

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**DETERMINACION DEL IMPACTO DE LAS SEQUIAS  
EN LA AGRICULTURA  
EN CUENCAS NO AFORADAS**

**PRESENTA:**

**ING. DAVID ESTUARDO PEÑA VIDAL**

**TESIS**

**COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. JUSTINO CESAR GONZALEZ ALVAREZ, M. EN I.**

**CIUDAD UNIVERSITARIA**

**ENERO 2009**

D.E.P.V.

DETERMINACION DEL IMPACTO DE LAS SEQUIAS

EN LA AGRICULTURA

EN CUENCAS NO AFORADAS

T

GB661.28

P4

2009

c.1

2009



1090020077

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



T  
GB661.28  
P4  
2009  
c.1

DETERMINACION DEL IMPACTO DE LAS SEQUIAS  
EN LA AGRICULTURA  
EN CUENCAS NO AFORADAS

PRESENTA:

ING. DAVID ESTUARDO PEÑA VIDAL

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

DIRECTOR DE TESIS:

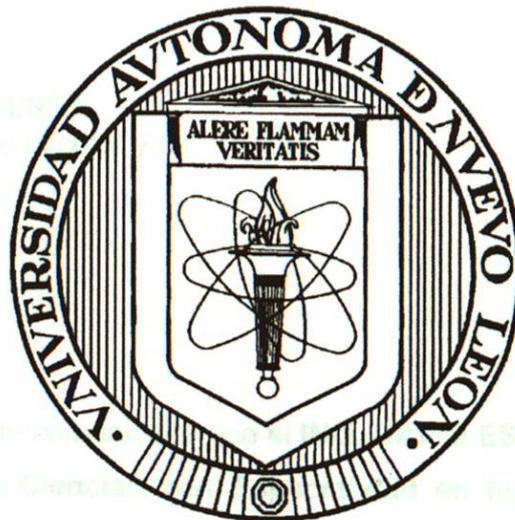
ING. JUSTINO CESAR GONZALEZ ALVAREZ, M. EN I.

CIUDAD UNIVERSITARIA

ENERO 2009



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



Título de la tesis:  
**DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS SEQUÍAS  
EN LA AGRICULTURA  
EN CUENCAS NO AFORADAS**

Tesista:  
**Ing. David Estuardo Peña Vidal**

Como requisito parcial para obtener el grado de  
**Maestría en Ciencias**  
con especialidad en  
**Ingeniería Ambiental**

Director de tesis:  
**Ing. Justino César González Álvarez, M. en I.**

**Enero 2009**



**UANL**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**ING. LAZARO 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 ESTUARDO PEÑA VIDAL**, pasante de la **Maestría en Ciencias con Especialidad 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 de 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 08 de Enero del 2009.

**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.

*Ing. Justino César González Álvarez M. en I.*

Cédula Profesional: Ingeniería Civil 211438 y Maestro en Ingeniería Hidráulica 483113  
Servicios de Ingeniería Hidráulica, Hidrológica y Ambiental

DR. PEDRO L. VALDEZ TAMEZ  
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ESTIMADO DR. VALDEZ:

POR ESTE MEDIO LE COMUNICAMOS QUE EL **ING. DAVID ESTUARDO PEÑA VIDAL**, PASANTE DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL, HA CONCLUIDO SATISFACTORIAMENTE SU TRABAJO DE TESIS TITULADO: **"DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS SEQUÍAS EN LA AGRICULTURA EN CUENCAS NO AFORADAS"**, POR LO QUE NO EXISTE INCONVENIENTE PARA ATENDER LA SOLICITUD DE EXAMEN DE GRADO CON LOS REQUISITOS QUE EXIGE EL REGLAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES DE NUESTRA INSTITUCIÓN, AGRADECEMOS PASAR LAS INSTRUCCIONES NECESARIAS PARA EL TRÁMITE CORRESPONDIENTE.

AGRADECIENDO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN BRINDADA A LA PRESENTE, QUEDO A SUS APRECIABLES ÓRDENES.

ATENTAMENTE  
"ALERE FLAMMAM VERITATIS"  
CD. UNIVERSITARIA, 19 DE NOVIEMBRE DE 2008

  
ING. JUSTINO CÉSAR GONZÁLEZ ÁLVAREZ, M. EN I.  
DIRECTOR DE TESIS

B. Reyes 2212 Nte. Col. Industrial, Monterrey, N.L. tel (81) 8375 2647 y 8350 4166  
celular 044-818-1377 463, e\_mail jcga311@yahoo.com

**Dr. Pedro L. Valdez Tamez**  
**Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**Universidad Autónoma de Nuevo León**

Estimado Dr. Valdez:

En relación a su oficio, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la tesis "**Determinación del impacto de las sequías en la agricultura en cuencas no aforadas**", que presenta el **Ing. David Estuardo Peña Vidal**, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, comunico a Usted que he leído y evaluado la calidad de dicha tesis, considerándola como **APROBADA**.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

**ATENTAMENTE**

Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, a 08 de Diciembre de 2008



**M.C. Juan Manuel Chapa Guerrero**  
**Evaluador de Tesis de Maestría**

Dr. Pedro L. Valdez Tamez  
Subdirector de Posgrado  
Facultad de Ingeniería Civil  
Universidad Autónoma de Nuevo León

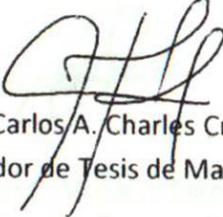
Distinguido Dr. Valdez Tamez:

En atención a su oficio, en el que me informa que he sido designado como Evaluador de la tesis **DETERMINACION DEL IMPACTO DE LAS SEQUIAS EN LA AGRICULTURA EN CUENCAS NO AFORADAS**, que presenta el Ing. David Estuardo Peña Vidal. Como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental, comunico a Usted que he leído y evaluado la calidad de dicha tesis, considerándola como **APROBADA**.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

ATENTAMENTE

Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L. a 16 de diciembre de 2008

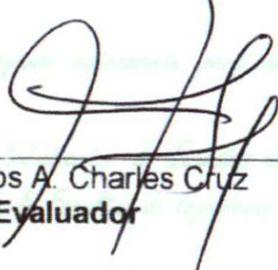
  
Dr. Carlos A. Charles Cruz  
Evaluador de Tesis de Maestría

Título de la tesis:  
**DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS SEQUÍAS  
EN LA AGRICULTURA  
EN CUENCAS NO AFORADAS**

**Aprobación de la tesis:**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Justino César González Álvarez, M. en I.  
**Director de tesis**

  
\_\_\_\_\_  
M. C. Juan Manuel Chapa Guerrero  
**Evaluador**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Carlos A. Charles Cruz  
**Evaluador**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Pedro L. Valdez Tamez  
**Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincera y profunda gratitud a todas aquellas personas que estuvieron involucradas en la elaboración de este proyecto, desde su gestación... desde que solo era una idea... un sueño.

A la Lic. Argelia Goo Santos, que creyó en mí, prácticamente sin conocerme, y lo más importante, me enseñó a que creyera en mí mismo, y saber que con esfuerzo y dedicación, todas las metas son alcanzables, por más lejanas que parezcan.

Al M. C. Víctor M. Aguilera Reyes (q.e.p.d.), que gracias a sus conocimientos y a su cátedra, sin quererlo y sin saberlo, plantó en mí la inquietud de estudiar una maestría.

A mis maestros del posgrado, que fueron más que catedráticos:

- |                                       |                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ✓ M.C. Vladimir Sánchez Hernández     | ✓ Dr. Alejandro Ramírez Alcázar      |
| ✓ M.C. Alejandro García García        | ✓ M.C. Benjamín Limón Rodríguez      |
| ✓ M.I. Justino César González Álvarez | ✓ M.C. Alfredo Núñez Cantú           |
| ✓ Dr. Eulogio Velasco Santes          | ✓ M.C. Edgar Amauri Arteaga Balderas |
| ✓ Ing. Ricardo Salgado Gutiérrez      | ✓ M.A. Luz Margarita Ramírez Vigil   |
| ✓ Dr. Enrique Godínez Arredondo       | ✓ M.C. Martha Herrero Figueroa       |
| ✓ Dr. Jimmy Loiza Navia               | ✓ M.C. Juan Manuel Chapa Guerrero    |

A mis compañeros de clases, que juntos nos apoyamos mutuamente, para conseguir este mismo fin.

Al apoyo del Dr. Pedro L. Valdez Tamez, Subdirector de Estudios de Posgrado e Investigación; y del M.I. Luis Manuel Aranda Maltez, Director de la Facultad de Ingeniería Civil.

A las siempre cordiales atenciones de Jessy, Miriam y Ramiro, sin olvidar a Norma, como compañeros y como amigos.

A los consejos, recomendaciones y valiosas sugerencias del Dr. Víctor Hugo Guerra Cobián.

A las facilidades prestadas por la Comisión Nacional del Agua, especialmente al Ing. Miguel Ángel Torres Morales, de las oficinas del estado Chihuahua, por sus finas atenciones.

A dos personas que admiro por su capacidad, y que me ayudaron a enriquecer este trabajo con sus aportaciones, los evaluadores de esta tesis:

✓ M. C. Juan Manuel Chapa Guerrero

✓ Dr. Carlos A. Charles Cruz

...gracias a ellos pude constatar la humildad de la grandeza, y la grandeza de la humildad.

A mi director de tesis, que me apoyó como catedrático en la licenciatura, como catedrático en la maestría, como Subdirector de Posgrado en su momento, pero principalmente como amigo, el Ing. Justino César González Álvarez, M. en I.

Quisiera hacer una mención especial al Dr. Carlos Díaz Delgado (UAEM - FI - CIRA) cuyas ideas fueron la base que cimentó este trabajo.

Finalmente, a las personas que siempre han estado conmigo, en las buenas y en las malas, a quienes les debo todo lo que soy, mi familia, gracias por su apoyo, comprensión y sobre todo paciencia.

Si bien es mi nombre el que aparece como autor de esta tesis, obviamente detrás está el trabajo y el apoyo de mucha gente, que directa o indirectamente colaboró en su realización.

A todos ustedes...muchas gracias...

Sinceramente:

**David**

La experiencia es nuestra más dura maestra,  
porque primero pone la prueba  
Y después viene la lección

## DEDICATORIAS

*A Dios...*

*...Por haberme permitido cumplir esta meta...por dejarme llegar a este importante día con vida, salud y muchas ganas de continuar...por haber enviado ángeles que allanaron mi camino...por todas las bendiciones que recibí.*

*A mi madre...*

*...Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constantes...por el inmenso apoyo, amor y confianza que en mí depositaste y con los cuales he logrado cumplir una meta más...sólo deseo que entiendas que el logro mío, es el logro tuyo, que mi esfuerzo es inspirado en ti.*

*A mi hermano...*

*...Por tí aprendí muchas cosas de la vida que solo no habría podido...por ayudarme a forjar un carácter...obligarme a mantener los pies en la tierra...y porque junto con tu esposa, me obsequiaron un título más grande que todos los académicos que pudiera conseguir, el título de "trío".*

*A Oswaldo y Alexandra...*

*...Su llegada llenó de color varias vidas que se tornaban grises... le dio un nuevo rumbo a existencias que se hacían monótonas... porque no hay amor más sincero e incondicional como el de ustedes... y simplemente por existir.*

*Al Maestro Justino César González Álvarez...*

*...Por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia, en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la realización, no solo de este proyecto, si no de gran parte de mi formación tanto académica como profesional...por extenderme su mano cuando muchos me volvieron la espalda...por su guía, apoyo y consejos.*

*El apoyo de todos ustedes hizo realidad la consecución de esta meta, y hoy les puedo decir con satisfacción...que pese a todo...*

*...Si se pudo...!!!!... ;-)*

## CONTENIDO

	Tránsito	Página
Introducción		v
Anexos		iv
Listado de ilustraciones		v
Listado de tablas		vi
Resumen		vii

“Que te hizo caminar por un desierto grande y espantoso,  
de serpientes ardientes, de escorpiones y de sed,  
donde ningún agua había,  
y él te sacó agua de la roca del pedernal”

- *Deuteronomio 8:15*

## CONTENIDO

Título	Página
1 - Introducción	1
1.1 - Antecedentes	2
<b>Índice temático</b>	<b>ii</b>
1.1.2 - Cuenca del Río Conchos	5
<b>Anexos</b>	<b>iv</b>
1.2.1 - Objetivo general	10
<b>Listado de ilustraciones</b>	<b>v</b>
1.3 - Justificación	11
<b>Listado de tabulaciones</b>	<b>vi</b>
<b>Resumen</b>	<b>vii</b>
2.1 - Marco físico	13
2.1.1 - Ubicación de las estaciones hidrométricas	13
2.1.2 - Definición de las subcuencas	14
2.1.3 - Características fisiográficas	16
2.1.3.1 - Longitud del cauce principal	16
2.1.3.2 - Pendiente del cauce principal	16
2.1.3.3 - Área de aportación de la cuenca	16
2.1.3.4 - Longitud de la cuenca	16
2.1.3.5 - Perímetro de la cuenca	16
2.1.3.6 - Pendiente de la cuenca	16
2.1.3.7 - Coeficiente de compactación	16
2.1.3.8 - Forma de elongación	16
2.2 - Información hidrométrica	27
2.2.1 - Déficit hídrico estadístico	33
2.3 - Probabilidad y estadística en hidrología	44
2.3.1 - Función de distribución Gumbel	45
2.3.2 - Función de distribución Log Pearson III	57
2.3.3 - Comparativo de funciones	70
2.4 - Número de curva	72
2.4.1 - Características físicas de la cuenca del Río Conchos	85
2.5 - Precipitación	87
2.5.1 - Medición de la precipitación	87
2.5.2 - Altura de unipitación	98
2.5.3 - Importancia de las precipitaciones en ingeniería	88
2.5.4 - Determinación de la lluvia media	89
2.6 - Análisis regional	95

# ÍNDICE

Título	Página
1.- Introducción	1
1.1.- Antecedentes	2
1.1.1.- Cuenca del Río Bravo	3
1.1.2.- Cuenca del Río Conchos	5
1.2.- Objetivos de la investigación	10
1.2.1.- Objetivo general	10
1.2.2.- Objetivo particular	10
1.3.- Justificación	11
1.4.- Hipótesis	11
2.- Metodología	12
2.1.- Marco físico	13
2.1.1.- Ubicación de las estaciones hidrométricas	13
2.1.2.- Definición de las subcuencas	14
2.1.3.- Características fisiográficas	15
2.1.3.1.- Longitud del cauce principal	15
2.1.3.2.- Pendiente del cauce principal	15
2.1.3.3.- Área de aportación de la cuenca	15
2.1.3.4.- Longitud de la cuenca	15
2.1.3.5.- Perímetro de la cuenca	15
2.1.3.6.- Pendiente de la cuenca	16
2.1.3.7.- Coeficiente de compacidad	16
2.1.3.8.- Factor de elongación	16
2.2.- Información hidrométrica	27
2.2.1.- Déficit hídrico estadístico	33
2.3.- Probabilidad y estadística en hidrología	44
2.3.1.- Función de distribución Gumbel	45
2.3.2.- Función de distribución Log Pearson III	57
2.3.3.- Comparativo de funciones	72
2.4.- Número de curva	82
2.4.1.- Características físicas de la cuenca del Río Conchos	85
2.5.- Precipitación	87
2.5.1.- Medición de la precipitación	87
2.5.2.- Altura de precipitación	88
2.5.3.- Importancia de las precipitaciones en ingeniería	88
2.5.4.- Determinación de la lluvia media	89
2.6.- Análisis numérico	95

## ÍNDICE

<b>Título</b>	<b>Página</b>
2.7.- Gestiones del riego	100
2.7.1.- Asociaciones multipropósito de usuarios del agua	100
2.7.2.- Empresas públicas	101
2.7.3.- Gobiernos locales	101
2.7.4.- Distrito de Riego	101
2.7.5.- Compañía mutua	101
2.7.6.- Compañía privada	102
2.8.- Uso del agua en los distritos de riego	102
3.- Análisis de resultados	103
3.1.- Producción agrícola	104
3.2.- Impacto económico de las sequías	105
4.- Conclusiones	118
5.- Consultas	123
5.1.- Referencias literarias	124
5.2.- Portales de internet	126
5.3.- Imágenes digitales	127

# ÍNDICE

Título	Página
<b>ANEXO A</b>	
Memorias de cálculo de las características fisiográficas	128
<b>ANEXO B</b>	
Datos de precipitación	189
<b>ANEXO C</b>	
Memorias de cálculo de los coeficientes de la ecuación de déficit hídrico	200
<b>ANEXO D</b>	
Memorias de cálculo de los déficit hídricos	213
<b>RESUMEN BIOGRÁFICO</b>	<b>234</b>
10. Cuencia de la estación hidrométrica Jiménez	10
11. Cuencia de la estación hidrométrica Villahuila	20
12. Cuencia de la estación hidrométrica Francisco I. Madero	21
13. Cuencia de la estación hidrométrica Las Rosas	22
14. Cuencia de la estación hidrométrica Comodoro	25
15. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	24
16. Cuencia de la estación hidrométrica Cuernavaca	25
17. Cuencia de la estación hidrométrica Amozoc	26
18. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
19. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
20. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
21. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
22. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
23. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
24. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
25. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
26. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
27. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
28. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
29. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
30. Cuencia de la estación hidrométrica Toluca	26
31. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
32. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
33. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
34. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
35. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
36. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
37. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
38. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
39. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
40. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
41. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
42. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
43. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
44. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
45. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
46. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
47. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
48. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
49. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100
50. Impacto ambiental del sector hídrico para la zona de estudio	100

# ÍNDICE

## Título

## Página

### ILUSTRACIONES

1.- Severidad de las sequías	2
2.- Cuenca del río Bravo	3
3.- Lado mexicano de la cuenca del río Bravo	4
4.- Ubicación de la cuenca del río Conchos	5
5.- Distritos de riego de la cuenca del río Conchos	5
6.- Volumen y uso agrícola del agua en la cuenca del río Conchos	6
7.- Ubicación de las estaciones hidrométricas	14
8.- Cuenca de la estación hidrométrica Peguis	17
9.- Cuenca de la estación hidrométrica Parral	18
10.- Cuenca de la estación hidrométrica Jiménez	19
11.- Cuenca de la estación hidrométrica Villalba	20
12.- Cuenca de la estación hidrométrica Francisco I. Madero	21
13.- Cuenca de la estación hidrométrica Las Burras	22
14.- Cuenca de la estación hidrométrica Chuviscar	23
15.- Cuenca de la estación hidrométrica El Granero	24
16.- Cuenca de la estación hidrométrica Puente FFCC	25
17.- Cuenca de la estación hidrométrica Llanitos	26
18.- Obtención del mayor déficit hídrico anual	33
19.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Peguis	72
20.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Parral	73
21.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Jiménez	74
22.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Villalba	75
23.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Fco. I. Madero	76
24.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Las Burras	77
25.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Chuviscar	78
26.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca El Granero	79
27.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Puente FFCC	80
28.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Llanitos	81
29.- Consideraciones para el número de curva	82
30.- Ciclo hidrológico	87
31.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Peguis	108
32.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Parral	109
33.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Jiménez	110
34.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Villalba	111
35.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Fco. I. Madero	112
36.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Las Burras	113
37.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Chuviscar	114
38.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca El Granero	115
39.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Puente FFCC	116
40.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Llanitos	117

# ÍNDICE

## Título

## Página

### TABULACIONES

1.- Usos del agua en la cuenca del río Conchos	7
2.- Volúmenes y superficies de riego agrícola	8
3.- Relación beneficio-costos y productividad del agua	9
4.- Ubicación de las estaciones hidrométricas	13
5.- Características fisiográficas de la cuenca Peguis	17
6.- Características fisiográficas de la cuenca Parral	18
7.- Características fisiográficas de la cuenca Jiménez	19
8.- Características fisiográficas de la cuenca Villalba	20
9.- Características fisiográficas de la cuenca Francisco I. Madero	21
10.- Características fisiográficas de la cuenca Las Burras	22
11.- Características fisiográficas de la cuenca Chuviscar	23
12.- Características fisiográficas de la cuenca El Granero	24
13.- Características fisiográficas de la cuenca Puente FFCC	25
14.- Características fisiográficas de la cuenca Llanitos	26
15.- Déficit hídrico anual de la cuenca Peguis	34
16.- Déficit hídrico anual de la cuenca Parral	35
17.- Déficit hídrico anual de la cuenca Jiménez	36
18.- Déficit hídrico anual de la cuenca Villalba	37
19.- Déficit hídrico anual de la cuenca Francisco I. Madero	38
20.- Déficit hídrico anual de la cuenca Las Burras	39
21.- Déficit hídrico anual de la cuenca Chuviscar	40
22.- Déficit hídrico anual de la cuenca El Granero	41
23.- Déficit hídrico anual de la cuenca Puente FFCC	42
24.- Déficit hídrico anual de la cuenca Llanitos	43
25.- Valores de la media reducida	46
26.- Valores de la desviación típica reducida	46
27.- Valores del factor Gamma	58
28.- Valores del factor de frecuencia I	60
29.- Valores del factor de frecuencia II	61
30.- Valores del número de curva I	83
31.- Valores del número de curva II	84
32.- Resumen de resultados fisiográficos e hidrometeorológicos	96
33.- Resumen de resultados de los déficit hídricos	96
34.- Valores de los exponentes de la ecuación de déficit	99
35.- Resultados de los déficit hídricos calculados	99

## RESUMEN

Fecha de Graduación: Enero, 2009

**David Estuardo Peña Vidal**

**Universidad Autónoma de Nuevo León**

**Facultad de Ingeniería Civil**

**Título de la tesis:** DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS SEQUÍAS EN LA AGRICULTURA EN CUENCAS NO AFORADAS.

**Número de páginas:** 127

**Candidato para el grado de  
Maestría en Ciencias  
con especialidad en  
Ingeniería Ambiental**

A últimas fechas, el cambio climático mundial ha ocasionado estragos alrededor del globo terráqueo con fenómenos meteorológicos extremos como inundaciones, aumentos radicales de temperatura y heladas, que son fenómenos con existencias relativamente efímeras y con efectos instantáneos; sin embargo, uno de los más longevos y con consecuencias igualmente devastadoras en distintos ámbitos de la actividad humana es la sequía, que afecta principalmente a la agricultura, ya que es la base de la mayoría de las economías.

En México, la zona norte es la que presenta este fenómeno con más severidad, afectando directamente a la cuenca del Río Bravo, cuyo principal aporte es el Río Conchos, cuya cuenca es objeto de esta investigación.

Más del 90% del agua aprovechable en la cuenca es para uso agrícola, por lo que la aparición de una sequía en la zona afecta directamente las cosechas y por ende, las utilidades económicas provenientes de éstas, por ello, resulta importante poder prever anticipadamente el impacto económico que podría provocar. Por lo anterior, se reunió la información de la producción agrícola de la zona, particularmente del distrito de riego 05 "Las Delicias", así como de las estaciones hidrométricas que cuentan con la información suficiente, se realizó el trazo de las cuencas correspondientes y se calcularon las características fisiográficas de cada una para que, mediante un análisis matemático, se obtuviera la severidad de la sequía asociada a un periodo de retorno.

Una vez definidos estos parámetros se procede a cotejar la información de manera que se puede definir cuantitativamente la esperanza de daños de índole económica que puede provocar una sequía asociada a distintos periodos de retorno.

## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

Las actividades de conservación ambiental en México comenzaron con la Ley General de Ecología en 1973, impulsada por la Comisión Federal de Ecología, que promovió la creación de áreas protegidas y la regulación de actividades que afectaran al medio ambiente. Posteriormente, en 1988 se promulgó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que fortaleció el marco legal y organizacional de la conservación ambiental en México.

Un hito importante en la evolución institucional de México fue la creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en 1989, que centralizó la gestión de las áreas protegidas a nivel nacional. Este organismo se encargó de promover la conservación de la biodiversidad y el patrimonio natural del país, así como de regular las actividades que pudieran afectar a estos recursos.

En el contexto de la Ley General de Ecología, el desarrollo de la conservación ambiental en México se fortaleció con la creación del Instituto Nacional de Ecología (INEC) en 1988. Este organismo se encargó de promover la conservación ambiental y de regular las actividades que pudieran afectar al medio ambiente. El INEC se convirtió en el organismo rector de la conservación ambiental en México, y su creación marcó un hito importante en la evolución institucional de la conservación ambiental en el país.

El desarrollo del sistema de conservación ambiental en México se fortaleció con la creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) en 1989, que centralizó la gestión de las áreas protegidas a nivel nacional. Este organismo se encargó de promover la conservación de la biodiversidad y el patrimonio natural del país, así como de regular las actividades que pudieran afectar a estos recursos.

## 1.- INTRODUCCIÓN



## 1.- INTRODUCCIÓN

### 1.1.- ANTECEDENTES

Las fluctuaciones climáticas intraestacionales y de largo plazo que se han observado en diversas regiones de la Tierra, han comenzado a ser objeto de interés, debido principalmente a su impacto directo en la producción agrícola y en la incidencia de desastres.

Un buen ejemplo de estas variaciones climáticas en México son las frecuentes sequías severas que se presentaron en la década pasada y la tendencia a un aumento de lluvia en el noroeste en la época invernal, así como variaciones en la lluvia en el nivel regional, tanto en el sur de nuestro país como en América Central.

En el Estudio de País: México ante el cambio climático, coordinado por el Instituto Nacional de Ecología en 1995 (INE 1995), se analizó la sequía desde el punto de vista meteorológico, y se definió como una función del déficit de precipitación con respecto a la precipitación media anual o estacional de largo periodo, y su duración en una determinada región.

También del análisis de escenarios de cambio climático se han obtenido resultados que sugieren que el clima de México será más seco y más caliente, y que varias cuencas hidrológicas de México serán altamente vulnerables a estos cambios.

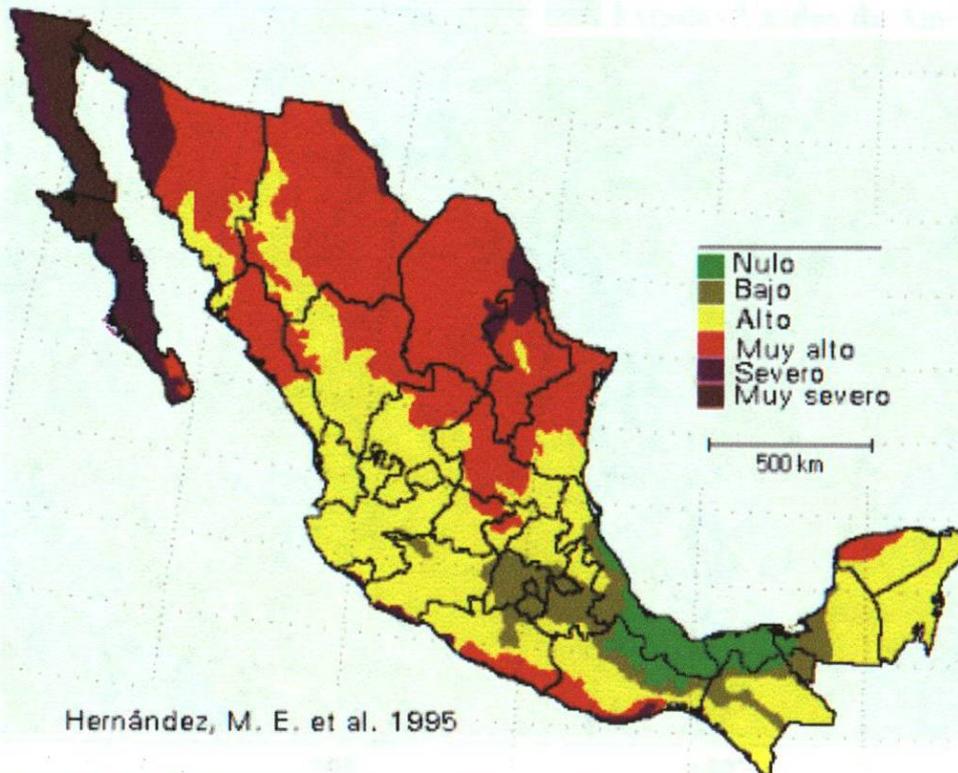


Ilustración 1.- Severidad de las sequías

### 1.1.1.- Cuenca del Río Bravo

Como puede verse en la *ilustración 1*, una de las cuencas que presentan sequías más severas, es la cuenca del Río bravo.

El río Bravo es una corriente de agua que nace en las montañas nevadas de Colorado y Nuevo México; de él depende el abasto de agua y energía eléctrica de aproximadamente trece millones de personas. A lo largo de su recorrido de mil 455 kilómetros, atraviesa los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, del lado mexicano; y Colorado, Nuevo México y Texas, del lado estadounidense, así como los pueblos nativos al norte de Nuevo México, *ilustración 2*.

El río Bravo desemboca en el Golfo de México por Tamaulipas. Por su longitud ocupa el lugar dieciocho en el mundo.

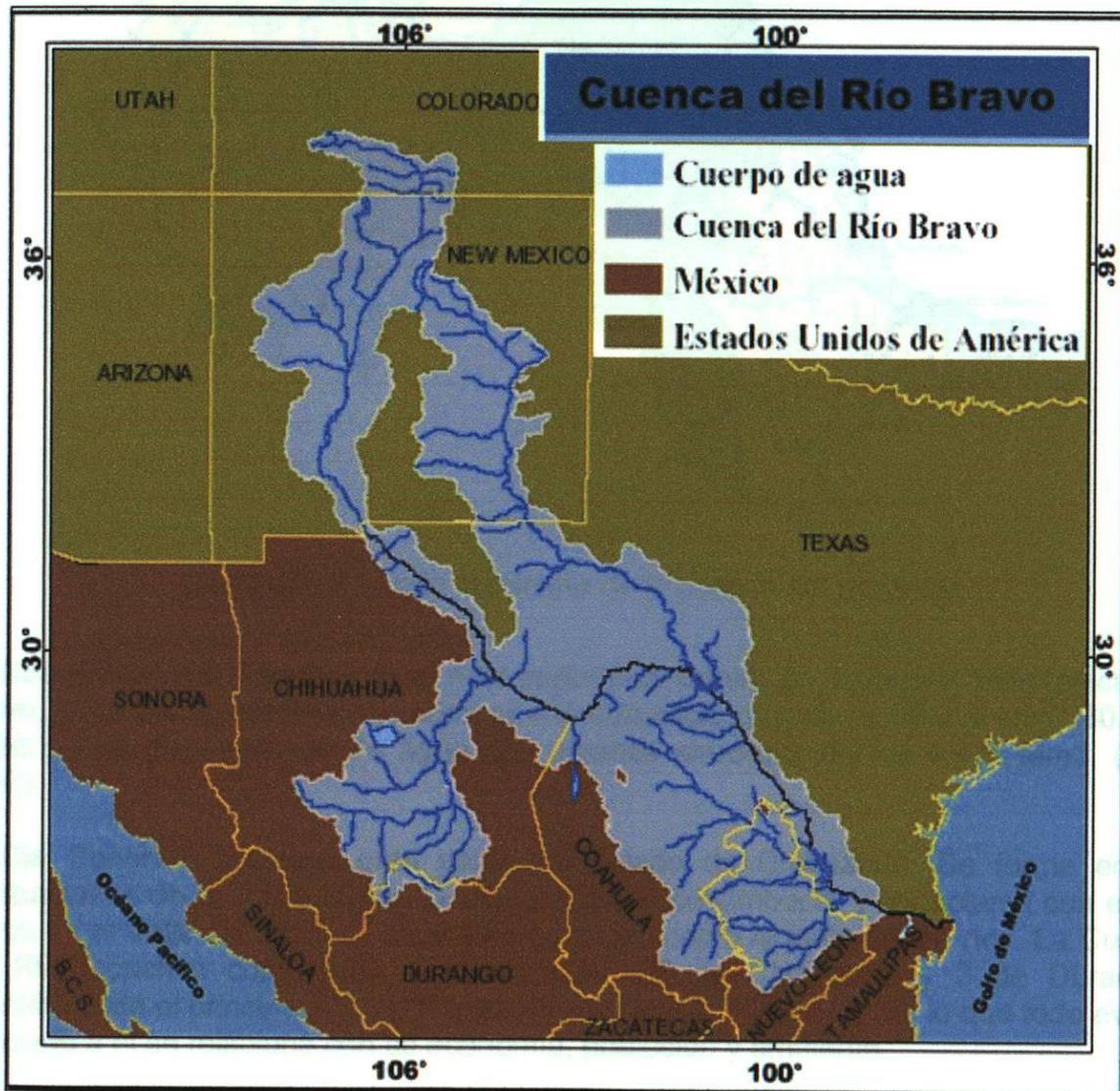


Ilustración 2.- Cuenca del río Bravo

La cuenca del Bravo, como se ve en la *ilustración 3*, es nutrida (del lado mexicano) con aguas tributarias provenientes de los ríos Conchos, Salado, Sabinas, Medio Bravo, Álamo, San Juan y Bajo Bravo.

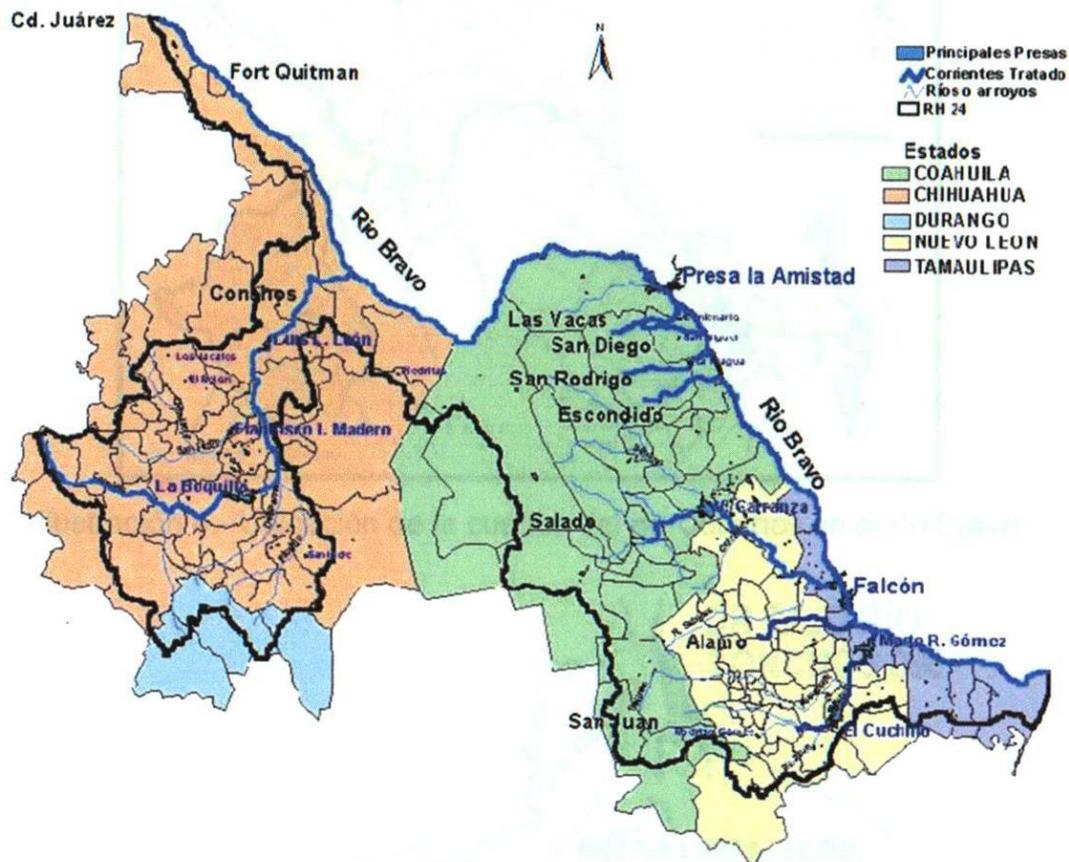


Ilustración 3.- Lado mexicano de la cuenca del río Bravo

La Cuenca del Río Conchos es la más importante dentro de la Región Hidrológica Río Bravo, tanto por su extensión al abarcar una superficie de más de 68,000 km<sup>2</sup>, (30.2%), como por la disponibilidad de agua que alcanza alrededor de los 4,077 Mm<sup>3</sup>. (CNA 1997).

El Río Conchos atraviesa gran parte del estado de Chihuahua. Se forma en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental hasta desembocar y conectarse con el Río Bravo en el Valle de Ojinaga, en el sitio conocido como la junta de los ríos. La Cuenca del Río Conchos comprende 40 municipios (37 de Chihuahua y 3 de Durango), constituyendo el principal escurrimiento del estado de Chihuahua por lo que todo evento asociado a él se relaciona con su economía, población y ambiente.

### 1.1.2.- Cuenca del Río Conchos



Ilustración 4.- Ubicación de la cuenca del río Conchos en el río Bravo

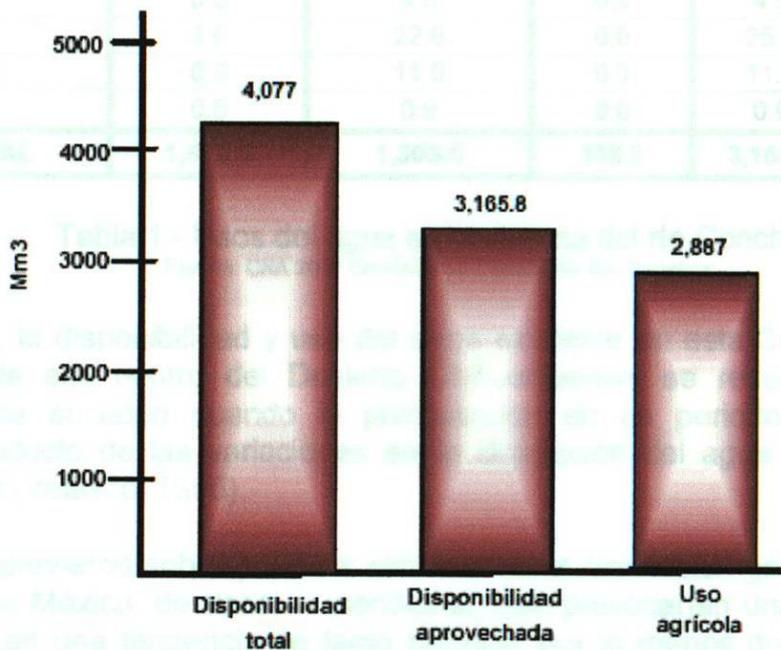


Ilustración 5.- Distritos de riego de la cuenca del río Conchos

De ese volumen global disponible se aprovechan dentro de la cuenca 3,165.8 Mm<sup>3</sup> (77.6%), de los cuales 1,672 se originan en las extracciones de los escurrimientos superficiales, 1,308 Mm<sup>3</sup> en las extracciones de los acuíferos y 185.8 Mm<sup>3</sup> de retorno; el resto, alrededor de 900 Mm<sup>3</sup> se vierten en su confluencia con el Río Bravo.

Las aguas extraídas de ambas fuentes se destinan principalmente para uso agrícola, 2,887 Mm<sup>3</sup>, equivalente al 71.4% del total disponible y al 91.2% del total aprovechado.

En la *ilustración 6* se observan comparativamente los tres valores globales aquí descritos:



Fuente: CNA 2001 Comisión de Cuenca del Río Conchos. Diagnóstico.

Ilustración 6.- Disponibilidad total y aprovechada, volumen de uso agrícola

Con mayor precisión, en la *tabla 1* se observan los diferentes usos del agua en la Cuenca por cada una de sus fuentes:

USOS	FUENTE			TOTAL (Mm <sup>3</sup> /año)	%
	SUPERFICIAL (Mm <sup>3</sup> /año)	SUBTERRÁNEO (Mm <sup>3</sup> /año)	RETORNO (Mm <sup>3</sup> /año)		
Doméstico	28.0	172.0	0.0	200.0	6.3
Industrial	1.0	23.8	0.0	24.8	0.8
Agrícola	1,640.0	1,061.2	185.8	2,887.0	91.2
Energía eléctrica	0.0	12.5	0.0	12.5	0.4
Minería	0.0	4.0	0.0	4.0	0.1
Pecuario	3.0	22.6	0.0	25.6	0.8
Comercial	0.0	11.0	0.0	11.0	0.3
Turismo	0.0	0.9	0.0	0.9	0.0
<b>TOTAL</b>	<b>1,672.0</b>	<b>1,308.0</b>	<b>185.8</b>	<b>3,165.8</b>	<b>100.0</b>

Tabla 1.- Usos del agua en la cuenca del río Conchos

Fuente: CNA 2001 Comisión de Cuenca del Río Conchos

Sin embargo, la disponibilidad y uso del agua existente en esta Cuenca, ubicada una gran parte de ella dentro del Desierto Chihuahuense, se reducen al presentarse sequías; estas suceden cuando la precipitación en un periodo es menor que el promedio producto de las variaciones en la circulación del agua que disminuyen su disponibilidad (Velasco, 1996).

En 1980, se previeron sobre posibles cambios en la circulación general de los vientos en el norte de México, de zonal a meridional, que provocarían una disminución en la precipitación en una tendencia de largo período, por lo menos durante 50 años, que afectarían drásticamente al ambiente y los sistemas productivos.

Según la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1997), a nivel del Estado de Chihuahua de un período de 50 años sólo durante ocho de ellos ocurrieron precipitaciones normales o abundantes, siendo más frecuentes las sequías identificadas cuando la precipitación es menor al 80% de la media anual, fenómeno que es del orden del 50% en esta entidad federativa, con períodos continuos por debajo de la media en corridas de 3 a 14 años. En el mismo tiempo se han presentado seis sequías en casi toda la superficie estatal.

Los datos anteriores reflejan que el problema de déficit hídrico en la Cuenca del Río Conchos es un fenómeno que debe modificar la visión y los criterios de planeación del desarrollo económico en este espacio geográfico comprendido en gran parte del desierto, ya que si bien es difícil predecir años o periodos de escasez o abundancia de agua, las directrices sobre el manejo de este recurso deben basarse en las probabilidades reales de menor disponibilidad y no en las condiciones de aparente abundancia. Sólo de esa manera se estará preparado para prever las sequías, reducir sus impactos sociales y ambientales, disminuir la vulnerabilidad de la Cuenca y posibilitar su conservación.

Las sequías son fenómenos naturales sobre los cuales si bien es probable que incidan en ellos factores antropogénicos como el calentamiento y modificación de la atmósfera del planeta debido a las actividades industriales, la población del desierto debe aprender a convivir con ellas acorde con el comportamiento del ciclo hidrológico en este tipo de ecoregiones. Este debe ser el marco de negociación para disminuir las tensiones sociales relacionadas con la apropiación, uso y conservación del agua en una Cuenca como la del Río Conchos donde ya es motivo de controversia entre usuarios y naciones.

Al reflejarse las sequías en una disminución de la disponibilidad de agua, en los escurrimientos superficiales es importante observar la relación que se establece entre la precipitación, almacenamiento y extracción que se hace en los diferentes puntos de control que se tienen.

### Uso agrícola del agua e impacto de la sequía en la agricultura

En la Cuenca del Río Conchos el aprovechamiento del agua con fines agrícolas se realiza en las Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (URDERALES) y en los Distritos de Riego (DR), utilizándose en los primeros alrededor del 42.1%, del volumen aprovechado, mientras que en los segundos el 57.9% restante, como se observa en la *tabla 2*:

Superficies	Volumen utilizado (Mm <sup>3</sup> )				Superficie agrícola (Has)	
	Pozos profundos	Escurremientos superficiales	TOTAL	%	TOTAL	%
Unidades de riego	880.0	283.0	1,163.0	42.1	132,588	58.23
Distritos de riego	282.0	1,315.0	1,597.0	57.9	95,124	41.77
<b>TOTAL</b>	<b>1,162</b>	<b>1,598</b>	<b>2,760</b>	<b>100</b>	<b>227,712</b>	<b>100</b>

Tabla 2.- Volúmenes y superficies de riego agrícola

Fuente: CNA 1997 Programa Hidráulico de Gran Visión del Estado de Chihuahua 1996-2020

Al ser variable la disponibilidad del agua, particularmente la que proviene de los escurrimientos superficiales, el área agrícola asume un comportamiento errático con fuertes costos económicos para los agricultores.

La reducción de la superficie agrícola obliga a los agricultores a solo sembrar los cultivos más rentables y/o con mayor productividad del agua; es por ello que organismos financieros gubernamentales como los Fondos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA, 1999), han estimado en regiones como el Distrito de Riego 005 Delicias que los cultivos de alfalfa, nogal, chile y cacahuete son los que tienen una mejor relación beneficio-costos, mientras que los últimos dos presentan una mejor productividad del agua (\$/millar de m<sup>3</sup>), no así los dos primeros que se mantienen por las inversiones aplicadas en ellos como perennes y por su rentabilidad financiera.

Estas recomendaciones que hace el FIRA en el Valle de Delicias son importantes para regir el comportamiento de la producción agrícola regional, en la medida que constituye la principal fuente de financiamiento oficial que en gran parte adoptan los bancos privados, además de que las sugiere en la zona o región agrícola de riego con mayor relevancia en el Estado de Chihuahua y en la Cuenca del Río Conchos.

En la siguiente tabla se observan los datos que soportan las anteriores aseveraciones:

Cultivo	Beneficio-Costo		Productividad del agua (\$/millar m <sup>3</sup> )			
	1996	1999	1996	1997	1998	1999
<b>Alfalfa</b>	1.74	2.01	507	325	539	511
<b>Nogal</b>	0.76	2.18	279	1170	979	964
<b>Cacahuete</b>	1.91	1.56	1700	1232	968	1429
<b>Chile</b>	1.33	1.28	1501	2161	2342	1835

Tabla 3.- Relación beneficio-costo y productividad del agua en los principales cultivos sembrados en el Distrito de Riego 005 Delicias

Fuente: FIRA 1999 Plan piloto de planeación estratégica

El FIRA considera que la escasez de agua para riego ha influido en el número de ciclos de riego, en el costo del agua y en el mercado de arrendamiento o venta de derechos de agua. Ciertamente, la reducción de la superficie sembrada se expresa en todos los ciclos agrícolas, pero particularmente en los cultivos de Otoño-Invierno y en los llamados Segundos Cultivos. Otra vez, el ejemplo para representar lo anterior puede visualizarse en las estadísticas del patrón de cultivos de los últimos 22 años del Distrito de Riego 005 Delicias.

La restricción en la disponibilidad de agua incide en su costo y mercado al aumentar la demanda, sobre todo en los cultivos perennes. Continuando con la referencia del Valle de Delicias donde la asignación de derechos de agua se hace con base al millar como unidad de medida (Un millar = 1,000 m<sup>3</sup>), en esta región se observa una disminución del volumen asignado como sucede en el ciclo agrícola Primavera-Verano 2002, que se reduce a 20 millares por derecho, mientras que en el año anterior fue de 27 millares con los cuales es posible sembrar alrededor de tres hectáreas, según el cultivo, el manejo que se le dé a este y las condiciones físicas en que se realice; se considera un ciclo agrícola "normal" cuando la asignación es de 100 millares.

El costo de estos derechos varía según el volumen asignado y las exigencias que tengan los agricultores para usarlo en sus cultivos; así, en el año 2001 un millar se cotizó en \$75.00, por lo que el costo de 27 millares fue de \$2,025.00; sin embargo, hubo convenios privados de arrendamiento donde la cotización osciló entre esa cantidad hasta \$6,000.00, por lo que en el presente ciclo es de esperarse que también el costo del agua sea elevado a pesar de que el volumen asignado sea menor.

La escasez impacta el mercado de agua favoreciendo las transferencias de derechos entre los Módulos de Riego y los usuarios, particularmente de los pequeños a los grandes debido a que la reducción de la superficies sembradas con derecho a riego también disminuye el interés por esta actividad, aunado a la reubicación que en ocasiones tiene que hacerse de las superficies de cultivo por la compactación de áreas en sitios más cercanos a las redes de conducción del agua para posibilitar una mayor eficiencia.

Si los agricultores no encuentran una forma de complementar sus ingresos se ven obligados a transferir sus volúmenes de agua a quienes posean mayor capacidad económica para adquirirlos, que pueden ser aquellos quienes en sus predios cuentan con pozos profundos de bombeo privados y/o hayan establecidos cultivos perennes como alfalfa o nogal, a los cuales provocaría pérdidas severas si se dejan de regar en la medida que han aplicado en ellos inversiones cuantiosas y requieren un manejo durante un periodo de tiempo mayor a la duración de un ciclo agrícola estacional o anual.

## **1.2.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1.- Objetivo General**

Definir de manera cuantitativa, a través del análisis de la información hidrometeorológica disponible, la magnitud de la escasez del recurso hídrico, así como la severidad en el impacto económico que ésta genera en materia agropecuaria.

### **1.2.2.- Objetivo Específico**

Recabar la información hidrométrica, meteorológica, topográfica y cartográfica de lo referente a la cuenca del río Conchos, así como datos fisiográficos, de uso de suelo y principales cultivos de la región, con el fin de obtener la esperanza de daños de índole económico que se generan en la agricultura de la zona en estudio.

### **1.3.- JUSTIFICACIÓN**

El problema del agua en las ecoregiones áridas como el Desierto Chihuahuense se origina en una interpretación antropocéntrica equivocada del ciclo hidrológico, la cual, lamentable o afortunadamente, ha evidenciado sus limitaciones ante un constante y real déficit hídrico como lo expresan los períodos de sequía similares al que enfrentamos actualmente.

La creciente demanda de agua para diversos usos se convierte en un factor de presión humana sobre este recurso, cuya disponibilidad y distribución física está predeterminado por la propia naturaleza, volviendo vulnerables las cuencas hidrográficas donde esto sucede tal y como hoy en día se observa en la Cuenca del Río Conchos.

Por su importancia en cuanto a extensión y disponibilidad hídrica, esta Cuenca ha sido puesta en la mesa de la reflexión en la medida que su problemática ha adquirido una connotación socioeconómica, ambiental y binacional. En ella se denota que la prolongación del último período de sequía ha reducido las superficies agrícolas con altos costos para los agricultores; presenta también costos ambientales al disminuir los escurrimientos sobre el río con el consecuente deterioro de los ecosistemas riparios, afectando la biodiversidad y el hábitat en que esta reside; ha obligado al racionamiento del agua en ciudades importantes para satisfacer la demanda municipal.

### **1.4.- HIPÓTESIS**

El déficit del recurso hídrico puede generar, entre otras cosas, impactos importantes dentro de las distintas actividades humanas, siendo la agropecuaria una de las más importantes, ya que representa la base de la economía de la región.

## 2.1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MONITOREO AMBIENTAL

Para la realización de este estudio se utilizó como herramienta principal el sistema de monitoreo ambiental que se encuentra en el sitio de estudio, para la recolección de datos de calidad del agua y del aire.

Estación	Fecha	Caudal (m <sup>3</sup> /s)		Temperatura (°C)		pH	
		Este	Oeste	Superficie	Profundidad	Superficie	Profundidad
Puerto	15/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5
Puerto	16/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5
Puerto	17/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5
Puerto	18/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5
Puerto	19/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5
Puerto	20/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5
Puerto	21/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5
Puerto	22/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5
Puerto	23/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5
Puerto	24/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5
Puerto	25/05/2018	0.15	0.15	28	28	7.5	7.5

## 2.- METODOLOGÍA

La metodología de este estudio se basó en el uso de los datos de calidad del agua y del aire que se recolectaron en el sitio de estudio, para la recolección de datos de calidad del agua y del aire.

