

# CONTENIDO GENERAL

---

## CAPÍTULO 1

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>- 1 -</b>
1.1 Contexto .....	- 1 -
1.1.1 La hipótesis de estacionaridad .....	- 3 -
1.1.2 El análisis de frecuencia de crecidas con enfoque no estacionario .....	- 5 -
1.1.3 La variabilidad climática de baja frecuencia en las variables hidrológicas .....	- 7 -
1.2 Motivación de la investigación .....	- 9 -
1.3 Alcance .....	- 10 -
1.4 Objetivo principal .....	- 11 -
1.5 Contenido y estructura de la tesis .....	- 11 -

## CAPÍTULO 2

<b>FENÓMENOS DE MACROESCALA Y SU INFLUENCIA EN LAS VARIABLES HIDROLÓGICAS</b> -	<b>13 -</b>
2.1 Las escalas climáticas .....	- 13 -
2.1.1 Escala de tormenta .....	- 14 -
2.1.2 Mesoescala .....	- 14 -
2.1.3 Escala sinóptica .....	- 14 -
2.1.4 Macroescala .....	- 14 -
2.2 Fenómenos de macroescala .....	- 15 -
2.2.1 Descripción general de los fenómenos de macroescala seleccionados para el estudio ...-	16 -
2.2.2 Oscilación del Atlántico Norte .....	- 17 -
2.2.3 Oscilación Ártica .....	- 18 -
2.2.4 Oscilación del Mediterráneo .....	- 19 -
2.2.5 Oscilación del Mediterráneo Occidental .....	- 19 -
2.2.6 Fenómeno ENSO .....	- 20 -
2.3 Efectos del ENSO a nivel mundial .....	- 22 -
2.4 Fenómenos de macroescala que afectan Europa .....	- 23 -
2.5 Fenómenos de macroescala influyentes en la hidroclimatología Ibérica .....	- 25 -
2.5.1 Influencia de la NAO .....	- 25 -
2.5.2 Influencia de otros patrones de baja frecuencia .....	- 27 -
2.6 Fenómenos de macroescala y el comportamiento hidrológico de ríos en la Península Ibérica .....	- 29 -
2.7 Influencia de fenómenos de macroescala en los regímenes de crecidas .....	- 30 -
2.7.1 En el mundo .....	- 31 -
2.7.2 En la Península Ibérica .....	- 32 -
2.8 Las variables macroclimáticas como posibles herramientas de predicción en caudales -	33 -

## CAPÍTULO 3

<b>ESTADO ACTUAL DEL ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CRECIDAS</b> .....	<b>- 35 -</b>
3.1 Análisis de frecuencia .....	- 35 -
3.1.1 El análisis de frecuencia en Hidrología .....	- 36 -
3.2 Modelos estadísticos estacionarios .....	- 36 -
3.2.1 Esquemas en la implementación de modelos estadísticos estacionarios para el estudio de crecidas .....	- 37 -
3.3 Modelación no estacionaria .....	- 38 -
3.3.1 Modelo con distribuciones de probabilidad con componentes mixtas .....	- 39 -
3.3.2 Modelos de tendencias temporales en los parámetros de las distribuciones .....	- 40 -

3.3.3	Modelos de tendencias temporales en los momentos estadísticos de las distribuciones	- 43 -
3.3.4	Modelos no estacionarios en un contexto regional	- 43 -
3.3.5	Método del cuantil de regresión	- 44 -
3.3.6	Método de verosimilitud local	- 45 -
3.3.7	Modelos estocásticos	- 46 -
3.3.8	Modelos no estacionarios en un marco Bayesiano	- 47 -
3.3.9	Modelos con la combinación de modelación determinística y la incorporación de datos climáticos simulados	- 49 -
3.4	Comentarios sobre los modelos no estacionarios	- 50 -

## CAPÍTULO 4

<b>CASO DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>- 53 -</b>	
4.1	Descripción general de la zona de estudio	- 53 -
4.2	Los regímenes de precipitación en la España peninsular	- 54 -
4.3	División de la zona de estudio	- 55 -
4.4	Origen de las crecidas en la España peninsular	- 56 -
4.5	Análisis de la Información	- 57 -
4.5.1	Información hidrológica	- 57 -
4.5.2	Clasificación de los regímenes de crecidas	- 60 -
4.5.3	Distribución mensual de las crecidas máximas anuales	- 62 -
4.6	Normalización de las series de crecidas	- 64 -
4.7	Autocorrelación de las series de crecidas y las variables macroclimáticas	- 65 -
4.8	Impacto de los embalses en el régimen de crecidas	- 68 -

