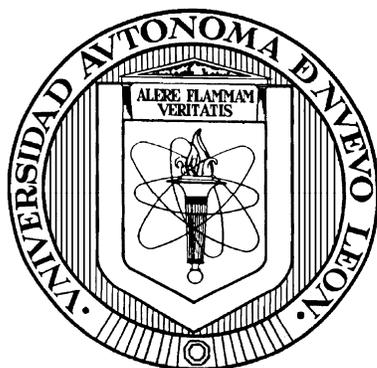


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**INDICADORES HIDROLÓGICOS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO, EN LA  
CUENCA DEL RÍO PILÓN (MÉXICO).**

**Por**

**DAVID CLEMENTE LÓPEZ PÉREZ**

**Como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRÍA EN CIENCIAS con Orientación en  
Ingeniería Ambiental**

**Diciembre 2011.**



**UANL**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

**"INDICADORES HIDROLÓGICOS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA  
DEL RÍO PILÓN"**

**Aprobación de la Tesis:**

**MC. RICARDO ALBERTO CAVAZOS GONZÁLEZ  
DIRECTOR DE LA TESIS**

**MC. ADRIAN LEONARDO FERRIÑO FIERRO  
CO DIRECTOR DE LA TESIS**

**MC. AMALIO CARDONA RODRÍGUEZ  
EVALUADOR DE LA TESIS**

**DR. PEDRO LEOBARDO VALDEZ TAMEZ  
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**





**UANL**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

**DR. PEDRO L. VALDÉZ TAMÉZ**  
**SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, U.A.N.L.**  
**Presente.-**

**Estimado Dr. Valdéz Tamez:**

Por este medio le comunico que el Ing. David Clemente López Pérez, pasante de la Maestría en Ciencias con Orientación en Ingeniería Ambiental, ha concluido satisfactoriamente su trabajo de tesis denominado ***"Indicadores Hidrológicos en el cambio climático en la cuenca del río Pilón (México)"***, por lo que no tengo inconveniente en solicitarle que amablemente gire las instrucciones para dar paso a los trámites correspondientes y atender la solicitud del Examen de Grado del Ing. David Clemente López Pérez para cumplir con los requisitos que exige el Reglamento de Exámenes Profesionales de nuestra institución.

Agradeciendo de antemano la atención brindada a la presente, me despido quedando a sus órdenes.

**Atentamente**

**M.C. Ricardo A. Cavazos González**  
**CD. UNIVERSITARIA, 07 DE DICIEMBRE 2011.**





# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**Oficio SDEPI-003-2012**

**ING. LÁZARO VARGAS GUERRA**

Director del Departamento de Escolar y de  
Archivo de la UANL  
Presente.-

Estimado Ing. Vargas:

Por este conducto me permito comunicarle que el **Ing. David Clemente López Pérez**, pasante de la **Maestría en Ciencias con Orientación en Ingeniería Ambiental**, ha solicitado su examen de grado, para lo cual a cubierto la totalidad de los requisitos académicos y administrativos que exige el Reglamento de Exámenes Profesionales y el Reglamento General de Estudios de Posgrado de nuestra Institución.

De la manera más atenta, le solicito su colaboración para que se dé el trámite correspondiente en el Departamento a su digno cargo.

Sin más por el momento, quedo a sus apreciables órdenes para cualquier duda o aclaración.

ATENTAMENTE,  
**"ALERE FLAMAM VERITATIS"**  
Cd. Universitaria a 9 de enero del 2012.

**DR. PEDRO L. VALDEZ TAMEZ.**  
Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación



SUB DIRECCION DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E INVESTIGACION

C.c.p. Archivo.  
Rtp.



Cd. Universitaria S/N, Apdo. Postal No. 17  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66450  
Tels y Fax: (81) 8376 3970, 8332 1902  
[www.ingenieriacivil.uanl.mx](http://www.ingenieriacivil.uanl.mx)



# UANL



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

## COMPROBANTE DE CORRECCIÓN

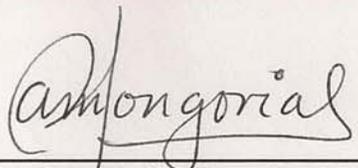
Tesista: DAVID CLEMENTE LÓPEZ PÉREZ

Tema de la tesis: INDICADORES HIDROLÓGICOS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DEL RÍO PILÓN.

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA.

Del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales: (NINGUNA)

Nombre y firma de quien corrigió:   
Arq. Ramón Longoria Ramírez



**DR. PEDRO L. VALDEZ TAMEZ**  
Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación

Ciudad Universitaria, a 9 de enero de 2012



Cd. Universitaria S/N, Apdo. Postal No. 17  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66450  
Tels y Fax: (81) 8376 3970, 8332 1902  
www.ingenieriacivil.uanl.mx



**UANL**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

**DR. PEDRO L. VALDÉZ TAMÉZ**  
**SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, U.A.N.L.**  
**Presente.-**

**Estimado Dr. Valdéz:**

En atención a su oficio en el que me informa que fui designado Co Director de la Tesis **"INDICADORES HIDROLÓGICOS EN EL CAMBIO CLIMATICO EN LA CUENCA DEL RÍO PILÓN"**, que presenta el Ing. **David Clemente López Pérez**, como requisito parcial para obtener el grado de Maestría con Orientación en Ingeniería Ambiental, me permito informar a Usted que después de haber leído y evaluado la calidad de la tesis, dictamino que la misma es **APROBADA**.

Sin otro en particular, le reitero mis distinguidas consideraciones y un afectuoso saludo.

**Atentamente**

**"ALERE FLAMMAM VERITATIS"**

**CD. UNIVERSITARIA, 5 DE ENERO 2012**

**M.C. ADRIAN LEONARDO FERRIÑO FIERRO**  
**CO DIRECTOR DE LA TESIS**



Cd. Universitaria S/N, Apdo. Postal No. 17  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 66450  
Tels. 8352 4969 Fax: 8376 0477  
<http://www.fic.uanl.mx/esp/iic>



**ORGANISMO DE CUENCA RÍO BRAVO  
COMISION NACIONAL DEL AGUA**

**DR. PEDRO L. VALDÉZ TAMÉZ  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, U.A.N.L.  
Presente.-**

**Estimado Dr. Valdéz:**

En atención a su oficio en el que me informa que fui designado Evaluador de la Tesis "INDICADORES HIDROLÓGICOS EN EL CAMBIO CLIMATICO EN LA CUENCA DEL RÍO PILÓN", que presenta el **Ing. David Clemente López Pérez**, como requisito parcial para obtener el grado de Maestría con Orientación en Ingeniería Ambiental, me permito informar a Usted que después de haber leído y evaluado la calidad de la tesis, en el ámbito de competencia del suscrito dictamino que la misma es **APROBADA**.

Sin otro en particular, le reitero mis distinguidas consideraciones y un afectuoso saludo.

**Atentamente  
5 DE ENERO 2012**

**M.C. AMALIO CARDONA RODRÍGUEZ  
EVALUADOR DE LA TESIS  
CONTROL DE GESTION**

## RESUMEN

**DAVID C. LÓPEZ PÉREZ**

**Fecha de graduación: Enero, 2012**

**Universidad Autónoma de Nuevo León.  
Facultad de Ingeniería Civil.**

**Título de la tesis:** INDICADORES HIDROLÓGICOS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO, EN LA CUENCA DEL RÍO PILÓN (MÉXICO).

**Número de páginas: 160**

Candidato para el grado de Maestría en Ciencias con Orientación en Ingeniería Ambiental.

**Propósito y método del estudio:** Un análisis estadístico de la información del clima, aplicado a la cuenca del río Pílon, para obtener indicadores del cambio climático en la cuenca.

En la presente investigación se determinaron los parámetros físicos de la cuenca del río Pílon, hasta el Municipio de Montemorelos, N.L., mediante información obtenida por un modelo digital de elevaciones del "United States Geological Survey"(USGS) y el software ArcGIS 9.3. Se realizó el modelo hidrológico de la cuenca mediante el software HEC-HMS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers). Se obtuvieron datos de las estaciones climatológicas de la cuenca en estudio, por medio de una herramienta en línea del INE, al descargar en línea series de datos climatológicos del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua y se realizó una actualización de las series de datos hasta el año en curso.

Se calcularon los Índices de Cambio Climático en la cuenca mediante un método de aceptación internacional desarrollado por el Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático, mediante el cual se obtuvieron resultados y recomendaciones para la cuenca en estudio.

---

M.C. Ricardo A. Cavazos González  
Firma del Director de Tesis

---

M.C. Adrián L. Ferriño Fierro  
Firma del Co-Director de Tesis

## **DEDICATORIA**

**Dedico este trabajo a mi amada esposa, Astrid Iriana Sánchez Vázquez, por el apoyo y ánimo que me brinda día con día, para el alcance de nuevas metas, tanto profesionales como personales.**

**A mis padres y hermanos, quienes son y serán siguiendo mi guía desde la infancia.**

**A mis compañeros de trabajo, a quienes agradezco el apoyo brindado para la realización de esta investigación.**

**A mi Director y Co-Director de Tesis, por el tiempo y dedicación que me brindaron para el desarrollo de esta investigación.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Gracias al Departamento de Hidráulica del Instituto de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por el apoyo económico brindado y muy especialmente a:**

**M.C. ADRIÁN LEONARDO FERRÑO FIERRO**

**M.C. RICARDO ALBERTO CAVAZOS GONZALEZ**

**Gracias a todas aquellas personas que de alguna forma, voluntaria o involuntaria contribuyeron a la realización de la presente investigación.**

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

Introducción .....	2
1.1 Algunas definiciones de Hidrología.....	3
1.2 La cuenca hidrológica .....	3
1.2.1 Tipos de cuencas .....	3
1.2.2 Características de la cuenca y los cauces.....	4
1.3 Hidrograma .....	5
1.4 Estudio de lluvias.....	6
1.4.1 Curvas I-D-Tr.....	7
1.4.2 Cociente R.....	7
1.4.3 Cociente lluvia-periodo de retorno.....	7
1.4.4 Parámetros regionales .....	7
1.4.5 Distribución de las probabilidades.....	8
1.5 Polígonos de Thiessen .....	8
1.6 Software modelo hidrológico HEC-HMS .....	9
1.7 Sistema de información geográfica (SIG) .....	9
1.8 Concepto de Tiempo y Clima.....	10
1.9 El cambio climático .....	11
1.10 Detección y atribución de cambio climático .....	11
1.11 Cambios en los extremos del clima .....	12
1.12 Mitigación y adaptación como respuesta al cambio climático .....	12
1.13 Antecedentes del cambio climático .....	14
1.14 Datos instrumentales del clima .....	16
1.15 Índices de cambio climático .....	18
1.15.1 Selección de datos .....	19
1.15.2 Análisis y control de calidad de los datos .....	20
1.15.3 Evaluación de homogeneidad y uso de metadatos .....	22
1.16 Justificación .....	24
1.17 Hipótesis .....	25
1.18 Objetivos de esta investigación.....	26
1.18.1 Objetivo general .....	26
1.18.2 Objetivos específicos.....	26

## CAPÍTULO II

### EL MÉTODO

Método .....	28
2.1 La zona en estudio.....	28
2.2 Determinación de los parámetros físicos de la cuenca del río Pilon .....	29
2.2.1 Pendiente del cauce principal.....	31
2.2.1.1 Criterio simplificado.....	31
2.2.1.2 Criterio de la recta equivalente .....	31
2.2.1.3 Criterio de A.B. Taylor y H.E. Schwarz .....	32
2.3 Determinación de las estaciones climatológicas a utilizar .....	32
2.4 Polígonos de Thiessen .....	34
2.5 Obtención de los datos de precipitación de cada estación .....	35
2.6 Modelo hidrológico HEC-HMS .....	35
2.7 Obtención de los datos de precipitación diarios, temperaturas máximas y mínimas diarias de cada estación .....	39
2.8 Índices del cambio climático .....	41
2.8.1 Estadística aplicada a las series de datos de las estaciones climatológicas .....	41
2.8.2 Software RClindex como apoyo para el control de calidad .....	41
2.8.3 Software RHTest como apoyo para el control de homogeneidad ..	44

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados y discusión .....	54
3.1 La zona en estudio.....	54
3.2 Determinación de los parámetros físicos de la cuenca del río Pílon .....	56
3.3 Estaciones climatológicas utilizadas .....	56
3.4 Polígonos de Thiessen .....	57
3.5 Modelo hidrológico semi-distribuido HEC-HMS .....	58
3.6 Resultados; Índices de cambio climático cuenca río Pílon.....	58
3.6.1 Temperatura máxima; resultados obtenidos del software RClimdex para el control de calidad.....	59
3.6.2 Temperatura mínima; resultados obtenidos del software RClimdex para el control de calidad.....	60
3.6.3 Rango diurno de temperatura; resultados obtenidos del software RClimdex para el control de calidad .....	62
3.6.4 Precipitación; resultados obtenidos del software RClimdex para el control de calidad.....	63
3.6.5 Precipitación; histograma de observaciones; resultados obtenidos del software RClimdex para el control calidad .....	65
3.6.6 Prueba de homogeneidad, serie de datos temperatura máxima; resultados obtenidos del software RHTest .....	66
3.6.7 Prueba de homogeneidad, serie de datos temperatura mínima; resultados obtenidos del software RHTest .....	67
3.6.8 Prueba de homogeneidad, serie de datos precipitación; resultados obtenidos del software RHTest .....	68
Resultados de los Índices de cambio climático.....	70

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones y recomendaciones .....	98
Bibliografía.....	100

## ANEXOS

Fisiografía. Subcuenca A.....	109
Fisiografía. Subcuenca B .....	113
Fisiografía. Subcuenca C .....	117
Fisiografía. Subcuenca D .....	121
Fisiografía. Subcuenca E .....	125
Estudio de lluvias .....	128
Datos diarios de temperatura y precipitación .....	157

## RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Resumen autobiográfico .....	160
------------------------------	-----

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.-</b> Tipos de cuencas.....	4
<b>Figura 1.2.-</b> Componentes del hidrograma.....	5
<b>Figura 1.3.-</b> Cambios de temperatura observados en la superficie .....	14
<b>Figura 1.4.-</b> Registro global de la temperatura (Climatic Research Unit) .....	16
<b>Figura 1.5.-</b> Estación climatológica convencional, observatorio meteorológico Monterrey (CONAGUA) .....	17
<b>Figura 1.6.-</b> La cuenca del río Pílon .....	23
<b>Figura 2.1.-</b> Ubicación de la zona en estudio en la Republica Mexicana .....	28
<b>Figura 2.2.-</b> Imagen satelital del la cuenca en estudio (Google Earth).....	29
<b>Figura 2.3.-</b> Imagen del conjunto de datos nacional (NED) del USGS.....	30
<b>Figura 2.4.-</b> Estaciones climatológicas en la Republica Mexicana, software ArcGIS .....	33
<b>Figura 2.5.-</b> Estaciones climatológicas en la cuenca del río Pílon, software ArcGIS .....	33
<b>Figura 2.6.-</b> Polígonos de Thiessen, cuenca del río Pílon .....	34
<b>Figura 2.7.-</b> Datos de precipitación en la estación climatológica Casillas Rayones, N.L., de la CONAGUA .....	35
<b>Figura 2.8.-</b> Modelo hidrológico de la cuenca río Pílon, software HEC-HMS ...	38
<b>Figura 2.9.-</b> Herramienta en línea para acceso y selección de datos climáticos ( <a href="http://zimbra.ine.gob.mx/tallerIndices">http://zimbra.ine.gob.mx/tallerIndices</a> ). .....	39
<b>Figura 2.10.-</b> Datos de la estación climatológica Rayones, obtenida en línea ( <a href="http://zimbra.ine.gob.mx/tallerIndices">http://zimbra.ine.gob.mx/tallerIndices</a> ). .....	40
<b>Figura 2.11.-</b> Datos estación climatológica Rayones, obtenida de forma oficial en la CONAGUA .....	40
<b>Figura 2.12.-</b> Software RClimdex 1.0 para el control de calidad en las series de datos de estaciones climatológicas. ....	42

<b>Figura 2.13.-</b> Ejemplo del archivo generado para el control de calidad de la serie de datos .....	42
<b>Figura 2.14.-</b> Ejemplo de las gráficas del software RClimdex .....	43
<b>Figura 2.14.-</b> Ejemplo del software RHtestsV3.....	44
<b>Figura 2.16.-</b> Ejemplo de los puntos que pueden hacer que la serie de datos no sea homogénea .....	45
<b>Figura 2.17.-</b> Ejemplo del cálculo de los índices, mediante el software RClimdex.....	52
<b>Figura 2.18.-</b> Ejemplo de la gráfica del índice de días muy húmedos (R95p) generada por RClimdex. La grafica incluye un ajuste de tendencia lineal y una ponderada (línea punteada). .....	52
<b>Figura 3.1.-</b> Geología del Estado de Nuevo León .....	55
<b>Figura 3.2.-</b> Sección geológica regional .....	55
<b>Figura 3.3.-</b> Gráfica del índice días con helada en la cuenca del río Pílon, software RClimdex. ....	70
<b>Figura 3.4.-</b> Gráfica del índice días de verano, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	71
<b>Figura 3.5.-</b> Gráfica del índice días con hielo, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	72
<b>Figura 3.6.-</b> Gráfica del índice noches tropicales, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	73
<b>Figura 3.7.-</b> Gráfica del índice estación de crecimiento, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	74
<b>Figura 3.8.-</b> Gráfica del índice temperatura máxima extrema, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	75
<b>Figura 3.9.-</b> Gráfica del índice temperatura mínima más alta, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	76
<b>Figura 3.10.-</b> Gráfica del índice temperatura máxima más baja, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	77

<b>Figura 3.11.-</b> Gráfica del índice temperatura mínima extrema, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	78
<b>Figura 3.12.-</b> Gráfica del índice de frecuencia de noches frías, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	79
<b>Figura 3.13.-</b> Gráfica del índice frecuencia de días frescos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	80
<b>Figura 3.14.-</b> Gráfica del índice frecuencia de noches cálidas, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	81
<b>Figura 3.15.-</b> Gráfica del índice frecuencia de días calurosos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	82
<b>Figura 3.16.-</b> Gráfica del índice duración de los períodos cálidos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	83
<b>Figura 3.17.-</b> Gráfica del índice duración de los períodos fríos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	84
<b>Figura 3.18.-</b> Gráfica del índice rango diurno de temperatura, en la cuenca del río Pílon software RClimdex.....	85
<b>Figura 3.19.-</b> Gráfica del índice precipitación máxima en un día, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	86
<b>Figura 3.20.-</b> Gráfica del índice precipitación máxima en cinco días, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	87
<b>Figura 3.21.-</b> Gráfica del índice simple de intensidad diaria, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	88
<b>Figura 3.22.-</b> Gráfica del índice días con lluvia mayor a 10mm, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	89
<b>Figura 3.23.-</b> Gráfica del índice días con lluvia mayor a 20mm, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	90
<b>Figura 3.24.-</b> Gráfica del índice días con lluvia mayor a 25mm, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	91
<b>Figura 3.25.-</b> Gráfica del índice días secos consecutivos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	92

<b>Figura 3.26.-</b> Gráfica del índice días húmedos consecutivos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	93
<b>Figura 3.27.-</b> Gráfica del índice días muy húmedos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	94
<b>Figura 3.28.-</b> Gráfica del índice días extremadamente húmedos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	95
<b>Figura 3.29.-</b> Gráfica del índice precipitación total, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	96

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.-</b> Resumen de los 27 índices básicos de cambio climático del ETCCDI .....	18
<b>Tabla 2.1.-</b> Estaciones climatológicas utilizadas, en la cuenca del río Pilón .....	34
<b>Tabla 2.2.-</b> Elementos hidrológicos que pueden ser utilizados, software HEC-HMS.....	36
<b>Tabla 2.3.-</b> Métodos disponibles en elementos hidrológicos de subcuenca y río software HEC-HMS .....	37
<b>Tabla 3.1.-</b> Parámetros fisiográficos, cuenca del río Pilón.....	56
<b>Tabla 3.2.-</b> Estaciones climatológicas utilizadas, en la cuenca río Pilón .....	56
<b>Tabla 3.3.-</b> Porcentajes de Thiessen .....	57
<b>Tabla 3.4.-</b> Resultados del modelo hidrológico, en la cuenca río Pilón, obtenidos con el software HEC-HMS.....	58
<b>Tabla 3.5.-</b> Resultados del índice días con helada, en la cuenca del río Pilón, software RClimdex .....	70
<b>Tabla 3.6.-</b> Resultados del índice días de verano, en la cuenca del río Pilón, software RClimdex .....	71
<b>Tabla 3.7.-</b> Resultados del índice días con hielo, en la cuenca del río Pilón, software RClimdex .....	72
<b>Tabla 3.8.-</b> Resultados del índice noches tropicales, en la cuenca del río Pilón, software RClimdex .....	73
<b>Tabla 3.9.-</b> Resultados del índice estación de crecimiento, en la cuenca del río Pilón, software RClimdex .....	74

<b>Tabla 3.10.-</b> Resultados del índice temperatura máxima extrema, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	75
<b>Tabla 3.11.-</b> Resultados del índice temperatura mínima más alta, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	76
<b>Tabla 3.12.-</b> Resultados del índice temperatura máxima más baja, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	77
<b>Tabla 3.13.-</b> Resultados del índice temperatura mínima extrema, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	78
<b>Tabla 3.14.-</b> Resultados del índice frecuencia de noches frías, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	79
<b>Tabla 3.15.-</b> Resultados del índice frecuencia de días frescos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	80
<b>Tabla 3.16.-</b> Resultados del índice frecuencia de noches cálidas, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	81
<b>Tabla 3.17.-</b> Resultados del índice frecuencia de días calurosos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	82
<b>Tabla 3.18.-</b> Resultados del índice duración de los períodos cálidos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	83
<b>Tabla 3.19.-</b> Resultados del índice duración de los períodos fríos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	84
<b>Tabla 3.20.-</b> Resultados del índice rango diurno de temperatura, en la cuenca río Pílon, software RClimdex .....	85
<b>Tabla 3.21.-</b> Resultados del índice precipitación máxima en un día, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	86
<b>Tabla 3.22.-</b> Resultados del índice precipitación máxima en cinco días, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	87
<b>Tabla 3.23.-</b> Resultados del índice simple de intensidad diaria, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	88
<b>Tabla 3.24.-</b> Resultados del índice días con lluvia mayor a 10mm, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	89

<b>Tabla 3.25.-</b> Resultados del índice días con lluvia mayor a 20mm, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	90
<b>Tabla 3.26.-</b> Resultados del índice días con lluvia mayor a 25mm, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	91
<b>Tabla 3.27.-</b> Resultados del índice días secos consecutivos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	92
<b>Tabla 3.28.-</b> Resultados del índice días húmedos consecutivos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	93
<b>Tabla 3.29.-</b> Resultados del índice días muy húmedos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	94
<b>Tabla 3.30.-</b> Resultados del índice días extremadamente húmedos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex .....	95
<b>Tabla 3.31.-</b> Resultados del índice precipitación total, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.....	96

# CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

## Introducción.

Las ciencias hídricas están relacionadas con el agua de la Tierra: su distribución y circulación, sus propiedades físicas y químicas, su interacción con el ambiente y con los seres vivos; en particular, con los seres humanos. Puede considerarse que la hidrología abarca todas las ciencias hídricas. En una forma más estricta, puede definirse como: "el estudio del ciclo hidrológico," es decir, la circulación interrumpida del agua entre la Tierra y la atmósfera.

El conocimiento hidrológico se aplica al uso y al control de los recursos hidráulicos en los continentes del planeta; las aguas oceánicas son del dominio de la ingeniería oceánica y de las ciencias marinas.

Los cambios en la distribución, la circulación o la temperatura de las aguas en la Tierra pueden tener efectos de gran alcance; las glaciaciones, por ejemplo fueron una manifestación de tales efectos. Las actividades humanas pueden causar algunos cambios; por ejemplo: el arar el suelo, el irrigar los cultivos, el fertilizar las tierras, el deforestar los bosques, el bombear aguas subterráneas, el construir presas, arrojar desechos en los ríos y lagos, y hacer muchas otras cosas constructivas o destructivas que afectan la circulación y la calidad del agua en la naturaleza.

En resumen, el ciclo hidrológico es un concepto académico útil, desde el cual se inicia el estudio de la hidrología. Es un término descriptivo aplicable a la circulación general del agua en la tierra, se define como: una sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera (evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y evaporación).

No toda la precipitación llega al terreno, ya que una parte se evapora durante su caída y otra es retenida por la vegetación (intercepción), o los edificios, carreteras, etc., que poco después, es retornada a la atmósfera en forma de vapor.

Del agua que alcanza la superficie del terreno, una parte queda retenida en los huecos e irregularidades del terreno (almacenamiento en depresiones) y en su mayoría vuelve a la atmósfera por evaporación.

Otra parte del agua que llega al suelo circula sobre la superficie (lluvia en exceso) y se encuentra en pequeños surcos que luego integran arroyos, los cuales posteriormente desembocan en los ríos, embalses o mares, desde donde se evaporan o bien, se infiltra en el terreno (Campos A. Daniel, 1987).

## **1.1.- Algunas definiciones de Hidrología.**

En el transcurso de su desarrollo, la Hidrología ha sido definida de diversas formas: una de ellas, quizá la más sencilla y rudimentaria es la que se basa en la interpretación de su nombre, esto es, Hidrología es una palabra de origen griego compuesta de dos términos: (hidros) que significa agua y (logos) que significa tratado o ciencia. Por lo anterior, la Hidrología es la ciencia del agua.

La definición anterior, es demasiado simple e incompleta y por ello se recurre a una definición, cuando se requiere describir a la hidrología como una ciencia, tal definición es la siguiente:

Hidrología, es la ciencia que trata de las aguas de la tierra, su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos.

Otra definición: "la Hidrología es la ciencia que trata de los procesos que rigen el agotamiento y la recuperación de los recursos de agua en áreas continentales de la tierra y en las diversas fases del ciclo hidrológico."

## **1.2.- La cuenca hidrológica.**

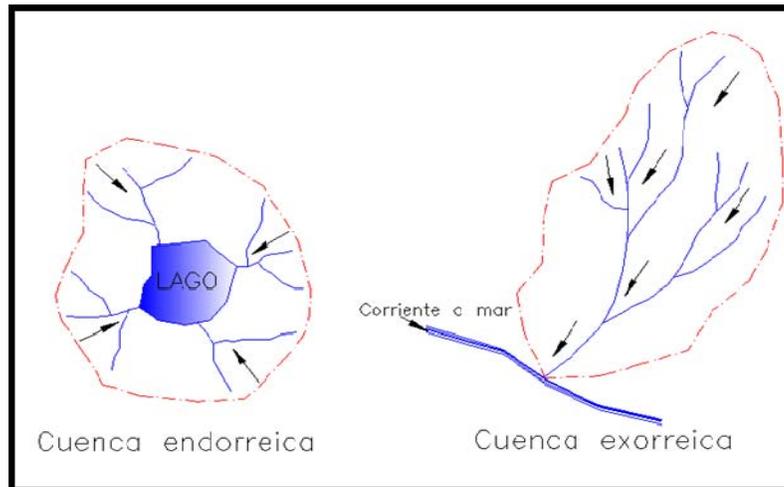
Una cuenca es una zona de la superficie terrestre, en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tenderían a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

### **1.2.1.- Tipos de cuencas.**

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas.

En las endorreicas el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago.

En las exorreicas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar.



**Figura 1.1.-** Tipos de cuencas.

### 1.2.2.- Características de la cuenca y los cauces.

El ciclo hidrológico, visto a nivel de una cuenca, se puede esquematizar como un estímulo, constituido por la precipitación, al que la cuenca responde mediante el escurrimiento en su salida. Entre el estímulo y la respuesta ocurren varios fenómenos que condicionan la relación entre uno y otra, y que están controlados por las características geomorfológicas de la cuenca y su urbanización. Dichas características se clasifican en dos tipos, según la manera en que controlan los fenómenos mencionados: las que condicionan el volumen de escurrimiento, como el área de la cuenca y tipo de suelo, y las que condicionan la velocidad de respuesta, como son el orden de corrientes, pendiente de la cuenca y los cauces, etc.

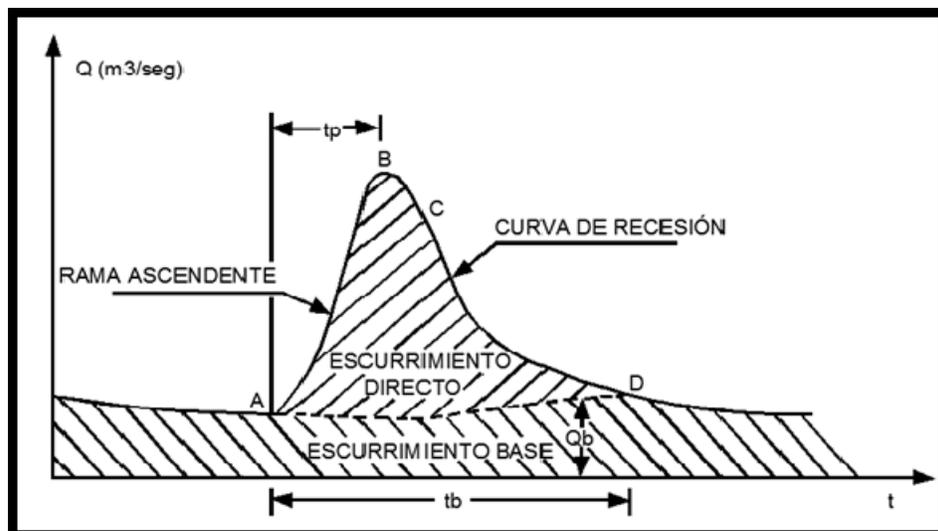
A continuación se describen las características de la cuenca y los cauces de mayor importancia por sus efectos en la relación precipitación-escurrimiento.

- a) **Parte aguas:** es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas.
- b) **Área de la cuenca:** se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parte aguas.
- c) **Corriente Principal:** de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma. Nótese que esta definición se aplica solamente a las cuencas exorreicas. Las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias.

- d) Orden de Corrientes:** Una corriente de orden 1 es un tributario sin ramificaciones, una de orden 2 solo tiene tributarios de primer orden, etc. Dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc., pero, por ejemplo una corriente de orden 2 y una de orden 3 forman otra de orden 3. El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida; así por ejemplo, el orden de la cuenca de la figura 1.3 es 4. Nótese que el orden de una cuenca depende en mucho de la escala del plano utilizado para su determinación; en este sentido, las comparaciones entre una cuenca y otra deben hacerse con cuidado, especialmente cuando los planos correspondientes no están a la misma escala o están editados por diferentes organismos.
- e) Fisiografía o morfología de la cuenca:** La morfología comprende el estudio de las formas superficiales y en ese sentido la geomorfología estudia y pretende cuantificar determinados rasgos propios de la superficie terrestre

### 1.3.- Hidrograma.

Un hidrograma es el grafico de nivel o caudal contra el tiempo. Si se mide el gasto (el volumen de escurrimiento por unidad de tiempo) que pasa durante todo un año por una determinada sección transversal de un río, se puede construir una gráfica que relacione el gasto contra el tiempo, que se denomina hidrograma.



**Figura 1.2.-** Componentes del hidrograma.

Descripción de la figura 1.2, en donde:

**A** = Punto de levantamiento. En este punto, el agua proveniente de la tormenta bajo análisis comienza a llegar a la salida de la cuenca y se produce inmediatamente después de iniciada la tormenta, durante la misma o incluso cuando a transcurrido ya un tiempo después de que ceso de llover, dependiendo de varios factores entre los que se puede mencionar el tamaño de la cuenca, su sistema de drenaje y suelo, la intensidad y duración de la lluvia, etc.

**B** = Pico. Es el gasto máximo que se produce por la tormenta. Con frecuencia es el punto más importante de un hidrograma para fines de diseño.

**C** = Punto de inflexión. En este punto es aproximadamente cuando termina el flujo sobre el terreno, y de aquí en adelante, lo que queda de agua en la cuenca escurre por los canales y como escurrimiento subterráneo.

**$t_p$**  = Tiempo de pico. Es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento hasta el pico del hidrograma.

**$t_b$**  = Tiempo base. Es el tiempo que transcurre desde el punto de levantamiento hasta el punto final del escurrimiento directo. Es, entonces, el tiempo que dura el escurrimiento directo.

**Rama ascendente** = Es la parte del hidrograma que va desde el punto del levantamiento hasta el pico.

**Rama descendente o curva de recesión** = Es la parte del hidrograma que va desde el pico hasta el final del escurrimiento directo. Tomada a partir del punto de inflexión, es una curva de vaciado de la cuenca.

Ahora supóngase que se presenta una misma tormenta en dos cuencas con el mismo tipo de suelo y la misma área, pero de diferente forma; aunque el volumen escurrido sea el mismo, el gasto de pico y demás características del hidrograma varían de una cuenca a otra.

El método del hidrograma unitario toma en cuenta este efecto, considerando además la altura total de precipitación y área de la cuenca, forma, pendiente, vegetación.

#### 1.4.- Estudio de llluvias.

La precipitación es el agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera; es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua.

Los dispositivos empleados en la medición de la precipitación, son los pluviómetros y los pluviógrafos aunque los más comúnmente utilizados en el estado son los pluviómetros, los cuales registran lluvias máximas acumuladas en veinticuatro horas, y las lecturas son tomadas todos los días a las 8:00 a.m., como altura de lamina de agua en mm. Estos dispositivos se encuentran localizados a todo lo largo y ancho de un estado y forman parte del equipo de las estaciones climatológicas.

#### **1.4.1.- Curvas I-D-Tr.**

Las Curvas I-D-Tr representan una forma conjunta de las tres variables con las cuales se define la lluvia. La relación de la magnitud (Intensidad), duración y periodo de retorno, es un elemento básico e indispensable en el cálculo de las Avenidas de Diseño. Las cuales a su vez se utilizan en el dimensionamiento de estructuras hidráulicas tales como: puentes, alcantarillas, bordos, presas, drenajes pluviales urbanos, cunetas, canales, determinación de los niveles de inundación en las márgenes de los ríos, etc.

#### **1.4.2. Cociente R.**

Los registros de lluvias de corta duración son escasos en México; sin embargo, los de lluvias máximas diarias tienen gran densidad y períodos de registro aceptables, por lo cual, la lluvia con una duración de una hora y un período de retorno de dos años, se podrá evaluar con una relación a la de veinticuatro horas con igual período de retorno, denominada *cociente R*.

#### **1.4.3.- Cociente lluvia-periodo de Retorno.**

El cociente F lluvia - período de retorno, relaciona una lluvia de cien años de período de retorno y una duración de veinticuatro horas, con una lluvia de 10 años de período de retorno y una duración de veinticuatro horas. Esta relación es aplicable a la fórmula de Cheng-Lung Chen para el cálculo de alturas de precipitación con períodos de retorno mayores o iguales a diez años.

#### **1.4.4.- Parámetros regionales.**

Los parámetros regionales a, b, y c, aplicables a la fórmula de Cheng-Lung Chen para el cálculo de alturas de precipitación, se determinan en función del cociente lluvia – duración.

### **1.4.5.- Distribución de las probabilidades.**

A los registros con los datos de las lluvias máximas, se les puede dar un tratamiento desde el punto de vista probabilístico y estadístico, para dar una distribución más aceptable a la información obtenida de las estaciones climatológicas. Dentro de las principales distribuciones de probabilidad aplicables a los registros de datos de lluvias están:

- Normal
- Log Normal
- Exponencial
- Gamma
- Pearson tipo III
- Log - Pearson tipo III
- Valores Extremos

La distribución de valores extremos, a su vez, se clasifican en:

- a) Tipo I (Gumbel)
- b) Tipo II (Frechet)
- c) Tipo III (Weibull)

### **1.5.- Polígonos de Thiessen.**

El polígono de Thiessen representa el área teórica más inmediata a un punto con respecto a sus puntos vecinos. Dicho de otro modo, sería toda el área a la que desde el punto se llega más rápido que desde el siguiente punto más cercano. Gráficamente esta superficie se halla trazando perpendiculares por el medio de las rectas que unen los diferentes puntos del conjunto. (Hodder; Orton 1990).

El cálculo de los polígonos de Thiessen puede resultar de gran utilidad, puesto que permite conocer cuál sería teóricamente el área de dominio de un núcleo, asentamiento o cualquier otra entidad espacial, así como realizar estudios comparativos o relacionales. Estos análisis comparativos pueden ser del tipo gráfico o espacial (comparando el tamaño, forma y posición de los polígonos), o estadísticos, realizando tablas de frecuencias del número de lados del conjunto de polígonos.

Para la obtención de la influencia relativa de cada estación climática dentro de una zona en estudio, se cuantifica la cobertura superficial de cada polígono respecto a la superficie total de la zona en estudio y se determina un porcentaje a la estación climática correspondiente de acuerdo a su superficie.

### **1.6.- Software modelo hidrológico HEC-HMS.**

El HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center, 2008) es un programa de cómputo del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers) para el modelado de sistemas hidrológicos y fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center, HEC). HEC-HMS es el sucesor y reemplaza al programa HEC-1.

HEC-HMS (Sistema de modelación hidrológica) está diseñado para simular el proceso lluvia-escorrentamiento de una cuenca. Fue diseñado para ser aplicable en una amplia gama de zonas geográficas para resolver el mayor número posible de problemas hidrológicos. Esto incluye a las grandes cuencas fluviales de suministro de agua y la hidrología de inundación, y los pequeños escorrentamientos de cuencas urbanas o naturales. Los caudales calculados por el programa se utilizan directamente o en conjunto con otro software para los estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, los pronósticos de caudales, el impacto futuro de la urbanización, el diseño de un embalse, para la reducción de daños de las inundaciones, la regulación de inundación y sistemas de operación.

El programa de modelación hidrológica, para simular una cuenca, utiliza los componentes: modelos de hidrológica HEC-HMS calcula el proceso lluvia-escorrentamiento en el modelo de la cuenca, dada la entrada del modelo meteorológico, cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada.

### **1.7.- Sistema de información geográfica (SIG).**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en la actualidad son sistemas para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico, que se estructura en diferentes conjuntos de información.

Los SIG se ha constituido durante los últimos 20 años en una de las más importantes herramientas de trabajo para los investigadores, los analistas y planificadores, etc., en todas sus actividades que tienen como insumo el manejo de la información (Bases de Datos), relacionada con diversos niveles de agregación espacial o territorial, lo cual está creando la necesidad de que estos usuarios de información espacial conozcan más datos acerca de esta tecnología.

Las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren el acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía, analizar patrones, relaciones, y tendencias en la información; todo con el interés de contribuir a una buena toma de decisiones.

Un SIG responde a; ¿Qué hay en?, ¿Dónde sucede que?, ¿Qué ha cambiado?, ¿Cuál es el camino óptimo?, ¿Qué pautas existen?, ¿Qué ocurriría si? Todas estas cuestiones son de interés primordial en las actividades relacionadas con la planificación. Toda la generación de nueva información que puede proveer un SIG depende, significativamente de la información que poseen las bases de datos disponibles. La calidad de esta base de datos y sus contenidos determinan la cantidad y la calidad de los resultados obtenidos del SIG.

El software ArcGIS, es un software para visualizar, crear, manipular y gestionar información geográfica; éstos corresponden a lugares, direcciones, posiciones en el terreno, áreas urbanas y rurales; regiones y cualquier tipo de ubicaciones en terrenos determinados. Esta información se trabaja de manera sistemática, lo que representa una diferencia sustancial a lo relacionado al trabajo con información planos y mapas, permitiendo explorar, ver y analizar los datos según los parámetros, las relaciones y las tendencias que presenta determinada información, teniendo como resultado nuevas capas de información, mapas y nuevas bases de datos.

### **1.8.- Concepto de Tiempo y Clima.**

Tiempo (meteorológico), temperie o estado del tiempo, son los términos usados para referirse al estado instantáneo de la atmósfera, o bien, al estado atmosférico y los procesos relacionados en un intervalo de tiempo (cronológico) relativamente corto. Los procesos del estado del tiempo pueden ocurrir en plazos que van desde minutos hasta días.

Clima, es el término usado para hacer referencia a las condiciones observadas en plazos más largos (quincenas, meses, estaciones, años, décadas, etc.); la característica del clima es que abarca una escala cronológica suficiente para hablar del comportamiento estadístico del tiempo.

## **1.9.- El cambio climático.**

La convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), define el cambio climático como "un cambio en el clima que es atribuible directa o indirectamente a las actividades humanas, que altera la composición de la atmósfera planetaria y que se observa en periodos de tiempo comparables, en forma adicional a la variabilidad climática natural".

El grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), por otro lado, define el cambio climático como "cualquier cambio en el clima producido durante el transcurso del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o a la actividad humana".

El calentamiento global observado en décadas recientes es una de las evidencias de un importante cambio climático que está ocurriendo en la actualidad, cuyas causas han sido atribuidas a las actividades humanas, en particular, al incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC, 2007). Entender las variaciones locales en el clima y comprender la forma y magnitud de los impactos del calentamiento global, y el cambio climático asociado, son pasos imprescindibles para la seguridad del género humano.

### **1.10.- Detección y atribución de cambio climático.**

Hablar de detección del cambio climático implica demostrar, generalmente en términos estadísticos, que el clima ha cambiado con algún nivel de significancia en un intervalo de tiempo determinado (Brunet et al., 2001; IDAG, 2005; IPCC, 2007). A reserva de apegarse a la definición formal del término, puede hablarse de detección de cambios en el clima al identificar en un registro de variables climáticas, obteniendo con instrumentos de medición, los cambios que sean estadísticamente diferentes a las características del mismo registro en el pasado inmediato (por ejemplo, identificar una tendencia significativa en los registros de temperaturas). En la detección del cambio climático se demuestra que existe evidencia de cambios en el clima a través del tiempo, pero no se da explicación alguna sobre el origen de dichos cambios.

La acción de explicar y demostrar las causas de los cambios en el clima se conoce como atribución del cambio climático, y consiste en establecer, con un nivel de confianza dado, el origen más probable de un cambio detectado en el clima. (IDAG, 2005).

### **1.11.- Cambios en los extremos del clima.**

Los cambios en los eventos extremos del serán algunos de los mayores efectos del cambio climático, aunque su impacto en diversas regiones y localidades del país es aún incierto. Si bien en la actualidad se cuenta con escenarios sobre el probable comportamiento condicional del clima hacia mediados y finales del siglo, los cambios observados en el clima del pasado y del presente, también deben considerarse en las estrategias de adaptación.

Los eventos extremos son ocasionados por una extensa combinación de factores y también ocurren como parte del clima normal, es decir, incluso en un clima sin cambios en su variabilidad hay un cierto número de eventos extremos. Es por ello que la atribución de un extremo en particular es muy difícil de determinar. La detección de los cambios en los extremos y el monitoreo de éstos es un tema relevante tanto en un clima normal como en condiciones de cambio climático.

A diferencia de los extremos climáticos, que ocurren en periodos de tiempo relativamente largos como el caso de sequías, la mayoría de los eventos meteorológicos extremos ocurren en la escala de unos cuantos días y están asociados a sistemas atmosféricos en su mayoría regionales. La detección de cambios en los extremos meteorológicos desde un punto de vista climatológico requiere de observaciones en la escala temporal diaria.

Por lo tanto, el Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI por sus siglas en inglés) coordinado por la Comisión de Climatología de la Organización Meteorológica Mundial (CCI/OMM), el proyecto sobre Predecibilidad y Variabilidad Climática (CLIVAR), y la Comisión Técnica de Oceanografía y Meteorología Marítima (JCOMM), ha formulado 27 índices para detectar las modificaciones en el comportamiento de los extremos del clima. Este conjunto de índices permite que su cálculo sea realizado de la misma manera internacionalmente, a fin de integrar los índices de diferentes regiones (Karl et al., 1999; Peterson 2005).

### **1.12.- Mitigación y adaptación como respuestas al cambio climático.**

Es de interés común evitar llegar a niveles muy altos de riesgo ante el cambio climático y contar con la capacidad de adaptación a los cambios del clima que ya están en curso. En palabras de Lenton et al., 2008, entender mejor las implicaciones del cambio climático es una herramienta necesaria para "evitar lo inevitable y manejar lo inevitable".

Las variaciones normales del clima impactan positiva o negativamente en la naturaleza y los sectores socioeconómicos. En un clima cambiante, el grado de exposición de los sistemas a las variaciones modificadas del clima puede incrementar significativamente la vulnerabilidad y los niveles de riesgo presente. La gestión de riesgos relacionados con el clima requiere de enfoques transversales entre ciencias naturales y sociales, y es interdisciplinaria (Mileti, 1999). Al implementarla, tanto científicos como diseñadores de políticas enfrentan retos complejos para incluir las aportaciones provenientes de diversas disciplinas, sectores y capacidades. Es un proceso de aprendizaje que no es inmediato.

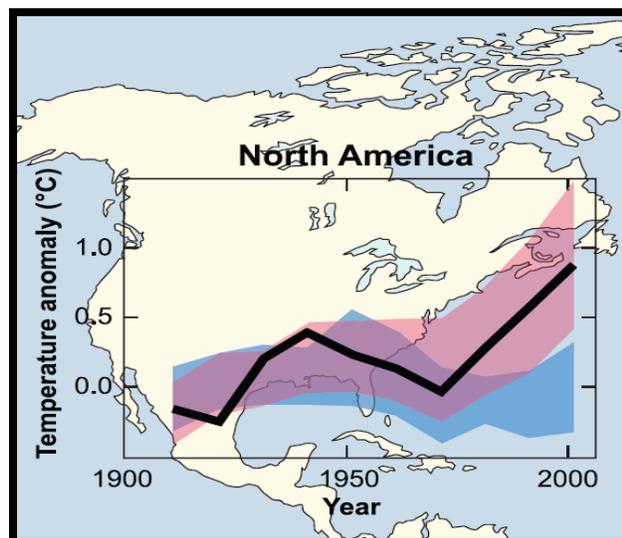
El hecho de que la mayor parte del calentamiento observado en la última mitad del siglo sea atribuible al aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, ha dado lugar al surgimiento de la Convención Marco de las Naciones Unidas ante el Cambio Climático (CMNUCC), la adopción (1997) y entrada en vigor (2005) del Protocolo de Kioto y las reuniones anuales de los miembros de la CMNUCC denominadas 'Conferencias de las Partes' (e.g. COP 15, Copenhague 2009; COP 16, Cancún 2010). Todo esto con el objetivo de establecer compromisos internacionales de cooperación en la mitigación de las emisiones de origen humano de los gases de efecto invernadero y de implementar estrategias de adaptación a los impactos del cambio climático, ya que mientras la mitigación es imprescindible para evitar llegar a niveles catastróficos de riesgo, relacionados con el cambio climático (Schellnuber et al., 2006), la adaptación a los cambios del clima que son ya inevitables es necesaria de instrumentar en corto plazo (Adger et al., 2009).

## Antecedentes.

### 1.13.- Antecedentes del cambio climático.

El calentamiento global recientemente detectado en la tendencia del incremento de la temperatura media del planeta es uno de los indicadores de un cambio climático en nuestro tiempo. En un informe de evaluación, el IPCC concluyó que "el calentamiento del sistema climático es inequívoco" (Trenberth et al., 2007). Debe tenerse en cuenta que se está hablando de la temperatura media de todo el planeta y que esto implica examinar áreas geográficas muy grandes de manera que el "ruido" asociado a los detalles de escalas muy pequeñas no implica revelar la señal planetaria de cambio climático.

En cuanto a la atribución de cambio climático, las investigaciones han demostrado que el calentamiento global es debido a gran medida, al incremento de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero, asociado a las emisiones de origen humano (Hegerl et al., 2007). Esta conclusión de atribución ha sido obtenida por los científicos del mundo mediante el uso de complejos modelos que describen las leyes de la dinámica interna del sistema climático y comparando el clima modelado con el observado. El calentamiento observado recientemente únicamente coincide con los resultados de los modelos cuando en éstos se incluyen los forzamientos de origen humano, además de los forzamientos naturales.



**Figura 1.3.-** Cambios de temperatura observados en la superficie.

La atribución del cambio climático es clara, tal y como se muestra en la figura 1.3. Sin embargo, conforme aumenta el nivel de detalle, la atribución se vuelve más compleja, de manera que hasta ahora es prácticamente imposible determinar si una tormenta o un fenómeno específico han ocurrido a causa del cambio climático. La atribución del cambio climático es posible en la escala global, pero es tema de frontera en las escalas regional y local.

Una idea clara sobre cómo el cambio climático impactará en la escala de regiones específicas (como por ejemplo en las entidades federativas de México) requiere profundizar el conocimiento del clima; es decir, se requiere tener identificadas, con gran nivel de detalle, las variaciones climáticas que ocurren en cada región de interés. Solo mediante el conocimiento y un constante monitoreo del clima se podrá elucidar la forma en que los impactos del calentamiento global se irán manifestando en la región donde vivimos. El entendimiento del clima pasado y presente es uno de los elementos más importantes que permitirán trabajar en el diseño de medidas de adaptación a los cambios en el clima. Una sociedad que ha aprendido a adaptarse a las variaciones del clima del pasado reciente y del presente, tiene más posibilidades de adaptarse a los cambios climáticos derivados del calentamiento global.

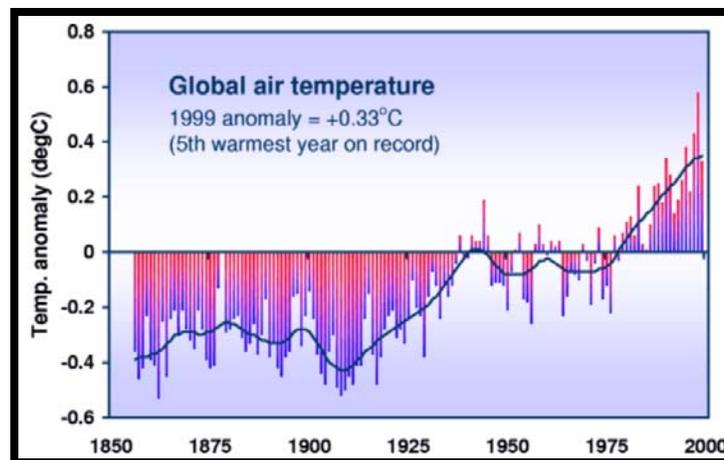
En el cambio climático no es posible hacer pronósticos de clima, sino solamente escenarios de cómo sería el clima dadas ciertas condiciones en el futuro lejano. Las condiciones consideradas en la elaboración de escenarios de cambio climático incluyen proyecciones del estado futuro de los sistemas naturales, sociales y económicos, tales como el cambio de estado de los ecosistemas, los cambios en la concentración de gases de invernadero en la atmósfera y el desarrollo socioeconómico, entre otros factores. Diversos escenarios para el futuro han sido creados en el contexto del cambio climático global.

En México no hay estudios a nivel país en materia de detección y atribución del cambio climático; si bien se ha detectado un incremento consistente de temperatura en los últimos treinta años, el análisis tendencial no es suficiente para discernir una señal antropogénica en el clima de una variación natural de muy baja frecuencia. Por ello, en México es necesario trabajar en materia de adaptación al cambio climático, dada la alta vulnerabilidad de diversos sectores socioeconómicos a extremos en el clima, principalmente en el sector agua (MAGAÑA, V., y C. NERI. 2005).