## 2.1.- MARCO FÍSICO

### 2.1.1.- UBICACIÓN DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

Para su estudio, se seleccionaron diez estaciones hidrométricas diseminadas por el área total de la cuenca, que a continuación se enumeran en la *tabla 4*:

Estación	Clave	Coordenadas		Latitud		Longitud	
		Este	Norte	Grados	Minutos	Grados	Minutos
Peguis	24388	526323	3263639	29	30	104	43
Parral	24346	426448	2978372	26	55	105	44
Jiménez	24225	507307	3002658	27	08	104	55
Villalba	24181	423177	3095879	27	59	105	46
Fco. I. Madero	24218	437525	3116801	28	10	105	22
Las Burras	24226	459934	3157464	28	32	105	24
Chuviscar	24331	391820	3166892	28	37	106	06
El Granero	24339	473452	3208210	29	00	105	16
Puente FFCC	24280	434938	2932245	26	30	105	39
Llanitos	24400	377944	2952791	26	41	106	13

Tabla 4.- Ubicación de las estaciones hidrométricas

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática

A continuación, en la *ilustración 7* se muestra su ubicación geográfica en las cartas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

## 2.1.2.- DEFINICIÓN DE LAS SUBCUENCAS

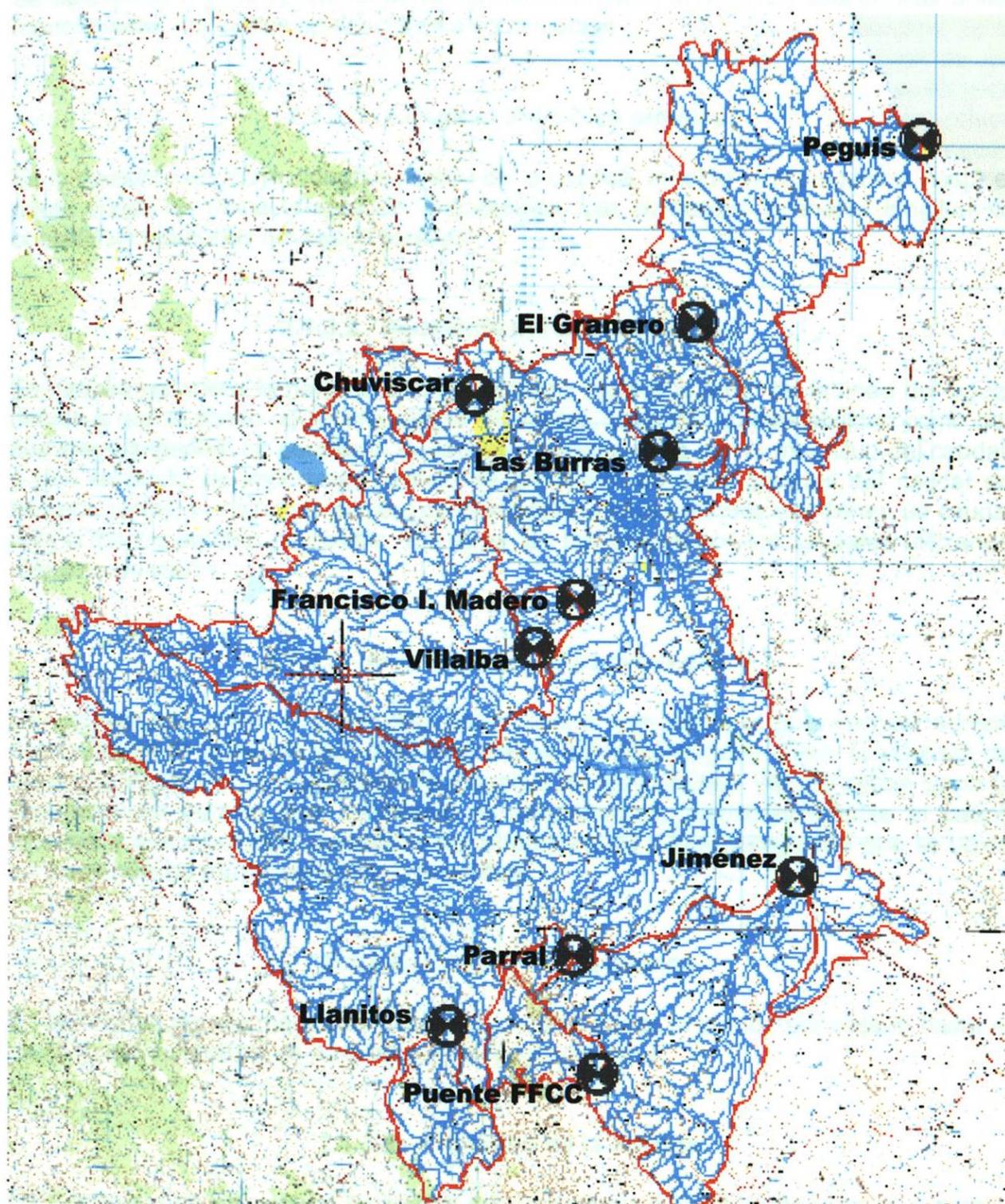


Ilustración 7.- Ubicación de las estaciones hidrométricas

## **2.1.3.- CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS**

Se obtuvieron algunos parámetros fisiográficos de cada una de las subcuencas antes mencionadas, los cuales se describen a continuación:

### **2.1.3.1.- Longitud del cauce principal**

Es la corriente de mayor longitud dentro de la cuenca, medida desde su inicio hasta el punto donde se ubica la estación hidrométrica. Las corrientes de menor longitud se consideran tributarias del cauce principal.

### **2.1.3.2.- Pendiente del cauce principal**

En cauces naturales la pendiente longitudinal se mide a lo largo de la línea del agua, debido a que el fondo no es una buena referencia, tanto por su inestabilidad como por sus irregularidades. La pendiente de la línea del agua varía con la magnitud del caudal, y esa variación es importante cuando se presentan cambios grandes del caudal en tiempos cortos, por ejemplo al paso de crecientes. En los periodos que tienen un caudal más o menos estable es posible relacionar las pendientes con los caudales utilizando registros de aforos.

### **2.1.3.3.- Área de aportación de la cuenca**

Es considerada como el parámetro físico básico que define a una cuenca, siendo determinante de la escala de varios fenómenos hidrológicos tales como, el volumen de agua que ingresa por precipitación, la magnitud de los caudales, etc. Se define como la superficie del terreno que contribuye al escurrimiento, dirigiéndolo hacia el cauce principal y sus tributarios, delimitada por el parteaguas o línea imaginaria que se ubica en los puntos de mayor elevación topográfica.

### **2.1.3.4.- Longitud de la cuenca**

Es la longitud del eje mayor de la cuenca, medido desde el punto más alejado hasta el exutorio, generalmente es paralelo a la corriente principal.

### **2.1.3.5.- Perímetro de la cuenca**

Es la longitud en proyección horizontal del parteaguas o límite exterior de la cuenca y depende de la superficie y la forma de ésta.

### 2.1.3.6.- Pendiente de la cuenca

Dada la variación considerable de la pendiente del terreno en una cuenca típica, es necesario definir un índice promedio que la represente, cuya precisión dependerá de la calidad del mapa que se utilice. La pendiente media de la cuenca, es uno de los factores que mayor influencia tiene en la duración del escurrimiento, sobre el suelo y los cauces naturales, afectando de manera notable, la magnitud de las descargas; influye así mismo, en la infiltración, la humedad del suelo y la probable aparición de aguas subterránea al escurrimiento superficial, aunque es difícil la estimación cuantitativa, del efecto que tiene la pendiente sobre el escurrimiento para estos casos.

### 2.1.3.7.- Coeficiente de compacidad

El coeficiente de compacidad es una relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia con la misma superficie de la cuenca. Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similitud con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación:

- Rango entre 1 y 1.25.- Corresponde a forma redonda a oval redonda
- Rango entre 1.25 y 1.5.- Corresponde a forma oval redonda a oval oblonga
- Rango entre 1.5 y 1.75.- Corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga.

### 2.1.3.8.- Factor de elongación

El índice de alargamiento es otro parámetro que muestra el comportamiento de forma de la cuenca, pero esta vez no respecto a su redondez, sino a su tendencia a ser de forma alargada, en relación a su longitud axial, y al ancho máximo de la cuenca. Aquellas cuencas que presentan valores mayores a uno, presentan un área mas larga que ancha, obedeciendo a una forma más alargada, que la de aquellas donde la proporción entre largo y ancho de la cuenca, está inclinada hacia la segunda dimensión, directamente relacionada con la forma redondeada, determinada en los índices anteriores. Igualmente, este índice permite cuencas haciendo referencia a la dinámica rápida o lenta del agua en los drenajes y su potencial erosivo o de arrastre.

### Tabla 2.- Características fisiográficas de la cuenca

Característica	Valor
Área de la cuenca	87.28 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	4.34 km
Perímetro de la cuenca	13.04 km
Pendiente de la cuenca	2.4%
Coeficiente de compacidad	1.33
Factor de elongación	1.15

En las siguientes páginas se muestran cada una de las cuencas analizadas con sus respectivas características fisiográficas.

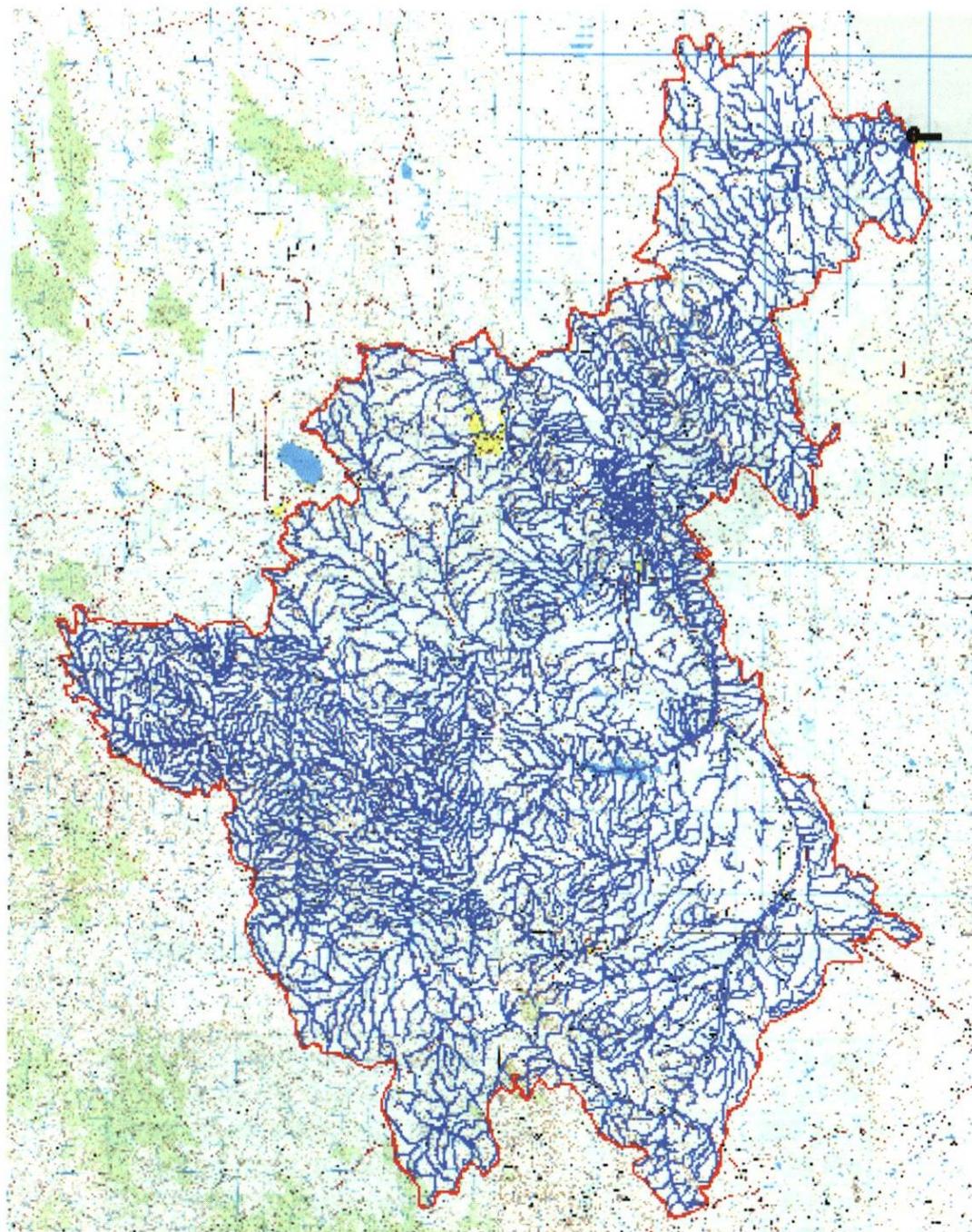


Ilustración 8.- Cuenca de la estación hidrométrica Peguis

Longitud del cauce principal	871 km
Pendiente del cauce principal	0.19 %
Área de aportación de la cuenca	67128 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	434 km
Perímetro de la cuenca	1984 km
Pendiente de la cuenca	2.44 %
Coefficiente de compacidad	2.159
Factor de elongación	0.674

Tabla 5.- Características fisiográficas de la cuenca Peguis

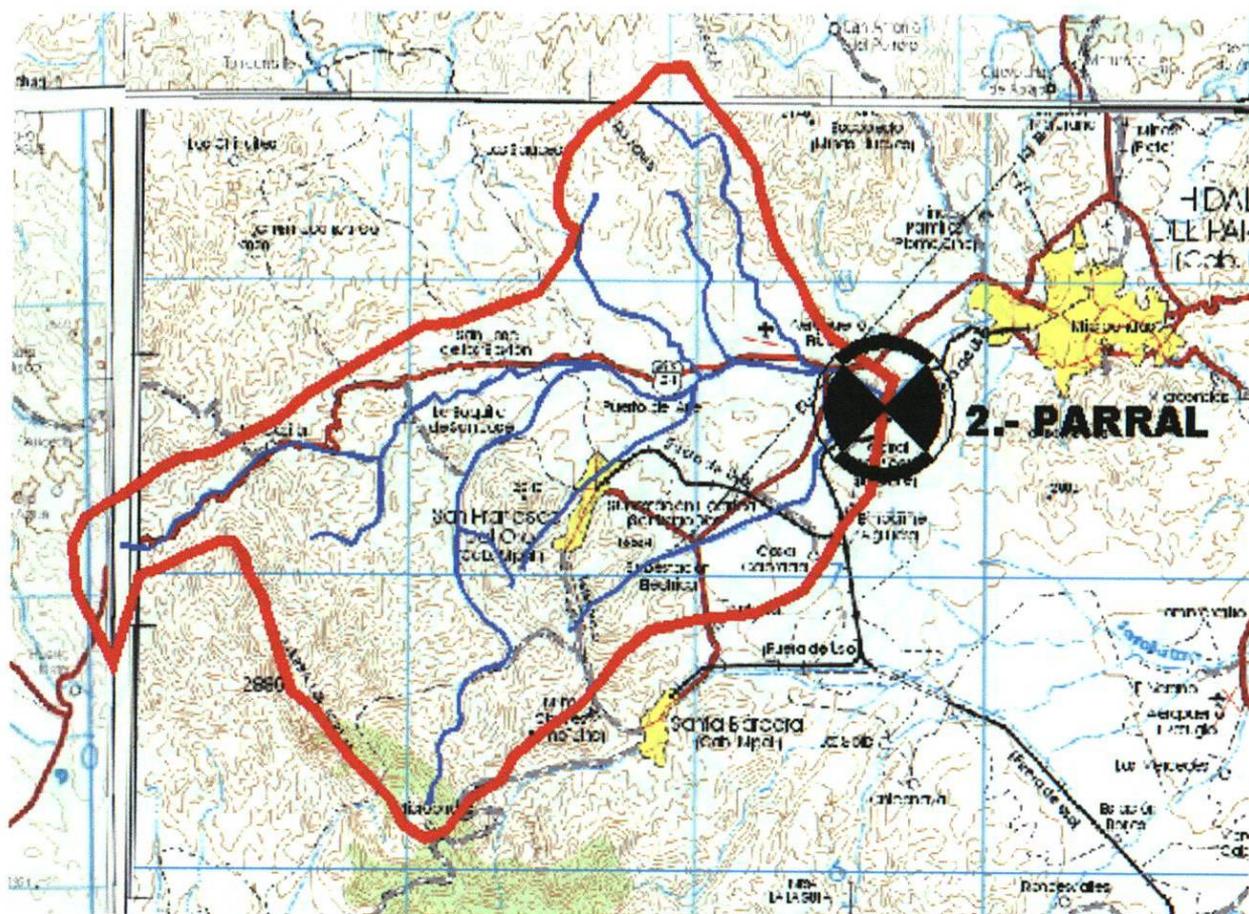


Ilustración 9.- Cuenca de la estación hidrométrica Parral

Longitud del cauce principal	31 km
Pendiente del cauce principal	0.91 %
Área de aportación de la cuenca	333 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	29 km
Perímetro de la cuenca	90 km
Pendiente de la cuenca	10.96 %
Coefficiente de compacidad	1.391
Factor de elongación	0.710

Tabla 6.- Características fisiográficas de la cuenca Parral

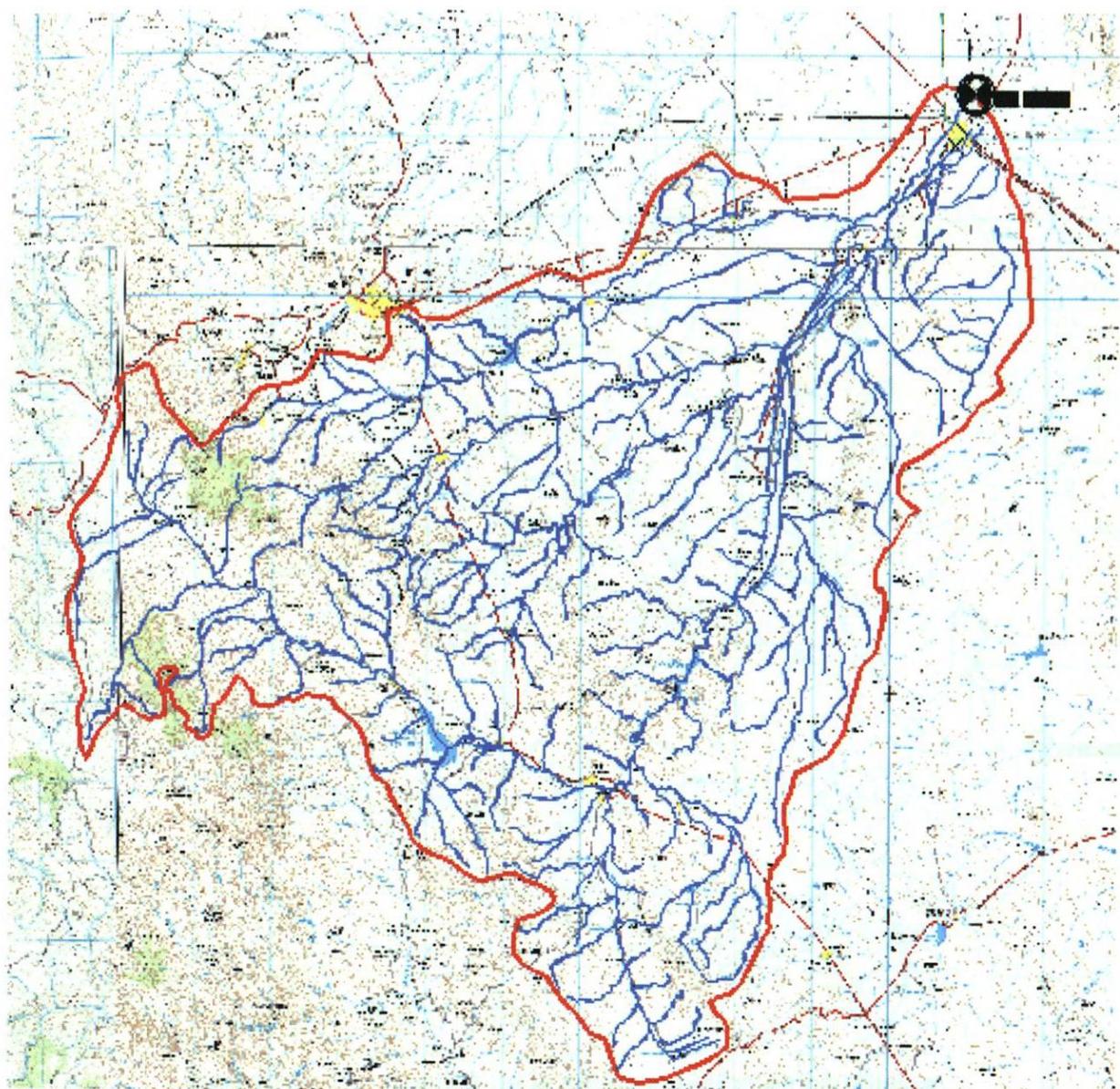


Ilustración 10.- Cuenca de la estación hidrométrica Jiménez

Longitud del cauce principal	214 km
Pendiente del cauce principal	0.55 %
Área de aportación de la cuenca	7770 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	136 km
Perímetro de la cuenca	486 km
Pendiente de la cuenca	1.58 %
Coefficiente de compacidad	1.555
Factor de elongación	0.731

Tabla 7.- Características fisiográficas de la cuenca Jiménez

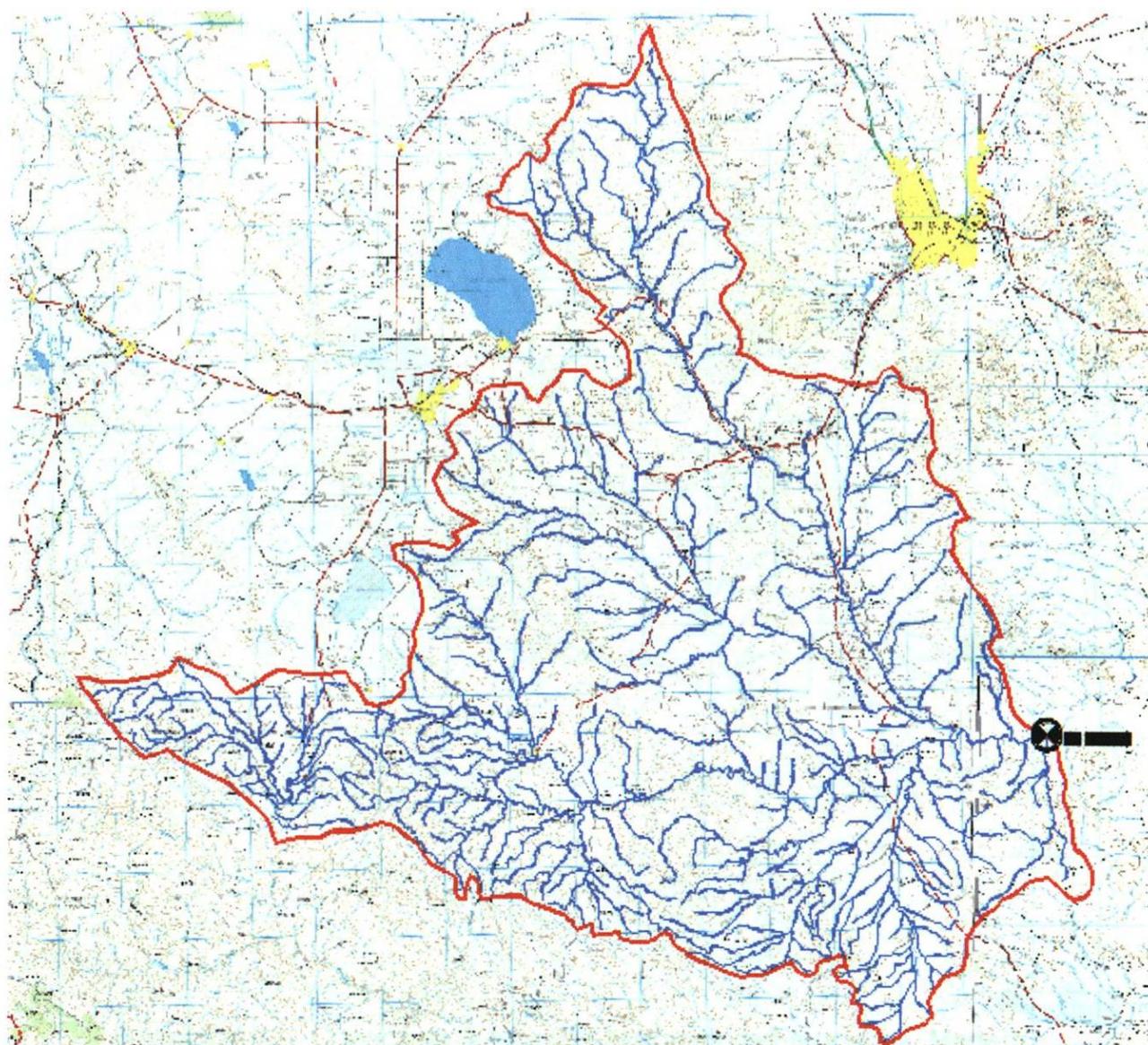


Ilustración 11.- Cuenca de la estación hidrométrica Villalba

Longitud del cauce principal	215 km
Pendiente del cauce principal	0.60 %
Área de aportación de la cuenca	9557 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	141 km
Perímetro de la cuenca	634 km
Pendiente de la cuenca	2.14 %
Coefficiente de compacidad	1.829
Factor de elongación	0.782

Tabla 8.- Características fisiográficas de la cuenca Villalba

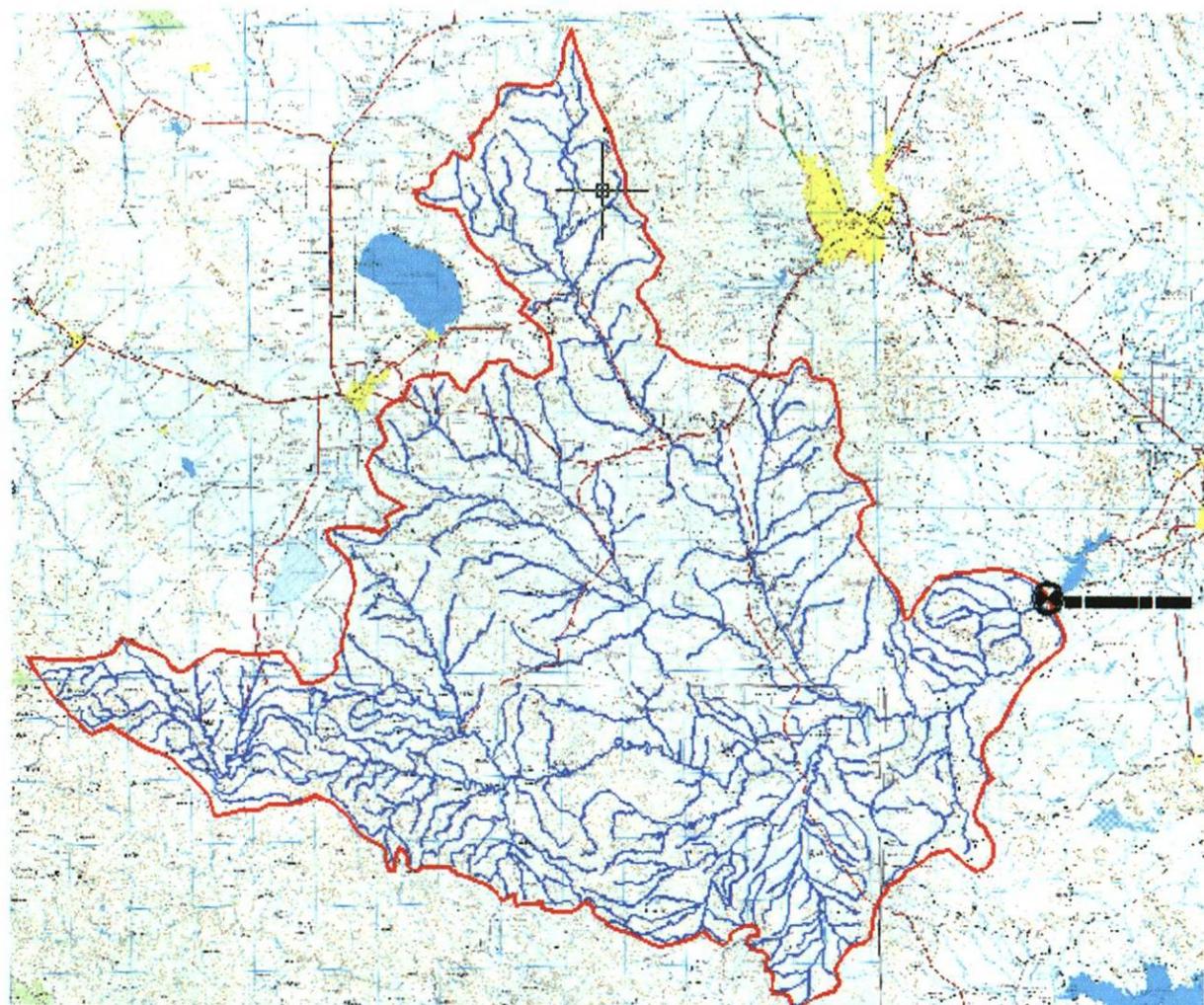


Ilustración 12.- Cuenca de la estación hidrométrica Francisco I. Madero

Longitud del cauce principal	248 km
Pendiente del cauce principal	0.49 %
Área de aportación de la cuenca	10059 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	162 km
Perímetro de la cuenca	667 km
Pendiente de la cuenca	2.22 %
Coefficiente de compacidad	1.875
Factor de elongación	0.699

Tabla 9.- Características fisiográficas de la cuenca Francisco I. Madero

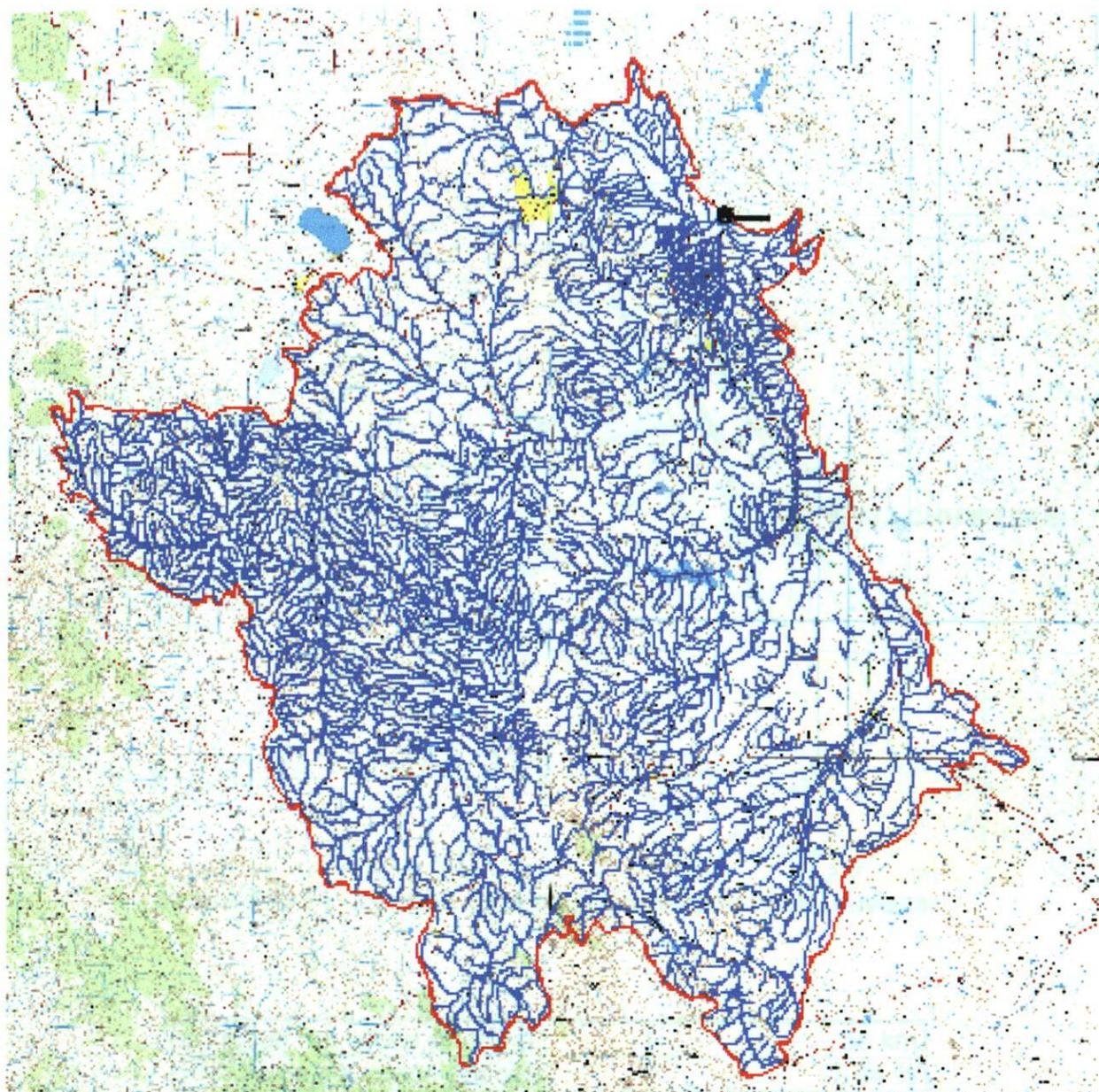


Ilustración 13.- Cuenca de la estación hidrométrica Las Burras

Longitud del cauce principal	595 km
Pendiente del cauce principal	0.16 %
Área de aportación de la cuenca	55377 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	281 km
Perímetro de la cuenca	1525 km
Pendiente de la cuenca	2.66 %
Coefficiente de compacidad	1.827
Factor de elongación	0.945

Tabla 10.- Características fisiográficas de la cuenca Las Burras

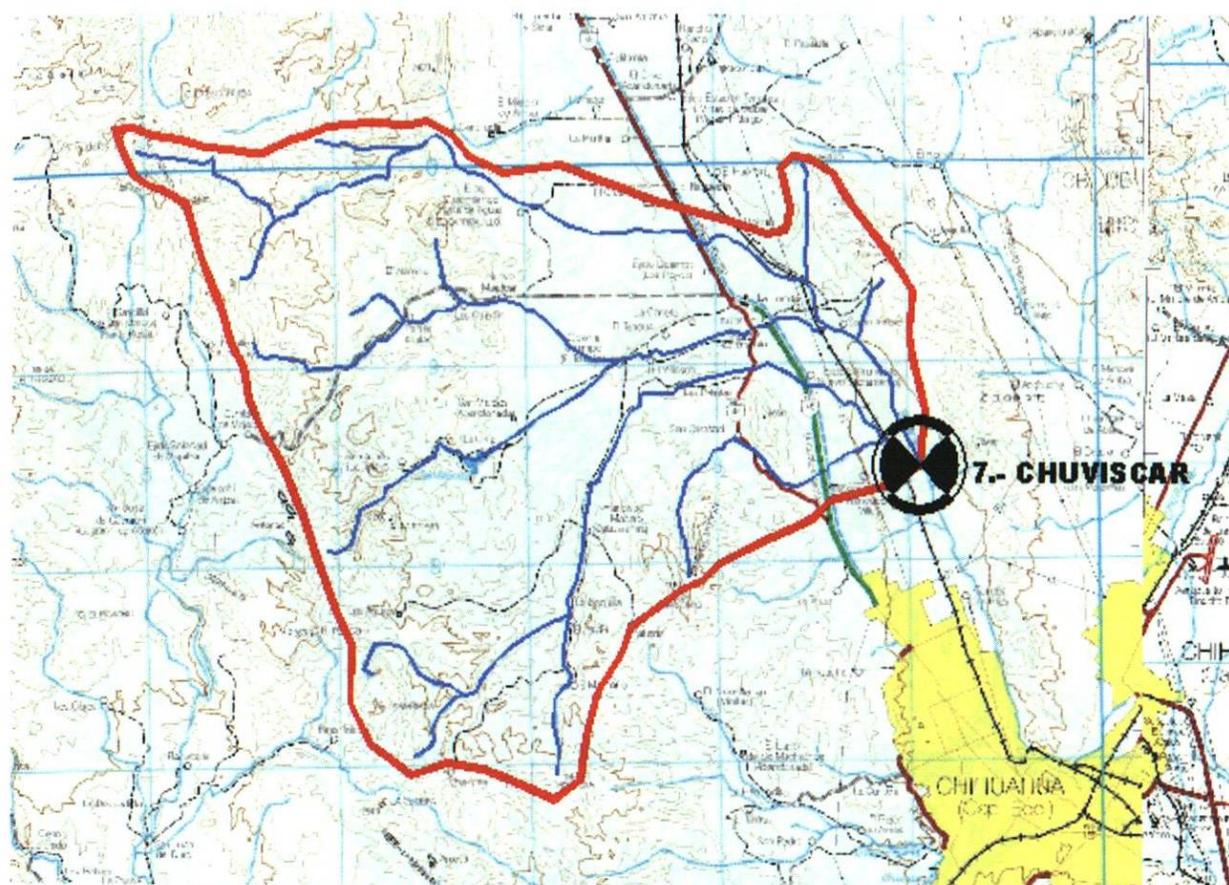


Ilustración 14.- Cuenca de la estación hidrométrica Chuviscar

Longitud del cauce principal	55 km
Pendiente del cauce principal	1.44 %
Área de aportación de la cuenca	854 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	46 km
Perímetro de la cuenca	135 km
Pendiente de la cuenca	5.21 %
Coefficiente de compacidad	1.303
Factor de elongación	0.717

Tabla 11.- Características fisiográficas de la cuenca Chuviscar

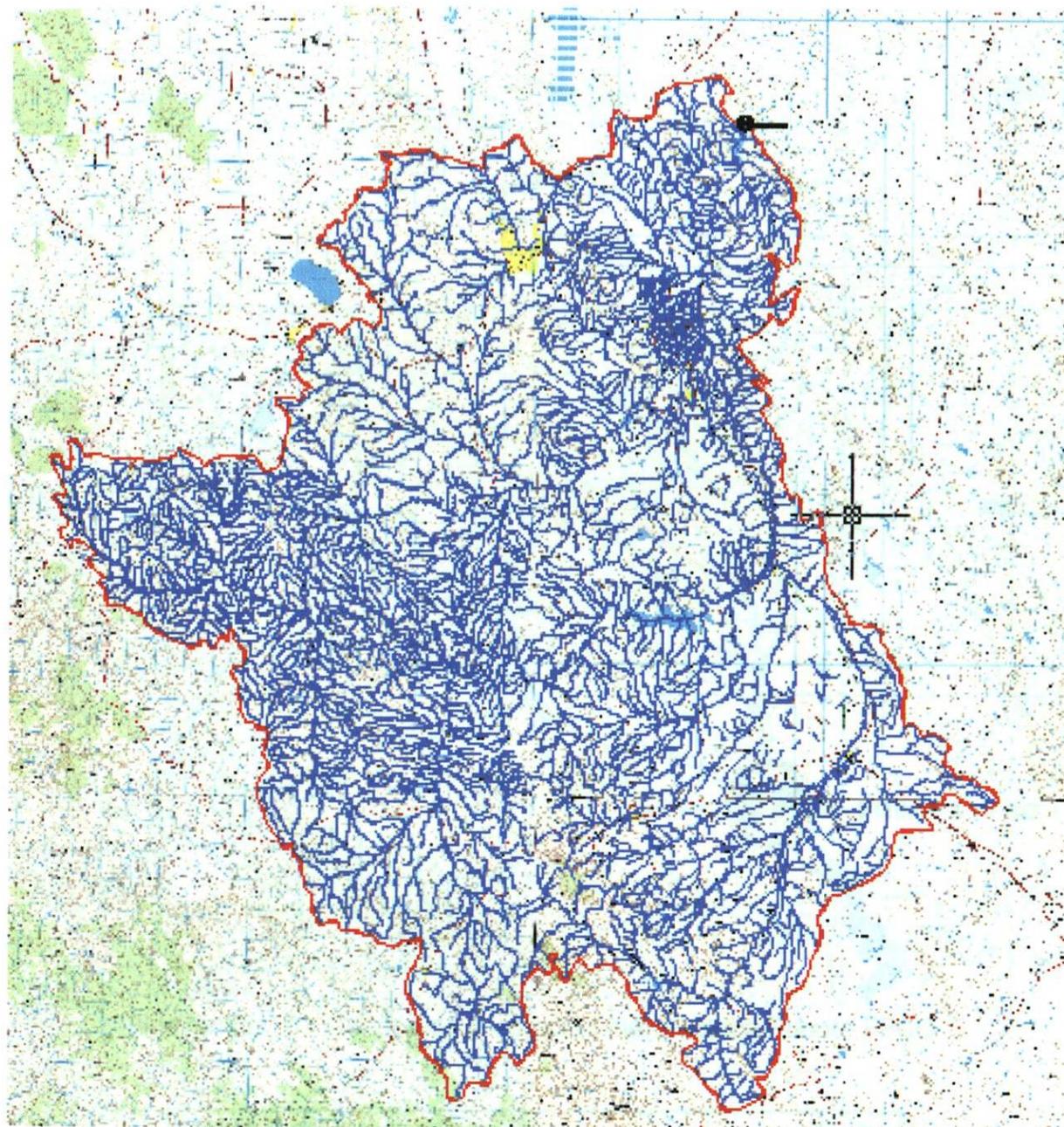


Ilustración 15.- Cuenca de la estación hidrométrica El Granero

Longitud del cauce principal	679 km
Pendiente del cauce principal	0.16 %
Área de aportación de la cuenca	57819 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	335 km
Perímetro de la cuenca	1565 km
Pendiente de la cuenca	2.55 %
Coefficiente de compacidad	1.835
Factor de elongación	0.810

Tabla 12.- Características fisiográficas de la cuenca El Granero

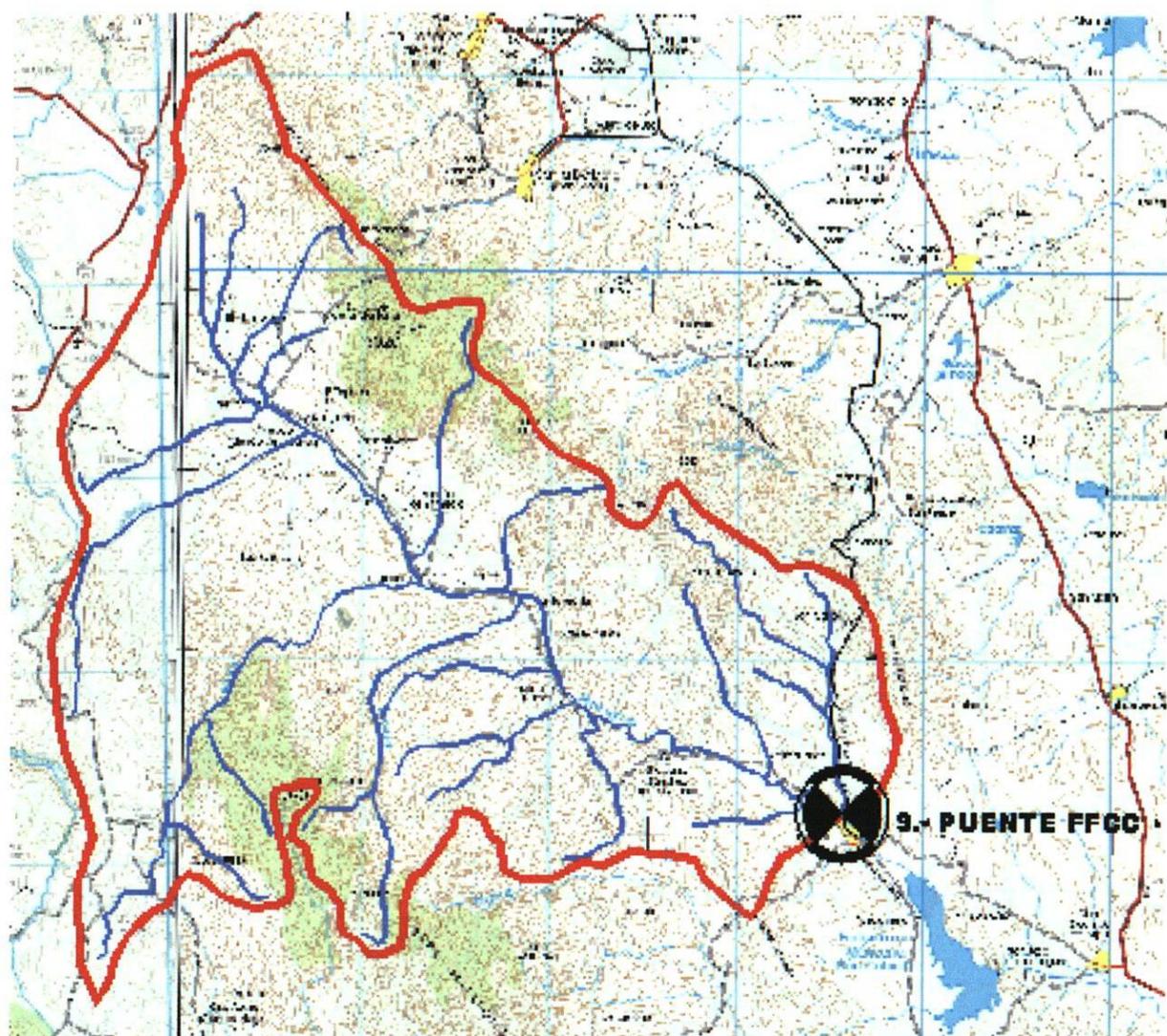


Ilustración 16.- Cuenca de la estación hidrométrica Pueblo FFCC

Longitud del cauce principal	63 km
Pendiente del cauce principal	0.96 %
Área de aportación de la cuenca	1162 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	50 km
Perímetro de la cuenca	189 km
Pendiente de la cuenca	3.31 %
Coefficiente de compacidad	1.564
Factor de elongación	0.769

Tabla 13.- Características fisiográficas de la cuenca Pueblo FFCC



Ilustración 17.- Cuenca de la estación hidrométrica Llanitos

Longitud del cauce principal	88 km
Pendiente del cauce principal	1.00 %
Área de aportación de la cuenca	1581 km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	64 km
Perímetro de la cuenca	187 km
Pendiente de la cuenca	11.86 %
Coefficiente de compacidad	1.326
Factor de elongación	0.701

Tabla 14.- Características fisiográficas de la cuenca Llanitos

## 2.2.- INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA

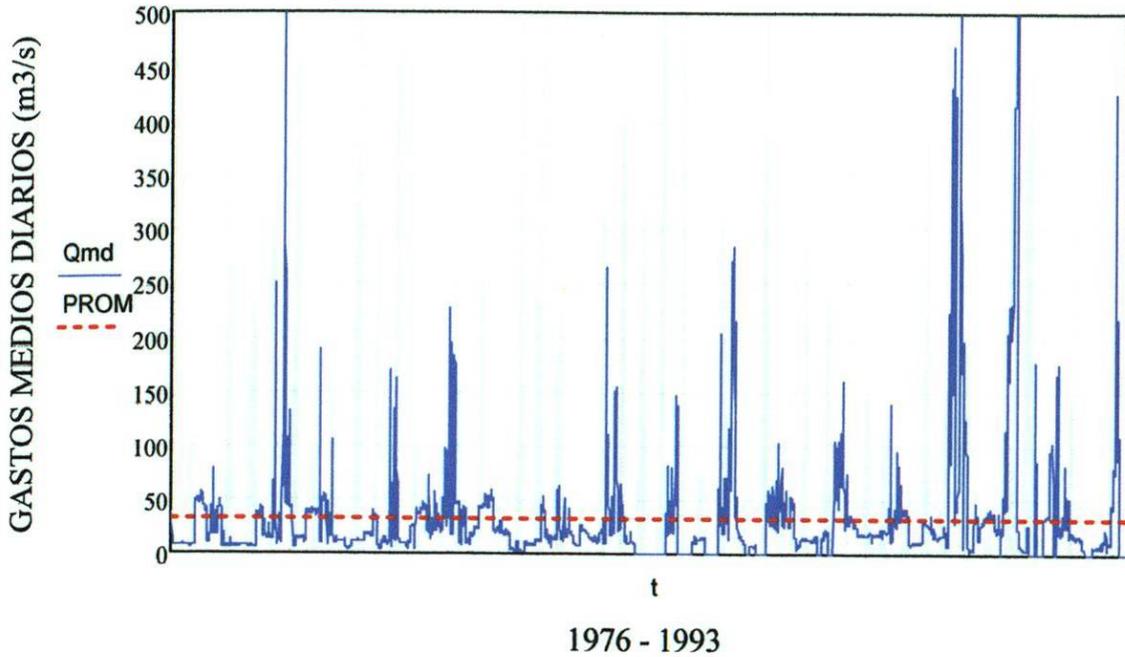
Para obtener la información hidrométrica, se acudió a la Comisión Nacional del Agua (CNA), y nos facilitó la información del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales, que elaboró en conjunto con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el cual contiene las estadísticas de los escurrimientos superficiales de todo el país.

Se obtuvieron los gastos medios diarios de las estaciones hidrométricas antes mencionadas de los últimos años, con el fin de obtener un valor promedio, el cual nos representará un límite entre déficit y superávit.

