

Contenido

Contenido.....	I
Índice de tablas.....	III
Índice de figuras.....	IV
1. Introducción.....	1
2. El sistema hidrológico.....	2
3. Descarga del Programa QGIS.....	4
4. Descarga del MDT.....	5
5. Empezando con QGIS.....	7
5.1. Combinar las capas necesarias para cubrir la zona de interés.....	9
5.2. Sistemas de referencia.....	10
6. Obtención de las características hidrológicas de la cuenca.....	12
7. Obtención de los cauces de la cuenca.....	15
8. Descarga de HEC-HMS.....	17
9. Características generales del modelo HEC-HMS.....	18
10. Trazado manual de la cuenca vertiente.....	20
11. Resolviendo casos sencillos con HEC-HMS.....	21
11.1. Cálculo del impacto de una urbanización en parte de una cuenca.....	21
Circulación de una avenida por un cauce.....	23
12. Generación de cuencas en HEC-HMS.....	25
13. Preparación de datos climáticos.....	31
13.1. Obtención de datos del SAR de la Junta de Andalucía.....	31
13.2. Obtención de los datos característicos para el modelo hidrológico.....	34
13.3. Completado de la serie de datos.....	38
13.4. Obtención de las precipitaciones máximas de cada año.....	38
14. Determinación de las características probabilísticas de la precipitación.....	40
14.1. Distribuciones de valor extremo.....	40
15. Caso 1: Evaluación de la avenida máxima.....	42
15.1. Precipitaciones máximas para cierto periodo de retorno.....	42
15.2. Creación de un modelo meteorológico en HEC HMS.....	43
15.3. Especificación de los datos de la cuenca para el análisis de seguridad.....	44
15.4. Incorporación de datos a shp a partir de mapas ráster.....	46
15.5. Recortar capas vectoriales.....	48
15.6. Conversión de lluvia a escorrentía.....	49
15.7. Ejecución del caso.....	50

16. Caso 2 Evaluación de recursos.....	52
16.1. Creación de un modelo meteorológico para evaluación de recursos.....	52
16.2. Completado de datos de suelo para el SMA	53
16.3. Intervención del dosel y cubierta del suelo.....	54
16.4. Datos del almacenamiento del suelo	58
16.5. Conversión de la lluvia en escorrentía.....	64
16.6. Flujo de base.....	65
16.7. Secciones de paso de los cauces	66
16.8. Circulación de la avenida.	68
16.9. Ejecución de la simulación.....	70
16.10. Resultados disponibles	71
16.11. Balance de la cuenca y recursos disponibles.....	74
Referencias	79
Anexo I datos de la Cuenca	81
Vegetación	81
Almacenamiento en suelo	81
Infiltración	82
Generación de escorrentía	82
Flujo de base	83
Circulación por cauces.....	83
Infiltración en cauces	83
Anexo II Creación de un embalse.....	84
Evaluación del vaso.....	84

Índice de tablas

Tabla 1	Datos medios anuales para cada año hidrológico completo.....	35
Tabla 2	Años ordenados de menor a mayor precipitación para obtención del año mediana.....	37
Tabla 3	Precipitaciones máximas diarias para la estación de Níjar.....	42
Tabla 4	Valores máximos ordenados, probabilidad de ocurrencia (p) y variable reducida (y)	42
Tabla 5	Precipitaciones asociadas a cada periodo de retorno	42
Tabla 6	Intensidades máximas para diferentes duraciones y periodos de retorno en Níjar	43
Tabla 7	Cantidades de precipitación máximas (P) para diferentes duraciones (t) y periodos de retorno (T) en Níjar	43
Tabla 8	Almacenamiento en dosel y en superficie del suelo en cada tipo de cubierta	55
Tabla 9	Resumen de los valores hidrológicos de los diferentes suelos. Horizonte A.....	59
Tabla 10	Resumen de los valores hidrológicos de los diferentes suelos. Horizonte C.....	60
Tabla 11	Recarga superficial anual de la cuenca Rambla Morales (Almería)	76
Tabla 12	Recarga anual desde los cauces en la cuenca Rambla Morales (Almería)	77
Tabla 13	Balance medio de la cuenca (Hm ³)	77
Tabla 14	Tabla de elevaciones, superficie y volumen	86