### 1.14.- Datos instrumentales del clima.

La evidencia del cambio climático reciente ha sido documentada en varias componentes del sistema climático, tales como la atmósfera, el océano, los continentes y la cubierta de hielo y nieve (IPCC, 2007). Sin embargo, una de las evidencias más claras ha sido documentada a partir de los datos instrumentales del clima, específicamente de las observaciones de temperatura (Figura 1.4). La complicación y análisis de registro global de temperatura han requerido de la cuidadosa recolección y procesamiento científico de datos termométricos en puntos de observación representativos de todo el planeta.

La construcción de series climáticas para la escala de un hemisferio o de todo el globo es una tarea científica compleja, ya que implica el manejo adecuado de las incertidumbres asociadas a las mediciones instrumentales y la correcta agregación de las series de estaciones individuales en la serie del área a representar (Jones y Briffa, 1992; Jones et al., 1997; Jones y Moberg, 2003).



**Figura 1.4.-** Registro global de temperatura (Climatic Research Unit).

En México, las observaciones instrumentales del clima se encuentran disponibles en varias bases de datos, aunque en la mayoría de ellas aún se requiere implementar un estricto proceso de control de calidad. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) tiene la misión de administrar la base de datos nacional oficial del clima en México y es de carácter público. Especialmente, los datos de la red de estaciones climatológicas convencionales administradas por el sistema CLIma COMputarizado (CLICOM) son la fuente de información climática con las dos características requeridas para el estudio del clima en la escala de entidades federativas: un periodo de registro largo (por lo menos cuatro o cinco décadas continuas) y cobertura geográfica suficientemente densa.

Las estaciones de observación atmosférica con registros de mayor longitud son probablemente los observatorios meteorológicos sinópticos, aunque su cobertura espacial es relativamente baja en densidad. Otra importante red de observación en el país es la red de estaciones climatológicas convencionales de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la que con densidad geográfica mayor que la red de observatorios, es probablemente, la más adecuada para estudiar los cambios del clima en la escala de entidades federativas; esta red cuenta con información en la mayor parte de sus estaciones durante al menos las últimas cinco décadas.

Aunque en la red de estaciones climatológicas convencionales se ha observado una fuerte reducción en el número de estaciones en operación en los años recientes, se considera factible utilizar estos datos, como instrumentos para realizar estudios de detección de los cambios en el clima regional, salvo en los casos en que localidades específicas no cuenten con suficientes observaciones disponibles.



**Figura 1.5.-** Estación climatológica convencional, observatorio meteorológico Monterrey (CONAGUA).

### 1.15.- Índices de cambio climático.

El Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI) formado conjuntamente por la OMM, el proyecto de viabilidad climática (CLIVAR) y la Comisión Conjunta de Oceanografía y Meteorología Marítima (JCOMM), ha propuesto un conjunto de índices de cambio climático útiles en la detección y el monitoreo de cambios en los extremos del clima. La Tabla 1.1 muestra un resumen de los índices del ETCCDI y su descripción.

**Tabla 1.1.-** Resumen de los 27 índices básicos de cambio climático del ETCCDI.

Índice	Descripción del índice
CDD	Días secos consecutivos
CSDI	Duración de los períodos fríos
CWD	Días húmedos consecutivos
DTR	Rango diurno de temperatura
FD	Días con helada
GSL	Estación de crecimiento
ID	Días con hielo
PRCPTOT	Precipitación total anual
R10mm	Días con lluvia mayor a 10mm
R20mm	Días con lluvia mayor a 20mm
R95p	Días muy húmedos
R99p	Días extremadamente húmedos
Rnnmm	Días con lluvia mayor a nn
RX1day	Precipitación máxima en 1 día
RX5day	Precipitación máxima en 5 días
SDII	Índice simple de intensidad diaria
SU	Días de verano
TN10p	Noches frías
TN90p	Noches cálidas
TNn	Temperatura mínima externa
TNx	Temperatura mínima más alta
TR	Noches tropicales
TX10p	Días frescos
TX90p	Días calurosos
TXn	Temperatura máxima más baja
TXx	Temperatura máxima extrema
WSDI	Duración de los períodos cálidos

El Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI) ha venido impulsando a escala global el cálculo de índices de cambio climático a partir de datos diarios. El uso sistemático de dichos índices ha permitido mejorar el diagnóstico global de los cambios en extremo de temperatura y precipitación (Alexander et al., 2006) contribuyendo al reporte de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Trenberth et al., 2007).

El ETCCDI ha desarrollado y puesto a disponibilidad de la comunidad internacional herramientas de software (RClimdex, RHtests, FClimdex, etc.) y documentación con el fin de facilitar el cálculo de los índices de cambio climático.

### **1.15.1.- Selección de datos.**

Los análisis de cambios en extremos y el cálculo exitoso de los índices de cambio climático dependen de la disponibilidad y la calidad de los datos climáticos en la región de interés. Los datos climáticos son los registros de las condiciones climáticas observadas, medidas en localidades y momentos específicos con algún instrumento (termómetros, pluviómetros, barómetros), bajo un conjunto de procedimientos estándares.

Una base de datos climática debe contener información sobre las variables del clima en los sitios de observación y también información sobre otros factores (ambiente de la estación de observación, características de los instrumentos, procedimientos de registro y cualquier cambio relacionado).

En el caso de los índices de cambio climático será requisito seleccionar las series más completas y continuas; permitiéndose que las series seleccionadas tengan un número muy pequeño de datos faltantes. Evidentemente, no todas las observaciones disponibles serán aptas para usarse en el cálculo de los índices de cambio climático, generalmente, el número de datos adecuados se reduce a un pequeño subconjunto del total disponible.

En lo concerniente a la cobertura geográfica de las mediciones, uno de los requisitos más importantes para la selección de estaciones es que la distribución espacial de los puntos de observación sea uniforme y suficientemente densa, de modo que el clima de la región de interés se capture con la mayor precisión posible (Daly, 2006). En consecuencia, para fines de monitoreo del cambio climático, conservar los puntos de medición con registros más antiguos y asegurar su continuidad reviste gran importancia.

Con el fin de facilitar y optimizar el cálculo de los índices de cambio climático, es recomendable que las estaciones seleccionadas para ser analizadas cumplan los siguientes requisitos:

- a) Las estaciones seleccionadas deben cubrir la mayor parte de la región de interés.
- b) La distribución geográfica de las estaciones debe estar parcialmente equilibrada (evitar tener muchas estaciones en una parte de la región y muy pocas en otra).
- c) Las estaciones seleccionadas deben tener el mayor número posible de años con datos completos (observados únicamente, sin estimaciones ni interpolaciones).
- d) Las estaciones deben seleccionarse para un periodo de tiempo común, en el que el porcentaje de datos existentes sea lo más grande posible.

Estas características deben verificarse en cada una de las variables necesarias para calcular los índices: precipitación, temperatura máxima y mínima, ya que el número de datos disponibles puede cambiar de una variable a otra.

En México, el Instituto Nacional de Ecología (INE), con el propósito de acelerar las mejoras en el monitoreo del clima en escala nacional, solicitó al SMN autorización para utilizar la base de datos climatológica nacional del sistema CLICOM, en los estudios de Detección e Índices de Cambio Climático y desarrollo un sistema de acceso en línea a los datos de temperatura y precipitación del país, el cual facilita la selección de éstos para el cálculo de índices de cambio climático.

### **1.15.2.- Análisis y control de calidad de los datos.**

Un problema adicional al de los datos faltantes, consiste en que los datos observados aparezcan valores extraños que excedan o disminuyan exageradamente el rango de variación habitual de la variable que se quiere analizar. Estos valores poco comunes, etiquetados como sujetos de verificación, pueden ser errores en la serie de datos (de origen humano, errores realizados durante la digitalización de datos, errores sistemáticos por mala calibración o reemplazo de los instrumentos de medición; o debidos a algún cambio de ubicación de estación de observación; cambio del personal que realiza las observaciones, etc.) aunque en algunos casos pueden ser registros reales de situaciones poco probables; es decir, de eventos extremos. Los casos más frecuentes de valores extraordinarios en las variables climáticas que corresponden a reportes de eventos extremos que realmente sucedieron. Sólo un análisis minucioso de cada situación podrá determinar si se trata de un evento extremo o error en los datos.

La experiencia en el análisis de extremos en México ha mostrado que para la aceptación o rechazo de valores como parte del proceso de calidad, algunos criterios de validación simples, como las comparaciones con la media de largo plazo, no son suficientes; sino que se requiere de criterios estadísticos más robustos, análisis en el contexto del entorno físico y de la situación sinóptica, e incluso del conocimiento de expertos locales.

Sin embargo, un método de identificación de valores poco comunes relativamente simple, basado en estadísticas descriptivas y en razonamiento físico, ha sido propuesto en varios de los talleres del ETCCDI para identificar los valores a verificar, y consiste en: utilizar umbrales estadísticos (típicamente  $\pm 4$  desviaciones estándar para la temperatura), realizar una inspección visual de las gráficas de temperatura y precipitación y recurrir a expertos locales para, mediante el análisis de tipo lógico, histórico, meteorológico y climatológico, determinar si el valor sospechoso es un dato aberrante o extremo factible de haber ocurrido.

Algunas recomendaciones para el control de calidad son:

- Verificar los errores lógicos (que la temperatura máxima no sea menor que la mínima, que no existan valores de lluvia menores que cero).
- Verificar la base de datos vs. los registros originales en papel o en el registro del instrumento.
- Marcar como datos por verificar los valores que exceden un límite predeterminado y verificarlos (es común en la práctica de utilizar el límite  $\pm 4$  desviaciones estándar, para el caso de temperatura).
- Realizar una cuidadosa inspección visual de las gráficas de la serie tiempo.
- En el caso de valores extremos, recurrir a fuentes de información alternas, para ver si existe evidencia física que justifique los datos (paso de frentes, impacto de ciclones tropicales o situaciones meteorológicas sinópticas específicas).
- Analizar los datos poco comunes de una fecha en particular, en el contexto de las observaciones en fechas adyacentes.
- Comparar las observaciones de la estación con valores en verificación con las observaciones en otras estaciones cercanas en las mismas fechas.
- Consultar información contextual sobre aspectos conocidos de la variabilidad climática regional: tales como las normales climatológicas, las anomalías históricas, los impactos documentados, etc.

El software RClimdex del ETCCDI ofrece algunas ventajas como auxiliar en el proceso de control de calidad de las series de datos climáticos, ya que permite identificar los valores de temperatura que exceden un umbral de  $\pm$  desviaciones estándar y genera automáticamente gráficas de la series de temperatura y precipitación de manera que los datos puedan inspeccionarse mediante análisis visual.

### **1.15.3.- Evaluación de homogeneidad y uso de metadatos.**

La homogeneidad de los datos climáticos a través del tiempo incide directamente en la posibilidad o no de calcular y analizar tendencias (Peterson et al., 1998; Groisman et al., 2005). Este aspecto es de especial relevancia al realizar estudios de cambio climático. Varias pruebas de homogeneidad han sido desarrolladas y están disponibles en la bibliografía científica (Alexandersson y Moberg, 1997; Vincent, 2002; Wang, 2003) y la Organización Meteorológica Mundial ha publicado guías para realizar estudios de homogeneidad de los datos climáticos (Aguilar et al., 2003; Brunet et al., 2008).

Hasta ahora, la mayoría de los análisis de homogeneidad se realizan en escala mensual (Peterson et al., 1998) y sólo algunos estudios han sido desarrollados en la escala diaria (Vincent et al., 2002). Mientras que la red de cooperación científica y tecnológica sobre métodos de homogeneización mantiene un registro actualizado de los avances en el tema de homogeneización de datos climáticos, el software del ETCCDI RHtest, permite realizar un diagnostico de homogeneidad de manera más accesible, con base en pruebas estadísticas específicas (Wang et al., 2007; Wang, 2008a; Wang 2008b).

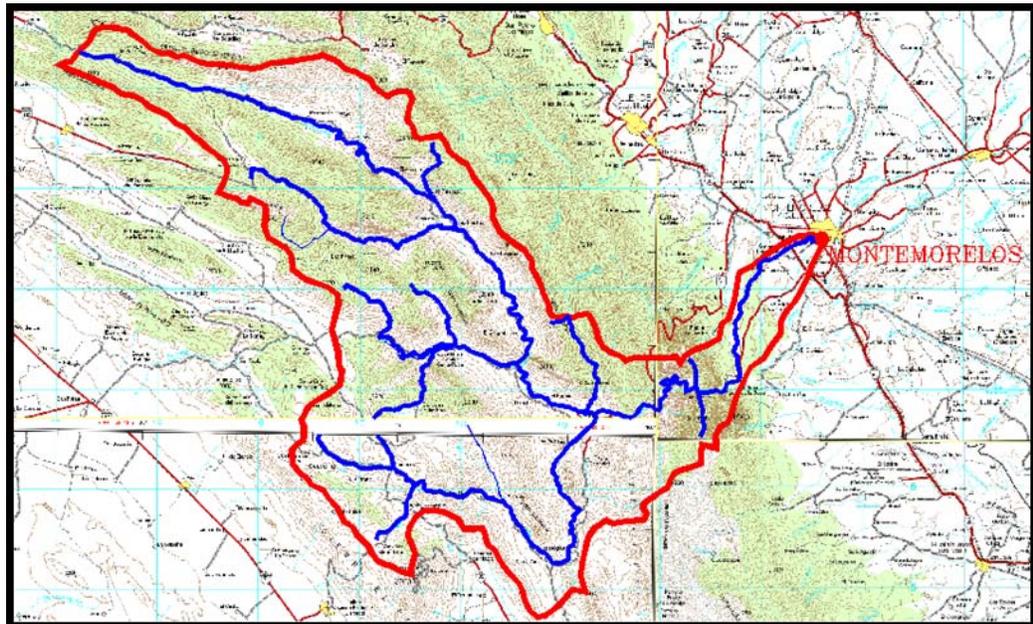
Si no se tiene contemplado realizar una homogeneización completa de las series de datos climáticos debido a la complejidad de dicha tarea, entonces en los cálculos de índices de cambio climático deben utilizarse únicamente aquellas estaciones cuya evaluación de homogeneidad indique que no tienen periodos no homogéneos importantes durante su periodo de registro; es decir, que no se observen saltos abruptos o puntos de cambio significativos en la variabilidad de la serie de tiempo.

En el análisis de homogeneidad resulta útil contar con metadatos sobre la estación de observación. Los metadatos proveen información sobre la información o datos sobre datos. En ellos se describen, entre otros: el tipo de instrumentos, las condiciones de medición y cualquier cambio que ocurra en el entorno, la ubicación u otros aspectos relacionados con el proceso de observación (Aguilar et al., 2003).

Los metadatos son importantes en el proceso de control de calidad de las series climáticas y también en la evaluación de la homogeneidad de las series de tiempo. Si se cuenta con suficientes metadatos es más fácil determinar si una discontinuidad puede deberse a cambios en la ubicación de la estación donde se realizan las mediciones, cambios en los instrumentos, etc. El mantenimiento de los metadatos garantiza, en buena medida, mayor confiabilidad de los datos.

Aparentemente, en la Republica Mexicana no se cuenta con un agregado nacional de metadatos que documente los diversos cambios relacionados con la ubicación de las estaciones, el reemplazo o actualización de instrumentos, los cambios de observador o los cambios del entorno. La base de datos climatológica nacional contiene la ubicación geográfica de la estación (latitud, longitud y altitud) y las fechas inicial y final del período de medición, pero es posible que existan otros metadatos.

Para la presente investigación se propone como zona de estudio la cuenca del Río Pilón. Esta cuenca forma parte de la cuenca del Río San Juan, como se muestra en la figura 1.6.



**Figura 1.6.-** La cuenca del río Pilón.

### **1.16.- Justificación.**

Debido a las características climáticas del Norte de la República Mexicana, así como a la falta de instrumentación hidrométrica y climatológica en las cuencas hidrológicas, es de útil importancia generar modelos de predicción de aquellas componentes hidrológicas que permitan conocer el comportamiento de una cuenca hidrológica.

En esta investigación se evaluarán estadísticamente los datos disponibles de precipitación y de temperatura máxima y mínima, para la obtención de índices de cambio climático, mediante un método de amplia aceptación internacional, para la cuenca del río Pílon, hasta el municipio de Montemorelos N.L., para delimitar con relativa exactitud futuros escenarios de cambio climático.

La obtención de índices de cambio climático, puede resultar de especial interés para algún sector socioeconómico en particular, como puede ser el caso de la agricultura, la protección civil o el uso de energía.

Por tales razones, esta investigación, presenta la obtención de los índices de cambio climático aplicados a la cuenca del río Pílon, que pudieran ser utilizados para el análisis de un clima cambiante y, a su vez, como un apoyo para la toma de decisiones de adaptación al cambio climático.

### **1.17.- Hipótesis.**

Los índices hidrológicos en la cuenca del río Pílon, nos permitirán determinar un escenario futuro de parámetros climáticos para esta cuenca.

## **1.18.- Objetivos de esta investigación.**

### **1.18.1.- Objetivo general.**

Conocer el impacto que tienen los índices hidrológicos; como lo son la temperatura y precipitación en el cambio climático, adecuar estos datos para la cuenca hidrológica del río Pílon.

### **1.18.2.- Objetivos específicos.**

- Delimitar la cuenca en estudio a partir de un modelo digital de elevaciones.
- Determinar el gasto máximo de escurrimiento con datos de la estación hidrométrica.
- Obtener y adecuar las bases de datos de temperatura y precipitación.
- Evaluar estadísticamente los regímenes de temperatura y precipitación.
- Evaluar la disponibilidad de agua (o escurrimiento).
- Evaluar la afectación de la cuenca hidrológica debido a los indicadores de temperatura y precipitación.

# CAPÍTULO II

# EL MÉTODO

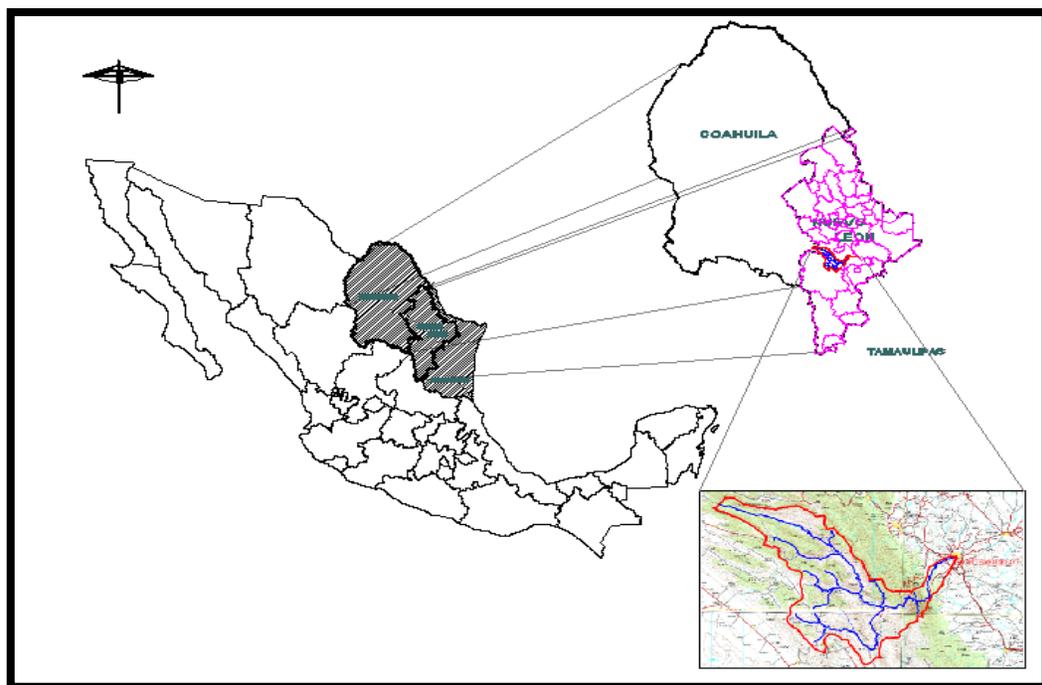
## 2.- Método.

En este capítulo se describe el procedimiento realizado para la obtención de los objetivos de este estudio.

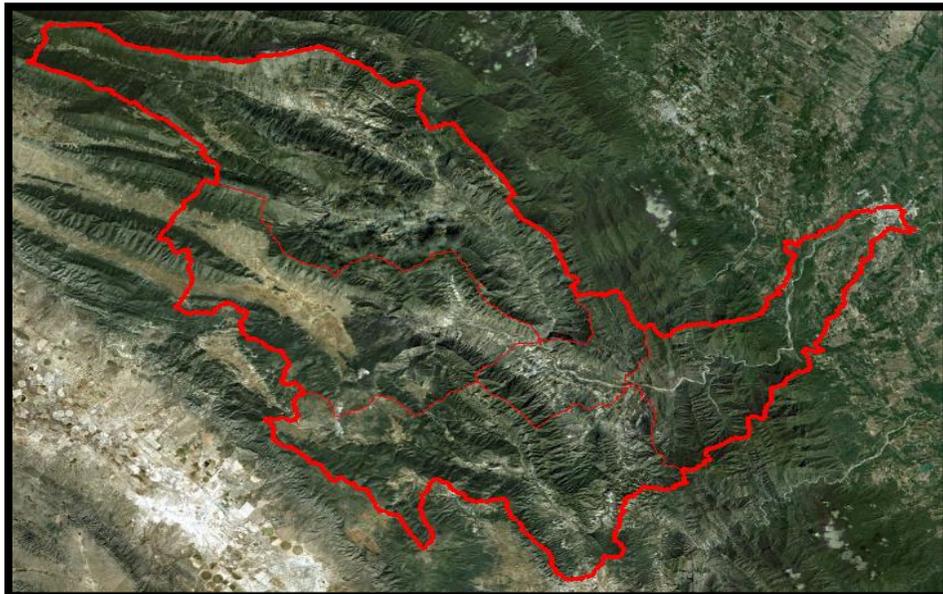
También se describe un método de amplia aceptación internacional, para el cálculo de Índices de Cambio Climático, a partir de los datos instrumentales del clima. Este capítulo ofrece una secuencia de pasos a seguir y referencia el método y las herramientas útiles del software.

### 2.1.- La zona en estudio.

Se eligió como zona en estudio la cuenca del río Pílon, hasta el municipio de Montemorelos, Nuevo León, perteneciente a la región del río Bravo y específicamente, dentro de la cuenca del río San Juan.



**Figura 2.1.-** Ubicación de la zona en estudio en la República Mexicana.



**Figura 2.2.-** Imagen satelital de la cuenca en estudio (Google Earth).

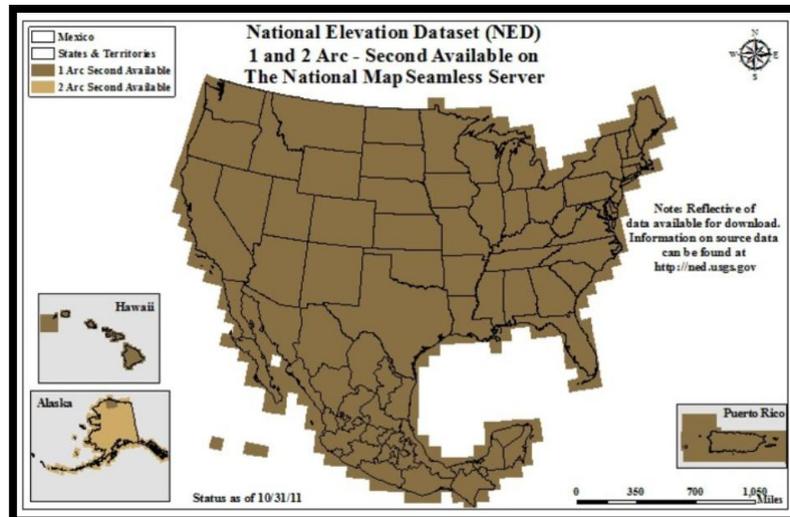
## **2.2.- Determinación de los parámetros físicos de la cuenca del río Pilón.**

Para la determinación de los parámetros físicos de la cuenca en estudio, se realizaron visitas de campo al sitio; esto con el fin de realizar una reseña fotográfica y recabar datos necesarios para la determinación de los parámetros físicos de la cuenca, como lo son: la visualización de escurrimientos superficiales que afectan a la zona, la verificación del tipo y uso del suelo, la vegetación, los materiales de arrastre en cauces, etc.

Primeramente se determinó el “parte aguas” que es la línea imaginaria del contorno de una cuenca hidrográfica, que la separa de las adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, en el sistema de cauces que fluyen hacia la salida de tal cuenca o punto en estudio; en nuestro caso hasta el municipio de Montemorelos, Nuevo León.

Basados en los recorridos de campo, en cartas topográficas del INEGI, mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el software ArcGIS y el software AutoCAD, se determinó el área en estudio, la longitud del cauce principal, las características del suelo. También se georeferenciaron las estaciones climatológicas existentes dentro de la cuenca hidrológica.

La información requerida para los modelos digitales de elevación se adquirió por medio del United States Geological Survey (USGS), mediante el servidor de mapas nacional (<http://seamless.usgs.gov>), que permite obtener muchas capas de datos geospaciales, como conjuntos de datos de elevación nacional (NED), y conjuntos de datos nacionales de cobertura del suelo, y ortoimágenes de alta resolución.



**Figura 2.3.-** Imagen del conjunto de datos nacional (NED) del USGS.

El conjunto de Datos de Elevación Nacional (NED), se deriva principalmente de 10 metros a 30 metros de resolución alta. Éste es un producto sin fisuras, actualizado cada dos meses, con el fin de incorporar el mejor modelo disponible de Elevación Digital (DEM). Una representación digital de la información cartográfica NED está disponible en resolución espacial de 1 segundo de arco (aproximadamente 30 metros), 1/3 segundo de arco (aproximadamente 10 metros) y 9.1 segundos de arco (aproximadamente 3 metros).

Estos conjuntos de datos digitales de elevación son esenciales para comprender el paisaje de la Tierra: la altura, la pendiente y el aspecto NED, que es fundamental para identificar y modelar las características geológicas, tales como los canales de drenaje de agua y cuencas. La información utilizada para este estudio corresponde a una resolución de 1 segundo de arco, que comprende aproximadamente 30 metros.

### **2.2.1.- Pendiente cauce principal.**

La pendiente del cauce principal tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.

Para la estimación de la pendiente de la cuenca, se presentan tres criterios que son ampliamente utilizados.

#### **2.2.1.1- Criterio simplificado.**

Establece que la pendiente de la cuenca es igual al desnivel entre la longitud del cauce.

$$S_a = (H/L) \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde:

- S<sub>a</sub>= Pendiente promedio de la cuenca, adimensional.
- H= Desnivel total del cauce principal, en m.
- L= Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca en m.

#### **2.2.1.2- Criterio de la recta equivalente.**

En este criterio, la pendiente promedio del cauce principal se obtiene por la pendiente de una línea recta que se apoya en el inicio o salida de la cuenca y tiene igual área arriba y abajo, respecto al perfil del cauce principal, es decir, el área triangular total bajo la recta es igual al área bajo el perfil de cauce.

$$S = (H/L) \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde:

- S= Pendiente promedio de la cuenca criterio de la recta equivalente, adimensional.
- H= Diferencia de elevaciones obtenidas de la recta equivalente, en m.
- L= Longitud total del cauce principal en m.

### 2.2.1.3- Criterio de A.B. Taylor y H.E. Schwarz.

Estos autores desarrollaron una fórmula que permite obtener la pendiente promedio del cauce principal, como la pendiente de un canal uniforme que tiene igual longitud y tiempo de viaje, que el colector principal de la cuenca.

Se divide el cauce principal en "m" tramos de igual longitud "L".

$$S = \left[ \frac{m}{\left(\frac{1}{\sqrt{S_1}}\right) + \left(\frac{1}{\sqrt{S_2}}\right) + \left(\frac{1}{\sqrt{S_3}}\right) + \dots + \left(\frac{1}{\sqrt{S_m}}\right)} \right]^2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Donde:

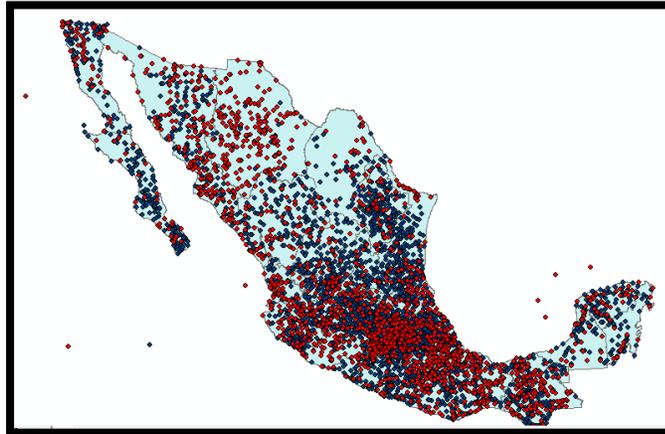
- S= Pendiente promedio de la cuenca, adimensional.
- m= Numero de tramos iguales, en los cuales se divide el cauce principal.
- S1, Sm= Pendiente de cada tramo, adimensional.

### 2.3.- Determinación de las estaciones climatológicas a utilizar.

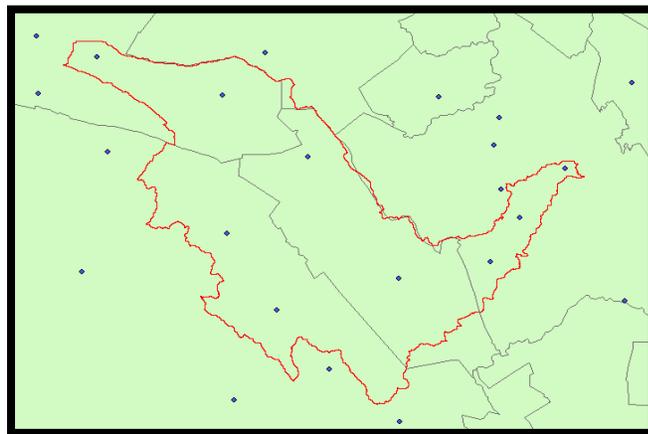
Una vez determinados los parámetros fisiográficos de la cuenca del río Pilón, y teniendo los datos necesarios en nuestro modelo digital de elevaciones en el software ArcGIS, buscamos la información disponible de las estaciones climatológicas en la República Mexicana.

En la figura 2.4, se pueden observar todas las estaciones climatológicas en la República Mexicana, las estaciones que actualmente se encuentran operando se encuentran marcadas con puntos de color azul, y las estaciones de color rojo son las estaciones climatológicas suspendidas.

Método.



**Figura 2.4.-** Estaciones climatológicas en la Republica Mexicana, software ArcGIS.



**Figura 2.5.-** Estaciones climatológicas en la cuenca del río Pílon, software ArcGIS.

Como se puede observar en la figura 2.5, hay 9 estaciones climatológicas dentro de la cuenca en estudio; sin embargo, únicamente se utilizarán 6 estaciones climatológicas; esto debido a la cantidad y la calidad de los datos registrados en estas 6 estaciones.

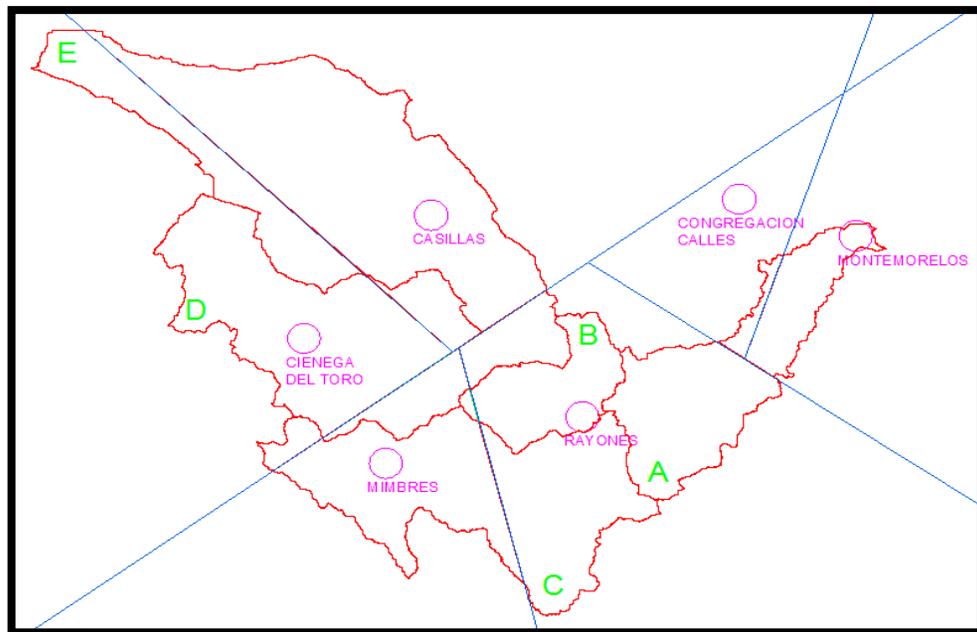
En la siguiente tabla se muestran las estaciones que se utilizaron para la realización de este estudio.

**Tabla 2.1.-** Estaciones climatológicas utilizadas, en la cuenca río Pílon.

ID	ESTACION	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ESTADO
19009	CASILLAS RAYONES	RAYONES	25° 11' 47"	100° 12' 51"	NUEVO LEÓN
19013	CIENEGA DEL TORO	GALEANA	25° 05' 05"	100° 20' 00"	NUEVO LEÓN
19047	MIMBRES GALEANA	GALEANA	24° 58' 26"	100° 15' 31"	NUEVO LEÓN
19048	MONTEMORELOS	MONTEMORELOS	25° 10' 58"	99° 50' 02"	NUEVO LEÓN
19053	RAYONES	RAYONES	25° 01' 10 "	100° 04' 27"	NUEVO LEÓN
19146	CONGREGACION CALLES	MONTEMORELOS	25° 13' 30"	99° 56' 20"	NUEVO LEÓN

#### 2.4.- Polígonos de Thiessen.

Una vez determinadas las estaciones climatológicas con las cuales se realizara el manejo de información disponible para la cuenca, se procedió a determinar las áreas de influencia de las estaciones mediante la metodología de los polígonos de Thiessen, en el software ArcGIS.



**Figura 2.6.-** Polígonos de Thiessen, cuenca del río Pílon.

## 2.5.- Obtención de los datos de precipitación de cada estación.

Para la determinación de los parámetros de precipitación de cada estación a analizar en este estudio, los parámetros se obtuvieron a partir de la información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). La información de las estaciones se actualizó a octubre de 2011, para elaborar el modelo hidrológico de la cuenca.

ESTACION CLIMATOLOGICA: CASILLAS	
UBICACION: RAYONES, N.L.	
DATOS:	
NUMERO DE AÑOS REGISTRADOS:	n= 54.00
MEDIA ARITMETICA:	X= 52.2167
DESVIACION ESTANDAR:	S= 46.9574
COCIENTE LLUVIA-DURACION:	R= 0.3882
DATOS CALCULADOS:	
PARAMETRO DE LA DISTRIBUCION DE GUMBELL:	My= 0.5501
PARAMETRO DE LA DISTRIBUCION DE GUMBELL:	Sy= 1.1668
PARAMETRO DE UBICACION:	A= 0.0248
PARAMETRO DE FORMA:	B= 30.0788
PARAMETROS REGIONALES:	a= 21.2861
	b= 6.6421
	c= 0.7
	F= 1.7839
RELACION LLUVIA-PERIDO DE RETORNO:	
ALTURA DE PRECIPITACION, PARA D=60 MIN. Y TR=2 AÑOS	P,60,2= 17.4028
ALTURA DE PRECIPITACION, PARA D=60 MIN. Y TR=10 AÑOS	P,60,10= 27.3303

**Figura 2.7.-** Datos de precipitación en la estación climatológica Casillas Rayones, N.L., de la CONAGUA.

## 2.6.- Modelo hidrológico semi-distribuido HEC-HMS.

Primeramente, para poder realizar la modelación hidrológica con el programa se determinaron los parámetros fisiográficos de las cuencas, el área, la longitud de Cauce principal y su pendiente, mediante tres criterios diferentes (Simplificado, Recta equivalente y el criterio de Schwarz y Taylor) seleccionando el que más se adaptara a las condiciones naturales de la cuenca, así como también la ubicación de las áreas de impermeabilización y/o urbanas, los tipos de suelo y su uso, para así poder definir las características de escurrimiento de cada una de las cuencas a analizar.

El modelo hidrológico semi-distribuido HEC-HMS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), fue el modelo utilizado para este estudio, para simular el proceso lluvia-escurrimiento de la cuenca del río Pílon.

El software de modelación hidrológica, para simular la cuenca en estudio, utiliza las siguientes componentes: modelos de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada.

En una simulación hidrológica HEC-HMS se calcula el proceso lluvia-escorrimento en el modelo de la cuenca, dada la entrada del modelo meteorológico. En las especificaciones de control se define el periodo de tiempo en el cual se llevará a cabo la modelación hidrológica y el paso de tiempo a utilizar (min, hrs, día). En los datos de entrada, por ejemplo, la serie de tiempo de caudales, tablas, datos por celdas utilizados como parámetros o condiciones de frontera en el modelo de la cuenca hidrológica como en el modelo meteorológico.

Todos los elementos hidrológicos están conectados representando una red de drenaje para simular los procesos de escurrimiento de la cuenca en estudio. Los elementos utilizados en el modelo son: cuenca, unión y río. El cálculo de cada elemento se realiza de aguas arriba hacia aguas abajo.

**Tabla 2.2.- Elementos hidrológicos que pueden ser utilizados software HEC-HMS.**

Elemento hidrológico	Descripción
<b>Subcuenca</b>	La subcuenca se utiliza para representar la cuenca física. Teniendo en cuenta la precipitación, la salida del elemento de la subcuenca se calcula restando las pérdidas de la precipitación, el cálculo del escurrimiento superficial y la suma de caudal base.
<b>Río</b>	El río se utiliza para transportar el caudal en el modelo de cuenca. La entrada del río puede provenir de uno o varios elementos aguas arriba. La salida del río es calculada por el cálculo de la traslación y la atenuación. Las pérdidas del canal, opcionalmente, se pueden incluir en el tránsito.
<b>Unión</b>	La unión se utiliza para combinar los caudales de los elementos situados aguas arriba de la unión. La entrada a la unión puede provenir de uno o varios elementos aguas arriba. La salida se calcula sumando todas las entradas.
<b>Fuente</b>	La fuente se utiliza para introducir flujo en el modelo de cuenca. El elemento fuente no tiene ningún ingreso. El flujo de salida del elemento de origen es definido por el usuario.
<b>Sumidero</b>	El sumidero es usado para representar la salida de la cuenca física. La aportación al sumidero puede venir de uno o varios elementos de arriba. No hay salida del sumidero.
<b>Embalse</b>	El depósito se utiliza para modelar la detención y la atenuación de un hidrograma causada por un embalse o estanque de detención. La entrada al elemento puede venir de flujo de salida de uno o varios elementos aguas arriba. La salida del embalse se puede calcular usando uno de tres métodos de tránsito.
<b>Derivación</b>	Se utiliza para modelar el flujo que sale de un tramo de un cauce. La entrada a la derivación puede venir a partir de uno o muchos elementos provenientes de aguas arriba. La salida de este elemento consiste en un flujo derivado y un flujo no derivado.

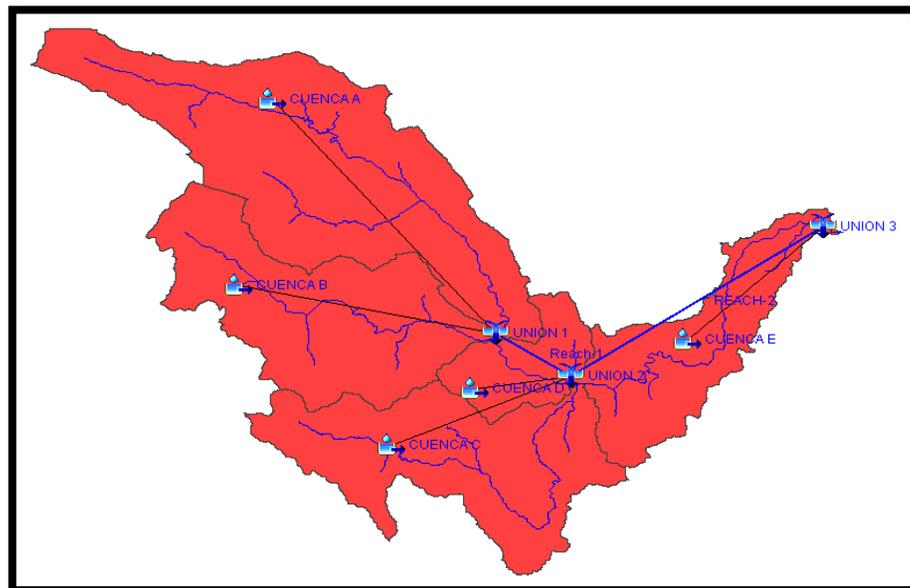
La mayoría de estos elementos hidrológicos que utiliza el software HEC-HMS requiere datos paramétricos para que el programa pueda modelar los procesos hidrológicos representados por cada elemento hidrológico. En el caso del elemento subcuenca, muchos modelos matemáticos están disponibles para la determinación de las pérdidas de precipitación, la transformación de la precipitación en exceso al escurrimiento en la salida de la subcuenca y la suma de caudal base. Los métodos disponibles para los elementos de subcuenca y río se muestran en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3.-** Métodos disponibles en elementos hidrológicos de subcuenca y río software HEC-HMS.

Elemento hidrológico	Tipo de modelo	Método
Subcuenca	Pérdidas	Déficit y tasa constante (DC)
		Exponencial
		Green y Ampt
		Inicial y tasa constante
		Número de curva (CN) SCS
		Smith Parlange
		Consideración de la humedad del suelo (SMA)
	Transformación	Hidrograma unitario de Clark
		Onda cinemática
		ModClark
		Hidrograma unitario SCS
		Hidrograma unitario Snyder
		Hidrograma en S, definido por el usuario
	Flujo base	Hidrograma unitario, definido por el usuario
		Curva de recesión con frontera
		Constante mensual
		Embalse lineal
		Embalse no lineales de Boussinesq
Río	Tránsito	Curva de recesión
		Onda cinemática
		Lag
		Puls Modificado
		Muskingum
		Muskingum-Cunge
	Straddle stagger	
	Ganancia/Pérdidas	Constante
		Percolación

El modelo meteorológico calcula la entrada de precipitación requerida por un elemento de una subcuenca. El modelo meteorológico puede utilizar datos puntuales y precipitación por celdas y tiene la capacidad de modelar precipitaciones de agua congelada y líquida, junto con la evapotranspiración. Los métodos de fusión de la nieve modelan la acumulación y el derretimiento de la capa de nieve. Los métodos incluyen el nuevo método de evapotranspiración mensual constante de Priestly Taylor y el método de cuadrícula de Priestly Taylor (Hydrologic Engineering Center, 2008).

Las especificaciones de control se refieren al tiempo de duración de la simulación; esto incluye la fecha y la hora de inicio y fin del proyecto. Además, cada una de las especificaciones de control incluye el intervalo de tiempo que será utilizado para realizar los cálculos en una simulación. El mismo intervalo de tiempo que poseen las series de tiempo se usa en la simulación. En algunos casos, los cálculos pueden llevarse a cabo en un intervalo de tiempo más corto y los resultados interpolados para el intervalo especificado de condiciones de control. Algunos métodos en el modelo de cuenca tienen parámetros que son sensibles al intervalo de tiempo. Esos parámetros deben ser estimados con el conocimiento del intervalo de tiempo en las especificaciones de control (Hydrologic Engineering Center, 2008).



**Figura 2.8.-** Modelo hidrológico de la cuenca río Pílon, software HEC-HMS.

## 2.7.- Obtención de los datos de precipitación diarios, las temperaturas máximas y mínimas diarias de cada estación.

Los datos climatológicos del país se encuentran disponibles en la institución oficial encargada de administrarlos, el Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua. Con el fin de promover el desarrollo de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático, el Instituto Nacional de Ecología (INE), ha desarrollado una herramienta en línea para el uso de la base de datos climatológica nacional del sistema CLICOM en formato de RClimdex por los miembros de la Red de Detección e Índices de Cambio Climático (REDICC) en México. Esta red de personas e instituciones fue recientemente creada como parte de un proyecto del INE financiado por la Embajada Británica en México, con apoyo logístico de la Universidad Iberoamericana de Puebla.



**Figura 2.9.-** Herramienta en línea para acceso y selección de datos climáticos (<http://zimbra.ine.gob.mx/tallerIndices>).

Es importante aclarar que el uso de la base de datos por parte del INE y de los participantes en la REDICC está sujeto a la normatividad vigente en la materia; por lo tanto, el uso de información se permite sólo con fines de investigación y su manejo adecuado es responsabilidad del Comité Nacional del Cambio Climático el cual es colaborador mi Director de Tesis M.C. Ricardo Alberto Cavazos González.

Se obtuvieron los datos diarios de precipitación, la temperatura máxima y mínima mediante el INE, de nuestras 6 estaciones climatológicas en estudio, en la figura 2.10 se muestra un ejemplo de la información obtenida en línea.

1957	11	5	0.0	-99.9	-99.9	1957	11	6	0.0	-99.9	-99.9
1957	12	7	1.0	-99.9	-99.9	1957	12	8	0.0	-99.9	-99.9
1958	1	8	0.0	-99.9	-99.9	1958	1	9	0.0	-99.9	-99.9
1958	2	9	0.0	-99.9	-99.9	1958	2	10	0.0	-99.9	-99.9
1958	3	13	0.0	19.0	7.0	1958	3	14	0.0	19.0	3.0
1958	4	14	0.0	25.0	13.0	1958	4	15	0.0	28.0	12.0
1958	5	16	2.5	24.0	13.0	1958	5	17	2.0	24.0	12.0
1958	6	17	2.0	31.0	21.0	1958	6	18	0.0	31.0	19.0
1958	7	19	0.0	33.0	17.0	1958	7	20	0.0	34.0	17.0
1958	8	20	0.0	31.0	17.0	1958	8	21	0.0	31.0	17.0
1958	9	21	2.5	32.0	18.0	1958	9	22	0.0	33.0	16.0
1958	10	23	4.5	27.0	16.0	1958	10	24	0.0	28.0	15.0
1958	11	24	0.0	26.0	11.0	1958	11	25	0.0	28.0	10.0
1958	12	26	-99.9	-99.9	-99.9	1958	12	27	-99.9	-99.9	-99.9
1959	1	27	-99.9	-99.9	-99.9	1959	1	28	-99.9	-99.9	-99.9
1959	2	28	-99.9	-99.9	-99.9	1959	3	1	-99.9	-99.9	-99.9
1959	4	1	-99.9	-99.9	-99.9	1959	4	2	-99.9	-99.9	-99.9
1959	5	3	-99.9	-99.9	-99.9	1959	5	4	-99.9	-99.9	-99.9
1959	6	4	0.0	32.0	19.0	1959	6	5	2.1	31.0	19.0
1959	7	6	0.0	33.0	18.0	1959	7	7	0.0	32.0	18.0
1959	8	7	3.0	30.0	18.0	1959	8	8	0.0	32.0	17.0
1959	9	8	0.0	29.0	13.0	1959	9	9	18.1	30.0	16.0
1959	10	10	0.0	31.0	14.0	1959	10	11	0.0	32.0	14.0
1959	11	11	0.0	24.0	6.0	1959	11	12	0.0	27.0	9.0
1959	12	13	0.0	26.0	11.0	1959	12	14	0.0	28.0	9.0
1960	1	14	0.0	24.0	12.0	1960	1	15	0.0	22.0	7.0
1960	2	15	-99.9	-99.9	-99.9	1960	2	16	-99.9	-99.9	-99.9
1960	3	18	0.0	22.0	0.0	1960	3	19	0.0	24.0	2.0
1960	4	19	0.0	29.0	9.0	1960	4	20	0.0	31.0	9.0

**Figura 2.10.-** Datos de la estación climatología Rayones, obtenida en línea (<http://zimbra.ine.gob.mx/tallerIndices>).

Los datos disponibles en línea de las estaciones climatológicas se encuentran disponibles con datos hasta el año 2006, por lo que se pidió a la Conagua los datos disponibles de las estaciones en estudio, del 2006 a octubre de 2011.

COMISION NACIONAL DEL AGUA ORGANISMO DE CUENCA RIO BRAVO DIRECCIÓN TÉCNICA OBSERVACIONES CLIMATOLÓGICAS HECHAS A LAS 8 HORAS																																																									
LATITUD: 25°01'13"		LONGITUD: 100°04'29"		ALTITUD: 840		MES: Agosto		AÑO: 2011																																																	
DIVISION: CLIMATOLOGÍA		MUNICIPIO: RAYONES		ESTADO: N. L.		ESTACION: RAYONES (19053)																																																			
TERMOMETRO AL ABRIGO		PLUVIOMETRO		MICROMETRO		EVAP. 24 HRS.		HELADA		ESTADO DEL TIEMPO A LA HORA DE LA OBSERVACIÓN				ESTADO DEL TIEMPO EN LAS 24 HORAS ANTERIORES A LA OBSERVACIÓN				RESUMEN MENSUAL																																							
DÍA	AMBIENTE	MAXIMA	MINIMA	LECTURAS ENmm	LECTURAS ENmm	LECTURAS ENmm	ENmm			DIPEC.	VELOC.	YSB	ESTADO CIELO	FENOMENOS VARIOS	TORMENTA	GRANIZO	NEBLA	NEVE	ESTADO CIELO	TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS	Maxima en el mes:	Día	Var	Minima en el mes:	Día	Var	Medida en el mes:	LUBIA APRECIBLE EN mm	Maxima en 24 hrs:	Día	25	Minima en 24 hrs:	Día	22	Medida en el mes:	3.6	Total en el mes:	111.0	EVAPORACION EN mm	Maxima en el mes:	Día	Minima en el mes:	Día														
20.0	<	16.0	<							SE	1	0									Maxima en el mes:	38.0	Día	Var	Minima en el mes:	14.0	Día	Var	Medida en el mes:	25.4																											
19.0	30.0	15.0	0.0							NE	1	0			0	0	0	0	0		Maxima en 24 hrs:	98.0	Día	25	Minima en 24 hrs:	5.0	Día	22	Medida en el mes:	3.6																											
23.0	34.0	17.0	0.0							NE	1	0			0	0	0	0	0		Total en el mes:	111.0																																			
25.0	36.0	19.0	0.0							NE	1	0			0	0	0	0	0																																						
22.0	37.0	20.0	0.0							NE	1	0			0	0	0	0	0																																						
23.0	34.0	18.0	0.0							SE	1	0			0	0	0	0	0																																						
24.0	37.0	20.0	0.0							SE	1	0			0	0	0	0	0																																						
21.0	33.0	18.0	0.0							SE	1	0			0	0	0	0	0																																						
25.0	38.0	19.0	0.0							NE	1	0			0	0	0	0	0																																						
23.0	38.0	21.0	0.0							NE	1	0			0	0	0	0	0																																						
20.0	35.0	17.0	0.0							NE	1	0			0	0	0	0	0																																						
24.0	36.0	20.0	0.0							NE	1	0			0	0	0	0	0																																						
19.0	28.0	16.0	0.0							NE	1	0			0	0	0	0	0																																						

**Figura 2.11.-** Datos de la estación climatología Rayones, obtenida de forma oficial en la CONAGUA.

Se actualizaron todos los datos climáticos de la estaciones en estudio hasta octubre de 2011, cumpliendo con el formato descargado en línea del INE (figura 2.9), esto con el fin de conservar el formato para utilizarlo en el software R.