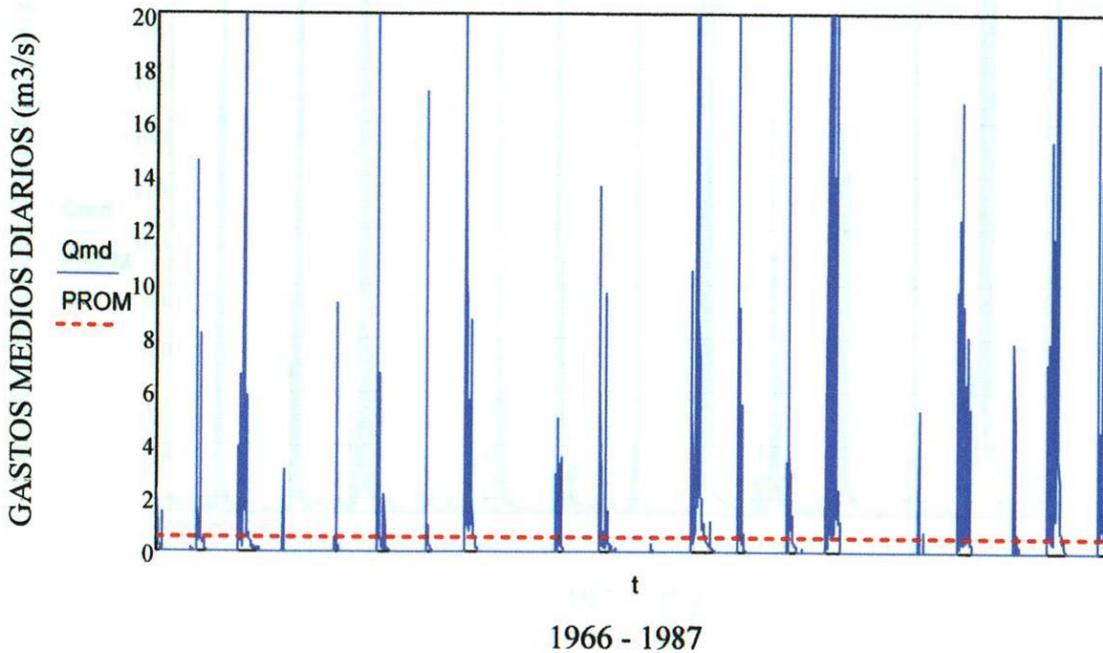


Gráficamente los datos obtenidos fueron los que se presentan a continuación:

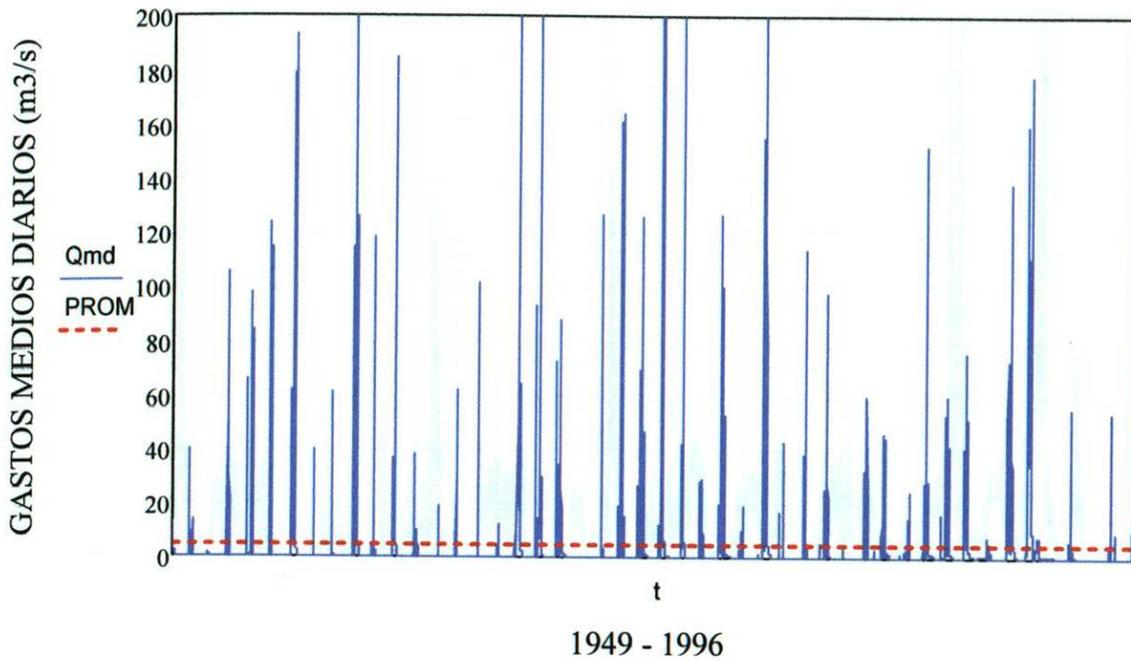
**Estación:** Peguis      **Clave:** 24388  
**Corriente:** Río Conchos      **Región** 24 Bravo  
**Cuenca:** Río Bravo      **Estado:** Chihuahua



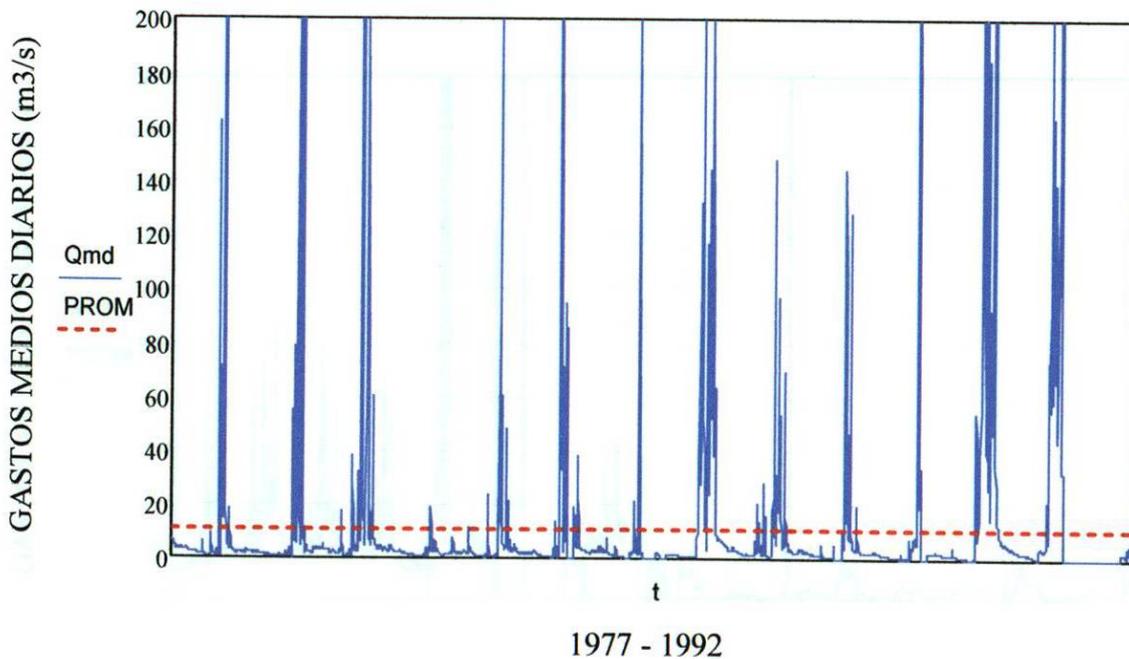
**Estación:** Parral      **Clave:** 24388  
**Corriente:** Salidas Presa      **Región** 24 Bravo  
**Cuenca:** Río Parral      **Estado:** Chihuahua



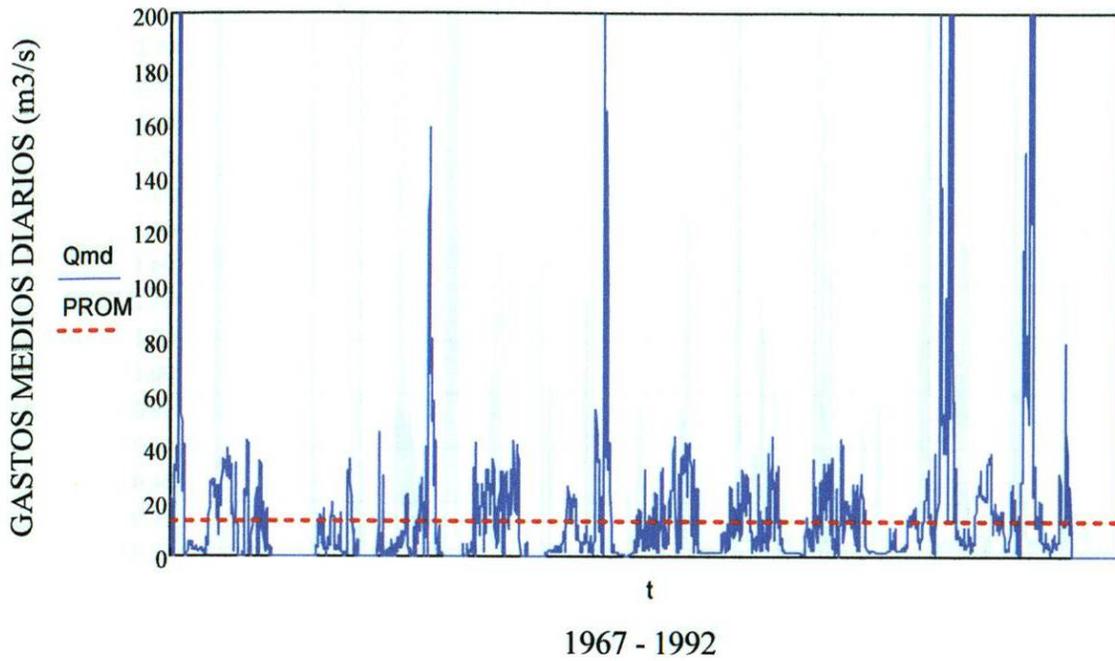
**Estación:** Jiménez      **Clave:** 24225  
**Corriente:** Río Florido      **Región** 24 Bravo  
**Cuenca:** Río Conchos      **Estado:** Chihuahua



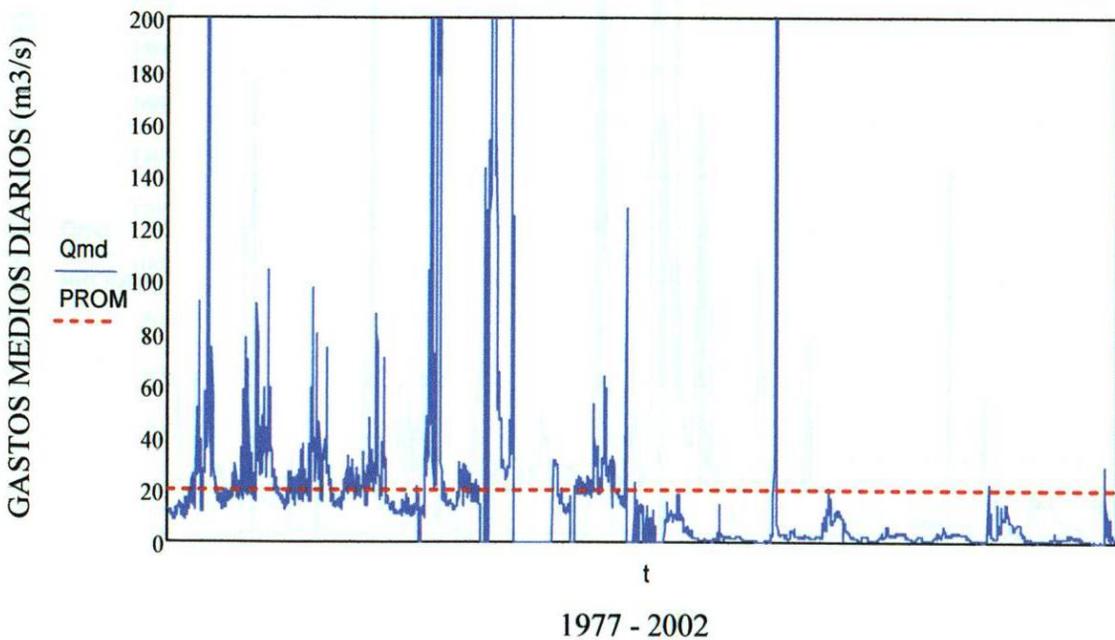
**Estación:** Villalba      **Clave:** 24181  
**Corriente:** Río San Pedro      **Región** 24 Bravo  
**Cuenca:** Río Conchos      **Estado:** Chihuahua



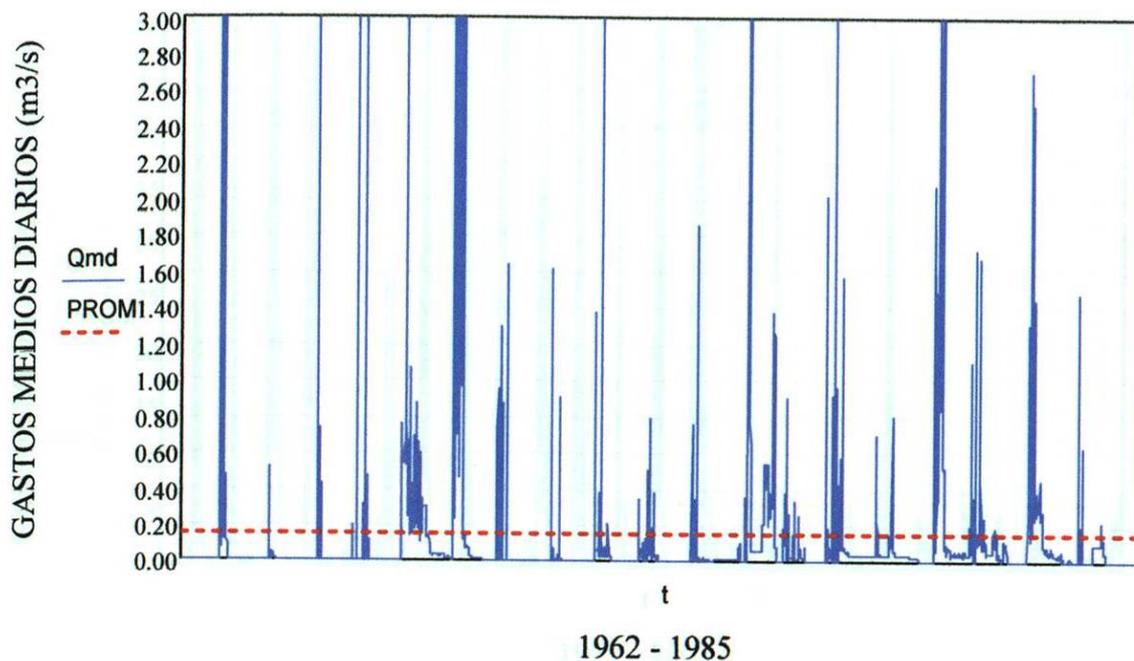
**Estación:** Fco. I. Madero **Clave:** 24218  
**Corriente:** Río San Pedro **Región** 24 Bravo  
**Cuenca:** Río San Juan **Estado:** Chihuahua



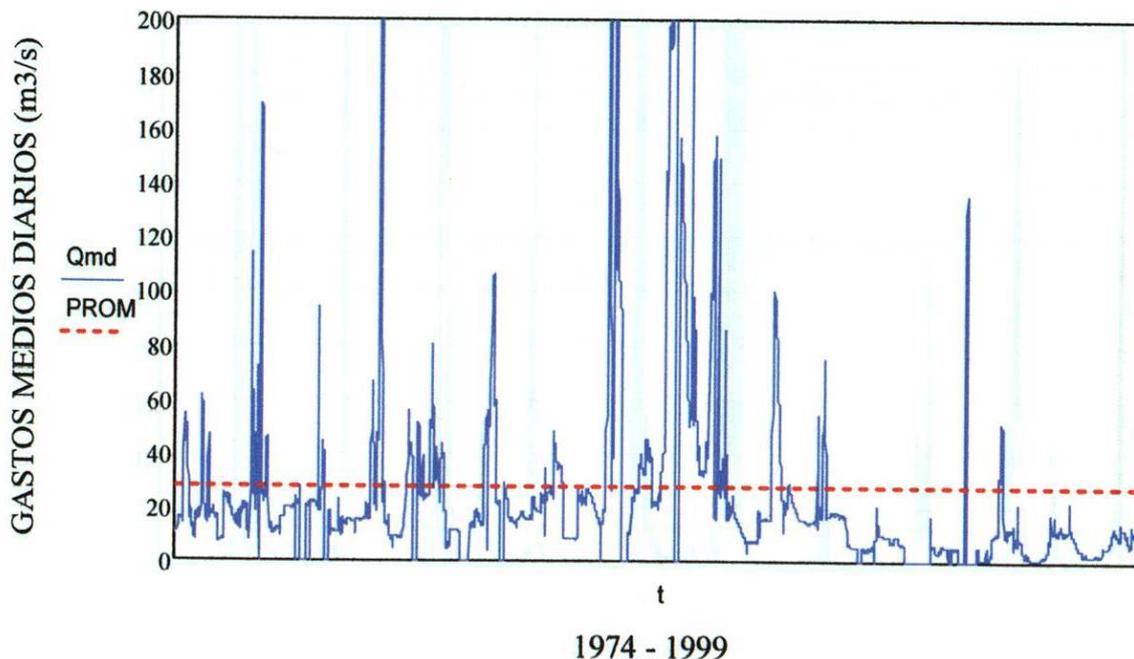
**Estación:** Las Burras **Clave:** 24226  
**Corriente:** Río Conchos **Región** 24 Bravo  
**Cuenca:** Río Bravo **Estado:** Chihuahua



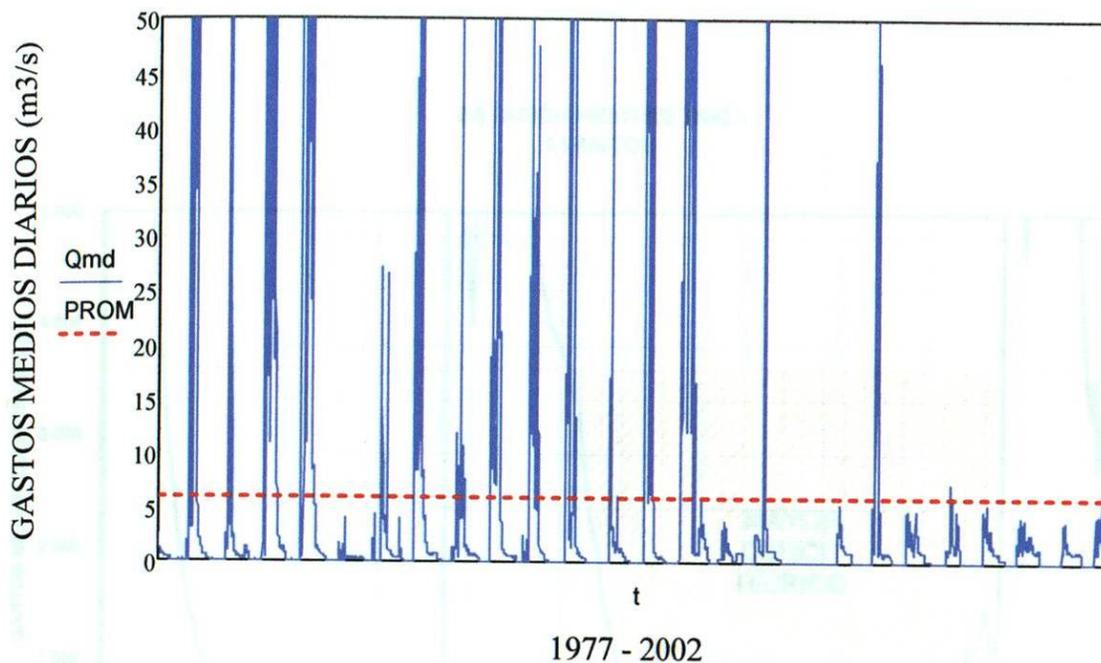
**Estación:** Chuviscar      **Clave:** 24331  
**Corriente:** Río Chuviscar      **Región** 24 Bravo  
**Cuenca:** Río Conchos      **Estado:** Chihuahua



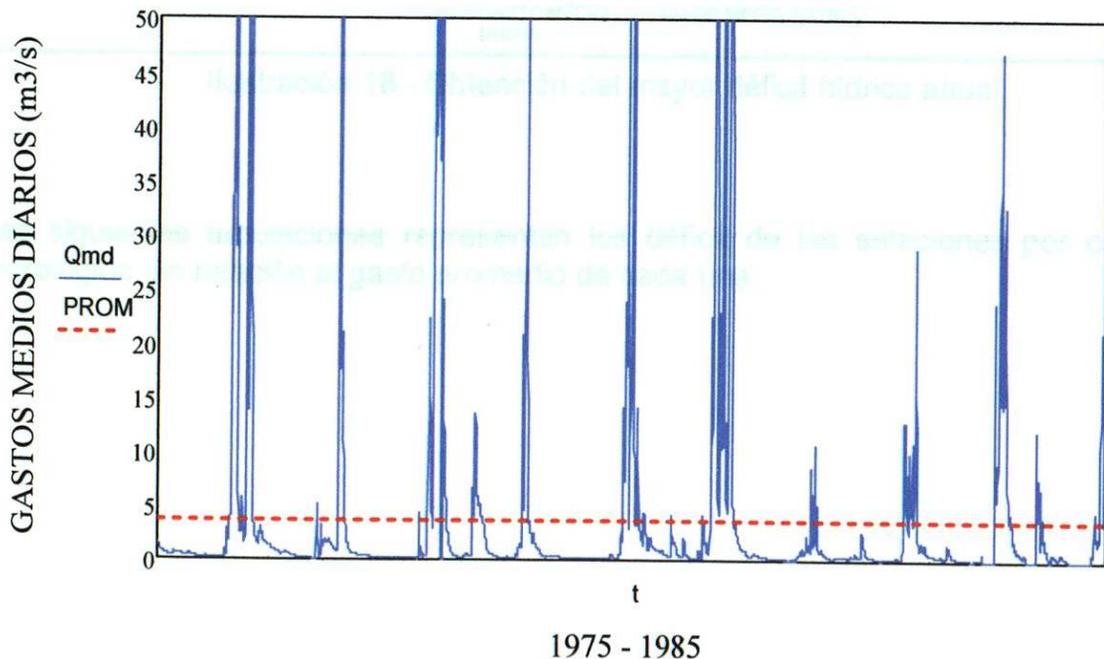
**Estación:** El Granero      **Clave:** 24339  
**Corriente:** Río Conchos      **Región** 24 Bravo  
**Cuenca:** Río Bravo      **Estado:** Chihuahua



**Estación:** Puente FFCC    **Clave:** 24280  
**Corriente:** Río Florido    **Región** 24 Bravo  
**Cuenca:** Río Conchos    **Estado:** Durango



**Estación:** Llanitos    **Clave:** 24400  
**Corriente:** Río Balleza    **Región** 24 Bravo  
**Cuenca:** Río Conchos    **Estado:** Chihuahua



### 2.2.1.- DÉFICIT HÍDRICO ESTADÍSTICO

Una vez establecido el promedio se procedió a calcular el mayor déficit hídrico por cada año hidrológico, que están representados por el área bajo la curva de las gráficas anteriores, como se muestra en la siguiente figura:

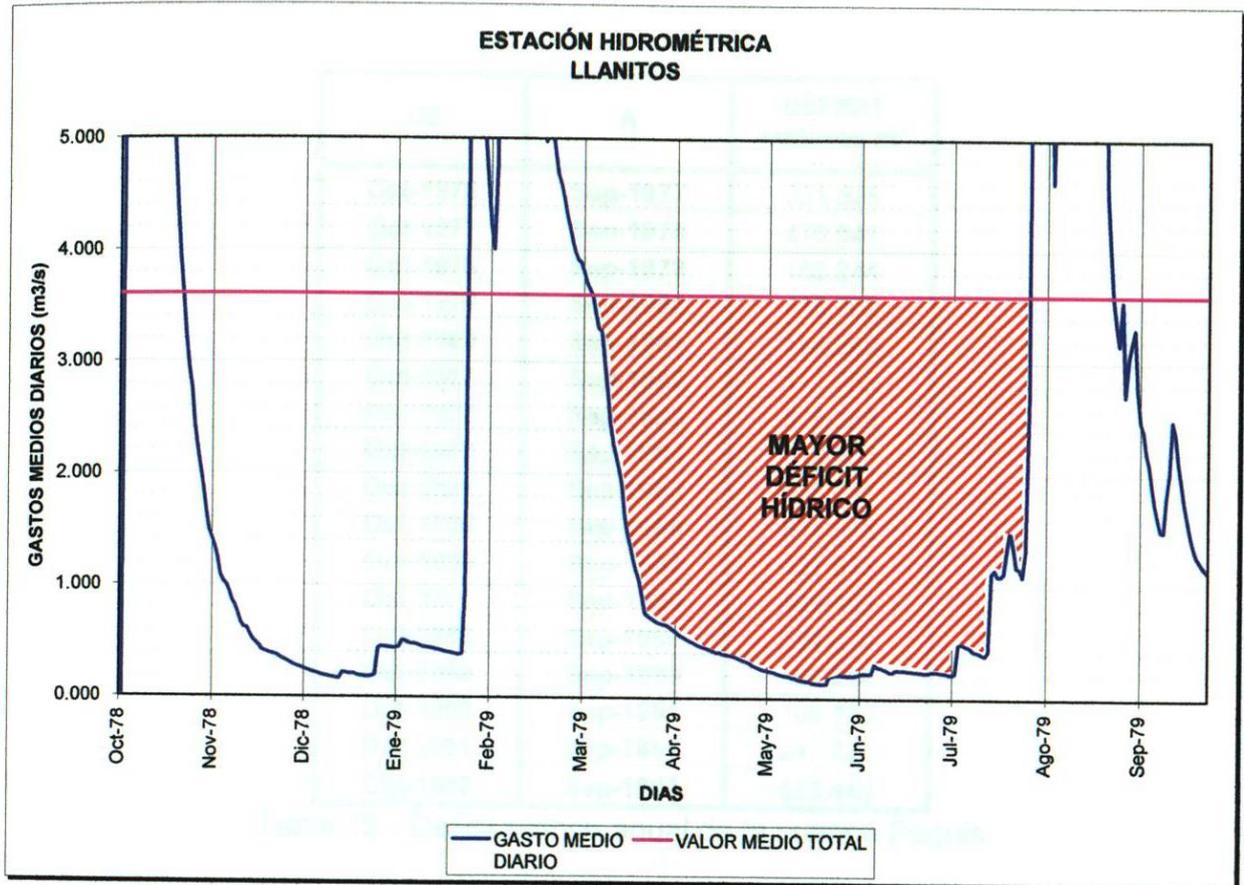


Ilustración 18.- Obtención del mayor déficit hídrico anual

Las siguientes tabulaciones representan los déficit de las estaciones por cada año hidrológico, en relación al gasto promedio de cada una.

**Estación hidrológica: Peguis**  
**Gasto promedio: 32.317 m<sup>3</sup>/s**

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1976	Sep-1977	331.828
Oct-1977	Sep-1978	470.541
Oct-1978	Sep-1979	158.244
Oct-1979	Sep-1980	438.702
Oct-1980	Sep-1981	194.249
Oct-1981	Sep-1982	111.965
Oct-1982	Sep-1983	526.388
Oct-1983	Sep-1984	319.886
Oct-1984	Sep-1985	688.747
Oct-1985	Sep-1986	634.516
Oct-1986	Sep-1987	427.873
Oct-1987	Sep-1988	469.403
Oct-1988	Sep-1989	254.674
Oct-1989	Sep-1990	170.006
Oct-1990	Sep-1991	109.330
Oct-1991	Sep-1992	247.820
Oct-1992	Sep-1993	533.440

Tabla 15.- Déficit hídrico anual de la cuenca Peguis

**Estación hidrológica: Parral**  
**Gasto promedio: 0.531 m<sup>3</sup>/s**

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1966	Sep-1967	12.945
Oct-1967	Sep-1968	12.426
Oct-1968	Sep-1969	11.299
Oct-1969	Sep-1970	19.252
Oct-1970	Sep-1971	13.870
Oct-1971	Sep-1972	14.887
Oct-1972	Sep-1973	13.305
Oct-1973	Sep-1974	15.576
Oct-1974	Sep-1975	13.777
Oct-1975	Sep-1976	12.842
Oct-1976	Sep-1977	16.524
Oct-1977	Sep-1978	13.906
Oct-1978	Sep-1979	9.813
Oct-1979	Sep-1980	15.561
Oct-1980	Sep-1981	11.643
Oct-1981	Sep-1982	14.467
Oct-1982	Sep-1983	14.640
Oct-1983	Sep-1984	11.764
Oct-1984	Sep-1985	15.746
Oct-1985	Sep-1986	11.187
Oct-1986	Sep-1987	12.250

Tabla 16.- Déficit hídrico anual de la cuenca Parral

**Estación hidrológica: Jiménez**  
**Gasto promedio: 4.257 m<sup>3</sup>/s**

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1949	Sep-1950	95.304
Oct-1950	Sep-1951	133.936
Oct-1951	Sep-1952	93.517
Oct-1952	Sep-1953	112.590
Oct-1953	Sep-1954	109.698
Oct-1954	Sep-1955	117.126
Oct-1955	Sep-1956	116.116
Oct-1956	Sep-1957	114.718
Oct-1957	Sep-1958	133.409
Oct-1958	Sep-1959	88.213
Oct-1959	Sep-1960	114.513
Oct-1960	Sep-1961	107.100
Oct-1961	Sep-1962	138.928
Oct-1962	Sep-1963	106.554
Oct-1963	Sep-1964	130.226
Oct-1964	Sep-1965	129.571
Oct-1965	Sep-1966	103.612
Oct-1966	Sep-1967	86.962
Oct-1967	Sep-1968	92.585
Oct-1968	Sep-1969	117.242
Oct-1969	Sep-1970	128.434
Oct-1970	Sep-1971	102.989
Oct-1971	Sep-1972	74.979
Oct-1972	Sep-1973	92.449

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1973	Sep-1974	109.461
Oct-1974	Sep-1975	100.363
Oct-1975	Sep-1976	104.257
Oct-1976	Sep-1977	94.310
Oct-1977	Sep-1978	116.525
Oct-1978	Sep-1979	65.586
Oct-1979	Sep-1980	130.750
Oct-1980	Sep-1981	90.125
Oct-1981	Sep-1982	114.123
Oct-1982	Sep-1983	114.534
Oct-1983	Sep-1984	93.061
Oct-1984	Sep-1985	133.886
Oct-1985	Sep-1986	90.093
Oct-1986	Sep-1987	63.645
Oct-1987	Sep-1988	87.648
Oct-1988	Sep-1989	101.297
Oct-1989	Sep-1990	111.292
Oct-1990	Sep-1991	73.167
Oct-1991	Sep-1992	75.679
Oct-1992	Sep-1993	103.648
Oct-1993	Sep-1994	131.718
Oct-1994	Sep-1995	108.560
Oct-1995	Sep-1996	113.546

Tabla 17.- Déficit hídrico anual de la cuenca Jiménez

Tabla 18.- Déficit hídrico anual de la cuenca Jiménez

**Estación hidrológica: Villalba**  
**Gasto promedio: 10.485 m<sup>3</sup>/s**

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1938	Sep-1939	190.730
Oct-1939	Sep-1940	210.865
Oct-1940	Sep-1941	190.953
Oct-1941	Sep-1942	194.772
Oct-1942	Sep-1943	168.074
Oct-1943	Sep-1944	222.589
Oct-1944	Sep-1945	208.203
Oct-1945	Sep-1946	123.666
Oct-1946	Sep-1947	181.046
Oct-1947	Sep-1948	223.534
Oct-1948	Sep-1949	195.737
Oct-1949	Sep-1950	198.952
Oct-1950	Sep-1951	237.061
Oct-1951	Sep-1952	232.762
Oct-1952	Sep-1953	237.021
Oct-1953	Sep-1954	134.391
Oct-1954	Sep-1955	210.911
Oct-1955	Sep-1956	225.967
Oct-1956	Sep-1957	257.496
Oct-1957	Sep-1958	213.699
Oct-1958	Sep-1959	106.059
Oct-1959	Sep-1960	225.883
Oct-1960	Sep-1961	161.552
Oct-1961	Sep-1962	229.967
Oct-1962	Sep-1963	187.321
Oct-1963	Sep-1964	156.469
Oct-1964	Sep-1965	210.598

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1965	Sep-1966	168.081
Oct-1966	Sep-1967	169.241
Oct-1967	Sep-1968	199.378
Oct-1968	Sep-1969	192.744
Oct-1969	Sep-1970	210.160
Oct-1970	Sep-1971	201.933
Oct-1971	Sep-1972	164.159
Oct-1972	Sep-1973	199.715
Oct-1973	Sep-1974	224.131
Oct-1974	Sep-1975	172.761
Oct-1975	Sep-1976	198.308
Oct-1976	Sep-1977	174.970
Oct-1977	Sep-1978	204.229
Oct-1978	Sep-1979	173.476
Oct-1979	Sep-1980	252.268
Oct-1980	Sep-1981	135.533
Oct-1981	Sep-1982	209.779
Oct-1982	Sep-1983	145.055
Oct-1983	Sep-1984	174.858
Oct-1984	Sep-1985	211.778
Oct-1985	Sep-1986	252.274
Oct-1986	Sep-1987	126.870
Oct-1987	Sep-1988	223.760
Oct-1988	Sep-1989	229.754
Oct-1989	Sep-1990	227.451
Oct-1990	Sep-1991	156.111
Oct-1991	Sep-1992	316.474

Tabla 18.- Déficit hídrico anual de la cuenca Villalba

**Estación hidrológica: Francisco I. Madero**  
**Gasto promedio: 13.218 m<sup>3</sup>/s**

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1967	Sep-1968	105.190
Oct-1968	Sep-1969	99.754
Oct-1969	Sep-1970	228.921
Oct-1970	Sep-1971	183.138
Oct-1971	Sep-1972	175.063
Oct-1972	Sep-1973	135.717
Oct-1973	Sep-1974	157.798
Oct-1974	Sep-1975	131.011
Oct-1975	Sep-1976	118.136
Oct-1976	Sep-1977	158.763
Oct-1977	Sep-1978	210.537
Oct-1978	Sep-1979	69.360
Oct-1979	Sep-1980	108.881
Oct-1980	Sep-1981	90.443
Oct-1981	Sep-1982	98.237
Oct-1982	Sep-1983	249.486
Oct-1983	Sep-1984	113.812
Oct-1984	Sep-1985	169.640
Oct-1985	Sep-1986	209.643
Oct-1986	Sep-1987	112.546
Oct-1987	Sep-1988	116.528
Oct-1988	Sep-1989	107.824
Oct-1989	Sep-1990	167.487
Oct-1990	Sep-1991	54.157
Oct-1991	Sep-1992	245.074

Tabla 19.- Déficit hídrico anual de la cuenca Francisco I. Madero

**Estación hidrológica: Las Burras**  
**Gasto promedio: 20.063 m<sup>3</sup>/s**

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1977	Sep-1978	139.289
Oct-1978	Sep-1979	64.765
Oct-1979	Sep-1980	59.933
Oct-1980	Sep-1981	40.605
Oct-1981	Sep-1982	16.869
Oct-1982	Sep-1983	63.339
Oct-1983	Sep-1984	56.846
Oct-1984	Sep-1985	55.166
Oct-1985	Sep-1986	131.970
Oct-1986	Sep-1987	17.095
Oct-1987	Sep-1988	23.280
Oct-1988	Sep-1989	34.940
Oct-1989	Sep-1990	122.902
Oct-1990	Sep-1991	46.936
Oct-1991	Sep-1992	439.442
Oct-1992	Sep-1993	84.361
Oct-1993	Sep-1994	281.090
Oct-1994	Sep-1995	484.250
Oct-1995	Sep-1996	553.147
Oct-1996	Sep-1997	486.702
Oct-1997	Sep-1998	555.473
Oct-1998	Sep-1999	565.027
Oct-1999	Sep-2000	411.134
Oct-2000	Sep-2001	523.742
Oct-2001	Sep-2002	468.330

Tabla 20.- Déficit hídrico anual de la cuenca Las Burras

**Estación hidrológica: Chuviscar**  
**Gasto promedio: 0.146 m<sup>3</sup>/s**

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1962	Sep-1963	3.856
Oct-1963	Sep-1964	4.113
Oct-1964	Sep-1965	4.567
Oct-1965	Sep-1966	2.979
Oct-1966	Sep-1967	3.106
Oct-1967	Sep-1968	1.865
Oct-1968	Sep-1969	2.750
Oct-1969	Sep-1970	4.138
Oct-1970	Sep-1971	3.391
Oct-1971	Sep-1972	2.875
Oct-1972	Sep-1973	3.721
Oct-1973	Sep-1974	4.270
Oct-1974	Sep-1975	0.708
Oct-1975	Sep-1976	2.435
Oct-1976	Sep-1977	2.379
Oct-1977	Sep-1978	3.519
Oct-1978	Sep-1979	1.654
Oct-1979	Sep-1980	2.635
Oct-1980	Sep-1981	2.809
Oct-1981	Sep-1982	2.450
Oct-1982	Sep-1983	4.614
Oct-1983	Sep-1984	4.614
Oct-1984	Sep-1985	4.614

Tabla 21.- Déficit hídrico anual de la cuenca Chuviscar

Tabla 22.- Déficit hídrico anual de la cuenca El Granero

**Estación hidrológica: El Granero**  
**Gasto promedio: 27.104 m<sup>3</sup>/s**

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1974	Sep-1975	118.855
Oct-1975	Sep-1976	364.895
Oct-1976	Sep-1977	262.901
Oct-1977	Sep-1978	353.795
Oct-1978	Sep-1979	107.970
Oct-1979	Sep-1980	324.819
Oct-1980	Sep-1981	128.614
Oct-1981	Sep-1982	63.393
Oct-1982	Sep-1983	352.899
Oct-1983	Sep-1984	253.088
Oct-1984	Sep-1985	178.826
Oct-1985	Sep-1986	365.459
Oct-1986	Sep-1987	178.121
Oct-1987	Sep-1988	386.695
Oct-1988	Sep-1989	195.461
Oct-1989	Sep-1990	139.777
Oct-1990	Sep-1991	123.573
Oct-1991	Sep-1992	56.567
Oct-1992	Sep-1993	338.241
Oct-1993	Sep-1994	157.065
Oct-1994	Sep-1995	774.992
Oct-1995	Sep-1996	784.591
Oct-1996	Sep-1997	420.087
Oct-1997	Sep-1998	835.294
Oct-1998	Sep-1999	649.012

Tabla 22.- Déficit hídrico anual de la cuenca El Granero

**Estación hidrológica: Puente FFCC**  
**Gasto promedio: 5.947 m<sup>3</sup>/s**

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1977	Sep-1978	148.085
Oct-1978	Sep-1979	132.821
Oct-1979	Sep-1980	138.242
Oct-1980	Sep-1981	100.666
Oct-1981	Sep-1982	146.540
Oct-1982	Sep-1983	158.505
Oct-1983	Sep-1984	117.554
Oct-1984	Sep-1985	143.747
Oct-1985	Sep-1986	112.389
Oct-1986	Sep-1987	127.938
Oct-1987	Sep-1988	126.148
Oct-1988	Sep-1989	160.153
Oct-1989	Sep-1990	124.890
Oct-1990	Sep-1991	130.240
Oct-1991	Sep-1992	104.297
Oct-1992	Sep-1993	153.073
Oct-1993	Sep-1994	173.272
Oct-1994	Sep-1995	178.116
Oct-1995	Sep-1996	146.842
Oct-1996	Sep-1997	155.322
Oct-1997	Sep-1998	150.159
Oct-1998	Sep-1999	164.231
Oct-1999	Sep-2000	160.784
Oct-2000	Sep-2001	166.960
Oct-2001	Sep-2002	141.013

Tabla 23.- Déficit hídrico anual de la cuenca Puente FFCC

**Estación hidrológica: Llanitos**  
**Gasto promedio: 3.603 m<sup>3</sup>/s**

DE	A	DÉFICIT millones m <sup>3</sup>
Oct-1975	Sep-1976	74.977
Oct-1976	Sep-1977	59.553
Oct-1977	Sep-1978	78.977
Oct-1978	Sep-1979	37.556
Oct-1979	Sep-1980	98.523
Oct-1980	Sep-1981	29.760
Oct-1981	Sep-1982	77.694
Oct-1982	Sep-1983	91.107
Oct-1983	Sep-1984	79.804
Oct-1984	Sep-1985	54.564

Tabla 24.- Déficit hídrico anual de la cuenca Llanitos

- \* Distribución Gumbel
- \* Distribución Log Pearson III

## 2.3.- PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA EN HIDROLOGÍA

El diseño y la planeación de estrategias de prevención en materia de obras hidráulicas están siempre relacionados con eventos hidrológicos futuros, como en este caso las avenidas mínimas para una posible estimación de las sequías.

La complejidad de los procesos físicos que tienen lugar en la generación de este fenómeno hace, en la mayoría de los casos, imposible una estimación confiable del mismo por métodos basados en las leyes de la mecánica o la física.

Por ello, y como sucede en la mayoría de las ciencias, con frecuencia el estadístico es el camino a la solución de problemas.

La ley de probabilidades que describe el comportamiento estadístico de una variable aleatoria, como en el caso de los escurrimientos, se pueden representar de varias maneras, en las que cabe mencionar las funciones de distribución de probabilidad.

El uso de estas funciones de distribución en hidrología es principalmente para estimar la magnitud de eventos extremos asociados con periodos de retorno, con base en la información disponible de las estaciones climatológicas e hidrométricas.

Una vez que se asigna un periodo de retorno al análisis, es necesario hacer extrapolaciones a partir de los datos registrados, pues rara vez este periodo es menor al periodo de datos, el problema radica en cómo extender esta tendencia hasta el periodo de retorno deseado.

En la estadística existen distintas funciones de distribución de probabilidad teóricas que pueden ajustarse a los datos medidos, y de esta manera usarlas para la extrapolación.

Entre las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología, tenemos las siguientes:

- Distribución Gumbel
- Distribución Log Pearson III

### 2.3.1.- DISTRIBUCIÓN GUMBEL

Supóngase que se tienen  $N$  muestras, cada una de las cuales contienen  $n$  eventos. Si se selecciona el máximo  $x$  de los  $n$  eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que  $n$  aumenta, la función de distribución de probabilidad tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de probabilidad es entonces:

$$f(x) = \alpha \cdot e^{-\alpha(x-\beta)} \cdot e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de la función.

Los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , para muestras muy grandes se estiman de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0.45 \cdot S$$

Y en lo que se refiere a muestras relativamente pequeñas se estima como:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

Siendo  $S$  la desviación estándar de la muestra, y los parámetros  $\mu_y$  y  $\sigma_y$  se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 29 - Valores de la desviación típica reducida ( $\sigma_y$ ) dependiente del tamaño ( $n$ ) de la muestra

A continuación se presentan los resultados de los cálculos de esta función de distribución para cada una de las hipótesis hidrométricas en estudio.

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.5220
20	0.5230	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.5309	0.5320	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5402	0.5410	0.5418	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5533	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.5550	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.5570	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.5580	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.5598	0.5599
100	0.5600									

Tabla 25.- Valores de la media reducida ( $\mu_y$ )  
 dependiendo del tamaño ( $n$ ) de la muestra

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.1086
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.2260	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.3880
40	1.1413	1.1430	1.1458	1.1480	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.1590
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.1770	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.1890	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.1930
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.1980	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2020	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2049	1.2055	1.2060
100	1.2065									

Tabla 26.- Valores de la desviación típica reducida ( $\sigma_y$ )  
 dependiendo del tamaño ( $n$ ) de la muestra

A continuación se presentan los resultados de los cálculos de esta función de distribución para cada una de las estaciones hidrométricas en estudio.

## Función de distribución de probabilidad Gumbel

### Estación hidrométrica Peguis

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	17
Media aritmética	$\bar{x}$	358.09
Desviación estándar	$S$	182.15
Media reducida	$\mu_y$	0.5181
Desviación típica reducida	$\sigma_y$	1.0411

#### Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
$\alpha$	$\frac{\sigma_y}{S}$	174.96
$\beta$	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	358.09

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	422.22
5	620.52
10	751.81
20	877.75
50	1040.76
100	1162.92

## Función de distribución de probabilidad Gumbel

### Estación hidrométrica Parral

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	21
Media aritmética	$\bar{x}$	13.70
Desviación estándar	$S$	2.16
Media reducida	$\mu_y$	0.5252
Desviación típica reducida	$\sigma_y$	1.0696

#### Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
$\alpha$	$\frac{\sigma_y}{S}$	2.02
$\beta$	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	13.44

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	14.18
5	16.47
10	17.98
20	19.44
50	21.32
100	22.73

## Función de distribución de probabilidad Gumbel

### Estación hidrométrica Jiménez

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	47
Media aritmética	$\bar{x}$	105.70
Desviación estándar	$S$	18.73
Media reducida	$\mu_y$	0.5473
Desviación típica reducida	$\sigma_y$	1.1557

#### Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
$\alpha$	$\frac{\sigma_y}{S}$	16.21
$\beta$	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	105.67

#### Valores extremos

Periodo de retorno Tr años	Déficit máximo millones m <sup>3</sup>
2	111.61
5	129.98
10	142.15
20	153.82
50	168.92
100	180.24

## Función de distribución de probabilidad Gumbel

### Estación hidrométrica Villalba

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	54
Media aritmética	$\bar{x}$	197.25
Desviación estándar	$S$	38.20
Media reducida	$\mu_y$	0.5501
Desviación típica reducida	$\sigma_y$	1.1667

#### Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
$\alpha$	$\frac{\sigma_y}{S}$	32.74
$\beta$	$\frac{\bar{x} - \mu_y}{\alpha}$	197.23

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	209.23
5	246.35
10	270.92
20	294.49
50	324.99
100	347.85

## Función de distribución de probabilidad Gumbel

### Estación hidrométrica Francisco I. Madero

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	25
Media aritmética	$\bar{x}$	144.69
Desviación estándar	$S$	53.84
Media reducida	$\mu_y$	0.5309
Desviación típica reducida	$\sigma_y$	1.0915

#### Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
$\alpha$	$\frac{\sigma_y}{S}$	49.33
$\beta$	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	144.68

#### Valores extremos

Periodo de retorno Tr años	Déficit máximo millones m <sup>3</sup>
2	162.75
5	218.66
10	255.68
20	291.18
50	337.14
100	371.58

## Función de distribución de probabilidad Gumbel

### Estación hidrométrica Las Burras

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	25
Media aritmética	$\bar{x}$	229.07
Desviación estándar	$S$	215.20
Media reducida	$\mu_y$	0.5309
Desviación típica reducida	$\sigma_y$	1.0915

#### Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
$\alpha$	$\frac{\sigma_y}{S}$	197.16
$\beta$	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	229.06

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	301.32
5	524.79
10	672.75
20	814.67
50	998.37
100	1136.03

## Función de distribución de probabilidad Gumbel

### Estación hidrométrica Chuviscar

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	23
Media aritmética	$\bar{x}$	3.22
Desviación estándar	$S$	1.06
Media reducida	$\mu_y$	0.5283
Desviación típica reducida	$\sigma_y$	1.0811

#### Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
$\alpha$	$\frac{\sigma_y}{S}$	0.98
$\beta$	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	2.68

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	3.04
5	4.15
10	4.88
20	5.58
50	6.50
100	7.18

## Función de distribución de probabilidad Gumbel

### Estación hidrométrica El Granero

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	25
Media aritmética	$\bar{x}$	316.60
Desviación estándar	$S$	226.91
Media reducida	$\mu_y$	0.5309
Desviación típica reducida	$\sigma_y$	1.0915

#### Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
$\alpha$	$\frac{\sigma_y}{S}$	207.89
$\beta$	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	316.60

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	392.79
5	628.41
10	784.42
20	934.06
50	1127.75
100	1272.90

## Función de distribución de probabilidad Gumbel

### Estación hidrométrica Puente FFCC

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	25
Media aritmética	$\bar{x}$	142.48
Desviación estándar	$S$	20.80
Media reducida	$\mu_y$	0.5309
Desviación típica reducida	$\sigma_y$	1.0915

#### Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
$\alpha$	$\frac{\sigma_y}{S}$	19.06
$\beta$	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	142.45

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	149.44
5	171.03
10	185.34
20	199.05
50	216.81
100	230.11

## Función de distribución de probabilidad Gumbel

### Estación hidrométrica Llanitos

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	10
Media aritmética	$\bar{x}$	68.25
Desviación estándar	$S$	22.38
Media reducida	$\mu_y$	0.4952
Desviación típica reducida	$\sigma_y$	0.9496

#### Parámetros

Variable	Fórmula	Valor
$\alpha$	$\frac{\sigma_y}{S}$	23.57
$\beta$	$\bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$	68.23

#### Valores extremos

Periodo de retorno Tr años	Déficit máximo millones m <sup>3</sup>
2	76.87
5	103.58
10	121.27
20	138.24
50	160.20
100	176.65

### 2.3.2.- DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON III

La función de densidad de probabilidad Pearson III se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \cdot \Gamma \cdot \beta_1} \cdot \left( \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right)^{\beta_1 - 1} \cdot e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}}$$

donde  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$  y  $\delta_1$  son los parámetros de la función y  $\Gamma(\beta_1)$  es la función Gamma, y se evalúan, a partir de  $n$  datos medidos, mediante el siguientes sistema de ecuaciones:

$$\bar{x} = \alpha_1 \cdot \beta_1 + \delta_1$$

$$S^2 = \alpha_1^2 \cdot \beta_1$$

$$\gamma = \frac{2}{\sqrt{\beta_1}}$$

donde:

$\bar{x}$  = Es la media de los datos

$S^2$  = La variancia de los datos

$\gamma$  = Coeficiente de sesgo

El coeficiente de sesgo ( $\gamma$ ) se define como:

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 / n}{S^3}$$

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1 \cdot \Gamma(\beta_1)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}\right)} \cdot \left(\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}\right)^{\beta_1 - 1} dx$$

sustituyendo:

$$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1}$$

se obtiene:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int_0^y y^{\beta_1-1} \cdot e^{-y} \cdot dy$$

En la siguiente tabla se muestra la función de distribución  $x^2$ ; esta manera de usar la distribución Pearson III es estrictamente válida cuando:

$$\beta_1 = \frac{h}{2}$$

donde  $h$  es un entero positivo cualquiera.

Función Gamma:

$$\Gamma(x) = \int_0^x t^{x-1} \cdot e^{-t} \cdot dt$$

para  $1 \leq x \leq 2$

x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
1.00	1.00000	0.99433	0.98884	0.98355	0.97844	0.97350	0.96874	0.96415	0.95973	0.95546
1.10	0.95135	0.94740	0.94359	0.93993	0.93642	0.93304	0.92980	0.92670	0.92373	0.92089
1.20	0.91817	0.91558	0.91311	0.91075	0.90852	0.90640	0.90440	0.90250	0.90072	0.89904
1.30	0.89747	0.89600	0.89464	0.89338	0.89222	0.89115	0.89018	0.88931	0.88854	0.88785
1.40	0.88726	0.88676	0.88636	0.88604	0.88581	0.88566	0.88560	0.88563	0.88575	0.88595
1.50	0.88623	0.88659	0.88704	0.88757	0.88818	0.88887	0.88964	0.89049	0.89142	0.89243
1.60	0.89352	0.89468	0.89592	0.89724	0.89864	0.90012	0.90167	0.90330	0.90500	0.90678
1.70	0.90864	0.91057	0.91258	0.91467	0.91683	0.91906	0.92137	0.92376	0.92623	0.92877
1.80	0.93138	0.93408	0.93685	0.93969	0.94261	0.94561	0.94869	0.95184	0.95507	0.95838
1.90	0.96177	0.96523	0.96877	0.97240	0.97610	0.97988	0.98374	0.98768	0.99171	0.99581
2.00	1.00000									

Tabla 27.- Valores del factor Gamma

Para poder obtener valores adicionales empleése la siguiente fórmula:

$$\Gamma(x+1) = x\Gamma(x)$$

Si como es común,  $2\beta$  no es entero, puede tomarse como el entero más próximo o bien interpolar.

Cuando  $\beta \leq 0.3$  será necesario acudir a las tablas de la función de distribución Gamma de un parámetro.

Por otra parte, es también común que los valores calculados de  $d$  con el sistema de ecuaciones resulten absurdos (muy grandes o negativos); en estos casos utilizan logaritmos de la variable aleatoria y suponiendo que éstos se comportan según dicha función. A esta manera de usarla se le denomina "función de distribución de probabilidad Log-Pearson III".

Al utilizarse la función de distribución Log Pearson III, se obtienen los logaritmos base diez de cada uno de los valores de gasto con que se cuentan.

$$\log X_i$$

Posteriormente, se trabaja en base a esos datos, para obtenerse así el promedio de los logaritmos de los gastos, mediante la siguiente fórmula:

$$\overline{\log X_i} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

así como la desviación estándar:

$$\sigma(\log X_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X_i})^2}{n-1}}$$

y el coeficiente de asimetría:

$$C_s = n \cdot \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X_i})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot [\sigma(\log X_i)]^3} \right]$$

Para el cálculo del gasto asociado con un periodo de retorno se tiene la siguiente fórmula:

$$\log X_{Tr} = \overline{\log X_i} + k \cdot \sigma(\log X_i)$$

Donde los valores del factor de frecuencia  $k$  se obtiene con relación al coeficiente de asimetría  $c_s$  mediante las siguientes tablas:

COEFICIENTE DE ASIMETRIA	PERIODO DE RETORNO					
	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años
3.0	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.9	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.133	4.012
2.8	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.7	-0.376	0.480	1.224	2.271	3.093	3.931
2.6	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889
2.5	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.047	3.845
2.4	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.3	-0.341	0.556	1.273	2.248	2.997	3.753
2.2	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.1	-0.319	0.592	1.293	2.230	2.941	3.655
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1.9	-0.295	0.626	1.310	2.206	2.880	3.552
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.7	-0.268	0.659	1.324	2.178	2.814	3.444
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.5	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.3	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.210
1.2	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.1	-0.180	0.745	1.340	2.065	2.584	3.086
1.0	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.9	-0.148	0.769	1.338	2.018	2.498	2.957
0.8	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.7	-0.116	0.790	1.332	1.966	2.406	2.823
0.6	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.310	2.685
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.3	-0.050	0.823	1.309	1.849	2.210	2.544
0.2	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.399
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326

Tabla 28.- Valores del Factor de frecuencia I

A continuación se muestran los resultados de los cálculos de la función de distribución de probabilidad log Pearson III para cada una de las estaciones analizadas.

