

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO
AMBIENTE

PROGRAMA DE DOCTORADO DE INGENIERÍA DEL AGUA Y
MEDIOAMBIENTAL



TESIS DOCTORAL

MODELACIÓN PARSIMONIOSA Y ESPACIALMENTE
DISTRIBUIDA DE LOS PROCESOS DE ACUMULACIÓN Y
FUSIÓN DE NIEVE

Autor:

ISMAEL OROZCO MEDINA

Director:

Dr. FÉLIX FRANCÉS GARCÍA

Valencia, España 2014

Índice de contenido

SÍMBOLOS	28
RESUMEN	31
1. INTRODUCCIÓN.....	38
1.1. Problemática	39
1.2. Motivación y alcance de la investigación.....	41
1.3. Objetivos.....	41
1.3.1. General.....	41
1.3.2. Específicos	42
1.4. Estructura de la tesis.....	42
2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO EN MODELACIÓN DE LA FUSIÓN	44
2.1. Fundamentos.....	44
2.1.1. Nevada.....	44
2.1.2. El manto de nieve	46
2.1.3. Propiedades de la nieve	50
2.2. Antecedentes históricos.....	51
2.3. Métodos utilizados en la cuantificación de la fusión.....	53
2.3.1. Balance de energía.....	54
2.3.2. Grado-día.....	61
2.3.3. Métodos híbridos	67
2.4. Modelación hidrología de la fusión	70
2.4.1. Modelos determinísticos.....	71
2.5. Proyecto DMIP2	74
3. METODOLOGÍA.....	79
3.1. Modelo hidrológico TETIS	80
3.1.1. Modelo de fusión original.....	81
3.2. Conceptualizaciones híbridas de fusión.....	82
3.2.1. Híbrido 1	82

3.2.2.	Híbrido 2.....	84
3.2.3.	Híbrido 3.....	84
3.3.	Mapas para la variabilidad de los factores de fusión.....	85
3.3.1.	Mapa de índices de radiación.....	86
3.3.2.	Mapa de factores de fusión.....	87
3.4.	Calibración automática.....	89
3.4.1.	Algoritmo SCE-UA.....	89
3.4.2.	Calibración automática de los parámetros.....	91
4.	DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO.....	93
4.1.	Cuencas en Sierra Nevada.....	93
4.1.1.	Información hidrometeorológica.....	95
4.1.2.	Información geográfica.....	104
4.1.3.	Mapas derivados del DEM.....	107
4.1.4.	Estimación de parámetros del modelo TETIS.....	108
4.2.	Cuenca mediterránea de Contraix.....	112
4.2.1.	Información hidrometeorológica recogida.....	115
4.2.2.	Información geográfica.....	118
4.2.3.	Mapas derivados del DEM y parámetros del modelo.....	120
4.3.	Mapas MIR.....	121
4.4.	Mapas MDDF.....	125
5.	RESULTADOS: VARIABILIDAD DE LOS FACTORES DE FUSIÓN Y SU EFECTO EN LA MODELACIÓN.....	127
5.1.	Modelación hidrológica en Sierra Nevada.....	128
5.1.1.	Calibración de los modelos.....	130
5.1.2.	Validación de los modelos.....	138
5.1.3.	Comparación de caudales con modelos DMIP2.....	143
5.2.	Análisis de la variabilidad de los factores de fusión en Sierra Nevada	
	144	
5.2.1.	Modelos de fusión con mapas MIR.....	144
5.2.2.	Modelos de fusión con mapas MDDF y MIR.....	148

5.3. Modelación de la nieve en Sierra Nevada.....	150
5.3.1. Validación de la acumulación de nieve.....	151
5.3.2. Validación espacial del manto de nieve.....	156
5.3.3. Comparación de las SWE con modelos DMIP2	157
5.3.4. Comparación del modelo homogéneo y los modelos híbridos de fusión implementados	159
5.3.5. Influencia de la temperatura base	168
5.4. Efectos de la variabilidad de los factores de fusión en una cuenca pequeña	174
5.4.1. Calibración de los modelos	174
5.4.2. Validación de los modelos.....	177
5.4.3. Variabilidad de los factores de fusión.....	181
5.4.4. Efectos de la variabilidad frente a un valor homogéneo.....	183
6. CONCLUSIONES.....	187
6.1. Futuras líneas de investigación	193
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	194
ANEJOS.....	217
A. Trabajo de campo en la cuenca de Contraix.....	217
A.1. Primera visita de campo.....	217
A.2. Segunda visita de campo.....	217
A.2.1. Muestras de suelo.....	218
A.2.2. Cuerpos de agua.....	235
A.2.3. Filtraciones	237
A.2.4. Cauces	240