## **2.8.- Índices de cambio climático.**

Para el cálculo de los índices de cambio climático sólo deben utilizarse las series de datos que sean razonablemente homogéneas y de calidad. Las series con discontinuidades que hayan sido evaluadas como no homogéneas deberán ser descartadas o bien, sometidas a un cuidadoso procedimiento de calidad y homogenización, antes de usarse para determinar los índices de cambio climático.

### **2.8.1.- Estadística aplicada a las series de datos de las estaciones climatológicas.**

El software R incluye un lenguaje de programación y un ambiente de desarrollo para el uso de la estadística y creación de graficas. R funciona en múltiples sistemas operativos como MS Windows, Linux y Macintosh.

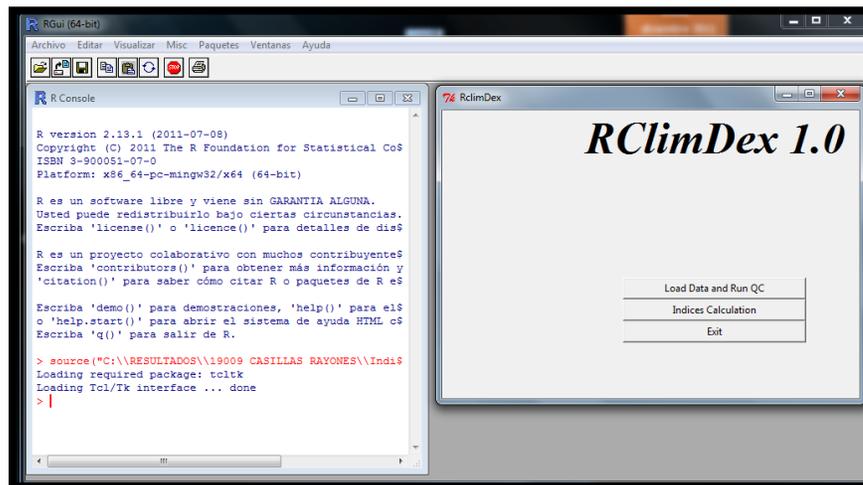
“R” es el software de uso libre, esto es, no tiene una licencia comercial, su licencia de uso es la Licencia Publica General y además de estar disponible sin costo en la internet, incluye el código fuente con el que fue creado, con el fin de que pueda modificarse o mejorarse. El software, la documentación y todo lo referente al proyecto R se encuentra en el sitio <http://www.r-project.org>.

### **2.8.2.- Software RClimdex como apoyo para el control de calidad.**

El software RClimdex utiliza como criterio un número de desviaciones estándar alrededor de la media. Este número es especificado por el usuario y tiene mejores resultados en el caso de los datos de temperatura; en el caso de los datos de precipitación es recomendable utilizar o realizar una inspección visual de las gráficas u otros cálculos no incluidos en RClimdex.

En este software se recomienda utilizar un valor de 4 desviaciones estándar para la identificación de valores a verificar en las series de temperatura, aunque también puede utilizarse un valor de 3.5 ó 3 desviaciones estándar.

Una vez especificados los parámetros anteriores y continuando con el procedimiento, se recibirán notificaciones del control de calidad, indicando que el procesamiento puede tardar algunos minutos e indicando la ruta y nombre de los archivos resultantes para identificar valores sujetos de verificación han sido almacenados.



**Figura 2.12.-** Software RClindex 1.0 para el control de calidad en las series de datos estaciones climatológicas.

Los errores de temperatura son escritos por RClindex en un archivo generado llamado *seriedatostemp\_QC.csv*, y los valores que exceden el umbral especificado con el criterio de la desviación estándar son escritos en un archivo llamado *seriedatos\_tepstdQC.csv*. Estos archivos se guardan en el subdirectorio log del directorio de trabajo.

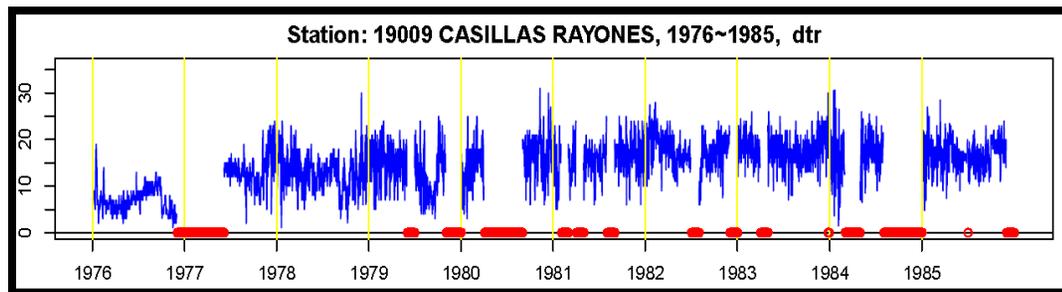
Los archivos generados y guardados por el software el subdirectorio log, requieren un análisis minucioso por parte del usuario y contienen la siguiente información: la fecha (año, mes, día); y tres columnas que corresponden al límite inferior observado en la fecha y limite superior, para la temperatura máxima, la temperatura mínima y el rango diurno de temperatura (dtr) respectivamente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	year	month	day	tmaxlow	tmax	tmaxup	tminlow	tmin	tminup	dtrlow	dtr	dtrup	
2	1969	5	6	4.42	7.5	57.58	0.68	0	34.42	-4.7	7.5	31.6	
3	1969	5	7	6.51	7	56.27	2.66	1.5	32.75	-5.46	5.5	32.84	
4	1969	5	8	8.55	4.5	55.9	2.08	3	32.88	-4.06	1.5	33.55	
5	1969	5	9	10.49	6	54.45	2.5	0	33.52	-2.67	6	31.59	
6	1969	5	10	8.22	5	55.41	2.71	0.5	33.72	-4.37	4.5	31.56	
7	1969	5	11	9.49	4.5	53.86	3.4	0.2	33.14	-3.32	4.3	30.14	
8	1969	5	12	13.56	17	50.63	3.59	0.2	33.4	-2.91	16.8	30.11	
9	1969	5	13	11.94	15	52.48	2.41	0	34.06	-2.67	15	30.61	
10	1969	5	25	14.81	15.5	51.25	8.6	8.5	30.56	-0.11	7	27.01	
11	1969	5	26	15.31	25	51.22	8.15	7	31.87	-1.86	18	28.37	
12	1977	9	3	17.21	19	46.77	11.09	9	29.1	0.42	10	23.37	
13	1977	9	4	16.11	21	47.97	10.74	10	29.12	-2.89	11	27.12	
14	1986	6	10	21.09	32	46.67	10.8	10	30.24	0.82	22	25.9	
15	2000	10	9	6.98	5	49.45	2.77	3	30.29	-7.04	2	30.4	
16	2000	10	10	9.92	8	46.74	1.33	3	31.1	-5.02	5	29.25	

**Figura 2.13.-** Ejemplo del archivo generado el control de calidad de la serie de datos.

Los datos dudosos pueden descartarse, en cuyo caso deberán reemplazarse por el código de dato perdido -99.9, corregidos (por ejemplo, cuando se ha verificado un error de captura o de punto decimal de acuerdo con las fuentes originales en papel) o bien dejarse como se encuentran originalmente si se logra encontrar evidencia suficiente de que se trata de un extremo meteorológico que realmente ocurrió en cualquiera de estos casos es muy importante tener un registro y anotar el nombre y la clave de identificación de la estación de observación, la fecha en los datos en los que se realiza la eliminación, la corrección o verificación del dato, la fecha en la que tiene lugar el cambio en los datos, y el nombre, el perfil profesional y los datos de contacto de quien realiza la modificación.

Esto permitirá en futuras verificaciones contactar al responsable de los cambios o bien, conocer la procedencia de los cambios con respecto a los originales.



**Figura 2.14.-** Ejemplo de las graficas del software RClimdex.

Los datos faltantes en la serie de datos de las estaciones climatológicas se marcan con círculos rojos en el eje horizontal como se hace, por ejemplo en la figura 2.14.

Una vez completado el control de calidad en las series de datos de la estación climatológica, se procedió a realizar las pruebas de homogeneidad, para posteriormente realizar el cálculo de los índices de cambio climático.

### 2.8.3.- Software RHTest como apoyo para el control de homogeneidad.

A partir de la versión 3, RHTest incluye nuevos algoritmos para el ajuste de discontinuidades (series no homogéneas) en los datos de temperatura y precipitación. Estos cambios en el software han sido realizados por los científicos desarrolladores del mismo, con el fin de fomentar que los índices de cambio climático sean calculados utilizando únicamente series homogéneas. Sin embargo debido a las complejidades que el proceso de homogeneización de series implica, y dado que estas complejidades se incrementan en los climas de latitudes tropicales (como en el caso de la Cd. De México), se recomienda que la homogeneización de series se desarrolle con un especialista en el tema.

Al utilizar este software, el primer paso es transformar la serie de datos de las estaciones en estudio, de la escala diaria, a la escala mensual. Los archivos mensuales de interés que se generan se nombrarán como *seriedatos\_tmaxMLY.txt*, *seriedatos\_tminMLY.txt*. Se generan también otros archivos.

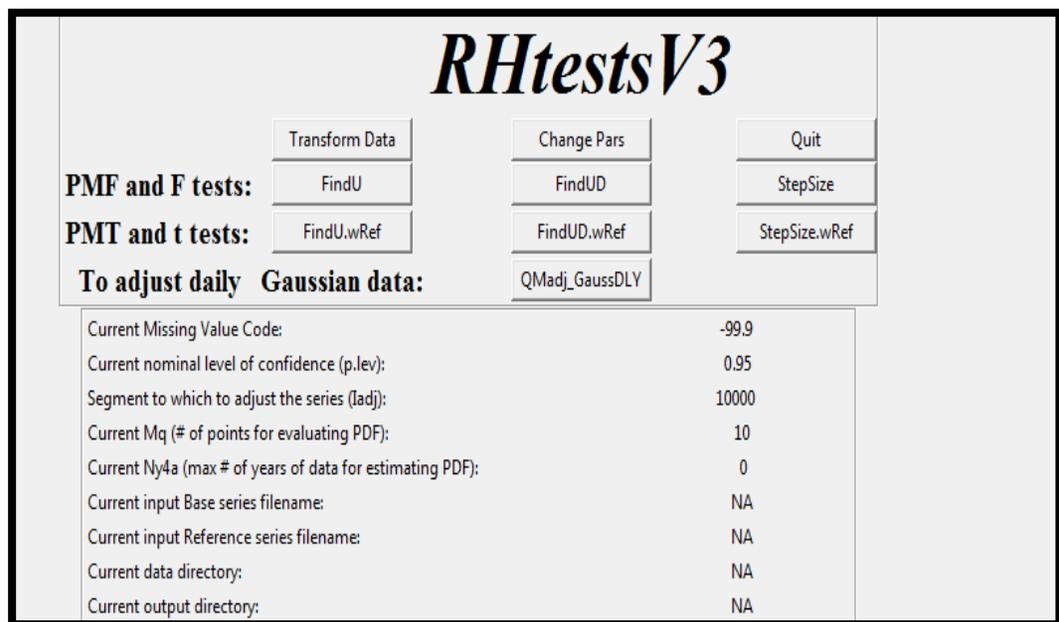
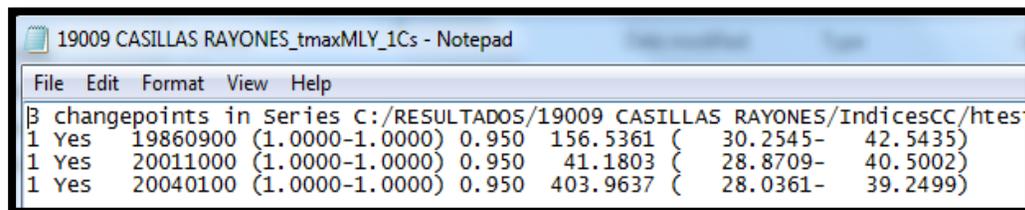


Figura 2.15.- Ejemplo del software RHtestsV3.

Una vez obtenidos los datos de la serie a escala mensual, se procede a realizar la prueba de homogeneidad. El software creará un subdirectorío llamado output, que contiene los archivos seriedatos\_tmaxMLY\_mCs.txt, seriedatos\_tmaxMLY\_1Cs.txt y seriedatos\_tmaxMLY\_Ustat.txt (y los equivalentes para temperatura mínima y precipitación). De los archivos generados el archivo seriedatos\_tmaxMLY\_mCs.txt contiene la información sobre los puntos que pueden hacer que la serie de datos no sea homogénea (figura 2.16).



19009 CASILLAS RAYONES_tmaxMLY_1Cs - Notepad							
File Edit Format View Help							
B changepoints in Series C:/RESULTADOS/19009 CASILLAS RAYONES/IndicesCC/htes							
1	Yes	19860900	(1.0000-1.0000)	0.950	156.5361	( 30.2545-	42.5435)
1	Yes	20011000	(1.0000-1.0000)	0.950	41.1803	( 28.8709-	40.5002)
1	Yes	20040100	(1.0000-1.0000)	0.950	403.9637	( 28.0361-	39.2499)

**Figura 2.16.-** Ejemplo de puntos que pueden hacer que la serie de datos no sea homogénea.

En la figura 2.16, la primer fila indica el número de puntos de cambio y la serie a la que se le aplicó la prueba y los significados de las columnas 2 en adelante son: la primera columna indica si el punto de cambio del que se trata (tipo 1 o tipo 0); la segunda columna indica si el punto de cambio es estadísticamente significativo ("Yes"= sí es punto de cambio significativo o "No, no es un punto de cambio significativo, "?"puede o no ser significativo; "YifD" es significativo si está documentado con metadatos); la tercera columna contiene la fecha en que se observó el punto de cambio en la serie; la cuarta columna, indica entre paréntesis, los intervalos de confianza del valor p al 95%; la quinta columna indica el valor p nominal; y las últimas tres columnas son los valores estadísticos de la prueba de homogeneidad aplicada (prueba t de máxima penalización o prueba F de máxima penalización) y sus intervalos de confianza al 95%.

Idealmente, la serie de datos no debería contener ningún tipo de cambio significativo, para poder ser utilizada en el cálculo de índices de cambio climático; a menos de que dicho cambio estuviera bien documentado y fuera debido únicamente al clima y no a ningún factor artificial del proceso de medición. Este requerimiento reducirá significativamente el número de estaciones factibles de analizar. Una vez terminados los análisis de datos de las estaciones climáticas en estudio, se procederá a determinar los índices de cambio climático.

A continuación se enlistan y definen los 27 índices que se obtuvieron para presente estudio, de la cuenca del río Pilón: índices básicos del ETCCDI de acuerdo con lo documentado.

### 1. FD0. Días con helada (Frost Days).

Sea  $T_{nij}$  la temperatura mínima diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$ . Número de días cuando:

$$T_{nij} < 0^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots (2.4)$$

### 2. SU25. Días de verano (Summer Days).

Sea  $T_{xij}$  la temperatura máxima diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$ . Número de días cuando:

$$T_{xij} > 25^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots (2.5)$$

### 3. ID0. Días con hielo (Icing Days).

Sea  $T_{xij}$  la temperatura máxima diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$ . Número de días cuando:

$$T_{xij} < 0^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots (2.6)$$

### 4. TR20. Noches tropicales (Tropical nights).

Sea  $T_{nij}$  la temperatura mínima diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$ . Número de días cuando:

$$T_{nij} > 20^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots (2.7)$$

### 5. GSL. Estación de crecimiento (Growing Season Length).

Sea  $T_{ij}$  la temperatura media diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$ . Número de días entre la primera ocurrencia de por lo menos 6 días consecutivos con:

$$T_{ij} > 5^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots (2.8)$$

Y la primera ocurrencia después del 1º Julio (1º Enero en el Hemisferio Sur) de por lo menos 6 días consecutivos con:

$$T_{ij} < 5^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots (2.9)$$

### 6. TXx. Temperatura máxima extrema.

Sea  $T_{xkj}$  la temperatura máxima diaria en el mes  $k$ , en el periodo  $j$ . La máxima temperatura máxima diaria cada mes es entonces:

$$TX_{xkj} = \max (T_{xkj}) \dots\dots\dots (2.10)$$

### 7. TNx. Temperatura mínima más alta.

Sea  $T_{nkj}$  la temperatura mínima diaria en el mes  $k$ , en el periodo  $j$ . La máxima temperatura mínima diaria cada mes es entonces:

$$TN_{xkj} = \max (T_{nkj}) \dots\dots\dots (2.11)$$

### 8. TXn. Temperatura máxima más baja.

Sea  $T_{xkj}$  la temperatura máxima diaria en el mes  $k$ , en el periodo  $j$ . La mínima temperatura máxima diaria cada mes es entonces:

$$TX_{Nkj} = \min (T_{xkj}) \dots\dots\dots (2.12)$$

### 9. TNn. Temperatura mínima extrema.

Sea  $T_{nkj}$  la temperatura mínima diaria en el mes  $k$ , en el periodo  $j$ . La mínima temperatura mínima diaria cada mes es entonces:

$$TN_{nkj} = \min (T_{nkj}) \dots\dots\dots (2.13)$$

### 10. Tn10p. Frecuencia de noches frías.

Sea  $T_{nij}$  la temperatura mínima diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$  y sea  $T_{nen10}$  el día calendario del percentil 10 centrado en una ventana de 5 días. El índice indica el porcentaje de tiempo, donde:

$$T_{nij} < T_{nen10} \dots \dots \dots (2.14)$$

### 11. Tx10p. Frecuencia de días frescos.

Sea  $T_{xij}$  la temperatura máxima diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$  y sea  $T_{xen10}$  el día calendario del percentil 10 centrado en una ventana de 5 días. El índice indica el porcentaje de tiempo, donde:

$$T_{xij} < T_{xen10} \dots \dots \dots (2.15)$$

### 12. Tn90p. Frecuencia de noches cálidas.

Sea  $T_{nij}$  la temperatura mínima diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$  y sea  $T_{nen90}$  el día calendario del percentil 90 centrado en una ventana de 5 días. El porcentaje de tiempo es determinado, donde:

$$T_{nij} > T_{nen90} \dots \dots \dots (2.16)$$

### 13. Tx90p. Frecuencia de días calurosos.

Sea  $T_{xij}$  la temperatura máxima diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$  y sea  $T_{xen90}$  el día calendario del percentil 90 centrado en una ventana de 5 días. El porcentaje de tiempo es determinado, donde:

$$T_{xij} > T_{xen90} \dots \dots \dots (2.17)$$

### 14. WSDI. Duración de los períodos cálidos (Warm Spells Duration Index).

Sea  $T_{xij}$  la temperatura máxima diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$  y sea  $T_{xen90}$  el día calendario del percentil 90 centrado en una ventana de 5 días. Entonces el número de días por periodo es sumado donde, en intervalos de por lo menos 6 días consecutivos:

$$T_{xij} > T_{xen90} \dots \dots \dots (2.18)$$

### 15. CSDI. Duración de los períodos fríos (Cold Spells Duration Index).

Sea  $T_{nij}$  la temperatura mínima diaria en el día  $i$ , en el periodo  $j$  y sea  $T_{xen10}$  el día calendario del percentil 10 centrado en una ventana de 5 días. Entonces el número de días por período es sumado donde, en intervalos de por lo menos 6 días consecutivos:

$$T_{nij} > T_{nen10} \dots \dots \dots (2.19)$$

### 16. DTR. Rango diurno de temperatura (Diurnal Temperature Range).

Sea  $T_{xij}$  y  $T_{nij}$  las temperaturas diarias máximas y mínimas respectivamente en el día  $i$  en el periodo  $j$ . Si  $I$  representa el número de días en  $j$ , entonces:

$$DTR_j = \frac{(\sum_{i=1}^I (T_{xij} - T_{nij}))}{I} \dots \dots \dots (2.20)$$

### 17. RX1day. Precipitación máxima en un día.

Sea  $RR_{ij}$  el total diario de precipitación en el día  $i$  en el periodo  $j$ . Entonces los valores máximos de 1 día para el periodo  $j$  son:

$$Rx1day_j = \max (RR_{ij}) \dots \dots \dots (2.21)$$

### 18. Rx5day. Precipitación máxima en cinco días.

Sea  $RR_{kj}$  la cantidad de precipitación para el intervalo de cinco días terminando en  $k$ , periodo  $j$ . Entonces los valores máximos de 5 días para el periodo  $j$  son:

$$Rx5day_j = \max (RR_{kj}) \dots \dots \dots (2.22)$$

### 19. SDII. Índice simple de intensidad diaria (Simple Daily Intensity Index).

Sea  $RR_{wj}$  la cantidad diaria de precipitación en días húmedos,  $w$  ( $RR \geq 1\text{mm}$ ) en el periodo  $j$ . Si  $w$  representa el número de días húmedos en  $j$ , entonces:

$$SDII_j = \frac{(\sum_{w=1}^w (RR_{wj}))}{w} \dots\dots\dots (2.23)$$

### 20. R10. Días con lluvia mayor a 10mm.

Sea  $RR_{ij}$  la cantidad diaria de precipitación en el día  $i$  en el período  $j$ . Cuente el número de días donde:

$$RR_{ij} \geq 10\text{mm} \dots\dots\dots (2.24)$$

### 21. R20. Días con lluvia mayor a 20mm.

Sea  $RR_{ij}$  la cantidad diaria de precipitación en el día  $i$  en el período  $j$ . Cuente el número de días donde:

$$RR_{ij} \geq 20\text{mm} \dots\dots\dots (2.25)$$

### 22. Rnn. Días con lluvia mayor a nn mm.

Sea  $RR_{ij}$  la cantidad diaria de precipitación en el día  $i$  en el período  $j$ . Si  $nn$  representa cualquier valor razonable de precipitación diaria entonces cuente el número de días donde:

$$RR_{ij} \geq nn\text{mm} \dots\dots\dots (2.26)$$

### 23. CDD. Días secos consecutivos (Consecutive Dry Days).

Sea  $RR_{ij}$  la cantidad diaria de precipitación en el día  $i$  en el período  $j$ . Cuente el más grande número de días consecutivos donde:

$$RR_{ij} < 1\text{mm} \dots\dots\dots (2.27)$$

#### 24. CWD. Días húmedos consecutivos (Consecutive Wet Days).

Sea  $RR_{ij}$  la cantidad diaria de precipitación en el día  $i$  en el período  $j$ . Cuente el más grande número de días consecutivos donde:

$$RR_{ij} \geq 1\text{mm} \dots \dots \dots (2.28)$$

#### 25. R95pTOT. Días muy húmedos.

Sea  $RR_{wj}$  la cantidad diaria de precipitación en un día húmedo  $w$  ( $RR \geq 1.0\text{mm}$ ) en el periodo  $j$  y sea  $RR_{wn95}$  el percentil 95th de precipitación en los días húmedos en el periodo 1961-1990. Si  $w$  representa el número de días húmedos en el periodo, entonces:

$$R95_{pj} = \sum_{w=1}^w RR_{wj} \text{ donde } RR_{wj} > RR_{wn95} \dots \dots \dots (2.29)$$

#### 26. R99p. Días extremadamente húmedos.

Sea  $RR_{wj}$  la cantidad diaria de precipitación en un día húmedo  $w$  ( $RR \geq 1.0\text{mm}$ ) en el periodo  $j$  y sea  $RR_{wn99}$  el percentil 99th de precipitación en los días húmedos en el periodo 1961-1990. Si  $w$  representa el número de días húmedos en el periodo, entonces:

$$R99_{pj} = \sum_{w=1}^w RR_{wj} \text{ donde } RR_{wj} > RR_{wn99} \dots \dots \dots (2.30)$$

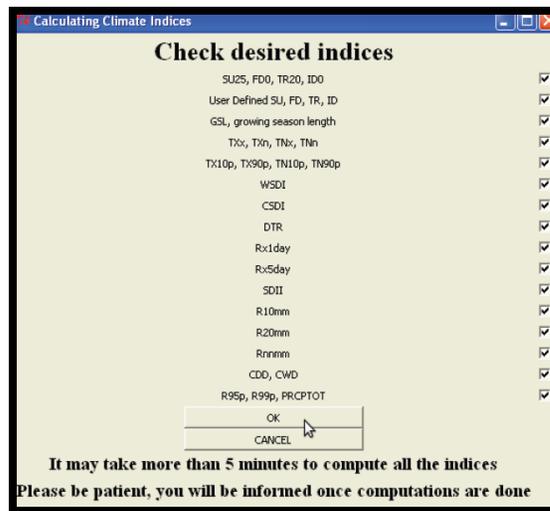
#### 27. PRCPTOT. Precipitación total.

Sea  $RR_{ij}$  la cantidad diaria de precipitación en el día  $i$  periodo  $j$ . Si  $I$  representa el número de días en  $j$ , entonces:

$$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^I RR_{ij} \dots \dots \dots (2.31)$$

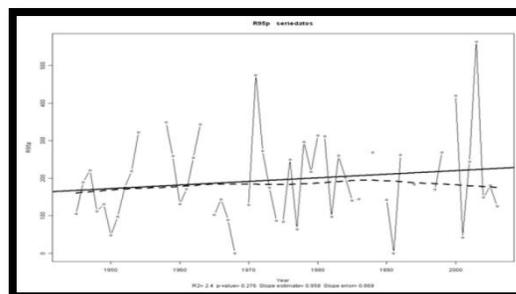
Método.

Estos índices se calculan directamente en el software RClimdex, en el que es necesario establecer los siguientes parámetros: el año inicial y final del período de referencia a utilizar; la latitud del punto de observación; el umbral de lluvia definido por el usuario para el índice Rnn; y los umbrales superior e inferior de temperatura máxima y mínima, para los índices SUn, FDn, TRn, IDn, donde "n" son los valores definidos por el usuario.



**Figura 2.17.-** Ejemplo de cálculo de los índices, mediante el software RClimdex.

La figura 2.18 muestra un ejemplo del tipo de graficas producidas por RClimdex, en formato .jpg, este caso, para el índice de días muy húmedos (R95p). La línea unida de pequeños círculos corresponde al índice anual de días muy húmedos; la línea recta continua es un ajuste de tendencia por mínimos cuadrados y la línea punteada, un ajuste de regresión lineal localmente ponderada.



**Figura 2.18.-** Ejemplo de la gráfica del índice de días muy húmedos (R95p) generada por RClimdex. La grafica incluye un ajuste de tendencia lineal y una ponderada (línea punteada).

# **CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.- Resultados y discusión.**

En este capítulo se describen y discuten los resultados obtenidos en el desarrollo de este estudio; los resultados obtenidos de los métodos aplicados al estudio de la cuenca del río Pílon.

#### **3.1.- Zona en estudio.**

El área de estudio se localiza en el municipio de Montemorelos en la parte central del estado de Nuevo León, colinda en el límite norte con el municipio de Cadereyta Jiménez, N.L., al sur con el de Linares N.L., y Los Rayones, N.L., al este con General Terán, N.L., y Linares, N.L., y al oeste con Allende, N.L., Los Ramones y Galeana, N.L. La extensión territorial del municipio es de 1,706 kilómetros cuadrados.

El río Pílon se origina en el municipio de Arteaga, en Coahuila y capta las aguas de 581 km<sup>2</sup> del municipio de Rayones, N.L., 603 km<sup>2</sup> de Galeana, N.L., 440 km<sup>2</sup> de Montemorelos, N.L., y 605 km<sup>2</sup> de General Terán, en Nuevo León. Se determinó que la cuenca del río Pílon cuenta con afectaciones de 5 subcuencas hidrológicas. Es en General Terán, N.L., donde se integra al caudal del río San Juan, el cual desemboca en el río Bravo.

La geología en el Estado de Nuevo León está constituida en su mayor parte, por rocas sedimentarias de origen marino y continental, así como por derrames de rocas basálticas con edades que van desde el Paleozoico, y el Terciario hasta el Reciente, predominando las calizas del mesozoico (figura 1). Los depósitos más antiguos son yesos y anhidritas de la formación Minas Viejas, calizas de borde de plataforma con facies arrecifales correspondientes a las formaciones Cupido y Aurora. La intrusión de cuerpos granodioríticos, como los del Cerro de Candela, Picachos y Bustamante, provocaron que las calizas fueran dolomitizadas y mineralizadas (Figura 3.1).

La geología que aflora en la margen derecha del río Pílon está conformada por una secuencia sedimentaria constituida por lutitas de color gris oscuro, estratificación laminar alternando con espesores delgados de areniscas de grano medio a grueso. El espesor aproximado de esta formación es de 550m. Por sus características litológicas esta unidad corresponde a la formación Méndez, del Cretácico Superior. Debido a la tenacidad de la roca, el cauce del río se ha cargado hacia la margen izquierda. El patrón de fracturamiento de la Formación Méndez tiene un rumbo NE SW. Los planos de exfoliación de esta unidad son perpendiculares al echado (figura 3.2).



### 3.2.- Determinación de parámetros físicos de la cuenca del río Pilón.

Basados en los recorridos de campo, en cartas topográficas del INEGI, mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el software ArcGIS y el software AutoCAD, se determinaron las siguientes características fisiográficas de las subcuencas del río Pilón (Tabla 3.1).

**Tabla 3.1.-** Parámetros fisiográficos, cuenca del río Pilón.

SUB-CUENCA	Área m <sup>2</sup>	Longitud Cauce Ppal.	Pendiente del Cauce	AREA URBANA	IMPER.	DU (%)	N	C'	TC hrs	R hrs
		m	adimensional	Km <sup>2</sup>						
A	240102109.8	45619.4958	0.00867	5.28199	1.869909	2.20	75.414	5.05	11.062	8.876
B	108228599.9	11531.177	0.0128	0.21758	0.170887	0.20	75.414	5.11	2.119	4.462
C	371398274.3	56615.2308	0.03051	0	0	0.00	75.414	5.12	7.238	7.656
D	380487086.8	41078.8043	0.04123	0	0	0.00	75.414	5.12	4.392	6.286
E	609008177	64952.2391	0.02672	0.0000	0	0.00	75.414	5.12	8.983	8.215

### 3.3.-Estaciones climatológicas utilizadas.

Se determinó utilizar las estaciones climatológicas de la tabla 3.2, por ser las estaciones más cercanas y con mayor número de registros que maneja la Comisión Nacional del Agua, para generar las curvas I-D-TR (intensidad, duración y periodo de retorno).

En la siguiente tabla se muestran las estaciones que se utilizaron para la realización de este estudio.

**Tabla 3.2.-** Estaciones climatológicas utilizadas, en la cuenca río Pilón.

ID	ESTACION	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ESTADO
19009	CASILLAS RAYONES	RAYONES	25° 11' 47"	100° 12' 51"	NUEVO LEÓN
19013	CIENEGA DEL TORO	GALEANA	25° 05' 05"	100° 20' 00"	NUEVO LEÓN
19047	MIMBRES GALEANA	GALEANA	24° 58' 26"	100° 15' 31"	NUEVO LEÓN
19048	MONTEMORELOS	MONTEMORELOS	25° 10' 58"	99° 50' 02"	NUEVO LEÓN
19053	RAYONES	RAYONES	25° 01' 10 "	100° 04' 27"	NUEVO LEÓN
19146	CONGREGACION CALLES	MONTEMORELOS	25° 13' 30"	99° 56' 20"	NUEVO LEÓN

### 3.4.- Polígonos de Thiessen.

El estudio de lluvias se realizó mediante la metodología de los polígonos de Thiessen, para las diferentes subcuencas de la cuenca del río Pilón. En la tabla 3.3 se muestran los resultados de los polígonos Thiessen.

**Tabla 3.3.- Porcentajes de Thiessen.**

CUENCA	ESTACIÓN	ÁREA Km <sup>2</sup>	PORCENTAJE APORTACIÓN
SUBCUENCA A	CASILLAS	0.00	0.00
	CIENEGA DEL TORO	0.00	0.00
	CONGRAGACIÓN CALLES	12.75	0.05
	MIMBRES	0.00	0.00
	MONTEMORELOS	75.47	0.31
	RAYONES	151.89	0.63
	SUMA	240.10	1.00
SUBCUENCA B	CASILLAS	0.00	0.00
	CIENEGA DEL TORO	0.00	0.00
	CONGRAGACIÓN CALLES	0.00	0.00
	MIMBRES	2.91	0.03
	MONTEMORELOS	0.00	0.00
	RAYONES	105.32	0.97
	SUMA	108.23	1.00
SUBCUENCA C	CASILLAS	0.00	0.00
	CIENEGA DEL TORO	14.82	0.04
	CONGRAGACIÓN CALLES	0.00	0.00
	MIMBRES	183.16	0.49
	MONTEMORELOS	0.00	0.00
	RAYONES	173.42	0.47
	SUMA	371.40	1.00
SUBCUENCA D	CASILLAS	34.33	0.09
	CIENEGA DEL TORO	285.12	0.78
	CONGRAGACIÓN CALLES	0.00	0.00
	MIMBRES	45.31	0.12
	MONTEMORELOS	0.00	0.00
	RAYONES	0.00	0.00
	SUMA	364.76	1.00
SUBCUENCA E	CASILLAS	445.99	0.90
	CIENEGA DEL TORO	0.00	0.00
	CONGRAGACIÓN CALLES	0.00	0.00
	MIMBRES	0.00	0.00
	MONTEMORELOS	0.00	0.00
	RAYONES	50.29	0.10
	SUMA	496.29	1.00

### 3.5.- Modelo hidrológico semi-distribuido HEC-HMS.

El modelo hidrológico semi-distribuido HEC-HMS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), fue el modelo utilizado en este estudio, para simular el proceso lluvia-escurrimiento de la cuenca del río Pilón. En la tabla 3.4 se presentan los resultados de la modelación hidrológica.

**Tabla 3.4.-** Resultados del modelo hidrológico en la cuenca río Pilón, obtenidos con el software HEC-HMS.

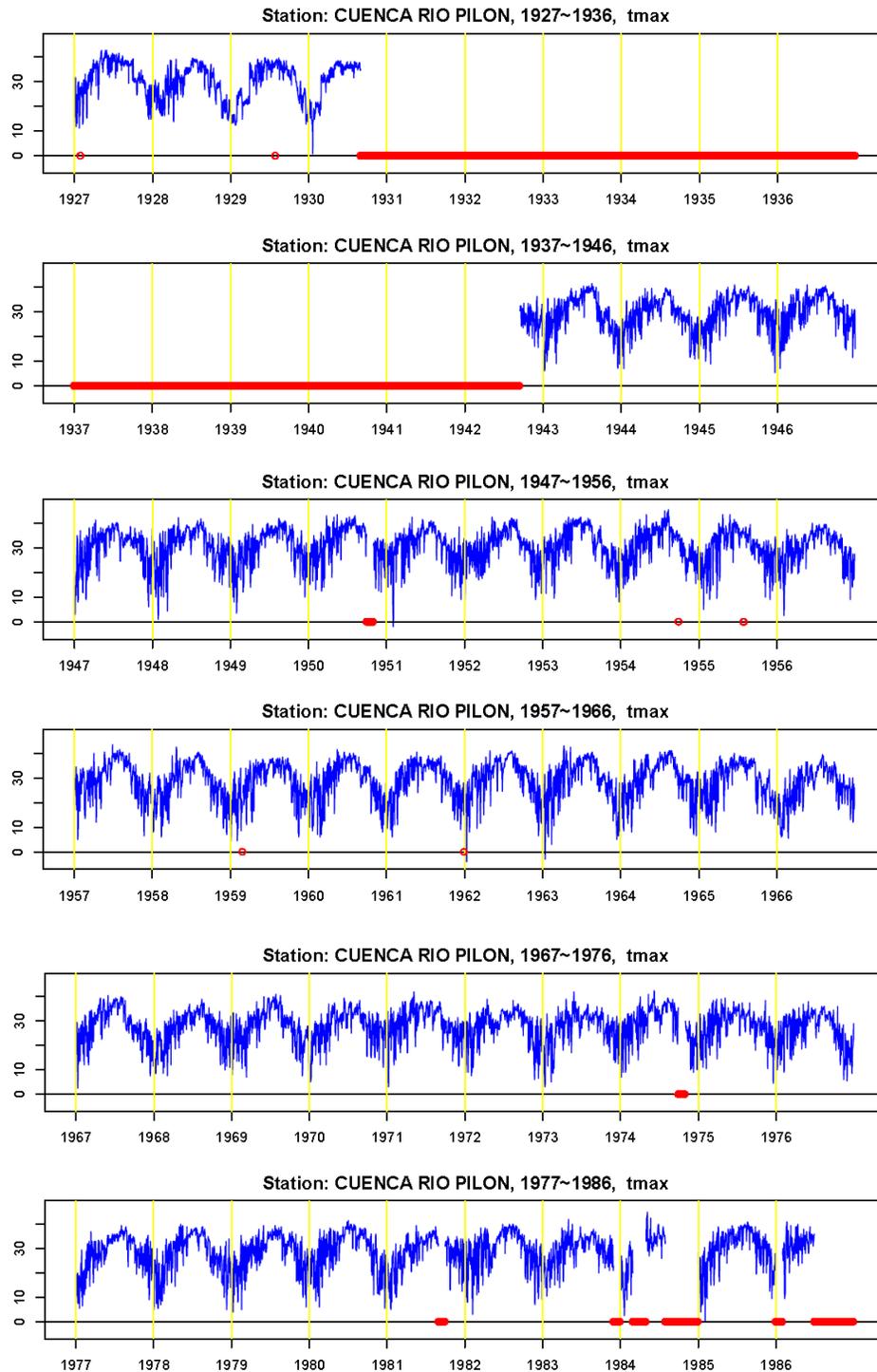
CUENCA	GASTO (M3/SEG)							
	TR=2años	TR=5años	TR=10años	TR=20años	TR=50años	TR=100años	TR=500años	TR=1000años
CUENCA A	136.7	239.1	327.1	490.2	675.1	822.1	1180.8	1340.7
CUENCA B	54.6	102.5	145.6	231.7	333.7	416.9	624.3	718.5
CUENCA C	33.8	65.2	94.0	148.7	213.4	266.4	399.5	460.2
CUENCA D	4.0	9.0	14.1	26.7	44.1	59.1	99.2	118.2
CUENCA E	25.1	46.6	65.7	108.2	160.1	202.4	307.6	355.1
Reach-1	190.6	339.2	468.4	712.5	992.3	1216.2	1764.6	2010.0
Reach-2	228	413.1	576.0	886.1	1245.0	1533.9	2245.6	2565.4
UNION 1	190.6	339.2	468.4	712.5	992.3	1216.2	1764.7	2010.0
UNION 2	228.0	413.1	576.0	886.1	1245	1533.9	2245.7	2565.4
UNION 3	253.0	459.7	641.7	994.3	1405.1	1736.2	2552.9	2920.0

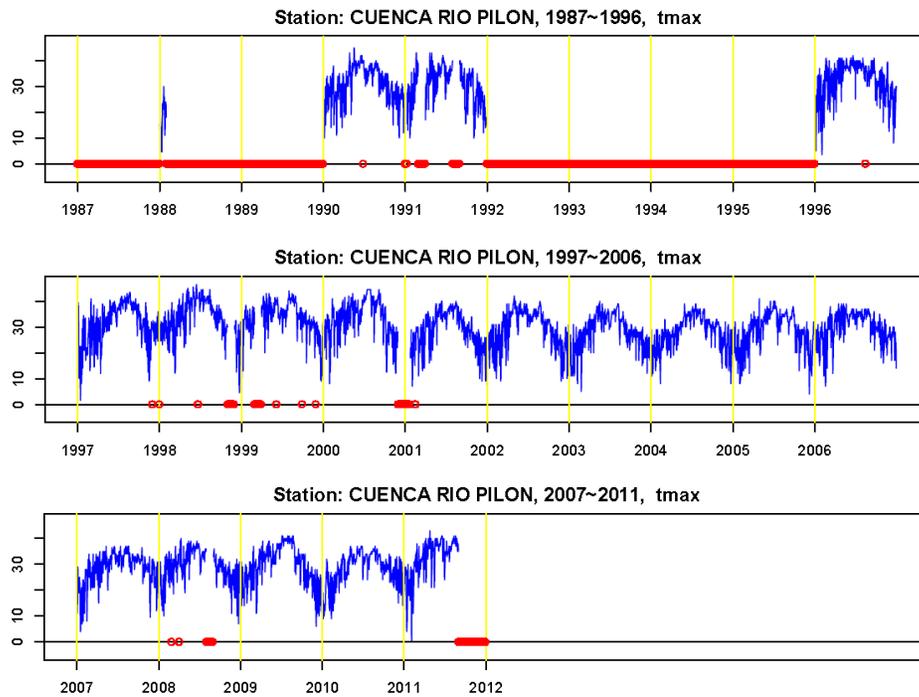
Los resultados mostrados en la Unión 3 de la tabla 3.4, son los gastos modelados a la salida de la cuenca del río Pilón a la altura del municipio de Montemorelos, N.L.

### 3.6.- Resultados; Índices de Cambio Climático en la cuenca río Pilón.

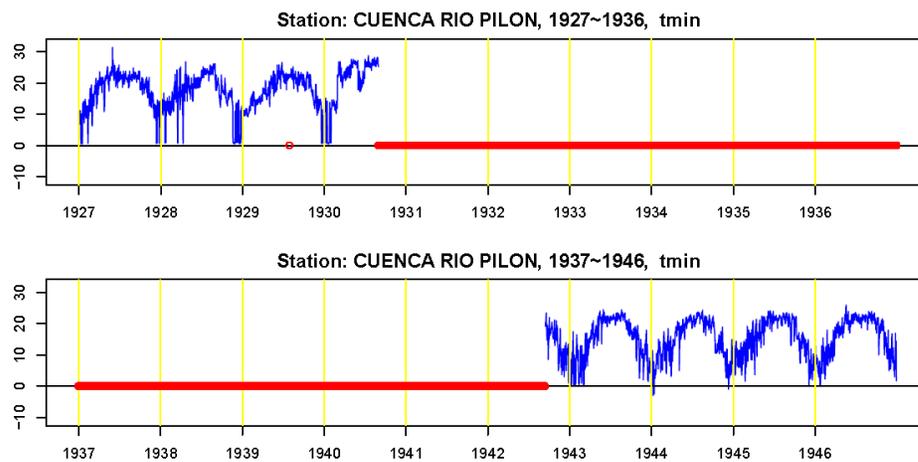
A continuación se muestran los resultados del control de calidad aplicado a la serie de datos, homogeneidad y los resultados de los índices de la cuenca del río Pilón, obtenidos mediante el software R.

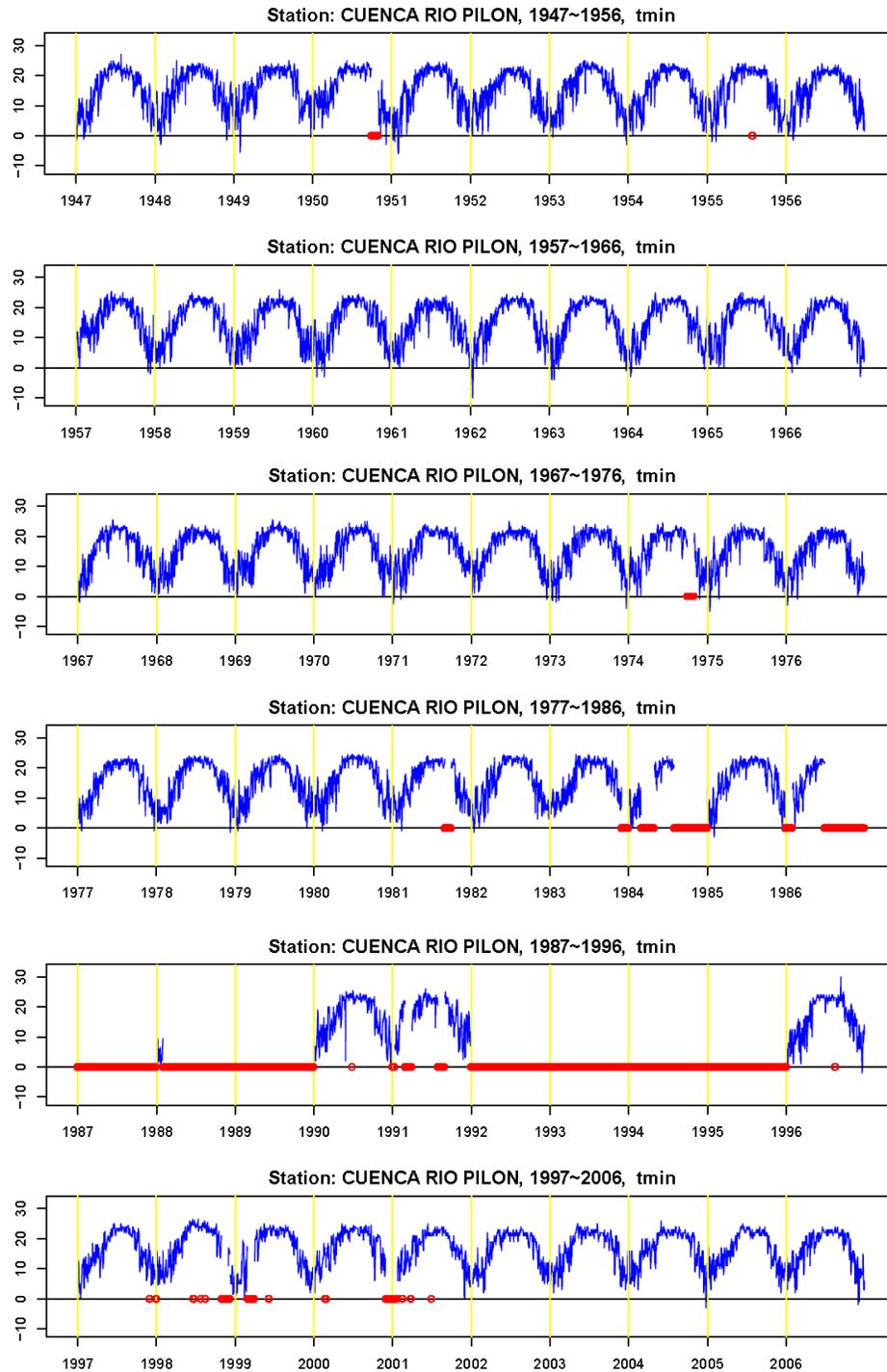
### 3.6.1. Temperatura máxima, resultados obtenidos del software RClimindex para el control calidad.





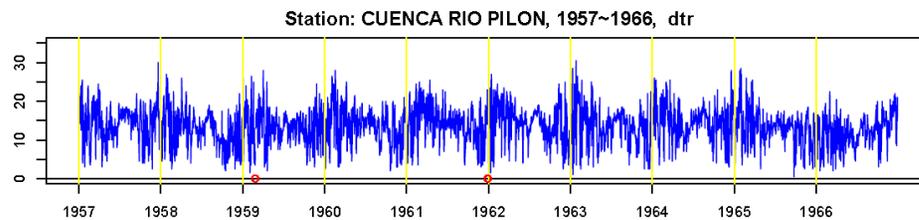
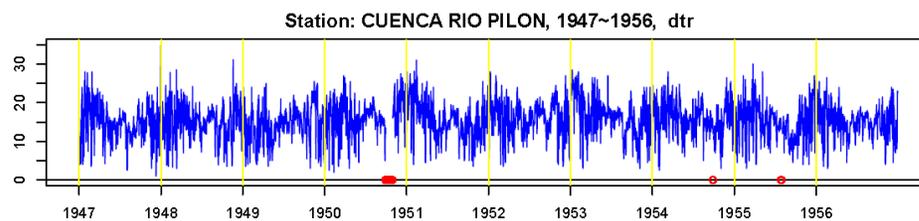
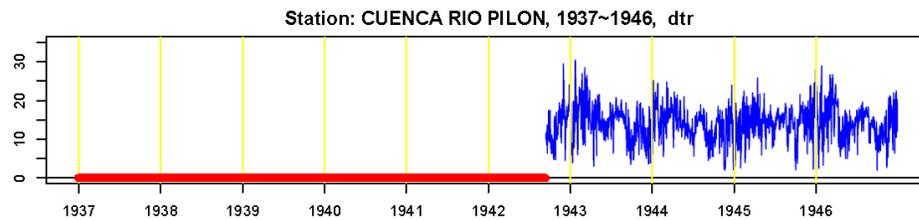
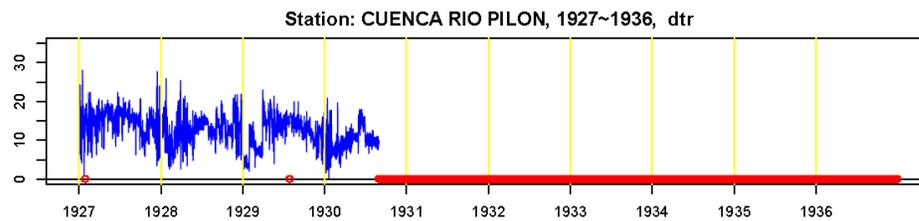
### 3.6.2. Temperatura mínima, resultados obtenidos del software RClimdex para el control calidad.