COEFICIENTE DE ASIMETRIA	PERIODO DE RETORNO					
	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años
0.0	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.1	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252
-0.2	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.3	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955
-0.6	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.807
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.661
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.1	0.180	0.848	1.107	1.324	1.436	1.519
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.3	0.210	0.838	1.064	1.240	1.325	1.384
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.5	0.240	0.825	1.018	1.157	1.218	1.258
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.7	0.268	0.808	0.970	1.076	1.118	1.142
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-1.9	0.295	0.788	0.920	0.997	1.025	1.039
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.1	0.319	0.765	0.870	0.924	0.940	0.948
-2.2	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.3	0.341	0.739	0.820	0.856	0.865	0.869
-2.4	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.5	0.360	0.711	0.771	0.794	0.799	0.801
-2.6	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.7	0.376	0.681	0.725	0.738	0.741	0.742
-2.8	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-2.9	0.390	0.651	0.681	0.689	0.690	0.691
-3.0	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667

Tabla 29.- Valores del Factor de frecuencia II

A continuación se muestran los resultados de los cálculos de la función de distribución de probabilidad log Pearson III para cada una de las estaciones analizadas:

## Función de distribución de probabilidad log Pearson III

### Estación hidrométrica Peguis

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	17
Media aritmética	$\log X_i$	2.491
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.256
Coefficiente de asimetría	$c_s$	-0.5

#### Valores del factor de frecuencia $k$

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.083
5 años	0.856
10 años	1.216
20 años	1.567
50 años	1.777
100 años	1.955

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	324.88
5	512.10
10	632.99
20	778.28
50	880.70
100	978.00

## Función de distribución de probabilidad log Pearson III

### Estación hidrométrica Parral

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	21
Media aritmética	$\log X_i$	1.132
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.068
Coficiente de asimetría	$c_s$	0.1

#### Valores del factor de frecuencia $k$

Periodo de retorno	Valor
2 años	-0.017
5 años	0.836
10 años	1.292
20 años	1.785
50 años	2.107
100 años	2.399

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	13.51
5	15.42
10	16.56
20	17.88
50	18.79
100	19.67

## Función de distribución de probabilidad log Pearson III

### Estación hidrométrica Jiménez

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	47
Media aritmética	$\log X_i$	2.017
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.082
Coefficiente de asimetría	$c_s$	-0.7

#### Valores del factor de frecuencia $k$

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.116
5 años	0.857
10 años	1.183
20 años	1.488
50 años	1.663
100 años	1.807

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	106.26
5	122.16
10	129.88
20	137.55
50	142.16
100	146.06

## Función de distribución de probabilidad log Pearson III

### Estación hidrométrica Villalba

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	54
Media aritmética	$\log X_i$	2.287
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.089
Coefficiente de asimetría	$c_s$	-0.7

#### Valores del factor de frecuencia $k$

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.116
5 años	0.857
10 años	1.183
20 años	1.488
50 años	1.663
100 años	1.807

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	198.06
5	230.39
10	246.24
20	262.05
50	271.58
100	279.67

## Función de distribución de probabilidad log Pearson III

### Estación hidrométrica Francisco I. Madero

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	25
Media aritmética	$\log X_i$	2.130
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.168
Coefficiente de asimetría	$C_s$	-0.3

#### Valores del factor de frecuencia $k$

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.050
5 años	0.853
10 años	1.245
20 años	1.643
50 años	1.890
100 años	2.104

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	137.66
5	187.91
10	218.74
20	255.23
50	280.87
100	305.16

## Función de distribución de probabilidad log Pearson III

### Estación hidrométrica Las Burras

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	25
Media aritmética	$\log X_i$	2.101
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.527
Coefficiente de asimetría	$c_s$	-0.1

#### Valores del factor de frecuencia $k$

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.017
5 años	0.846
10 años	1.270
20 años	1.716
50 años	2.000
100 años	2.252

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	128.81
5	352.45
10	589.76
20	1013.58
50	1430.92
100	1943.11

## Función de distribución de probabilidad log Pearson III

### Estación hidrométrica Chuviscar

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	23
Media aritmética	$\log X_i$	0.477
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.186
Coefficiente de asimetría	$c_s$	-1.8

#### Valores del factor de frecuencia $k$

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.282
5 años	0.799
10 años	0.945
20 años	1.035
50 años	1.069
100 años	1.087

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	3.38
5	4.23
10	4.50
20	4.68
50	4.74
100	4.78

## Función de distribución de probabilidad log Pearson III

### Estación hidrométrica El Granero

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	25
Media aritmética	$\log X_i$	2.393
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.322
Coficiente de asimetría	$c_s$	-0.2

#### Valores del factor de frecuencia $k$

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.033
5 años	0.850
10 años	1.258
20 años	1.680
50 años	1.945
100 años	2.178

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	253.04
5	464.10
10	628.28
20	859.43
50	1046.29
100	1243.87

## Función de distribución de probabilidad log Pearson III

### Estación hidrométrica Puente FFCC

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	25
Media aritmética	$\log X_i$	2.149
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.066
Coefficiente de asimetría	$c_s$	-0.6

#### Valores del factor de frecuencia $k$

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.099
5 años	0.857
10 años	1.200
20 años	1.528
50 años	1.720
100 años	1.880

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	143.09
5	160.62
10	169.24
20	177.92
50	183.20
100	187.73

## Función de distribución de probabilidad log Pearson III

### Estación hidrométrica Llanitos

#### Medidas de tendencia central

Nombre	Variable	Valor
Número de datos	$n$	10
Media aritmética	$\log X_i$	1.808
Desviación estándar	$\sigma (\log X_i)$	0.169
Coficiente de asimetría	$C_s$	-1.1

#### Valores del factor de frecuencia $k$

Periodo de retorno	Valor
2 años	0.180
5 años	0.848
10 años	1.107
20 años	1.324
50 años	1.436
100 años	1.519

#### Valores extremos

Periodo de retorno $T_r$ años	Déficit máximo millones $m^3$
2	68.91
5	89.40
10	98.90
20	107.63
50	112.43
100	116.13

### 2.3.3.- COMPARATIVA DE LA DISTRIBUCIÓN DE FUNCIONES

Comparativa de resultados de los cálculos de las funciones de distribución de probabilidad Gumbel y Log Pearson III para cada estación hidrométrica, en millones de metros cúbicos.

FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD  
PEGUIS

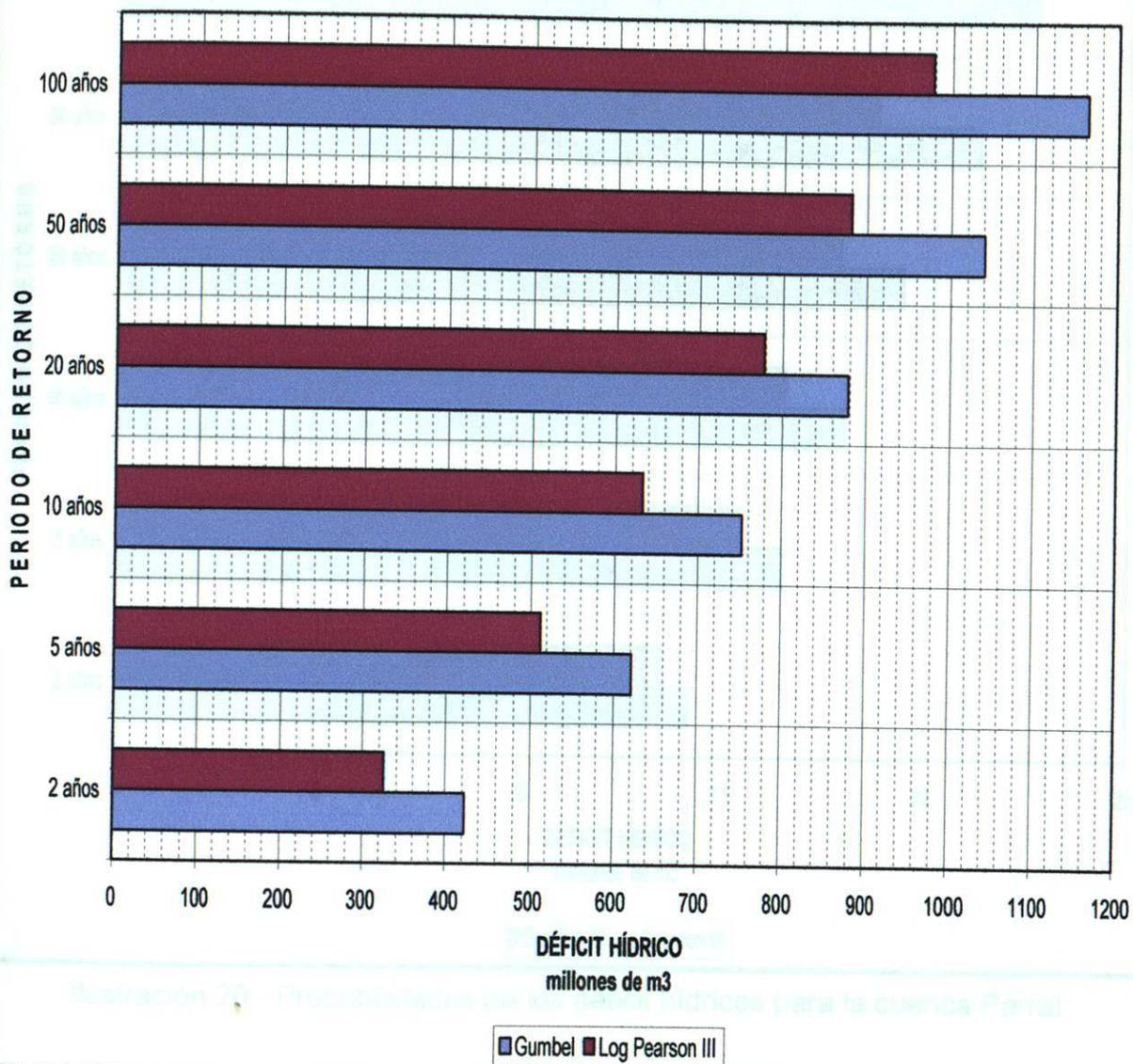


Ilustración 19.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Peguis

### FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARRAL

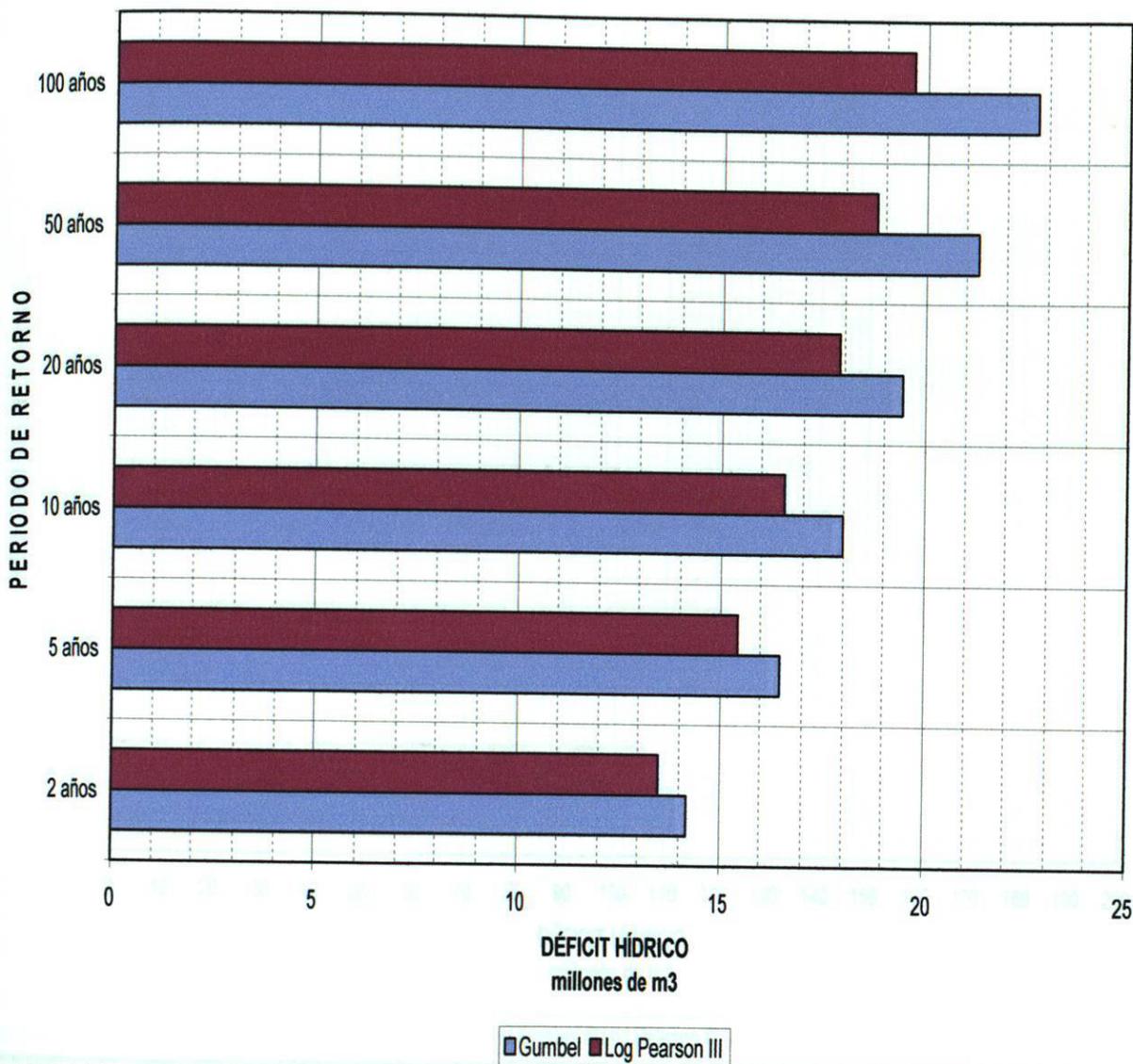


Ilustración 20.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Parral

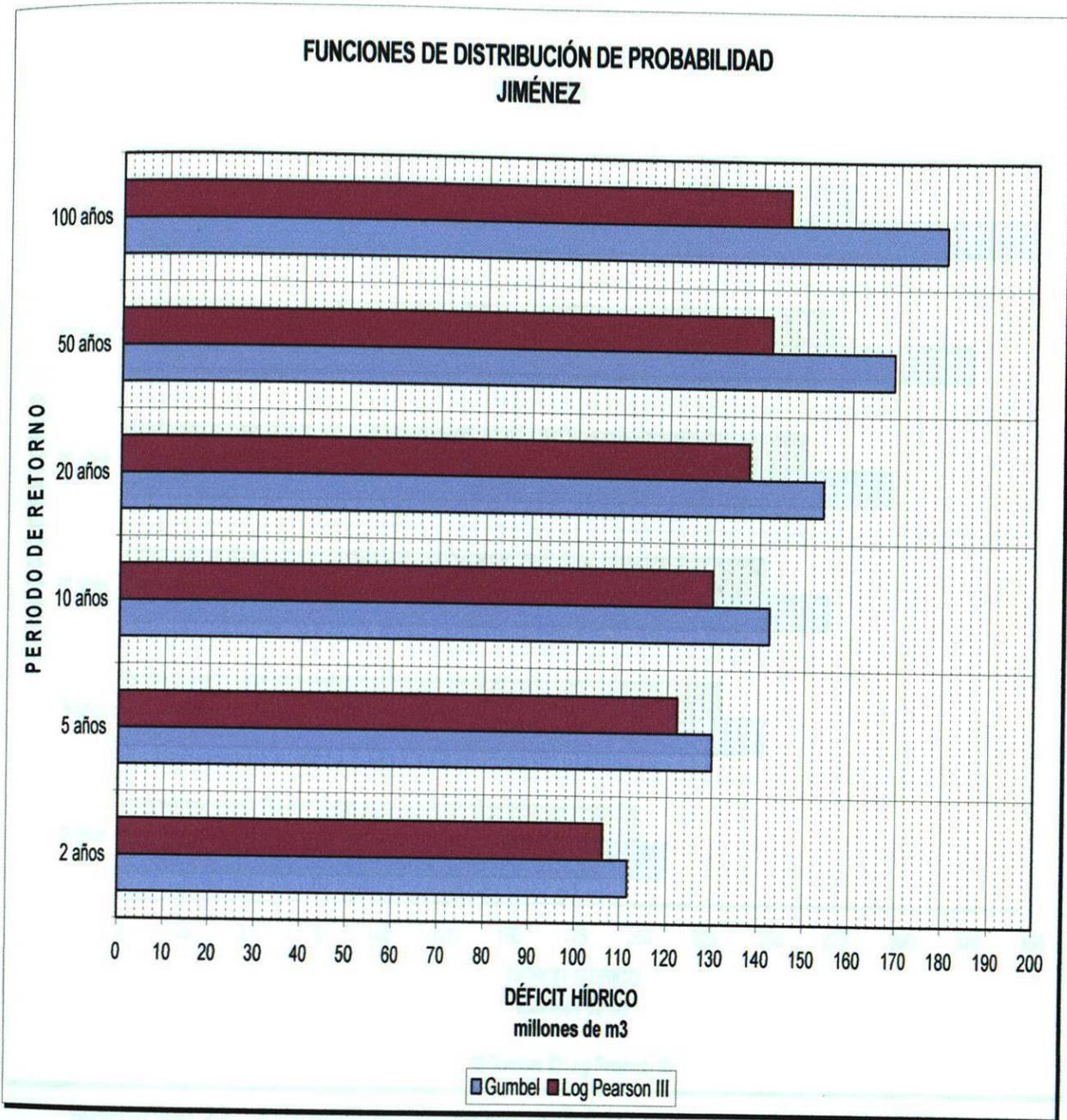


Ilustración 21.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Jiménez

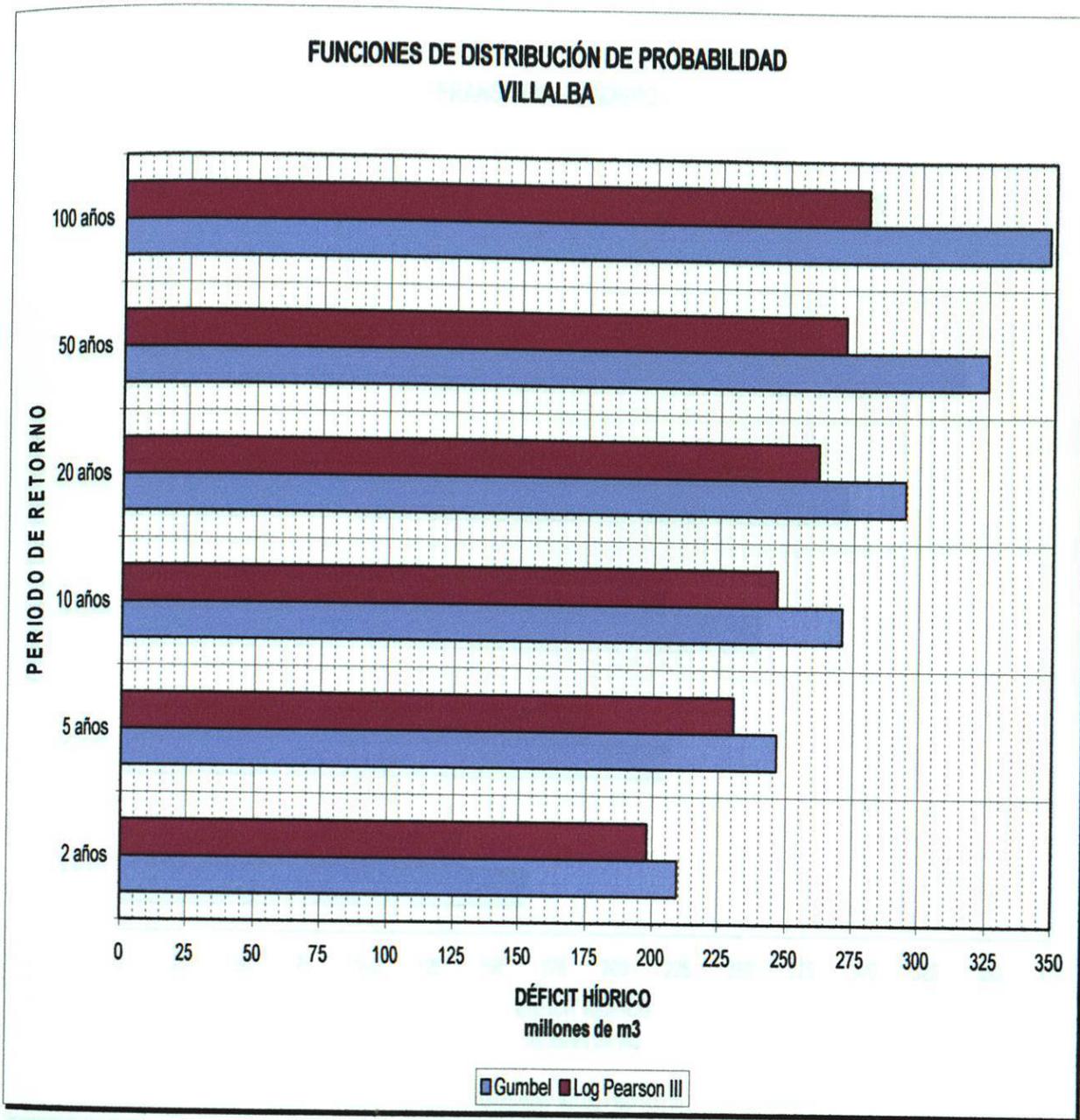


Ilustración 22.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Villalba

### FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD FRANCISCO I. MADERO

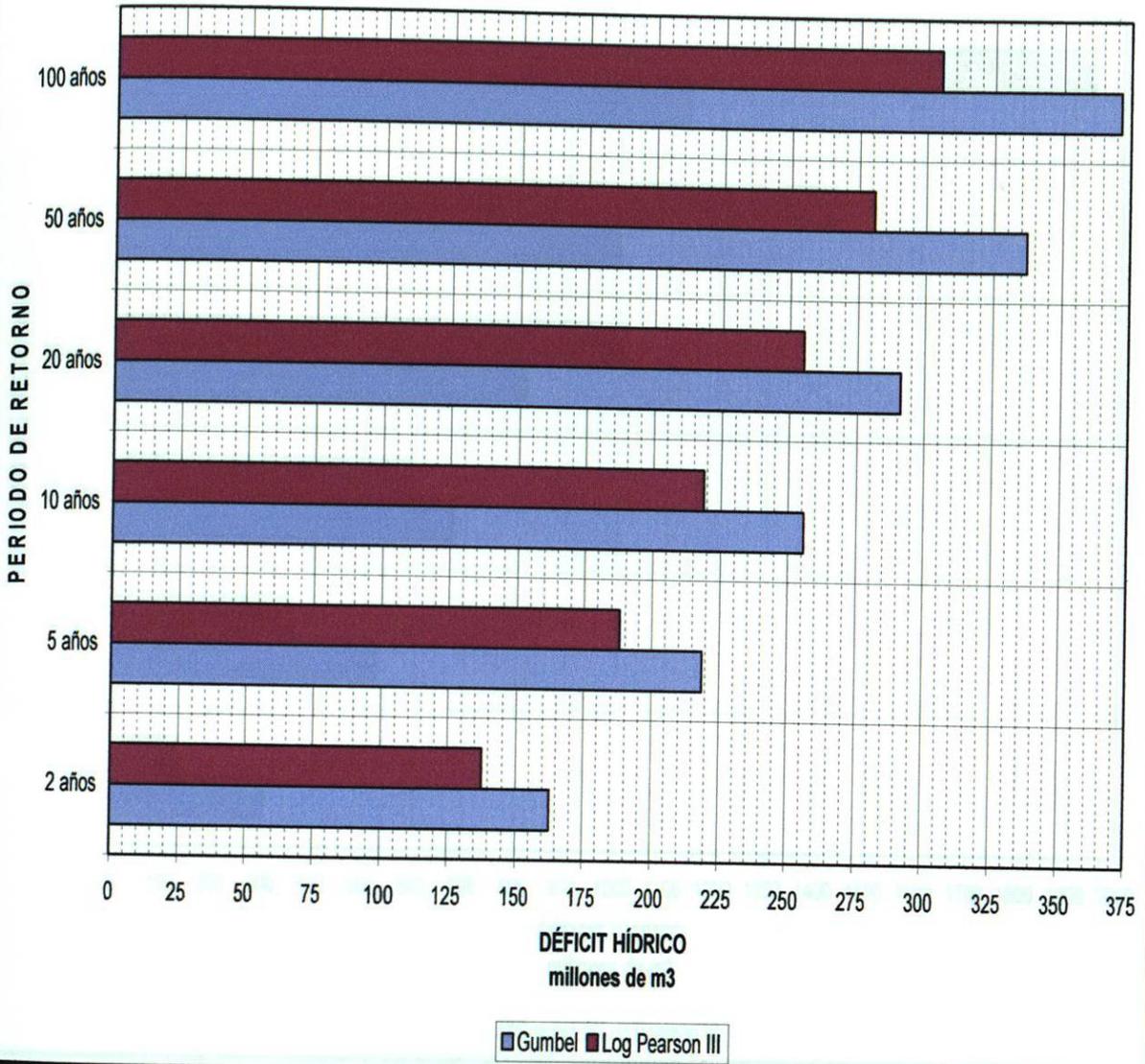


Ilustración 23.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Francisco I. Madero

### FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LAS BURRAS

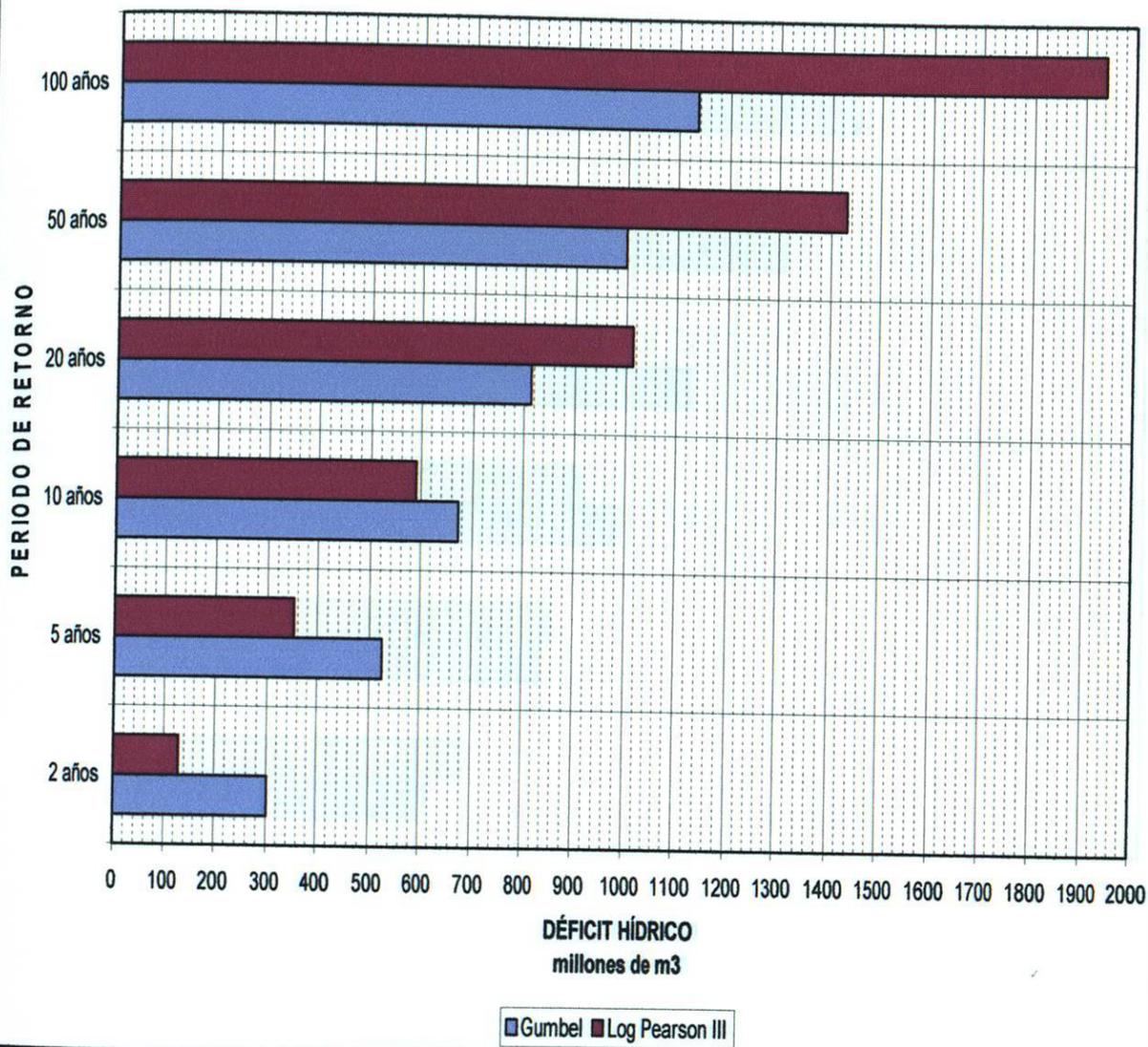


Ilustración 24.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Las Burras

### FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD CHUVISCAR

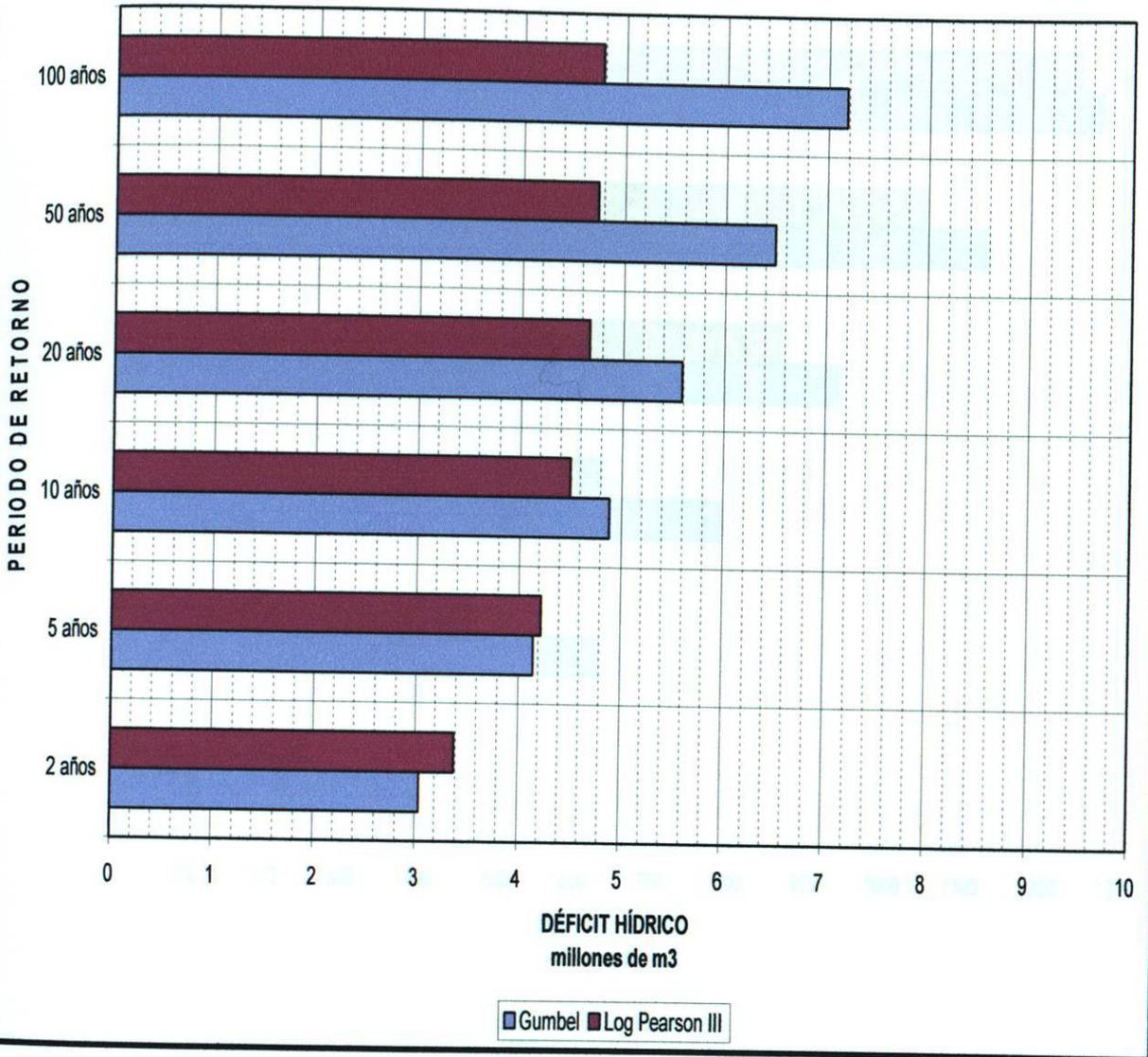


Ilustración 25.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Chuviscar

### FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD EL GRANERO

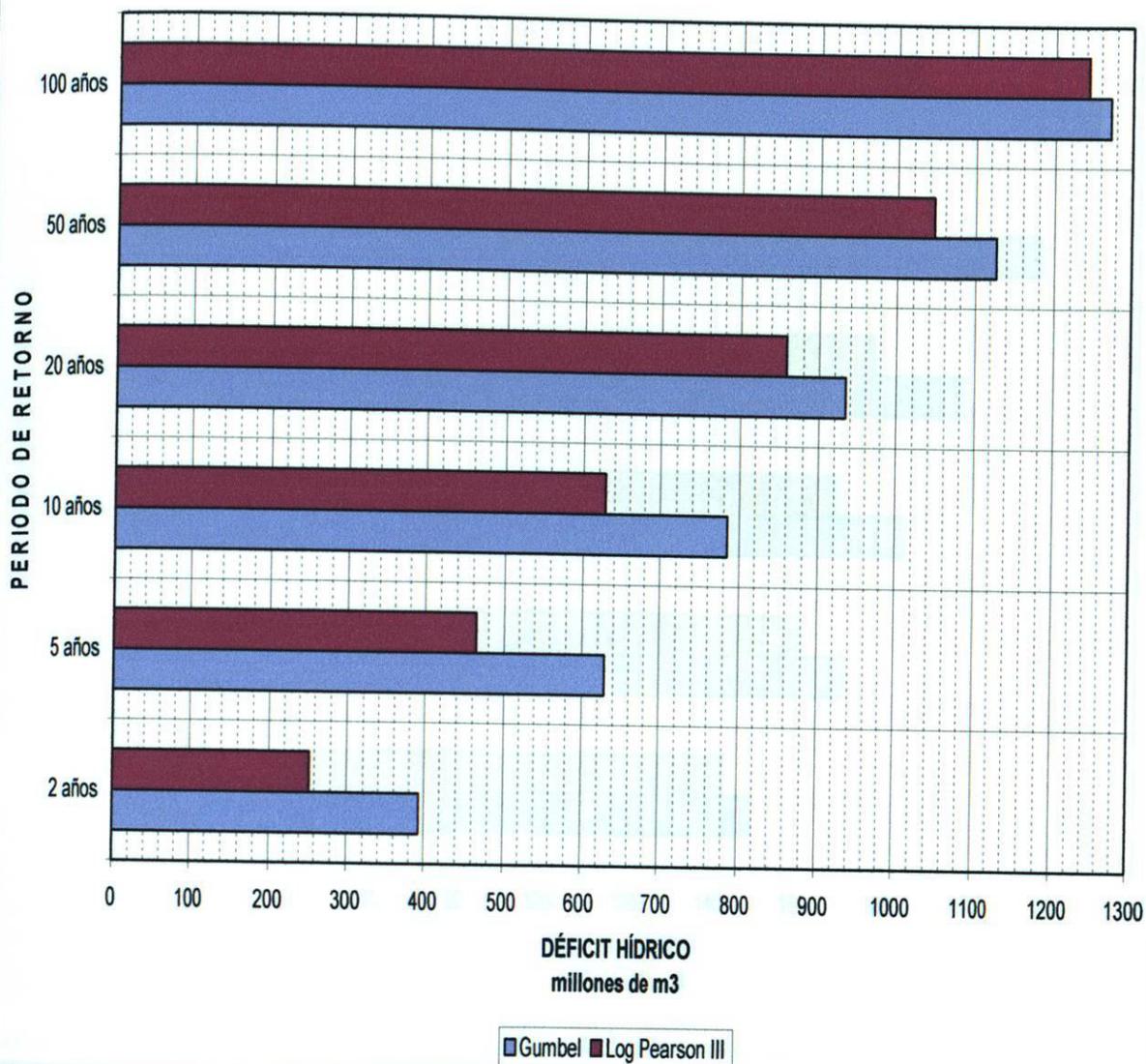


Ilustración 26.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca El Granero

### FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PUENTE FFCC

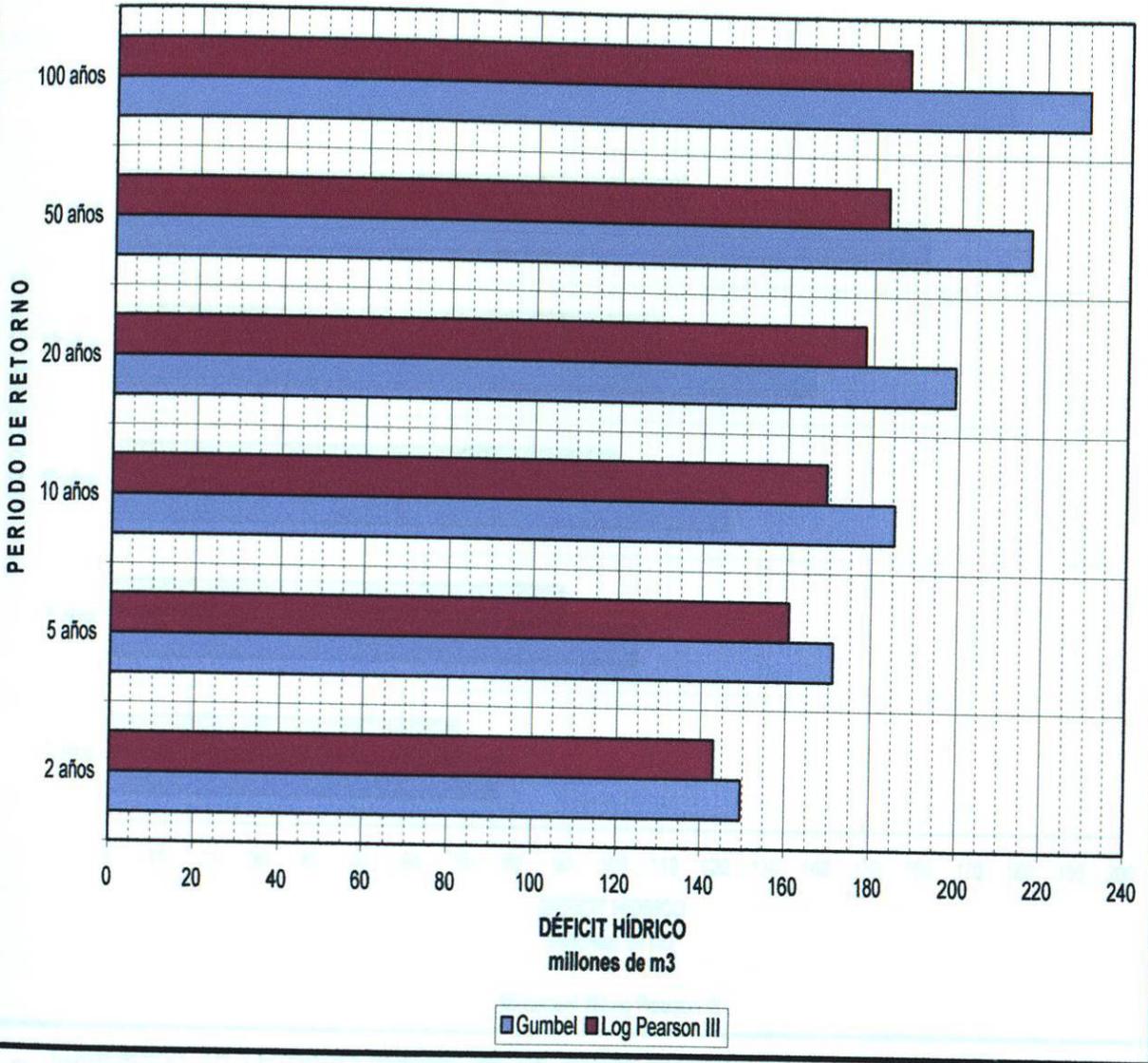


Ilustración 27.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Puente FFCC

### FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LLANITOS

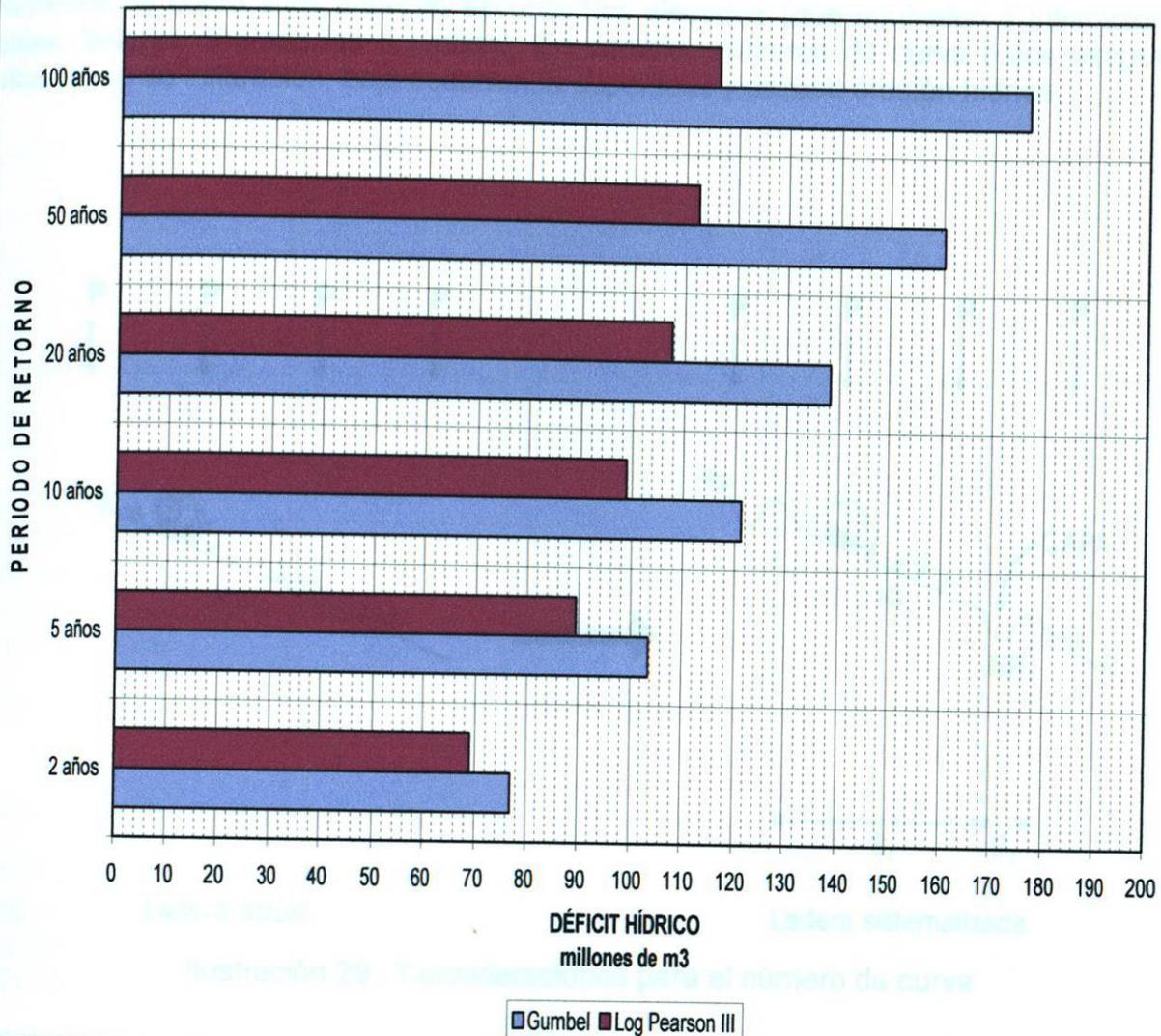


Ilustración 28.- Probabilidades de los déficit hídricos para la cuenca Llanitos

## 2.4.- NÚMERO DE CURVA

Para elegir el número de curva de una zona hay que utilizar unas tablas que figuran en la mayor parte de los libros de Hidrología. Se trata de elegir la descripción de la tabla que más se asemeje al lugar de estudio.

El número de curva resultante estará comprendido entre 0 y 100.

Números de curva altos implican escorrentías elevadas (que equivalen a infiltraciones bajas, laderas degradadas o ambas). En cambio, números de curva bajos aseguran altas tasas de infiltración, baja escorrentía superficial y escasa erosión hídrica.

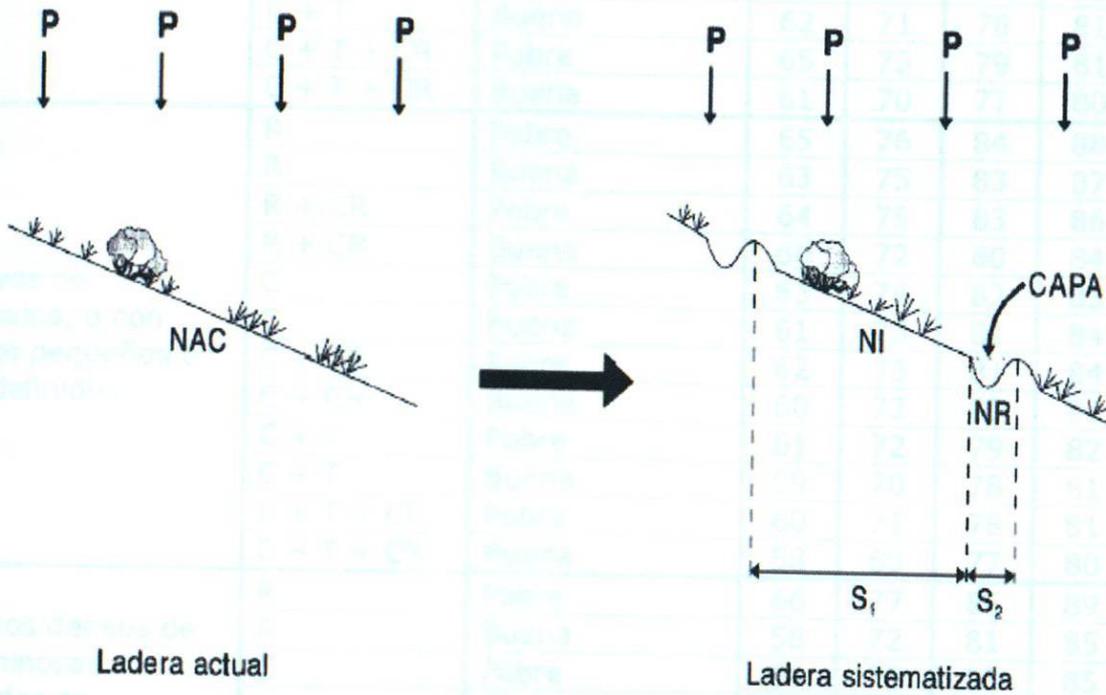


Ilustración 29.- Consideraciones para el número de curva

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición hidrológica	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
C + T + CR	Buena	61	70	77	80	
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84	88
	R	Buena	63	75	83	87
	R + CR	Pobre	64	75	83	86
	R + CR	Buena	60	72	80	84
	C	Pobre	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
	C + CR	Pobre	62	73	81	84
	C + CR	Buena	60	72	80	83
	C + T	Pobre	61	72	79	82
	C + T	Buena	59	70	78	81
	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81
C + T + CR	Buena	58	69	77	80	
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
	C + T	Buena	51	67	76	80

Tabla 30.- Valores del número de curva I

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición hidrológica	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos (aprovechamientos silvopastorales)	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos con firme	-	-	74	84	90	92

Tabla 31.- Valores del número de curva II

Significado de las abreviaturas:

- CR= Con cubierta de residuos vegetales que ocupe al menos el 5% de la superficie del suelo durante todo el año
- R= Si las labores de la tierra (labrar, gradear, sembrar, etc.) se realizan en línea recta, sin considerar la pendiente del terreno
- C= Si el cultivo se realiza siguiendo las curvas de nivel
- T= Si se trata de terrenos aterrazados (terrazas abiertas con desagüe para la conservación de suelos)

## 2.4.1.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA DEL RÍO CONCHOS

### Cuenca alta

#### Recursos hídricos principales

- **lénticos:**

Presas La Boquilla, Colina, San Miguel, Francisco I. Madero, Torreoncillos, Talamantes, Parral, Canutillos y San Juan, lagos Chancaplea, Las Arenosas, El Gigante, El Milagro, El Remolino y el Rincón.

- **Lóticos:**

Ríos Florido, Conchos, San Pedro, Primero, El Álamo, Chuviscar, Parral, San Juan, Balleza, Nonoava, Matalotes y de Gallos

#### Edafología:

Entre las sierras Tarahumara, de Las Pampas, de Los Remedios, Las Vírgenes, El Llano y Los Gigantes. Tipos de suelo Regosol, Feozem, Cambisol, Litosol y Xerosol.

#### Características varias:

clima semiseco templado, semiseco semicálido, muy seco semicálido, templado subhúmedo, semifrío subhúmedo. Temperatura media anual 8-18°C. Precipitación total anual 300-1 000 mm.

#### Principales poblados:

Chihuahua, Delicias, Hidalgo del Parral, Cd. Camargo

#### Actividad económica principal:

acuicultura, ganadería, minería y agricultura

#### Biodiversidad:

Tipos de vegetación: pastizal natural huizachal, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, bosques de pino-encino, encino-pino, de encino y vegetación halófila. Fauna característica: de crustáceos *Orconectes (Gremicambarus) virilis* y *Procambarus (Scapulicambarus) clarkii*; de peces *Ameiurus melas*, *Astyanax mexicanus*, *Campostoma omatum*, *Cyprinella lutrensis*, *Cyprinodon eximius*, *C. pachycephalus*, *Dionda episcopa*, *Gambusia affinis*, *G. hurtadoi*, *G. senilis*, *Etheostoma australe*, *E. grahami*, *E. pottsi*, *Lepisosteus osseus*, *Lepomis cyanellus*, *L. marginatus*, *Moxostoma austrinum*, *Notropis amabilis*, *Oncorhynchus chrysogaster*, *Pyloodictis olivaris*, *Rhinichthys cataractae*. Todas estas especies se encuentran amenazadas, muchas de ellas son indicadoras de aguas limpias. Especies endémicas de peces *Codoma ornata*, *Cyprinella panarcys*, *Cyprinodon macrolepis*, *Gambusia alvarezi*, *Gila nigrescens*, *G. pulchra*, *Notropis braytoni*, *N. chihuahua*, *N. jemezianus*, *Pimephales promelas*.

### Aspectos económicos:

Explotación de robalo, truchas, pescado blanco, bagre, carpa, charal y tilapia. Actividad forestal, agropecuaria, minera e industrial (maquiladoras). Existen recursos petroleros.

## Cuenca baja

### Recursos hídricos principales:

- lénticos: presas Rosetilla y Luis L. León
- Lóticos: río Conchos, arroyos, humedales, manantiales

### Edafología:

Entre las sierras Quemada y Cuchillo Parado. Tipos de suelo Regosol, Litosol, Yermosol y Xerosol.

### Características varias:

Climas tipo semiseco templado, seco templado y seco semifrío con lluvias en verano. Temperaturas media anual de 16-22°C. Precipitación total anual de 200-400 mm.

### Principales poblados:

Ojinaga, Maclovio Herrera

### Actividad económica principal:

Industrial, minera y agropecuaria

### Biodiversidad:

Tipos de vegetación: pastizal, matorrales desértico micrófilo y rosetófilo. Fauna característica: de peces *Ameiurus melas*, *Astyanax mexicanus*, *Campostoma ornatum*, *Catostomus bernardini*, *Codoma ornata*, *Cyprinella lutrensis*, *Cyprinodon eximius*, *Dionda episcopa*, *Eleotris abacurus*, *Etheostoma australe*, *E. grahami*, *E. pottsii*, *Gambusia affinis*, *G. senilis*, *Ictalurus punctatus*, *Lepisosteus osseus*, *Moxostoma austrinum*, *Notropis amabilis*, *Oncorhynchus chrysogaster*, *Pantosteus plebeius*, *Pimephales promelas*, *Pylodictis olivaris*, *Rhinichthys cataractae*; todas amenazadas por turbidez, calentamiento y aporte de aguas residuales. Endemismos de peces *Cyprinella panarcys*, *Cyprinodon macrolepis*, *C. pachycephalus*, *Notropis chihuahua*, *N. braytoni*, *N. jemezianus*.

### Aspectos económicos:

Acuicultura de especies comerciales de carpas *Carpoides carpio* y *Cyprinus carpio*, del bagre *Ictalurus furcatus* y de la tilapia *Oreochromis aureus*. Actividad industrial maquiladora, minera y agropecuaria.

## 2.5.- PRECIPITACIÓN

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Esto incluye lluvia, llovizna, nieve, cinarra, granizo, pero no la virga, neblina ni rocío. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad.

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico y es responsable por depositar agua fresca en el planeta. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua creciente (o pedazos de hielo) se forman, que caen a la Tierra por gravedad. Es posible inseminar nubes para inducir la precipitación rociando un polvo fino o un químico apropiado (como el nitrato de plata) dentro de la nube, generando las gotas de agua e incrementando la probabilidad de precipitación.