Índice de figuras

Figura 1	Búsqueda e instalación de QGIS.....	4
Figura 2	Imagen de la página de descargas del portal de información Ambiental de la Junta de Andalucía.....	5
Figura 3	Imagen de las carpetas con información topográfica.....	6
Figura 4	Carpetas de descarga de información topográfica.....	6
Figura 5	Selección de la descarga deseada.....	6
Figura 6	Imagen inicial de QGIS.....	7
Figura 7	Icono del Administrador de fuentes de datos.....	7
Figura 8	Pantalla de entrada al administrador de fuentes de datos.....	8
Figura 9	Selección de mapas ráster con MDT.....	8
Figura 10	Aspecto de las capas importadas.....	8
Figura 11	Aspecto de la cascada de ventanas de la herramienta Combinar.....	9
Figura 12	Herramienta combinar ráster.....	9
Figura 13	Selección de capas para combinar.....	9
Figura 14	Proceso de la herramienta combinar.....	10
Figura 15	Capa ráster conteniendo un único archivo que combina todas las capas individuales.....	10
Figura 16	Ejecución de la herramienta r.watershed.....	12
Figura 17	Aspecto de algunas capas generadas por la herramienta r.watershed.....	13
Figura 18	Aspecto de la herramienta r.water.outlet.....	13
Figura 19	Perímetro de la cuenca generado por el comando r.water.outlet.....	14
Figura 20	Herramienta r.stream.extract.....	15
Figura 21	Capa vectorial resultado de la herramienta r.strem.extract.....	15
Figura 22	Capa shp resultado de eliminar los cauces que no interesa analizar.....	16
Figura 23	Aspecto de la pantalla inicial del Modelo HEC-HMS.....	18
Figura 24	Trazado manual de las cuencas vertientes.....	20
Figura 25	Crear una cuenca.....	21
Figura 26	Procesos y datos de la subcuenca.....	21
Figura 27	Modelo meteorológico y sus opciones.....	22
Figura 28	Datos de lluvia.....	22
Figura 29	Especificaciones de control.....	22
Figura 30	Resumen de resultados para la subcuenca 1.....	23
Figura 31	Configuración del problema una vez incluida la alteración.....	23
Figura 32	Datos para el caso de circulación mediante el método de Muskingum.....	24
Figura 33	Hidrogramas entrante y saliente.....	24
Figura 34	Creación de un nuevo proyecto en HEC-HMS 4-10.....	25
Figura 35	creación de una cuenca.....	25
Figura 36	Inserción de un modelo del terreno.....	25
Figura 37	Selección de un MDT.....	26
Figura 38	Selección del MDT en la cuenca Basin1.....	26
Figura 39	Advertencia sobre el sistema de referencia.....	26
Figura 40	Imagen del modelo de elevaciones una vez incorporado.....	27
Figura 41	Construir paredes en el MDT.....	27
Figura 42	Posicionado de los cauces con mediante un archivo externo.....	27
Figura 43	Advertencia sobre fill sinks.....	28
Figura 44	Resultado mostrando las posibles hondonadas.....	28
Figura 45	Advertencia sobre Preprocessing Drainage.....	28

Figura 46	Menú de preprocesos	28
Figura 47	Área vertiente mínima para definir un cauce.....	29
Figura 48	Selección del punto final de la cuenca	29
Figura 49	Indicar letras para nombrar los elementos de la cuenca.....	30
Figura 50	Vista de los elementos encontrados por el Modelo.....	30
Figura 51	Exportación del mapa de subcuencas para su posterior proceso en QGIS.....	30
Figura 52	Pantalla de entrada a las estaciones agroclimáticas del SAR.....	31
Figura 53	Selección de una estación agroclimática.....	32
Figura 54	Datos generales de la estación	32
Figura 55	Datos disponibles y selección de la descarga	33
Figura 56	Aspecto general de los datos descargados.....	33
Figura 57	Cambiar puntos por comas para adecuar el sistema de decimales	34
Figura 58	Determinación del año, mes y día a partir de la fecha	34
Figura 59	Uso de la función promedio.si	34
Figura 60	Valores medios anuales para cada variable en función del año hidrológico.....	36
Figura 61	Evolución de la temperatura máxima diaria en un año cualquiera y en el año promedio.	36
Figura 62	Aspecto de la tabla de precipitaciones diarias clasificadas por años hidrológicos	38
Figura 63	Serie anual de precipitaciones máximo diarias	39
Figura 64	Creación de un modelo meteorológico de precipitación extrema en HEC-HMS..	43
Figura 65	Selección de las características del modelo.....	44
Figura 66	Creación de una copia de la cuenca	44
Figura 67	Menú para incorporar características de las subcuencas y cauces.....	45
Figura 68	Características de las subcuencas.....	45
Figura 69	Características de los cauces	45
Figura 70	Mapa ráster del número de curva.....	46
Figura 71	Valores de CN para cada subcuenca.....	47
Figura 72	Guardar la tabla de atributos como hoja excel.....	47
Figura 73	Inserción de los datos en el modelo HEC-HMS.....	47
Figura 74	Opciones de rásterización y porcentaje de zona impermeable	48
Figura 75	Tiempos de retraso calculados mediante la ecuación de Manning.....	49
Figura 76	Especificaciones de control para el caso de seguridad en la cuenca.....	50
Figura 77	Generación del ejecutable (Simulation Run).....	50
Figura 78	Resumen de resultados de la cuenca	50
Figura 79	Ejemplo de salida gráfica para una de las subcuencas estudiadas	51
Figura 80	Aspecto de la pantalla de selección de lluvia y evapotranspiración.....	52
Figura 81	Datos de precipitación para el modelo meteorológico.....	53
Figura 82	Esquema de circulación del modelo SMA	53
Figura 83	Selección de las características del dosel.....	54
Figura 84	Mapa de cubiertas simplificado	54
Figura 85	Creación de nuevos campos para calcular la interceptación y el almacenamiento superficial del suelo	55
Figura 86	Calculadora de campos y selección de una función condicional	55
Figura 87	Calculadora de campos. Selección de los campos que se analizan	56
Figura 88	Calculadora de campos. Función para calcular el almacenamiento máximo	56
Figura 89	Almacenamiento máximo en dosel.....	57
Figura 90	Almacenamiento superficial del suelo.....	57
Figura 91	Evolución del coeficiente de cultivo (kc) natural para matorral.....	57