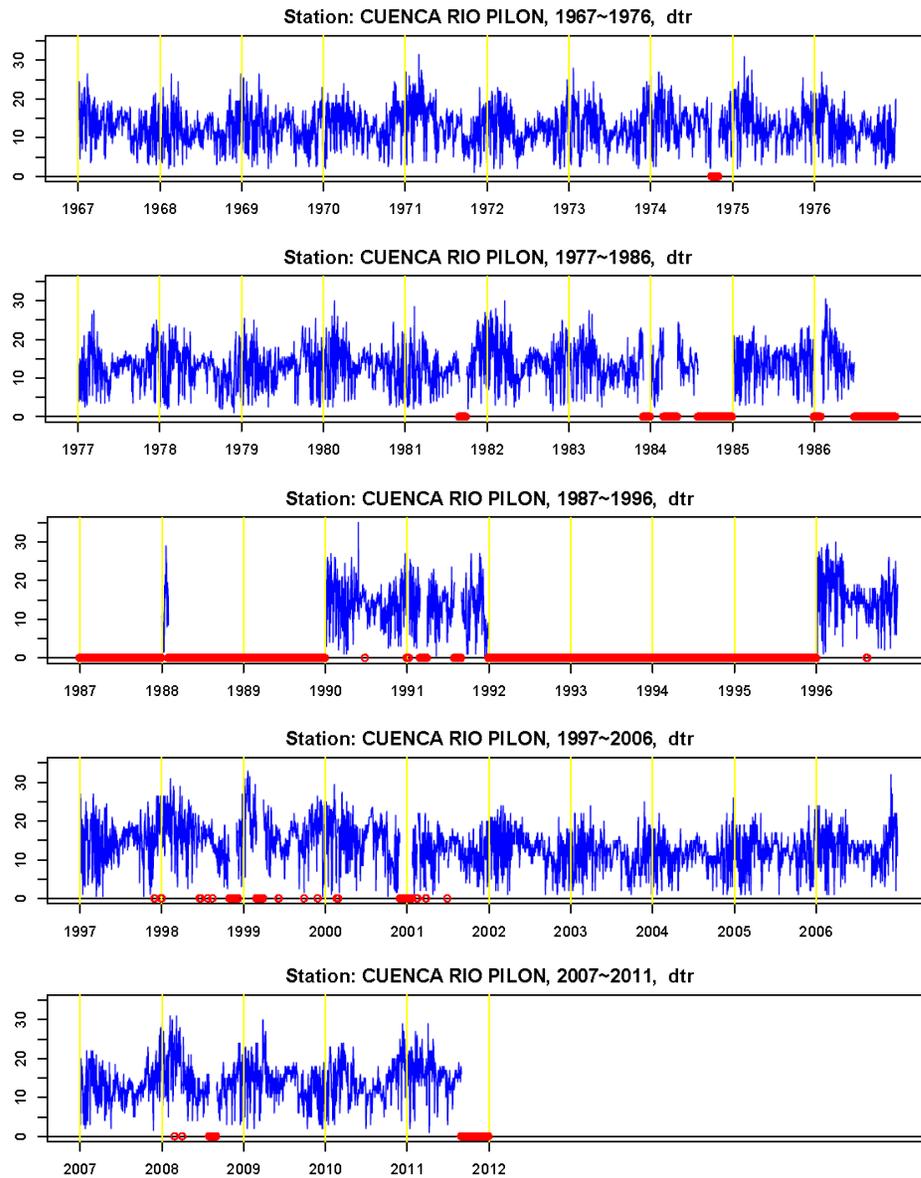




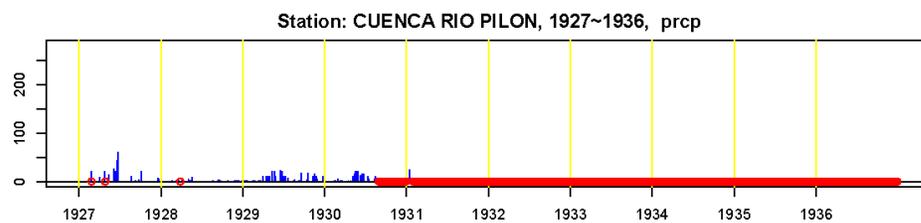


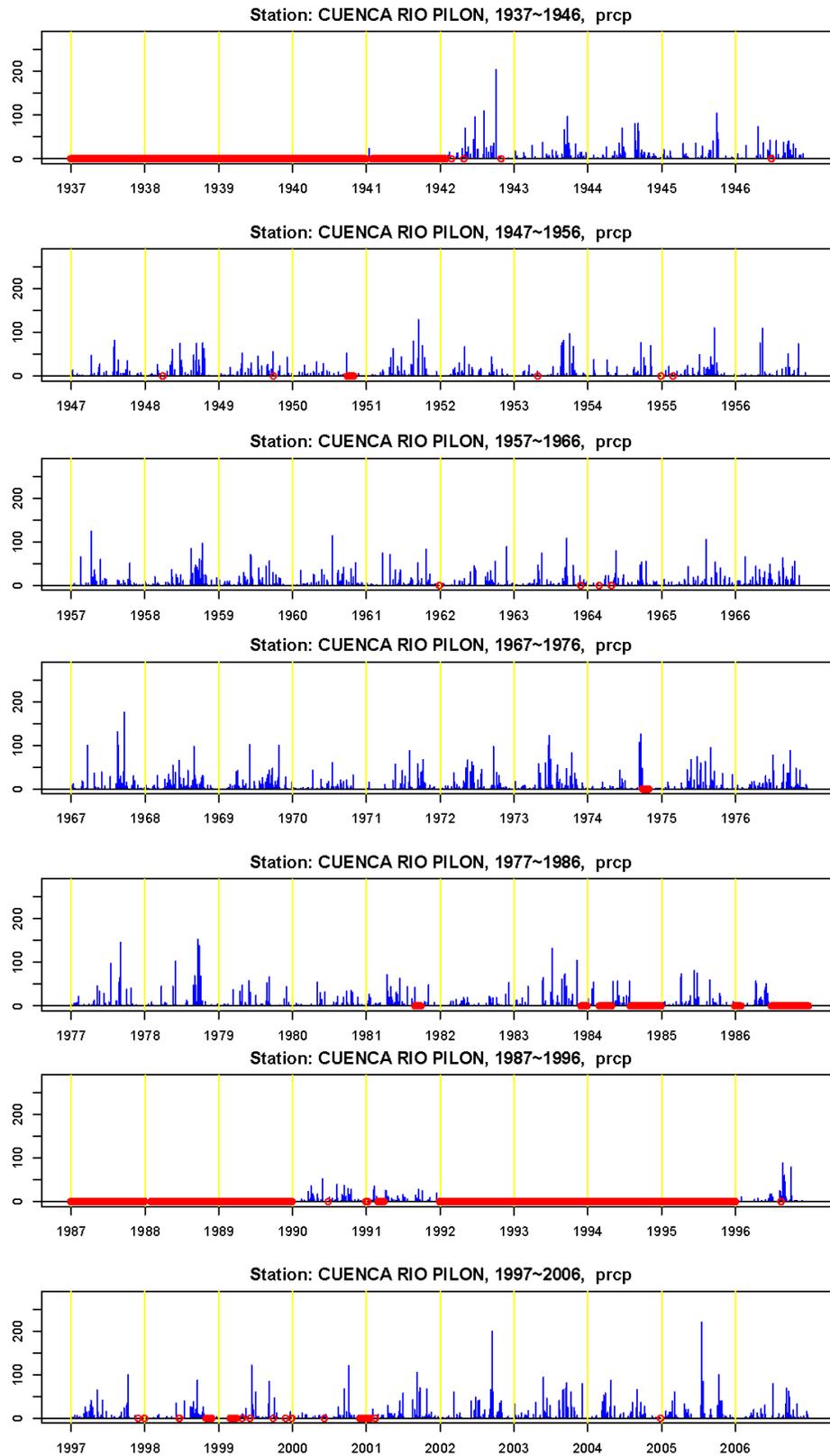
### 3.6.3. Rango diurno de temperatura, resultados obtenidos del software RClindex para el control calidad.

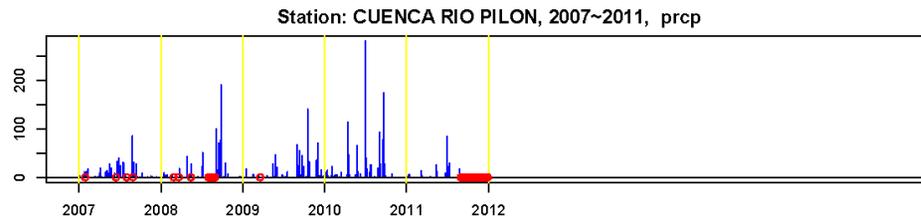




### 3.6.4. Precipitación, resultados obtenidos del software RClimdex para el control calidad.

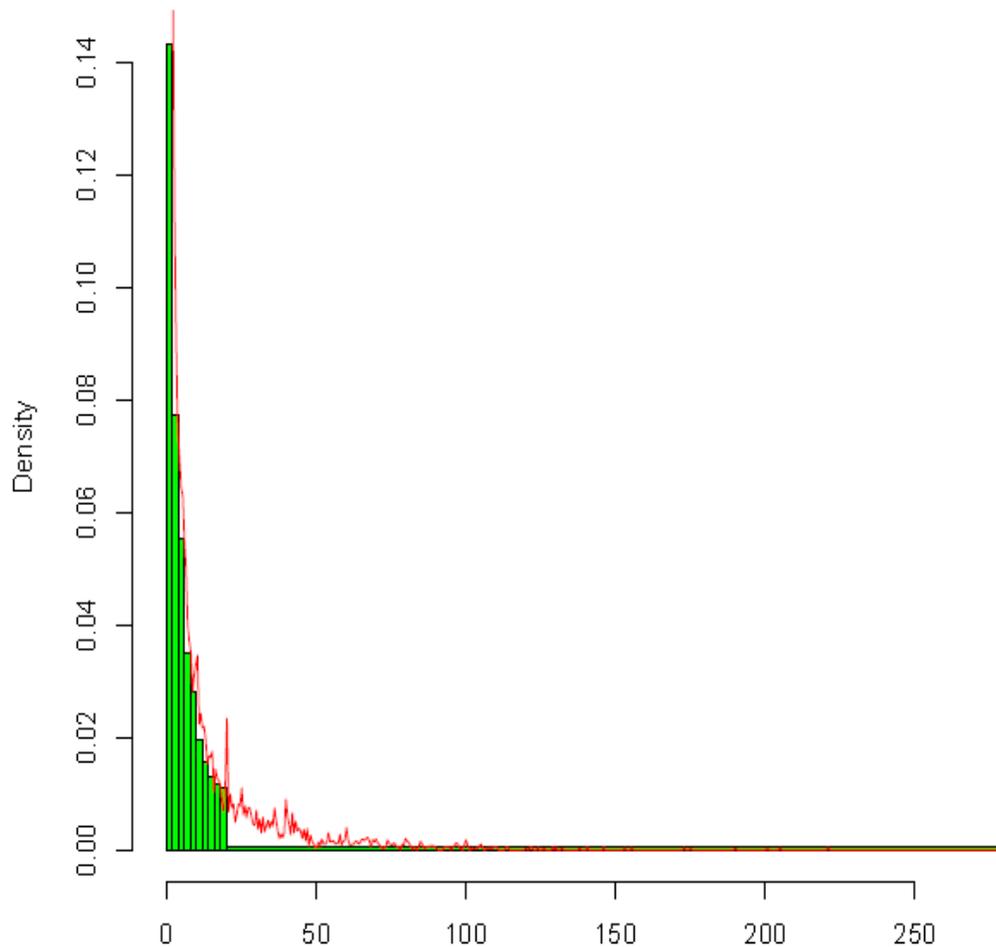




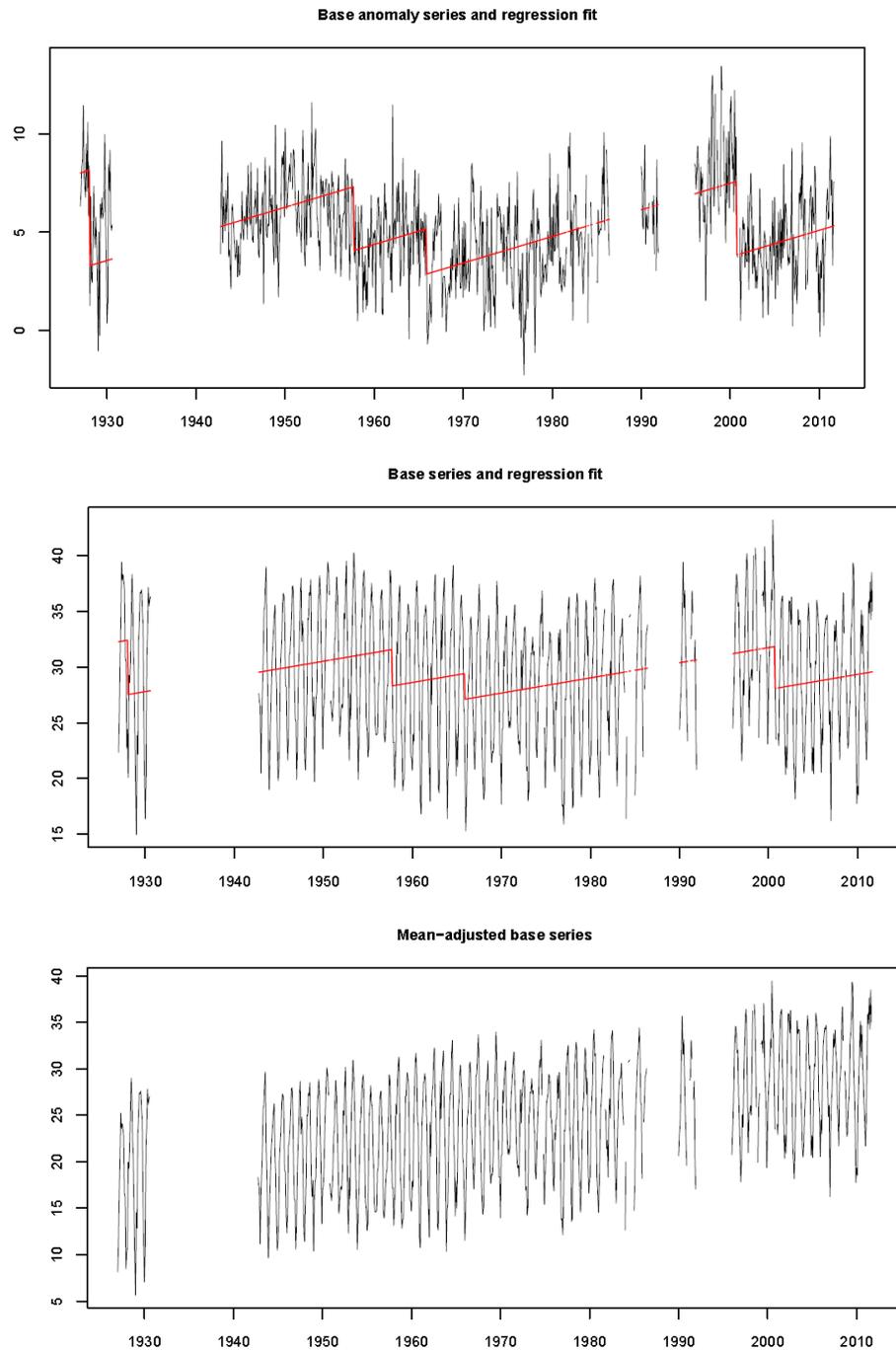


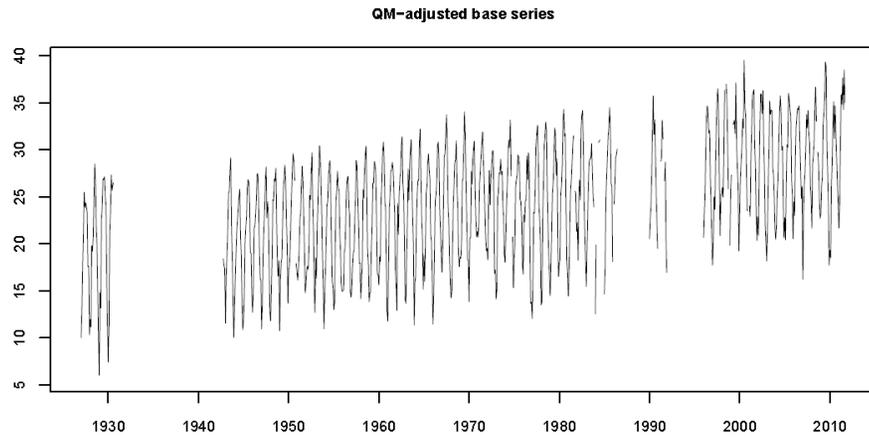
### 3.6.5. Precipitación, histograma de observaciones, resultados obtenidos del software RClimdex para el control calidad.

**Histogram for Station:CUENCA RIO PILON of PRCP $\geq$ 1mm**

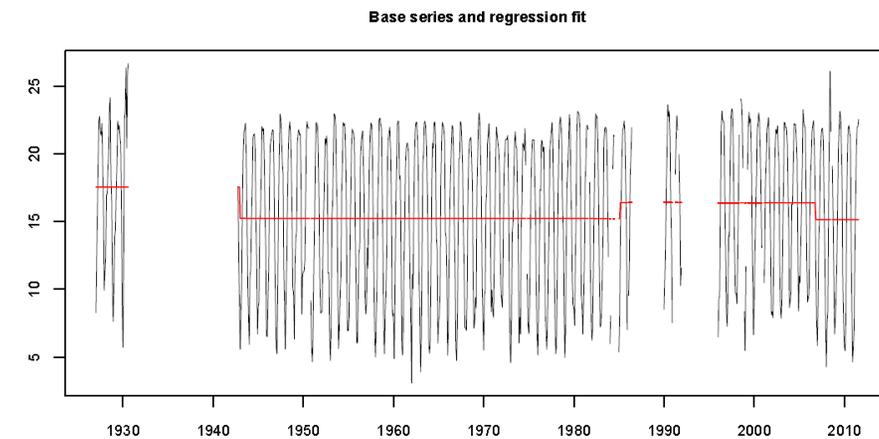
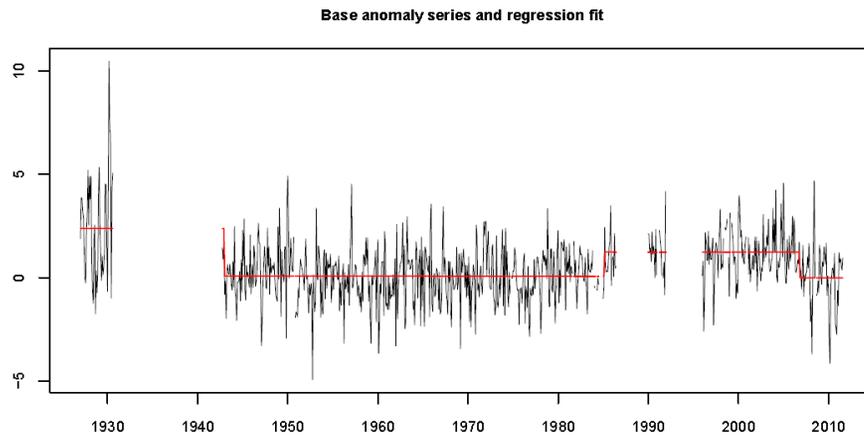


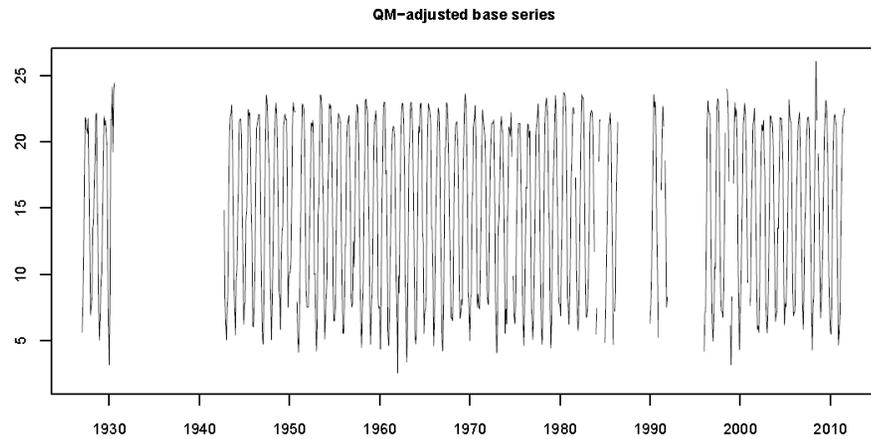
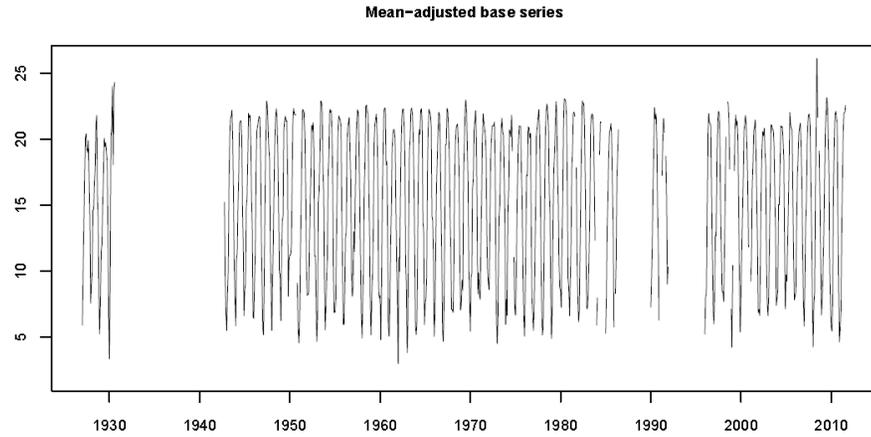
### 3.6.6. Prueba de Homogeneidad, serie de datos temperatura máxima, resultados obtenidos del software RHTest.



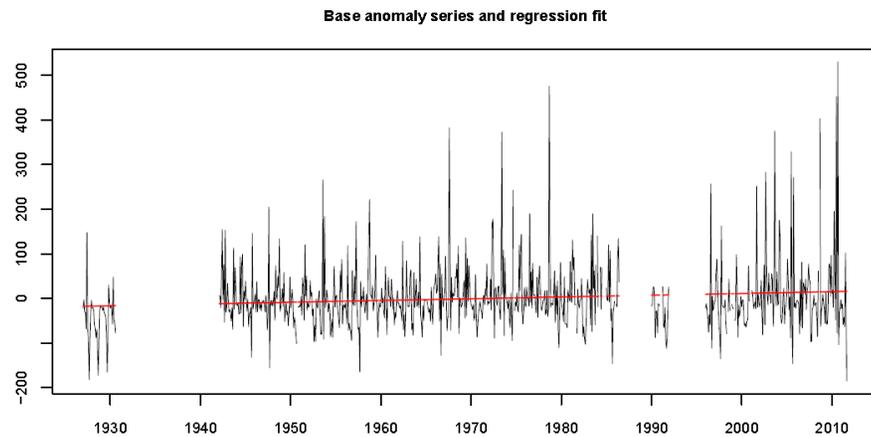


### 3.6.7. Prueba de Homogeneidad, serie de datos temperatura mínima, resultados obtenidos del software RHTest.

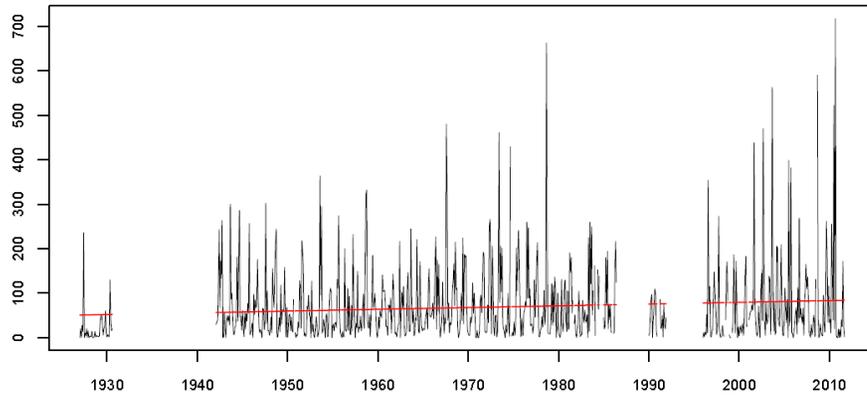




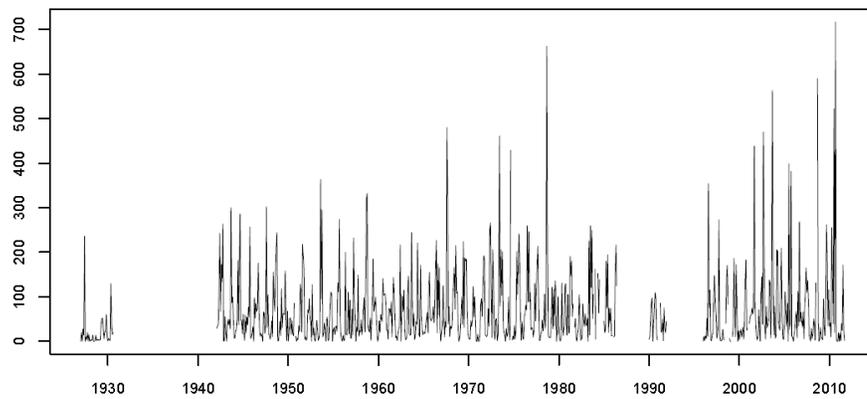
### 3.6.8. Prueba de Homogeneidad, serie de datos precipitación, resultados obtenidos del software RHTest.



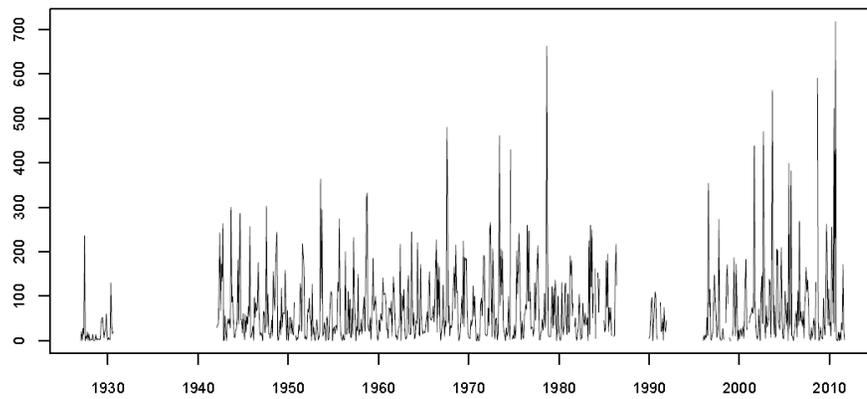
**Base series and regression fit**



**Mean-adjusted base series**



**QM-adjusted base series**

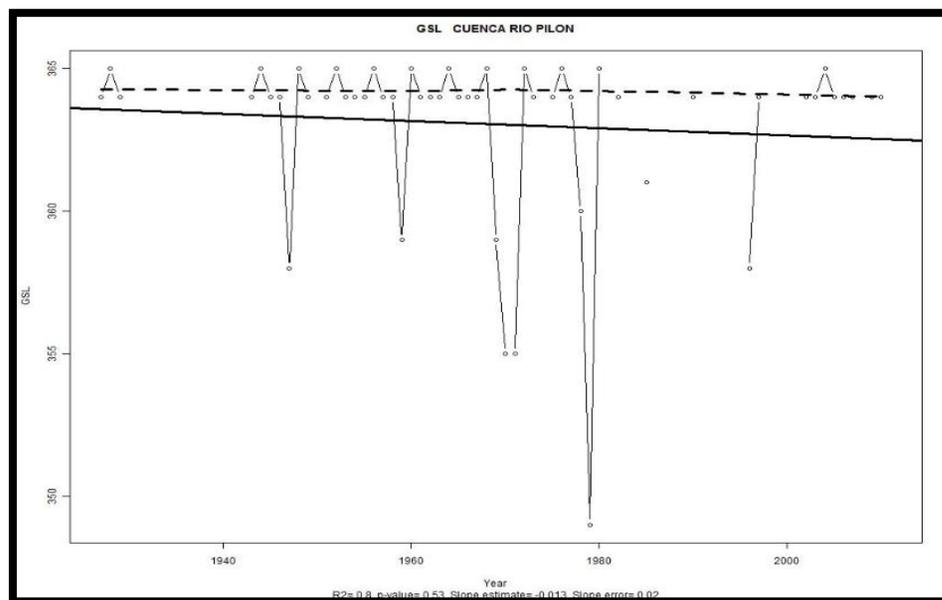


### 1. FD0. Días con helada (Frost Days).

**Tabla 3.5.-** Resultados del índice días con helada, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.

AÑO	FD0	AÑO	FD0	AÑO	FD0	AÑO	FD0	AÑO	FD0
1927	0	1944	4	1961	0	1978	1	1995	-99.9
1928	0	1945	0	1962	6	1979	4	1996	3
1929	0	1946	0	1963	8	1980	1	1997	0
1930	-99.9	1947	7	1964	7	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	7	1965	0	1982	1	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	3	1966	6	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	4	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	11	1968	0	1985	4	2002	0
1935	-99.9	1952	0	1969	0	1986	-99.9	2003	0
1936	-99.9	1953	4	1970	0	1987	-99.9	2004	2
1937	-99.9	1954	0	1971	4	1988	-99.9	2005	0
1938	-99.9	1955	3	1972	1	1989	-99.9	2006	2
1939	-99.9	1956	4	1973	10	1990	2	2007	0
1940	-99.9	1957	2	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	0	1975	4	1992	-99.9	2009	0
1942	-99.9	1959	0	1976	5	1993	-99.9	2010	2
1943	0	1960	5	1977	2	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.3.-** Gráfica del índice días con helada, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.

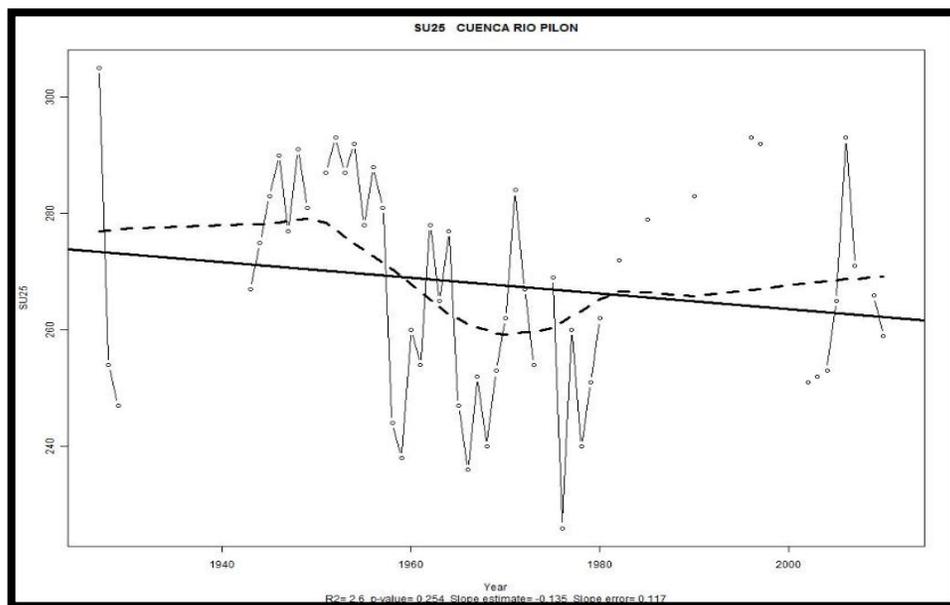


## 2. SU25. Días de verano (Summer Days).

**Tabla 3.6.-** Resultados del índice días de verano, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

AÑO	SU25	AÑO	SU25	AÑO	SU25	AÑO	SU25	AÑO	SU25
1927	305	1944	275	1961	254	1978	240	1995	-99.9
1928	254	1945	283	1962	278	1979	251	1996	293
1929	247	1946	290	1963	265	1980	262	1997	292
1930	-99.9	1947	277	1964	277	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	291	1965	247	1982	272	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	281	1966	236	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	252	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	287	1968	240	1985	279	2002	251
1935	-99.9	1952	293	1969	253	1986	-99.9	2003	252
1936	-99.9	1953	287	1970	262	1987	-99.9	2004	253
1937	-99.9	1954	292	1971	284	1988	-99.9	2005	265
1938	-99.9	1955	278	1972	267	1989	-99.9	2006	293
1939	-99.9	1956	288	1973	254	1990	283	2007	271
1940	-99.9	1957	281	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	244	1975	269	1992	-99.9	2009	266
1942	-99.9	1959	238	1976	226	1993	-99.9	2010	259
1943	267	1960	260	1977	260	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.4.-** Gráfica del índice días de verano, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

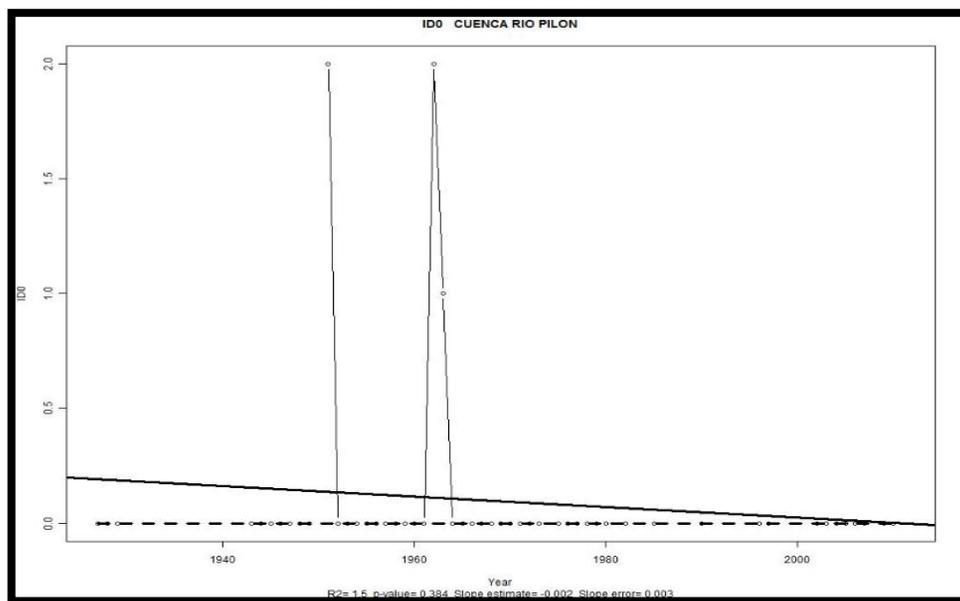


### 3. ID0. Días con hielo (Icing Days).

**Tabla 3.7.-** Resultados del índice días con hielo, en la cuenca del río Pílon, software RCLimindex.

AÑO	ID0	AÑO	ID0	AÑO	ID0	AÑO	ID0	AÑO	ID0
1927	0	1944	0	1961	0	1978	0	1995	-99.9
1928	0	1945	0	1962	2	1979	0	1996	0
1929	0	1946	0	1963	1	1980	0	1997	0
1930	-99.9	1947	0	1964	0	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	0	1965	0	1982	0	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	0	1966	0	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	0	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	2	1968	0	1985	0	2002	0
1935	-99.9	1952	0	1969	0	1986	-99.9	2003	0
1936	-99.9	1953	0	1970	0	1987	-99.9	2004	0
1937	-99.9	1954	0	1971	0	1988	-99.9	2005	0
1938	-99.9	1955	0	1972	0	1989	-99.9	2006	0
1939	-99.9	1956	0	1973	0	1990	0	2007	0
1940	-99.9	1957	0	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	0	1975	0	1992	-99.9	2009	0
1942	-99.9	1959	0	1976	0	1993	-99.9	2010	0
1943	0	1960	0	1977	0	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.5.-** Gráfica del índice días con hielo, en la cuenca del río Pílon software RCLimindex.

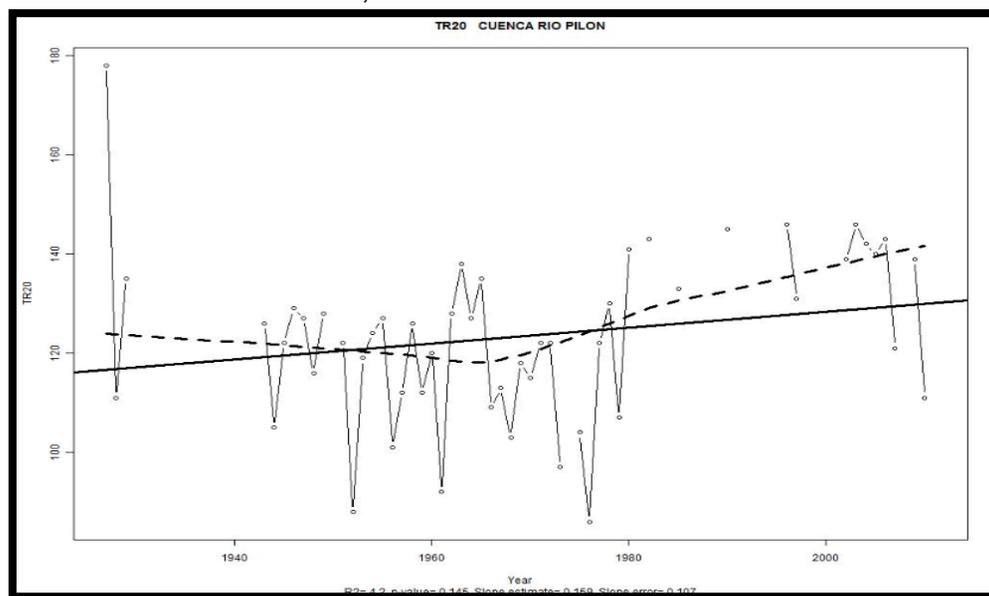


#### 4. TR20. Noches tropicales (Tropical nights).

**Tabla 3.8.-** Resultados del índice noches tropicales, en la cuenca río Pílon, software RClindex.

AÑO	TR20	AÑO	TR20	AÑO	TR20	AÑO	TR20	AÑO	TR20
1927	178	1944	105	1961	92	1978	130	1995	-99.9
1928	111	1945	122	1962	128	1979	107	1996	146
1929	135	1946	129	1963	138	1980	141	1997	131
1930	-99.9	1947	127	1964	127	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	116	1965	135	1982	143	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	128	1966	109	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	113	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	122	1968	103	1985	133	2002	139
1935	-99.9	1952	88	1969	118	1986	-99.9	2003	146
1936	-99.9	1953	119	1970	115	1987	-99.9	2004	142
1937	-99.9	1954	124	1971	122	1988	-99.9	2005	140
1938	-99.9	1955	127	1972	122	1989	-99.9	2006	143
1939	-99.9	1956	101	1973	97	1990	145	2007	121
1940	-99.9	1957	112	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	126	1975	104	1992	-99.9	2009	139
1942	-99.9	1959	112	1976	86	1993	-99.9	2010	111
1943	126	1960	120	1977	122	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.6.-** Gráfica del índice noches tropicales, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

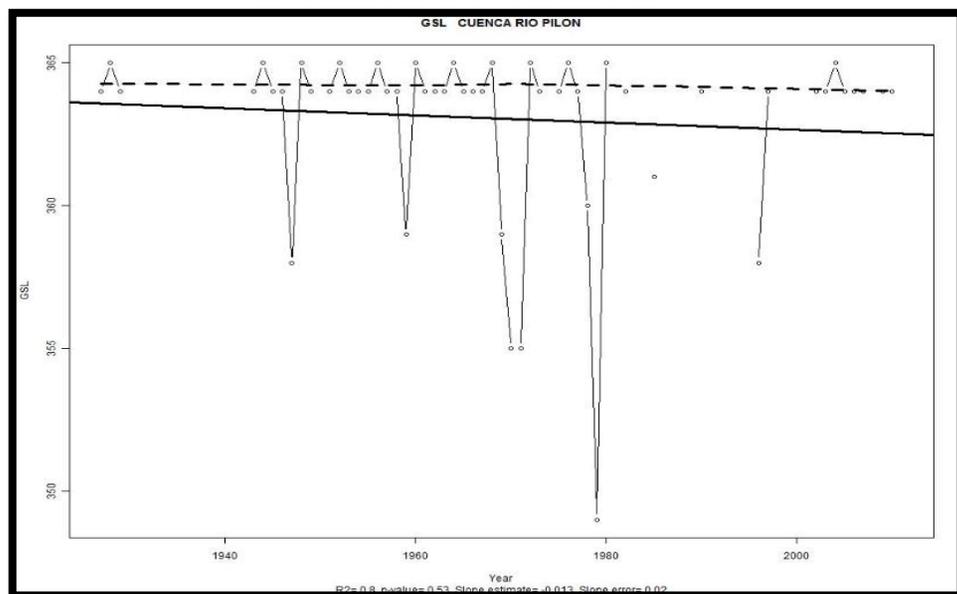


### 5. GSL. Estación de crecimiento (Growing Season Length).

**Tabla 3.9.-** Resultados del índice estación de crecimiento, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.

AÑO	GSL	AÑO	GSL	AÑO	GSL	AÑO	GSL	AÑO	GSL
1927	364	1944	365	1961	364	1978	360	1995	-99.9
1928	365	1945	364	1962	364	1979	349	1996	358
1929	364	1946	364	1963	364	1980	365	1997	364
1930	-99.9	1947	358	1964	365	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	365	1965	364	1982	364	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	364	1966	364	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	364	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	364	1968	365	1985	361	2002	364
1935	-99.9	1952	365	1969	359	1986	-99.9	2003	364
1936	-99.9	1953	364	1970	355	1987	-99.9	2004	365
1937	-99.9	1954	364	1971	355	1988	-99.9	2005	364
1938	-99.9	1955	364	1972	365	1989	-99.9	2006	364
1939	-99.9	1956	365	1973	364	1990	364	2007	364
1940	-99.9	1957	364	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	364	1975	364	1992	-99.9	2009	364
1942	-99.9	1959	359	1976	365	1993	-99.9	2010	364
1943	364	1960	365	1977	364	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.7.-** Gráfica del índice estación de crecimiento, en la cuenca del río Pílon software RClimdex.

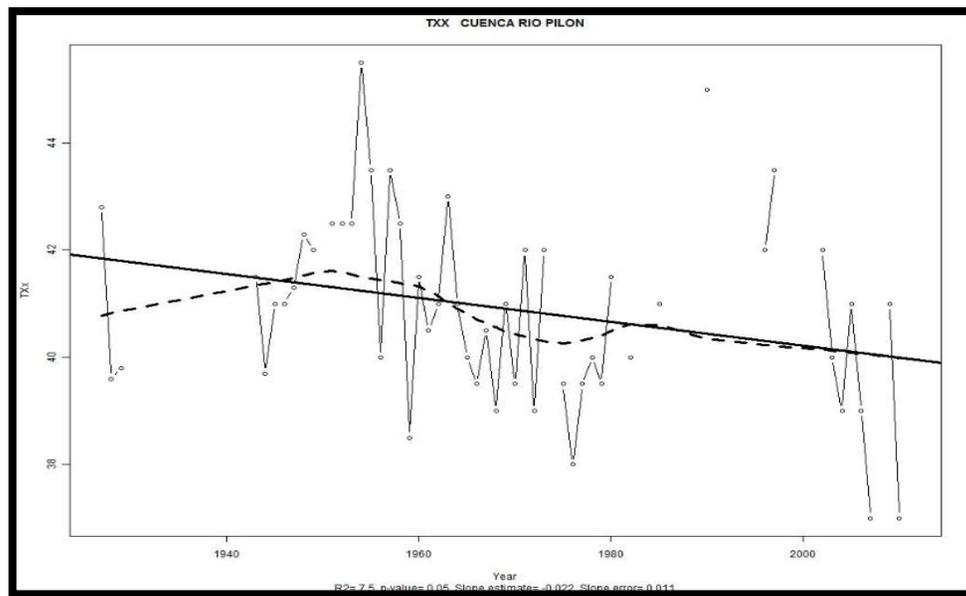


## 6. TXx. Temperatura máxima extrema.

**Tabla 3.10.-** Resultados del índice temperatura máxima extrema, en la cuenca del río Pílon, software RCLimdex.

AÑO	TXx	AÑO	TXx	AÑO	TXx	AÑO	TXx	AÑO	TXx
1927	42.8	1944	39.7	1961	40.5	1978	40	1995	-99.9
1928	39.6	1945	41	1962	41	1979	39.5	1996	42
1929	39.8	1946	41	1963	43	1980	41.5	1997	43.5
1930	-99.9	1947	41.3	1964	41	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	42.3	1965	40	1982	40	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	42	1966	39.5	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	40.5	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	42.5	1968	39	1985	41	2002	42
1935	-99.9	1952	42.5	1969	41	1986	-99.9	2003	40
1936	-99.9	1953	42.5	1970	39.5	1987	-99.9	2004	39
1937	-99.9	1954	45.5	1971	42	1988	-99.9	2005	41
1938	-99.9	1955	43.5	1972	39	1989	-99.9	2006	39
1939	-99.9	1956	40	1973	42	1990	45	2007	37
1940	-99.9	1957	43.5	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	42.5	1975	39.5	1992	-99.9	2009	41
1942	-99.9	1959	38.5	1976	38	1993	-99.9	2010	37
1943	41.5	1960	41.5	1977	39.5	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.8.-** Gráfica del índice temperatura máxima extrema, en la cuenca del río Pílon software RCLimdex.

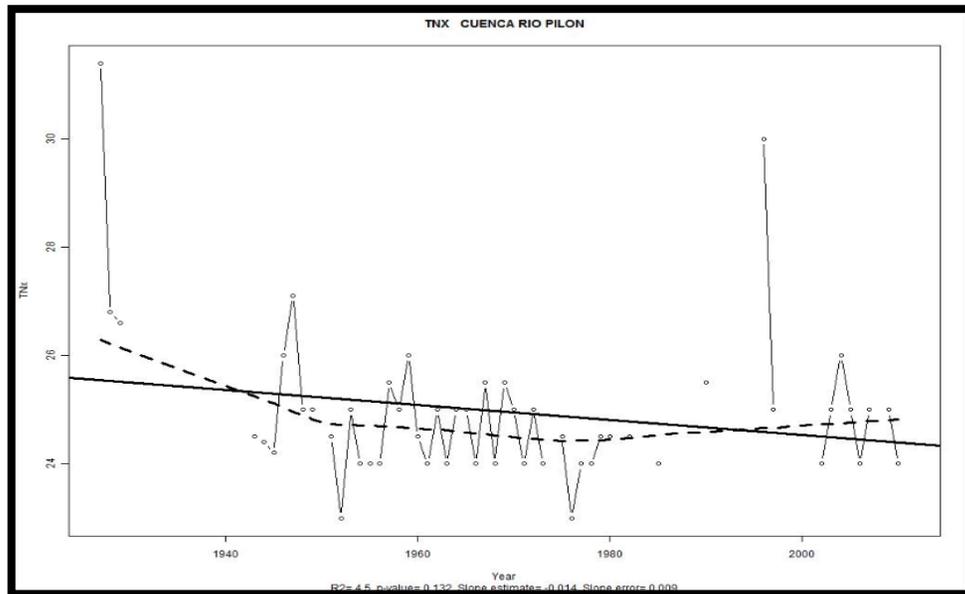


### 7. TNx. Temperatura mínima más alta.

**Tabla 3.11.-** Resultados del índice temperatura mínima más alta, en la cuenca río Pílon, software RClimdex.

AÑO	TNx	AÑO	TNx	AÑO	TNx	AÑO	TNx	AÑO	TNx
1927	31.4	1944	24.4	1961	24	1978	24	1995	-99.9
1928	26.8	1945	24.2	1962	25	1979	24.5	1996	30
1929	26.6	1946	26	1963	24	1980	24.5	1997	25
1930	-99.9	1947	27.1	1964	25	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	25	1965	25	1982	24.5	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	25	1966	24	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	25.5	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	24.5	1968	24	1985	24	2002	24
1935	-99.9	1952	23	1969	25.5	1986	-99.9	2003	25
1936	-99.9	1953	25	1970	25	1987	-99.9	2004	26
1937	-99.9	1954	24	1971	24	1988	-99.9	2005	25
1938	-99.9	1955	24	1972	25	1989	-99.9	2006	24
1939	-99.9	1956	24	1973	24	1990	25.5	2007	25
1940	-99.9	1957	25.5	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	25	1975	24.5	1992	-99.9	2009	25
1942	-99.9	1959	26	1976	23	1993	-99.9	2010	24
1943	24.5	1960	24.5	1977	24	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.9.-** Gráfica del índice temperatura mínima más alta, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.

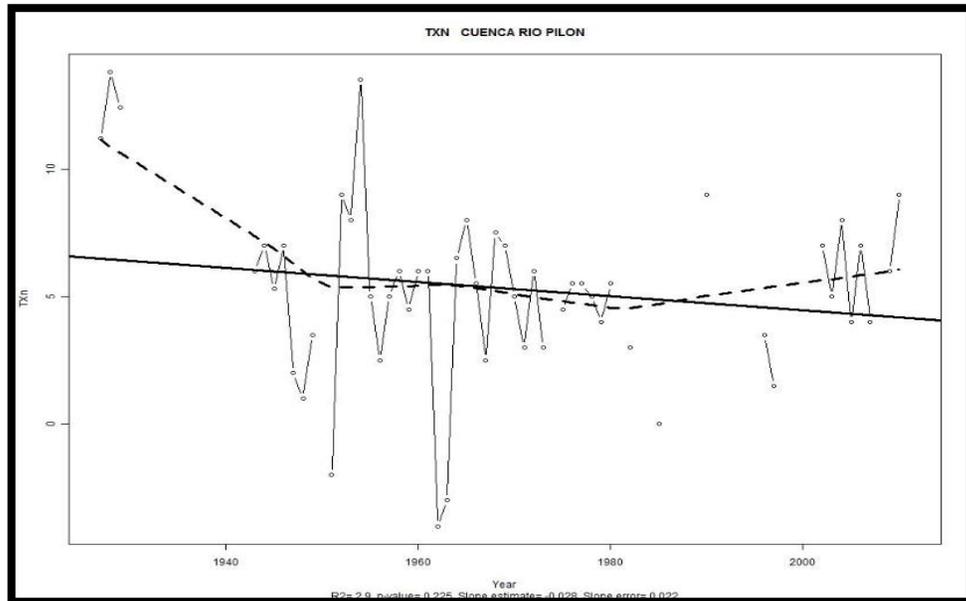


### 8. TXn. Temperatura máxima más baja.

**Tabla 3.12.-** Resultados del índice temperatura máxima más baja, en la cuenca del río Pilón, software RClindex.

AÑO	TXn	AÑO	TXn	AÑO	TXn	AÑO	TXn	AÑO	TXn
1927	11.2	1944	7	1961	6	1978	5	1995	-99.9
1928	13.8	1945	5.3	1962	-4	1979	4	1996	3.5
1929	12.4	1946	7	1963	-3	1980	5.5	1997	1.5
1930	-99.9	1947	2	1964	6.5	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	1	1965	8	1982	3	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	3.5	1966	5.5	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	2.5	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	-2	1968	7.5	1985	0	2002	7
1935	-99.9	1952	9	1969	7	1986	-99.9	2003	5
1936	-99.9	1953	8	1970	5	1987	-99.9	2004	8
1937	-99.9	1954	13.5	1971	3	1988	-99.9	2005	4
1938	-99.9	1955	5	1972	6	1989	-99.9	2006	7
1939	-99.9	1956	2.5	1973	3	1990	9	2007	4
1940	-99.9	1957	5	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	6	1975	4.5	1992	-99.9	2009	6
1942	-99.9	1959	4.5	1976	5.5	1993	-99.9	2010	9
1943	6	1960	6	1977	5.5	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.10.-** Gráfica del índice temperatura máxima más baja, en la cuenca del río Pilón, software RClindex.