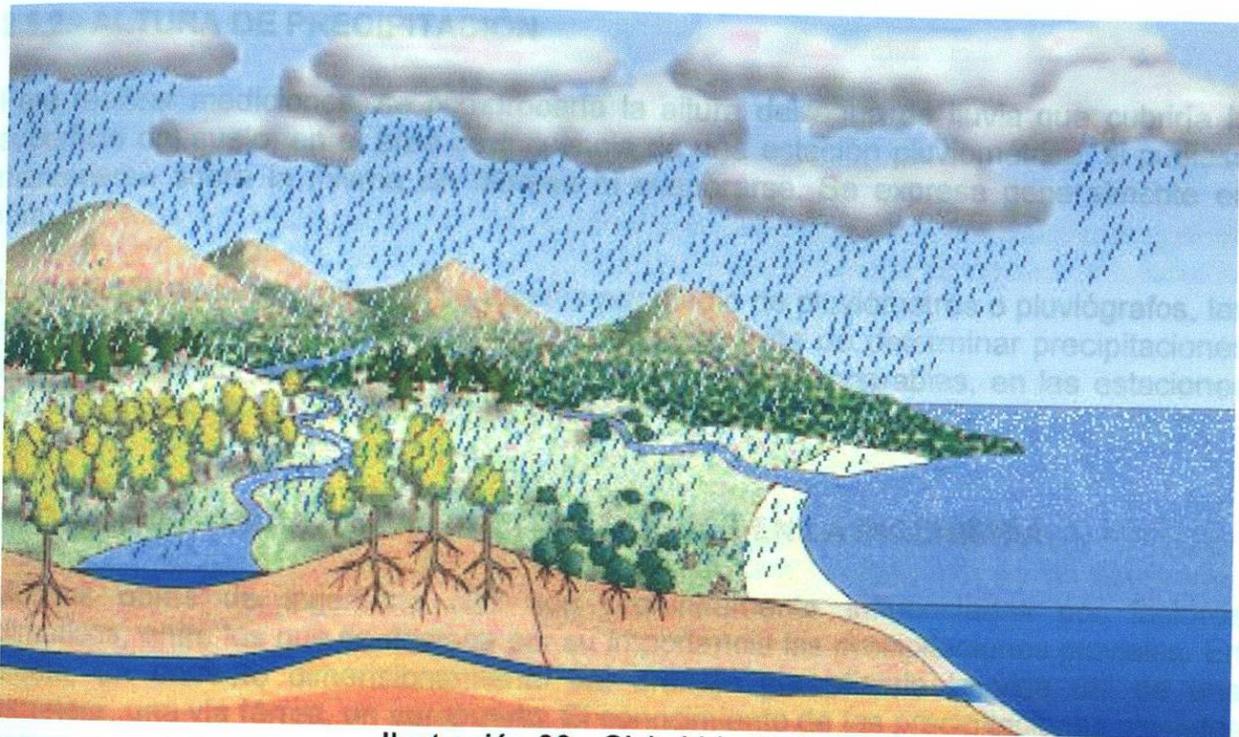


Ilustración 30.- Ciclo hidrológico

### 2.5.1.- MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

La determinación de los valores precipitados para cada una de las modalidades mencionadas se efectúa con instrumentos especiales estandarizados y registrándose los valores en horarios preestablecidos, con la finalidad de que los valores indicados para localidades diferentes sean científicamente comparables.

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad. Estos instrumentos deben ser instalados en locales apropiados donde no se produzcan interferencias de edificaciones, árboles, o elementos orográficos como rocas elevadas.

La precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie plana e impermeable.

A partir de 1980 se está popularizando cada vez más la medición de la lluvia por medio de un radar meteorológico, los que generalmente están conectados directamente con modelos matemáticos, que permiten así determinar la lluvia y los caudales en tiempo real, en una determinada sección de un río.

### **2.5.2.- ALTURA DE PRECIPITACIÓN**

Para realizar mediciones, se comprobaría la altura del agua de lluvia que cubriría la superficie del suelo, en el área de influencia de una estación pluviométrica, si pudiese mantenerse sobre la misma sin filtrarse ni evaporarse. Se expresa generalmente en mm.

La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos, los segundos son utilizados principalmente cuando se trata de determinar precipitaciones intensas de corto período. Para que los valores sean comparables, en las estaciones pluviométricas, se utilizan instrumentos estandarizados.

### **2.5.3.- IMPORTANCIA DE LAS PRECIPITACIONES EN LA INGENIERÍA**

Muchas obras de ingeniería civil son profundamente influenciadas por factores climáticos, entre los que se destaca por su importancia las precipitaciones pluviales. En efecto, un correcto dimensionamiento del drenaje garantizará la vida útil de una carretera, una vía férrea, un aeropuerto. El conocimiento de las precipitaciones pluviales extremas y el consecuente dimensionamiento adecuado de los órganos extravasores de las represas garantizará su seguridad y la seguridad de las poblaciones y demás estructuras que se sitúan aguas abajo de la misma. El conocimiento de las lluvias intensas, de corta duración, es muy importante para dimensionar el drenaje urbano, y así evitar inundaciones en los centros poblados.

Las características de las precipitaciones pluviales que deben conocerse para estos casos son:

- La intensidad de la lluvia y duración de la lluvia: estas dos características están asociadas. Para un mismo tiempo de retorno, al aumentarse la duración de la lluvia disminuye su intensidad media, la formulación de esta dependencia es empírica y se determina caso por caso, con base en datos observados directamente en el sitio estudiado o en otros sitios vecinos con las mismas características orográficas.
- Las precipitaciones pluviales extremas, es decir con tiempos de retorno de 500, 1.000 y hasta 10.000 años, o la precipitación máxima (o mínima) probable, o PMP, son determinadas, para cada sitio particular, con procedimiento estadísticos, con base en observaciones de larga duración.

Asimismo, cobra igual importancia la precipitación mínima en un área determinada, de modo que así se podrán definir planes de acción ante las sequías asociadas a distintos periodos de retorno.

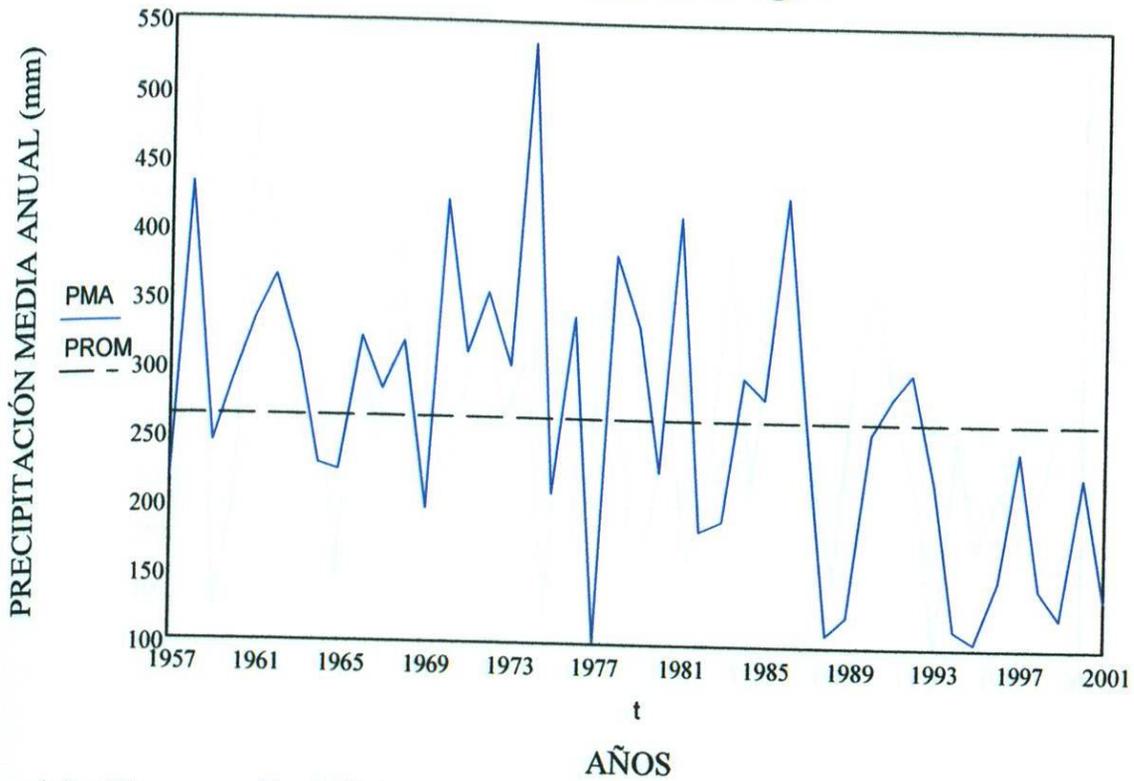
#### **2.5.4.- DETERMINACIÓN DE LA LLUVIA MEDIA EN UNA CUENCA**

Las dimensiones de una cuenca hidrográfica son muy variadas, especialmente cuando se trata de estudios que abarcan una área importante, es frecuente que en la misma se sitúen varias estaciones pluviométricas.

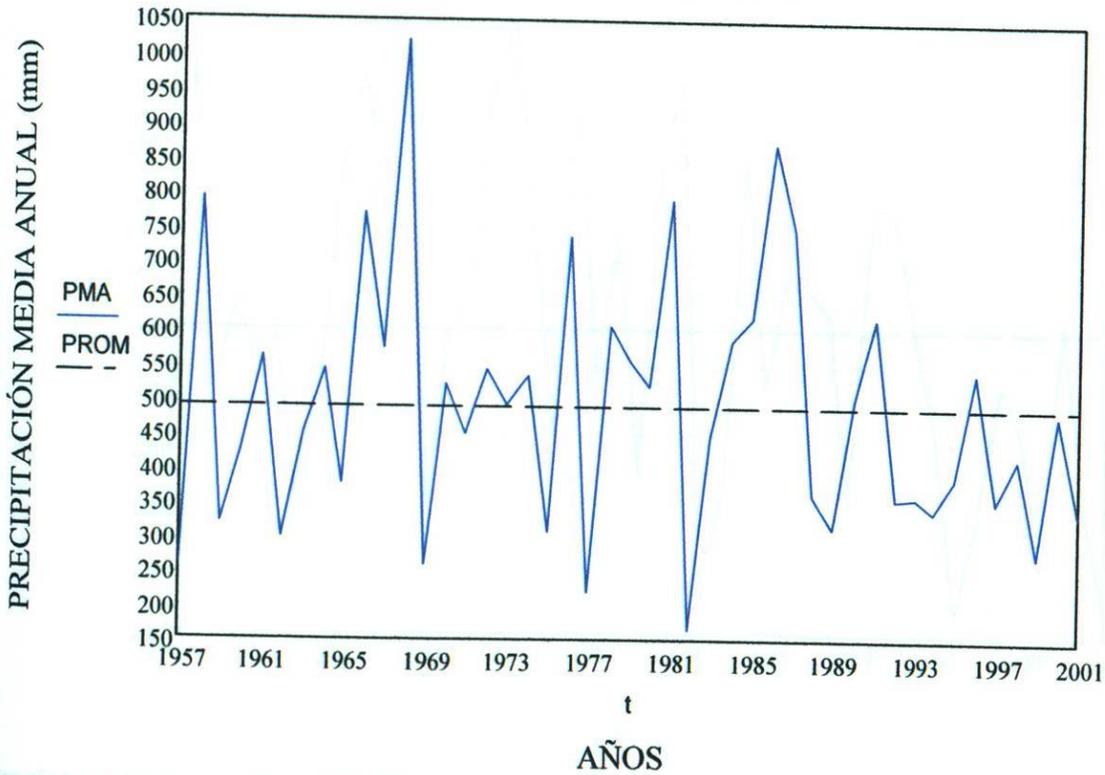
Para determinar la precipitación en la cuenca en un período determinado se utilizan algunos de los procedimientos siguientes: método Aritmético, polígonos de Thiessen y método de las Isoyetas.

En el presente proyecto se acudió a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), para obtener los datos de precipitación media anual (en mm) de cada una de las estaciones hidrométricas elegidas para la investigación, y cuyos datos se muestran en las siguientes gráficas.

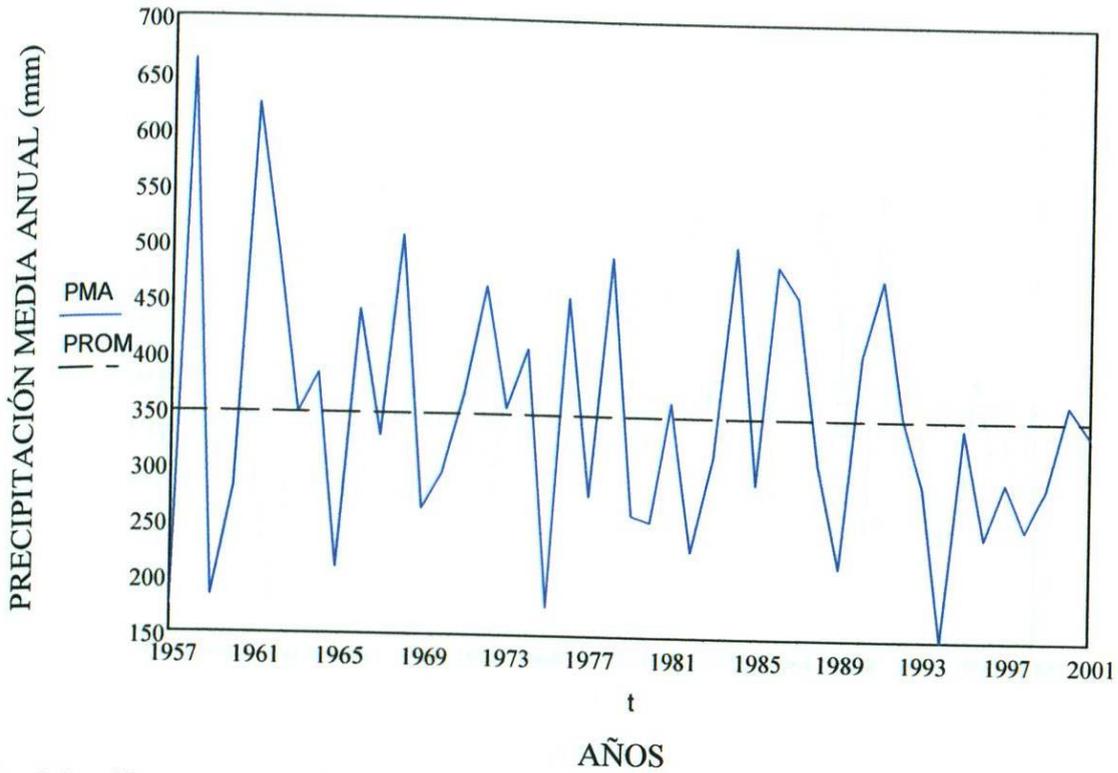
### Estación hidrométrica: Peguis



### Estación hidrométrica: Parral

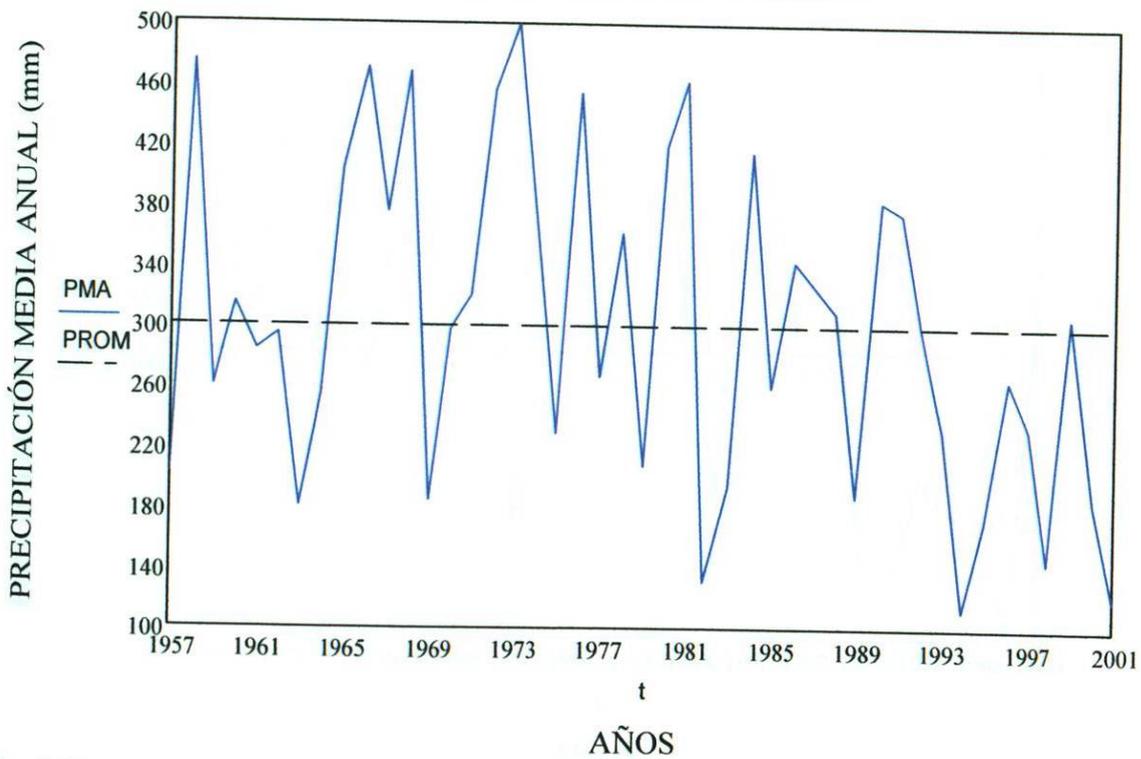


### Estación hidrométrica: Jiménez



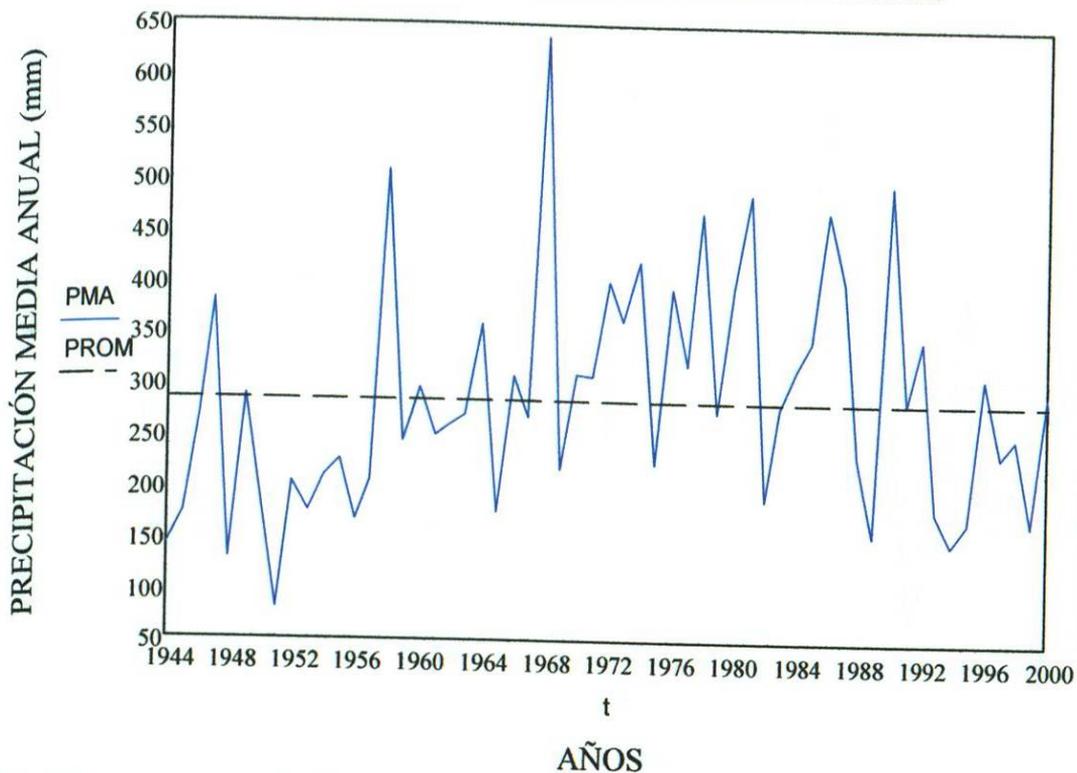
Precipitación promedio: 346.91 mm

### Estación hidrométrica: Villalba



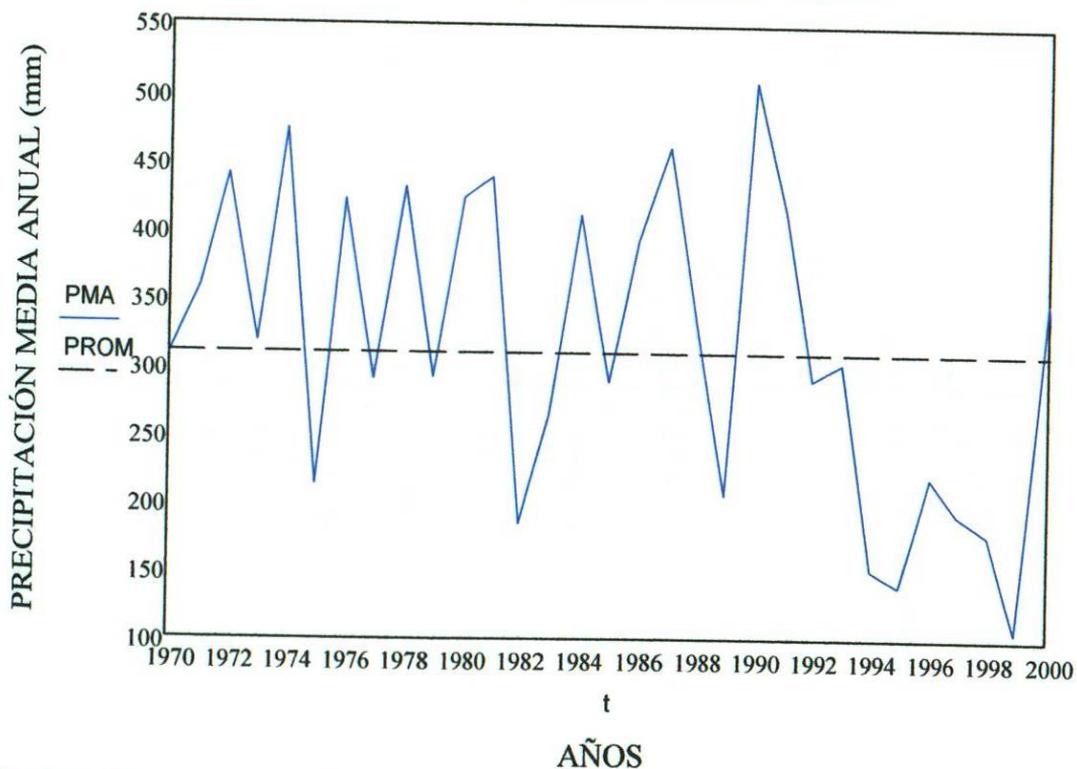
Precipitación promedio: 299.99 mm

### Estación hidrométrica: Francisco I. Madero



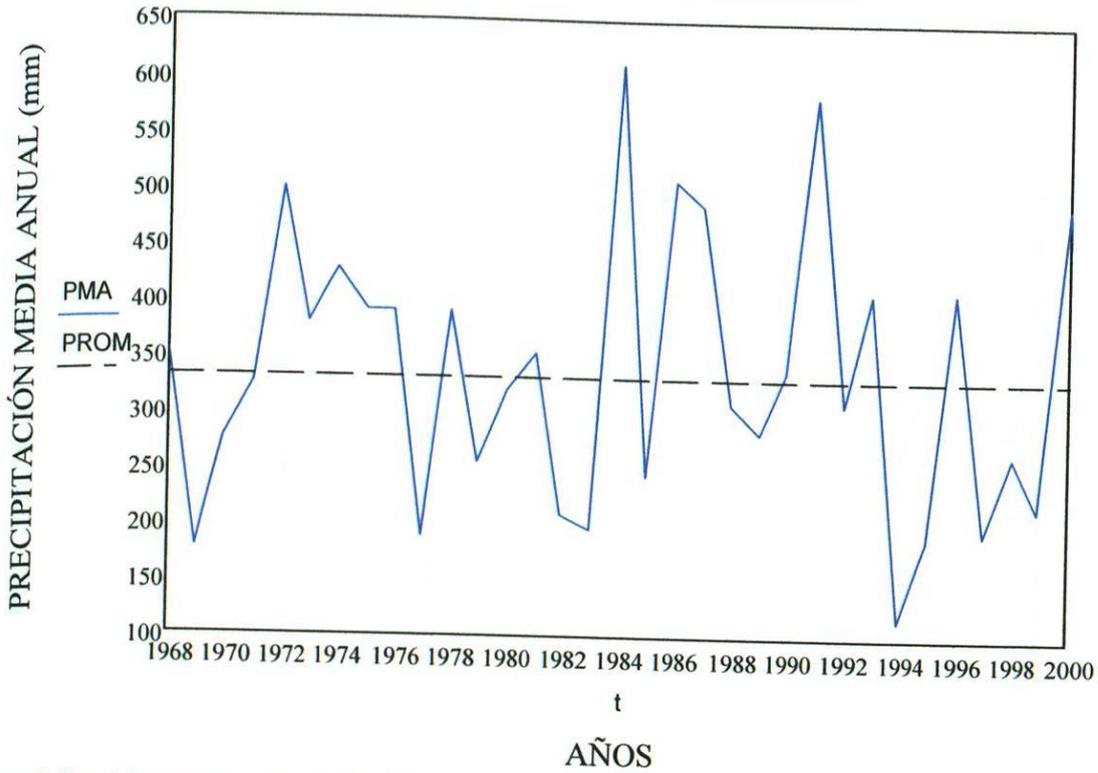
Precipitación promedio: 282.57 mm

### Estación hidrométrica: Las Burras



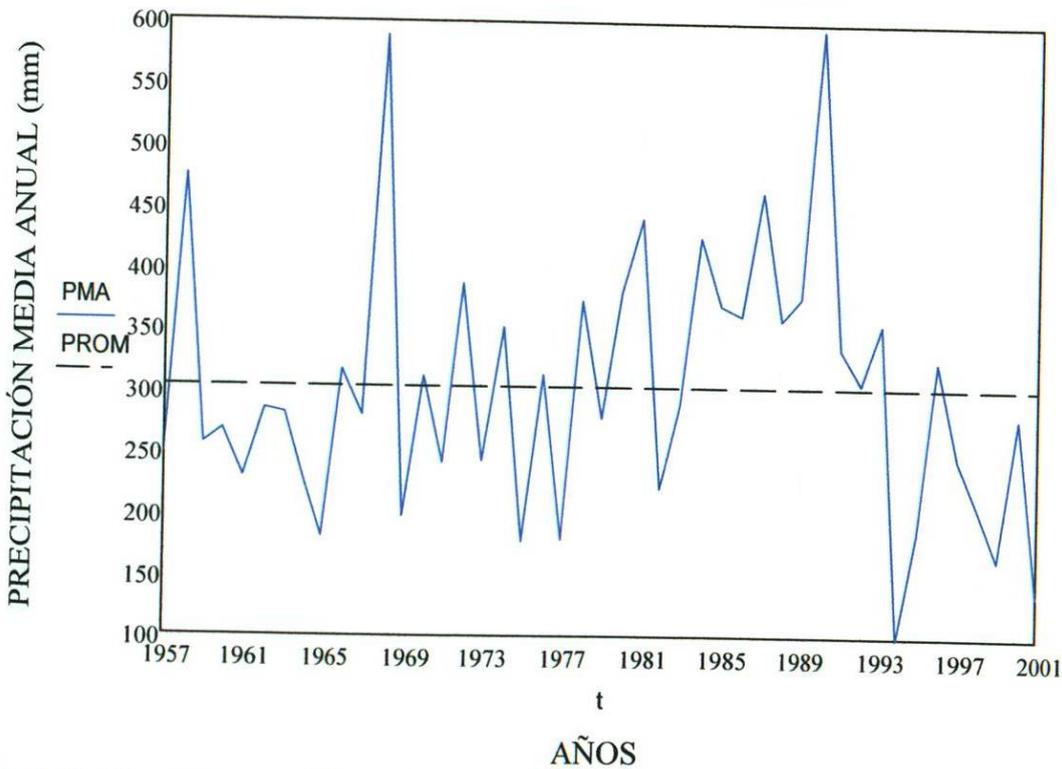
Precipitación promedio: 310.06 mm

### Estación hidrométrica: Chuiscar



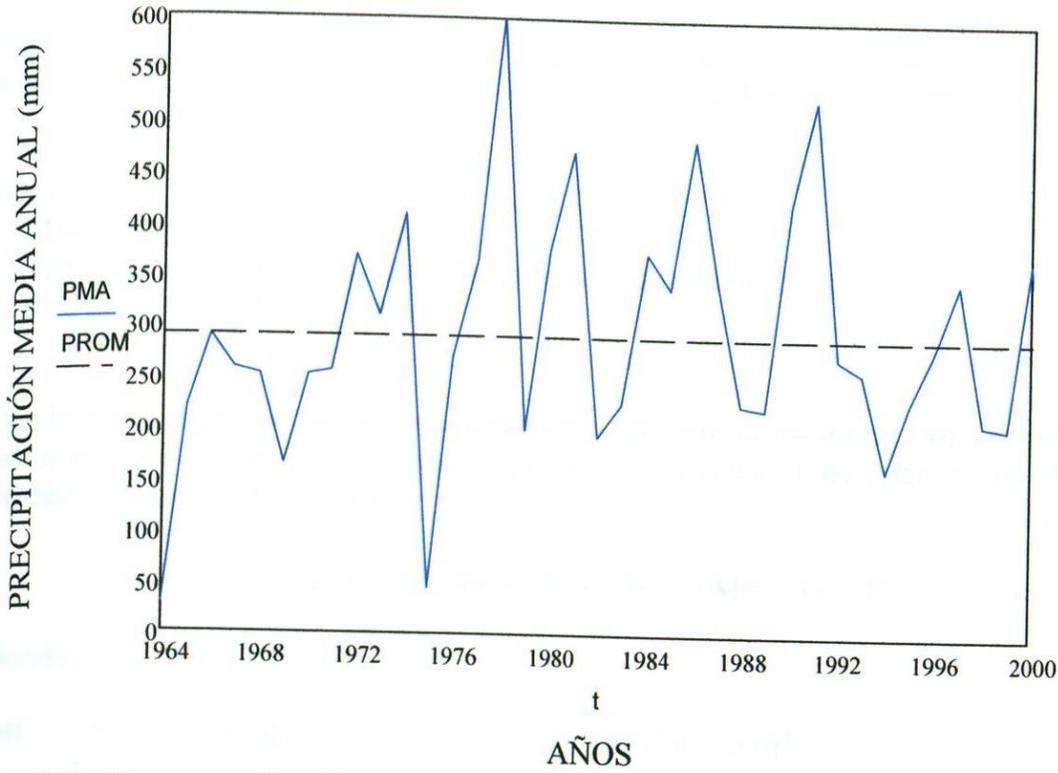
Precipitación promedio: 330.12 mm

### Estación hidrométrica: El Granero



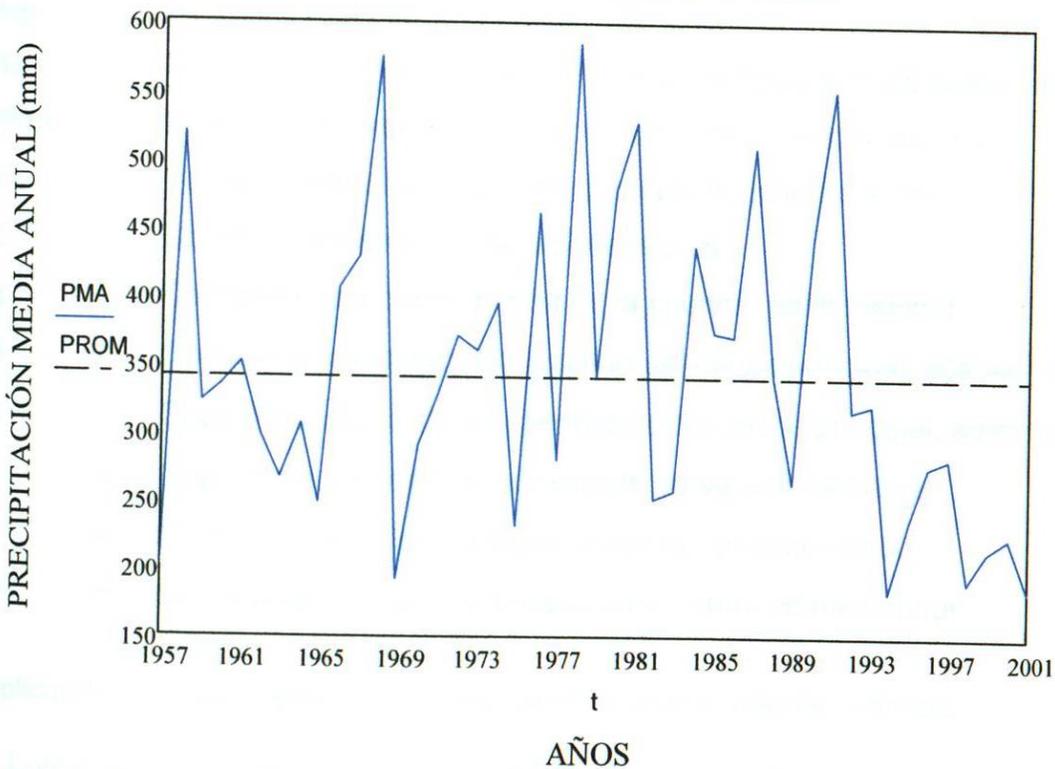
Precipitación promedio: 302.23 mm

### Estación hidrométrica: Puente FFCC



Precipitación promedio: 289.55 mm

### Estación hidrométrica: Llanitos



Precipitación promedio: 340.31 mm

## 2.6.- ANÁLISIS NUMÉRICO

Para determinar la severidad de la sequía en una región se utiliza una ecuación que toma en cuenta distintos parámetros propios de una cuenca, como lo son:

- Área de la cuenca
- Longitud del cauce principal
- Pendiente del cauce principal
- Número de curva (que toma en cuenta el tipo y uso de suelo)
- La precipitación media anual
- Periodo de retorno

Dado por aceptado que la severidad de una sequía depende del volumen de agua escurrido por debajo de la media anual, se plantea la evaluación de dicho déficit mediante la siguiente ecuación:

$$DH = Ar^{\alpha} \cdot Lcp^{\beta} \cdot Scp^{\lambda} \cdot Nc^{\delta} \cdot PMA^{\varepsilon} \cdot Tr^{\psi} \cdot C$$

Donde:

- DH** = Déficit hídrico de la cuenca en estudio, en m<sup>3</sup>
- Ar** = Área de la cuenca en estudio, en km<sup>2</sup>
- Lcp** = Longitud del cauce principal, en km
- Scp** = Pendiente del cauce principal, adimensional
- Nc** = Número de curva que toma en cuenta el tipo y uso de suelo, adimensional
- PMA** = Precipitación media anual de la cuenca en estudio, en mm
- Tr** = Periodo de retorno al que se asocia la sequía, en años
- C** = Constante independiente, adimensional
- α** = Coeficiente asociado al área de la cuenca, adimensional
- β** = Coeficiente asociado a la longitud del cauce principal, adimensional
- λ** = Coeficiente asociado a la pendiente del cauce principal, adimensional
- δ** = Coeficiente asociado al número de curva, adimensional
- ε** = Coeficiente asociado a la precipitación, adimensional
- ψ** = Coeficiente asociado al periodo de retorno, adimensional

Aplicando las leyes de los logaritmos, se obtiene la siguiente expresión:

$$\log(DH) = \alpha \cdot \log(Ar) + \beta \cdot \log(Lcp) + \lambda \cdot \log(Scp) + \delta \cdot \log(Nc) + \varepsilon \cdot \log(PMA) + \psi \cdot \log(Tr) + C$$

La información necesaria para la determinación numérica de la severidad de la sequía concerniente a las cuencas en estudio se presenta a continuación:

ID	Estación	Área de la cuenca km <sup>2</sup>	Longitud Cauce ppal. km	Pendiente Cauce ppal. adim	Numero de curva adim	Precipitación Med. anual mm
1	Peguis	67,128	871	0.0019	22.0540	263.06
2	Parral	333	31	0.0091	22.0540	488.19
3	Jiménez	7,770	214	0.0055	22.0540	343.72
4	Villalba	9,557	215	0.0060	22.0540	299.99
5	Fco. I. Madero	10,059	248	0.0049	22.0540	282.57
6	Las Burras	55,377	595	0.0016	22.0540	310.06
7	Chuviscar	854	55	0.0144	22.0540	330.12
8	El Granero	57,819	679	0.0016	22.0540	302.23
9	Puente FFCC	1,162	63	0.0096	22.0540	289.55
10	Llanitos	1,581	88	0.0100	22.0540	340.31

Tabla 32.- Resumen de resultados fisiográficos e hidrometeorológicos

Asimismo, se presentan los resultados de la función de distribución de probabilidad que se refieren al déficit hídrico, mostrado en millones de metros cúbicos de agua.

ID	Estación	PERIODOS DE RETORNO					
		2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS
1	Peguis	324.88	512.10	632.99	778.28	880.70	978.00
2	Parral	13.51	15.42	16.56	17.88	18.79	19.67
3	Jiménez	106.26	122.16	129.88	137.55	142.16	146.06
4	Villalba	198.06	230.39	246.24	262.05	271.58	279.67
5	Fco. I. Madero	137.66	187.91	218.74	255.23	280.87	305.16
6	Las Burras	128.81	352.45	589.76	1013.58	1430.92	1943.11
7	Chuviscar	3.38	4.23	4.50	4.68	4.74	4.78
8	El Granero	253.04	464.10	628.28	859.43	1046.29	1243.87
9	Puente FFCC	143.09	160.62	169.24	177.92	183.20	187.73
10	Llanitos	68.91	89.40	98.90	107.63	112.43	116.13

Tabla 33.- Resumen de resultados de los déficit hídricos

Con base en esta información, se realiza un análisis numérico para la obtención de los coeficientes asociados a las distintas propiedades de las cuencas mediante el siguiente arreglo matricial, tomado en cuenta las variables ya definidas con anterioridad:

$$\text{matriz 1} = \begin{pmatrix} Ar_1 & Lcp_1 & Scp_1 & Nc_1 & PMA_1 & Tr_1 \\ Ar_2 & Lcp_2 & Scp_2 & Nc_2 & PMA_2 & Tr_1 \\ Ar_3 & Lcp_3 & Scp_3 & Nc_3 & PMA_3 & Tr_1 \\ Ar_4 & Lcp_4 & Scp_4 & Nc_4 & PMA_4 & Tr_1 \\ Ar_5 & Lcp_5 & Scp_5 & Nc_5 & PMA_5 & Tr_1 \\ Ar_6 & Lcp_6 & Scp_6 & Nc_6 & PMA_6 & Tr_1 \\ Ar_7 & Lcp_7 & Scp_7 & Nc_7 & PMA_7 & Tr_1 \\ Ar_8 & Lcp_8 & Scp_8 & Nc_8 & PMA_8 & Tr_1 \\ Ar_9 & Lcp_9 & Scp_9 & Nc_9 & PMA_9 & Tr_1 \\ Ar_{10} & Lcp_{10} & Scp_{10} & Nc_{10} & PMA_{10} & Tr_1 \end{pmatrix} \quad \text{matriz 2} = \begin{pmatrix} Def_1 \\ Def_2 \\ Def_3 \\ Def_4 \\ Def_5 \\ Def_6 \\ Def_7 \\ Def_8 \\ Def_9 \\ Def_{10} \end{pmatrix}$$

Donde "Def" es el déficit hídrico, que se define como el resultado de la función de distribución de probabilidad utilizada, para cada periodo de retorno. Asimismo, este arreglo se repite para cada periodo de retorno en estudio.

Una vez conjuntados los datos fisiográficos e hidrométricos se procede a la extracción de las columnas del arreglo matricial, tanto de la matriz 1 como de la matriz 2, asociadas a distintas variables, con el fin de obtener el logaritmo base 10 de cada uno de los valores, definiéndose cada uno como se menciona a continuación:

$$Ar = \sum_1^n \log(Ar)$$

$$PMA = \sum_1^n \log(PMA)$$

$$Lcp = \sum_1^n \log(Lcp)$$

$$Tr = \sum_1^n \log(Tr)$$

$$Scp = \sum_1^n \log(Scp)$$

$$Def = \sum_1^n \log(Def)$$

$$Nc = \sum_1^n \log(Nc)$$

n = Número de estaciones en estudio

Tomando en consideración la definición de variables anterior, y con el fin de obtener los coeficientes asociados a cada una de las características de las cuencas, se obtiene el siguiente arreglo matricial:

$$\text{matriz 3} = \begin{pmatrix}
 n & Ar & Lcp & Scp & Nc & PMA & Tr \\
 Ar & Ar \cdot Ar & Ar \cdot Lcp & Ar \cdot Scp & Ar \cdot Nc & Ar \cdot PMA & Ar \cdot Tr \\
 Lcp & Lcp \cdot Ar & Lcp \cdot Lcp & Lcp \cdot Scp & Lcp \cdot Nc & Lcp \cdot PMA & Lcp \cdot Tr \\
 Scp & Scp \cdot Ar & Scp \cdot Lcp & Scp \cdot Scp & Scp \cdot Nc & Scp \cdot PMA & Scp \cdot Tr \\
 Nc & Nc \cdot Ar & Nc \cdot Lcp & Nc \cdot Scp & Nc \cdot Nc & Nc \cdot PMA & Nc \cdot Tr \\
 PMA & PMA \cdot Ar & PMA \cdot Lcp & PMA \cdot Scp & PMA \cdot Nc & PMA \cdot PMA & PMA \cdot Tr \\
 Tr & Tr \cdot Ar & Tr \cdot Lcp & Tr \cdot Scp & Tr \cdot Nc & Tr \cdot PMA & Tr \cdot Tr
 \end{pmatrix}$$

Tabla 34. Valores de los coeficientes de la ecuación de déficit

Ya definidos los parámetros se aplica la ecuación de déficit para representar el déficit hídrico asociado a un periodo de retorno:

$$\text{matriz 4} = \begin{pmatrix}
 Def \\
 Ar \cdot Def \\
 Lcp \cdot Def \\
 Scp \cdot Def \\
 Nc \cdot Def \\
 PMA \cdot Def \\
 Tr \cdot Def
 \end{pmatrix}$$

La aplicación de esta ecuación se realiza para cada periodo de retorno y para los distintos periodos de retorno, dando como resultado la siguiente información, cuyos valores se encuentran en millones de metros cúbicos.

Teniendo ya desarrollo el sistema matricial anterior, para cada periodo de retorno, se soluciona como un sistema de ecuaciones lineales, cuya solución serán los coeficientes necesarios para la aplicación de la ecuación del déficit hidráulico.

	1 AÑO	5 AÑOS	10 AÑOS	25 AÑOS	50 AÑOS	100 años
PEGUIS	68.671	742.848	828.297	898.670	972.777	1040.110
PARRAL	17.424	73.235	77.177	78.230	77.226	74.511
JIMENEZ	40.324	78.278	81.177	84.806	89.777	92.971
VILLALBA	58.128	128.794	134.177	140.717	148.147	156.649
FRANCISCO I. MADERO	115.040	170.324	180.177	218.154	227.848	234.231
LAS BUIRRAS	204.9	271.177	277.177	282.718	2816.174	4162.980
CHUMISCAH	25.042	27.217	27.177	28.255	28.548	28.287
EL GRANITO	281.764	678.671	840.177	1070.204	1408.477	1880.165
PUENTE FROG	81.984	82.048	82.177	108.412	108.848	141.789
LLAMITOS	78.848	87.775	80.177	81.718	80.118	80.120

Tabla 35. Resultados del déficit hídrico calculado

Aplicando el procedimiento anterior, se obtienen los siguientes valores de los coeficientes que están asociados a las distintas características de las cuencas.

PERIODO DE RETORNO	EXONENTES						
	C	$\alpha$	$\beta$	$\lambda$	$\delta$	$\epsilon$	$\psi$
2 años	-15.859	0.139	-0.188	-0.868	17.567	-3.164	0.002416
5 años	-27.685	0.915	-1.605	-1.302	26.267	-3.345	0.000203
10 años	-48.057	1.700	-3.019	-1.595	41.316	-3.439	0.000000
20 años	-48.527	2.050	-3.672	-1.843	41.492	-3.489	-0.000012
50 años	-68.756	2.775	-4.995	-2.099	56.589	-3.631	-0.002351
100 años	-112.682	4.166	-7.458	-2.396	89.246	-3.758	-0.000390

Tabla 34.- Valores de los exponentes de la ecuación de déficit

Ya definidos los coeficientes, se aplica la ecuación que representa el déficit hídrico asociado a un periodo de retorno.

$$DH = Ar^{\alpha} + Lcp^{\beta} + Scp^{\lambda} + Nc^{\delta} + PMA^{\epsilon} + Tr^{\psi} + C$$

La aplicación de esta ecuación se realiza para cada estación y para los distintos periodos de retorno, dando como resultado la siguiente tabulación, cuyos valores se encuentran en millones de metros cúbicos:

ESTACIÓN	PERIODOS DE RETORNO					
	2 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	20 AÑOS	50 AÑOS	100 AÑOS
PEGUIS	366.877	562.849	628.297	669.670	772.777	810.113
PARRAL	11.924	15.238	17.601	19.620	22.220	24.572
JIMENEZ	60.364	76.276	81.439	84.800	89.277	92.071
VILLALBA	88.528	128.789	158.678	183.717	218.147	262.646
FRANCISCO I. MADERO	125.043	170.654	190.868	216.154	227.969	234.231
LAS BURRAS	264.8	627.944	1069.705	1632.729	2516.174	4193.080
CHUVISCAR	25.022	27.327	27.691	28.253	28.546	29.267
EL GRANERO	281.765	575.671	843.679	1200.854	1609.177	2063.555
PUENTE FFCC	61.887	82.009	95.846	105.482	122.896	141.769
LLANITOS	20.898	27.779	30.685	31.710	35.118	35.120

Tabla 35.- Resultados del déficit hídrico calculado

## 2.7.- GESTIONES DEL RIEGO

Las organizaciones difieren en su capacidad de afrontar los diferentes niveles de complejidad. Esta capacidad está determinada fundamentalmente por la base de autoridad de la organización, modo de financiación, incentivos y mecanismos de control. Existen seis modelos de organización básica no gubernamental, que son utilizados para la gestión de los sistemas de riego en todo el mundo. Éstos son:

- Asociación multipropósito de usuarios del agua
- Empresa pública
- Gobierno local
- Distrito de riego
- Compañía mutua
- Compañía privada

### 2.7.1.- ASOCIACIONES MULTIPROPÓSITO DE USUARIOS DEL AGUA

Las AUA multipropósito son los grupos de usuarios del agua que combinan las funciones de gobierno y de gestión. Se trata generalmente de cooperativas de usuarios del agua. En Asia y África, sus miembros tienden a llevar a cabo ambas funciones directamente, de modo que son más aptas para los sistemas de riego a pequeña escala o sectores de un sistema más grande, donde las necesidades de gestión son relativamente sencillas y no demasiado intensas. Los miembros de las AUA incluyen generalmente a todos los propietarios o agricultores servidos por el sistema de riego.

Las AUA de riego a pequeña escala tienden a ser órganos informales o políticamente débiles, que carecen del poder suficiente para aplicar fuertes sanciones y aplicar normas. Las tareas de contabilidad y de gestión son generalmente realizadas por los representantes elegidos por los agricultores, quienes suelen recibir una escasa contraprestación oficial por sus contribuciones. Las AUA funcionan generalmente con debilidad de cara a las potentes administraciones públicas y gobiernos locales, y carecen de derechos de agua formales.

A pesar de ello, los expertos técnicos estiman a menudo que la AUA es la única alternativa posible a la gestión pública. Sin embargo, en ocasiones, se recomienda en contextos que probablemente no son apropiados, como en grandes superficies servidas con condiciones complejas. La corrupción, el control por parte de los grupos de poder y las disputas entre las partes implicadas, son problemas que a menudo sobrepasan la capacidad de la modesta AUA. En la elaboración de las políticas de TGR, se deberían considerar otro tipo de organizaciones, quizá ya probadas, especialmente para aquellas superficies servidas más extensas y complejas.

En América Latina, sin embargo, especialmente en los sistemas de riego que sirven más de 5 000 ha, las AUA actúan a menudo sólo como órgano de gobierno de los usuarios del agua, mientras que el servicio de riego es suministrado por profesionales contratados y supervisados por la junta de gobierno de la AUA elegida.

### **2.7.2.- LAS EMPRESAS PÚBLICAS**

Son normalmente autónomas desde el punto de vista financiero, y tienen objetivos fijados desde el gobierno para suministrar un servicio de aguas monopolístico dentro de la jurisdicción adjudicada, como una región determinada o una cuenca hidrológica. Normalmente, son establecidas por el gobierno y no son tan responsables de cara a los usuarios como los distritos constituidos localmente o las compañías mutuas.

### **2.7.3.- LOS GOBIERNOS LOCALES**

Como las poblaciones o las municipalidades, gestionan en ocasiones los sistemas de riego. Éste es generalmente el caso de sistemas de riego a pequeña escala o sectores de grandes sistemas de riego, donde no existen alternativas de organizaciones locales viables. Se pueden encontrar ejemplos alrededor de todo el mundo. El punto débil de este modelo es que las redes de riego no coinciden, frecuentemente, con los límites administrativos y los gobiernos locales se distraen a menudo de la gestión por otros problemas.

### **2.7.4.- EL DISTRITO DE RIEGO**

Es normalmente un tipo de organización local pública, o "semi-municipalidad" con una función específica. Suele gozar de ciertos privilegios e inmunidades, que no están al alcance de otras organizaciones del sector privado. En general, existe una junta de gobierno que se encarga de contratar un gerente y un profesional a tiempo completo para gestionar el sistema, como empleados del distrito.

### **2.7.5.- LA COMPAÑÍA MUTUA**

Es generalmente una sociedad de responsabilidad limitada, formada a partir de acciones del sistema de riego que pertenecen a los propietarios y usuarios del agua. El valor de las acciones suele estar basado en una valoración de los activos del sistema de riego que pertenecen a los miembros. Se podría contratar personal profesional para gestionar el sistema. Estas compañías tienden a existir en sistemas de riego que se han desarrollado fundamentalmente a partir de la financiación de los agricultores o del sector privado. Este modelo tiende a funcionar mejor en economías comerciales, donde la gestión depende más de la inversión que de las ayudas del gobierno.

## **2.7.6.- LA COMPAÑÍA PRIVADA**

En el caso de plantaciones o en grandes explotaciones gestionadas por compañías privadas, los sistemas de riego suelen estar operados por la compañía privada que gestiona la producción agrícola en la superficie regada. En la gestión del riego mediante la contratación de organizaciones, la organización de gobierno realiza un contrato con una tercera parte (empresa) por un período limitado de tiempo para gestionar un sistema de riego. En China, las municipalidades o las oficinas de conservación de aguas suministran contratos de una duración limitada a "equipos de profesionales en la gestión de riego" locales para hacerse cargo de la gestión de sectores de los sistemas de riego. Este sistema necesita la disponibilidad de diferentes proveedores de servicios y es más apta para las tareas de gestión que no requieren un largo proceso de aprendizaje.

## **2.8.- USO DEL AGUA EN LOS DISTRITOS DE RIEGO**

Como sabemos, la transferencia de los distritos de riego a los usuarios, productores agropecuarios, se hizo con el objetivo fundamental de permitirles realizar un mejor aprovechamiento de las aguas y de la infraestructura hidráulica.

A partir de esta transferencia, se señala que se dio un uso más eficiente del agua, sin embargo es un hecho que sigue habiendo un desperdicio excesivo de agua en riego agrícola.

De acuerdo al diagnóstico del Programa Nacional Hidráulico, el sector agrícola de México utiliza casi el 80 por ciento del agua disponible en el país, sin embargo, se estima que hay muchas extensiones de cultivos de riego en donde el vital líquido se desperdicia hasta en más del 50 por ciento.

Ante esta problemática, cobra vital importancia un estudio a fondo sobre el fenómeno de las sequías, ya que en el sector agrícola, la carencia de agua representa severas pérdidas de distinta índole, principalmente económica.

A continuación, se muestra un reporte proporcionado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) acerca de la producción agrícola obtenida en el distrito de riego 005 denominado Las Delicias, el cual se encuentra dentro de la cuenca del Río Conchos, durante el periodo 2006-2007.