Figura 92	Evolución del coeficiente de cultivo (kc) a lo largo del tiempo de cálculo.....	58
Figura 93	Asignación de la serie del coeficiente de cultivo (kc) a cada subcuenca.	58
Figura 94	Pantalla para completar los datos del suelo en el modelo SMA.....	58
Figura 95	Suelos de la zona de estudio	59
Figura 96	Unión de tablas a una capa shp	60
Figura 97	Resultado de la unión de una tabla de atributos y una hoja Excel.....	61
Figura 98	Almacenamiento máximo (mm) para la zona de estudio.....	61
Figura 99	Proceso de incorporación de datos a la tabla de datos de HEC-HMS	61
Figura 100	Aspecto de la tabla de datos completada	61
Figura 101	Mapas ráster de las propiedades del suelo y subsuelo.....	62
Figura 102	Mapa litológico de la zona	62
Figura 103	Permeabilidad de los materiales geológicos (Fuente: Freeze, R.A. and Cherry, J.A. , 1979)	63
Figura 104	Porosidad de varios materiales geológicos. (Fuente: Domenico,& Schwartz. 1997)	63
Figura 105	Permeabilidad y almacenamiento en la capa subsuperficial 2.....	63
Figura 106	Completado manual de la tabla de atributos del shp de litología	64
Figura 107	Aspecto de la pantalla de datos para el hidrograma de Clark.....	64
Figura 108	Parámetros para el Hidrograma de Clark en nuestra cuenca	65
Figura 109	Aspecto de los datos de flujo de base calculados	65
Figura 110	Instalación de Profile Tool	66
Figura 111	Aspecto de la pantalla de Profile Tool.....	66
Figura 112	Sección seleccionada en QGIS	67
Figura 113	Sección que se muestra en la herramienta QGIS	67
Figura 114	Creación de una serie de datos pareados tipo Cross Section.....	67
Figura 115	Aspecto de la tabla de una sección de paso con 8 puntos.....	68
Figura 116	Secciones de paso creadas en este ejemplo.....	68
Figura 117	Datos necesarios para circular la avenida por el método de Muskingum-Cunge	69
Figura 118	Aspecto de la pantalla de infiltración en cauces.....	69
Figura 119	Especificaciones de control para un año hidrológico	70
Figura 120	Selección de las componentes de un ejecutable.....	70
Figura 121	Proceso de ejecución de la simulación.....	71
Figura 122	Resumen de resultados para cada elemento.	71
Figura 123	Grafico de lluvia-escorrentía de una subcuenca	72
Figura 124	Resultados disponibles para cada subcuenca	72
Figura 125	Resumen gráfico de una subcuenca.....	73
Figura 126	Aspecto de la tabla resumen de resultados para una subcuenca.	73
Figura 127	Ejemplo de salidas gráficas proporcionadas por el modelo: Outflow, canopy overflow, canopy ET, soil infiltración, Almacenamiento del suelo, percolación, Escorrentía directa, flujo de base, recarga del acuífero.	73
Figura 128	Ejemplo de tabla de datos para el resultado recarga de acuífero.	74
Figura 129	Opciones de control para cada año hidrológico.....	74
Figura 130	Especificaciones de control para la serie completa.....	75
Figura 131	Variación del almacenamiento de agua en el suelo a lo largo de la serie para la subcuenca sb4.....	75
Figura 132	Aspecto de la salida gráfica de un embalse	75
Figura 133	Evolución de la recarga al acuífero desde la subcuenca sb4	76
Figura 134	Recarga superficial anual de la cuenca Rambla Morales (Almería)	76
Figura 135	Recarga anual desde los cauces en la cuenca Rambla Morales (Almería).....	77

Figura 136 MDT recortado en el entorno de la zona húmeda	84
Figura 137 Curvas de nivel generadas en el entorno de la zona inundable	84
Figura 138 Polígono delimitando la zona inundable	85
Figura 139 Aspecto de la pantalla donde se encuentra el paso de líneas a polígonos.....	85
Figura 140 Aspecto de la calculadora de campos para añadir la superficie de cada recinto..	86
Figura 141 Colocación del embalse en su lugar	87
Figura 142 Opciones de salida de agua por un embalse.....	87
Figura 143 Datos para rellenar los diferentes tipos de salida de agua por un embalse.....	87
Figura 144 Aspecto de la pantalla de salida de un embalse	88