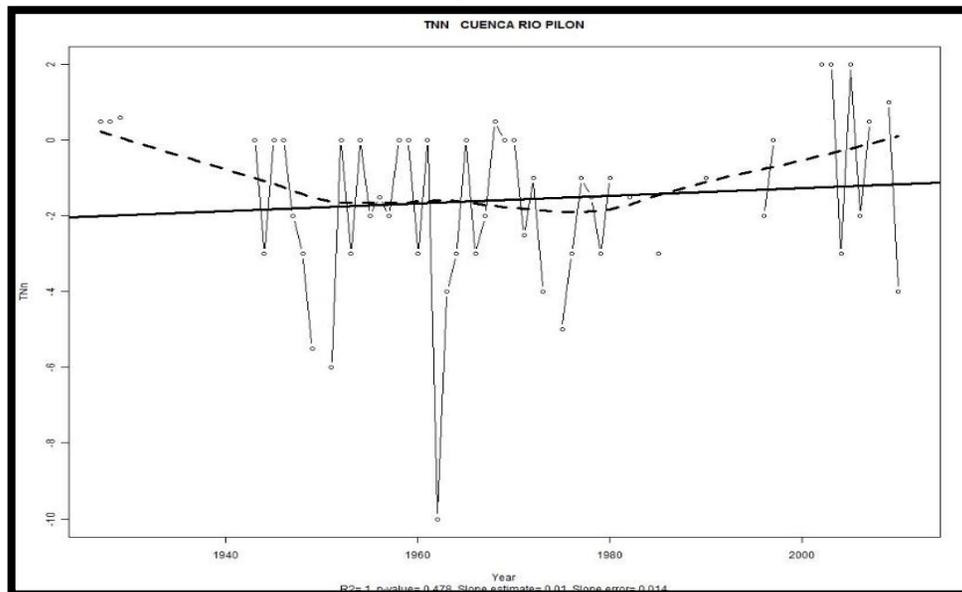


### 9. TNn. Temperatura mínima extrema.

**Tabla 3.13.-** Resultados del índice temperatura mínima extrema, en la cuenca del río Pilón, software RClindex.

AÑO	TNn	AÑO	TNn	AÑO	TNn	AÑO	TNn	AÑO	TNn
1927	0.5	1944	-3	1961	0	1978	-1.5	1995	-99.9
1928	0.5	1945	0	1962	-10	1979	-3	1996	-2
1929	0.6	1946	0	1963	-4	1980	-1	1997	0
1930	-99.9	1947	-2	1964	-3	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	-3	1965	0	1982	-1.5	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	-5.5	1966	-3	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	-2	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	-6	1968	0.5	1985	-3	2002	2
1935	-99.9	1952	0	1969	0	1986	-99.9	2003	2
1936	-99.9	1953	-3	1970	0	1987	-99.9	2004	-3
1937	-99.9	1954	0	1971	-2.5	1988	-99.9	2005	2
1938	-99.9	1955	-2	1972	-1	1989	-99.9	2006	-2
1939	-99.9	1956	-1.5	1973	-4	1990	-1	2007	0.5
1940	-99.9	1957	-2	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	0	1975	-5	1992	-99.9	2009	1
1942	-99.9	1959	0	1976	-3	1993	-99.9	2010	-4
1943	0	1960	-3	1977	-1	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.11.-** Gráfica del índice temperatura mínima extrema, en la cuenca del río Pilón, software RClindex.

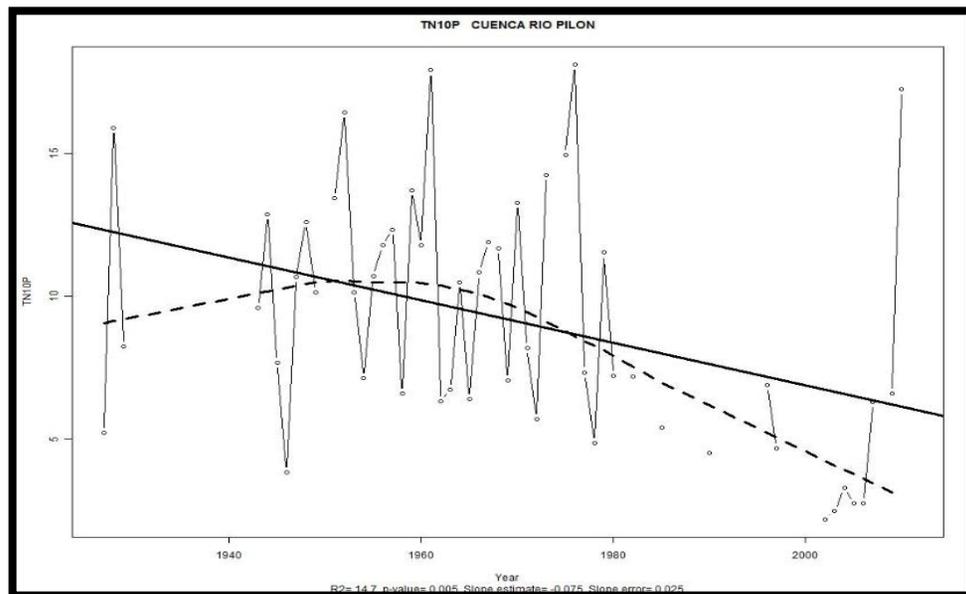


### 10. Tn10p. Frecuencia de noches frías.

**Tabla 3.14.-** Resultados del índice frecuencia de noches frías, en la cuenca del río Pilon, software RClindex.

AÑO	Tn10p	AÑO	Tn10p	AÑO	Tn10p	AÑO	Tn10p	AÑO	Tn10p
1927	5.21	1944	12.88	1961	17.91	1978	4.85	1995	-99.9
1928	15.89	1945	7.67	1962	6.32	1979	11.53	1996	6.88
1929	8.24	1946	3.84	1963	6.73	1980	7.22	1997	4.66
1930	-99.9	1947	10.68	1964	10.5	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	12.6	1965	6.41	1982	7.17	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	10.14	1966	10.83	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	11.88	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	13.42	1968	11.67	1985	5.38	2002	2.19
1935	-99.9	1952	16.44	1969	7.04	1986	-99.9	2003	2.47
1936	-99.9	1953	10.14	1970	13.26	1987	-99.9	2004	3.29
1937	-99.9	1954	7.12	1971	8.19	1988	-99.9	2005	2.74
1938	-99.9	1955	10.7	1972	5.7	1989	-99.9	2006	2.74
1939	-99.9	1956	11.78	1973	14.25	1990	4.5	2007	6.3
1940	-99.9	1957	12.33	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	6.58	1975	14.96	1992	-99.9	2009	6.58
1942	-99.9	1959	13.7	1976	18.11	1993	-99.9	2010	17.26
1943	9.59	1960	11.78	1977	7.33	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.12.-** Gráfica del índice frecuencia de noches frías, en la cuenca del río Pilon software RClindex.

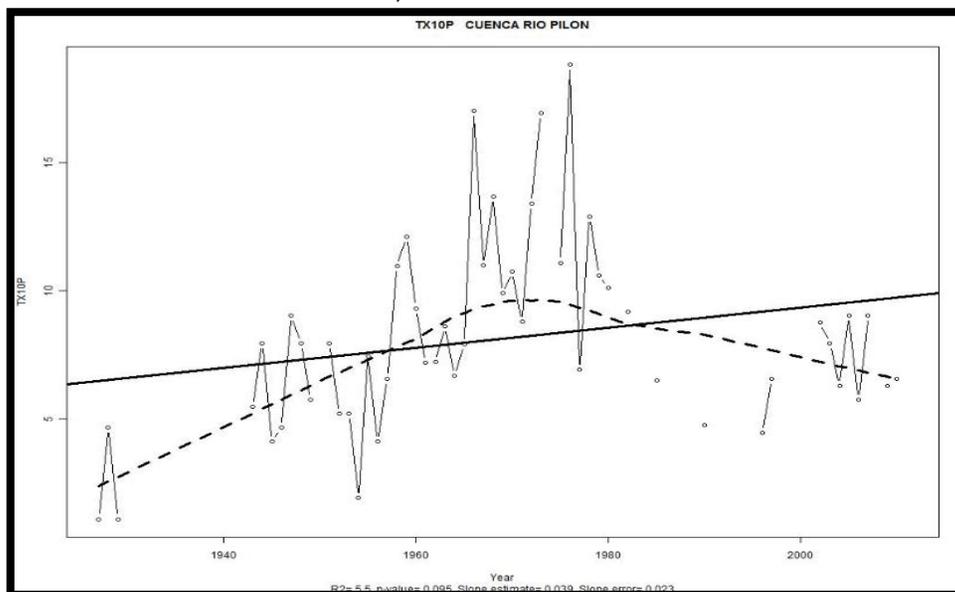


### 11. Tx10p. Frecuencia de días frescos.

**Tabla 3.15.-** Resultados del índice frecuencia de días frescos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.

AÑO	Tx10p	AÑO	Tx10p	AÑO	Tx10p	AÑO	Tx10p	AÑO	Tx10p
1927	1.1	1944	7.95	1961	7.19	1978	12.89	1995	-99.9
1928	4.66	1945	4.11	1962	7.23	1979	10.59	1996	4.46
1929	1.1	1946	4.66	1963	8.63	1980	10.12	1997	6.58
1930	-99.9	1947	9.04	1964	6.67	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	7.95	1965	7.93	1982	9.18	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	5.75	1966	17.01	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	11	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	7.95	1968	13.68	1985	6.49	2002	8.77
1935	-99.9	1952	5.21	1969	9.89	1986	-99.9	2003	7.95
1936	-99.9	1953	5.21	1970	10.75	1987	-99.9	2004	6.3
1937	-99.9	1954	1.92	1971	8.79	1988	-99.9	2005	9.04
1938	-99.9	1955	7.43	1972	13.4	1989	-99.9	2006	5.75
1939	-99.9	1956	4.11	1973	16.93	1990	4.75	2007	9.04
1940	-99.9	1957	6.58	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	10.96	1975	11.09	1992	-99.9	2009	6.3
1942	-99.9	1959	12.11	1976	18.82	1993	-99.9	2010	6.58
1943	5.48	1960	9.32	1977	6.92	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.13.-** Gráfica del índice frecuencia de días frescos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.

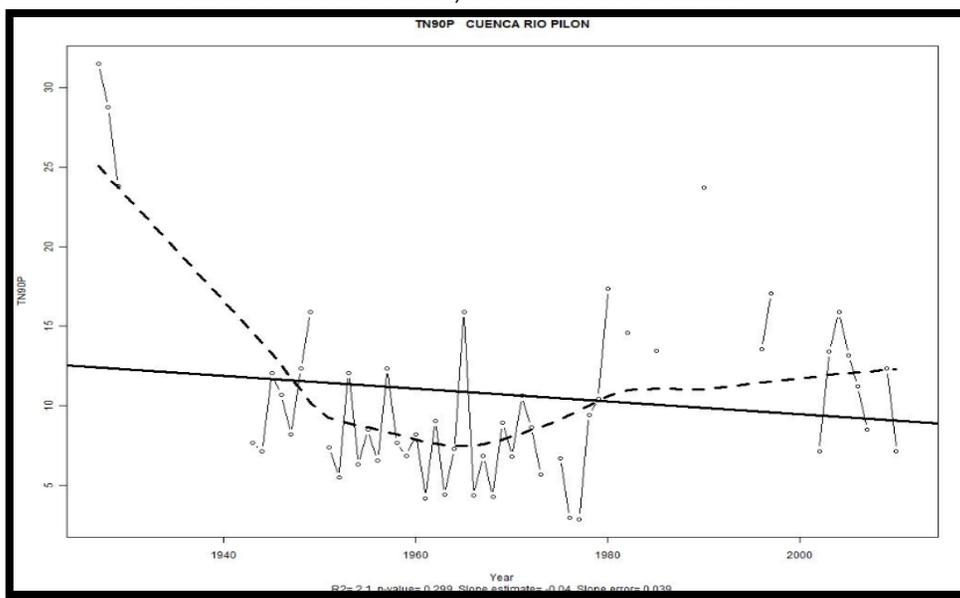


## 12. Tn90p. Frecuencia de noches cálidas.

**Tabla 3.16.-** Resultados del índice frecuencia de noches cálidas, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

AÑO	Tn90p	AÑO	Tn90p	AÑO	Tn90p	AÑO	Tn90p	AÑO	Tn90p
1927	31.51	1944	7.12	1961	4.19	1978	9.42	1995	-99.9
1928	28.77	1945	12.05	1962	9.06	1979	10.44	1996	13.54
1929	23.84	1946	10.68	1963	4.41	1980	17.36	1997	17.06
1930	-99.9	1947	8.22	1964	7.28	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	12.33	1965	15.88	1982	14.59	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	15.89	1966	4.37	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	6.83	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	7.4	1968	4.25	1985	13.48	2002	7.12
1935	-99.9	1952	5.48	1969	8.92	1986	-99.9	2003	13.42
1936	-99.9	1953	12.05	1970	6.81	1987	-99.9	2004	15.89
1937	-99.9	1954	6.3	1971	10.62	1988	-99.9	2005	13.15
1938	-99.9	1955	8.49	1972	8.64	1989	-99.9	2006	11.23
1939	-99.9	1956	6.58	1973	5.67	1990	23.72	2007	8.49
1940	-99.9	1957	12.33	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	7.67	1975	6.71	1992	-99.9	2009	12.33
1942	-99.9	1959	6.85	1976	2.94	1993	-99.9	2010	7.12
1943	7.67	1960	8.22	1977	2.88	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.14.-** Gráfica del índice frecuencia de noches cálidas, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

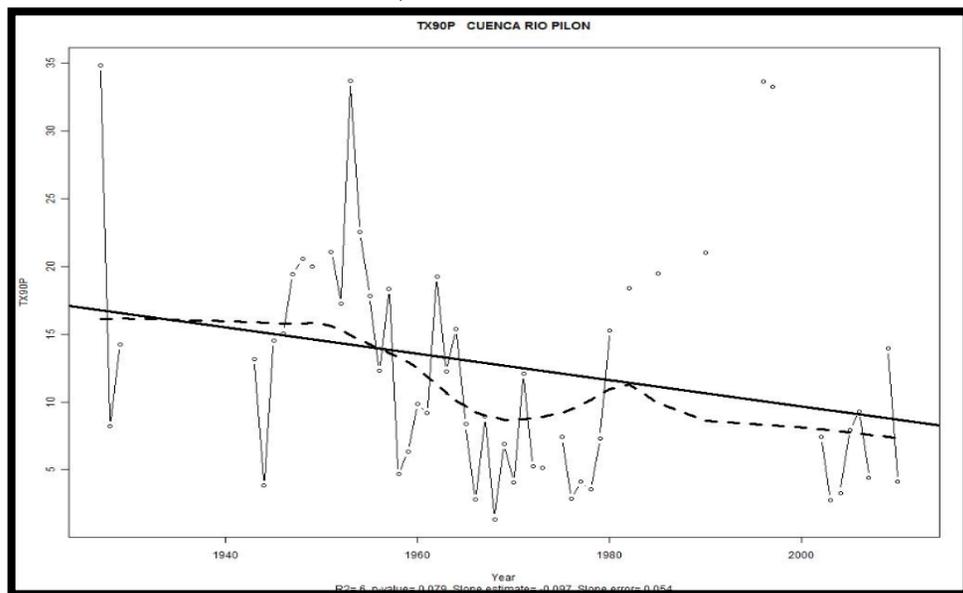


### 13. Tx90p. Frecuencia de días calurosos.

**Tabla 3.17.-** Resultados del índice frecuencia de días calurosos, en la cuenca del río Pilón, software RCLimdex.

AÑO	Tx90p	AÑO	Tx90p	AÑO	Tx90p	AÑO	Tx90p	AÑO	Tx90p
1927	34.85	1944	3.84	1961	9.15	1978	3.53	1995	-99.9
1928	8.22	1945	14.52	1962	19.25	1979	7.32	1996	33.64
1929	14.27	1946	15.07	1963	12.26	1980	15.28	1997	33.27
1930	-99.9	1947	19.45	1964	15.41	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	20.55	1965	8.36	1982	18.4	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	20	1966	2.79	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	8.93	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	21.1	1968	1.35	1985	19.51	2002	7.4
1935	-99.9	1952	17.26	1969	6.91	1986	-99.9	2003	2.74
1936	-99.9	1953	33.7	1970	4.05	1987	-99.9	2004	3.29
1937	-99.9	1954	22.53	1971	12.1	1988	-99.9	2005	7.95
1938	-99.9	1955	17.85	1972	5.24	1989	-99.9	2006	9.32
1939	-99.9	1956	12.33	1973	5.11	1990	21	2007	4.38
1940	-99.9	1957	18.36	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	4.66	1975	7.39	1992	-99.9	2009	13.97
1942	-99.9	1959	6.32	1976	2.84	1993	-99.9	2010	4.11
1943	13.15	1960	9.86	1977	4.11	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.15.-** Gráfica del índice frecuencia de días calurosos, en la cuenca del río Pilón, software RCLimdex.

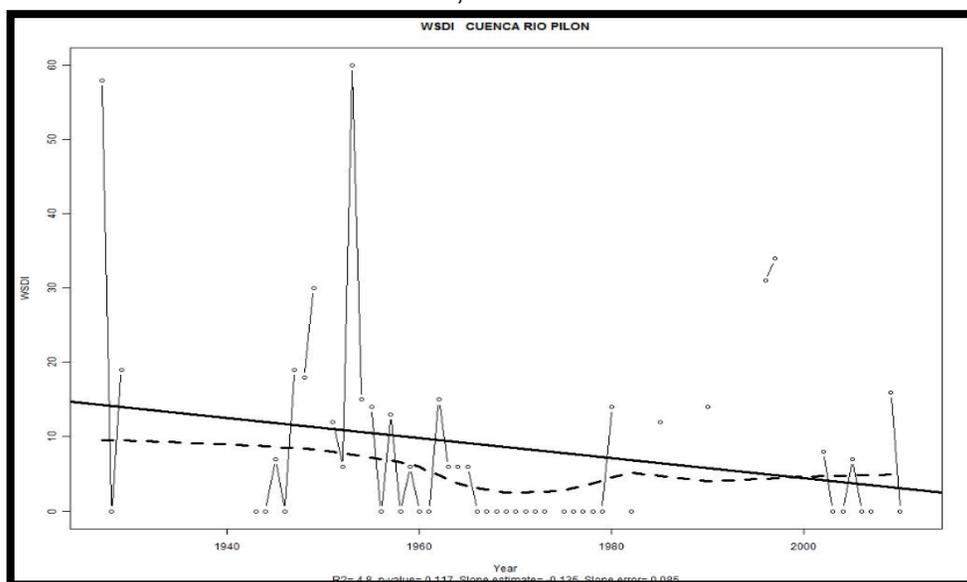


### 14. WSDI. Duración de los períodos cálidos (Warm Spells Duration Index).

**Tabla 3.18.-** Resultados del índice duración de los períodos cálidos, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

AÑO	WSDI	AÑO	WSDI	AÑO	WSDI	AÑO	WSDI	AÑO	WSDI
1927	58	1944	0	1961	0	1978	0	1995	-99.9
1928	0	1945	7	1962	15	1979	0	1996	31
1929	19	1946	0	1963	6	1980	14	1997	34
1930	-99.9	1947	19	1964	6	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	18	1965	6	1982	0	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	30	1966	0	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	0	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	12	1968	0	1985	12	2002	8
1935	-99.9	1952	6	1969	0	1986	-99.9	2003	0
1936	-99.9	1953	60	1970	0	1987	-99.9	2004	0
1937	-99.9	1954	15	1971	0	1988	-99.9	2005	7
1938	-99.9	1955	14	1972	0	1989	-99.9	2006	0
1939	-99.9	1956	0	1973	0	1990	14	2007	0
1940	-99.9	1957	13	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	0	1975	0	1992	-99.9	2009	16
1942	-99.9	1959	6	1976	0	1993	-99.9	2010	0
1943	0	1960	0	1977	0	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.16.-** Gráfica del índice duración de los períodos cálidos, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

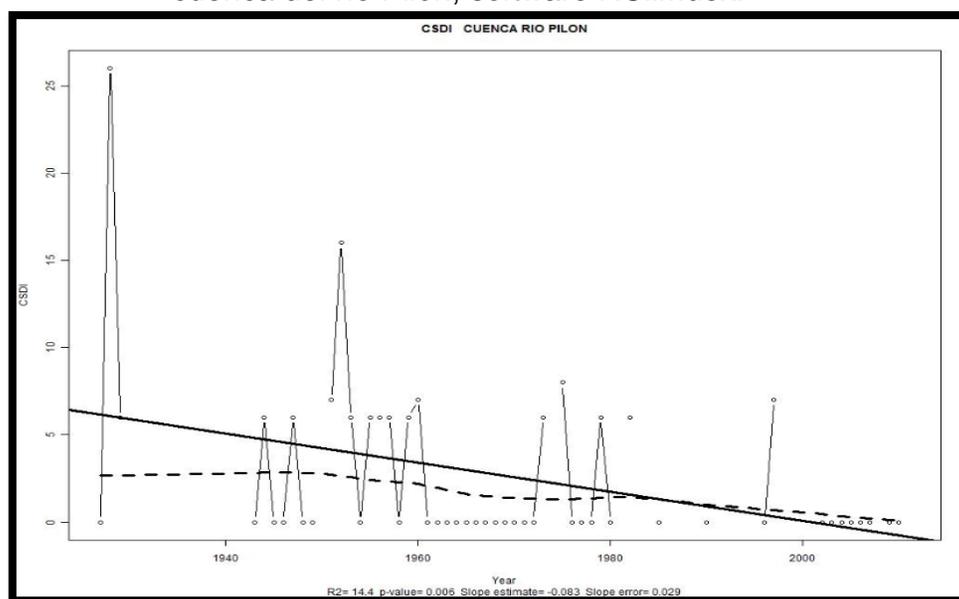


### 15. CSDI. Duración de los períodos fríos (Cold Spells Duration Index).

**Tabla 3.19.-** Resultados del índice duración de los períodos fríos, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

AÑO	CSDI	AÑO	CSDI	AÑO	CSDI	AÑO	CSDI	AÑO	CSDI
1927	0	1944	6	1961	0	1978	0	1995	-99.9
1928	26	1945	0	1962	0	1979	6	1996	0
1929	6	1946	0	1963	0	1980	0	1997	7
1930	-99.9	1947	6	1964	0	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	0	1965	0	1982	6	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	0	1966	0	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	0	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	7	1968	0	1985	0	2002	0
1935	-99.9	1952	16	1969	0	1986	-99.9	2003	0
1936	-99.9	1953	6	1970	0	1987	-99.9	2004	0
1937	-99.9	1954	0	1971	0	1988	-99.9	2005	0
1938	-99.9	1955	6	1972	0	1989	-99.9	2006	0
1939	-99.9	1956	6	1973	6	1990	0	2007	0
1940	-99.9	1957	6	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	0	1975	8	1992	-99.9	2009	0
1942	-99.9	1959	6	1976	0	1993	-99.9	2010	0
1943	0	1960	7	1977	0	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.17.-** Gráfica del índice duración de los períodos fríos, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

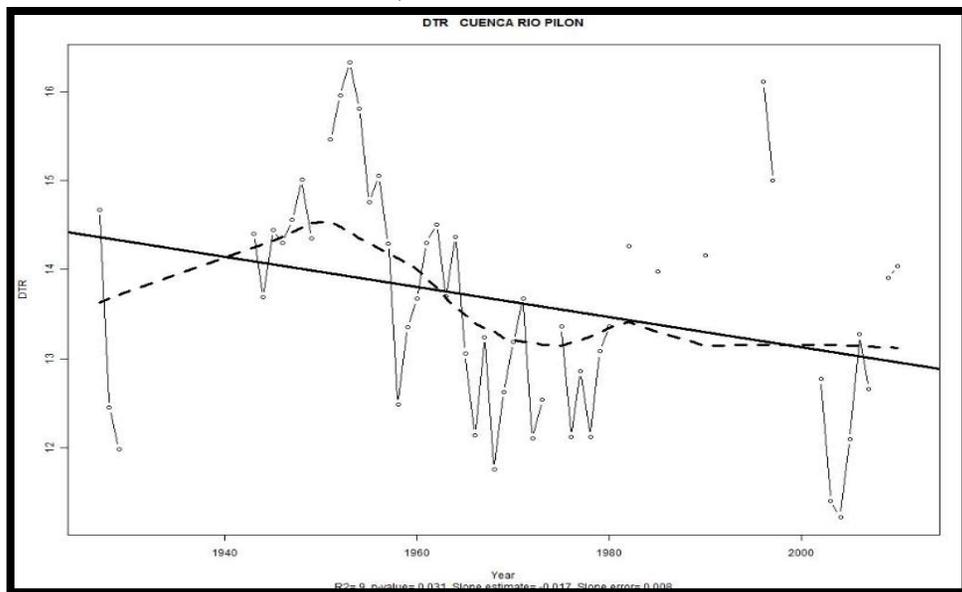


### 16. DTR. Rango diario de temperatura (Diurnal Temperature Range).

**Tabla 3.20.-** Resultados del índice rango diario de temperatura, en la cuenca río Pílon, software RClimdex.

AÑO	DTR	AÑO	DTR	AÑO	DTR	AÑO	DTR	AÑO	DTR
1927	14.67	1944	13.69	1961	14.3	1978	12.12	1995	-99.9
1928	12.45	1945	14.45	1962	14.51	1979	13.08	1996	16.11
1929	11.98	1946	14.3	1963	13.7	1980	13.36	1997	15
1930	-99.9	1947	14.56	1964	14.37	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	15.01	1965	13.06	1982	14.26	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	14.35	1966	12.14	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	13.24	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	15.46	1968	11.75	1985	13.98	2002	12.77
1935	-99.9	1952	15.96	1969	12.62	1986	-99.9	2003	11.4
1936	-99.9	1953	16.33	1970	13.19	1987	-99.9	2004	11.22
1937	-99.9	1954	15.81	1971	13.67	1988	-99.9	2005	12.09
1938	-99.9	1955	14.76	1972	12.1	1989	-99.9	2006	13.27
1939	-99.9	1956	15.05	1973	12.54	1990	14.16	2007	12.66
1940	-99.9	1957	14.29	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	12.48	1975	13.36	1992	-99.9	2009	13.91
1942	-99.9	1959	13.35	1976	12.12	1993	-99.9	2010	14.04
1943	14.4	1960	13.67	1977	12.86	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.18.-** Gráfica del índice rango diario de temperatura, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.

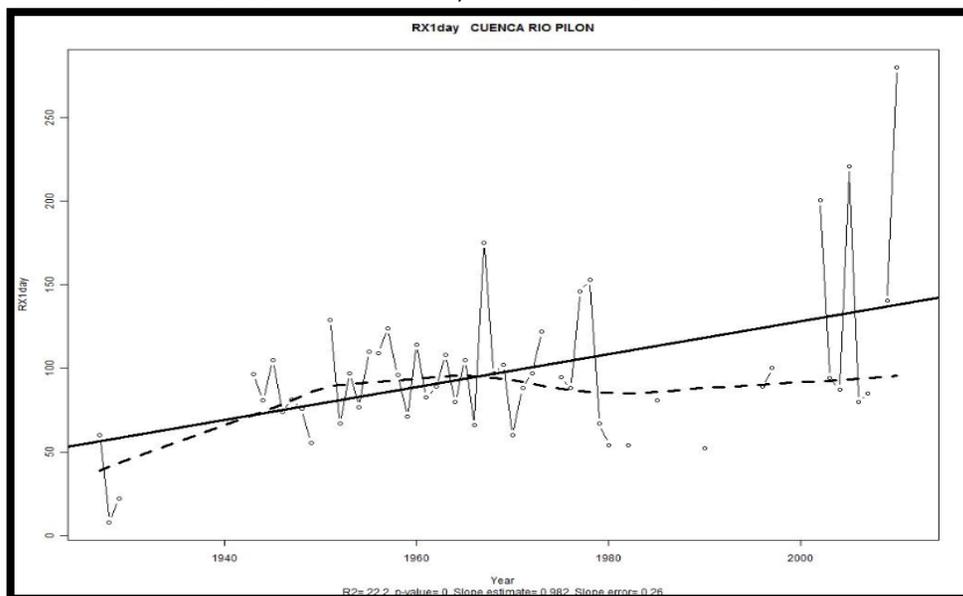


### 17. RX1day. Precipitación máxima en un día.

**Tabla 3.21.-** Resultados del índice precipitación máxima en un día, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

AÑO	RX1day	AÑO	RX1day	AÑO	RX1day	AÑO	RX1day	AÑO	RX1day
1927	60	1944	81	1961	82.5	1978	153	1995	-99.9
1928	8	1945	105	1962	89	1979	67	1996	89
1929	22	1946	74	1963	108	1980	54	1997	100
1930	-99.9	1947	81.2	1964	80	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	75.8	1965	105	1982	54	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	55.4	1966	66	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	175	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	129	1968	97	1985	81	2002	200.7
1935	-99.9	1952	67	1969	102	1986	-99.9	2003	94
1936	-99.9	1953	97	1970	60	1987	-99.9	2004	87.3
1937	-99.9	1954	76.5	1971	88	1988	-99.9	2005	221
1938	-99.9	1955	110	1972	97	1989	-99.9	2006	80
1939	-99.9	1956	109	1973	122	1990	52	2007	85
1940	-99.9	1957	124	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	96	1975	94.5	1992	-99.9	2009	140.5
1942	-99.9	1959	71	1976	88	1993	-99.9	2010	280
1943	96.5	1960	114	1977	146	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.19.-** Gráfica del índice precipitación máxima en un día, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

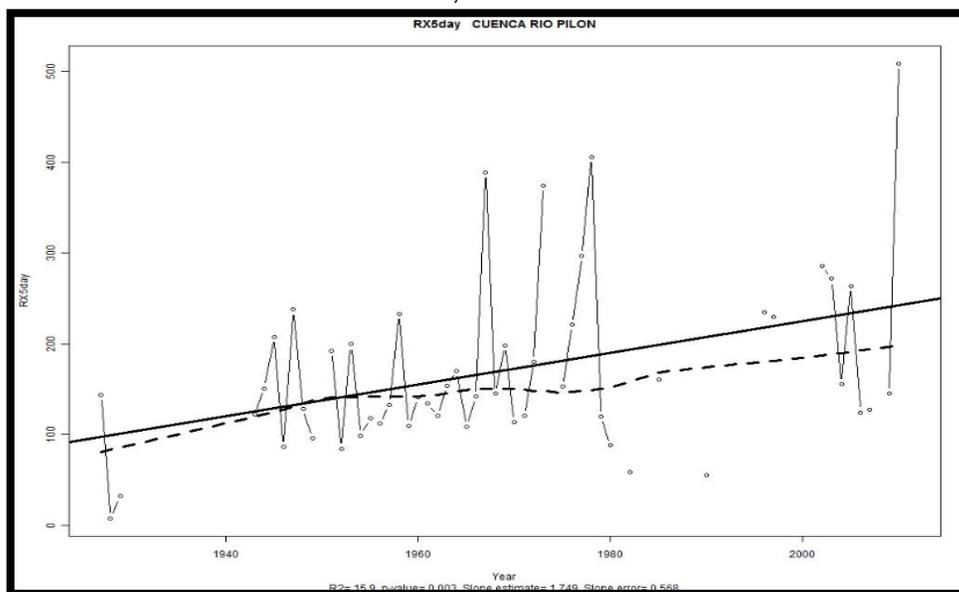


### 18. RX5day. Precipitación máxima en cinco días.

**Tabla 3.22.-** Resultados del índice precipitación máxima en cinco días, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

AÑO	RX5day	AÑO	RX5day	AÑO	RX5day	AÑO	RX5day	AÑO	RX5day
1927	144	1944	150.9	1961	134	1978	405.5	1995	-99.9
1928	8	1945	207.8	1962	121	1979	119.5	1996	235
1929	32	1946	86.9	1963	153.5	1980	88	1997	229.5
1930	-99.9	1947	237.7	1964	170	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	128.1	1965	109	1982	59	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	96.4	1966	142	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	389	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	192.3	1968	145	1985	160.5	2002	285.7
1935	-99.9	1952	84.5	1969	198	1986	-99.9	2003	271.7
1936	-99.9	1953	199.5	1970	113.5	1987	-99.9	2004	155.3
1937	-99.9	1954	99	1971	121	1988	-99.9	2005	264
1938	-99.9	1955	118	1972	180	1989	-99.9	2006	124.5
1939	-99.9	1956	112	1973	374	1990	54.8	2007	127.6
1940	-99.9	1957	133	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	233	1975	153	1992	-99.9	2009	145.5
1942	-99.9	1959	110	1976	221	1993	-99.9	2010	508.5
1943	122.5	1960	141	1977	297	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.20.-** Gráfica del índice precipitación máxima en cinco días, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

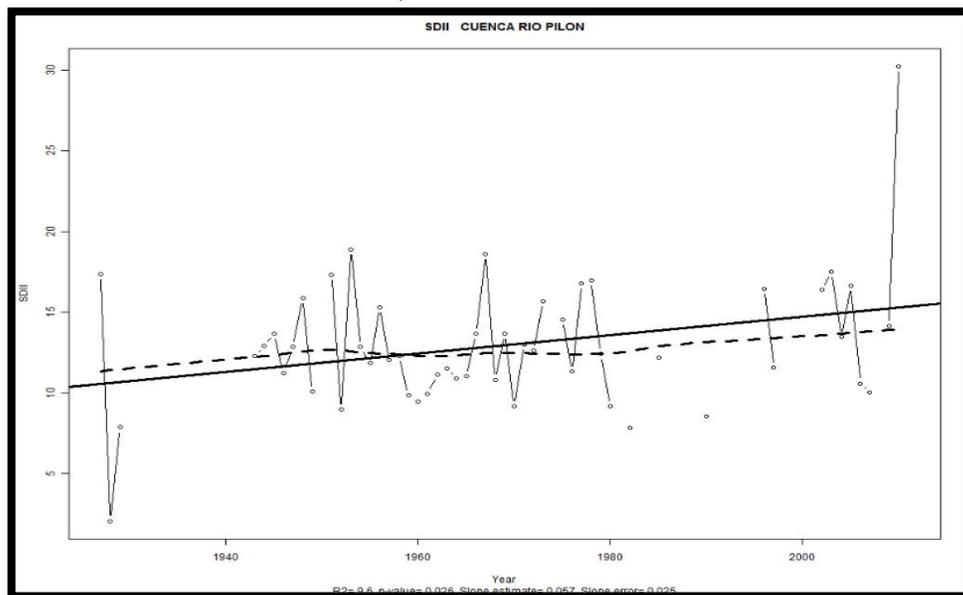


### 19. SDII. Índice simple de intensidad diaria (Simple Daily Intensity Index).

**Tabla 3.23.-** Resultados del índice simple de intensidad diaria, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

AÑO	SDII	AÑO	SDII	AÑO	SDII	AÑO	SDII	AÑO	SDII
1927	17.4	1944	12.9	1961	9.9	1978	17	1995	-99.9
1928	2	1945	13.7	1962	11.1	1979	12.4	1996	16.4
1929	7.9	1946	11.2	1963	11.5	1980	9.2	1997	11.6
1930	-99.9	1947	12.9	1964	10.9	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	15.9	1965	11	1982	7.8	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	10.1	1966	13.7	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	18.6	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	17.3	1968	10.8	1985	12.2	2002	16.4
1935	-99.9	1952	9	1969	13.7	1986	-99.9	2003	17.5
1936	-99.9	1953	18.9	1970	9.2	1987	-99.9	2004	13.5
1937	-99.9	1954	12.8	1971	13	1988	-99.9	2005	16.7
1938	-99.9	1955	11.8	1972	12.6	1989	-99.9	2006	10.6
1939	-99.9	1956	15.3	1973	15.7	1990	8.6	2007	10
1940	-99.9	1957	12	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	12.3	1975	14.5	1992	-99.9	2009	14.2
1942	-99.9	1959	9.8	1976	11.3	1993	-99.9	2010	30.2
1943	12.3	1960	9.5	1977	16.8	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.21.-** Gráfica del índice simple de intensidad diaria, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

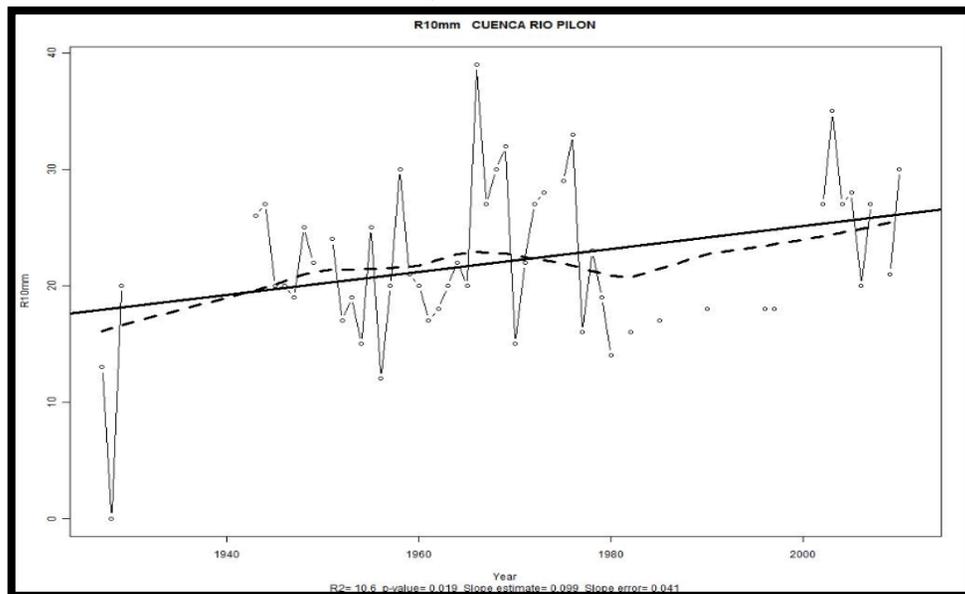


## 20. R10. Días con lluvia mayor a 10mm.

**Tabla 3.24.-** Resultados del índice días con lluvia mayor a 10mm en la cuenca río Pílon, software RClimdex.

AÑO	R10	AÑO	R10	AÑO	R10	AÑO	R10	AÑO	R10
1927	13	1944	27	1961	17	1978	23	1995	-99.9
1928	0	1945	20	1962	18	1979	19	1996	18
1929	20	1946	20	1963	20	1980	14	1997	18
1930	-99.9	1947	19	1964	22	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	25	1965	20	1982	16	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	22	1966	39	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	27	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	24	1968	30	1985	17	2002	27
1935	-99.9	1952	17	1969	32	1986	-99.9	2003	35
1936	-99.9	1953	19	1970	15	1987	-99.9	2004	27
1937	-99.9	1954	15	1971	22	1988	-99.9	2005	28
1938	-99.9	1955	25	1972	27	1989	-99.9	2006	20
1939	-99.9	1956	12	1973	28	1990	18	2007	27
1940	-99.9	1957	20	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	30	1975	29	1992	-99.9	2009	21
1942	-99.9	1959	21	1976	33	1993	-99.9	2010	30
1943	26	1960	20	1977	16	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.22.-** Gráfica del índice días con lluvia mayor a 10mm en la cuenca río Pílon, software RClimdex.

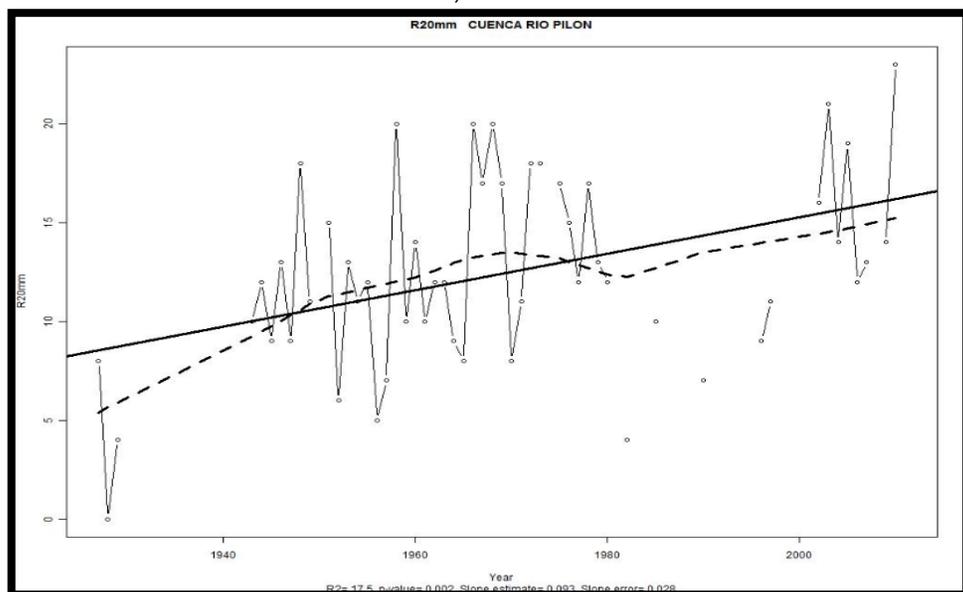


## 21. R20. Días con lluvia mayor a 20mm.

**Tabla 3.25.-** Resultados del índice días con lluvia mayor a 20mm en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

AÑO	R20	AÑO	R20	AÑO	R20	AÑO	R20	AÑO	R20
1927	8	1944	12	1961	10	1978	17	1995	-99.9
1928	0	1945	9	1962	12	1979	13	1996	9
1929	4	1946	13	1963	12	1980	12	1997	11
1930	-99.9	1947	9	1964	9	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	18	1965	8	1982	4	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	11	1966	20	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	17	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	15	1968	20	1985	10	2002	16
1935	-99.9	1952	6	1969	17	1986	-99.9	2003	21
1936	-99.9	1953	13	1970	8	1987	-99.9	2004	14
1937	-99.9	1954	11	1971	11	1988	-99.9	2005	19
1938	-99.9	1955	12	1972	18	1989	-99.9	2006	12
1939	-99.9	1956	5	1973	18	1990	7	2007	13
1940	-99.9	1957	7	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	20	1975	17	1992	-99.9	2009	14
1942	-99.9	1959	10	1976	15	1993	-99.9	2010	23
1943	10	1960	14	1977	12	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.23.-** Gráfica del índice días con lluvia mayor a 20mm en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

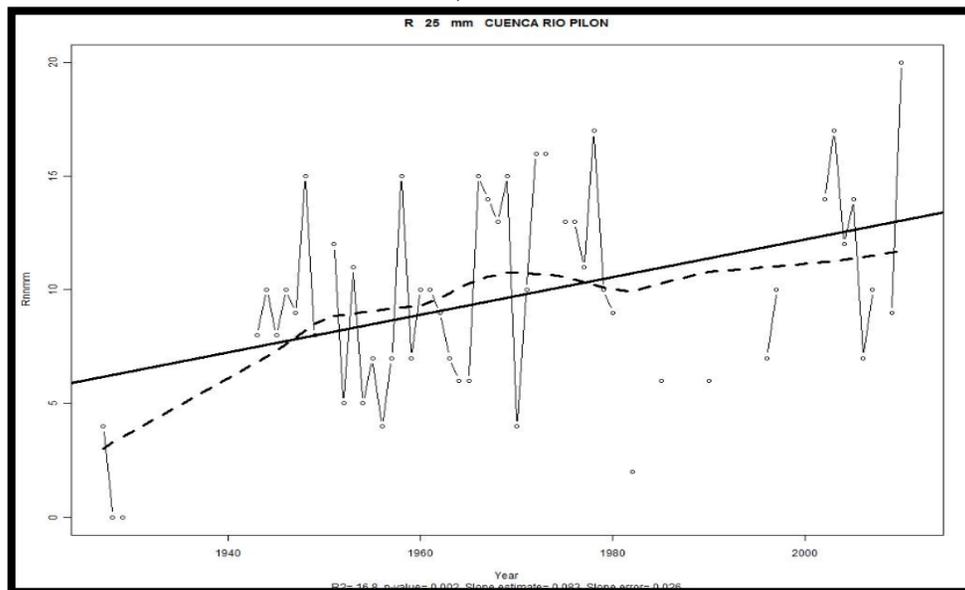


## 22. R25. Días con lluvia mayor a 25mm.

**Tabla 3.26.-** Resultados del índice días con lluvia mayor a 25mm en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

AÑO	R25	AÑO	R25	AÑO	R25	AÑO	R25	AÑO	R25
1927	4	1944	10	1961	10	1978	17	1995	-99.9
1928	0	1945	8	1962	9	1979	10	1996	7
1929	0	1946	10	1963	7	1980	9	1997	10
1930	-99.9	1947	9	1964	6	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	15	1965	6	1982	2	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	8	1966	15	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	14	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	12	1968	13	1985	6	2002	14
1935	-99.9	1952	5	1969	15	1986	-99.9	2003	17
1936	-99.9	1953	11	1970	4	1987	-99.9	2004	12
1937	-99.9	1954	5	1971	10	1988	-99.9	2005	14
1938	-99.9	1955	7	1972	16	1989	-99.9	2006	7
1939	-99.9	1956	4	1973	16	1990	6	2007	10
1940	-99.9	1957	7	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	15	1975	13	1992	-99.9	2009	9
1942	-99.9	1959	7	1976	13	1993	-99.9	2010	20
1943	8	1960	10	1977	11	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.24.-** Gráfica del índice días con lluvia mayor a 25mm en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

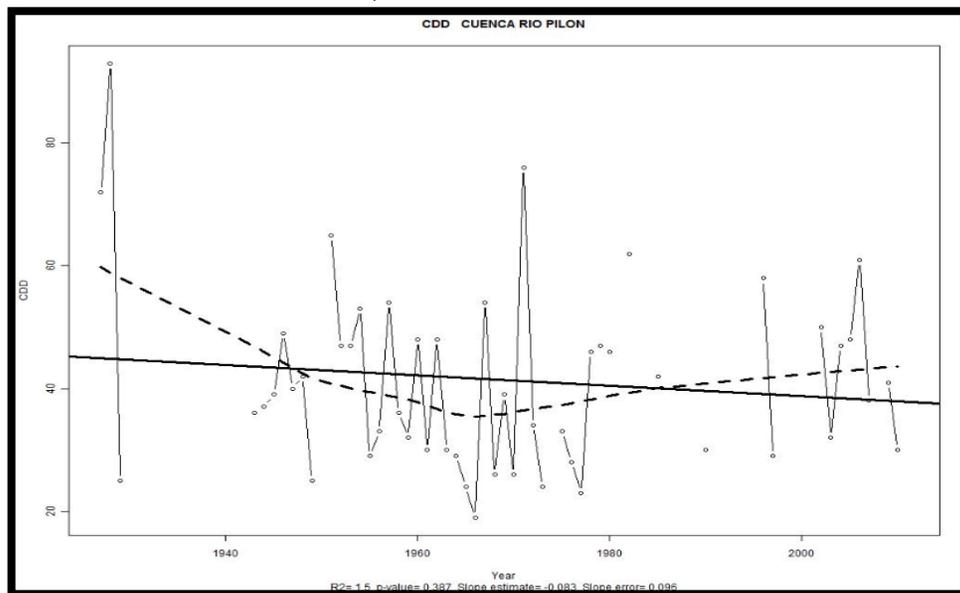


### 23. CDD. Días secos consecutivos (Consecutive Dry Days).

**Tabla 3.27.-** Resultados del índice días secos consecutivos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.

AÑO	CDD	AÑO	CDD	AÑO	CDD	AÑO	CDD	AÑO	CDD
1927	72	1944	37	1961	30	1978	46	1995	-99.9
1928	93	1945	39	1962	48	1979	47	1996	58
1929	25	1946	49	1963	30	1980	46	1997	29
1930	-99.9	1947	40	1964	29	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	42	1965	24	1982	62	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	25	1966	19	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	54	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	65	1968	26	1985	42	2002	50
1935	-99.9	1952	47	1969	39	1986	-99.9	2003	32
1936	-99.9	1953	47	1970	26	1987	-99.9	2004	47
1937	-99.9	1954	53	1971	76	1988	-99.9	2005	48
1938	-99.9	1955	29	1972	34	1989	-99.9	2006	61
1939	-99.9	1956	33	1973	24	1990	30	2007	38
1940	-99.9	1957	54	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	36	1975	33	1992	-99.9	2009	41
1942	-99.9	1959	32	1976	28	1993	-99.9	2010	30
1943	36	1960	48	1977	23	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.25.-** Gráfica del índice días secos consecutivos, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.

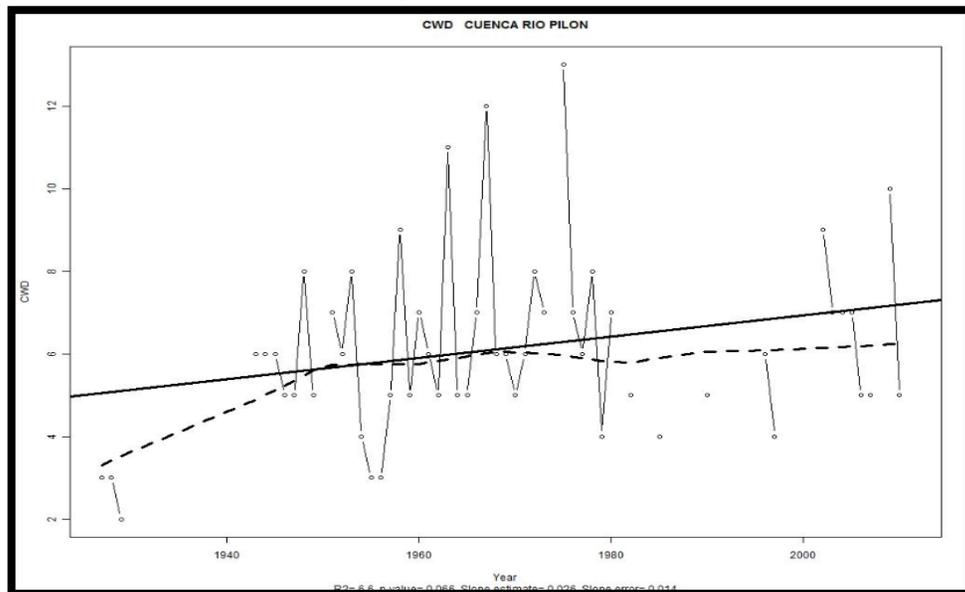


## 24. CWD. Días húmedos consecutivos (Consecutive Wet Days).

**Tabla 3.28.-** Resultados del índice días húmedos consecutivos, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

AÑO	CWD	AÑO	CWD	AÑO	CWD	AÑO	CWD	AÑO	CWD
1927	3	1944	6	1961	6	1978	8	1995	-99.9
1928	3	1945	6	1962	5	1979	4	1996	6
1929	2	1946	5	1963	11	1980	7	1997	4
1930	-99.9	1947	5	1964	5	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	8	1965	5	1982	5	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	5	1966	7	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	12	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	7	1968	6	1985	4	2002	9
1935	-99.9	1952	6	1969	6	1986	-99.9	2003	7
1936	-99.9	1953	8	1970	5	1987	-99.9	2004	7
1937	-99.9	1954	4	1971	6	1988	-99.9	2005	7
1938	-99.9	1955	3	1972	8	1989	-99.9	2006	5
1939	-99.9	1956	3	1973	7	1990	5	2007	5
1940	-99.9	1957	5	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	9	1975	13	1992	-99.9	2009	10
1942	-99.9	1959	5	1976	7	1993	-99.9	2010	5
1943	6	1960	7	1977	6	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.26.-** Gráfica del índice días húmedos consecutivos, en la cuenca del río Pílon, software RClindex.