### 3.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 3.1.- PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA  
GERENCIA ESTATAL DE CHIHUAHUA  
DISTRITO DE RIEGO 005, DELICIAS

#### PRODUCCIÓN OBTENIDA AGRÍCOLA 2006 - 2007

CULTIVOS	SUPERFICIE		RENDIMIENTO TON/HA	PRODUCCIÓN TON	P.M.R.	PRODUCCIÓN MILES \$	VAL DE COS / HA. (MILES DE \$ HA.)	VOL. BTO. (MILES M3)	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)
	SEMRADA	COSECHADA							
<b>OTOÑO-INV.</b>									
TRIGO									
VARIOS									
CEBOLLA									
AVENA									
PRADERA									
CEBADA									
<b>SUBTOTAL</b>									
<b>PRIM-VER.</b>									
ALGODON	787.00	787.00	1.90	1,495.30	\$ 5,360.00	\$ 8,014,808.00	10,184.00	10,146.90	789.88
CACAHUATE	3,496.00	3,496.00	2.40	8,390.40	\$ 6,500.00	\$ 54,537,600.00	15,600.00	48,680.50	1,120.32
MAIZ	8,064.00	8,064.00	40.00	322,560.00	\$ 284.98	\$ 91,923,148.80	11,399.20	90,283.90	1,018.16
VARIOS	3,519.00	3,519.00	35.00	123,165.00	\$ 911.00	\$ 112,203,315.00	31,885.00	33,686.10	3,330.85
SORGO	32.00	32.00	4.00	128.00	\$ 1,450.00	\$ 185,600.00	5,800.00	1,103.30	168.22
SOYA	10.00	10.00	2.40	24.00	\$ 3,085.00	\$ 74,040.00	7,404.00	97.50	
CHILE	7,209.00	7,209.00	29.20	210,502.80	\$ 2,593.97	\$ 546,037,948.12	75,743.92	103,213.80	5,290.36
FRIJOL	6.00	6.00	1.30	7.80	\$ 7,608.00	\$ 59,342.40	9,890.40	101.00	587.55
CEBOLLA	2,059.00	2,059.00	46.10	94,919.90	\$ 2,110.45	\$ 200,323,702.96	97,291.75	29,541.70	6,781.05
AVENA	297.00	297.00	6.80	2,019.60	\$ 972.43	\$ 1,963,919.63	6,612.52	1,599.60	1,227.76
<b>SUBTOTAL</b>	<b>25,479.00</b>	<b>25,479.00</b>	<b>29.95</b>	<b>763,212.80</b>		<b>\$ 1,015,323,424.90</b>	<b>39,849.42</b>	<b>318,454.30</b>	<b>3,188.29</b>
<b>SEG. CULT.</b>									
SORGO									
MAIZ									
CACAHUATE									
VARIOS									
SOYA									
FRIJOL									
CHILE									
<b>SUBTOTAL</b>									
<b>PERENNES</b>									
ALFALFA	23,560.00	23,560.00	14.90	351,044.00	\$ 1,093.28	\$ 383,789,384.32	16,289.87	405,615.80	946.19
VID	173.00	173.00	12.30	2,127.90	\$ 1,800.00	\$ 3,830,220.00	22,140.00	2,696.40	1,420.49
NOGAL	5,405.00	5,405.00	1.50	8,107.50	\$ 30,000.00	\$ 243,225,000.00	45,000.00	88,289.80	2,754.85
<b>SUBTOTAL</b>	<b>29,138.00</b>	<b>29,138.00</b>	<b>12.40</b>	<b>361,279.40</b>		<b>\$ 630,844,604.32</b>	<b>21,650.24</b>	<b>496,602.00</b>	<b>1,270.32</b>
<b>TOTAL</b>	<b>54,617.00</b>	<b>54,617.00</b>	<b>20.59</b>	<b>1,124,492.20</b>		<b>\$ 1,646,168,029.22</b>	<b>30,140.21</b>	<b>815,056.30</b>	<b>2,019.70</b>

### 3.2.- IMPACTO ECONÓMICO DE LAS SEQUÍAS

De acuerdo a la presente investigación, y según la información del reporte de producción agrícola presentado anteriormente, cobra especial importancia el índice de producción total del distrito de riego, que para efecto del estudio, nos representará un índice de pérdida, ya que es el factor de conversión entre el déficit hídrico de las cuencas y la pérdida económica que éste representa.

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m <sup>3</sup>	DÉFICIT MILES m <sup>3</sup>	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES m <sup>3</sup> )	PÉRDIDAS (MILES \$)
Peguis	2 años	366.88	366,877	2,019.70	\$ 740,980,945.80
	5 años	562.85	562,849	2,019.70	\$ 1,136,785,310.51
	10 años	628.30	628,297	2,019.70	\$ 1,268,970,541.37
	20 años	669.67	669,670	2,019.70	\$ 1,352,531,529.57
	50 años	772.78	772,777	2,019.70	\$ 1,560,776,588.21
	100 años	810.11	810,113	2,019.70	\$ 1,636,184,053.37

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m <sup>3</sup>	DÉFICIT MILES m <sup>3</sup>	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Parral	2 años	11.92	11,924	2,019.70	\$ 24,082,885.54
	5 años	15.24	15,238	2,019.70	\$ 30,776,166.54
	10 años	17.60	17,601	2,019.70	\$ 35,548,714.22
	20 años	19.62	19,620	2,019.70	\$ 39,626,485.60
	50 años	22.22	22,220	2,019.70	\$ 44,877,701.83
	100 años	24.57	24,572	2,019.70	\$ 49,628,032.83

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m <sup>3</sup>	DÉFICIT MILES m <sup>3</sup>	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Jiménez	2 años	60.36	60,364	2,019.70	\$ 121,917,083.42
	5 años	76.28	76,276	2,019.70	\$ 154,054,526.78
	10 años	81.44	81,439	2,019.70	\$ 164,482,230.41
	20 años	84.80	84,800	2,019.70	\$ 171,270,437.24
	50 años	89.28	89,277	2,019.70	\$ 180,312,627.66
	100 años	92.07	92,071	2,019.70	\$ 185,955,665.42

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m <sup>3</sup>	DÉFICIT MILES m <sup>3</sup>	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
<b>Villalba</b>	<b>2 años</b>	88.53	88,528	2,019.70	\$ 178,799,873.45
	<b>5 años</b>	128.79	128,789	2,019.70	\$ 260,114,956.86
	<b>10 años</b>	158.68	158,678	2,019.70	\$ 320,481,726.89
	<b>20 años</b>	183.72	183,717	2,019.70	\$ 371,052,958.95
	<b>50 años</b>	218.15	218,147	2,019.70	\$ 440,591,180.11
	<b>100 años</b>	262.65	262,646	2,019.70	\$ 530,465,745.99

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m <sup>3</sup>	DÉFICIT MILES m <sup>3</sup>	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
<b>Francisco I. Madero</b>	<b>2 años</b>	125.04	125,043	2,019.70	\$ 252,549,166.09
	<b>5 años</b>	170.65	170,654	2,019.70	\$ 344,669,636.76
	<b>10 años</b>	190.87	190,868	2,019.70	\$ 385,495,823.30
	<b>20 años</b>	216.15	216,154	2,019.70	\$ 436,565,920.89
	<b>50 años</b>	227.97	227,969	2,019.70	\$ 460,428,659.29
	<b>100 años</b>	234.23	234,231	2,019.70	\$ 473,076,011.62

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m <sup>3</sup>	DÉFICIT MILES m <sup>3</sup>	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
<b>Las Burras</b>	<b>2 años</b>	264.80	264,800	2,019.70	\$ 534,816,176.67
	<b>5 años</b>	627.94	627,944	2,019.70	\$ 1,268,257,587.78
	<b>10 años</b>	1,069.71	1,069,705	2,019.70	\$ 2,160,481,639.97
	<b>20 años</b>	1,632.73	1,632,729	2,019.70	\$ 3,297,620,397.73
	<b>50 años</b>	2,516.17	2,516,174	2,019.70	\$ 5,081,912,985.34
	<b>100 años</b>	4,193.08	4,193,080	2,019.70	\$ 8,468,757,606.02

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m <sup>3</sup>	DÉFICIT MILES m <sup>3</sup>	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
<b>Chuviscar</b>	<b>2 años</b>	25.02	25,022	2,019.70	\$ 50,536,897.18
	<b>5 años</b>	27.33	27,327	2,019.70	\$ 55,192,302.34
	<b>10 años</b>	27.69	27,691	2,019.70	\$ 55,927,472.61
	<b>20 años</b>	28.25	28,253	2,019.70	\$ 57,062,543.20
	<b>50 años</b>	28.55	28,546	2,019.70	\$ 57,654,314.88
	<b>100 años</b>	29.27	29,267	2,019.70	\$ 59,110,517.53

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m <sup>3</sup>	DÉFICIT MILES m <sup>3</sup>	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
El Granero	2 años	281.77	281,765	2,019.70	\$ 569,080,362.61
	5 años	575.67	575,671	2,019.70	\$ 1,162,681,885.35
	10 años	843.68	843,679	2,019.70	\$ 1,703,977,254.97
	20 años	1,200.85	1,200,854	2,019.70	\$ 2,425,363,085.42
	50 años	1,609.18	1,609,177	2,019.70	\$ 3,250,052,457.42
	100 años	2,063.56	2,063,555	2,019.70	\$ 4,167,759,046.26

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m <sup>3</sup>	DÉFICIT MILES m <sup>3</sup>	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Puente FFCC	2 años	61.89	61,887	2,019.70	\$ 124,993,084.31
	5 años	82.01	82,009	2,019.70	\$ 165,633,458.58
	10 años	95.85	95,846	2,019.70	\$ 193,580,027.45
	20 años	105.48	105,482	2,019.70	\$ 213,041,842.70
	50 años	122.90	122,896	2,019.70	\$ 248,212,873.29
	100 años	141.77	141,769	2,019.70	\$ 286,330,644.07

ESTACIÓN	PERIODO DE RETORNO	DÉFICIT MILLONES m <sup>3</sup>	DÉFICIT MILES m <sup>3</sup>	IND.DE PROD. (MILES \$/MILES M3)	PÉRDIDAS (MILES \$)
Llanitos	2 años	20.90	20,898	2,019.70	\$ 42,207,660.35
	5 años	27.78	27,779	2,019.70	\$ 56,105,206.09
	10 años	30.69	30,685	2,019.70	\$ 61,974,450.08
	20 años	31.71	31,710	2,019.70	\$ 64,044,641.10
	50 años	35.12	35,118	2,019.70	\$ 70,927,773.76
	100 años	35.12	35,120	2,019.70	\$ 70,931,813.16

Estos resultados se expresan también gráficamente, mostrando que el aumento del déficit hídrico es directamente proporcional a la pérdida económica que genera.

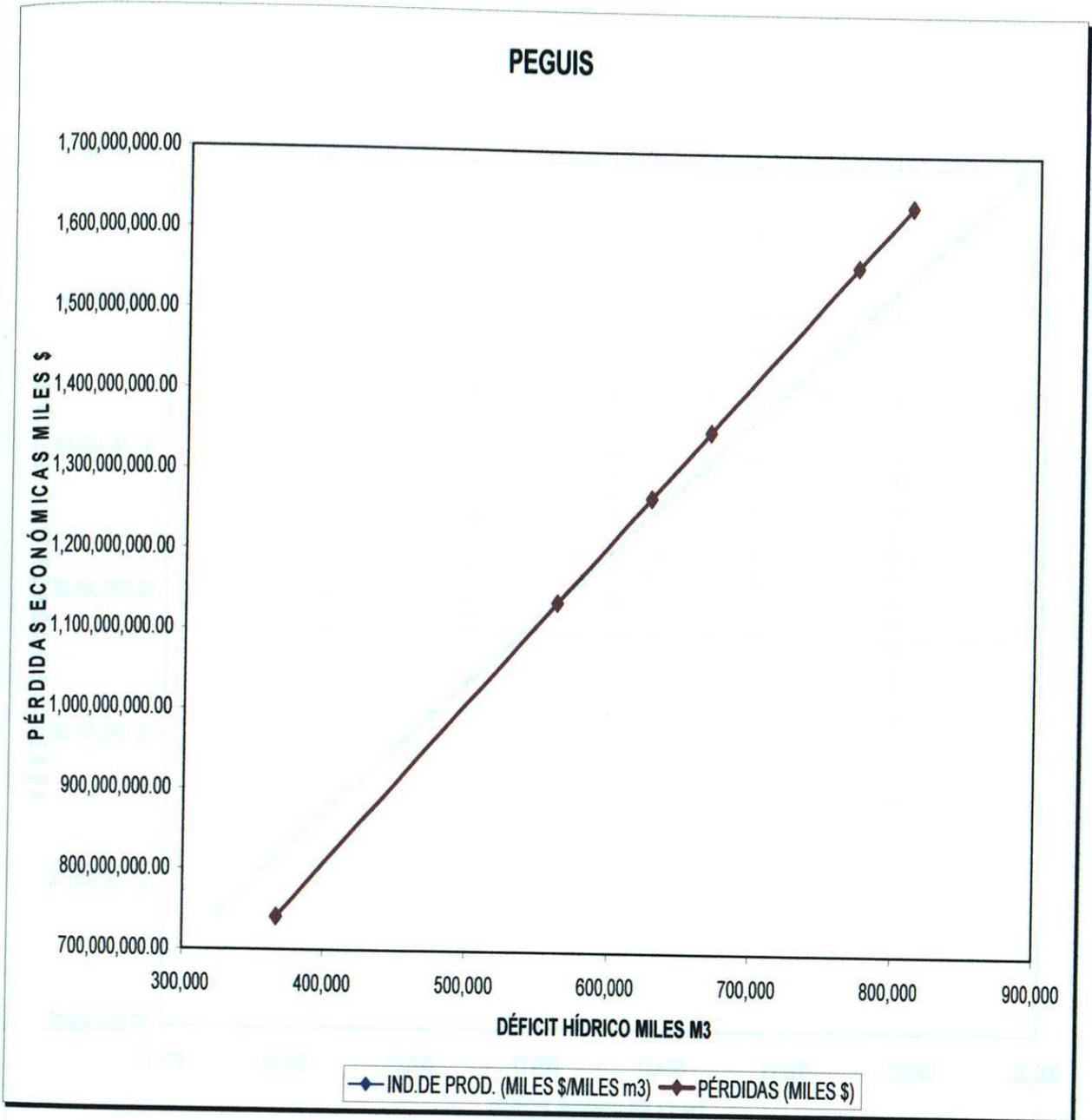


Ilustración 31.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Peguis

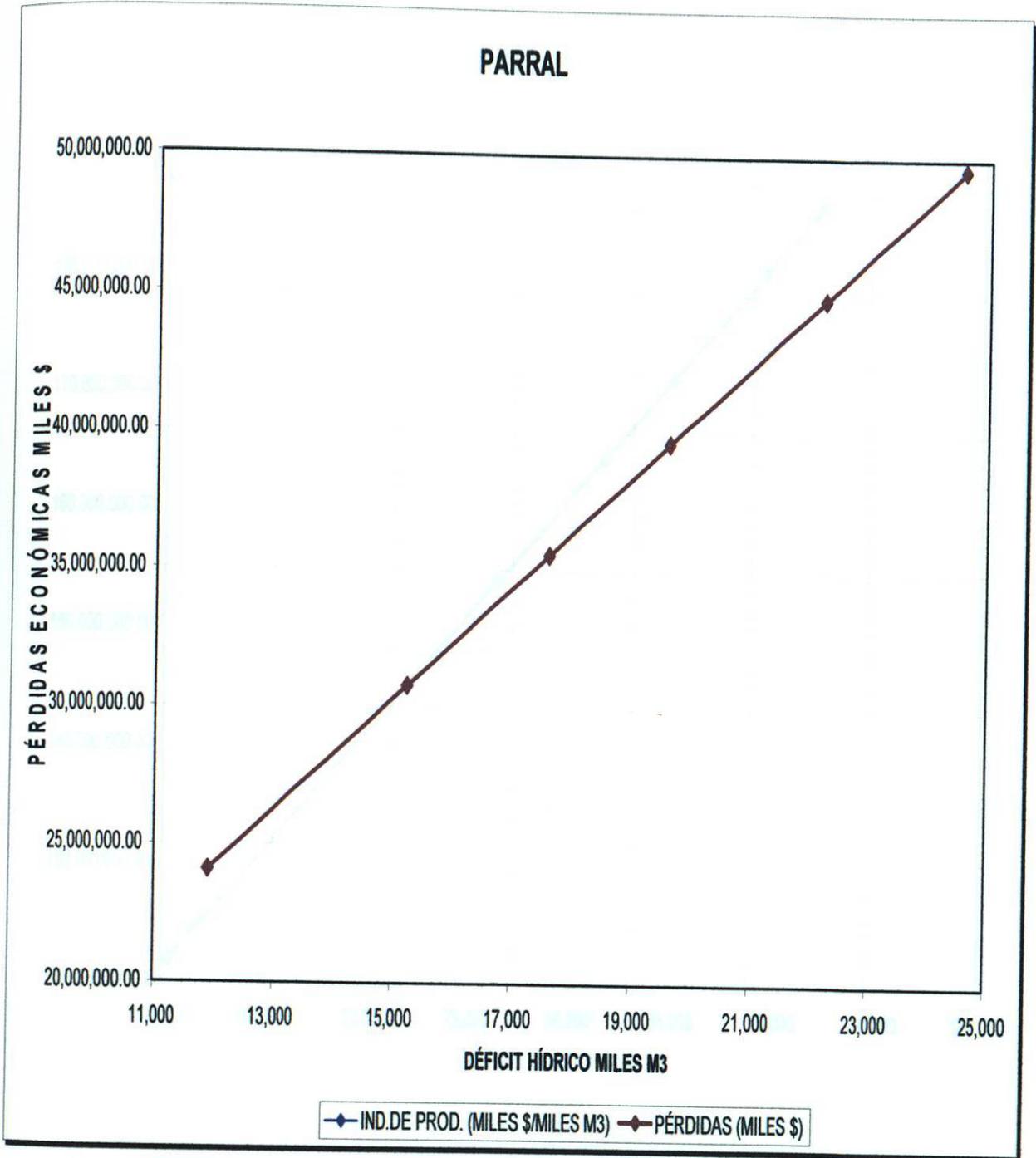


Ilustración 32.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Parral

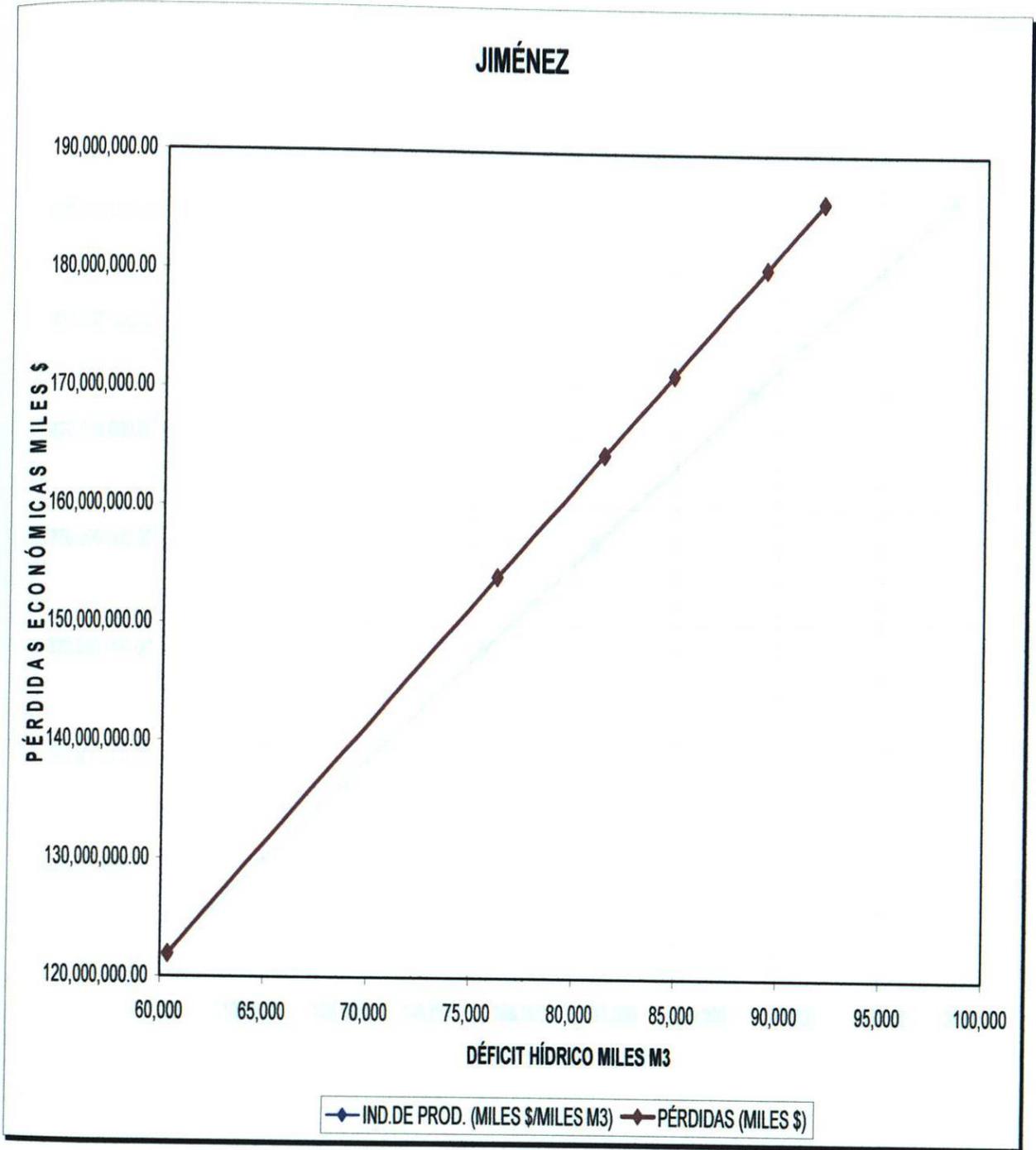


Ilustración 33.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Jiménez

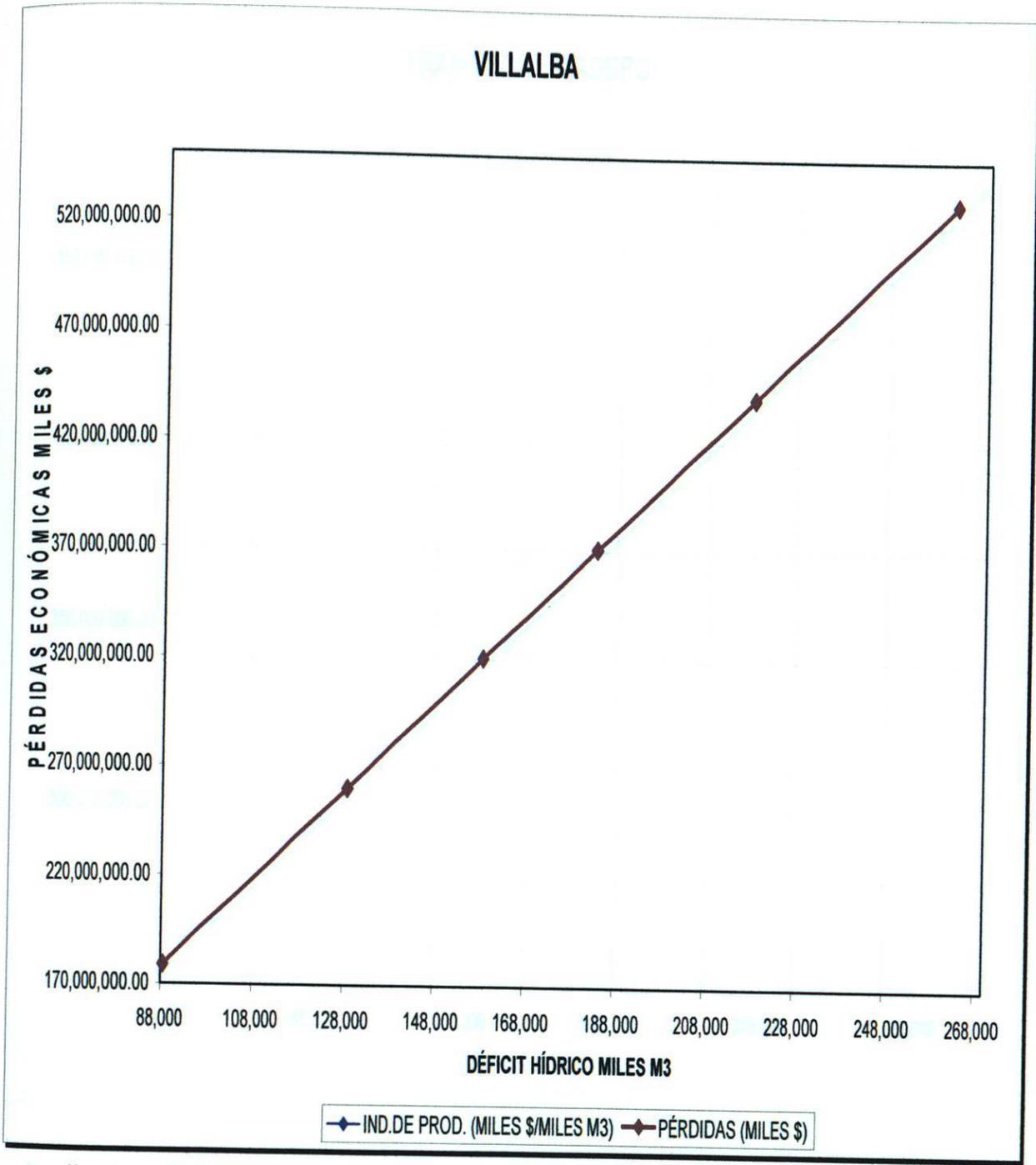


Ilustración 34.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Villalba

### FRANCISCO I. MADERO

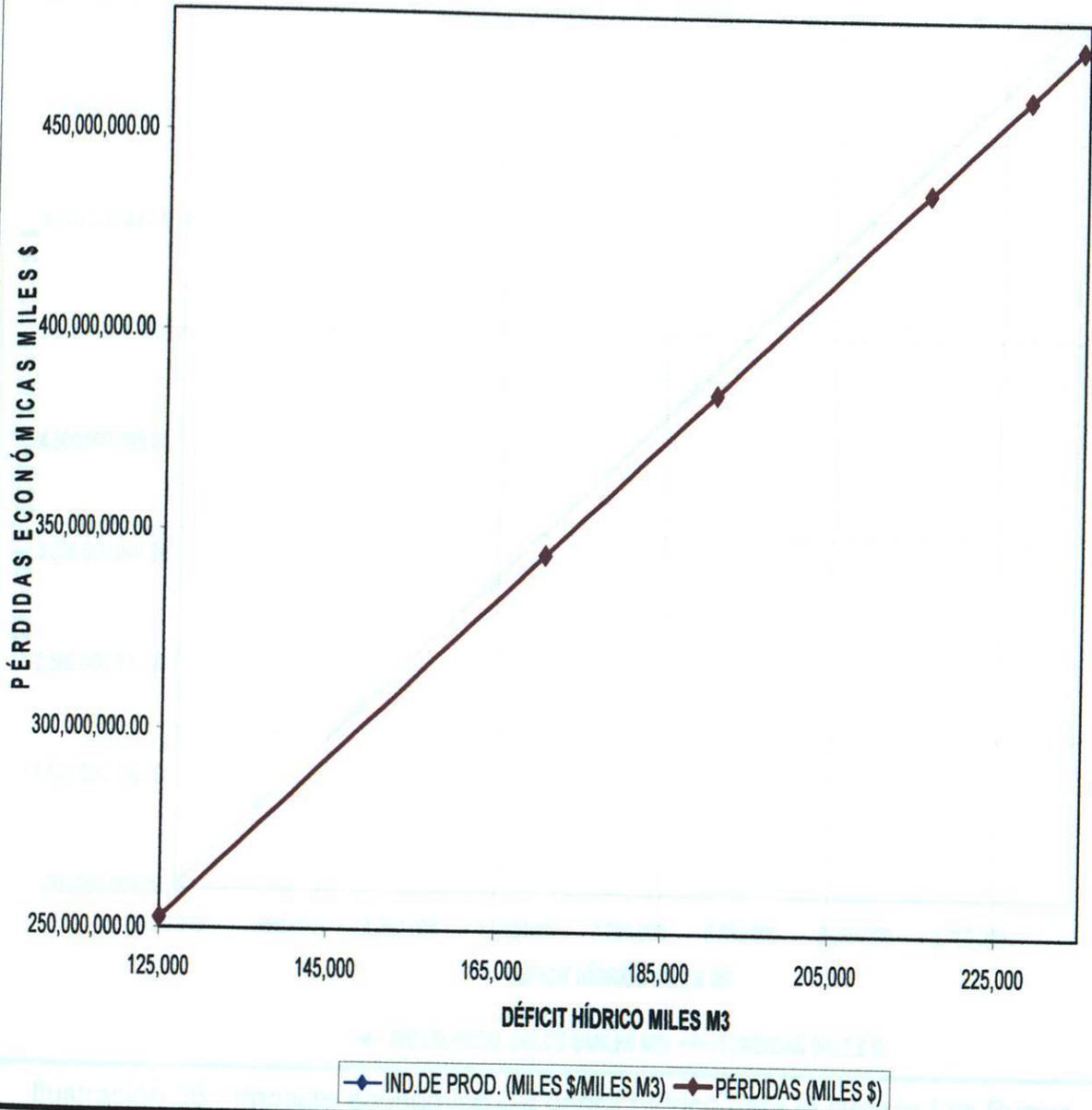


Ilustración 35.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Fco. I. Madero

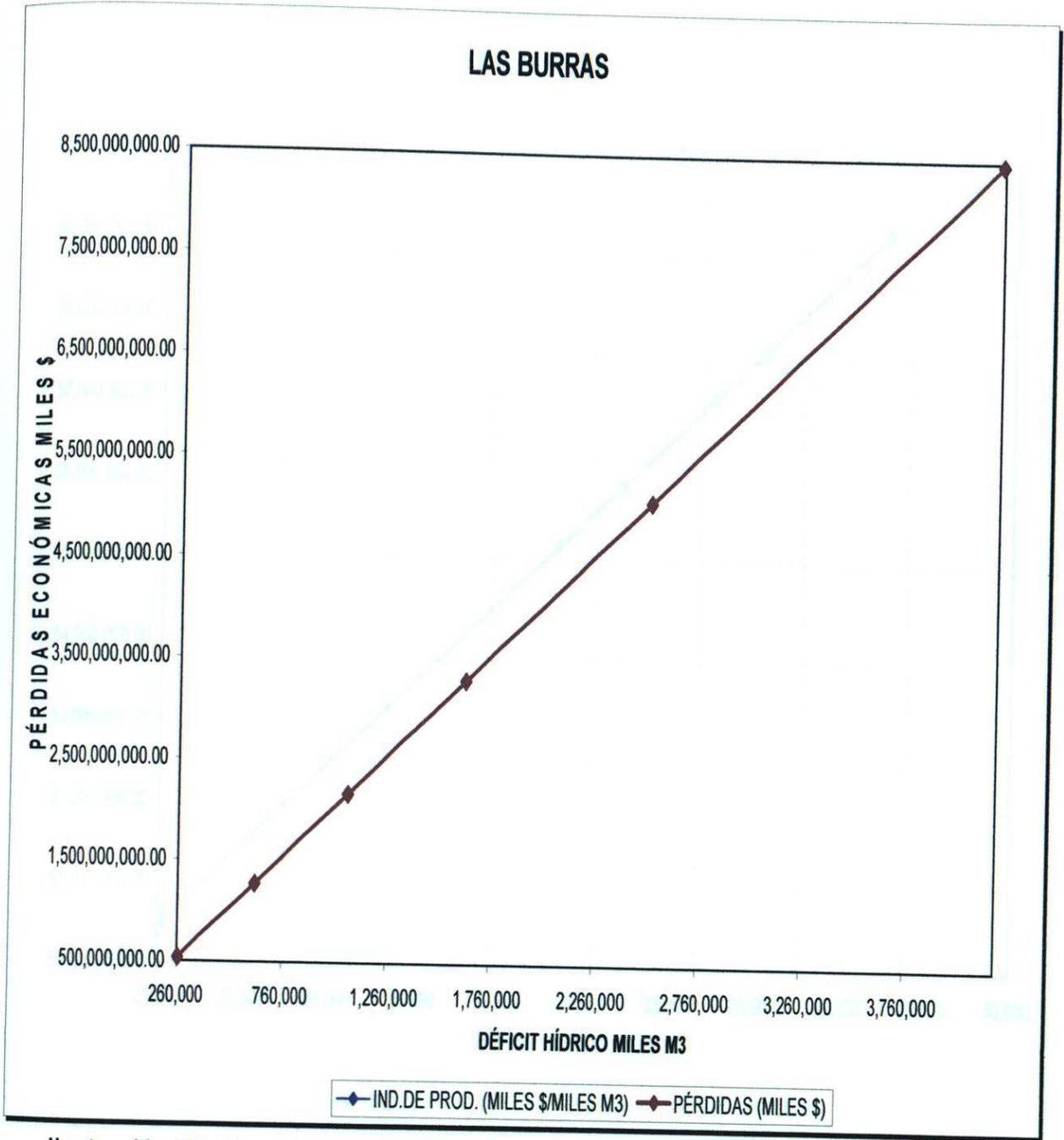


Ilustración 36.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Las Burras

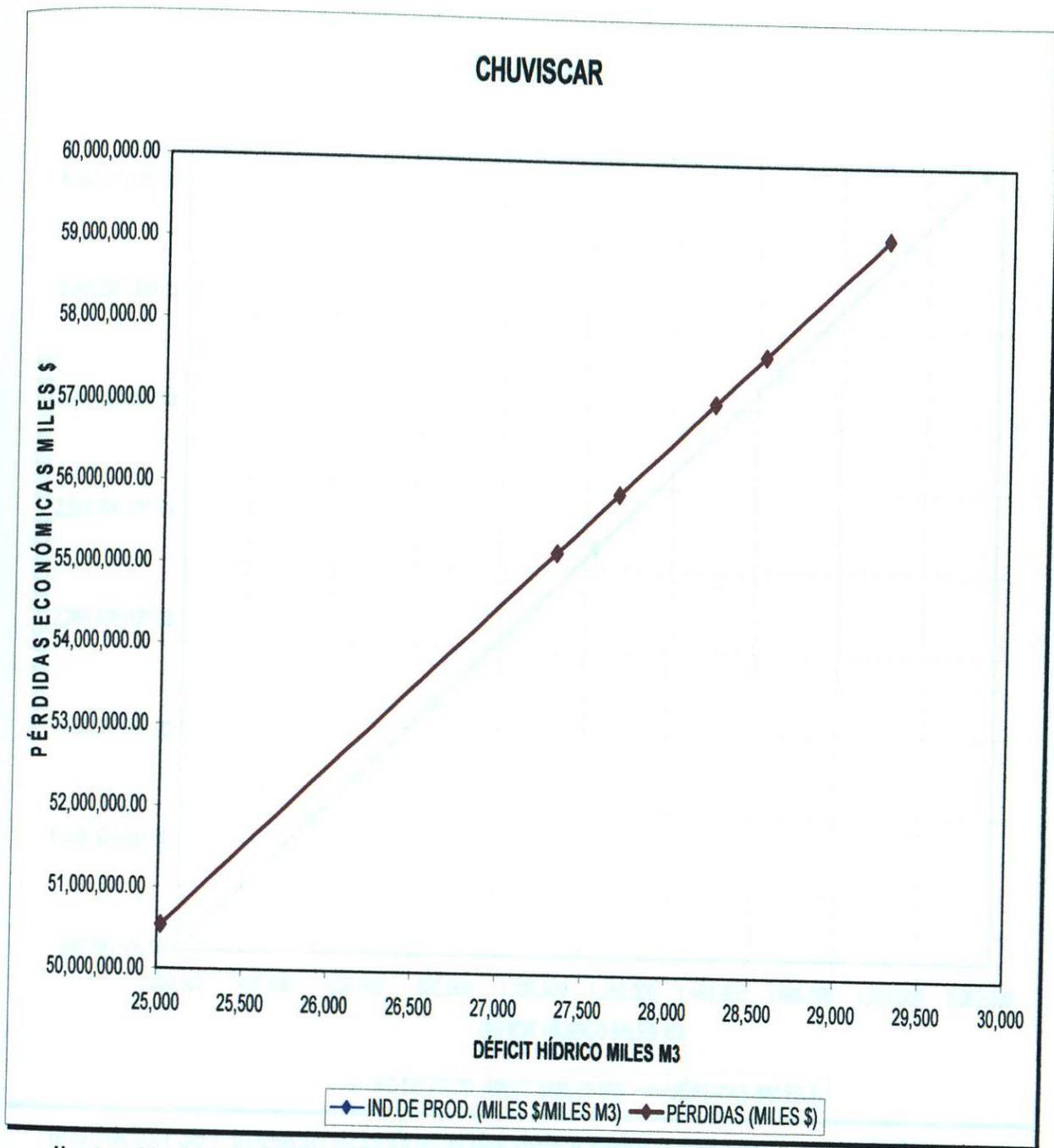


Ilustración 37.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Chuviscar

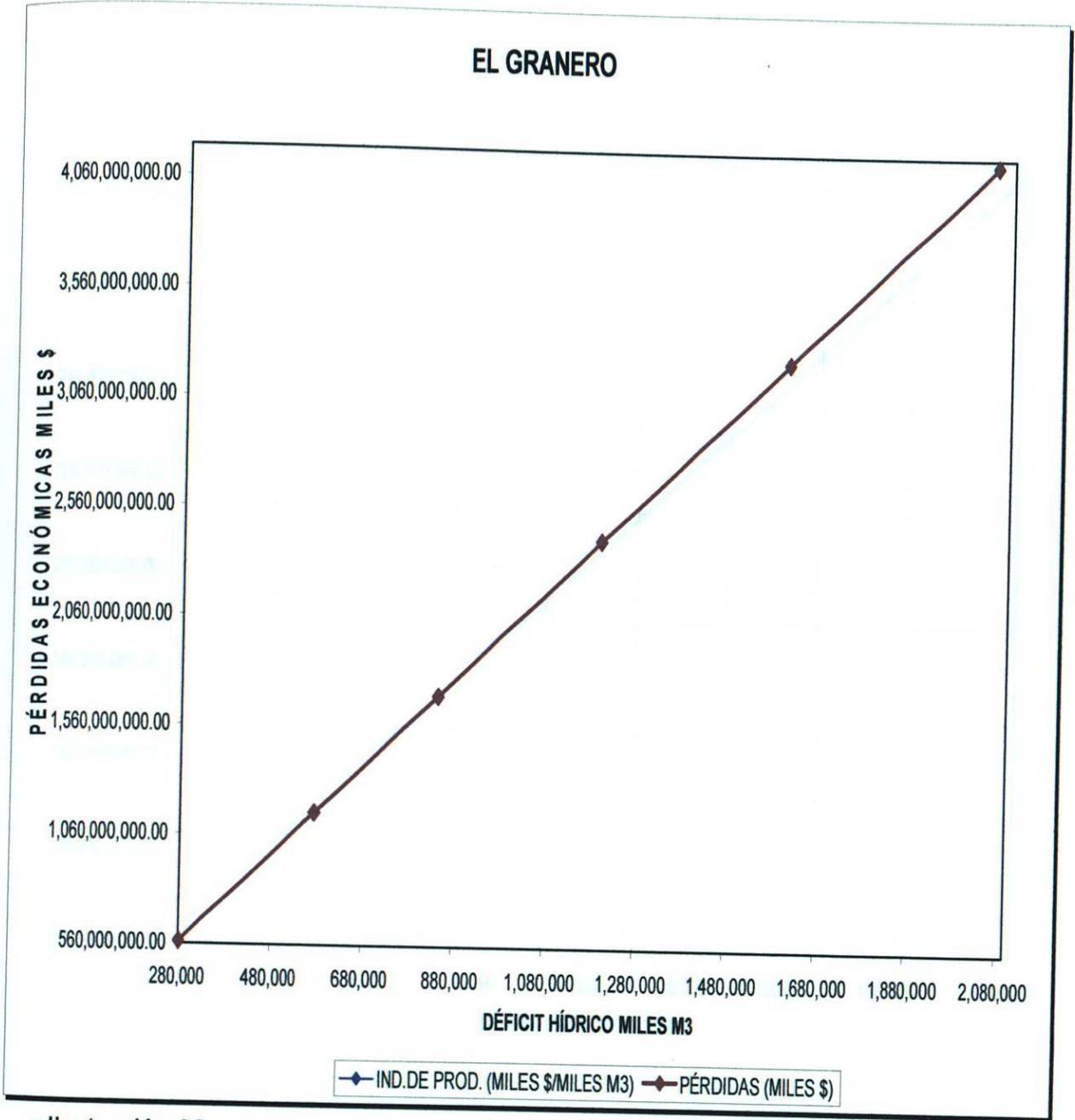


Ilustración 38.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca El Granero

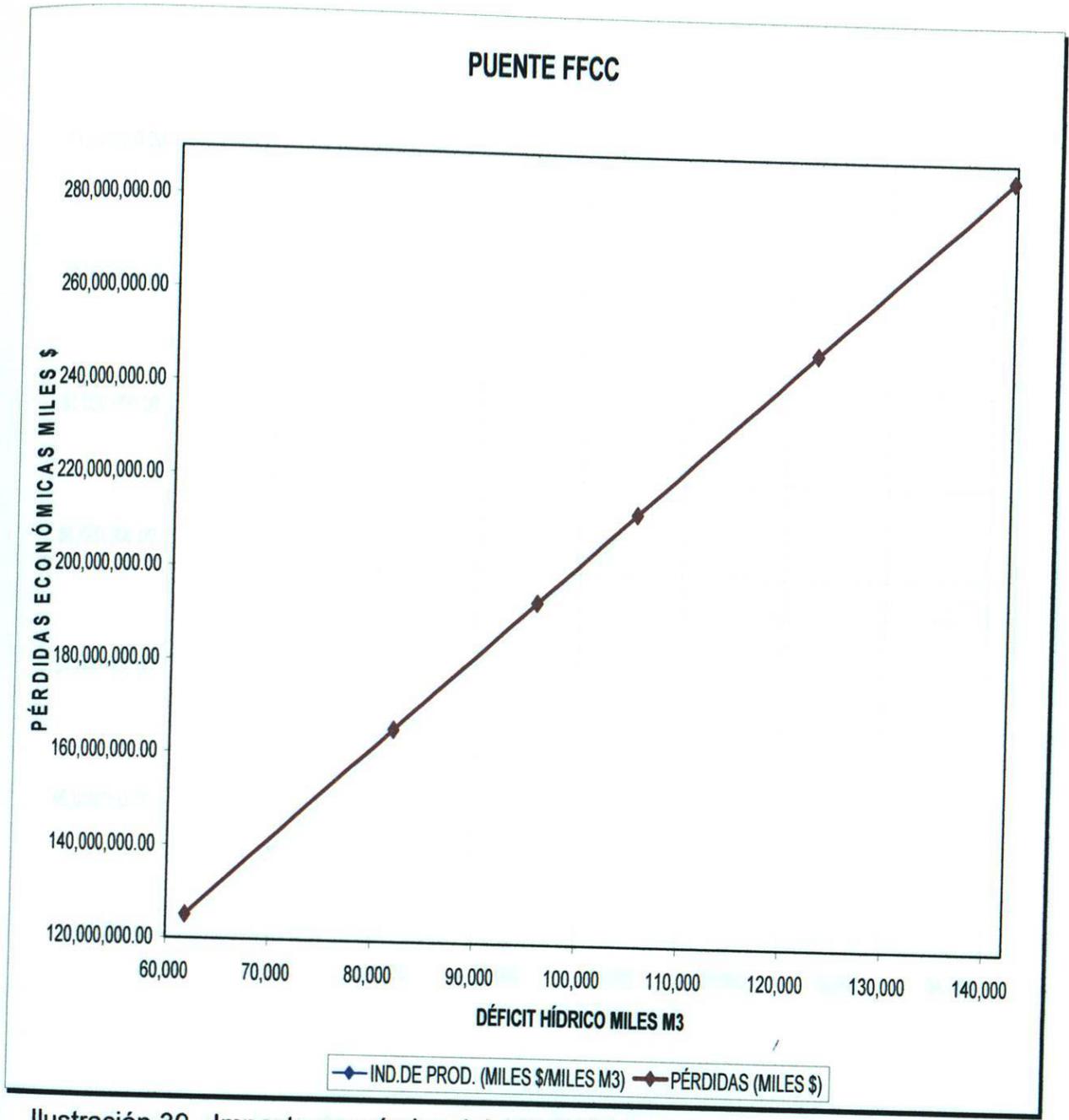


Ilustración 39.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Puente FFCC

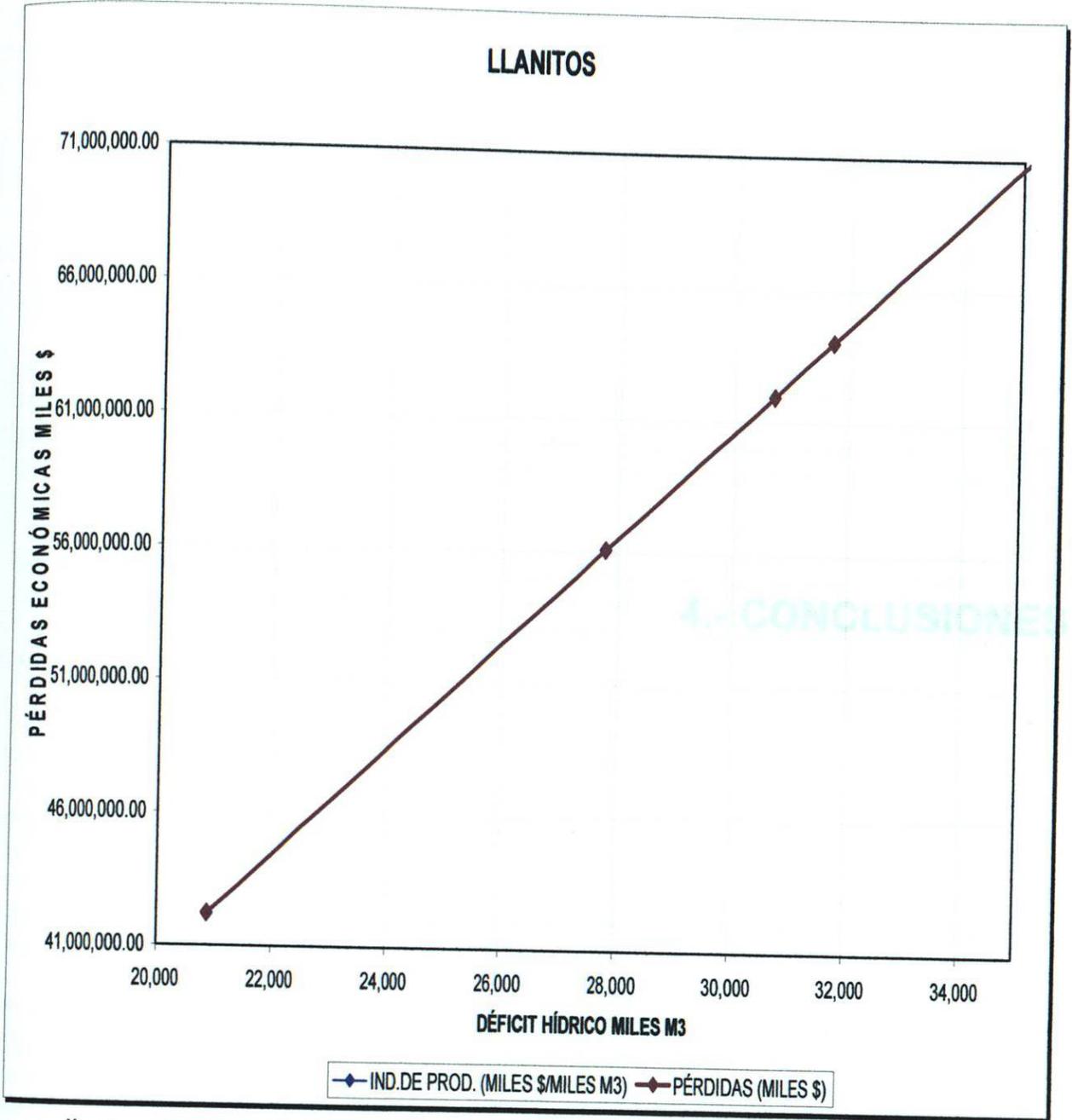


Ilustración 40.- Impacto económico del déficit hídrico para la cuenca Llanitos

## CONCLUSIONES

El agua es un recurso natural que se debe administrar responsablemente. El desarrollo de la agricultura requiere del uso eficiente de este recurso. La implementación de tecnologías que permitan el uso responsable del agua es esencial para garantizar la sostenibilidad del sector agrícola.

En muchos países, el agua es un recurso escaso y debe ser administrada responsablemente. El uso eficiente del agua es esencial para garantizar la sostenibilidad del sector agrícola. La implementación de tecnologías que permitan el uso responsable del agua es esencial para garantizar la sostenibilidad del sector agrícola.

Las acciones, técnicas y tecnologías propuestas en este estudio directo y viable en la producción de alimentos y en el bienestar en general. El estudio es una publicación científica que relaciona con la cantidad y la calidad de la agua, para garantizar, y a su vez, mejorar la productividad, con la reducción de la contaminación y el uso del agua adecuada.

Los estudios de la tecnología pueden ser aplicados a corto y a largo plazo, dependiendo de las actividades productivas de cada zona. La aplicación de tecnologías que permitan el uso responsable del agua es esencial para garantizar la sostenibilidad del sector agrícola.

## 4.- CONCLUSIONES

Los estudios de la tecnología pueden ser aplicados principalmente con el fin de que los países se desarrollen por medio de las acciones que permitan mejorar la productividad en la agricultura. Entre otros se encuentran las siguientes: el uso de tecnologías, la implementación de tecnologías y la reducción de la contaminación. También se menciona que, además de mejorar la productividad, se pretende mejorar la calidad de la agricultura en el campo agrícola y el desarrollo y bienestar en la zona rural. El uso responsable del agua es esencial para garantizar la sostenibilidad del sector agrícola.

El estudio a través de algunas prácticas agrícolas a hacer más eficiente los procesos de los cultivos que producen la agricultura. Existen muchas prácticas que disminuyen la capacidad de producción de alimentos del suelo o que producen la erosión, tales como: destrucción de la materia orgánica por medio de quemado de residuos y el abuso en el uso de la fertilización química. El desarrollo de tecnologías que permitan el uso responsable del agua es esencial para garantizar la sostenibilidad del sector agrícola.

## CONCLUSIONES

Entre los mayores desastres naturales, las sequías son especiales en cuanto al periodo de tiempo que existe entre las primeras señales que indican que se está desarrollando una sequía y el momento en el cual la población empieza a sentir un impacto notable en el área afectada. La duración de dicho "periodo de aviso" varía enormemente entre las sociedades.

En muchas sociedades el periodo de aviso puede ser de varios meses, mientras que en otras, tal vez, sólo sea de unas pocas semanas. Cualquiera que sea el periodo de aviso, este tiempo permite preparar una respuesta potencial para mitigar los impactos de la sequía antes de que estos sean demasiado severos.

Las sequías, siempre o casi siempre, producen un impacto directo y notable en la producción de alimentos y en la economía en general. El impacto en una población particular está relacionado con la gravedad y la naturaleza de la sequía, pero igualmente, y a veces mucho más importante, con la naturaleza de la economía y sociedad del área afectada.

Los efectos de la sequía pueden ser sentidos a corto y a largo plazo, afectando no sólo las actividades productivas del campo, como la agricultura y la ganadería, sino también a actividades industriales básicas y al bienestar y la salud de los habitantes de las comunidades rurales y urbanas.

Los efectos de la sequía están relacionados principalmente con la falta de agua, los cuales se ven agravados por otros factores que cuando ocurren asociados con la escasez de humedad hacen más crítica la situación. Entre otros se encuentran los siguientes: altas o bajas temperaturas, vientos huracanados y la incidencia de ciertos patógenos. También es común que, después de periodos secos, se presenten lluvias torrenciales que, ante la degradación de la cubierta vegetal y el descuido y deterioro en los cauces naturales del agua, causen catástrofes que indirectamente pudieran ser atribuidas a la sequía.

El hombre a través de algunas prácticas contribuye a hacer más agudos los impactos de los factores que producen la sequía. Destacan aquellas prácticas que disminuyen la capacidad de retención de humedad del suelo o que propician la erosión, tales como: destrucción de la materia orgánica por medio de quema de rastrojos y el abuso en el uso de la fertilización química, el monocultivo, la quema no controlada de pastizales, el barbecho en épocas de escasa precipitación, el desempiedre en terrenos con pendiente, la agricultura en terrenos inapropiados para ello y, de forma notable, el abuso en el uso del agua en épocas en que se dispone de ella.

