

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	<b>ix</b>
<b>1. FENÓMENOS NATURALES</b>	<b>1</b>
1.1. Desarrollo sustentable y desastres naturales	1
1.2. El efecto invernadero	6
1.3. Deforestación	8
1.3.1. El valor de bosques y selvas	10
1.4. Incendios forestales	14
1.5. Desertificación	19
1.6. Fenómenos atmosféricos	27
1.6.1. El Niño	29
1.6.2. La Niña	34
1.6.3. La Oscilación Decadal del Pacífico (PDO)	35
<b>2. CARACTERÍSTICAS DE LAS SEQUÍAS</b>	<b>39</b>
2.1. Definición de Sequía	39
2.2. Definición de Aridez	40
2.3. Clasificación de las sequías	42
2.4. Impactos de las sequías	43
2.5. Índices propuestos para caracterizar una sequía	44
2.5.1. Porcentaje de la Normal	44
2.5.2. Variabilidad de la precipitación anual	45
2.5.3. Deciles de la precipitación	45
2.5.4. Índice de sequía de Palmer	46
2.5.5. Índice Palmer de sequía hidrológica (PHDI)	47
2.5.6. Índice de humedad en los cultivos (CMI)	48
2.5.7. Índice de precipitación estandarizada (SPI)	49
2.6. Análisis de series anuales	53
2.6.1. Secuencias de una serie de tiempo	53
2.6.2. Teoría de los promedios móviles	55
2.7. Análisis de series mensuales	56
<b>3. CONCEPTOS BÁSICOS DE PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA</b>	<b>73</b>
3.1. Conjuntos	73
3.1.1. Operaciones entre conjuntos	73
3.1.2. Teoremas relativos a conjuntos	74
3.1.3. Eventos condicionales	75
3.2. Experimentos aleatorios	75
3.3. Probabilidad	76

3.3.1.	Axiomas y teoremas de la teoría de probabilidades	76
3.3.2.	Probabilidad condicional	77
3.3.3.	Teorema de Bayes	78
3.4.	Reglas de conteo	78
3.5.	Variables aleatorias	79
3.6.	Distribuciones conjuntas	80
3.6.1.	Independencia entre variables aleatorias	82
3.6.2.	Operaciones entre variables aleatorias	83
3.6.3.	Distribuciones condicionales	84
3.7.	Esperanza matemática	84
3.7.1.	Momentos	85
3.8.	Técnicas de estimación de parámetros	87
3.8.1.	Método de los momentos	88
3.8.2.	Método de máxima verosimilitud	91
3.9.	Periodo de retorno	93
3.10.	Pruebas de homogeneidad	93
3.10.1.	Prueba estadística de Helmer	94
3.10.2.	Prueba estadística $t$ de Student	94
3.10.3.	Prueba estadística de Cramer	95
3.11.	Prueba de independencia de eventos	96
3.12.	Prueba de bondad de ajuste	97
3.13.	Proceso de normalización de Box-Cox de doble potencia	98
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS PUNTUAL DE GASTOS MÍNIMOS ANUALES</b>	<b>101</b>
4.1.	Análisis de frecuencias	101
4.2.	Distribución Log Normal con tres parámetros	103
4.3.	Distribución Gamma con tres parámetros	108
4.4.	Distribución de valores extremos tipo I (Gumbel) para mínimos	113
4.5.	Distribución Weibull	117
4.6.	Distribución general de valores extremos (GVE) para mínimos	124
4.7.	Distribuciones mezcladas	130
4.7.1.	Distribución Gumbel mixta o de dos poblaciones para mínimos (Gumixmin)	130
4.7.2.	Distribución de valores extremos de dos componentes (TCEV)	132
4.7.3.	Confiability de los eventos estimados con distribuciones mezcladas	133
4.8.	Gasto Ecológico	143
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS REGIONAL DE GASTOS MÍNIMOS ANUALES</b>	<b>149</b>
5.1.	Técnicas regionales	149
5.1.1.	Técnica de las estaciones-año	150
5.1.2.	Técnica de correlación y regresión múltiple	155
5.1.3.	Técnica de Dalrymple	160
5.1.4.	Método de estimación multivariada de valores extremos	162
5.2.	Análisis en confluencias de ríos	169

<b>6. ANÁLISIS DE SEQUÍAS METEOROLÓGICAS</b>	<b>179</b>
6.1. Secuencia de una serie de tiempo	179
6.2. Modelación de una serie de tiempo	180
6.2.1. Modelo autorregresivo anual AR(p)	184
6.2.1.1. Modelo autorregresivo anual AR(1)	186
6.2.1.2. Modelo autorregresivo anual AR(2)	187
6.2.2. Modelo autorregresivo periódico PAR(p)	197
6.2.2.1. Modelo autorregresivo periódico PAR(1)	198
6.2.2.2. Modelo autorregresivo periódico PAR(2)	199
6.2.3. Modelo autorregresivo anual de promedios móviles ARMA(1,1)	206
6.3. Análisis puntual de series anuales	208
6.4. Análisis regional de series anuales	215
<b>7. ANÁLISIS DE SEQUÍAS HIDROLÓGICAS</b>	<b>221</b>
7.1. Características de las series de tiempo hidrológicas	221
7.2. Modelación puntual de las características que definen una sequía	225
7.3. Modelación regional de las sequías hidrológicas	241
7.4. Análisis conjunto déficit máximo – duración	248
<b>8. ASPECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES DE LAS SEQUÍAS</b>	<b>253</b>
8.1. Introducción	253
8.2. Disponibilidad del agua	255
8.2.1. Disponibilidad per cápita del agua en México	258
8.3. Agricultura	260
8.3.1. Relación económica agua-producción agrícola	262
8.4. Ganadería	267
8.4.1. Relación económica agua-producción ganadera	269
8.5. Salud	274
8.5.1. Enfermedades transmitidas por el agua	274
8.5.2. Enfermedades con base en el agua	282
8.5.3. Enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua	286
8.5.4. Enfermedades vinculadas a la escasez de agua y los malos hábitos higiénicos	290
8.5.5. Relación económica agua-salud	292
8.6. Producción y servicios forestales	303
8.7. Medio Ambiente	303
8.8. Industria, comercio y aspectos financieros	304
8.9. Hambruna y seguridad alimentaria	306

<b>9. MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LAS SEQUÍAS</b>	<b>307</b>
9.1. Agua y pobreza	307
9.2. Planeación básica para la sequía	312
9.3. Vulnerabilidad y Riesgo	320
9.3.1. Información básica para la estimación del riesgo	333
<b>10. LA SEQUÍA EN MÉXICO</b>	<b>335</b>
10.1. Introducción	335
10.2. La historia de la sequía en México	337
10.3. La situación actual de los recursos hidráulicos de nuestro País	344
10.4. Caracterización de las sequías meteorológicas	352
10.5. Efectos de los fenómenos atmosféricos en las series de lluvia del País	363
<b>REFERENCIAS</b>	<b>373</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>381</b>
Volumen per cápita estimado para cada municipio de la República Mexicana	
<b>ANEXO B</b>	<b>431</b>
Clasificación de la sequía meteorológica de acuerdo con su intensidad y duración para cada Municipio de la República Mexicana	