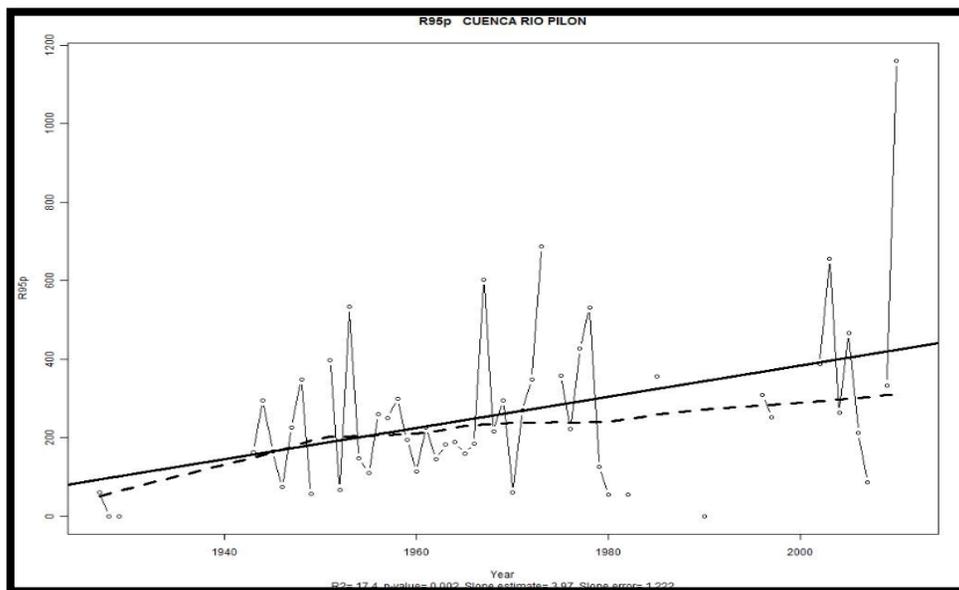


## 25. R95pTOT. Días muy húmedos.

**Tabla 3.29.-** Resultados del índice días muy húmedos, en la cuenca del río Pilón, software RClindex.

AÑO	R95p	AÑO	R95p	AÑO	R95p	AÑO	R95p	AÑO	R95p
1927	60	1944	294.5	1961	226	1978	531	1995	-99.9
1928	0	1945	165	1962	144	1979	125	1996	308
1929	0	1946	74	1963	182	1980	54	1997	251
1930	-99.9	1947	226.2	1964	189	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	348	1965	158.5	1982	54	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	55.4	1966	184	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	603	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	398.2	1968	216	1985	355	2002	387.3
1935	-99.9	1952	67	1969	295	1986	-99.9	2003	655.1
1936	-99.9	1953	534	1970	60	1987	-99.9	2004	263.8
1937	-99.9	1954	146.5	1971	268.5	1988	-99.9	2005	466.2
1938	-99.9	1955	110	1972	347	1989	-99.9	2006	211.5
1939	-99.9	1956	259	1973	687.5	1990	0	2007	85
1940	-99.9	1957	250	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	299	1975	357.5	1992	-99.9	2009	333
1942	-99.9	1959	194.5	1976	221	1993	-99.9	2010	1160
1943	163.5	1960	114	1977	427	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.27.-** Gráfica del índice días muy húmedos, en la cuenca río Pilón, software RClindex.

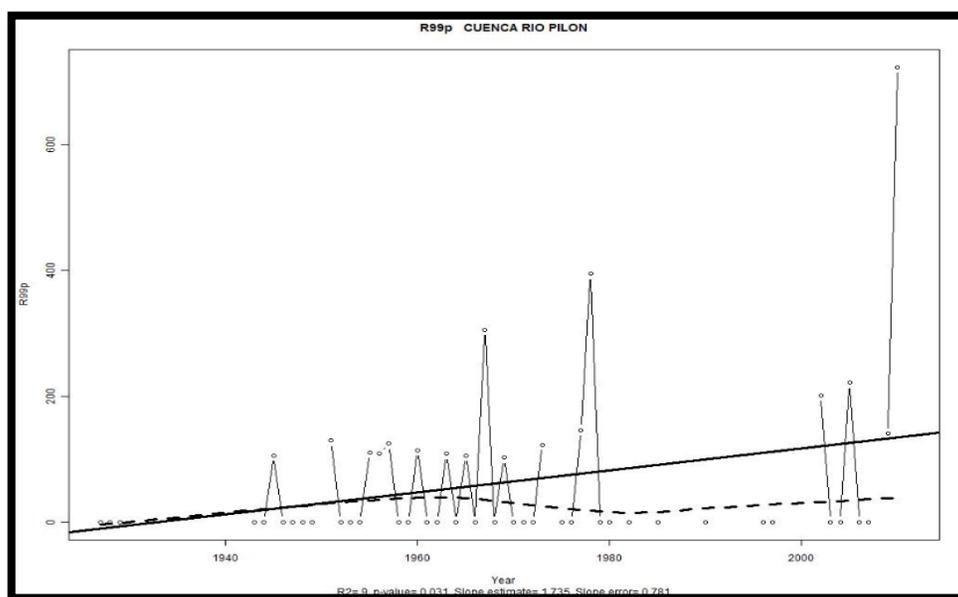


## 26. R99p. Días extremadamente húmedos.

**Tabla 3.30.-** Resultados del índice días extremadamente húmedos, en la cuenca del río Pílon, software RCLimdex.

AÑO	R99p	AÑO	R99p	AÑO	R99p	AÑO	R99p	AÑO	R99p
1927	0	1944	0	1961	0	1978	394	1995	-99.9
1928	0	1945	105	1962	0	1979	0	1996	0
1929	0	1946	0	1963	108	1980	0	1997	0
1930	-99.9	1947	0	1964	0	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	0	1965	105	1982	0	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	0	1966	0	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	305	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	129	1968	0	1985	0	2002	200.7
1935	-99.9	1952	0	1969	102	1986	-99.9	2003	0
1936	-99.9	1953	0	1970	0	1987	-99.9	2004	0
1937	-99.9	1954	0	1971	0	1988	-99.9	2005	221
1938	-99.9	1955	110	1972	0	1989	-99.9	2006	0
1939	-99.9	1956	109	1973	122	1990	0	2007	0
1940	-99.9	1957	124	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	0	1975	0	1992	-99.9	2009	140.5
1942	-99.9	1959	0	1976	0	1993	-99.9	2010	722
1943	0	1960	114	1977	146	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.28.-** Gráfica del índice días extremadamente húmedos, en la cuenca del río Pílon, software RCLimdex.

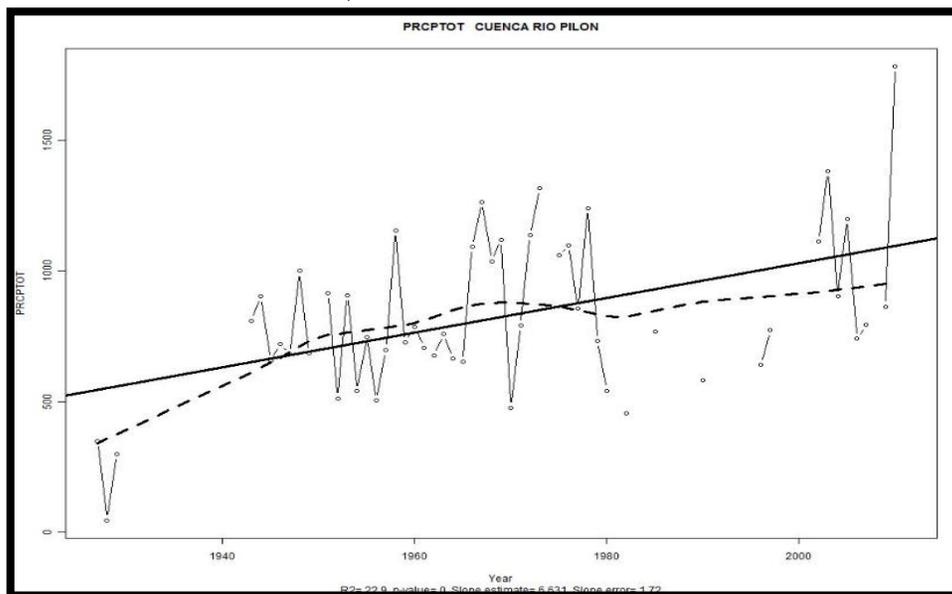


## 27. PRCPTOT. Precipitación total.

**Tabla 3.31.-** Resultados del índice precipitación total, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.

AÑO	PRCPTOT	AÑO	PRCPTOT	AÑO	PRCPTOT	AÑO	PRCPTOT	AÑO	PRCPTOT
1927	347.5	1944	902.2	1961	705	1978	1240.5	1995	-99.9
1928	45.1	1945	656.5	1962	677.5	1979	731.5	1996	641.5
1929	298.5	1946	719.1	1963	758.5	1980	541.5	1997	775
1930	-99.9	1947	682.1	1964	665	1981	-99.9	1998	-99.9
1931	-99.9	1948	1000.1	1965	651.5	1982	454.5	1999	-99.9
1932	-99.9	1949	685	1966	1092	1983	-99.9	2000	-99.9
1933	-99.9	1950	-99.9	1967	1264.5	1984	-99.9	2001	-99.9
1934	-99.9	1951	916.8	1968	1038	1985	768.6	2002	1113.8
1935	-99.9	1952	512	1969	1120.5	1986	-99.9	2003	1382
1936	-99.9	1953	907.1	1970	476.5	1987	-99.9	2004	902.6
1937	-99.9	1954	539.7	1971	792	1988	-99.9	2005	1199.1
1938	-99.9	1955	745.8	1972	1136.5	1989	-99.9	2006	740.2
1939	-99.9	1956	504.5	1973	1316.5	1990	582.2	2007	793.2
1940	-99.9	1957	697.7	1974	-99.9	1991	-99.9	2008	-99.9
1941	-99.9	1958	1156	1975	1059.5	1992	-99.9	2009	863.6
1942	-99.9	1959	727	1976	1098.5	1993	-99.9	2010	1784
1943	810.3	1960	786	1977	856.5	1994	-99.9	2011	-99.9

**Figura 3.29.-** Gráfica del índice precipitación total, en la cuenca del río Pílon, software RClimdex.



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### **4.- Conclusiones y recomendaciones.**

- En materia de clima, sólo es posible hacer predicciones de las condiciones medias probables de ocurrir en plazos de meses o estaciones con respecto a lo normal y escenarios de clima para plazos todavía más largos, como los del cambio climático.
- En esta investigación, por ser un caso de región a menor escala y por tratarse de un análisis con gran nivel de detalle, la descripción adecuada del clima de la cuenca del río Pílon, se requiere contar con un número relativamente mayor de puntos de observación en el área, de manera que se pueda describir el clima de la región en estudio; sin embargo, la forma en cómo impactará el aumento del clima en esta región es todavía incierta.
- Los avances tecnológicos en instrumentación meteorológica y en los medios de comunicación han facilitado, en los últimos años, el uso de estaciones meteorológicas automatizadas. Es recomendable antes de instalar o implementar nuevas redes de observación, tomar en cuenta los estudios de cambio climático, la relevancia de los datos instrumentales, el grado de homogeneidad de los registros existentes y el manejo adecuado de la incertidumbre inherente al proceso de medición.
- El rescate de datos instrumentales y el mantenimiento de las redes de medición son tareas que deben ser permanentes y consideradas prioritarias para el entendimiento del clima en una región.
- No conviene descartar la posibilidad de rescatar metadatos para las estaciones de observación que se van a analizar, ya que éstos pueden encontrarse en los niveles estatal, regional o de estación. Es probable que las personas o las dependencias locales a cargo de las estaciones climatológicas, cuenten con registros sobre fechas en las que hubiera habido cambios de instrumentos: de personal de mantenimiento, cambios de ubicación, etc.
- Los resultados de este estudio indican una modificación del clima con respecto al historial. La temperatura se ha vuelto más cálida en los últimos años y los posibles escenarios a futuro indican que es posible que siga en incremento la temperatura.
- Los índices de temperatura en la cuenca del río Pílon proporcionan evidencia clara de una tendencia reciente al aumento en la frecuencia de días calurosos y ligera disminución en la frecuencia de días frescos.

- El calentamiento global implica alteraciones en la dinámica del sistema climático, que a su vez provocaran cambios significativos en el ciclo hidrológico y en los procesos de balance energético del planeta cualquier cambio climático provocara diversas implicaciones para la economía y la sociedad.
- El hecho de encontrar o no tendencias significativas es solamente un indicador del comportamiento reciente de las variables climáticas. RClimdex calcula tendencias lineales para el mismo periodo en que los índices fueron calculados. El procedimiento de cálculo de estos índices de cambio climático no es único, pero es el propuesto por la ETCCDI.
- Un reto para la sociedad es aprender cómo adaptarse a la variabilidad climática y minimizar los riesgos, en el caso de un desastre natural.
- Los sistemas de información de cambio climático dependen de mantener un constante y adecuado monitoreo del sistema climático, a través de observaciones, así como el desarrollo de sistemas de diagnóstico y pronóstico de anomalías climáticas.
- El diseño de políticas de mitigación y estrategias de adaptación al cambio climático requiere no sólo de la información de escenarios del clima que pudiese ocurrir en el futuro, ante ciertas condiciones; sino también de información del clima reciente y de sus cambios observados.
- La detección de cambios en los extremos, a partir de datos instrumentales, permite obtener evidencia de cambios en el clima observados recientemente en las regiones de la Republica Mexicana.
- Se recomienda continuar realizando este tipo de estudios, para tomar medidas de prevención y adaptación, ante el cambio climático que se pudiese generar en el futuro.

## Bibliografía.

1. Adger, W. N., I. Lorenzoni, and K. O'Brien, (2009): Adapting to climate change. Cambridge University Press.
2. Aguilar, E., I. Auer, M. Brunet, T. Peterson, and J. Wieringa, (2003): Guidelines on Climate Metadata and Homogenization. WCDMP, 53, 55.
3. Aguilar, E., T. C. Peterson, P. R. Obando, R. Frutos, J. A. Retana, M. Solera, J. Soley, I. G. García, R. M. Araujo, A. R. Santos, V. E. Valle, M. Brunet, L. Aguilar, L. Álvarez, M. Bautista, C. Castanon, L. Herrera, E. Ruano, J. J. Sinay, E. Sanchez, G. I. H. Oviedo, F. Obed, J. E. Salgado, J. L. Vazquez, M. Baca, M. Gutierrez, C. Centella, J. Espinosa, D. Martinez, B. Olmedo, C. E. O. Espinoza, R. Nunez, M. Haylock, H. Benavides, and R. Mayorga,(2005): "Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America", 1961-2003. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 110.
4. Alexander, L. V., X. Zhang, T. C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A. Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, K. R. Kumar, J. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D. B. Stephenson, J. Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rusticucci, and J. L. Vazquez-Aguirre, (2006): "Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation". *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 111.
5. Alexandersson, H. and A. Moberg, (1997): "Homogenization of Swedish temperature data Homogeneity test for linear trends". *International Journal of Climatology*, 17, 25-34.
6. Anderson, M., L. Holcombe, R. Flory, and J. P. Renaud,( 2008): Implementing low-cost landslide risk reduction: a pilot study in unplanned housing areas of the Caribbean. *Natural Hazards*, 47, 297-315.
7. Brohan, P., J. J. Kennedy, I. Harris, S. F. B. Tett, and P. D. Jones, (2006): "Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new data set from 1850". *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 111.
8. Brunet, M. and D. López-Bonillo, (2001): Detecting and Modelling Regional Climate Change. 1a ed. Springer, 651 pp.

9. Brunet, M., O. Saladie, P. Jones, J. Sigro, E. Aguilar, A. Moberg, D. Lister, A. Walther, and C. Almarza, (2008): "A Case-Study / Guidance on the Development of Long-Term Daily Adjusted Temperature Datasets". WMO-TD-1425 ed. WMO.
10. Campos A. Daniel, Procesos del Ciclo Hidrológico, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, (1987), Volumen II, Tomo I y II.
11. Daly, C., (2006): "Guidelines for assessing the suitability of spatial climate data sets". International Journal of Climatology, 26, 707-721.
12. Gandin, L. S., (1988): "Complex Quality-Control of Meteorological Observations". Monthly Weather Review, 116, 1137-1156.
13. Groisman, P. Y., R. W. Knight, D. R. Easterling, T. R. Karl, G. C. Hegerl, and V. A. N. Razuvaev, (2005): "Trends in intense precipitation in the climate record". Journal of Climate, 18, 1326-1350.
14. Haylock, M. R., N. Hofstra, A. Tank, E. J. Klok, P. D. Jones, and M. New, (2008): "A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for (1950-2006)". Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 113.
15. Hegerl, G. C., F. W. Zwiers, P. Braconnot, N. P. Gillet, Y. Luo, J. A. Marengo, N. Nicholls, J. E. Penner, and P. A. Stott, (2007): "Understanding and Attributing Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis". Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. e. al., Ed., Cambridge University Press.
16. HODDER, I. y C. ORTON. 1990 [1976]. Análisis espacial en arqueología. Editorial Crítica, Barcelona.
17. Hydrologic Engineering Center (2008).
18. IDAG, T. Barnett, F. Zwiers, G. Hegerl, M. Allen, T. Crowley, N. Gillett, K. Hasselmann, P. Jones, B. Santer, R. Schnur, P. Scott, K. Taylor, S. Tett, and A. Int Ad Hoc Detection, (2005): "Detecting and attributing external influences on the climate system: A review of recent advances". Journal of Climate, 18, 1291-1314.

19. INE, (2009): "Guía para la elaboración de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC)". Instituto Nacional de Ecología, Universidad Veracruzana y Centro de Ciencias de la Atmósfera . 90. pp.
20. IPCC, 2007: Climate Change (2007): "The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Vol. I, Cambridge University Press, 996 pp.
21. Jennings, D. and W. S., (1998): Decision Making: An integrated approach. Pearson books.
22. Jones, P. and K. Briffa, (1992): Global surface air temperature variations during the twentieth century: Part I, Spatial, Temporal and Seasonal Details. The Holocene, 2, 165-169.
23. Jones, P. D. and M. Hulme, (1996): "Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: Methods and illustrations". International Journal of Climatology, 16, 361-377.
24. Jones, P. D., T. J. Osborn, and K. R. Briffa, (1997): "Estimating sampling errors in large-scale temperature averages". Journal of Climate, 10, 2548-2568.
25. Jones, P. D. and A. Moberg, (2003): "Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: An extensive revision and an update to 2001". Journal of Climate, 16, 206-223.
26. Jones, P. D. and D. H. Lister, (2009): The urban heat island in Central London and urban related warming trends in Central London since 1900. Weather, 64, 323-327.
27. Karl, T. R., N. Nicholls, and A. Ghazi, (1999): CLIVAR/GCOS/WMO "Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes - Workshop summary". Climatic Change, 42, 3-7.
28. Kleint-Tank, A., F. Zwiers, and X. Zhang, (2009): Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. Vol. 72, World Climate Data and Monitoring Program Series, World Meteorological Organization, 56pp.

29. Lenton, T. M., H. Held, E. Kriegler, J. W. Hall, W. Lucht, S. Rahmstorf, and H. J. Schellnhuber, (2008): Tipping elements in the Earth's climate system. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105, 1786-1793.
30. MAGAÑA, V., y C. NERI. (2005). "El clima y su relación con el agua en México". Documento de trabajo núm. 6 del Programa Agua, Medio Ambiente y Sociedad, El Colegio de México-Universidad Nacional Autónoma de México, México.
31. Mileti, D., (1999): Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States. Natural Hazards and Disasters: Reducing Loss and Building Sustainability in a Hazardous World: A Series, Joseph Henry Press, 376 pp.
32. Morss, R. E., J. K. Lazo, B. G. Brown, H. E. Brooks, P. T. Ganderton, and B. N. Mills, (2008): "Societal and economic research and applications for weather forecasts - Priorities for the North American THORPEX program". Bulletin of the American Meteorological Society, 89, 335.
33. New, M., M. Hulme, and P. Jones, (2000): "Representing twentieth-century space-time climate variability". Part II: Development of 1901-96 monthly grids of terrestrial surface climate. Journal of Climate, 13, 2217-2238.
34. Nicholls, N. and W. Murray, (1999): "Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes, Asheville, NC, USA, 3-6 June 1997 - Breakout Group B: Precipitation. Climatic Change, 42, 23-29".
35. Nicholls, N., C. Skinner, M. Loughnan, and N. Tapper, (2008): "A simple heat alert system for Melbourne, Australia". International Journal of Biometeorology, 52, 375-384.
36. Peterson, T. C., R. Vose, R. Schmoyer, and V. Razuvaev, (1998): "Global historical climatology network (GHCN) quality control of monthly temperature data International Journal of Climatology". 18, 1169-1179.
37. Peterson, T. C., (2005): "Climate Change Indices". WMO Boletín, 54, 83-86.
38. Peterson, T. C. and T. W. Owen, (2005): "Urban heat island assessment: Metadata are important". Journal of Climate, 18, 2637-2646.

39. Peterson, T. C., X. B. Zhang, M. Brunet-India, and J. L. Vazquez-Aguirre, (2008): "Changes in North American extremes derived from daily weather data". *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 113.
40. Peterson, T. C. and M. J. Manton, (2008): "Monitoring changes in climate extremes - A tale of international collaboration". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 89, 1266-1271.
41. Schellnhuber, H. J., W. Cramer, n. Nakicenovic, T. Wigley, and G. Yohe, (2006): "Avoiding dangerous climate change". Cambridge University Press.
42. Tarhule, A. and P. J. Lamb, (2003): "Climate research and seasonal forecasting for West Africans - Perceptions, dissemination, and use?" *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84, 1741.
43. Trenberth, K. E., P. D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. R. Easterling, A. Kleint-Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J. A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden, and P. Zhai, (2007): "Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. Climate Change 2007": The Physical Science Basis. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. S. e. al., Ed., Cambridge University Press.
44. Vázquez-Aguirre, J. L., M. Brunet, and P. D. Jones, (2008): "Cambios observados en los extremos de temperatura y precipitación en el estado de Veracruz, México, a partir de datos diarios". *Cambio Climático Regional y sus Impactos.*, M. Brunet, E. Aguilar, and J. Sigro, Eds., Asociación Española de Climatología.
45. Vincent, L. A., X. Zhang, B. R. Bonsal, and W. D. Hogg, (2002): "Homogenization of daily temperatures over Canada". *Journal of Climate*, 15, 1322-1334.
46. Wang, X. L., (2003): Comments on "Detection of undocumented change points: A revision of the two-phase regression model". *Journal of Climate*, 16, 3383-3385.
47. Wang, X. L. L., Q. H. Wen, and Y. H. Wu, (2007): "Penalized maximal t test for detecting undocumented mean change in climate data series". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46, 916-931.

48. Wang, X. L. L., (2008): "Penalized maximal F test for detecting undocumented mean shift without trend change". *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 25, 368-384. , 2008: Accounting for autocorrelation in detecting mean shifts in climate data series using the penalized maximal t or F test. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 47, 2423-2444.
49. Zhang, X. and F. Yang, (2003): RClimdex (1.0) User Manual. Climate Research Branch, Environment Canada, 23 pp.
50. Zhang, X., F. Zwiers, and T. Peterson, (2008): "The adaptation imperative: is climate science ready?" *WMO Bulletin*, 57.
51. Zwiers, F. W., (2009): "Climate Change Detection and Attribution Methods". 6th GKSS School on Environmental Research, Lecce, Italy.

# ANEXOS

# FISIOGRAFÍA

# SUBCUENCA A

**CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL  
 ASIGNACIÓN DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.  
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP := READPRN("DIST\_AD.pri")      M := length(XP)      T := 0..(M - 1)  
 YP := READPRN("ELEV\_AD.pri")      LCP := XP<sub>M-1</sub>      M = 151

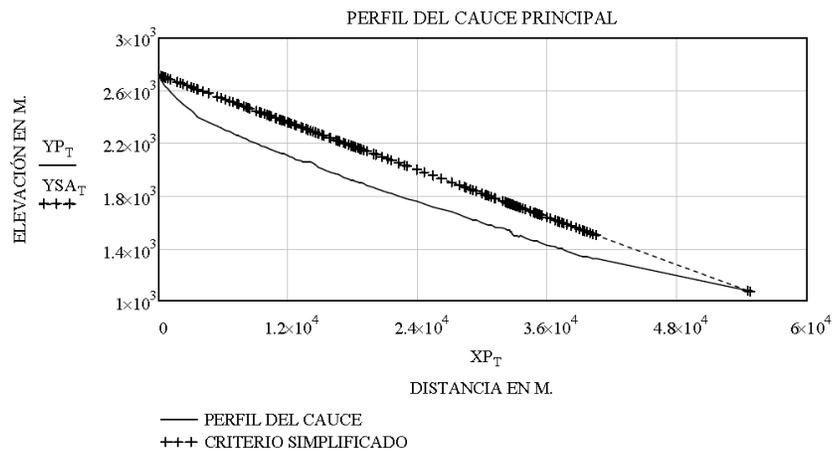
**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

H := YP<sub>0</sub> - YP<sub>M-1</sub>      H = 1647.87

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

SA :=  $\frac{H}{LCP}$       SA = 0.03011



**CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.**

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCIÓN f(e).

NT = NÚMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

NT := 1000      e := 0..(M - 1)      e := 0,  $\left(\frac{LCP}{NT}\right) .. LCP$

ECUACIÓN DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

f(e) := linterp(XP, YP, e)

DETERMINACIÓN DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M<sup>2</sup>.

ABC :=  $\sum_e \left[ f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT}\right) \right]$       ABC = 93573898.163

AA := ABC - (LCP) · YP<sub>M-1</sub>      AA = 34901006.371

DIFERENCIA DE ELEVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

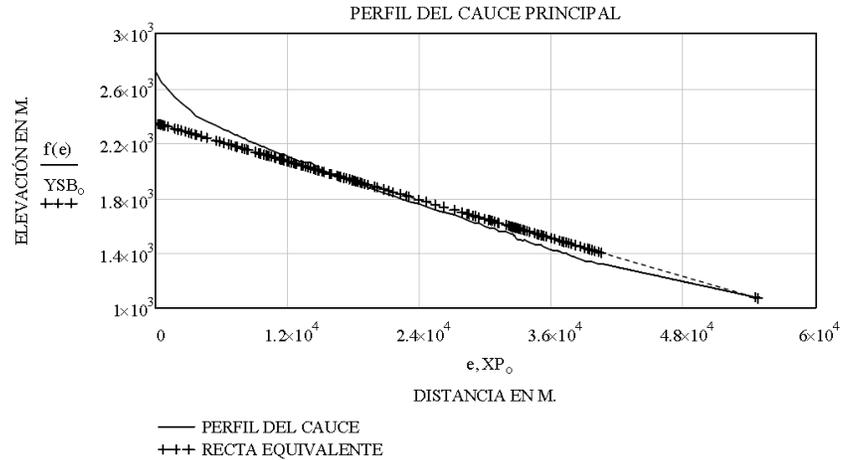
HE :=  $\frac{2 \cdot AA}{LCP}$       HE = 1275.492

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP} \quad SB = 0.02331$$

ECUACIÓN DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE .

$$HSB := HE + YP_{M-1} \quad YSB_o := HSB - SB \cdot (XP_o)$$



CRITERIO DE SCHWARZY TAYLOR, SC.

DETERMINACIÓN DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO Z = 9 TRAMOS.

$$\begin{aligned}
 a := 0 \quad b := \frac{LCP}{9} \quad c := \frac{LCP}{9} \cdot 2 \quad d := \frac{LCP}{9} \cdot 3 \quad e := \frac{LCP}{9} \cdot 4 \quad f := \frac{LCP}{9} \cdot 5 \quad g := \frac{LCP}{9} \cdot 6 \\
 h := \frac{LCP}{9} \cdot 7 \quad i := \frac{LCP}{9} \cdot 8 \quad j := \frac{LCP}{9} \cdot 9
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T3 := \text{linterp}(XP, YP, d) \quad T6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \\
 T1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T7 := \text{linterp}(XP, YP, h) \quad T9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \\
 T2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad Z := 0..8
 \end{aligned}$$

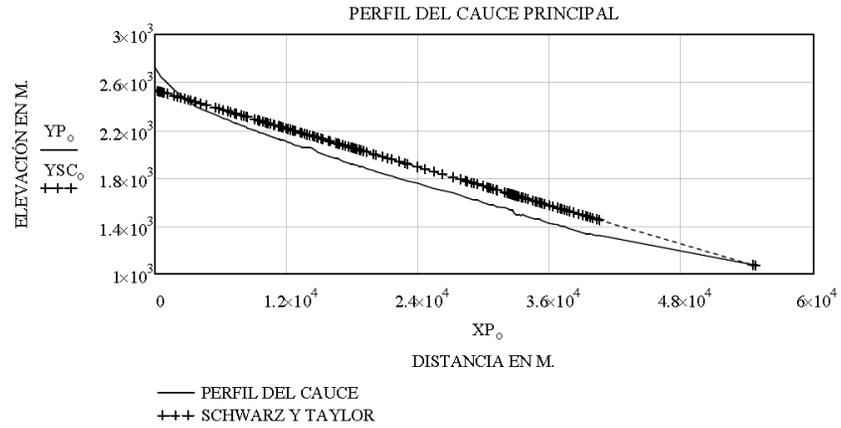
DETERMINACIÓN DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$\begin{aligned}
 S_0 := T0 - T1 \quad S_1 := T1 - T2 \quad S_2 := T2 - T3 \quad S_3 := T3 - T4 \quad S_4 := T4 - T5 \\
 S_5 := T5 - T6 \quad S_6 := T6 - T7 \quad S_7 := T7 - T8 \quad S_8 := T8 - T9
 \end{aligned}$$

$$SCT := \frac{S}{\frac{LCP}{9}} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left( \frac{9}{STC} \right)^2 \quad SC = 0.02672$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.  
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP <sub>0</sub> =	0
	235.992
	375.891
	479.123
	650.706
	838.046
	1118.275
	1750.936
	2027.463
	2287.237
	...

YP <sub>0</sub> =	2720
	2687.907
	2666.237
	2650.421
	2631.675
	2620
	2591.952
	2534.869
	2516.732
	2497.475
	...

# SUBCUENCA B

**CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL  
 ASIGNACIÓN DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.  
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP := READPRN("DIST\_AD.pri")    M := length(XP)    T := 0..(M - 1)  
 YP := READPRN("ELEV\_AD.pri")    LCP := XP<sub>M-1</sub>    M = 1249

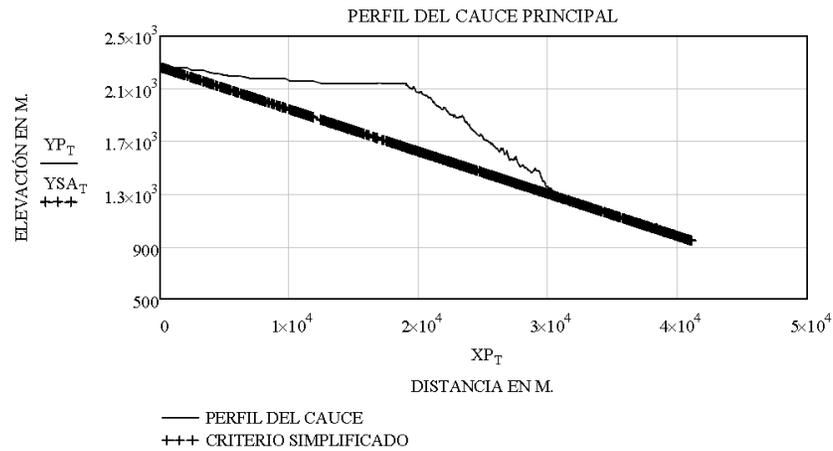
**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

H := YP<sub>0</sub> - YP<sub>M-1</sub>    H = 1320.99

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

SA :=  $\frac{H}{LCP}$     SA = 0.03216



**CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.**

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCIÓN f(e).

NT = NÚMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

NT := 1000    e := 0..(M - 1)    e := 0,  $\left(\frac{LCP}{NT}\right) \cdot LCP$

ECUACIÓN DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

f(e) := linterp(XP, YP, e)

DETERMINACIÓN DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M<sup>2</sup>.

ABC :=  $\sum_e \left[ f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT}\right) \right]$     ABC = 73604580.426

AA := ABC - (LCP) · YP<sub>M-1</sub>    AA = 34790947.66

DIFERENCIA DE ELEVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

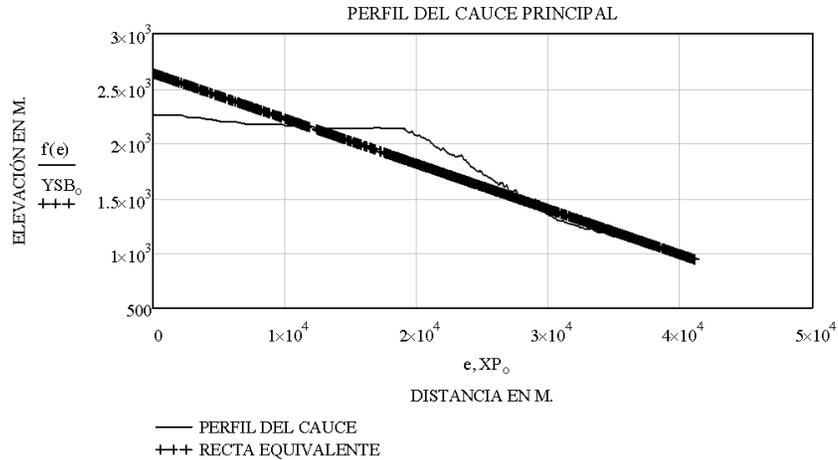
HE :=  $\frac{2 \cdot AA}{LCP}$     HE = 1693.864

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP} \quad SB = 0.04123$$

ECUACIÓN DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE .

$$HSB := HE + YP_{M-1} \quad YSB_0 := HSB - SB \cdot (XP_0)$$



CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

DETERMINACIÓN DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO Z = 9 TRAMOS.

$$a := 0 \quad b := \frac{LCP}{9} \quad c := \frac{LCP}{9} \cdot 2 \quad d := \frac{LCP}{9} \cdot 3 \quad e := \frac{LCP}{9} \cdot 4 \quad f := \frac{LCP}{9} \cdot 5 \quad g := \frac{LCP}{9} \cdot 6$$

$$h := \frac{LCP}{9} \cdot 7 \quad i := \frac{LCP}{9} \cdot 8 \quad j := \frac{LCP}{9} \cdot 9$$

$$T0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T3 := \text{linterp}(XP, YP, d) \quad T6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T8 := \text{linterp}(XP, YP, i)$$

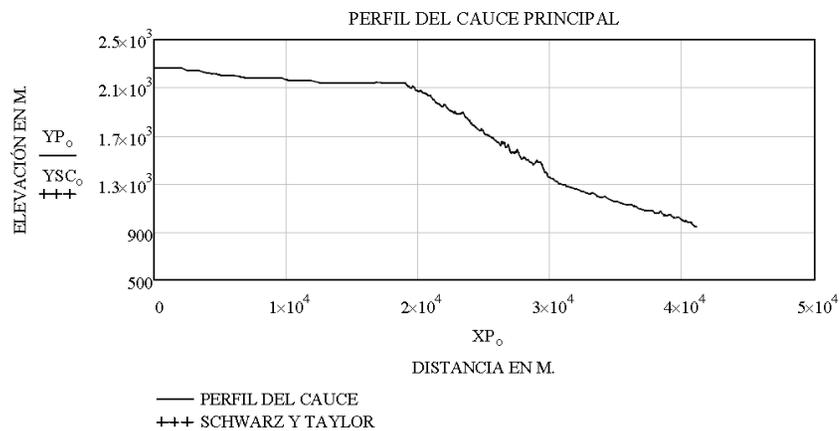
$$T1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T7 := \text{linterp}(XP, YP, h) \quad T9 := \text{linterp}(XP, YP, j)$$

$$T2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACIÓN DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$S_0 := T0 - T1 \quad S_1 := T1 - T2 \quad S_2 := T2 - T3 \quad S_3 := T3 - T4 \quad S_4 := T4 - T5$$

$$S_5 := T5 - T6 \quad S_6 := T6 - T7 \quad S_7 := T7 - T8 \quad S_8 := T8 - T9$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.  
YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP<sub>0</sub> =

0
44.365
111.29
139.983
177.508
228.682
245.685
254.033
269.788
295.329
...

YP<sub>0</sub> =

2265.848
2263.944
2260
2260
2260
2260
2260
2260
2260.88
2260.81
...

# SUBCUENCA C

**CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL  
 ASIGNACIÓN DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.  
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$$\begin{aligned} \text{XP} &:= \text{READPRN}(\text{"DIST\_AD.prn"}) & \text{M} &:= \text{length}(\text{XP}) & \text{T} &:= 0..(\text{M} - 1) \\ \text{YP} &:= \text{READPRN}(\text{"ELEV\_AD.prn"}) & \text{LCP} &:= \text{XP}_{\text{M}-1} & \text{M} &= 2008 \end{aligned}$$

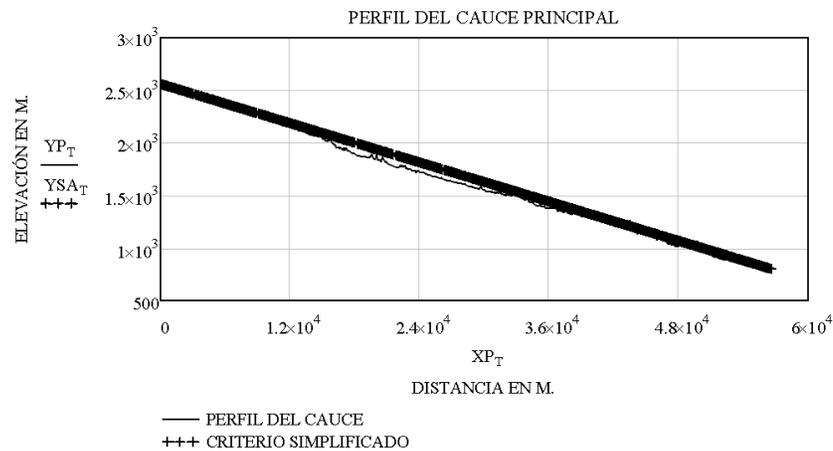
**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

$$\text{H} := \text{YP}_0 - \text{YP}_{\text{M}-1} \qquad \text{H} = 1760.417$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$\text{SA} := \frac{\text{H}}{\text{LCP}} \qquad \text{SA} = 0.03109$$



**CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.**

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCIÓN  $f(e)$ .

NT = NÚMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

$$\text{NT} := 1000 \qquad \text{o} := 0..(\text{M} - 1) \qquad \text{e} := 0, \left( \frac{\text{LCP}}{\text{NT}} \right) .. \text{LCP}$$

ECUACIÓN DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{linterp}(\text{XP}, \text{YP}, \text{e})$$

DETERMINACIÓN DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M<sup>2</sup>.

$$\text{ABC} := \sum_e \left[ f(e) \cdot \left( \frac{\text{LCP}}{\text{NT}} \right) \right] \qquad \text{ABC} = 92813832.403$$

$$\text{AA} := \text{ABC} - (\text{LCP}) \cdot \text{YP}_{\text{M}-1} \qquad \text{AA} = 47376407.05$$

DIFERENCIA DE ELEVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

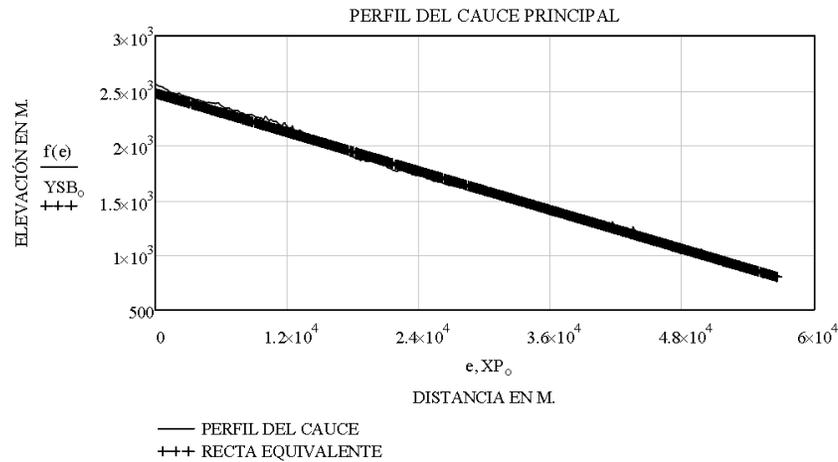
$$\text{HE} := \frac{2 \cdot \text{AA}}{\text{LCP}} \qquad \text{HE} = 1673.628$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP} \quad SB = 0.02956$$

ECUACIÓN DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE .

$$HSB := HE + YP_{M-1} \quad YSB_0 := HSB - SB \cdot (XP_0)$$



**CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.**

DETERMINACIÓN DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO Z = 9 TRAMOS.

$$a := 0 \quad b := \frac{LCP}{9} \quad c := \frac{LCP}{9} \cdot 2 \quad d := \frac{LCP}{9} \cdot 3 \quad e := \frac{LCP}{9} \cdot 4 \quad f := \frac{LCP}{9} \cdot 5 \quad g := \frac{LCP}{9} \cdot 6$$

$$h := \frac{LCP}{9} \cdot 7 \quad i := \frac{LCP}{9} \cdot 8 \quad j := \frac{LCP}{9} \cdot 9$$

$$T0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T3 := \text{linterp}(XP, YP, d) \quad T6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T8 := \text{linterp}(XP, YP, i)$$

$$T1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T7 := \text{linterp}(XP, YP, h) \quad T9 := \text{linterp}(XP, YP, j)$$

$$T2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad Z := 0..8$$

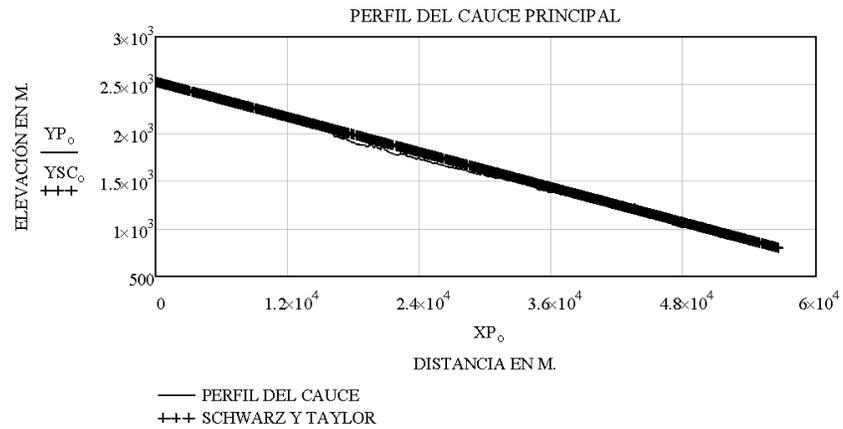
DETERMINACIÓN DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$S_0 := T0 - T1 \quad S_1 := T1 - T2 \quad S_2 := T2 - T3 \quad S_3 := T3 - T4 \quad S_4 := T4 - T5$$

$$S_5 := T5 - T6 \quad S_6 := T6 - T7 \quad S_7 := T7 - T8 \quad S_8 := T8 - T9$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left( \frac{9}{STC} \right)^2 \quad SC = 0.03051$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

$X P$  = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.  
 $Y P$  = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$X P_0 =$	$Y P_0 =$
0	2562.982
6.168	2562.163
10.755	2561.354
17.343	2559.991
31.435	2558.78
104.569	2557.755
160.903	2550.849
222.487	2549.052
222.874	2549.539
225.369	2548.826
...	...

# SUBCUENCA D

**CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL  
 ASIGNACIÓN DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.  
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP := READPRN("DIST\_AD.prn")      M := length(XP)      T := 0..(M - 1)  
 YP := READPRN("ELEV\_AD.prn")      LCP := XP<sub>M-1</sub>      M = 315

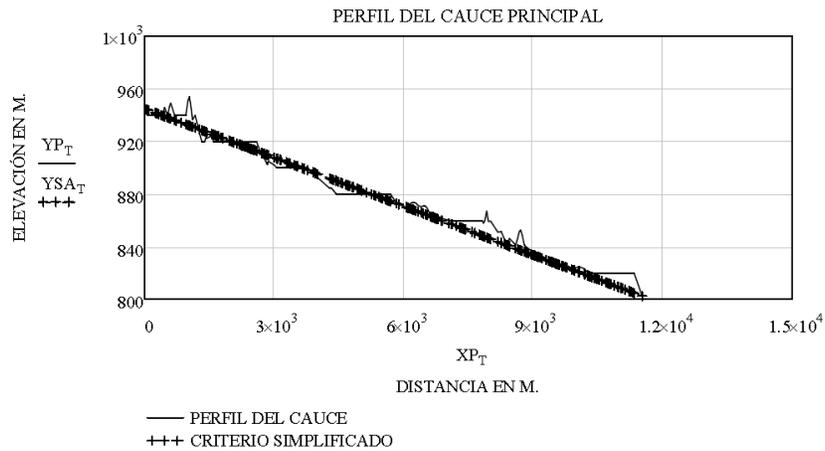
**CRITERIO SIMPLIFICADO. SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

H := YP<sub>0</sub> - YP<sub>M-1</sub>      H = 142.284

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

SA :=  $\frac{H}{LCP}$       SA = 0.01234



**CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE. SB.**

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCIÓN f(e).

NT = NÚMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

NT := 1000      e := 0..(M - 1)      e := 0,  $\left(\frac{LCP}{NT}\right)$ .. LCP

ECUACIÓN DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

f(e) := linterp(XP, YP, e)

DETERMINACIÓN DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M<sup>2</sup>.

ABC :=  $\sum_e \left[ f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT}\right) \right]$       ABC = 10110833.901

AA := ABC - (LCP) · YP<sub>M-1</sub>      AA = 856207.592

DIFERENCIA DE ELEVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

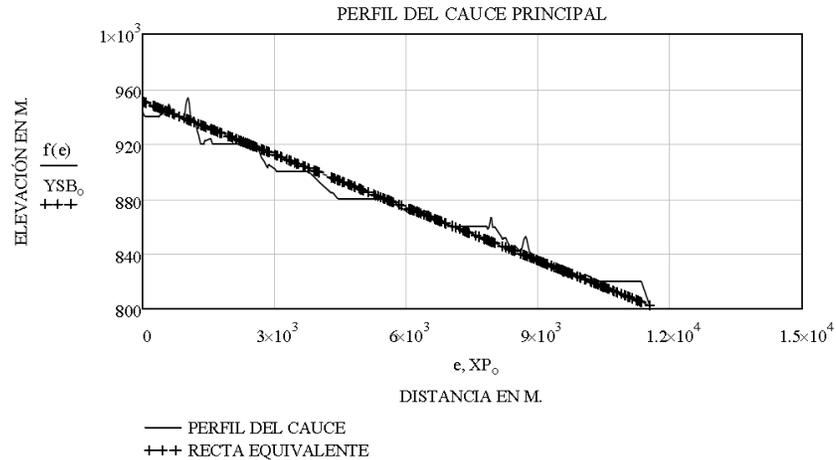
HE :=  $\frac{2 \cdot AA}{LCP}$       HE = 148.503

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP} \quad SB = 0.01288$$

ECUACIÓN DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE .

$$HSB := HE + YP_{M-1} \quad YSB_o := HSB - SB \cdot (XP_o)$$



**CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.**

DETERMINACIÓN DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO Z = 9 TRAMOS.

$$a := 0 \quad b := \frac{LCP}{9} \quad c := \frac{LCP}{9} \cdot 2 \quad d := \frac{LCP}{9} \cdot 3 \quad e := \frac{LCP}{9} \cdot 4 \quad f := \frac{LCP}{9} \cdot 5 \quad g := \frac{LCP}{9} \cdot 6$$

$$h := \frac{LCP}{9} \cdot 7 \quad i := \frac{LCP}{9} \cdot 8 \quad j := \frac{LCP}{9} \cdot 9$$

$$T0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T3 := \text{linterp}(XP, YP, d) \quad T6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T8 := \text{linterp}(XP, YP, i)$$

$$T1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T7 := \text{linterp}(XP, YP, h) \quad T9 := \text{linterp}(XP, YP, j)$$

$$T2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACIÓN DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

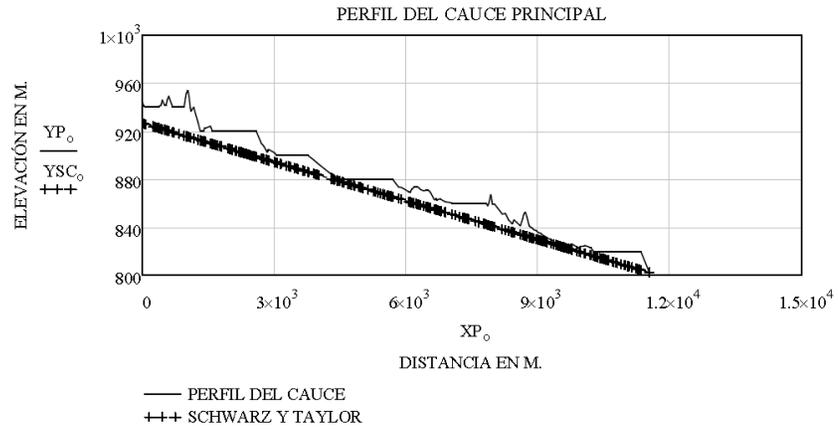
$$S_0 := T0 - T1 \quad S_1 := T1 - T2 \quad S_2 := T2 - T3 \quad S_3 := T3 - T4 \quad S_4 := T4 - T5$$

$$S_5 := T5 - T6 \quad S_6 := T6 - T7 \quad S_7 := T7 - T8 \quad S_8 := T8 - T9$$

$$SCT := \frac{S}{\frac{LCP}{9}} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left( \frac{9}{STC} \right)^2 \quad SC = 0.01076$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.  
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$XP_0 =$	$YP_0 =$
0	944.858
3.471	944.496
24.967	941.876
34.129	941.231
38.399	940.965
47.468	940.498
70.808	940.131
71.164	940.107
71.348	940.101
72.162	940.085
...	...

# SUBCUENCA E

**CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL  
 ASIGNACIÓN DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.  
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP := READPRN("DIST\_AD.prn")    M := length(XP)    T := 0..(M - 1)  
 YP := READPRN("ELEV\_AD.prn")    LCP := XP<sub>M-1</sub>    M = 62

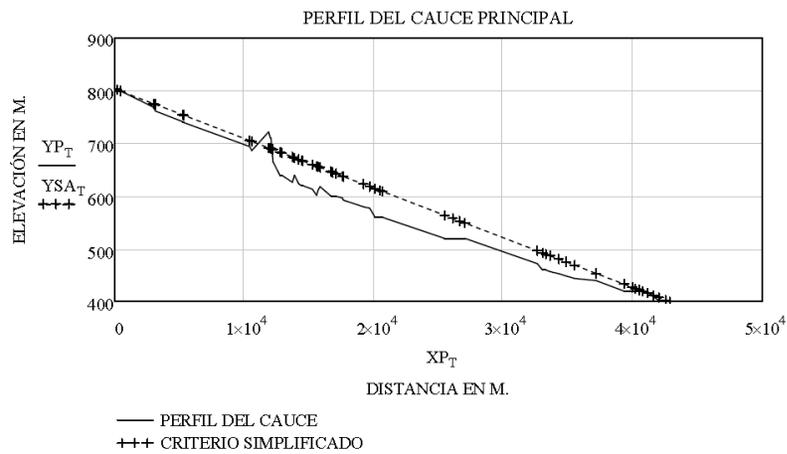
**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

$$H := YP_0 - YP_{M-1} \qquad H = 403.8$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SA := \frac{H}{LCP} \qquad SA = 0.00942$$



**CRITERIO DE LA RECTA EQUIVALENTE, SB.**

AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL A UNA FUNCIÓN  $f(e)$ .

NT = NÚMERO DE TRAMOS EN QUE SE DIVIDE EL CAUCE PARA SU AJUSTE.