Muchos impactos económicos ocurren en la agricultura y sectores relacionados, a causa de la confianza de estos sectores en los suministros de agua superficiales y subterráneos. Además de pérdidas en rendimientos en la producción de cultivos y ganadería, la sequía está asociada con infestaciones de insectos, enfermedades de plantas y erosión del viento. La incidencia de incendios en campos y bosques se incrementa substancialmente durante períodos extensos de sequías, lo que coloca a las poblaciones humanas y silvestres en altos niveles de riesgo.

La pérdida de ingresos es otro indicador usado en la evaluación de los impactos de la sequía. Esto conduce al desempleo, incremento en el riesgo de créditos para instituciones financieras, carencia de capitales, y eventual pérdida de ingreso de impuestos para los gobiernos.

Los precios de los alimentos, la energía, y otros productos se incrementan, conforme los suministros se reducen. El suministro reducido de agua imposibilita la navegabilidad de ríos y conlleva al incremento de costos de transporte, ya que los productos deben ser transportados por medios alternativos. La producción hidroeléctrica puede también verse significativamente afectada.

Podemos resumir los efectos económicos de la sequía en los siguientes:

### 1. Costes y pérdidas agrícolas

- Pérdidas de cosechas anuales y perennes
- Daño a la calidad de las cosechas
- Pérdida de ingresos para los agricultores debido a la reducción de las cosechas
- Productividad reducida de las tierras de cultivo (erosión del viento, pérdida de materia orgánica, etc.)
- Plagas de insectos
- Enfermedades de las plantas
- Daño de la fauna salvaje a las cosechas
- Incremento en los costes de irrigación
- Costes del desarrollo de los recursos hídricos nuevos o suplementarios

### 2. Costes y pérdidas de los ganaderos

- Productividad reducida de las dehesas
- Disminución de la producción de leche
- Reducción forzada del ganado
- Limitación o cierre de las tierras públicas para el pastoreo
- Coste elevado o no disponibilidad de agua para la ganadería
- Coste del desarrollo de los recursos hídricos nuevos o suplementarios
- Coste elevado o no disponibilidad de comida para el ganado
- Aumento de los costes del transporte de los alimentos
- Tasas elevadas de mortalidad del ganado
- Interrupción de los ciclos de reproducción

### 3. Pérdida de la producción de madera

- Incendios forestales
- Enfermedades de los árboles
- Plagas de insectos
- Disminución de la productividad forestal
- Pérdida directa de árboles, especialmente jóvenes

### 4. Pérdida de la producción pesquera

- Daño al hábitat de los peces
- Pérdida de peces y otros organismos acuáticos debido a la disminución de los flujos de agua

### 5. Efectos económicos generales

- Disminución del precio de las tierras
- Pérdida de las industrias directamente relacionadas con la producción agrícola
- Desempleo por disminución de la producción debido a la sequía
- Tensión sobre las instituciones financieras
- Pérdida de ingresos de los gobiernos
- Reducción del desarrollo económico
- Pérdida de la población rural

### 6. Pérdida de la industria del turismo y del ocio

### 7. Efectos relacionados con la energía

- Aumento de la demanda de energía y suministro disminuido debido a las restricciones de energía relacionadas con la sequía
- Mayores costes asociados a la sustitución por combustibles más caros

### 8. Suministradores de agua

- Coste del transporte de agua
- Coste del desarrollo de recursos hídricos suplementarios o nuevos

## 9. Industria del transporte

- Pérdida de la navegabilidad de ríos, arroyos y canales

## 10. Disminución de la producción de alimentos/suministro de alimentos interrumpido

- Aumento en los precios de los alimentos
- Importación incrementada de alimentos (costes mayores)

Este estudio presentó un análisis a fondo en lo que se refiere a materia agrícola, pero como podemos ver, existen muchos otros impactos de índole económico que se manifiestan alarmantemente durante una sequía, por lo que es de vital importancia desarrollar modelos que nos permitan su predicción.

5. CONSULTAS

## REFERENCIAS

- Asociación Mexicana de Ingenieros Civiles (AMIC). 2001. *Fundamentos de Hidrología de superficie*. LRUVA, Ingeniería Civil, D.F., México.
- Asociación de Hidrologos de Unidades Unidas Cuádras, 2001. *Transferencias de agua en unidades cuadradas*. D.F., México.
- Bá, K. M.; Guerra-Corral, V. R.; Pineda-Camacho, A. G.; Escobedo, C.; Quintan, Franco-Pérez, R. 2005. Implementación y aplicación de un modelo hidrológico distribuido en la cuenca del Río Conchos. *Cuad. UAEM* 197/2004, Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Campo Aranda, Daniel Francisco. 1988. *Análisis de distribución de probabilidades*. Centro Mide, Inclusiones y aplicaciones. X Congreso Nacional de Hidrología, Morelia, Michoacán, México.
- Campo Aranda, Daniel Francisco. 1988. *Procesos de ceros hidrológicos*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, San Luis Potosí, S. L. P., México.
- Campo Aranda, Daniel Francisco. 2002. *Introducción a los métodos numéricos, software en Excel y aplicaciones en hidrología superficial*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, San Luis Potosí, S. L. P., México.
- Comisión Nacional del Agua. 1985. *Relación de obras con responsabilidad perforadas*. Gerencia Estatal Chihuahua, Distrito de Riego 065 Delicias, Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 1997. *Programa hidrológico de Gran Vialidad del Estado de Chihuahua 1996 – 2020*. Subcomisión General de Programación, Gerencia Regional Norte, Gerencia Estatal, Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. *Comisión de Cuenca del Río Conchos, diagnóstico versión 1.0*. Gerencia Estatal Chihuahua, Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. *Programa Nacional Hidrológico 2001 – 2006*. Gerencia Estatal Chihuahua, Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. *Superficie Riego sombreada*. Gerencia Estatal Chihuahua, Distrito de Riego 065 Delicias, Delicias, México.
- Fondo Instituto con Atención a la Agricultura (FIRA) – Sector de México. 1995. *Plan piloto de planeación estratégica*. Dirección regional del norte, Residencia estatal de Chihuahua, Agencia Delicias, Delicias, México.

## 5.- CONSULTAS

## 5.1.- REFERENCIAS LITERARIAS

- Aparicio Mijares, Francisco Javier. 1999. *Fundamentos de hidrología de superficie*. LIMUSA Noriega Editores. Distrito Federal, México.
- Asociación de Sociedades de Usuarios Unidad Conchos. 2001. *Transferencias de aguas entre módulos de riego*. Delicias. México.
- Bâ, K. M.; Guerra-Cobián, V. H.; Pérez-Cámara, A. G.; Díaz-Delgado, C.; Quentin, Franco-Plata, R. 2005. *Implementación y calibración de un modelo hidrológico distribuido en la cuenca del Río Conchos*. Clave: UAEM 1971/2004. Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Campos Aranda, Daniel Francisco. 1988. *Función de distribución de probabilidades Gamma Mixta: soluciones y aplicación*. X Congreso Nacional de Hidráulica. Morelia, Michoacán, México.
- Campos Aranda, Daniel Francisco. 1998. *Procesos de ciclo hidrológico*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. San Luis Potosí, S. L. P., México.
- Campos Aranda, Daniel Francisco. 2003. *Introducción a los métodos numéricos, software en Basic y aplicaciones en hidrología superficial*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. San Luis Potosí, S. L. P., México.
- Comisión Nacional del Agua. 1995. *Relación de pozos con temporalidad perforados*. Gerencia Estatal Chihuahua, Distrito de Riego 005 Delicias. Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 1997. *Programa hidráulico de Gran Visión del Estado de Chihuahua 1996 – 2020*. Subdirección General de Programación, Gerencia Regional Norte, Gerencia Estatal. Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. *Comisión de Cuenca del Río Conchos, diagnóstico versión 1.0*. Gerencia Estatal Chihuahua. Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. *Programa Nacional Hidráulico 2001 – 2006*. Gerencia Estatal Chihuahua. Chihuahua, México.
- Comisión Nacional del Agua. 2001. *Superficie física sembrada*. Gerencia Estatal Chihuahua, Distrito de Riego 005 Delicias. Delicias, México.
- Fondos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA) – Banco de México. 1999. *Plan piloto de planeación estratégica*. Dirección regional del norte, Residencia estatal de Chihuahua, Agencia Delicias. Delicias, México.

- Jiménez González, Gerardo. 2001. *El Valle de la Delicias en la cuenca del Río Conchos*. Expoagro Delicias 2001, en colaboración con el Texas Center for Policy Studies. Delicias, México.
- Jiménez González, Gerardo. 2002. *Uso agrícola del agua en la cuenca del Río Conchos*, en colaboración con el Texas Center for Policy Studies. Conferencia Redescubriendo la Cuenca del Río Conchos. Chihuahua, México.
- Jiménez González, Gerardo. 2004. *El Valle de Ojinaga: en la junta del Bajo Conchos y el Bravo*, en colaboración con Environmental Defense. Unidad Regional Universitaria de zonas áridas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
- Kelly, Mary E. 2001. *El Río Conchos: un informe preliminar*. Texas Center for Policy Studies. Austin, Texas, E. U.
- Módulo de Riego 4. 2001. *Convenios de cesión temporal de derechos y convenios de arrendamiento privado*. Delicias, Chihuahua, México.
- Rocha, Fernando. 2005. *Manejo integral de la cuenca del Río Conchos*. Grupo Interinstitucional de Trabajo. Chihuahua, México
- Schemelkes del Valle, Corina. 1998. *Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación (tesis), segunda edición*. Oxford University Press. Distrito Federal, México.
- Velasco Velasco, Israel. 1996. *El fenómeno de la sequía, memoria de diálogo entre los productores agropecuarios, el gobierno y la sociedad civil ante la sequía*. Editorial Frente Democrático Campesino de Chihuahua/DECA, Equipo Pueblo, A. C. Chihuahua, México.
- Velasco Velasco, Israel; Collado, Jaime. 1998. *Causas, efectos y maneras de afrontar las sequías*. Revista Tláloc – Asociación Mexicana de Hidráulica. Año 5, Número 12. México.
- Velasco Velasco, Israel. 2001. *Índice de sequía meteorológica en la cuenca alta del Río Conchos*. Artículo: ANEI-S50108, XI Congreso Nacional de Irrigación, Simposio 5, Manejo integral de cuencas. Guanajuato, México.
- Wagner Gómez, Ana I.; Echeverría Vaquero, Jesús. 2001. *Modelo dinámico para el análisis de escenarios prospectivos en la cuenca del Río Conchos*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.

## 5.2.- PORTALES DE INTERNET

- “Cálculo de frecuencias por el método Log Pearson III”. (Hoja de cálculo). 2008  
<http://ponce.sdsu.edu/enlineapearson.php>
- “Centro de Investigación sobre sequía”. (Sitio web). 2008.  
<http://www.sequia.edu.mx>
- “Comisión Nacional del Agua – CONAGUA”. (Sitio web). 2008  
<http://www.cna.gob.mx>
- “Indicadores de sequía”. (Documento PDF). 2008.  
<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medio-ambiente/contenido/tema-10/INDICADORES%20DE%20SEQUIA.pdf>
- “Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – IMTA”. (2008).  
<http://www.imta.gob.mx>
- “Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática – INEGI”. (Sitio web). 2008  
<http://www.inegi.gob.mx>
- “Monitoreo de la sequía en Chihuahua mediante un sistema de información geográfica (GIS)”. (Documento web). 2008.  
<http://www.monografias.com/trabajos33/sequia-chihuahua/sequi-chihuahua.shtml>
- “Portal gubernamental del gobierno del Estado de Chihuahua”. (Sitio web). 2008  
<http://www.chihuahua.gob.mx>
- “Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT”. (Sitio web). 2008  
<http://semarnat.gob.mx>
- “Sequías en México: un breve esbozo”. (Documento web). 2008.  
<http://www.teorema.com.mx/articulos.php>
- “Tecnociencia: Sequía”. (Texto). 2008.  
<http://www.tecnociencia.es/especiales/sequia/mundo.htm>
- “Wikipedia, la enciclopedia libre”. (Documento web). Chihuahua. 2008  
<http://es.wikipedia.org/wiki/chihuahua>
- “Wikipedia, la enciclopedia libre”. (Documento web). Sequía. 2008  
<http://es.wikipedia.org/wiki/sequ%C3%ADa>

### 5.3.- IMÁGENES DIGITALES

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: H13-7. Buenaventura; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: H13-8. Ojinaga; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: H13-10. Chihuahua; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: H13-11. Ciudad Delicias; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: G13-1. San Juanito; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: G13-2. Ciudad Camargo; Chihuahua.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: G13-4. Guachochi; Chihuahua, Sinaloa y Durango.

Carta topográfica. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Clave: G13-5. Hidalgo del Parral; Durango y Chihuahua.

## **ANEXO A:** Cálculos de las características fisiográficas de las cuencas

## FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "PEGUIS"

### DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM<sup>2</sup>.  
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,  
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.  
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$\begin{array}{ll} A := 67128 & P := 1984 \\ LCP := 870.862 & LC := 434 \end{array}$$

### FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, C<sub>c</sub>:

$$C_c := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad C_c = 2.159$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.674$$

### CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM<sup>2</sup>.  
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.  
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{array}{lll} N := \text{length}(XC) & LCH := XC_{(N-1)} & M := \text{length}(YC) \\ N = 4 & & M = 4 \end{array}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$NC := 20 \qquad x := 0..(M-1) \qquad y := 0..(N-1) \qquad c := 0, \left( \frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

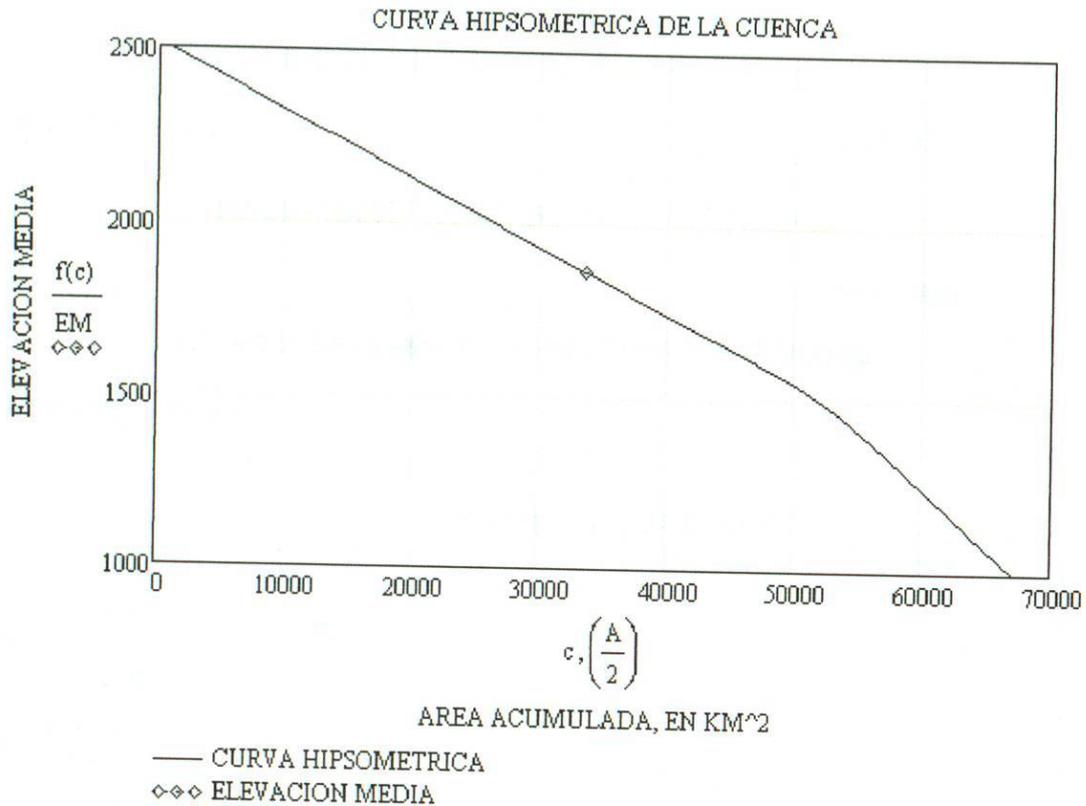
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 1862.675$$



**PENDIENTE DE LA CUENCA,  $S_c$  EN (%):**  
 CRITERIO DE J.W. ALWORD

**DC** = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

**LCN** = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 3279$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 2.442$$

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

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

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$        $M := \text{length}(XP)$        $T := 0..(M - 1)$   
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$        $LCP := XP_{(M-1)}$        $M = 6$

**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

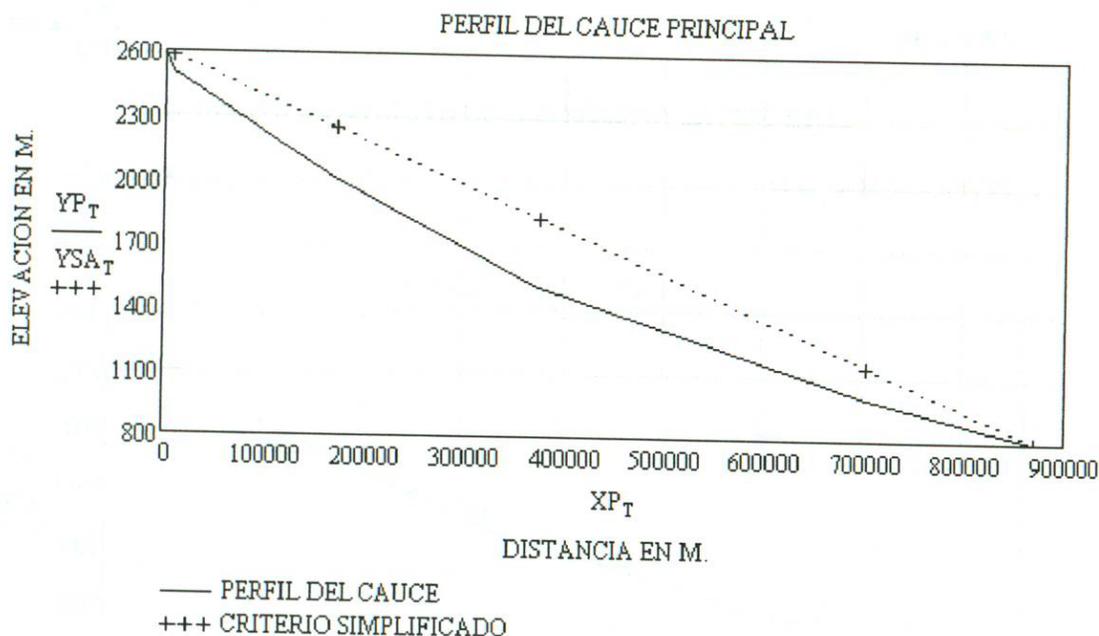
$H := YP_0 - YP_{M-1}$        $H = 1800$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$        $SA = 0.0021$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



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

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

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

$$NT := 999 \quad \sigma := 0..(M - 1) \quad e := 0, \left( \frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

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

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

$$ABC := \sum_e \left[ f(e) \cdot \left( \frac{LCP}{NT} \right) \right] \quad ABC = 1306706637.018$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)} \quad AA = 610017037.018$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

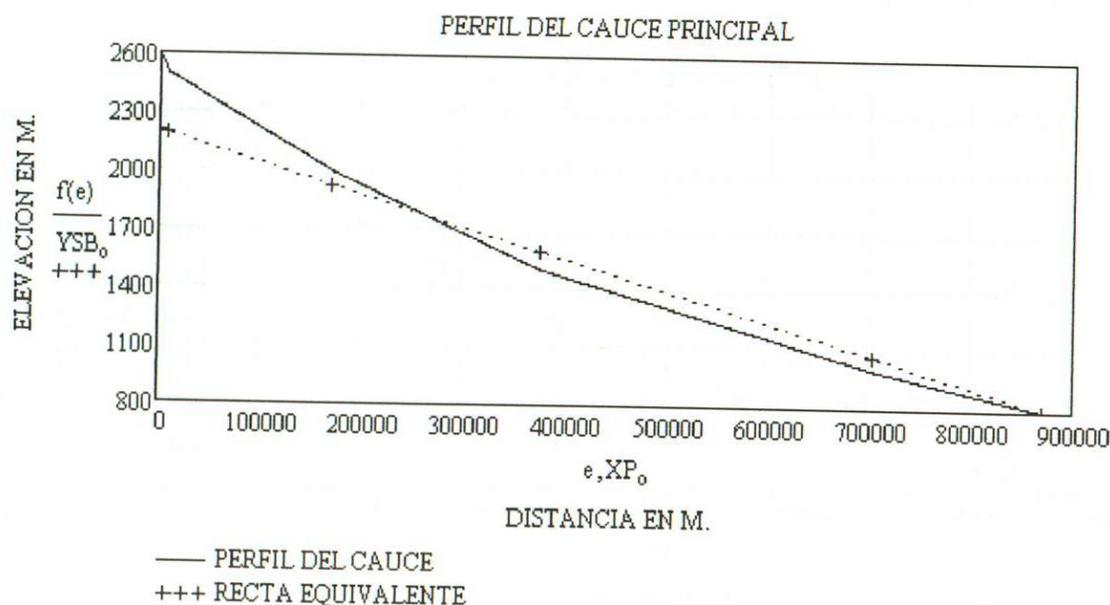
$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP} \quad HE = 1400.95$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP} \quad SB = 0.0016$$

ECUACION 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.**

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

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

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

$$T0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T3 := \text{linterp}(XP, YP, d)$$

$$T4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad T6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T7 := \text{linterp}(XP, YP, h)$$

$$T8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \quad T9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

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

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

$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)}$$

$$ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}}$$

$$STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

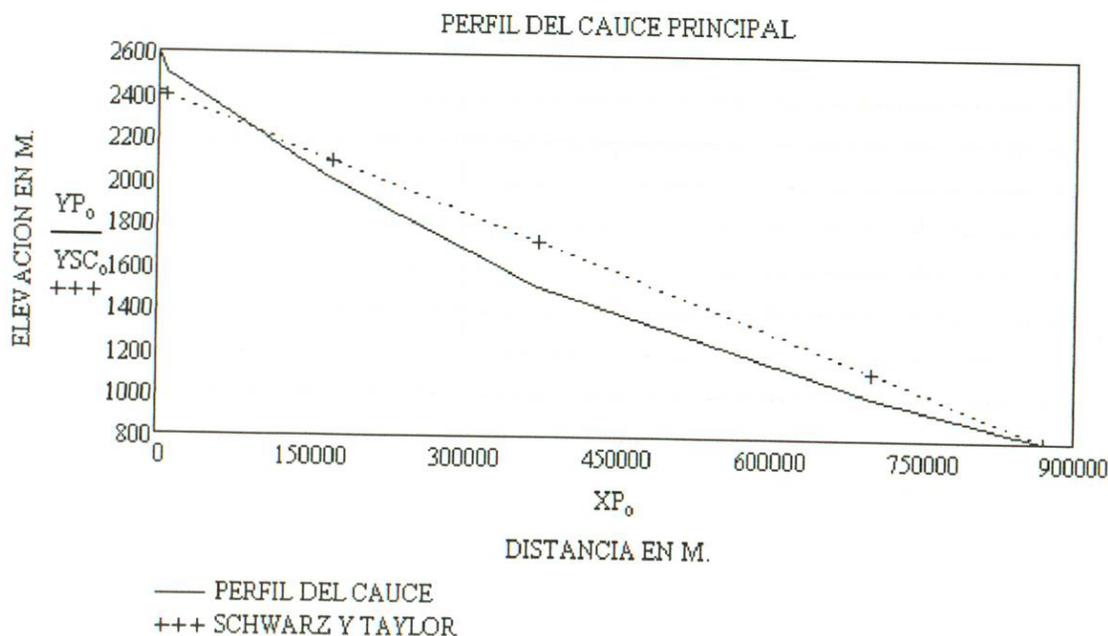
$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2$$

$$SC = 0.0019$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP)$$

$$YSC := HSC - SC \cdot XP$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

- YC = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
- XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
- YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC<sub>y</sub> =

2500
2000
1500
1000

XC<sub>x</sub> =

989
26433
52397
67128

XP<sub>o</sub> =

0
7591
1.703·10 <sup>5</sup>
3.756·10 <sup>5</sup>
7.034·10 <sup>5</sup>
8.709·10 <sup>5</sup>

YP<sub>o</sub> =

2600
2500
2000
1500
1000
800

## FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "PARRAL"

### DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM<sup>2</sup>.  
 LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,  
 LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.  
 P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$\begin{array}{ll} A := 333 & P := 90 \\ LCP := 31 & LC := 29 \end{array}$$

### FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad Cc = 1.391$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.71$$

### CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM<sup>2</sup>.  
 YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.  
 M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{array}{lll} N := \text{length}(XC) & LCH := XC_{(N-1)} & M := \text{length}(YC) \\ N = 2 & & M = 2 \end{array}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS  
 DE AJUSTE DE LA CURVA

$$NC := 20 \text{ ÉTRICA} \qquad x := 0..(M-1) \qquad y := 0..(N-1) \qquad c := 0, \left( \frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

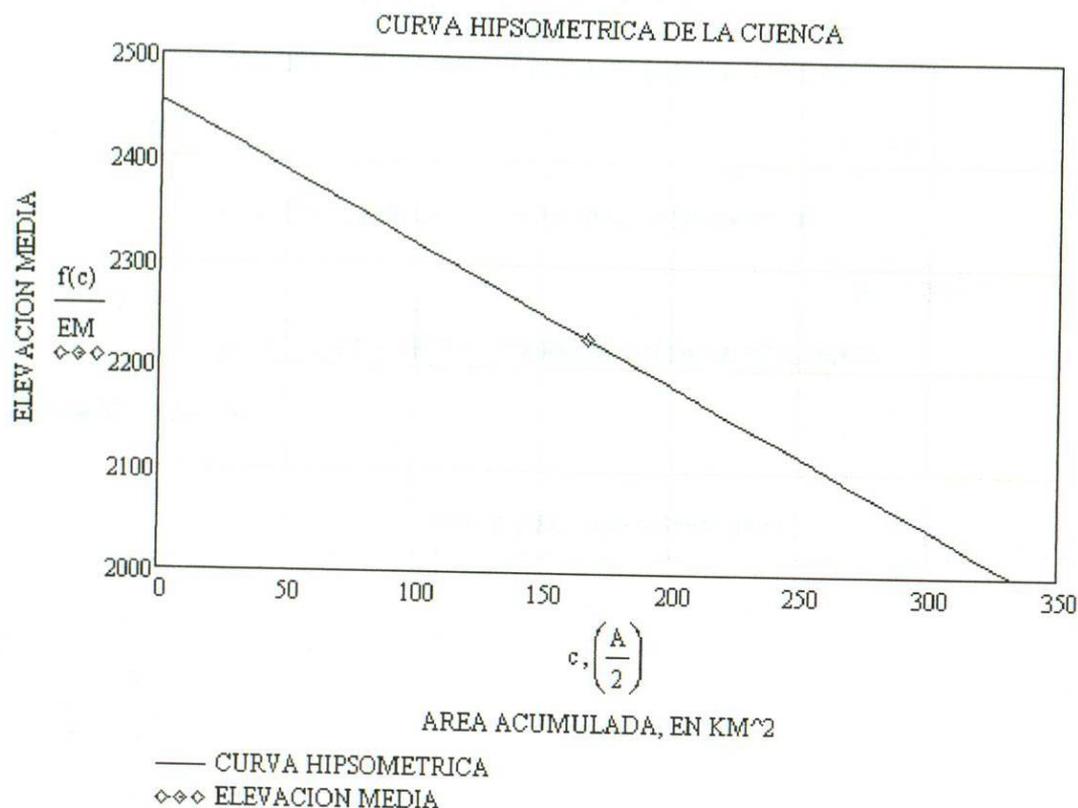
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 2228.082$$



**PENDIENTE DE LA CUENCA,  $S_c$  EN (°):**  
 CRITERIO DE J.W. ALWORD

**DC** = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

**LCN** = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 73$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 10.961$$

**CARACTERISTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL**  
 ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

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

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$        $M := \text{length}(XP)$        $T := 0..(M - 1)$   
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$        $LCP := XP_{(M-1)}$        $M = 3$

**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

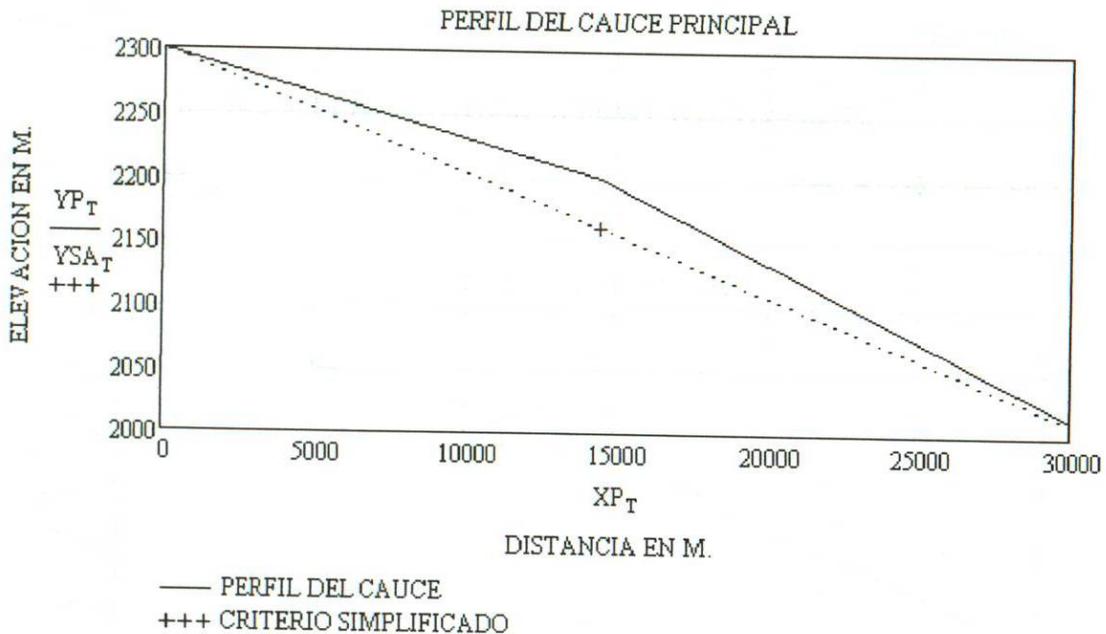
$H := YP_0 - YP_{M-1}$        $H = 300$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$        $SA = 0.0096$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



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

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

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

$$NT := 999 \qquad o := 0..(M - 1) \qquad e := 0, \left( \frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

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

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

$$ABC := \sum_e \left[ f(e) \cdot \left( \frac{LCP}{NT} \right) \right] \qquad ABC = 67655097.692$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)} \qquad AA = 5347097.692$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

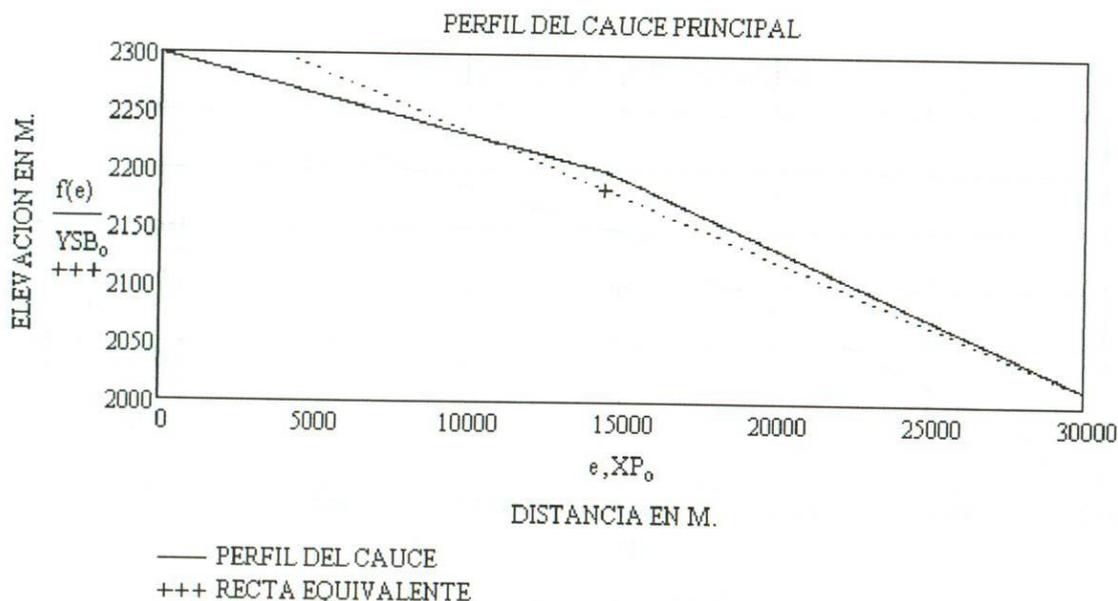
$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP} \qquad HE = 343.269$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP} \qquad SB = 0.011$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

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



### CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, SC.

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

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

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

$$T0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T3 := \text{linterp}(XP, YP, d)$$

$$T4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad T6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T7 := \text{linterp}(XP, YP, h)$$

$$T8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \quad T9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

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

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

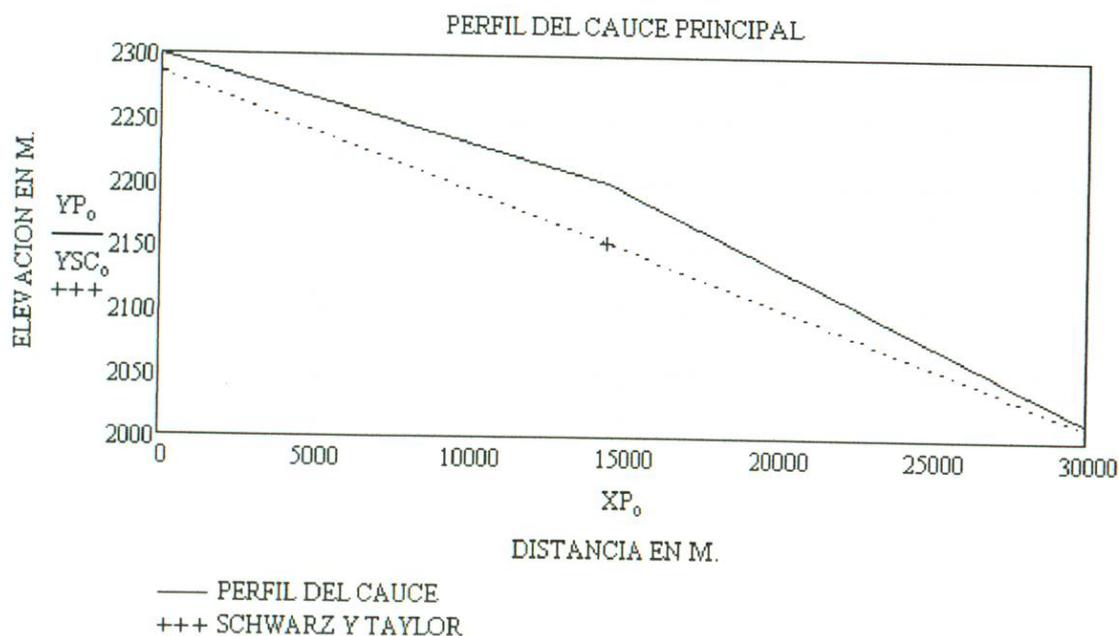
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT \cdot Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0091$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

- YC** = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
- XC** = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- AIP** = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- XP** = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
- YP** = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$YC_y =$

2100
2000

$XC_x =$

260
333

$XP_o =$

0
14431
31154

$YP_o =$

2300
2200
2000



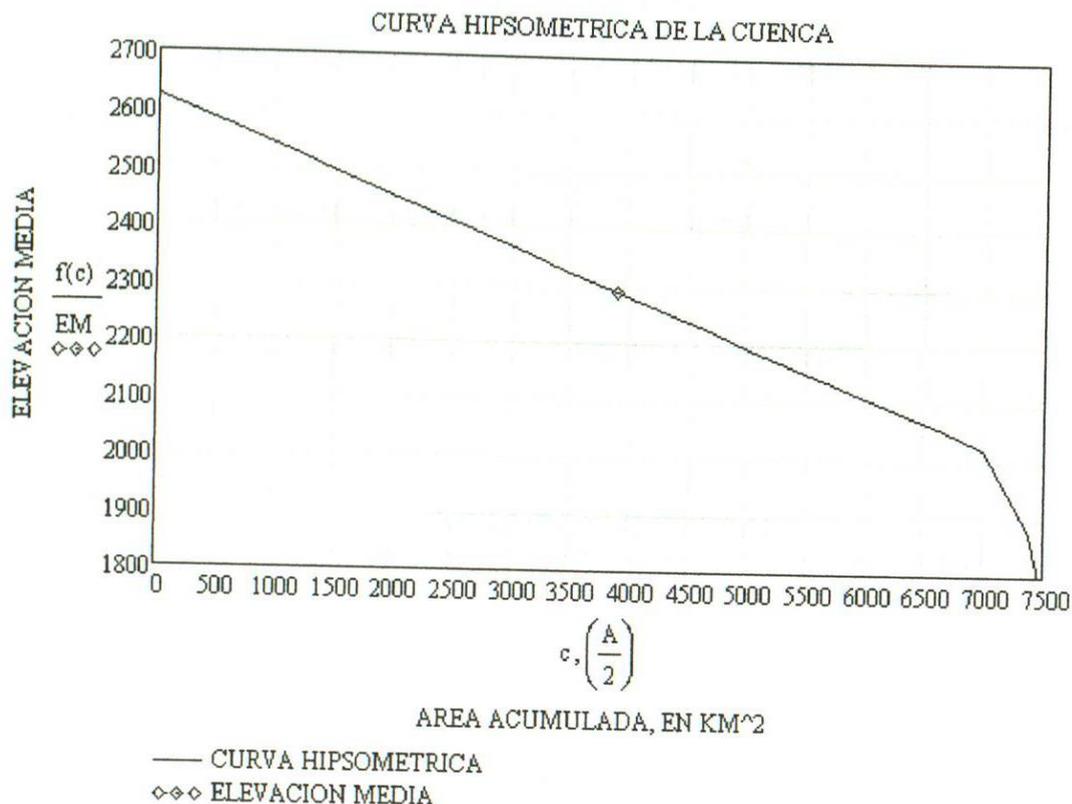
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 2290.331$$



**PENDIENTE DE LA CUENCA,  $S_c$  EN (‰):**  
 CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 245$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 1.577$$

**CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL**  
 ASIGNACION 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.pm")      M := length(XP)      T := 0..(M - 1)  
 YP := READPRN("ELEVPM.pm")      LCP := XP(M-1)      M = 5

**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

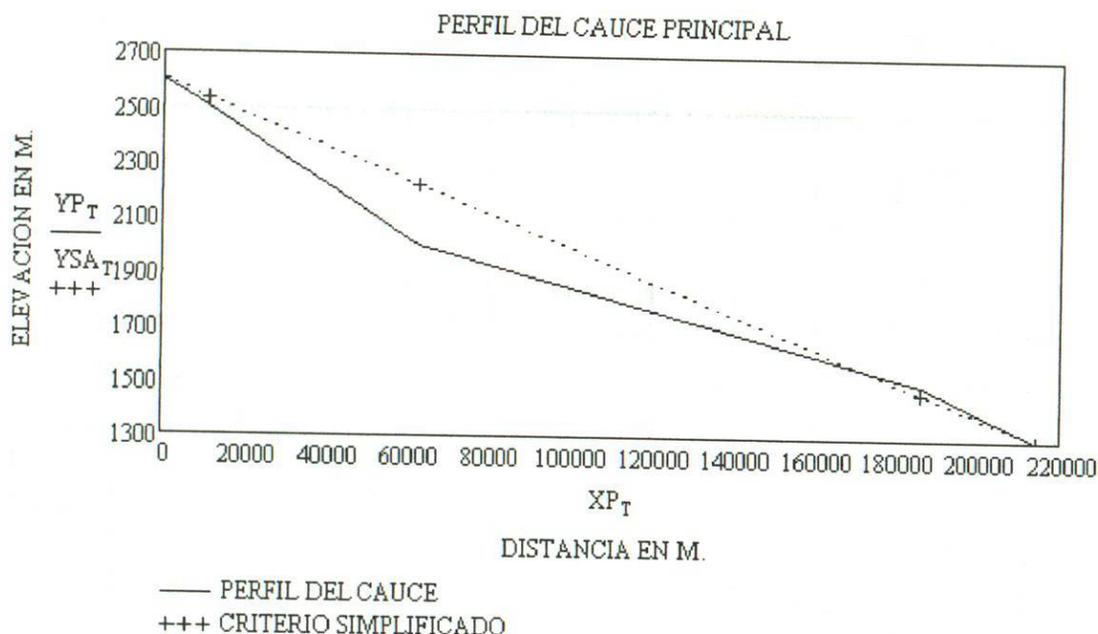
$H := YP_0 - YP_{M-1}$       H = 1300

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$       SA = 0.0061

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



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

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

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

NT := 999

$\alpha := 0..(M - 1)$

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

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

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

DETERMINACION DEL AREA 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 = 399766187.136

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

AA = 121427087.136

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

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

HE = 1134.265

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

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

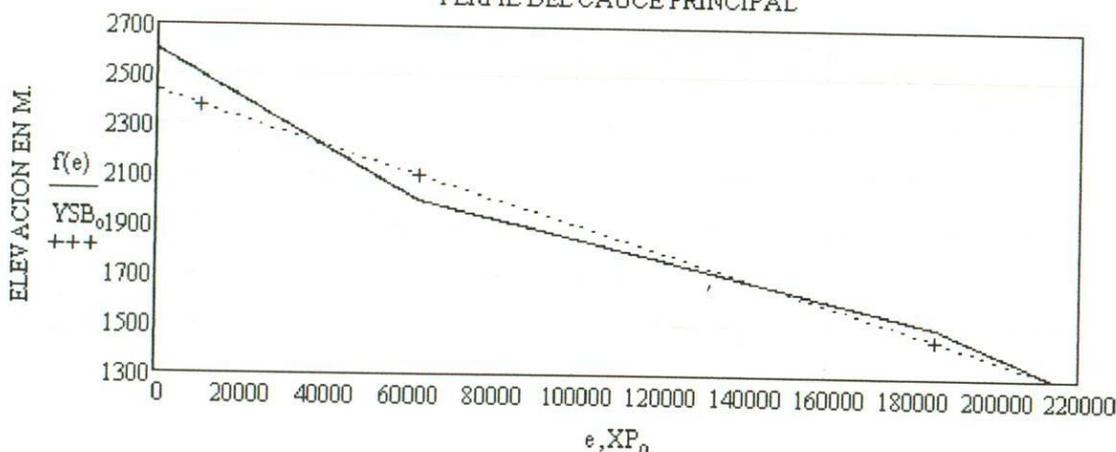
SB = 0.0053

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

HSB := HE + YP<sub>(M-1)</sub>

$Y_{SB_0} := HSB - SB \cdot XP_0$

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



— PERFIL DEL CAUCE  
+++ RECTA EQUIVALENTE

### CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, S.C.

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

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

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

$$T_0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T_1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T_2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T_3 := \text{linterp}(XP, YP, d)$$

$$T_4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T_5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad T_6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T_7 := \text{linterp}(XP, YP, h)$$

$$T_8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \quad T_9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$S_0 := T_0 - T_1 \quad S_1 := T_1 - T_2 \quad S_2 := T_2 - T_3 \quad S_3 := T_3 - T_4 \quad S_4 := T_4 - T_5$$

$$S_5 := T_5 - T_6 \quad S_6 := T_6 - T_7 \quad S_7 := T_7 - T_8 \quad S_8 := T_8 - T_9$$

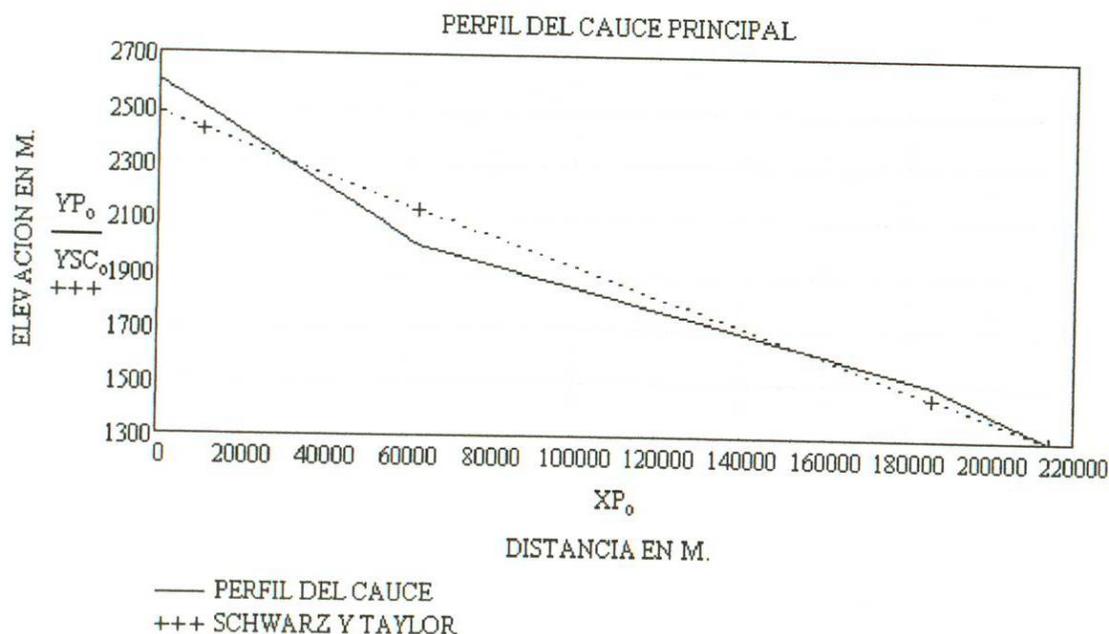
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0055$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

- YC** = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
- XC** = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- AIP** = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- XP** = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
- YP** = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC<sub>y</sub> =

2500
2000
1500

XC<sub>x</sub> =

1452
7254
7770

XP<sub>o</sub> =

0
10675
62510
1.861·10 <sup>5</sup>
2.141·10 <sup>5</sup>

YP<sub>o</sub> =

2600
2500
2000
1500
1300

## FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "VILLALBA"

### DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM<sup>2</sup>.  
 LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM.  
 LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.  
 P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$\begin{aligned} A &:= 9557 & P &:= 634 \\ LCP &:= 215 & LC &:= 141 \end{aligned}$$

### FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, C<sub>c</sub>:

$$C_c := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad C_c = 1.829$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.782$$

### CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM<sup>2</sup>.  
 YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.  
 M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{aligned} N &:= \text{length}(XC) & LCH &:= XC_{(N-1)} & M &:= \text{length}(YC) \\ N &= 3 & & & M &= 3 \end{aligned}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$NC := 20 \qquad x := 0..(M - 1) \qquad y := 0..(N - 1) \qquad c := 0, \left( \frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

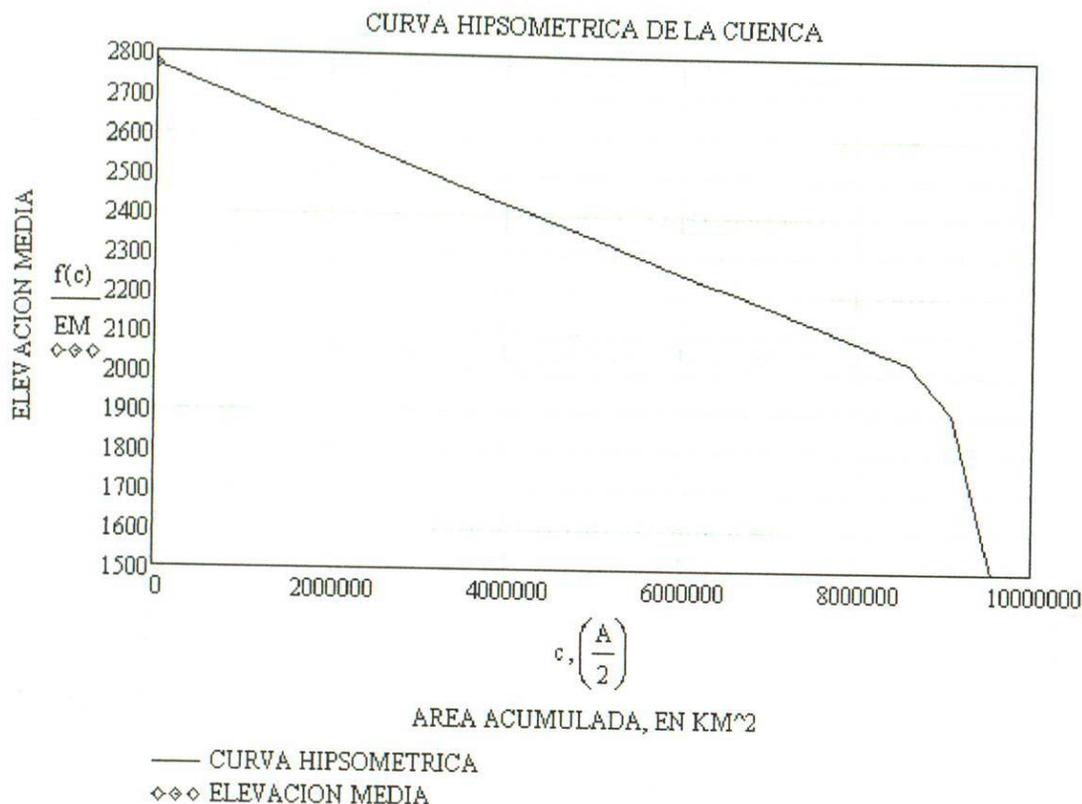
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 2767.344$$



**PENDIENTE DE LA CUENCA,  $S_c$  EN (°):**  
CRITERIO DE J.W. ALWORD

**DC** = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

**LCN** = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 408$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 2.135$$

**CARACTERISTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL**  
 ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

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

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$        $M := \text{length}(XP)$        $T := 0..(M - 1)$   
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$        $LCP := XP_{(M-1)}$        $M = 5$

**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

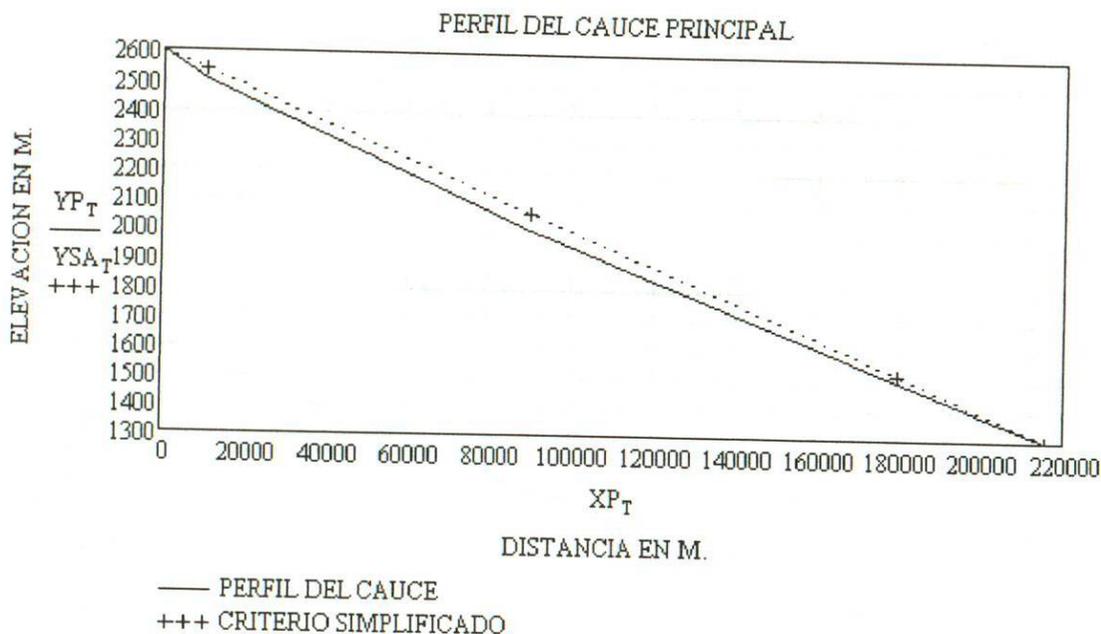
$H := YP_0 - YP_{M-1}$        $H = 1300$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$        $SA = 0.006$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



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

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

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

$$NT := 999 \qquad o := 0..(M - 1) \qquad e := 0, \left( \frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

