuaciones de intensidad</i>	102
4.8.6	<i>Intensidad sobre un área</i>	104
4.8.7	<i>Hietogramas de diseño</i>	105
4.9	Precipitación máxima probable	106
4.10	Resumen	112
4.11	Preguntas de repaso	114

## 5. Infiltración

---

5.1	El proceso de la infiltración	118
5.2	Factores que influyen en la infiltración	118
5.2.1	<i>Condiciones de la superficie</i>	119
5.2.2	<i>Condiciones del perfil del suelo</i>	119
5.2.3	<i>Condiciones meteorológicas</i>	119
5.3	Medida de la infiltración	119
5.4	Estimación de la infiltración	120
5.4.1	<i>Capacidad de infiltración. Ecuación de Horton</i>	121
5.4.2	<i>Modelo de Green – Ampt</i>	122
5.4.3	<i>Índice de infiltración media</i>	123
5.4.4	<i>Coefficiente de escurrimiento</i>	126
5.4.5	<i>Método del número de la curva</i>	128
5.5	Resumen	132
5.6	Preguntas de repaso	138

## 6. Evaporación y evapotranspiración

---

6.1	Evaporación	142
-----	-------------	-----

6.1.1	<i>Factores que afectan la evaporación</i>	143
6.1.2	<i>Medición de la evaporación</i>	144
6.1.3	<i>Cálculo de la evaporación desde la superficie libre de un cuerpo de agua</i>	144
6.2	Transpiración	146
6.3	Evapotranspiración	147
6.3.1	<i>Medida de la evapotranspiración</i>	148
6.3.2	<i>Cálculo de la evapotranspiración</i>	149
6.4	Balance hídrico	162
6.5	Resumen	164
6.6	Preguntas de repaso	164

## 7. Esguerrimiento

---

7.1	Aforo de corrientes	168
7.2	Métodos de aforo	168
7.2.1	<i>Aforo con flotadores</i>	169
7.2.2	<i>Método área pendiente</i>	169
7.2.3	<i>Aforo con correntómetro o molinete</i>	171
7.2.4	<i>Perfilador acústico Doppler (ADCP)</i>	178
7.3	Curva de descarga	181
7.4	Representación característica de caudales	183
7.4.1	<i>Curva de duración general</i>	183
7.4.2	<i>Curva de variación estacional</i>	188
7.5	Cálculo de caudales de crecida aplicando métodos estadísticos	188
7.5.1	<i>Método de Gumbel</i>	192
7.5.2	<i>Método de Lebediev</i>	193
7.5.3	<i>Método de Nash</i>	195
7.6	Resumen	197
7.7	Preguntas de repaso	197

## 8. Relaciones lluvia-escurrimiento

---

8.1	Hidrogramas	204
8.1.1	<i>Elementos de un hidrograma</i>	204
8.1.2	<i>Separación del flujo base</i>	205
8.2	Hidrograma unitario	206
8.2.1	<i>Hidrograma unitario con datos observados</i>	207

8.3	Obtención de hidrogramas con diferente duración efectiva	210
8.3.1	<i>Curva S</i>	210
8.3.2	<i>Obtención del hidrograma unitario a partir de la curva S</i>	213
8.4	Hidrograma unitario sintético	213
8.4.1	<i>Hidrograma unitario sintético de Snyder</i>	213
8.4.2	<i>Hidrograma unitario triangular</i>	217
8.4.3	<i>Hidrograma unitario adimensional del NRCS</i>	218
8.4.4	<i>Método de Ven Te Chow</i>	219
8.5	Método racional	222
8.5.1	<i>Coefficiente de escorrentía</i>	223
8.5.2	<i>Intensidad de lluvia</i>	223
8.5.3	<i>Tiempo de concentración</i>	223
8.6	Estimación de caudales medios mensuales	223
8.6.1	<i>Modelo de Témez</i>	223
8.7	Resumen	225
8.8	Preguntas de repaso	226