NT := 1000    o := 0..(M - 1)    e := 0,  $\left(\frac{LCP}{NT}\right)$ ..LCP

ECUACIÓN DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

$$f(e) := \text{linterp}(XP, YP, e)$$

DETERMINACIÓN DEL ÁREA BAJO LA CURVA DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M<sup>2</sup>.

$$ABC := \sum_e \left[ f(e) \cdot \left(\frac{LCP}{NT}\right) \right] \qquad ABC = 24777713.451$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{M-1} \qquad AA = 7628878.367$$

DIFERENCIA DE ELEVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

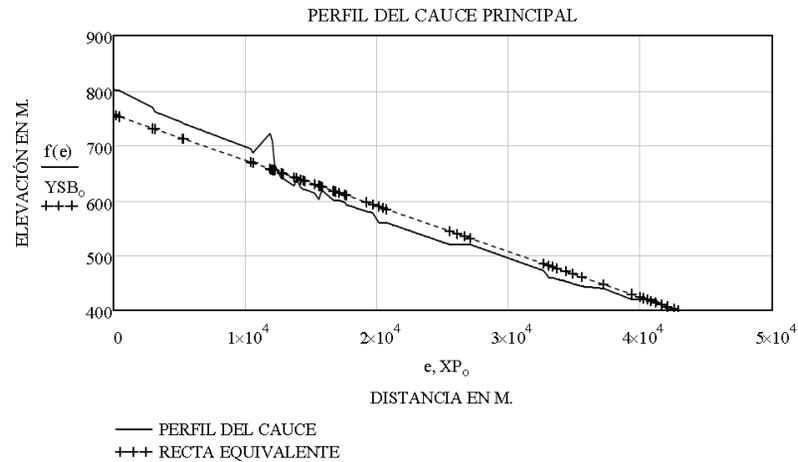
$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP} \qquad HE = 356.012$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP} \quad SB = 0.00831$$

ECUACIÓN DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE .

$$HSB := HE + YP_{M-1} \quad YSB_0 := HSB - SB \cdot (XP_0)$$



**CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.**

DETERMINACIÓN DEL DESNIVEL DE CADA TRAMO, CONSIDERANDO Z = 9 TRAMOS.

$$a := 0 \quad b := \frac{LCP}{9} \quad c := \frac{LCP}{9} \cdot 2 \quad d := \frac{LCP}{9} \cdot 3 \quad e := \frac{LCP}{9} \cdot 4 \quad f := \frac{LCP}{9} \cdot 5 \quad g := \frac{LCP}{9} \cdot 6$$

$$h := \frac{LCP}{9} \cdot 7 \quad i := \frac{LCP}{9} \cdot 8 \quad j := \frac{LCP}{9} \cdot 9$$

$$T0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T3 := \text{linterp}(XP, YP, d) \quad T6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T8 := \text{linterp}(XP, YP, i)$$

$$T1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T7 := \text{linterp}(XP, YP, h) \quad T9 := \text{linterp}(XP, YP, j)$$

$$T2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACIÓN DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

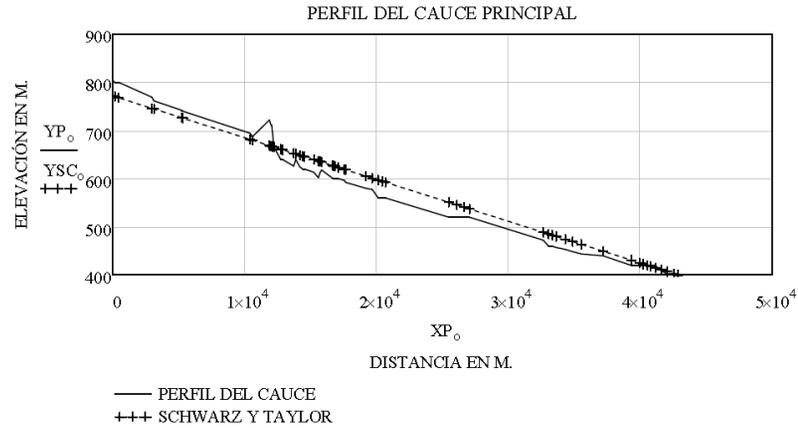
$$S_0 := T0 - T1 \quad S_1 := T1 - T2 \quad S_2 := T2 - T3 \quad S_3 := T3 - T4 \quad S_4 := T4 - T5$$

$$S_5 := T5 - T6 \quad S_6 := T6 - T7 \quad S_7 := T7 - T8 \quad S_8 := T8 - T9$$

$$SCT := \frac{S}{LCP} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left( \frac{9}{STC} \right)^2 \quad SC = 0.00867$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.  
 YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

XP <sub>o</sub> =	YP <sub>o</sub> =
0	803.936
171.104	800
445.34	800
2992.688	769.108
3143.387	761.605
5233.241	741.955
5284.272	740
5322.868	740
10424.138	694.136
10585.953	686.612
...	...

# ESTUDIO DE LLUVIAS

# CASILLAS RAYONES

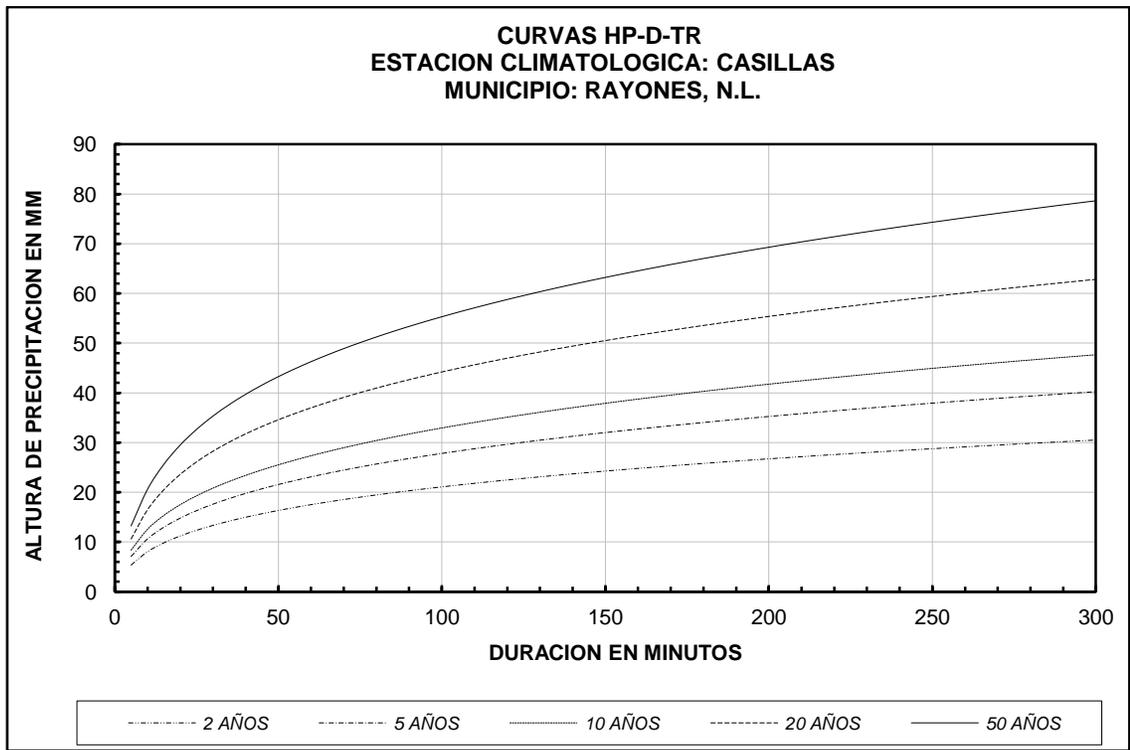
## REGISTRO MENSUAL DE LLUVIAS MAXIMAS ACUMULADAS EN 24 HORAS EN MM.

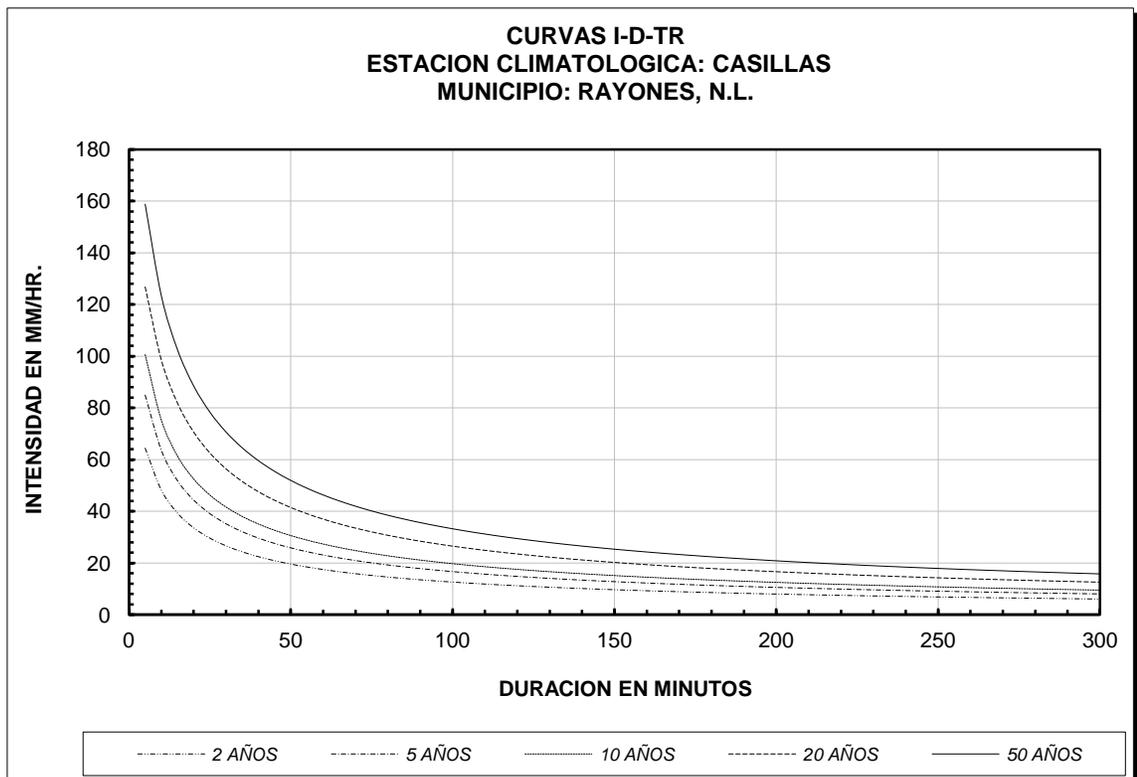
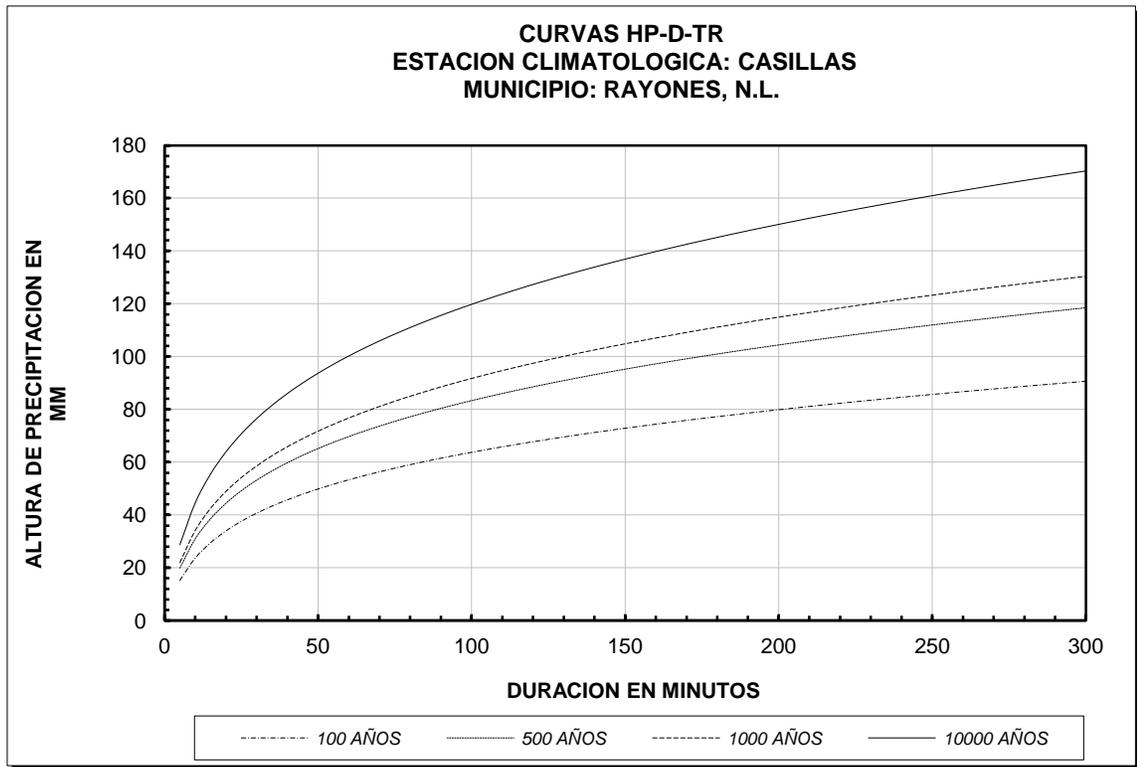
**ESTACION:** CASILLAS  
**MUNICIPIO:** RAYONES  
**NUEVO**  
**ESTADO:** LEON  
**LATITUD:** 25° 11' 47"  
**LONGITUD:** 100° 12' 51"

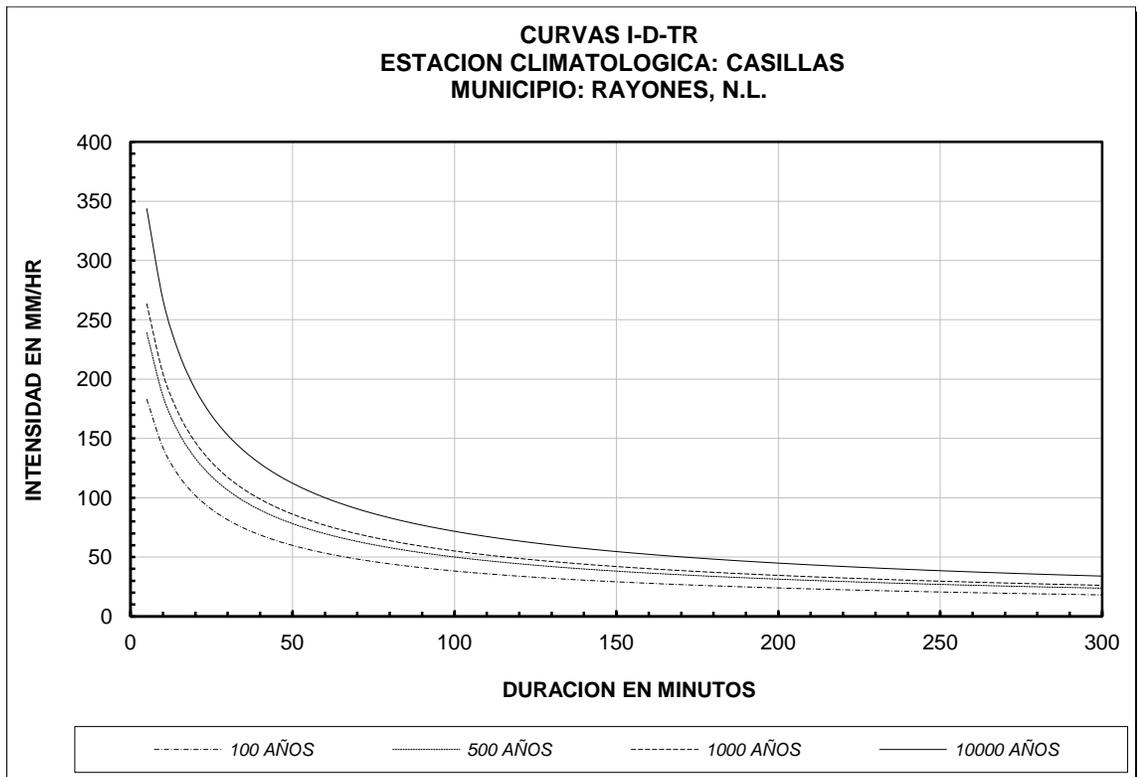
**No. DATOS =** 54.00  
**MEDIA =** 52.22  
**DESV. ESTANDAR =** 46.96  
**SD = SIN DATOS**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
1956	SD	0	0.3	28	99	12.5	24.5	54	43.00	4.50	13.00	2.50	99.00
1957	0.00	24.00	3.00	6.50	14.00	36.00	2.00	13	17	SD	SD	1.00	36.00
1958	5.5	8	7.5	8.5	14	35.00	13.30	27.50	12.50	24.50	29.00	3.50	35.00
1959	16.00	23.00	9.00	14.50	24.50	27.00	10.00	18.70	18.50	30.00	3.80	16.00	30.00
1960	2.50	SD	SD	1.00	5.50	SD	16.50	18.50	SD	SD	SD	SD	18.50
1961	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.00
1962	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	12.00	SD	8.00	54.00	4.00	17.00	9.50	54.00
1963	0.00	SD	2.00	18.50	42.00	71.00	3.00	58.00	32.00	20.00	20.00	SD	71.00
1964	10.50	10.50	5.00	9.50	14.00	11.00	64.00	9.00	93.00	10.00	18.00	21.00	93.00
1965	2.00	10.50	SD	SD	10.50	2.00	8.50	20.50	21.00	21.50	7.50	7.00	21.50
1966	9.00	10.50	5.00	14.50	24.50	32.00	39.50	23.00	12.70	72.00	4.50	2.00	72.00
1967	SD	SD	SD	SD	3.00	31.00	11.50	57.00	55.00	9.00	8.00	15.00	57.00
1968	SD	SD	0.00	20.00	13.00	16.50	9.00	13.50	14.00	13.50	0.00	6.50	20.00
1969	3.00	20.00	1.50	5.50	17.50	22.00	22.00	32.50	15.00	6.50	8.00	11.50	32.50
1970	6.50	14.50	10.00	11.00	32.00	37.00	48.00	13.00	42.00	7.00	7.00	0.00	48.00
1971	3.00	0.00	4.50	0.00	11.50	14.00	25.00	32.00	43.00	9.50	8.00	0.00	43.00
1972	7.50	0.00	11.50	4.00	26.00	9.50	18.00	17.00	15.00	12.00	13.00	6.50	26.00
1973	9.50	5.50	8.50	13.00	23.50	64.00	18.50	13.00	13.00	13.00	10.00	5.50	64.00
1974	6.50	0.00	7.00	6.00	10.50	SD	10.50	3.50	22.00	37.00	SD	3.00	37.00
1975	8.00	4.50	4.00	7.50	2.50	11.00	23.00	9.50	15.50	0.00	4.50	7.50	23.00
1976	8.50	4.00	10.00	13.00	6.00	9.00	48.00	13.00	63.00	13.00	16.00	SD	63.00
1977	SD	SD	SD	SD	SD	38.00	26.00	35.00	104.30	26.00	3.00	0.00	104.30
1978	7.00	5.10	10.00	7.00	SD	18.00	21.50	27.00	120.00	18.00	SD	3.00	120.00
1979	7.00	7.00	2.00	27.00	14.00	SD	15.00	15.00	8.00	0.00	SD	SD	27.00
1980	2.00	0.00	0.00	SD	6.00	SD	SD	8.00	57.00	40.00	30.00	6.00	57.00
1981	30.00	SD	7.00	SD	60.90	34.10	40.70	SD	19.40	6.50	2.60	SD	60.90
1982	SD	1.00	SD	18.50	15.70	SD	11.50	30.50	20.10	30.60	10.30	SD	30.60
1983	25.60	7.90	20.10	SD	33.50	25.20	36.70	40.00	18.20	16.70	34.00	SD	40.00
1984	53.50	8.30	SD	SD	235.00	17.70	23.50	26.90	28.80	SD	SD	18.90	235.00
1985	SD	3.70	18.10	25.20	52.50	29.60	10.00	30.50	26.50	0.00	0.00	SD	52.50
1986	0.00	SD	SD	SD	SD	27.30	SD	18.00	10.00	27.10	3.20	SD	27.30
1987	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.00
1988	16.00	0.00	0.00	11.00	16.00	8.00	25.00	40.00	9.00	SD	SD	SD	40.00
1989	SD	SD	SD	SD	0.10	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.10
1990	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	27.00	SD	42.00	SD	SD	42.00
1991	SD	5.30	SD	SD	SD	SD	SD	SD	38.00	42.00	SD	17.00	42.00
1992	32.00	10.00	5.00	14.00	16.00	15.00	22.00	46.00	57.00	21.00	16.00	11.00	57.00
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	23.00	43.00	3.00	69.00	30.00	10.00	45.00	69.00
1994	4.00	0.00	SD	20.00	25.00	23.00	15.00	19.00	26.00	34.00	0.00	15.00	34.00
1995	5.00	SD	SD	SD	14.00	4.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	14.00
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	7.0	7.00

1998	0.0	0.0	0.0	4.0	8.0	32.0	20.0	21.0	21.0	18.0	0.0	0.0	32.00
1999	0.0	0.0	3.0	7.0	8.0	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	8.00
2000	0.0	0.0	9.0	3.0	5.0	12.0	18.0	17.0	40.0	64.0	18.0	11.0	64.00
2001	0.0	19.0	21.0	16.0	12.0	32.0	15.0	36.0	110.0	15.0	10.0	10.0	110.00
2002	4.0	8.0	0.0	12.0	21.0	16.0	20.0	28.0	55.0	20.0	10.0	0.0	55.00
2003	10.0	25.0	8.0	0.0	20.0	27.0	50.0	113.0	33.0	35.0	0.0	0.0	113.00
2004	7.0	0.0	42.0	12.0	0.0	30.0	36.0	27.0	37.0	7.0	9.0	0.0	42.00
2005	4.0	12.0	23.0	0.0	14.0	12.0	243.0	22.0	8.0	11.0	9.0	4.0	243.00
2006	3.0	0.0	14.0	4.0	21.0	14.0	43.0	21.0	21.0	19.0	0.0	13.0	43.00
2007	14.0	0.0	4.0	7.0	21.0	42.0	31.0	16.0	20.0	12.0	4.0	0.0	42.00
2008	0.0	0.0	0.0	36.0	16.0	7.0	21.0	24.0	47.0	19.0	0.0	0.0	47.00
2009	0.0	0.0	17.5	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	17.50
2010	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.00







# CIENEGA DEL TORO

## REGISTRO MENSUAL DE LLUVIAS MAXIMAS ACUMULADAS EN 24 HORAS EN MM.

ESTACION: CIENEGA DEL TORO

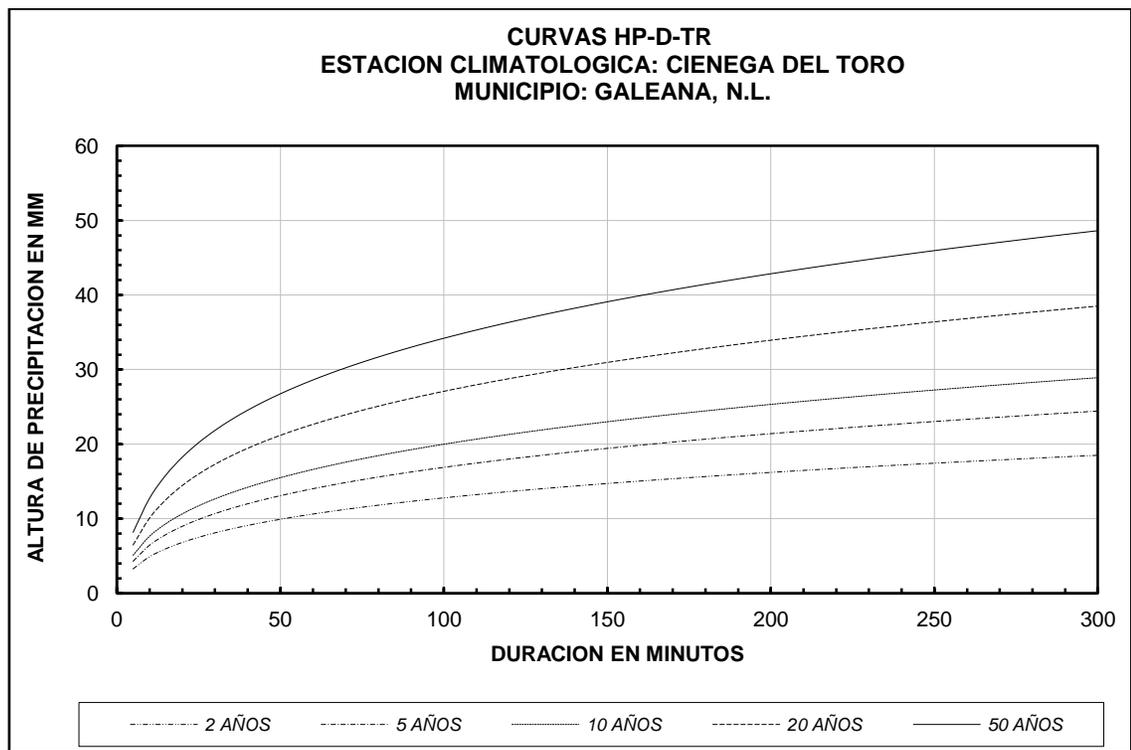
MUNICIPIO: GALEANA  
 ESTADO: NUEVO LEON

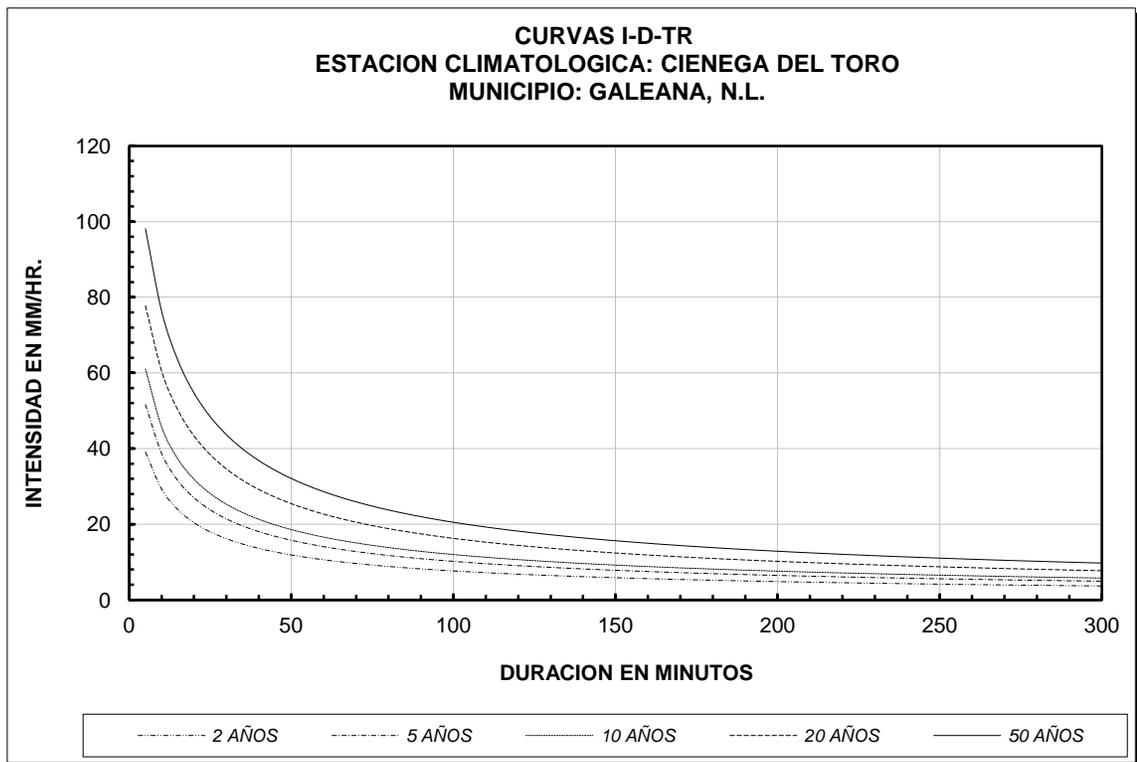
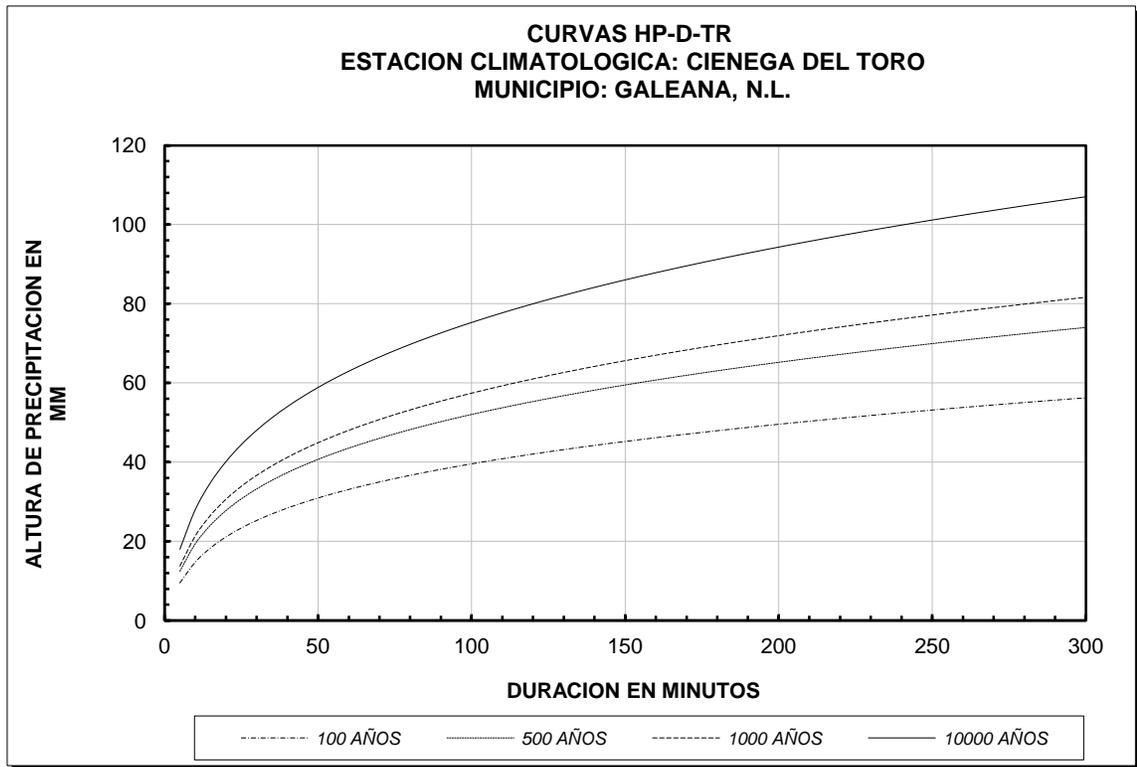
LATITUD: 25° 05' 05"  
 LONGITUD: 100° 20' 00"

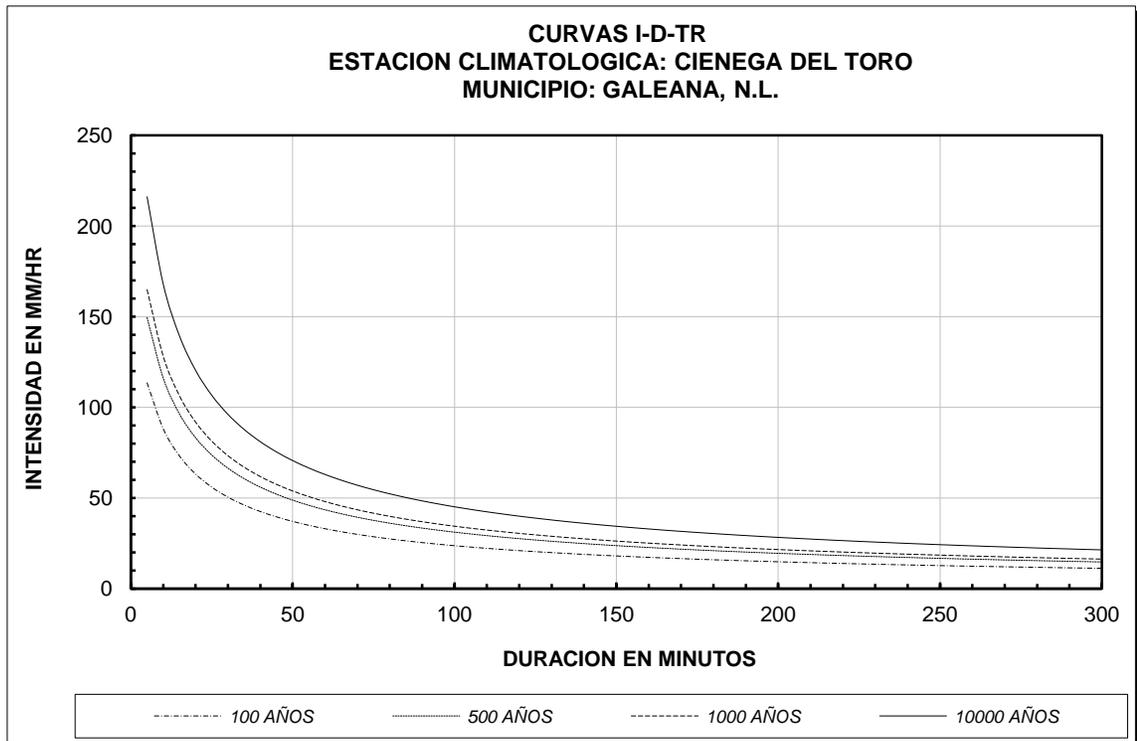
No. DATOS = 53.00  
 MEDIA = 32.36  
 DESV. ESTANDAR = 32.69  
 SD = SIN DATOS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
1956	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	11.5	12.00	SD	8.00	9.50	12.00
1957	1.00	17.50	5.00	13.00	29.00	17.50	8.00	24	11	20.00	2.00	21.20	29.00
1958	11	14.5	13.5	24.5	30.5	30.50	0.00	6.00	20.00	30.50	40.00	34.00	40.00
1959	42.00	22.00	7.00	34.00	41.00	19.00	22.00	30.00	17.00	34.00	2.00	38.00	42.00
1960	7.00	10.00	SD	SD	9.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	10.00
1961	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.00
1962	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.00
1963	SD	SD	SD	14.00	20.00	6.00	7.50	16.50	8.50	1.50	14.50	25.00	25.00
1964	0.00	SD	SD	SD	18.00	27.00	6.00	12.00	23.00	14.00	20.00	SD	27.00
1965	18.00	4.00	0.00	SD	SD	7.00	15.00	26.00	14.00	14.00	10.00	19.00	26.00
1966	9.00	4.00	0.00	12.00	27.00	17.00	30.00	35.00	12.00	16.00	1.50	1.50	35.00
1967	22.00	7.00	12.00	2.00	22.00	20.00	25.00	0.00	27.00	11.00	23.00	5.00	27.00
1968	2.00	4.00	30.00	5.00	4.90	15.00	8.00	7.00	27.00	18.00	1.80	8.00	30.00
1969	7.00	2.00	5.00	6.00	1.50	22.00	19.00	23.00	9.00	5.00	7.00	5.00	23.00
1970	3.60	3.40	5.00	17.00	1.50	4.50	7.00	13.00	40.00	5.00	7.00	SD	40.00
1971	1.30	0.00	0.00	0.00	40.00	30.00	17.00	22.00	15.00	24.00	0.00	0.00	40.00
1972	13.00	2.00	5.00	7.00	20.00	20.00	2.00	3.00	2.00	2.00	2.50	0.00	20.00
1973	7.50	6.00	0.00	11.00	20.00	82.00	12.00	20.00	30.00	30.00	0.00	0.00	82.00
1974	15.00	0.00	28.00	13.00	24.00	5.00	0.00	22.00	39.00	20.00	0.00	12.00	39.00
1975	12.00	7.00	0.00	0.00	25.00	30.00	35.00	26.00	38.00	8.50	0.00	22.00	38.00
1976	0.00	0.00	48.00	31.50	30.30	100.00	184.00	19.50	27.40	37.40	67.20	15.40	184.00
1977	24.00	0.00	0.00	40.40	30.30	14.30	20.40	26.10	40.10	38.30	14.20	0.00	40.40
1978	12.03	19.30	8.30	51.20	52.10	26.10	27.20	27.20	28.30	17.20	20.00	0.00	52.10
1979	20.10	50.10	14.10	20.20	38.30	30.10	40.00	38.20	10.20	0.00	0.00	40.80	50.10
1980	11.00	24.00	0.00	11.00	20.00	0.00	9.20	22.00	18.00	56.00	41.00	14.00	56.00
1981	20.00	15.00	15.00	14.00	SD	SD	SD	SD	SD	13.50	3.00	1.00	20.00
1982	0.00	0.00	5.10	50.20	8.30	8.00	24.00	30.00	20.00	40.00	20.50	9.00	20.50
1983	6.00	9.00	22.00	0.00	44.00	45.00	46.00	35.00	25.00	14.00	12.00	7.00	46.00
1984	120.00	11.00	5.00	0.00	11.00	29.00	11.00	20.00	12.00	24.00	1.00	17.00	120.00
1985	20.00	18.00	2.00	20.00	12.00	10.00	6.00	33.00	90.00	9.60	6.50	4.00	90.00
1986	0.01	2.00	0.00	25.00	22.00	SD	14.00	16.00	20.00	SD	SD	SD	25.00
1987	8.00	8.00	0.00	43.00	30.00	10.00	30.00	12.00	20.00	4.00	8.00	23.00	43.00
1988	11.00	0.00	7.00	27.00	19.00	10.00	31.00	19.00	14.00	8.00	0.00	0.00	31.00

1989	SD	0.00	18.00	12.00	4.00	16.00	8.00	14.00	8.50	SD	SD	SD	18.00
1990	11.00	33.00	14.00	16.00	40.00	SD	23.00	22.00	20.00	40.00	3.00	2.00	40.00
1991	3.00	15.00	0.00	15.00	20.00	14.00	22.00	18.00	70.00	5.00	3.00	14.00	70.00
1992	48.00	19.00	19.00	9.00	19.00	19.00	33.00	15.00	9.00	16.00	17.20	18.00	48.00
1993	5.00	3.00	9.00	12.00	6.00	22.00	5.00	9.00	35.00	11.00	13.00	24.00	35.00
1994	6.00	0.00	14.00	8.00	42.00	51.00	16.00	14.50	12.00	28.00	4.00	24.20	51.00
1995	SD												
1996	SD												
1997	SD	25.0	9.0	25.00									
1998	0.0	3.0	3.0	9.0	10.0	21.0	18.0	22.0	6.0	31.0	0.0	0.0	31.00
1999	0.0	3.0	11.0	0.0	3.0	SD	11.00						
2000	0.0	3.0	17.0	3.0	21.0	23.0	10.0	18.2	8.0	19.0	12.0	SD	23.00
2001	SD	0.00											
2002	SD	0.00											
2003	SD	0.00											
2004	SD	0.00											
2005	SD	0.00											
2006	SD	0.00											
2007	SD	0.00											
2008	SD	0.00											
2009	SD	0.00											
2010	SD	0.00											







# CONGREGACIÓN CALLES

## REGISTRO MENSUAL DE LLUVIAS MAXIMAS ACUMULADAS EN 24 HORAS EN MM.

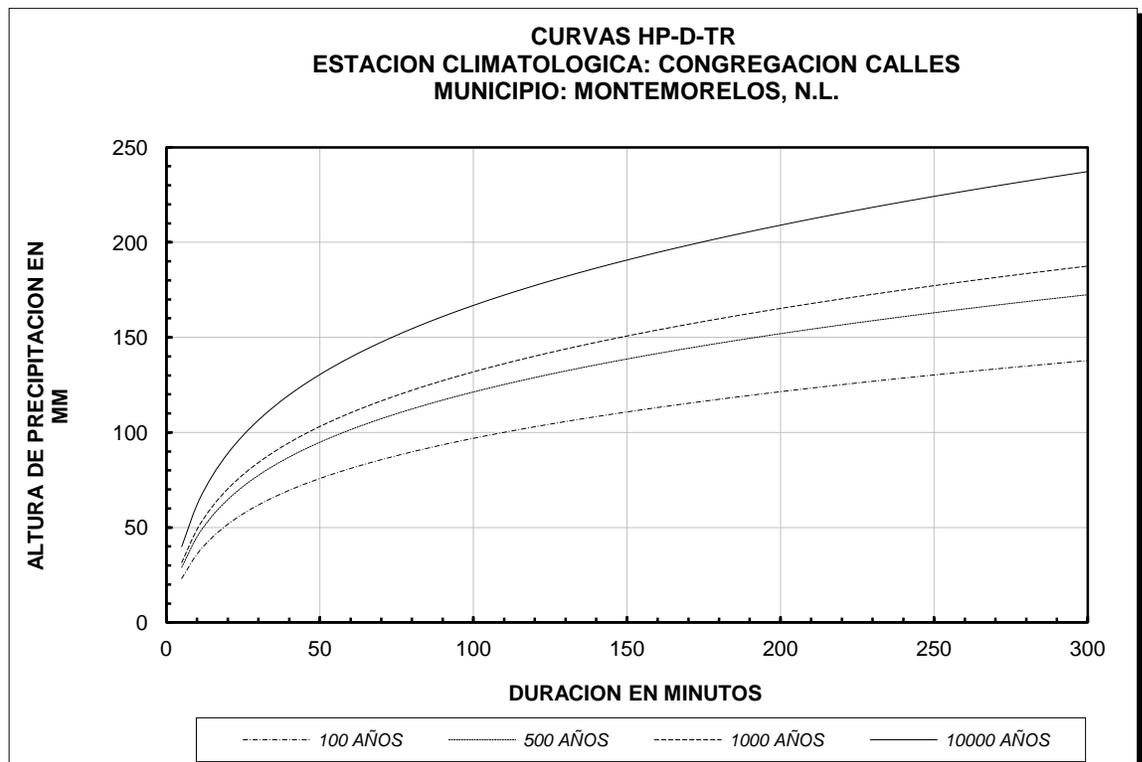
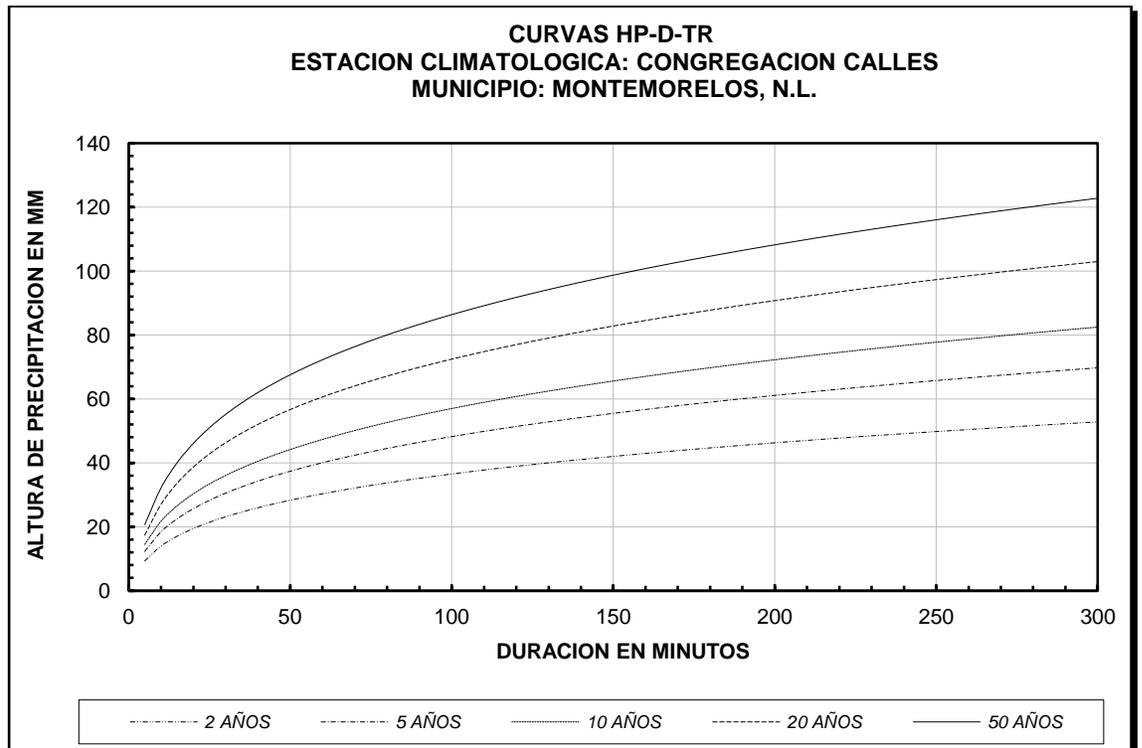
**ESTACION:** CONGREGACION CALLES

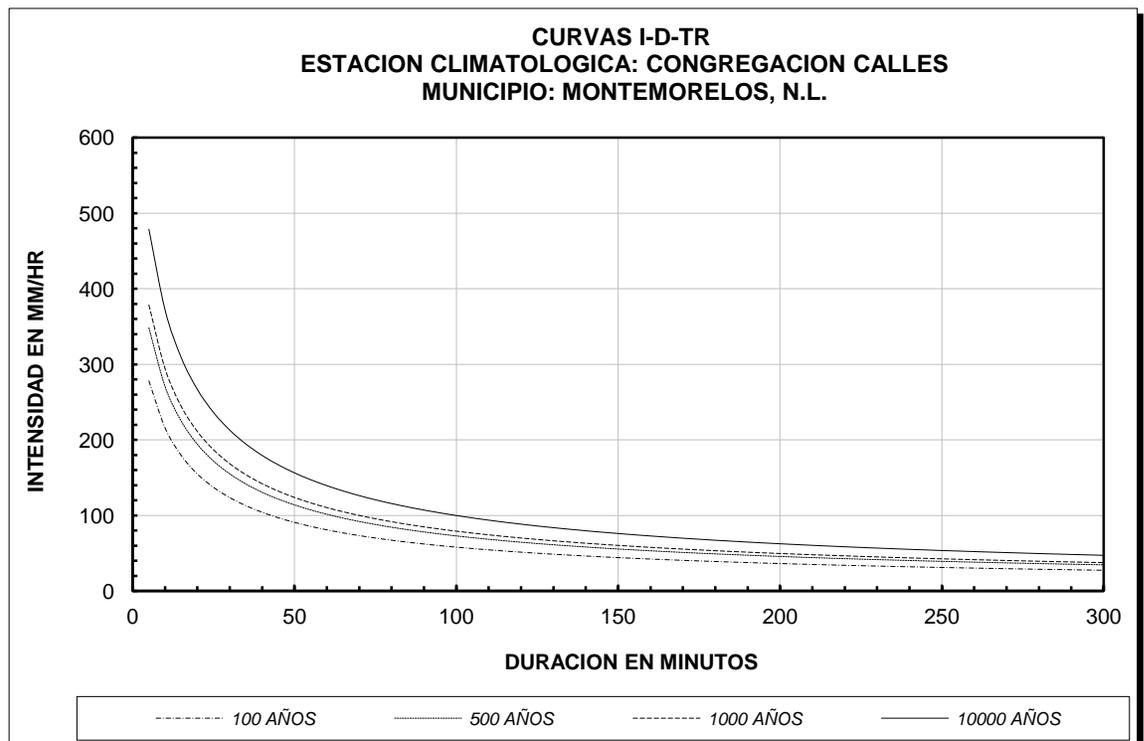
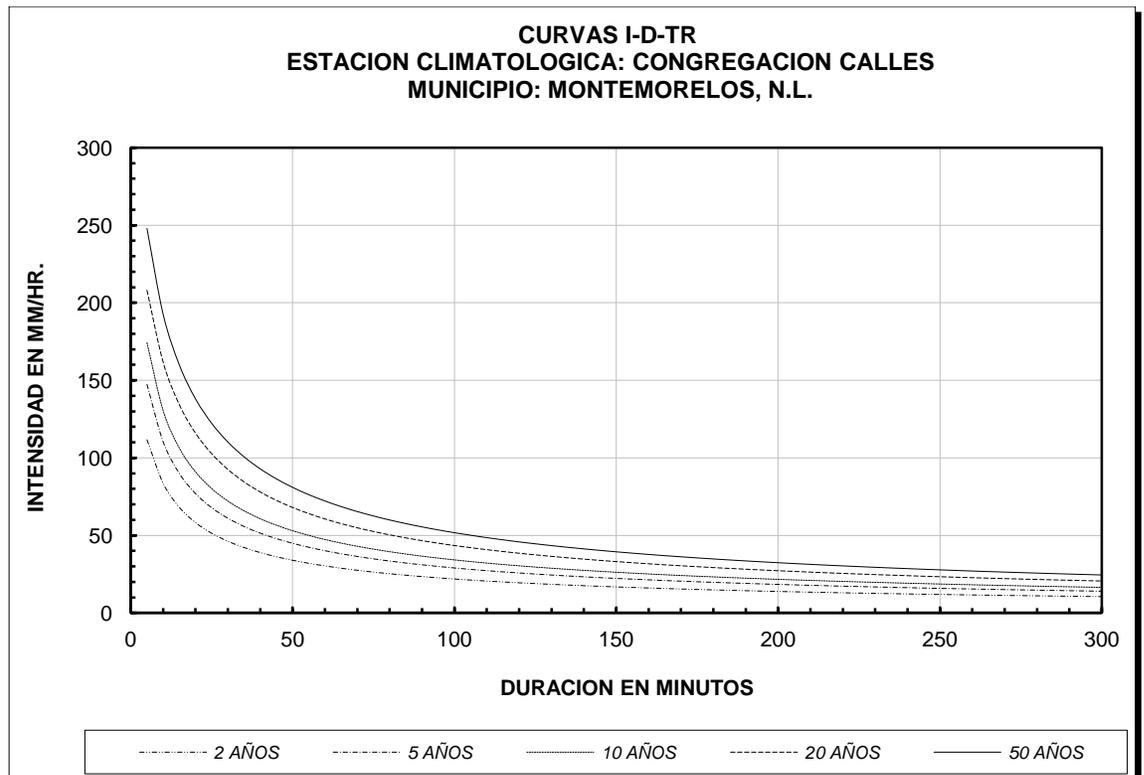
**MUNICIPIO:** MONTEMORELOS  
**ESTADO:** NUEVO LEON