## CAPÍTULO 5

<b>5 ANÁLISIS DE LA ESTACIONARIDAD</b>	<b>- 75 -</b>	
5.1	Antecedentes	- 76 -
5.2	Métodos estadísticos	- 77 -
5.2.1	Test de Pettitt	- 78 -
5.2.2	Test de Pearson	- 79 -
5.2.3	Test de Spearman	- 79 -
5.2.4	Test de Mann-Kendall	- 80 -
5.2.5	Exponente de Hurst	- 80 -
5.3	Resultados	- 82 -
5.3.1	Análisis de rupturas	- 82 -
5.3.2	Análisis de tendencias temporales	- 87 -
5.3.3	Análisis de persistencia	- 96 -
5.4	Influencia de forzamientos de origen climático y antropogénico en el comportamiento hidrológico de ríos en la España peninsular	- 97 -
5.5	Impacto de la no estacionaridad en el estudio de crecidas con el enfoque clásico estacionario	- 101 -

## CAPÍTULO 6

<b>TELECONEXIÓN ENTRE EL RÉGIMEN DE CRECIDAS Y LAS VARIABLES MACROCLIMÁTICAS: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN</b>	<b>- 105 -</b>	
6.1	Metodología	- 106 -
6.2	Métodos estadísticos	- 107 -
6.2.1	Test de Kendall Tau	- 107 -
6.2.2	Análisis de Funciones Ortogonales Empíricas	- 108 -
6.3	Resultados	- 110 -
6.3.1	Análisis de la influencia de los patrones de variabilidad climática de baja frecuencia en las crecidas mensuales	- 110 -

6.3.2	Análisis de la influencia de los patrones de variabilidad climática de baja frecuencia en las crecidas anuales .....	- 120 -
6.3.3	Influencia de los patrones de baja frecuencia en los meses de invierno en el régimen mensual de crecidas .....	- 126 -
6.3.4	Análisis de la influencia de las fases extremas en las variables macroclimáticas en los regímenes de crecidas .....	- 132 -
6.3.5	Análisis de Funciones Ortogonales Empíricas.....	- 136 -
6.3.6	Análisis de correlación no estacionario .....	- 148 -
6.4	Discusión de resultados.....	- 150 -

## CAPÍTULO 7

### TELECONEXIÓN ENTRE EL RÉGIMEN DE CRECIDAS Y LAS VARIABLES MACROCLIMÁTICAS:

<b>ANÁLISIS WAVELET .....</b>	<b>- 155 -</b>
7.1 Metodología del análisis <i>wavelet</i> .....	- 155 -
7.1.1 Antecedentes históricos de la transformada <i>wavelet</i> .....	- 155 -
7.1.2 Teoría de <i>wavelets</i> .....	- 156 -
7.1.3 Definición de <i>wavelets</i> .....	- 157 -
7.1.4 Transformada <i>wavelet</i> continua.....	- 157 -
7.2 Resultados .....	- 161 -
7.2.1 Análisis de los espectros de potencia <i>wavelet</i> .....	- 161 -
7.2.2 Análisis de los espectros cruzados <i>wavelet</i> y coherencia <i>wavelet</i> .....	- 167 -
7.3 Discusión de resultados.....	- 182 -

## CAPÍTULO 8

### MODELACIÓN NO ESTACIONARIA DE LOS RÉGIMENES DE CRECIDAS .....

<b>MODELACIÓN NO ESTACIONARIA DE LOS RÉGIMENES DE CRECIDAS .....</b>	<b>- 185 -</b>
8.1 Modelos aditivos generalizados en localización, escala y forma (GAMLSS) .....	- 186 -
8.1.1 Descripción de los GAMLSS .....	- 186 -
8.1.2 Distribuciones y términos aditivos.....	- 189 -
8.2 Alternativas de modelos .....	- 193 -
8.3 Casos de estudio .....	- 194 -
8.4 Implementación de los modelos en GAMLSS para las series de crecidas anuales.....	- 195 -
8.4.1 Modelo 0 (modelo estacionario).....	- 195 -
8.4.2 Modelo 1 (modelo de tendencia).....	- 196 -
8.4.3 Modelo 2 (modelo de covariables invernales) .....	- 201 -
8.4.4 Modelo 3 (modelo de componentes principales).....	- 206 -
8.4.5 Modelo 4 (modelo de covariables con rezago en la dependencia).....	- 211 -
8.5 Comparación entre los modelos estacionarios y no estacionarios .....	- 216 -
8.5.1 Comparación con observaciones .....	- 216 -
8.5.2 Comparación de cuantiles .....	- 219 -
8.5.3 Los modelos no estacionarios como herramientas predictivas.....	- 221 -
8.6 Modelación no estacionaria de los eventos de crecidas sobre un umbral .....	- 223 -
8.6.1 Análisis preliminar.....	- 224 -
8.6.2 Implementación de un modelo de regresión de Poisson en GAMLSS.....	- 227 -
8.6.3 Impacto de la variabilidad climática y los embalses en la frecuencia anual de las crecidas.....	- 230 -
8.7 Discusión de resultados.....	- 233 -

## CAPÍTULO 9

### CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....

<b>CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>- 237 -</b>
9.1 Conclusiones.....	- 237 -
9.2 Líneas de investigación futuras .....	- 244 -

<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>- 245 -</b>
<b>ANEJO A .....</b>	<b>- 261 -</b>
<b>ANEJO B.....</b>	<b>- 263 -</b>