## 9. Tránsito de avenidas

---

9.1	Tránsito hidrológico a través de cauces	230
9.1.1	<i>Método de Muskingum</i>	230
9.1.2	<i>Método de Muskingum-Cunge</i>	232
9.2	Tránsito en embalses	237
9.2.1	<i>Tránsito mediante el método del reservorio lineal</i>	237
9.3	Resumen	240
9.4	Preguntas de repaso	240

## 10. Agua subterránea

---

10.1	Acuíferos	246
10.2	Capacidad de producción de agua de un acuífero	246
10.3	Flujo de agua subterránea	248
10.4	Hidráulica de pozos	249
10.4.1	<i>Hidráulica de un pozo en régimen estacionario</i>	249
10.4.2	<i>Flujo no permanente: método de Theis</i>	251
10.5	Resumen	256
10.6	Preguntas de repaso	256

## 11. Producción y transporte de sedimentos

---

11.1	Clasificación de los sedimentos	260
11.2	Propiedades de los sedimentos	260
11.3	Producción de sedimentos	261
11.4	Cálculo de la producción de sedimentos	261
11.4.1	<i>Factor de erosividad de la lluvia R</i>	262
11.4.2	<i>Factor de erodabilidad del suelo</i>	262
11.4.3	<i>Factor de longitud y grado de la pendiente</i>	263
11.4.4	<i>Factor de cobertura del suelo</i>	264
11.4.5	<i>Factor de práctica de control de la erosión</i>	266
11.5	Transporte de sedimentos	267
11.5.1	<i>Tipos de transporte</i>	267
11.5.2	<i>Ecuaciones para el cálculo del transporte de material en la capa de fondo</i>	268
11.5.3	<i>Ecuaciones para el cálculo del transporte total de fondo</i>	273
11.5.4	<i>Curva de descarga sólida</i>	274
11.6	La relación de Lane	277
11.7	Depósito de sedimentos en reservorios	277
11.7.1	<i>Eficiencia de captura de sedimentos</i>	277
11.7.2	<i>Vida útil de un reservorio</i>	278
11.8	Muestreo de los sedimentos	279
11.9	Resumen	281
11.10	Preguntas de repaso	281

## 12. Modelos hidrológicos

---

12.1	Sistema hidrológico	286
12.2	Modelos hidrológicos	286
12.2.1	<i>Clasificación de los modelos hidrológicos</i>	287
12.2.2	<i>Modelos hidrológicos y escalas</i>	288
12.3	Etapas de implementación de un modelo hidrológico	289
12.3.1	<i>Selección o construcción del modelo</i>	289
12.3.2	<i>Análisis de sensibilidad</i>	289
12.3.3	<i>Calibración del modelo</i>	290
12.3.4	<i>Validación</i>	290
12.4	Modelos hidrológicos disponibles	291
12.5	Resumen	294
12.6	Preguntas de repaso	294

## 13. HydroVLab: laboratorio virtual de hidrología

---

13.1 Estructura del HydroVLab	298
13.2 Simulación de procesos	298
13.2.1 <i>Infiltración</i>	298
13.2.2 <i>Evapotranspiración</i>	299
13.2.3 <i>Lluvia escorrentía</i>	300
13.2.4 <i>Tránsito de avenidas</i>	300
13.2.5 <i>Modelo de lluvia escorrentía</i>	301
13.2.6 <i>Hidráulica de pozos en régimen permanente</i>	301
13.2.7 <i>Hidráulica de pozos de régimen no permanente</i>	302
13.2.8 <i>Producción de sedimentos</i>	302
13.2.9 <i>Transporte de sedimentos</i>	303
13.2.10 <i>Modelización estocástica (series temporales)</i>	303
13.3 Análisis de datos	304
13.3.1 <i>Análisis probabilístico</i>	304
13.3.2 <i>Análisis de correlación</i>	304
13.4 Diseño	304
13.4.1 <i>Diseño del cauce regulado y control de torrentes</i>	304
13.4.2 <i>Hidráulica de canales</i>	305
13.6 Resumen	305

<b>Referencias</b>	307
--------------------	-----

---

<b>Respuestas a las preguntas de repaso</b>	309
---	-----

---