**LATITUD:** 25° 13' 30"  
**LONGITUD:** 99° 56' 20"

**No. DATOS** = 29.00  
**MEDIA =** 83.44  
**DESV. ESTANDAR** = 37.84  
**SD = SIN DATOS**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
1980	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	18.2	SD	14.80	23.20	4.50	23.20
1981	30.20	6.40	13.70	67.50	48.40	68.00	28.50	23.9	63.8	24.40	21.80	5.70	68.00
1982	1.3	18.5	16.5	53.7	11	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	53.70
1983	15.80	12.80	SD	5.00	91.00	24.00	56.00	55.00	44.00	16.00	31.00	7.00	91.00
1984	53.00	6.00	SD	1.00	60.00	9.00	35.00	12.00	SD	4.00	8.00	22.00	60.00
1985	SD	SD	4.00	76.00	57.00	43.00	5.00	25.00	SD	71.00	0.00	7.00	76.00
1986	0.00	2.00	0.00	0.00	SD	66.00	31.00	10.00	116.00	25.00	25.00	SD	116.00
1987	4.00	17.00	3.00	13.00	31.00	64.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	64.00
1988	24.00	3.00	12.20	33.00	57.00	22.00	88.00	36.00	40.00	20.00	32.00	4.00	88.00
1989	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.00
1990	12.00	8.00	23.00	23.00	83.00	0.00	12.00	60.00	125.00	19.00	16.00	18.00	125.00
1991	4.00	24.00	20.00	54.00	54.00	48.00	8.00	20.00	55.00	23.00	8.00	3.80	55.00
1992	SD	20.00	58.00	58.00	26.00	34.00	0.00	SD	54.00	36.00	43.00	5.00	58.00
1993	14.00	16.00	20.00	1.50	20.50	116.00	6.00	85.00	78.00	16.90	10.20	9.00	116.00
1994	52.00	9.50	21.00	6.00	5.60	21.50	31.00	40.20	60.60	17.90	50.00	5.90	60.60
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	6.7	13.2	35.60	72.50	10.00	SD	72.5
1998	2.7	7.2	6.5	10.5	0.2	17.6	11	56	64.00	37.00	33.70	SD	64
1999	SD	SD	26.7	11.9	15.2	68.6	48.5	89	SD	SD	SD	SD	89
2000	2	26.5	5	30	25.2	21	33.7	33	15	133	20.5	SD	133
2001	2.1	10.8	10.2	24.6	26	30	18	20	117.5	76	60	SD	117.5
2002	2	3.4	50.3	SD	SD	40	54.8	15	110	70	11.8	2.2	110
2003	40	18	51	15.8	68	34	17	56.5	100	53	14	SD	100
2004	4.5	5.6	80	110	18	7.4	30	39	68.4	21.5	4.5	SD	110
2005	28	52	48.5	11.5	26	6.5	187	23.2	40	111	3.8	SD	187
2006	SD	5	7.8	11	29	0.7	84.5	20	41	SD	SD	SD	84.5
2007	14	8	14.5	18.5	29	7.4	40	41.5	60	25	4	SD	60
2008	20.6	SD	SD	SD	28.5	3.3	81.5	45	124	18	2	SD	124
2009	SD	SD	SD	SD	26.5	31.1	6	SD	SD	SD	SD	SD	31.1
2010	82.6	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	82.6





# MIMBRES

## REGISTRO MENSUAL DE LLUVIAS MAXIMAS ACUMULADAS EN 24 HORAS EN MM.

**ESTACION: MIMBRES**

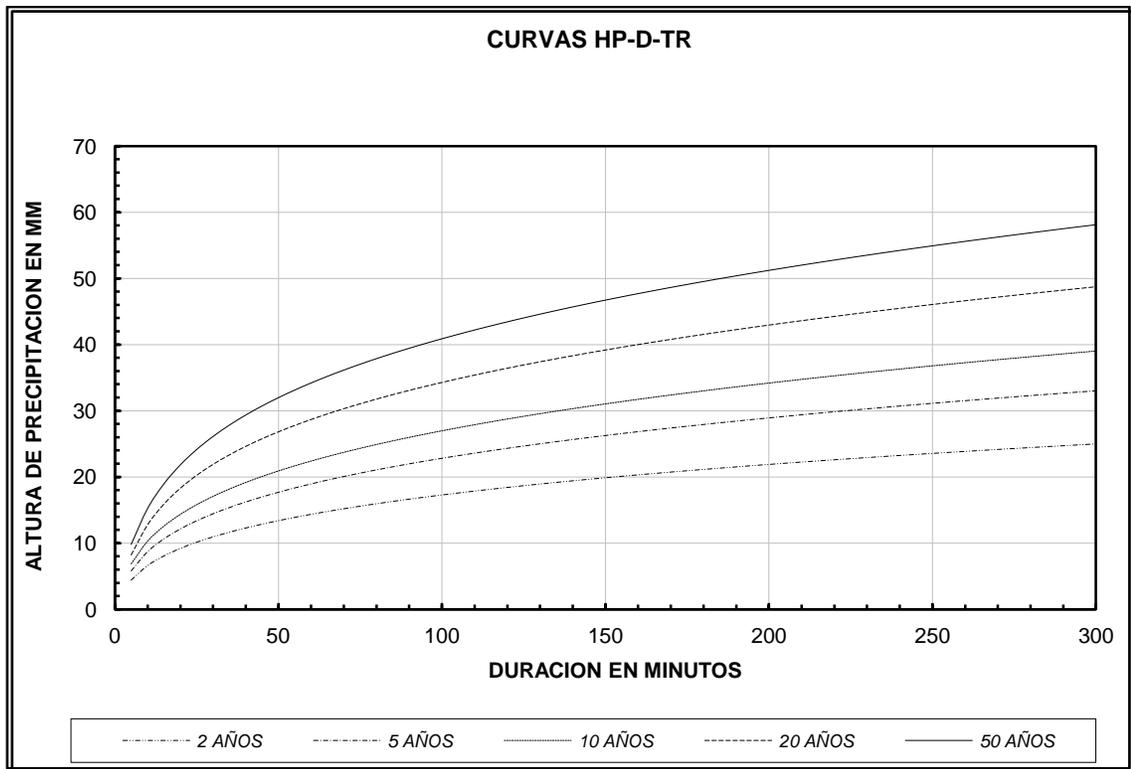
**MUNICIPIO: GALEANA**  
**ESTADO: NUEVO LEON**

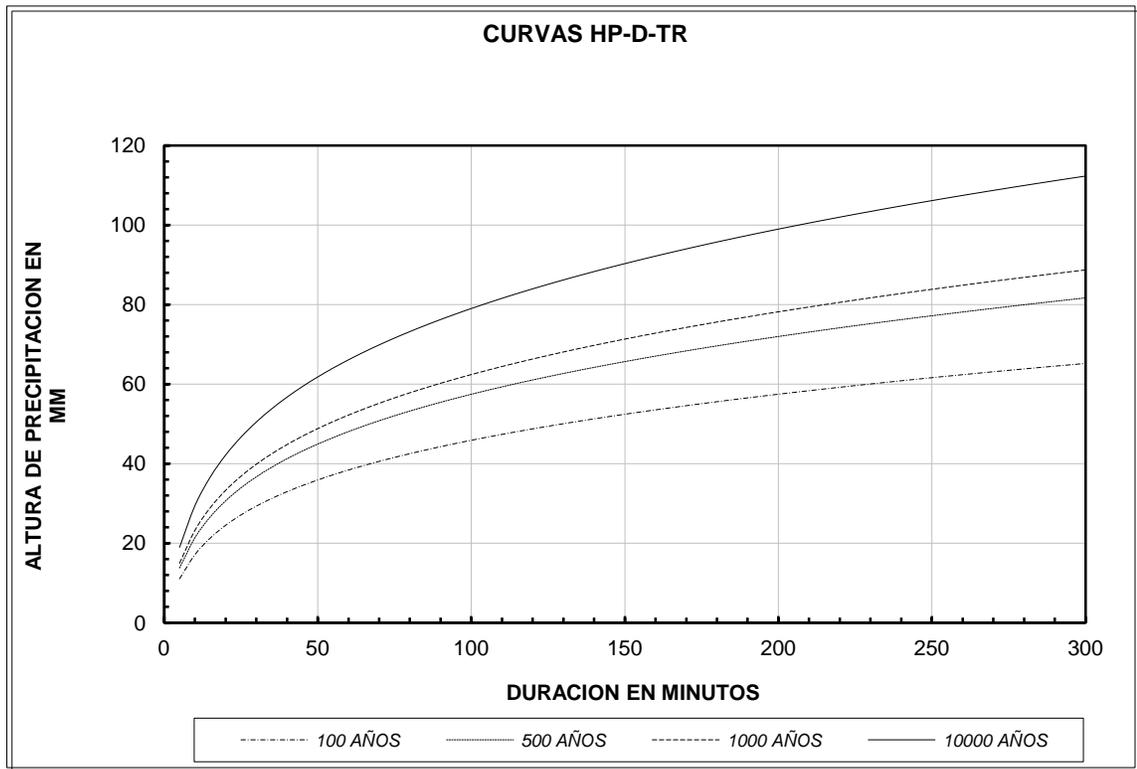
**LATITUD: 24° 58' 26"**  
**LONGITUD: 100° 15' 31"**

**No. DATOS**  
**= 44.00**  
**MEDIA = 39.65**  
**DESV. ESTANDAR**  
**= 18.56**  
**SD = SIN DATOS**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
1956	SD	SD	SD	SD	SD	14.00	18.00	17.50	12.00	SD	10.00	20.00	20.00
1957	10.00	18.00	15.00	15.00	32.00	20.00	12.00	15.00	30.00	29.00	8.00	8.00	32.00
1958	20	25.00	17.00	5.00	30.00	13.00	10.00	50.00	20.00	20.00	30.00	30.00	50.00
1959	10.00	20.00	10.00	30.00	20.00	15.00	15.00	30.00	22.00	10.00	0.00	40.00	40.00
1960	SD	8.00	0.00	SD	15.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	15.00
1961	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.00
1962	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	16.00	16.00
1963	0.00	2.50	0.00	22.50	23.00	5.00	8.50	SD	4.00	1.00	15.00	26.00	26.00
1964	0.00	30.00	10.00	SD	SD	SD	22.00	0.00	SD	SD	10.00	SD	30.00
1965	2.00	1.50	1.50	31.00	1.50	15.00	10.50	23.00	SD	0.00	9.00	4.00	31.00
1966	4.50	9.50	8.00	24.00	18.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	24.00
1967	15.00	15.00	25.00	10.00	30.00	SD	SD	30.00	40.00	18.00	5.00	1.50	40.00
1968	15.00	1.50	20.00	10.00	SD	21.50	SD	SD	30.00	30.00	11.00	11.90	30.00
1969	3.00	14.00	29.00	0.00	11.90	29.00	29.00	11.90	29.00	8.40	3.00	29.00	29.00
1970	8.40	0.00	11.90	11.50	0.90	8.40	40.00	11.90	22.50	0.00	0.00	0.00	40.00
1971	SD	0.00	SD	0.00	18.00	9.00	SD	SD	SD	SD	12.00	12.00	18.00
1972	30.00	30.00	30.00	30.00	15.00	20.00	20.00	83.50	83.50	70.00	83.50	12.00	83.50
1973	60.00	18.00	0.00	12.00	12.00	35.00	18.00	34.00	80.00	25.00	0.00	0.00	80.00
1974	20.00	7.00	10.00	16.00	47.00	20.00	40.00	26.00	29.00	9.00	6.00	6.00	47.00
1975	8.00	30.00	0.00	7.00	20.00	35.00	38.00	20.00	38.00	11.00	SD	45.00	45.00
1976	5.00	SD	24.00	20.00	32.00	20.00	34.00	17.00	42.00	26.00	40.00	15.00	42.00
1977	26.00	14.00	SD	46.00	28.00	14.00	25.00	25.00	11.00	7.00	SD	SD	46.00
1978	8.00	5.00	6.00	9.00	23.00	23.00	18.00	24.00	85.00	19.00	14.00	9.00	85.00
1979	25.00	24.00	15.00	18.00	45.00	39.00	11.00	25.00	6.00	0.00	30.00	48.00	48.00
1980	13.00	11.00	0.00	14.00	19.50	7.00	25.00	20.00	15.00	39.50	33.00	11.00	39.50
1981	14.00	13.50	13.50	18.00	45.00	35.90	43.20	SD	17.00	29.00	11.00	0.00	45.00
1982	0.00	30.00	0.00	29.50	26.00	0.00	14.00	29.00	38.00	25.50	26.00	9.00	38.00
1983	19.50	11.00	20.00	0.00	35.00	19.00	51.00	29.00	52.00	15.00	9.00	0.00	52.00
1984	75.00	12.50	4.00	0.00	25.00	38.00	8.00	35.30	65.00	15.00	4.00	22.00	75.00
1985	30.00	18.00	13.00	22.00	40.00	35.00	5.00	25.00	15.00	31.00	12.00	SD	40.00
1986	0.00	22.00	2.00	23.00	20.00	68.00	10.00	40.00	26.00	22.00	50.00	18.00	68.00
1987	SD	SD	5.00	23.00	SD	SD	20.00	26.00	16.00	30.00	10.00	30.00	30.00
1988	21.00	0.00	9.00	33.00	25.50	5.00	29.5	36.00	45.00	9.00	0.00	0.00	45.00
1989	6.00	0.00	6.00	6.00	15.00	38.00	11.00	18.00	12.00	9.00	29.00	42.00	42.00
1990	6.00	26.00	10.00	18.90	36.00	0.00	19.00	27.00	40.00	23.00	3.00	6.00	40.00
1991	4.00	13.00	0.00	25.00	34.00	36.00	23.00	44.00	31.00	10.00	4.00	26.90	44.00
1992	42.00	11.00	19.00	17.00	25.00	33.00	17.50	26.00	25.00	SD	13.00	35.00	42.00
1993	9.00	2.00	7.00	9.00	18.00	34.00	8.00	10.00	52.00	29.00	22.00	19.00	52.00
1994	8.00	0.00	24.00	18.00	46.00	40.00	40.00	17.00	20.00	38.00	0.00	SD	46.00

1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	13.00	SD	13.00
1998	SD	SD	SD	SD	SD	SD	6.00	43.00	14.00	48.00	7.00	SD	48.00
1999	SD	5.00	16.00	SD	7.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	16.00
2000	SD	SD	4.00	SD	17.00	26.00	SD	28.00	16.00	34.00	20.00	SD	34.00
2001	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2002	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2003	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2004	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	17.50	SD	SD	SD	SD	17.50
2005	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2006	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2007	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2008	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2009	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2010	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2011	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD





# MONTEMORELOS

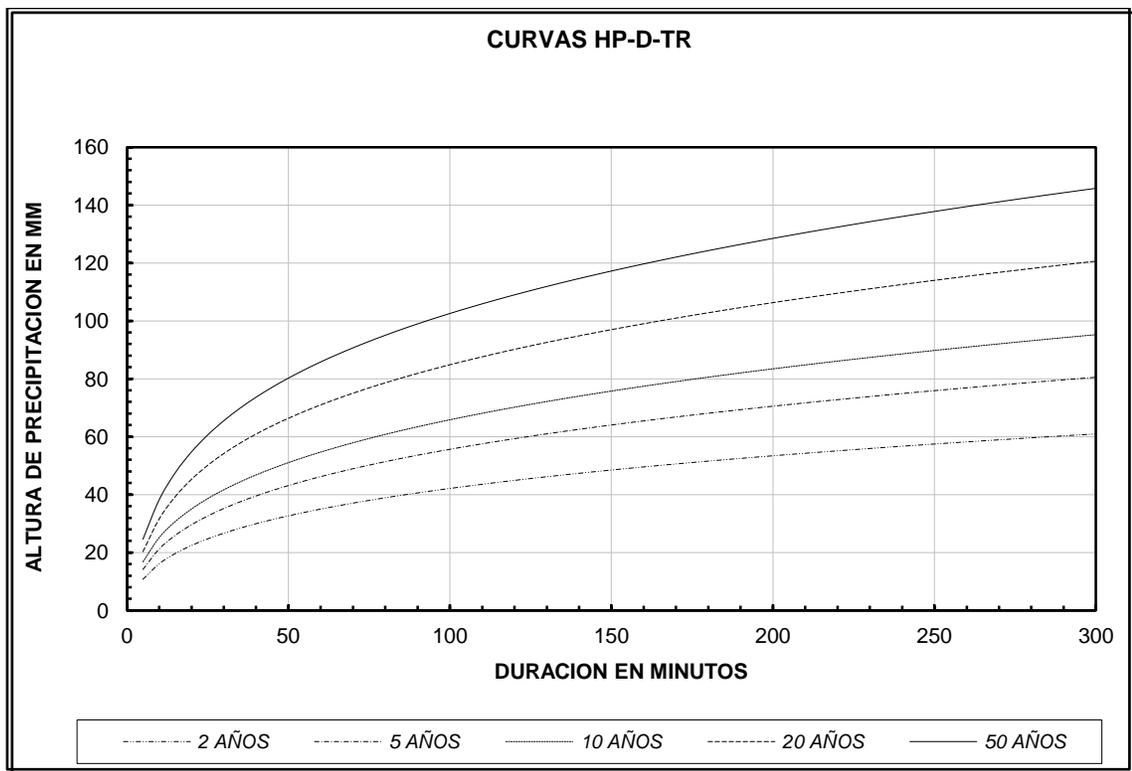
**REGISTRO MENSUAL DE LLUVIAS MAXIMAS ACUMULADAS EN 24 HORAS EN MM.**

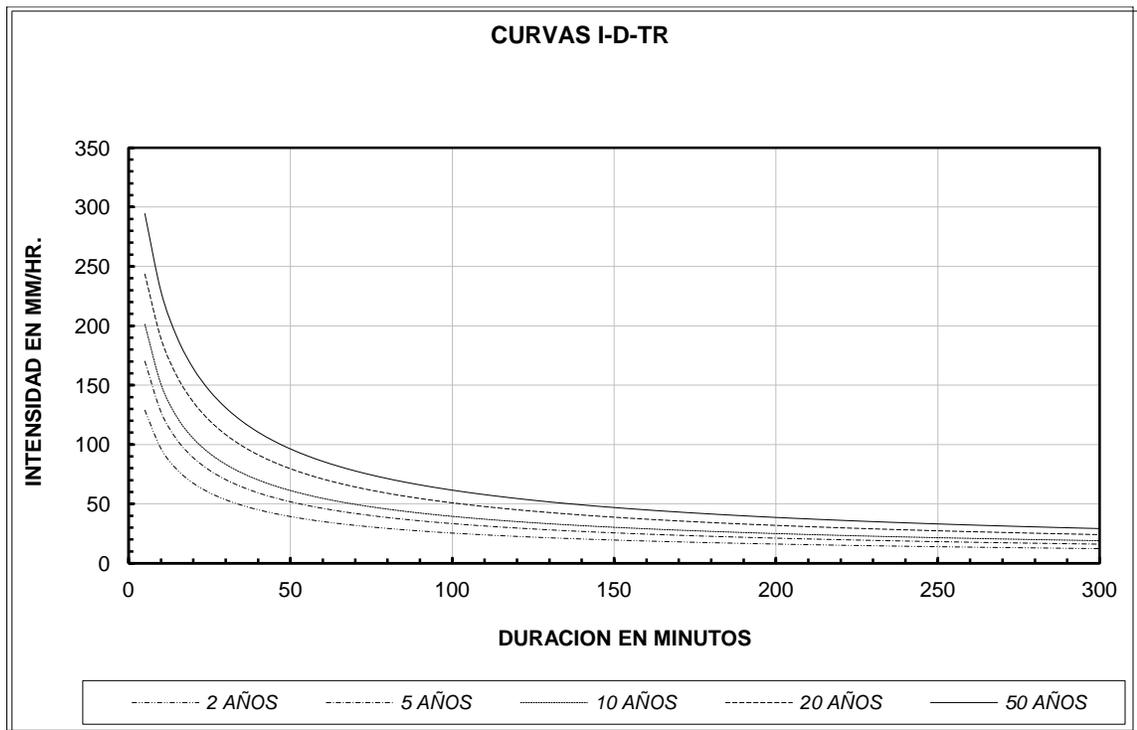
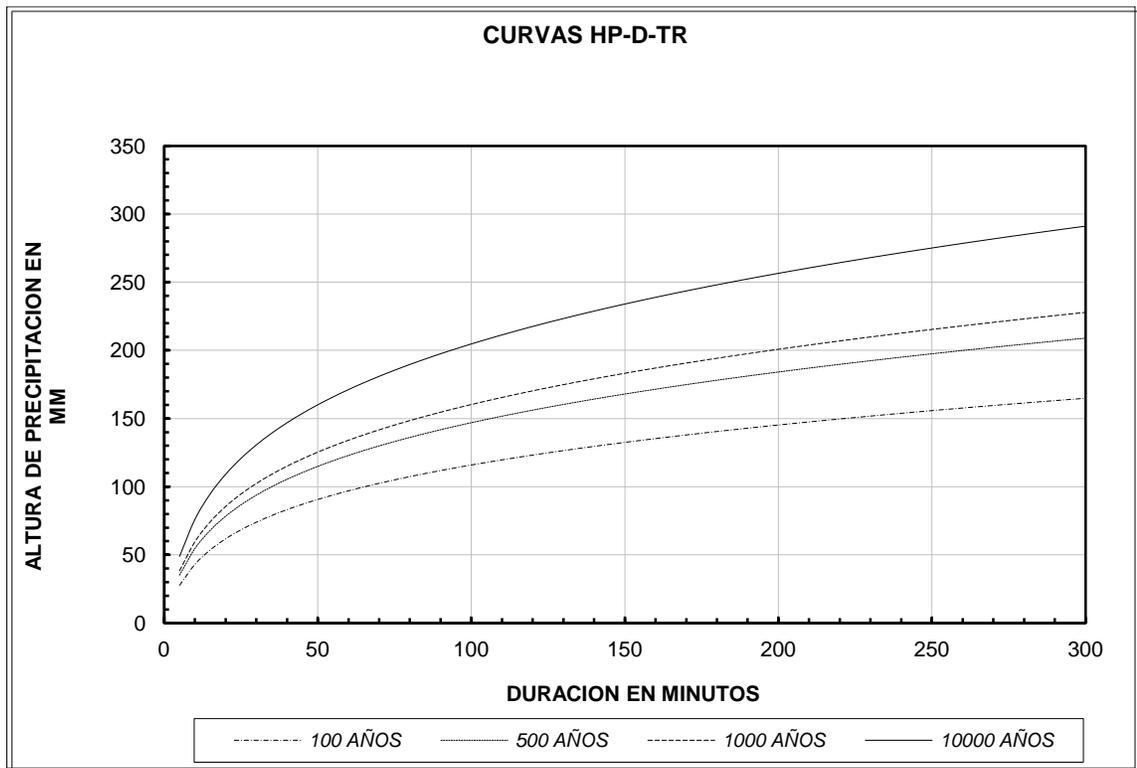
**ESTACION:** MONTEMORELOS  
**MUNICIPIO:** MONTEMORELOS  
**ESTADO:** NUEVO LEON  
**LATITUD:** 25° 10' 58"  
**LONGITUD:** 99° 50' 02"

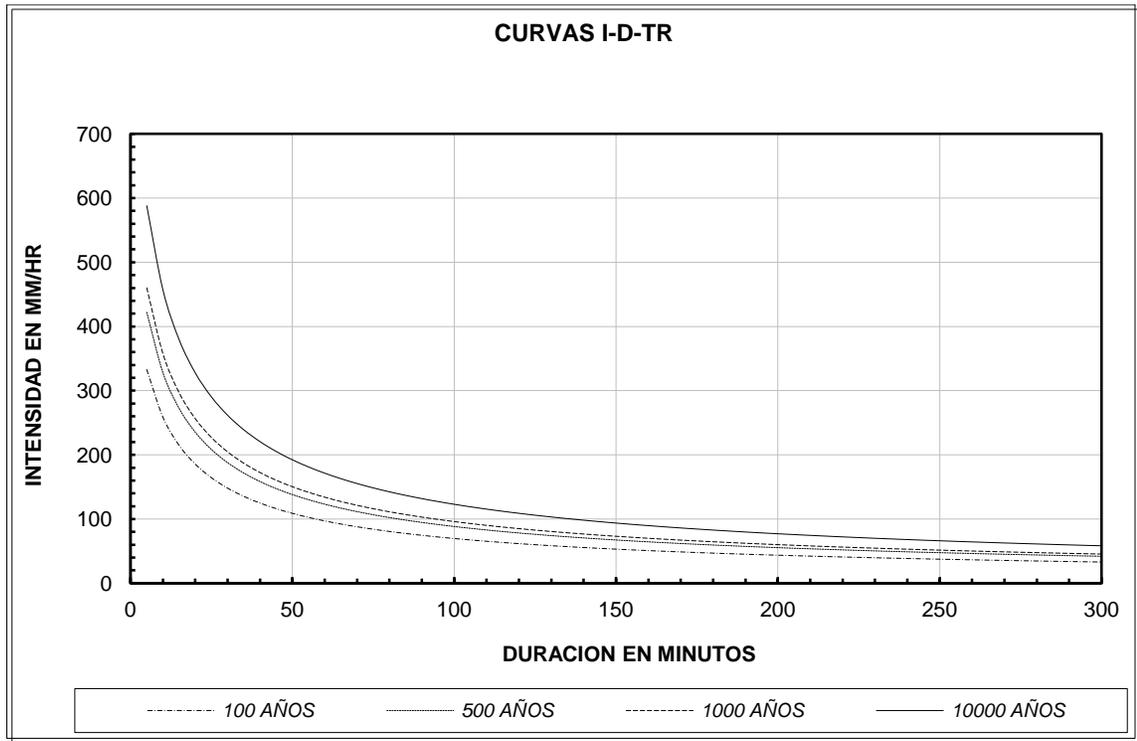
**No. DATOS =** 47.00  
**MEDIA =** 98.23  
**DESV. ESTANDAR =** 54.58  
**SD = SIN DATOS**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
1960	2	34.50	5.00	25.00	36.00	24.00	114.00	34.50	42.00	38.00	52.00	6.00	114.00
1961	4.50	2.00	73.50	70.00	35.50	36.00	5.50	17.00	52.00	82.50	25.50	4.00	82.50
1962	4.5	1.50	12.00	9.50	16.00	45.00	SD	30.00	34.00	55.00	89.00	5.50	89.00
1963	2.50	3.50	5.00	47.00	74.00	13.50	8.50	5.50	108.00	46.00	23.00	13.50	108.00
1964	2.00	5.00	22.50	22.00	80.00	16.50	6.00	6.50	55.00	55.00	10.00	9.00	80.00
1965	14.00	8.00	6.50	14.00	SD	21.00	8.50	105.00	53.50	40.00	21.50	18.00	105.00
1966	11.00	8.60	18.50	44.50	37.00	48.00	11.50	63.00	20.00	55.00	23.00	SD	63.00
1967	11.00	18.00	100.00	35.50	4.00	38.50	28.00	130.00	175.00	15.00	30.00	3.00	175.00
1968	8.00	8.00	30.00	SD	54.00	65.00	24.00	97.00	30.00	31.00	8.00	0.00	97.00
1969	7.00	10.00	40.00	42.00	8.00	102.00	18.00	32.00	10.60	100.00	27.00	15.00	102.00
1970	3.50	13.50	3.00	43.00	22.00	17.00	60.00	21.00	115.00	32.00	0.00	0.00	115.00
1971	15.00	0.00	0.00	10.00	56.00	42.00	29.00	88.00	57.50	67.00	9.00	5.00	88.00
1972	6.50	6.00	37.00	18.00	66.00	62.00	44.00	4.50	91.00	38.00	5.00	2.00	91.00
1973	17.00	9.00	1.50	8.50	57.50	122.00	68.00	54.40	46.00	83.00	21.50	13.00	122.00
1974	6.00	0.00	15.00	6.50	5.00	42.00	18.00	1.50	126.00	SD	1.00	2.00	126.00
1975	2.50	15.00	5.00	13.00	67.00	74.00	59.00	94.50	40.50	35.50	1.50	32.00	94.50
1976	8.00	3.00	16.00	17.00	30.00	22.00	77.00	56.00	88.00	47.00	42.00	9.50	88.00
1977	7.50	21.00	4.50	13.50	46.00	28.00	97.00	65.00	146.00	41.00	3.00	1.50	146.00
1978	5.00	9.00	4.50	8.00	45.00	103.00	13.00	47.00	153.00	68.00	2.00	5.00	153.00
1979	4.00	5.00	36.50	48.00	8.50	58.00	24.50	52.00	67.00	0.00	16.00	44.00	67.00
1980	6.00	3.50	0.50	5.00	54.00	32.00	9.00	21.00	34.00	36.00	20.00	30.00	54.00
1981	27.00	6.00	7.00	72.00	44.00	62.80	44.40	42.00	49.00	10.00	49.00	7.00	72.00
1982	0.00	10.50	15.00	19.00	19.50	2.00	6.00	6.50	22.00	19.00	27.00	54.00	54.00
1983	13.00	18.50	45.00	0.00	65.00	12.00	132.00	61.00	74.00	27.00	105.00	6.50	132.00
1984	54.00	2.50	0.00	0.00	57.00	23.00	57.00	35.00	100.00	7.00	4.00	33.50	100.00
1985	10.50	5.00	10.00	73.00	24.00	81.00	20.00	60.00	16.50	28.00	7.50	9.50	81.00
1986	SD	3.50	6.00	57.00	43.00	51.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	57.00
1987	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.00
1988	15.00	6.50	5.00	23.00	17.00	32.00	94.00	29.00	313.00	26.00	116.50	2.00	313.00
1989	30.00	5.00	3.50	8.50	16.00	27.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	30.00
1990	0.00	13.00	23.50	36.00	52.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	52.00
1991	1.50	20.00	16.00	31.00	71.00	80.00	16.00	1.00	80.00	25.00	9.50	19.00	80.00
1992	26.00	8.50	20.00	11.00	48.50	4.50	2.00	63.50	35.00	40.00	18.00	6.00	63.50
1993	11.50	11.00	16.50	8.00	27.50	20.00	73.50	18.00	12.00	70.00	28.50	SD	73.50
1994	68.00	58.00	9.50	6.50	10.00	16.50	36.50	36.50	34.00	17.50	9.50	7.00	68.00
1995	3.00	12.00	16.50	6.50	58.00	36.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	58.00
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1998	1.00	2.50	8.50	4.00	2.80	SD	40.00	38.00	87.00	26.50	SD	3.00	87.00
1999	SD	SD		9.50	23.00	121.50	61.00	3.00	SD	SD	SD	SD	121.50
2000	1.80	12.50	8.00	5.50	69.00	8.50	3.00	26.00	68.00	120.00	7.00	SD	69.00
2001	0.50	21.30	8.20	29.60	11.10	40.10	58.00	42.50	105.00	67.30	14.20	5.00	105.00

2002	2.00	5.90	60.20	12.50	SD	48.50	41.20	18.80	200.70	40.00	14.00	4.70	200.70
2003	33.50	11.90	17.00	37.00	94.00	46.00	3.40	40.50	80.70	60.00	7.00	79.00	80.70
2004	3.60	6.30	58.00	87.30	28.40	12.50	11.30	35.70	65.50	28.00	5.80	1.70	87.30
2005	16.50	39.50	60.20	33.00	20.00	SD	221.00	10.00	20.00	100.00	5.50	7.00	221.00
2006	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2007	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD						
2008	9.60	2.50	18.00	43.00	26.70	1.20	50.40	SD	190.00	29.00	SD	2.00	190.00
2009	17.00	6.00	3.00	3.80	46.00	20.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	46.00
2010	14.60	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	14.60
2011	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD







# RAYONES

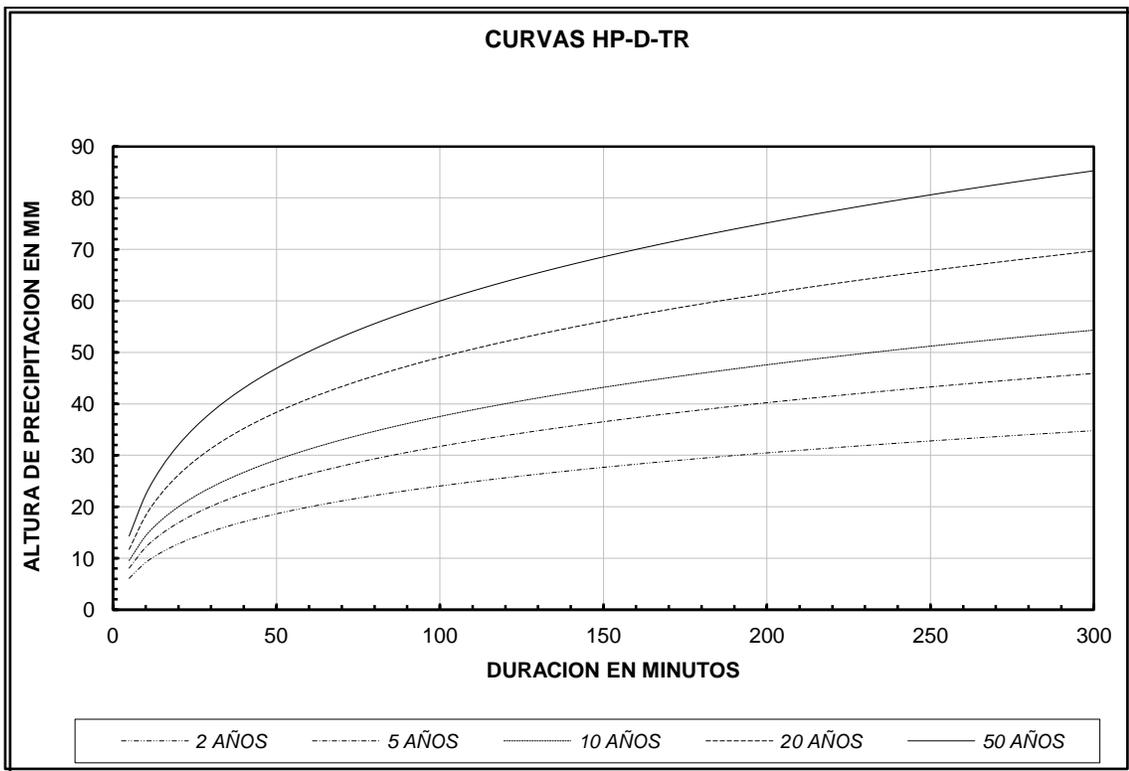
**REGISTRO MENSUAL DE LLUVIAS MAXIMAS ACUMULADAS EN 24 HORAS EN MM.**

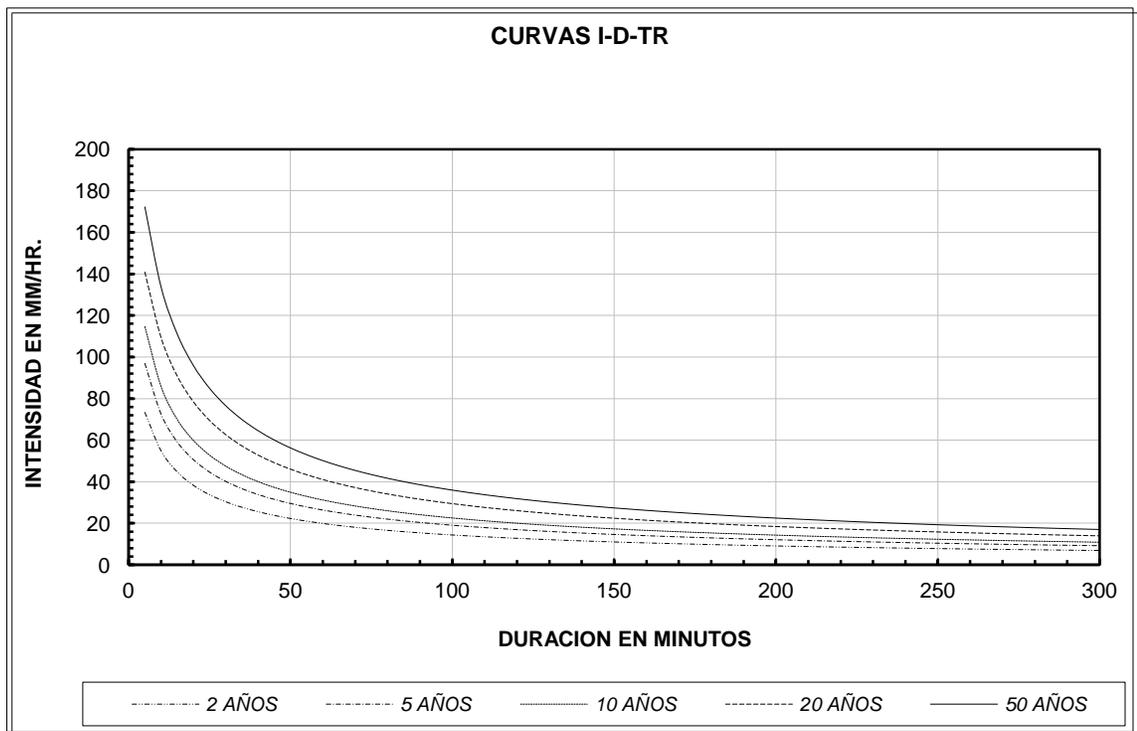
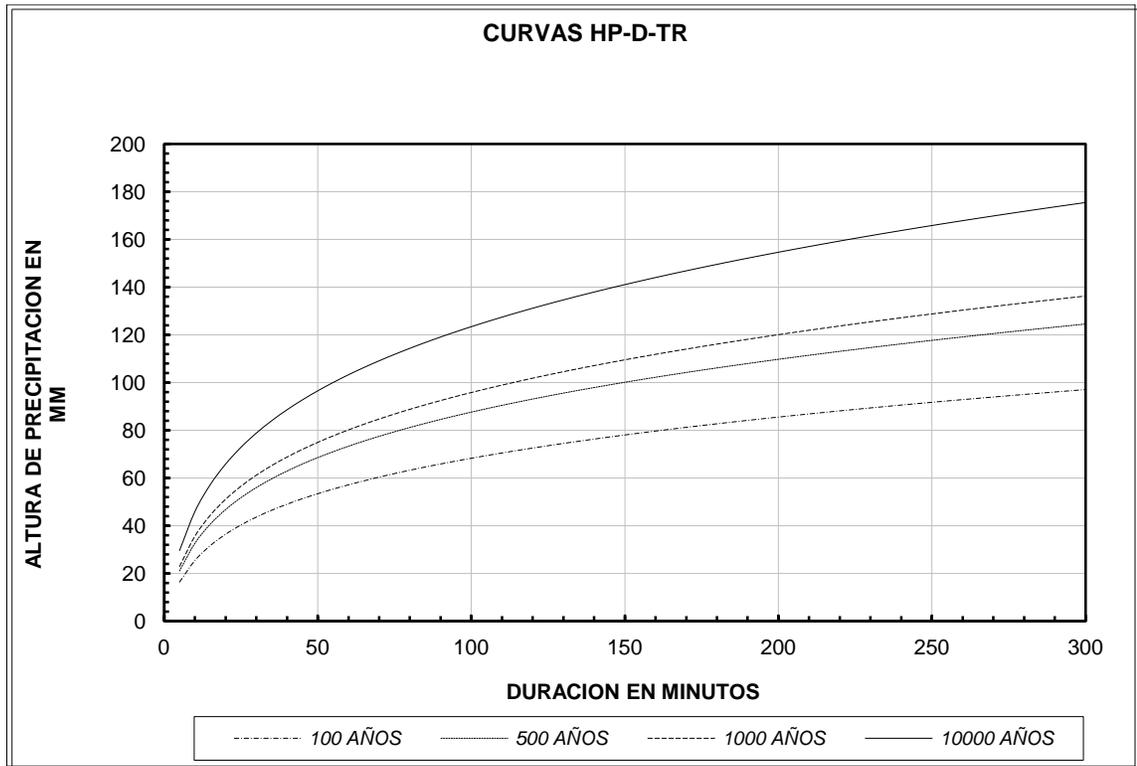
**ESTACION:** RAYONES  
**MUNICIPIO:** RAYONES  
**ESTADO:** NUEVO LEON  
**LATITUD:** 25° 01' 10 "  
**LONGITUD:** 100° 04' 27"

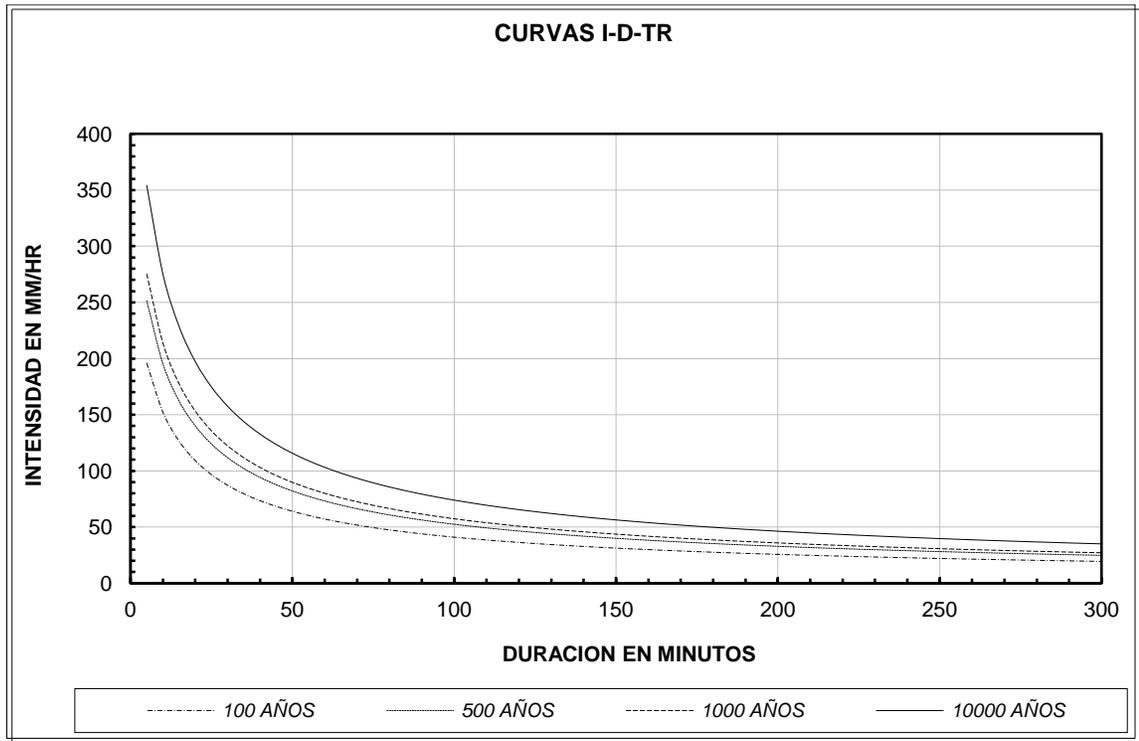
**No. DATOS =** 57.00  
**MEDIA =** 57.04  
**DESV. ESTANDAR =** 37.56  
**SD = SIN DATOS**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMA
1947	SD	SD	SD	17.60	8.90	14.20	15.30	83.30	17.50	9.50	SD	SD	83.30
1948	SD	SD	11.80	15.10	17.30	5.40	11.30	24.2	31.8	23.80	SD	SD	31.80
1949	4.90	11.60	SD	29.60	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	4.60	29.60
1950	SD	SD	SD	SD	33.30	12.80	7.20	7.40	9.10	47.20	0.80	SD	47.20
1951	0.00	0.00	10.20	18.20	22.00	64.10	0.00	66.50	27.20	16.50	SD	SD	66.50
1952	SD	SD	SD	20.00	SD	41.00	SD	0.00	34.10	SD	SD	SD	41.00
1953	SD	13.30	39.40	9.40	0.00	0.00	9.50	60.40	SD	3.70	SD	13.70	60.40
1954	0.00	19.30	SD	38.30	18.20	12.40	18.40	10.40	22.30	49.30	SD	SD	49.30
1955	SD	SD	SD	SD	25.20	SD	5.80	42.00	30.20	SD	19.00	SD	42.00
1956	SD	SD	SD	47.20	80.00	33.30	24.00	58.00	20.00	SD	30.00	SD	80.00
1957	SD	SD	SD	26.10	12.30	16.00	SD	20.00	8.50	42.70	SD	SD	42.70
1958	8.00	2.00	SD	SD	15.00	22.00	15.00	31.00	99.00	60.00	32.00	38.00	99.00
1959	38.00	15.00	12.00	90.00	SD	68.00	36.00	15.00	40.00	22.00	SD	SD	90.00
1960	SD	0.00	SD	SD	10.00	20.00	20.00	20.00	82.00	8.00	2.00	6.00	82.00
1961	SD	SD	SD	SD	0.70	36.00	SD	20.00	30.00	SD	SD	SD	36.00
1962	SD	SD	SD	8.00	SD	60.00	SD	SD	SD	2.00	SD	SD	60.00
1963	3.00	SD	0.00	SD	24.00	SD	6.00	SD	2.40	SD	SD	SD	24.00
1964	SD	SD	SD	29.00	SD	SD	SD	6.00	18.00	3.00	1.80	0.00	29.00
1965	SD	18.00	SD	20.00	6.00	0.00	12.00	14.00	52.00	10.00	SD	10.00	52.00
1966	SD	SD	SD	16.00	19.00	25.00	SD	20.00	10.00	SD	SD	SD	25.00
1967	SD	4.00	3.00	2.00	SD	SD	SD	42.00	30.00	SD	SD	SD	42.00
1968	SD	SD	20.00	16.00	20.00	13.00	SD	16.00	12.00	6.00	9.00	10.00	20.00
1969	SD	SD	10.00	10.00	10.00	12.00	10.00	20.00	16.00	SD	14.00	8.00	20.00
1970	SD	8.00	SD	SD	16.00	SD	SD	0.00	30.00	SD	SD	SD	30.00
1971	14.00	SD	SD	SD	16.00	25.00	8.00	4.00	10.00	10.00	SD	SD	25.00
1972	SD	6.00	SD	SD	0.00	6.70	22.00	SD	6.00	SD	SD	SD	22.00
1973	SD	36.00	SD	35.00	50.00	76.50	60.00	45.00	50.00	40.00	SD	SD	76.50
1974	50.00	SD	60.00	5.00	5.00	7.00	4.00	30.00	52.00	SD	SD	SD	60.00
1975	20.00	25.00	SD	SD	100.00	30.00	35.00	7.00	101.00	25.60	SD	33.00	101.00
1976	7.50	SD	20.00	28.00	22.50	12.00	20.00	16.00	27.00	27.50	40.00	11.50	40.00
1977	10.00	2.50	SD	25.50	13.50	10.00	11.50	47.00	124.00	34.00	SD	SD	124.00
1978	10.50	4.50	16.50	11.00	8.00	14.50	23.00	37.50	117.00	29.00	1.00	4.50	117.00
1979	1.50	5.50	17.00	13.50	10.50	18.00	6.50	22.50	20.00	2.00	41.00	36.50	41.00
1980	5.50	3.00	0.00	5.50	19.00	21.00	62.00	35.00	9.55	29.80	19.80	3.50	62.00
1981	20.50	5.50	7.00	15.00	49.00	36.50	11.00	31.00	34.00	13.00	7.20	2.00	49.00
1982	0.00	19.20	25.50	14.00	7.00	0.00	5.50	25.00	15.00	91.00	3.00	9.00	91.00
1983	13.00	13.00	30.00	0.00	0.00	23.00	40.00	50.00	32.00	6.00	7.50	0.00	50.00
1984	44.00	0.00	0.00	0.00	20.00	26.00	8.00	9.00	31.00	1.00	0.00	9.00	44.00
1985	12.00	9.00	9.00	17.00	12.00	55.00	5.00	31.00	37.00	14.00	3.00	8.00	55.00
1986	0.00	1.00	0.00	24.00	5.50	27.00	0.00	31.00	43.00	12.00	35.00	13.00	43.00
1987	20.50	15.00	2.00	31.00	9.00	13.00	26.00	39.00	7.00	39.00	4.00	8.00	39.00
1988	15.00	1.00	3.00	24.00	17.00	20.00	19.00	33.50	28.70	7.00	0.00	0.00	33.50

1989	3.00	0.00	0.00	3.00	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	3.00
1990	17.50	12.00	4.00	2.50	23.00	0.00	15.00	22.00	82.00	55.50	0.00	8.00	82.00
1991	1.00	7.50	1.00	11.00	21.00	50.00	14.50	9.00	27.00	8.00	1.00	13.00	50.00
1992	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1994	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1995	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1996	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1997	SD	SD	SD	35.00	1.00	3.00	35.00						
1998	SD	SD	SD	SD	SD	SD	27.00	38.00	50.00	16.50	SD	SD	50.00
1999	SD	SD	32.50	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	32.50
2000	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2001	SD	SD	SD	12.00	15.00	20.00	8.00	26.00	91.00	24.00	3.00	3.00	91.00
2002	4.00	7.00	1.00	39.00	4.00	18.00	13.00	29.00	65.00	30.00	12.00	2.00	65.00
2003	8.00	2.00	16.00	4.00	9.00	20.00	6.00	156.00	36.00	29.00	SD	7.50	156.00
2004	1.00	8.00	22.00	15.00	10.00	7.50	8.00	33.00	40.00	11.00	5.00	SD	40.00
2005	1.00	22.00	36.00	SD	10.00	26.00	230.00	8.00	16.00	32.00	20.00	3.00	230.00
2006	1.00	SD	10.00	16.00	8.00	3.00	20.00	20.00	10.00	27.00	13.00	SD	27.00
2007	8.00	2.00	SD	9.00	12.00	30.00	30.00	30.00	33.00	12.00	2.00	SD	33.00
2008	SD	SD	SD	13.00	12.00	7.00	18.00	20.00	79.00	20.00	5.00	SD	79.00
2009	SD	SD	SD	11.00	2.00	22.00	2.00	SD	SD	SD	SD	SD	22.00
2010	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2011	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD						







# **DATOS DIARIOS DE TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS, PRECIPITACIÓN, CUENCA DEL RIO PILÓN**

## **DATOS OBTENIDOS DEL INE ESTACIONES CLIMÁTOLÓGICAS EJEMPLO 2011**

AÑO	MES	DIA	PRECIPITACIÓN	TMAX	TMIN
2011	1	1	0	30	9
2011	1	2	0	18	2
2011	1	3	0	21	2
2011	1	4	0.5	24	11
2011	1	5	0	28	11
2011	1	6	0	27	10
2011	1	7	0	27	8
2011	1	8	0	29	8
2011	1	9	0	27	10
2011	1	10	0	27	5
2011	1	11	3.5	28	6
2011	1	12	5	9	2
2011	1	13	5.6	4	2
2011	1	14	1.5	6	3
2011	1	15	1.4	9	5
2011	1	16	1.4	16	8
2011	1	17	0	20	5
2011	1	18	0	26	5
2011	1	19	0	30	7
2011	1	20	0	23	9
2011	1	21	0	24	1
2011	1	22	0	18	1
2011	1	23	0	22	1
2011	1	24	0	24	2
2011	1	25	0	21	5
2011	1	26	0	20	1
2011	1	27	0	21	1
2011	1	28	0	16	9
2011	1	29	0	22	9
2011	1	30	0	27	10
2011	1	31	0	28	11
2011	2	1	0	29	11
2011	2	2	0	20	1
2011	2	3	0	3	-2
2011	2	4	0	0	-4
2011	2	5	0	11	-5
2011	2	6	0	20	0
2011	2	7	0	28	1

# RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

## **RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO.**

**David Clemente López Pérez.**

Candidato para el Grado de  
Maestro en Ciencias con Orientación en Ingeniería Ambiental.

**Tesis:** INDICADORES HIDROLÓGICOS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA  
CUENCA DEL RIO PILÓN (MÉXICO).

**Campo de Estudio:** Ambiental.

### **Biografía:**

Nacido en San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca el 22 de Mayo de 1984 hijo  
de **Gustavo Eduardo López Vidal** y **María Luisa Pérez Hernández**

### **Educación:**

Ingeniero Civil.  
Facultad de Ingeniería Civil.  
Universidad Autónoma de Nuevo León.  
Agosto 2003 – Diciembre 2008

### **Experiencia Profesional.**

Auxiliar de Departamento Hidráulica.  
Instituto de Ingeniería Civil.  
Jefe directo: M.C. Adrian L. Ferriño Fierro.  
Diciembre 2006 a la fecha.

Catedrático de las materias de Hidráulica e  
Ingeniería de los Recursos Hidráulicos.  
Facultad de Ingeniería Civil.  
Universidad Autónoma de Nuevo León.  
Agosto 2010 – a la fecha.