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

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

$$ABC := \sum_e \left[ f(e) \cdot \left( \frac{LCP}{NT} \right) \right] \qquad ABC = 412891003.424$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)} \qquad AA = 132848903.424$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

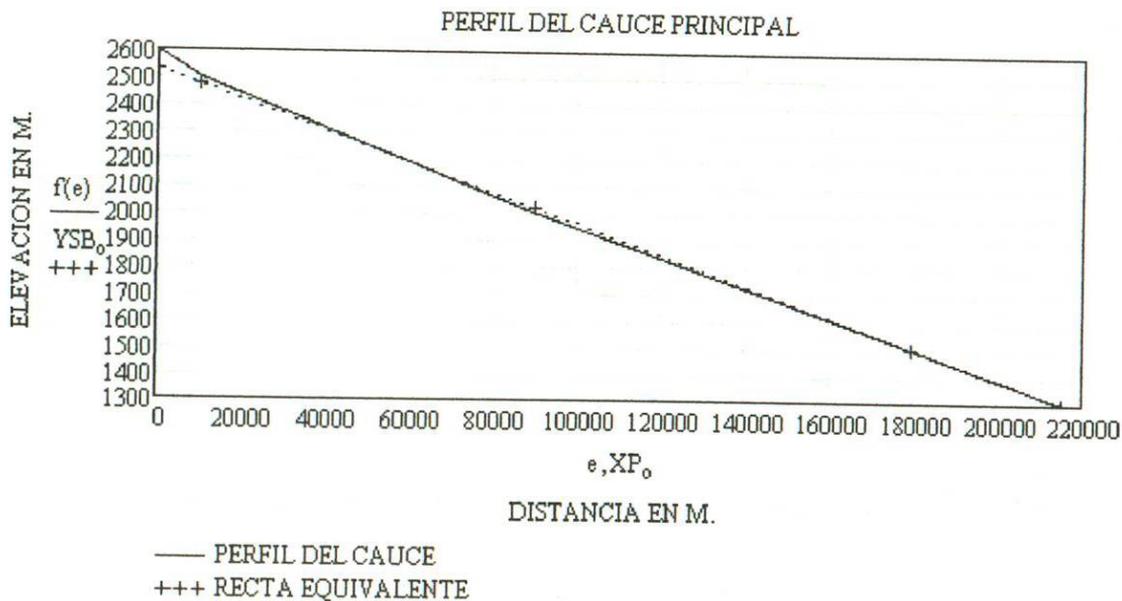
$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP} \qquad HE = 1233.412$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP} \qquad SB = 0.0057$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

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



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

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

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

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

$$T0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T3 := \text{linterp}(XP, YP, d)$$

$$T4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad T6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T7 := \text{linterp}(XP, YP, h)$$

$$T8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \quad T9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

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

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

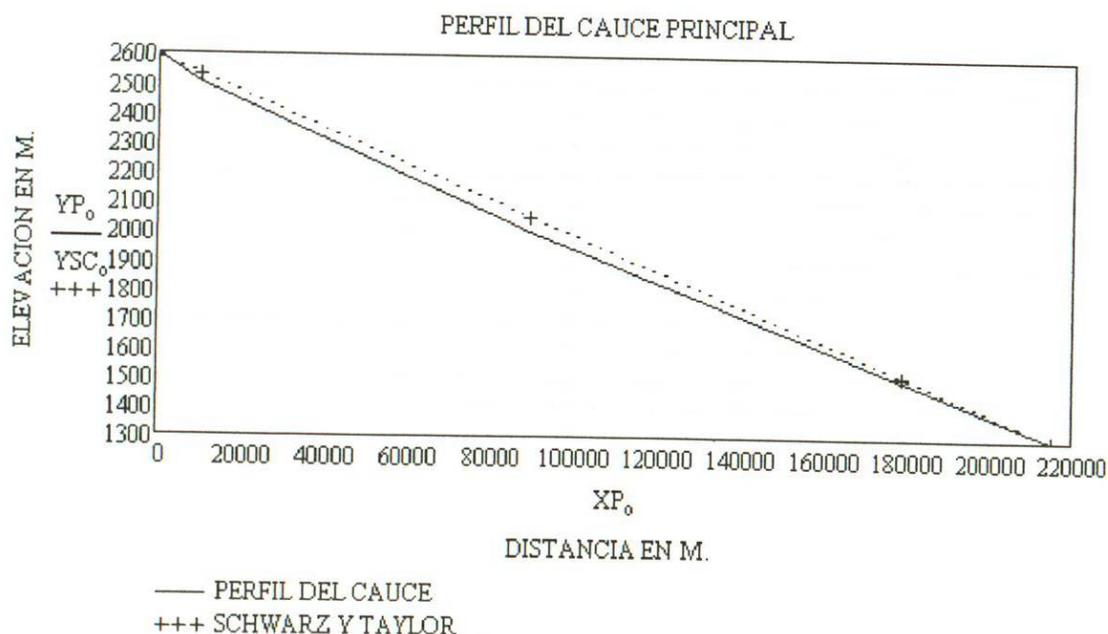
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.006$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

- YC** = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
- XC** = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- AIP** = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- XP** = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
- YP** = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC<sub>y</sub> =

2500
2000
1500

XC<sub>x</sub> =

3126992
8966313
9556872

XP<sub>o</sub> =

0
10211
89903
179634
215417

YP<sub>o</sub> =

2600
2500
2000
1500
1300

## FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "FRANCISCO I MADERO"

### DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM<sup>2</sup>.  
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,  
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.  
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$\begin{aligned} A &:= 10059 & P &:= 667 \\ LCP &:= 248 & LC &:= 162 \end{aligned}$$

### FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, C<sub>c</sub>:

$$C_c := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad C_c = 1.875$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.699$$

### CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM<sup>2</sup>.  
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.  
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{aligned} N &:= \text{length}(XC) & LCH &:= XC_{(N-1)} & M &:= \text{length}(YC) \\ N &= 3 & & & M &= 3 \end{aligned}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$NC := 20 \qquad x := 0..(M-1) \qquad y := 0..(N-1) \qquad c := 0, \left( \frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

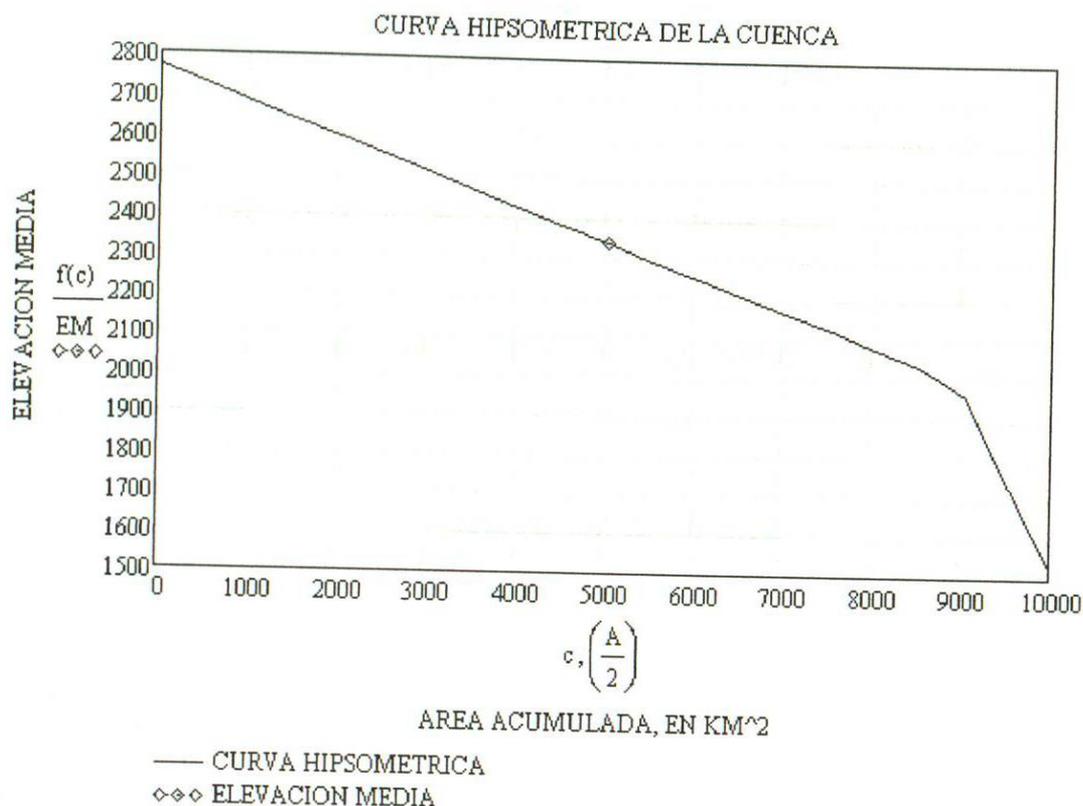
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 2337.087$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, Sc EN (‰):  
 CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 446$$

$$Sc := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$Sc = 2.217$$

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

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

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$        $M := \text{length}(XP)$        $T := 0..(M - 1)$   
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$        $LCP := XP(M-1)$        $M = 5$

**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

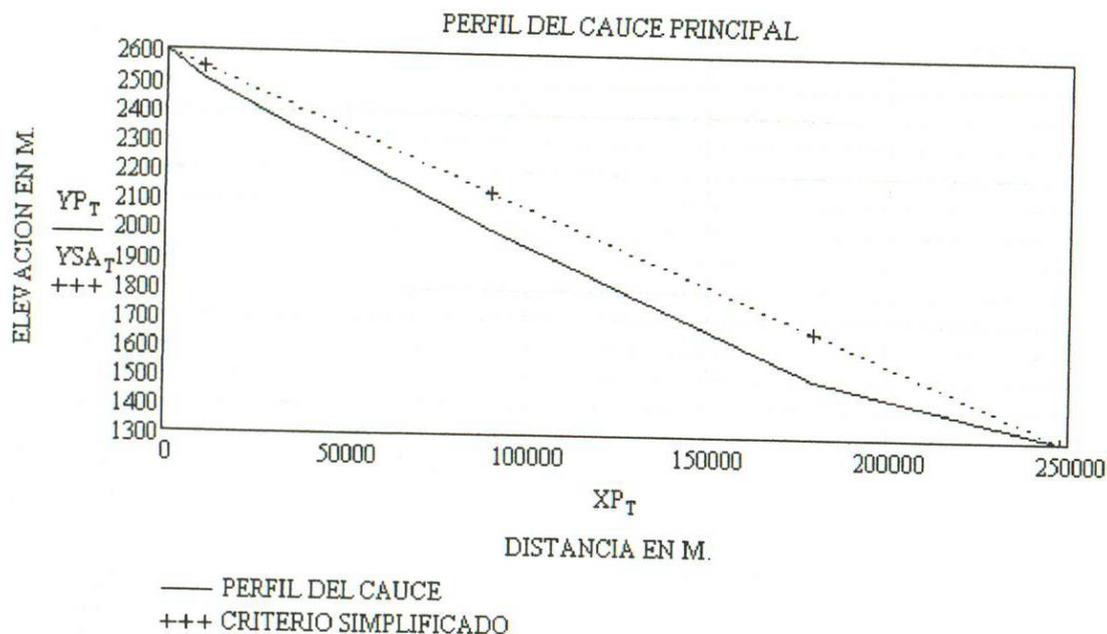
$H := YP_0 - YP_{M-1}$        $H = 1300$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$        $SA = 0.0052$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



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

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

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

$$NT := 999 \quad o := 0..(M - 1) \quad e := 0, \left( \frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

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

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

$$ABC := \sum_e \left[ f(e) \cdot \left( \frac{LCP}{NT} \right) \right] \quad ABC = 458236960.708$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)} \quad AA = 136135960.708$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

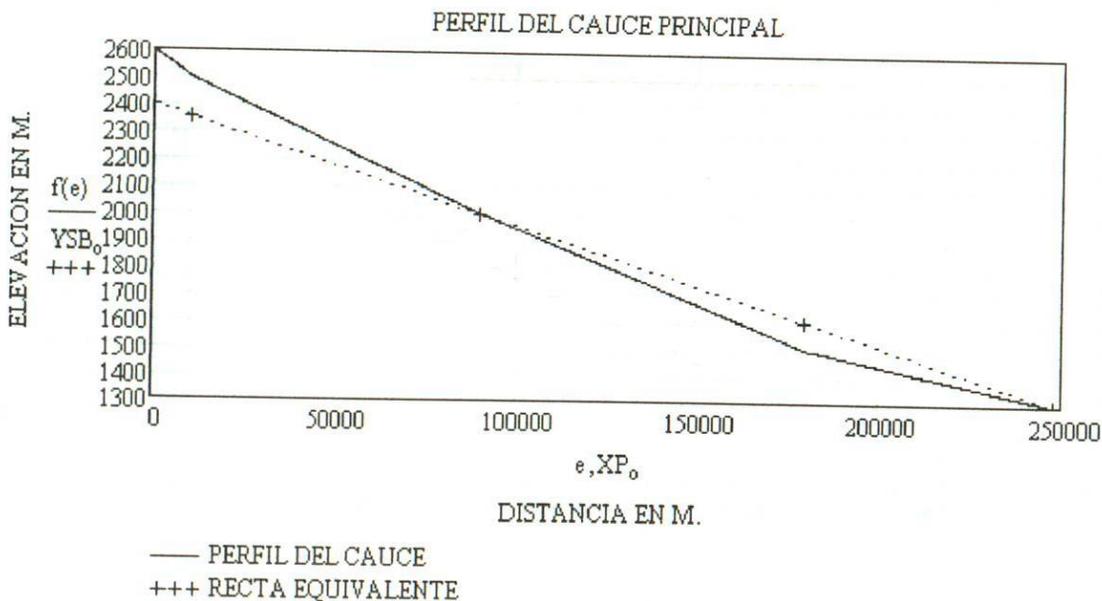
$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP} \quad HE = 1098.89$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP} \quad SB = 0.0044$$

ECUACION 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, S.C.**

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

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

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

$$T_0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T_1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T_2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T_3 := \text{linterp}(XP, YP, d)$$

$$T_4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T_5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad T_6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T_7 := \text{linterp}(XP, YP, h)$$

$$T_8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \quad T_9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$S_0 := T_0 - T_1 \quad S_1 := T_1 - T_2 \quad S_2 := T_2 - T_3 \quad S_3 := T_3 - T_4 \quad S_4 := T_4 - T_5$$

$$S_5 := T_5 - T_6 \quad S_6 := T_6 - T_7 \quad S_7 := T_7 - T_8 \quad S_8 := T_8 - T_9$$

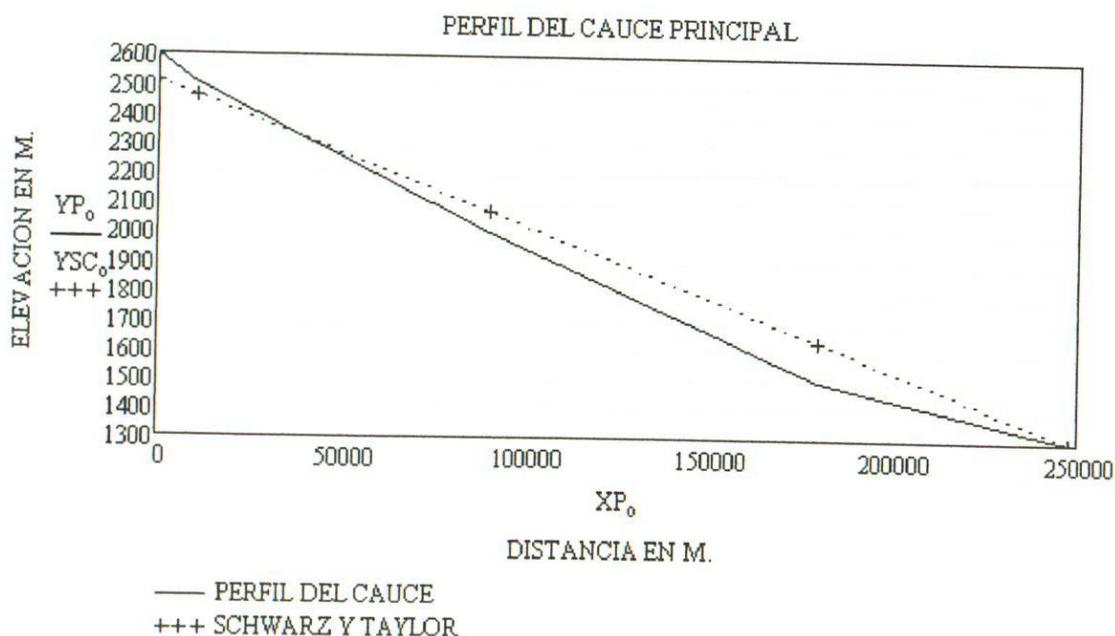
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0049$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

- YC** = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
- XC** = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- AIP** = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- XP** = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
- YP** = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$Y C_y =$

2500
2000
1500

$X C_x =$

3127
8966
10059

$X P_o =$

0
10178
89900
$1.796 \cdot 10^5$
$2.478 \cdot 10^5$

$Y P_o =$

2600
2500
2000
1500
1300

## FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "LAS BURRAS"

### DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM<sup>2</sup>.  
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM.  
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.  
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$A := 55377$                        $P := 1525$   
 $LCP := 595$                        $LC := 281$

### FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, C<sub>c</sub>:

$$C_c := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad C_c = 1.827$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.945$$

### CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM<sup>2</sup>.  
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.  
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

$XC := \text{READPRN}(\text{"AREAA.prm"})$

$YC := \text{READPRN}(\text{"ELEV.prm"})$

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$N := \text{length}(XC)$                        $LCH := XC_{(N-1)}$                        $M := \text{length}(YC)$   
 $N = 3$      $M = 3$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(e):

NC = NUMERO DE PUNTOS  
DE AJUSTE DE LA CURVA

$NC := 20$                        $x := 0..(M - 1)$                        $y := 0..(N - 1)$                        $\xi := 0, \left( \frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$

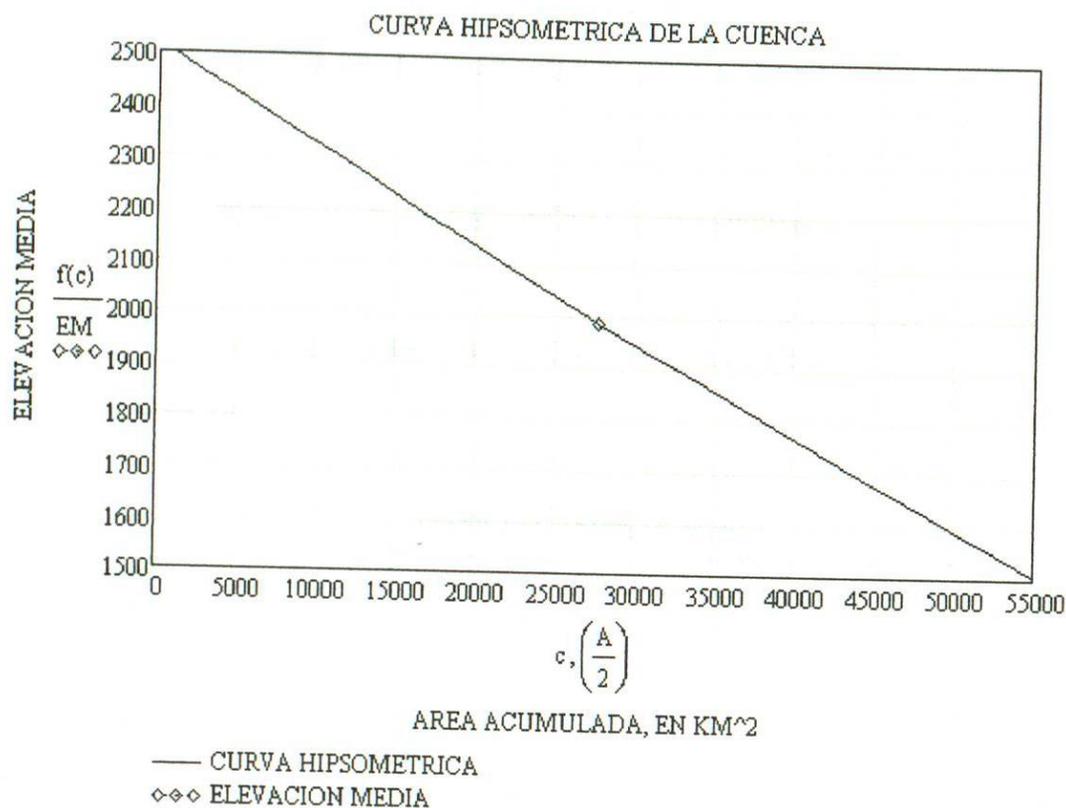
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 1987.062$$



**PENDIENTE DE LA CUENCA,  $S_c$  EN (°):**  
CRITERIO DE J.W. ALWORD

**DC** = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

**LCN** = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 2943$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 2.657$$

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

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

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$        $M := \text{length}(XP)$        $T := 0..(M - 1)$   
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$        $LCP := XP_{(M-1)}$        $M = 5$

**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

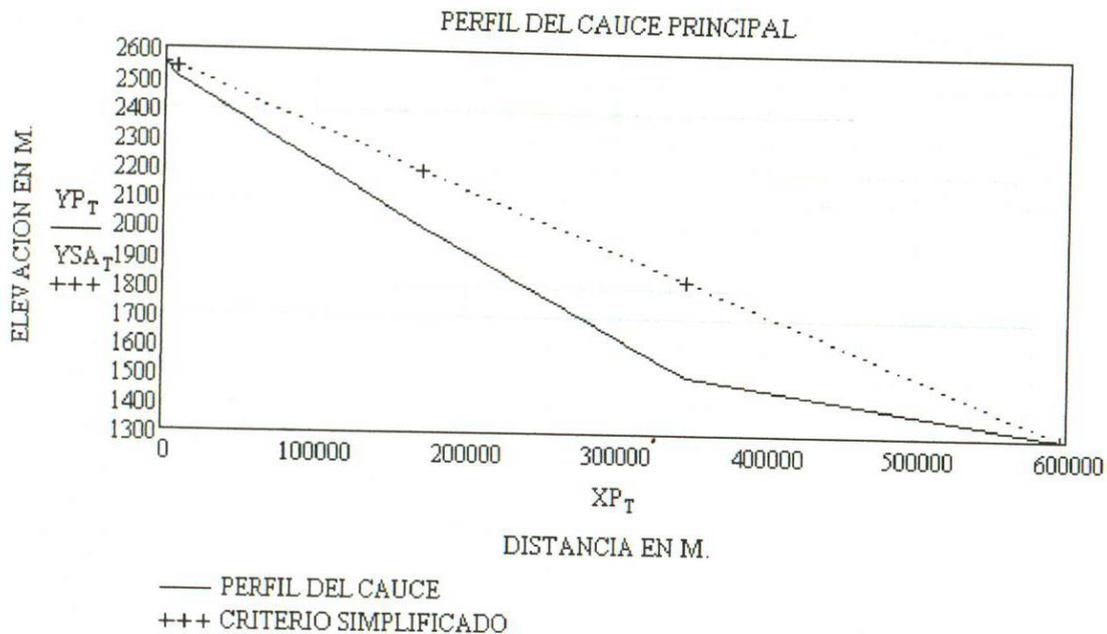
$H := YP_0 - YP_{M-1}$        $H = 1250$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$        $SA = 0.0021$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



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

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

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

NT := 999

$\alpha := 0..(M - 1)$

$e_{\alpha} := 0, \left( \frac{LCP}{NT} \right) \cdot LCP$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

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

DETERMINACION DEL AREA 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 = 1043208665.615

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

AA = 269218565.615

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

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

HE = 904.363

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

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

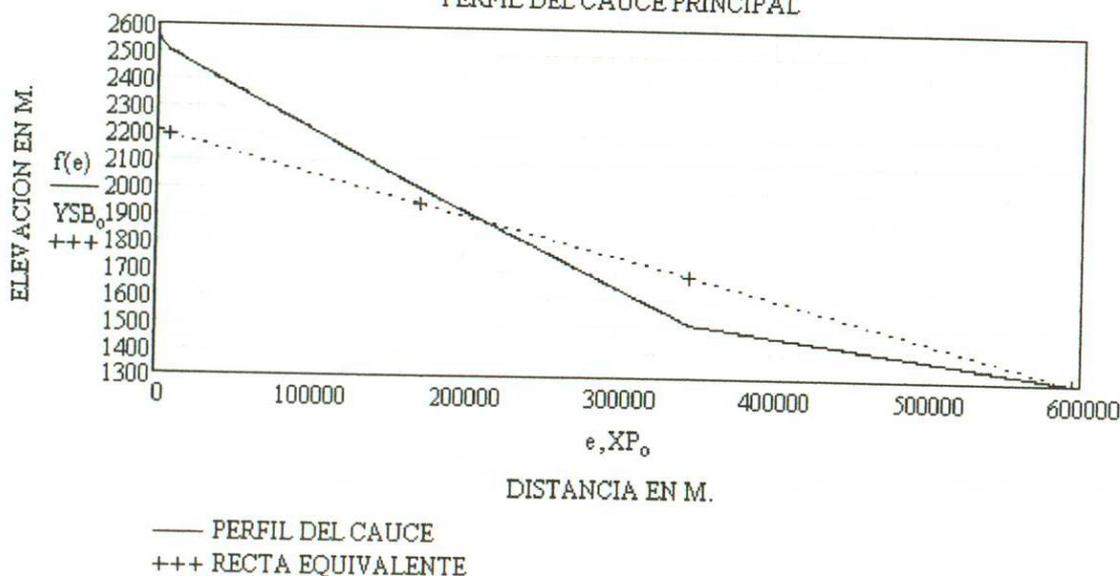
SB = 0.0015

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$HSB := HE + YP_{(M-1)}$

$YSB_0 := HSB - SB \cdot XP_0$

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



**CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, S.C.**

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

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

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

$$T_0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T_1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T_2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T_3 := \text{linterp}(XP, YP, d)$$

$$T_4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T_5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad T_6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T_7 := \text{linterp}(XP, YP, h)$$

$$T_8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \quad T_9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$S_0 := T_0 - T_1 \quad S_1 := T_1 - T_2 \quad S_2 := T_2 - T_3 \quad S_3 := T_3 - T_4 \quad S_4 := T_4 - T_5$$

$$S_5 := T_5 - T_6 \quad S_6 := T_6 - T_7 \quad S_7 := T_7 - T_8 \quad S_8 := T_8 - T_9$$

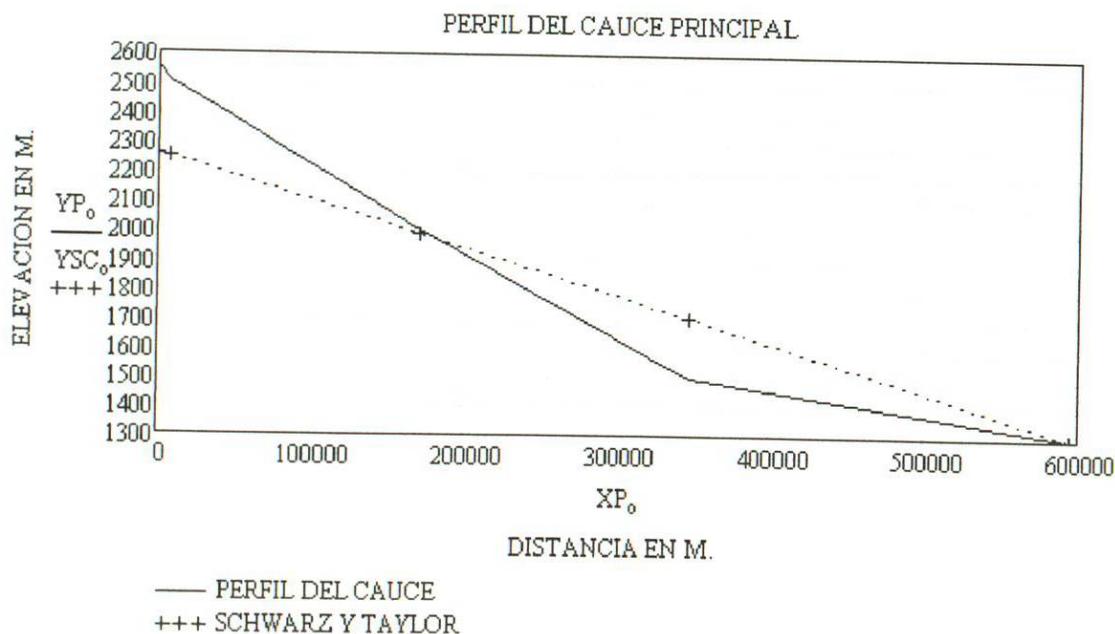
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0016$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

- YC = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
- XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
- YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC<sub>y</sub> =

2500
2000
1500

XC<sub>x</sub> =

989
26953
55377

XP<sub>o</sub> =

0
7489
170416
346474
595377

YP<sub>o</sub> =

2550
2500
2000
1500
1300

## FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "CHUVISCAR"

### DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM<sup>2</sup>.  
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,  
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.  
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$A := 854$                        $P := 135$   
 $LCP := 55$                        $LC := 46$

### FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, Cc:

$$Cc := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad Cc = 1.303$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.717$$

### CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM<sup>2</sup>.  
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.  
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$N := \text{length}(XC)$                        $LCH := XC_{(N-1)}$                        $M := \text{length}(YC)$   
 $N = 2$      $M = 2$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$NC := 20$                        $x := 0..(M - 1)$                        $y := 0..(N - 1)$                        $\varepsilon := 0, \left( \frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$

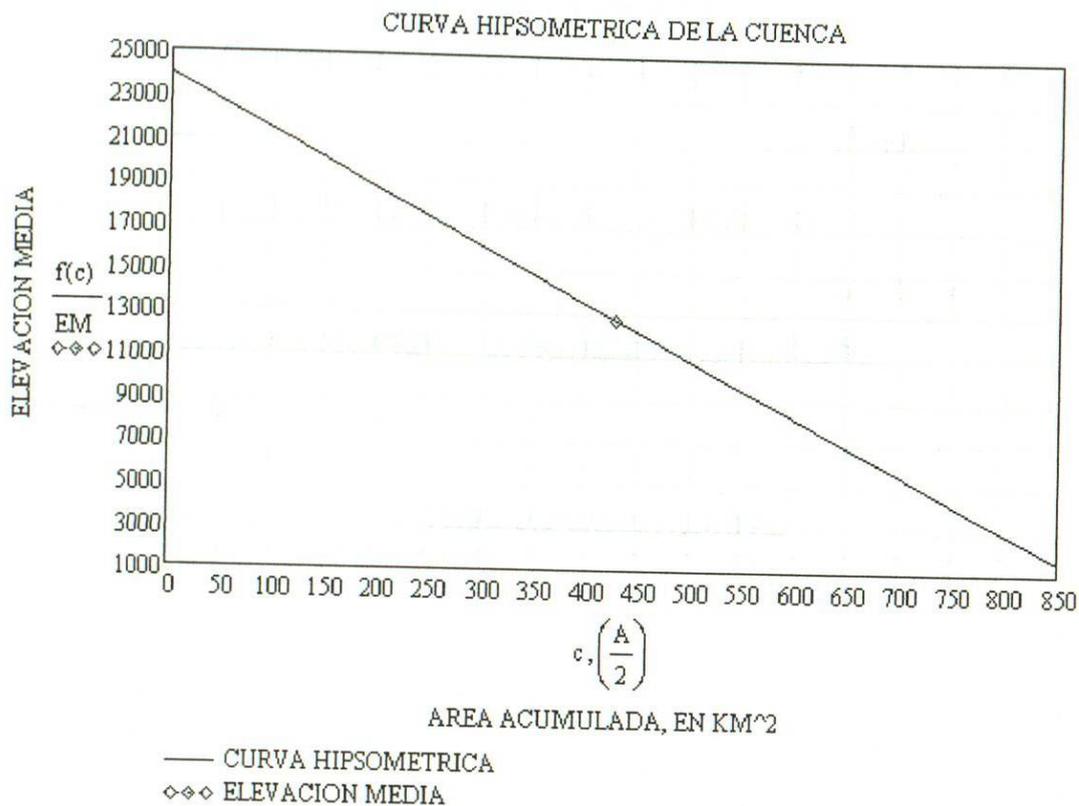
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 12736.842$$



**PENDIENTE DE LA CUENCA.  $S_c$  EN (%):**  
 CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 89$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 5.211$$

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

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

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$        $M := \text{length}(XP)$        $T := 0..(M - 1)$   
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$        $LCP := XP_{(M-1)}$        $M = 4$

**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

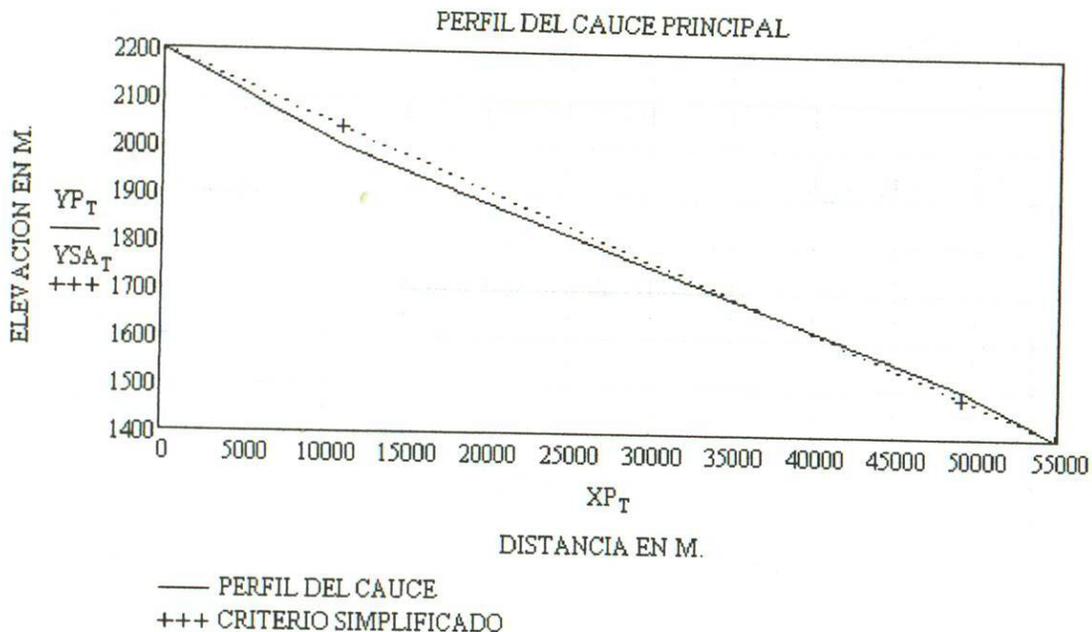
$H := YP_0 - YP_{M-1}$        $H = 800$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$        $SA = 0.0146$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



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

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

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

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M - 1)$$

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

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

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

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

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

$$ABC = 98214515.206$$

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

$$AA = 21434315.206$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

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

$$HE = 781.661$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

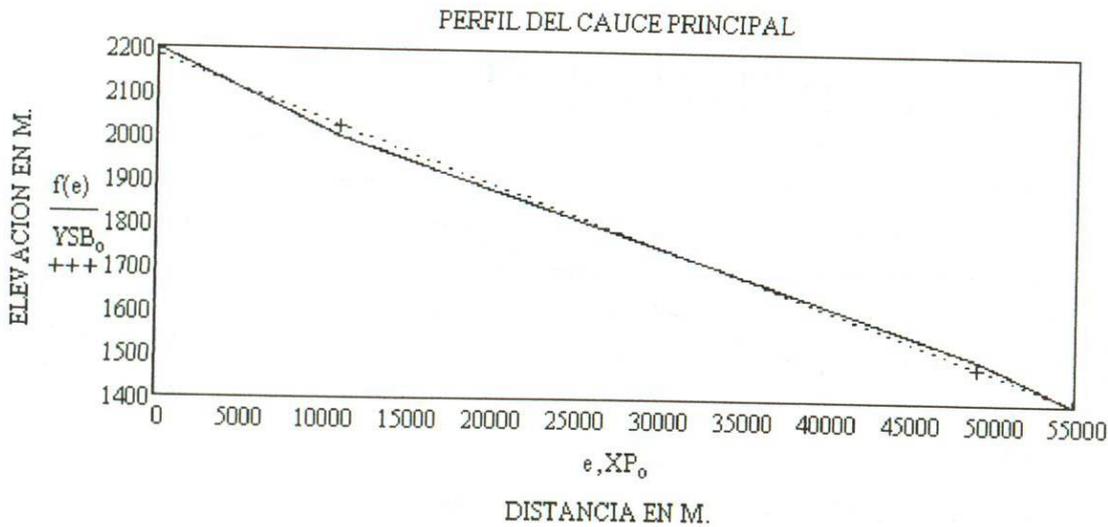
$$SB := \frac{HE}{LCP}$$

$$SB = 0.0143$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$Y_{SB_0} := HSB - SB \cdot XP_0$$



— PERFIL DEL CAUCE  
+++ RECTA EQUIVALENTE

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

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

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

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

$$T_0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T_1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T_2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T_3 := \text{linterp}(XP, YP, d)$$

$$T_4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T_5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad T_6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T_7 := \text{linterp}(XP, YP, h)$$

$$T_8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \quad T_9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$S_0 := T_0 - T_1 \quad S_1 := T_1 - T_2 \quad S_2 := T_2 - T_3 \quad S_3 := T_3 - T_4 \quad S_4 := T_4 - T_5$$

$$S_5 := T_5 - T_6 \quad S_6 := T_6 - T_7 \quad S_7 := T_7 - T_8 \quad S_8 := T_8 - T_9$$

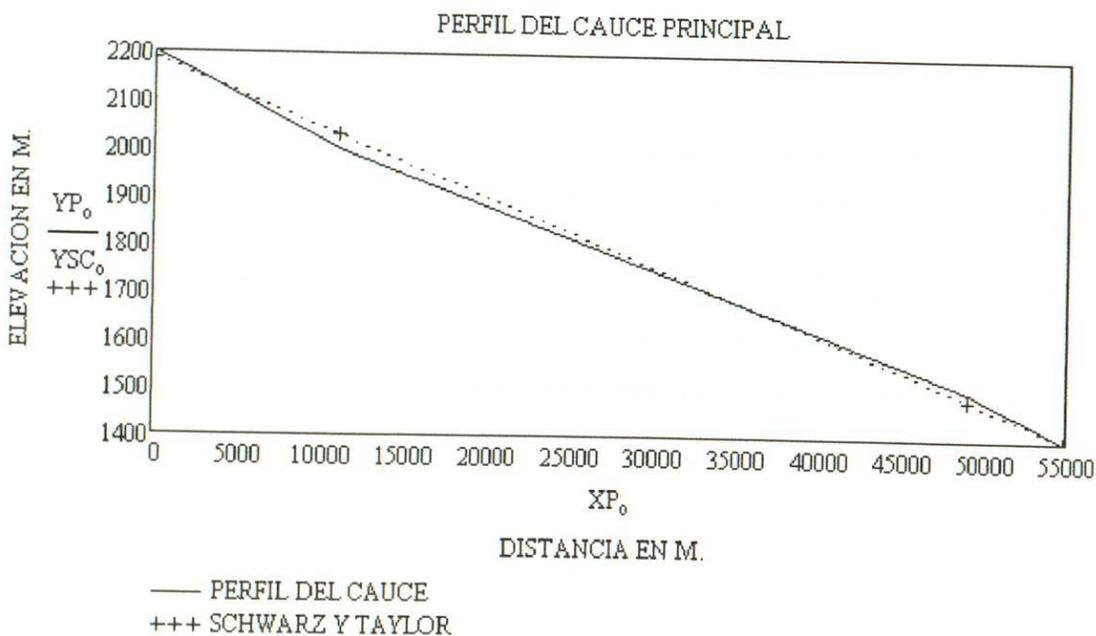
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0144$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

- YC = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
- XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- AIP = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- XP = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
- YP = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC<sub>y</sub> =

2000
1500

XC<sub>x</sub> =

835
854

XP<sub>o</sub> =

0
10985
49162
54843

YP<sub>o</sub> =

2200
2000
1500
1400

## FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "EL GRANERO"

### DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM<sup>2</sup>.  
 LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,  
 LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.  
 P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$\begin{aligned} A &:= 57819 & P &:= 1565 \\ LCP &:= 679 & LC &:= 335 \end{aligned}$$

### FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, C<sub>c</sub>:

$$C_c := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad C_c = 1.835$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.81$$

### CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM<sup>2</sup>.  
 YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.  
 M, N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{aligned} N &:= \text{length}(XC) & LCH &:= XC_{(N-1)} & M &:= \text{length}(YC) \\ N &= 3 & & & M &= 3 \end{aligned}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$NC := 20 \qquad x := 0..(M - 1) \qquad y := 0..(N - 1) \qquad c := 0, \left( \frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

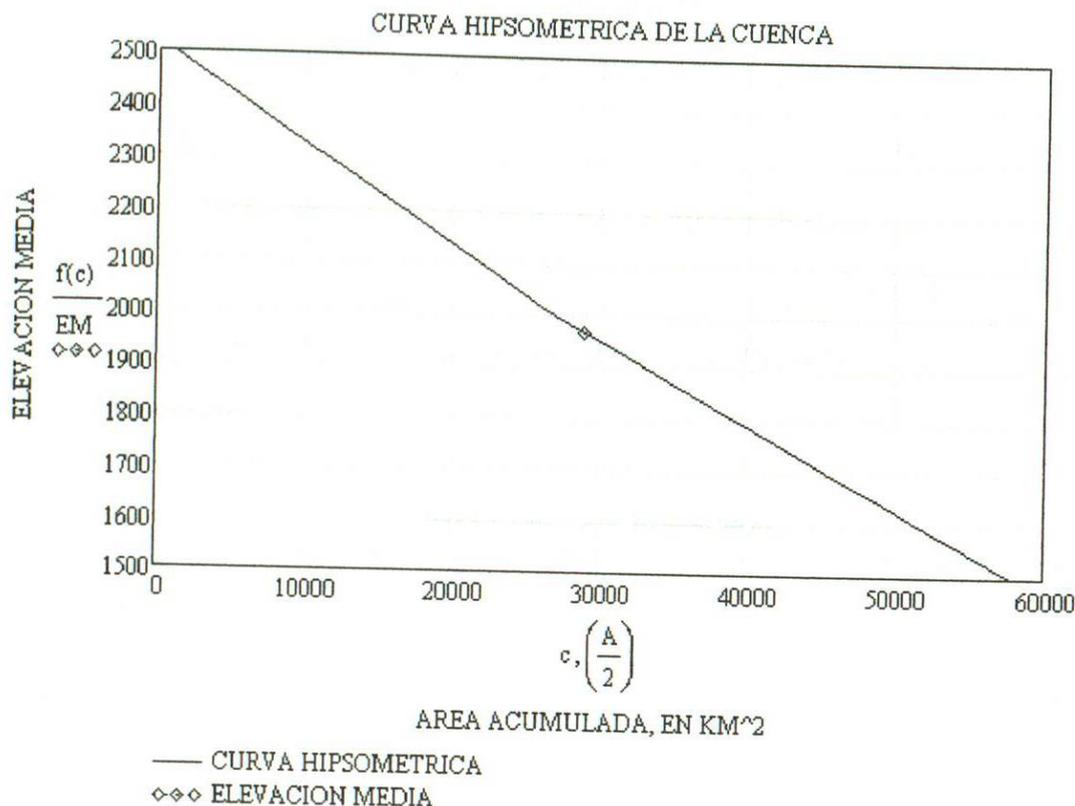
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 1968.307$$



**PENDIENTE DE LA CUENCA.  $S_c$  EN (°):**  
CRITERIO DE J.W. ALWORD

**DC** = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

**LCN** = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 2943$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 2.545$$

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

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

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.prm"})$        $M := \text{length}(XP)$        $T := 0..(M - 1)$   
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEV.prm"})$        $LCP := XP_{(M-1)}$        $M = 5$

**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

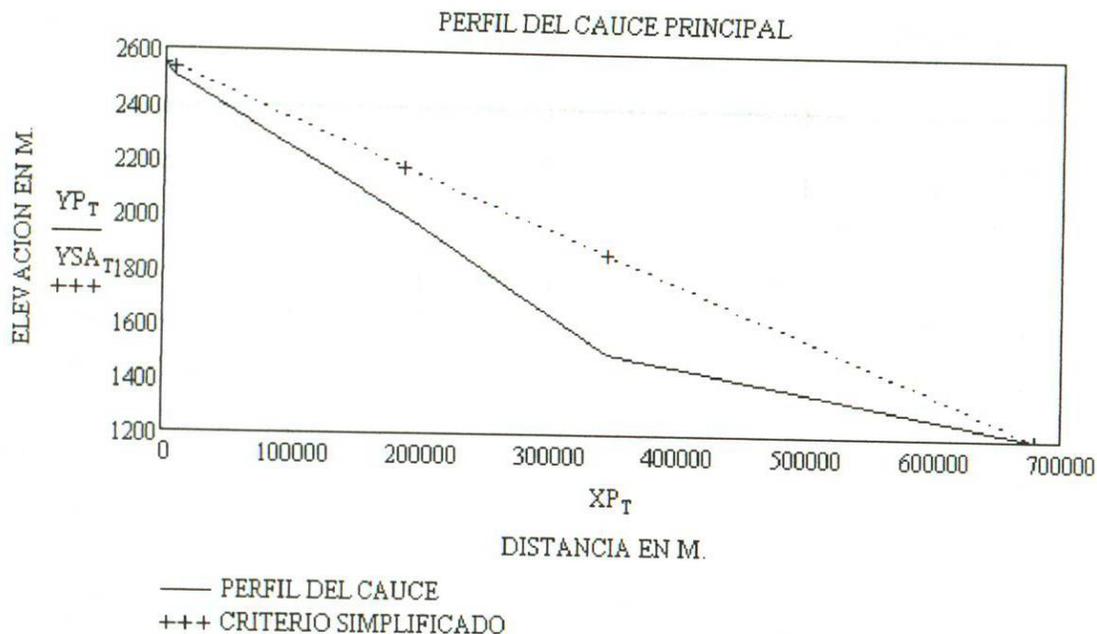
$H := YP_0 - YP_{M-1}$        $H = 1350$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$        $SA = 0.002$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



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

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

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

NT := 999

$e := 0..(M - 1)$

$f(e) := 0, \left( \frac{LCP}{NT} \right) \cdot LCP$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

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

DETERMINACION DEL AREA 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 = 1153247365.335

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

AA = 337853365.335

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

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

HE = 994.425

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

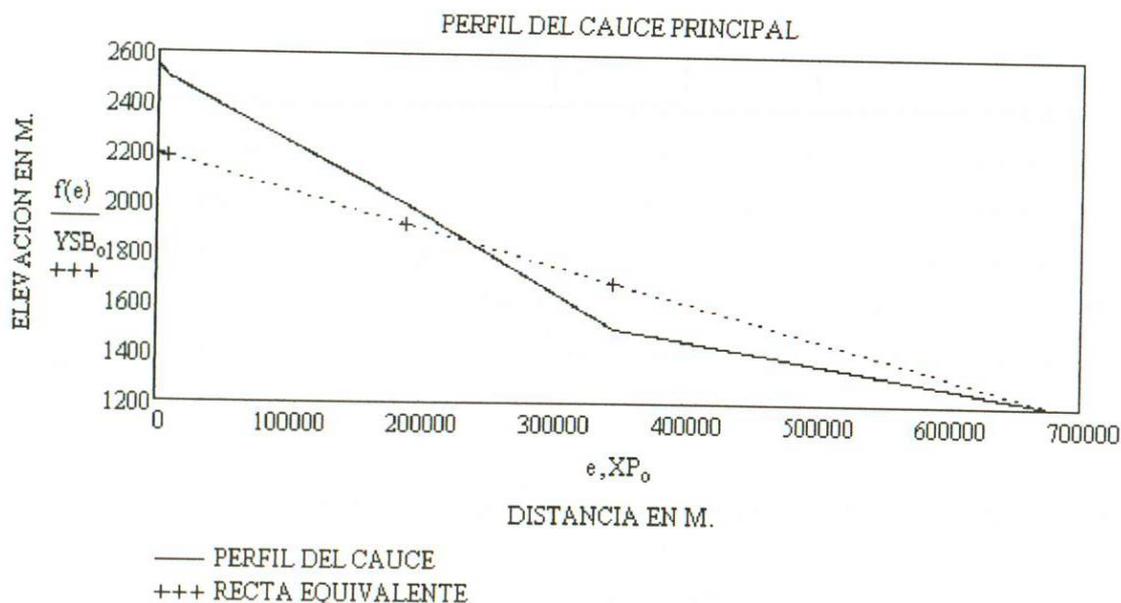
$SB := \frac{HE}{LCP}$

SB = 0.0015

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$HSB := HE + YP_{(M-1)}$

$YSB_o := HSB - SB \cdot XP_o$



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

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

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

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

$$T0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T3 := \text{linterp}(XP, YP, d)$$

$$T4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad T6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T7 := \text{linterp}(XP, YP, h)$$

$$T8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \quad T9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

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

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

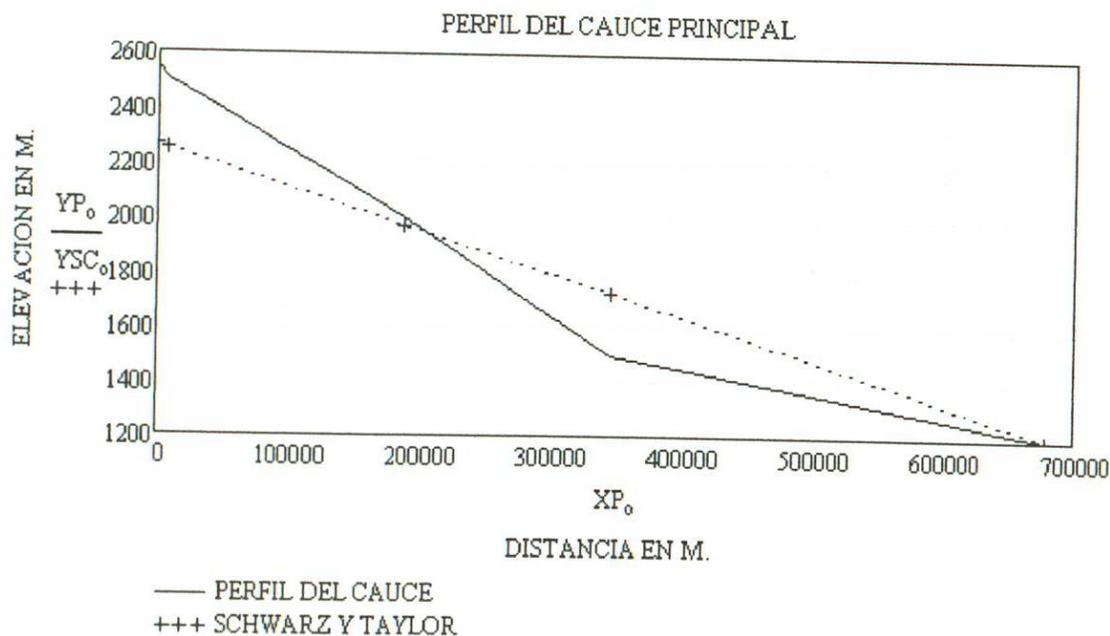
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0016$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

- YC** = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
- XC** = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- AIP** = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- XP** = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
- YP** = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC<sub>y</sub> =

2500
2000
1500

XC<sub>x</sub> =

989
26953
57819

XP<sub>o</sub> =

0
7749
187705
346675
679495

YP<sub>o</sub> =

2550
2500
2000
1500
1200

## FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "PUENTE FFCC"

### DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM<sup>2</sup>.  
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,  
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.  
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$\begin{array}{ll} A := 1162 & P := 189 \\ LCP := 63 & LC := 50 \end{array}$$

### FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, C<sub>c</sub>:

$$C_c := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad C_c = 1.564$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.769$$

### CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM<sup>2</sup>.  
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.  
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

XC := READPRN("AREAA.pm")

YC := READPRN("ELEV.pm")

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{array}{lll} N := \text{length}(XC) & LCH := XC_{(N-1)} & M := \text{length}(YC) \\ N = 2 & & M = 2 \end{array}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$\begin{array}{llll} NC := 20 & x := 0..(M-1) & y := 0..(N-1) & c := 0, \left( \frac{LCH}{NC} \right) .. LCH \end{array}$$

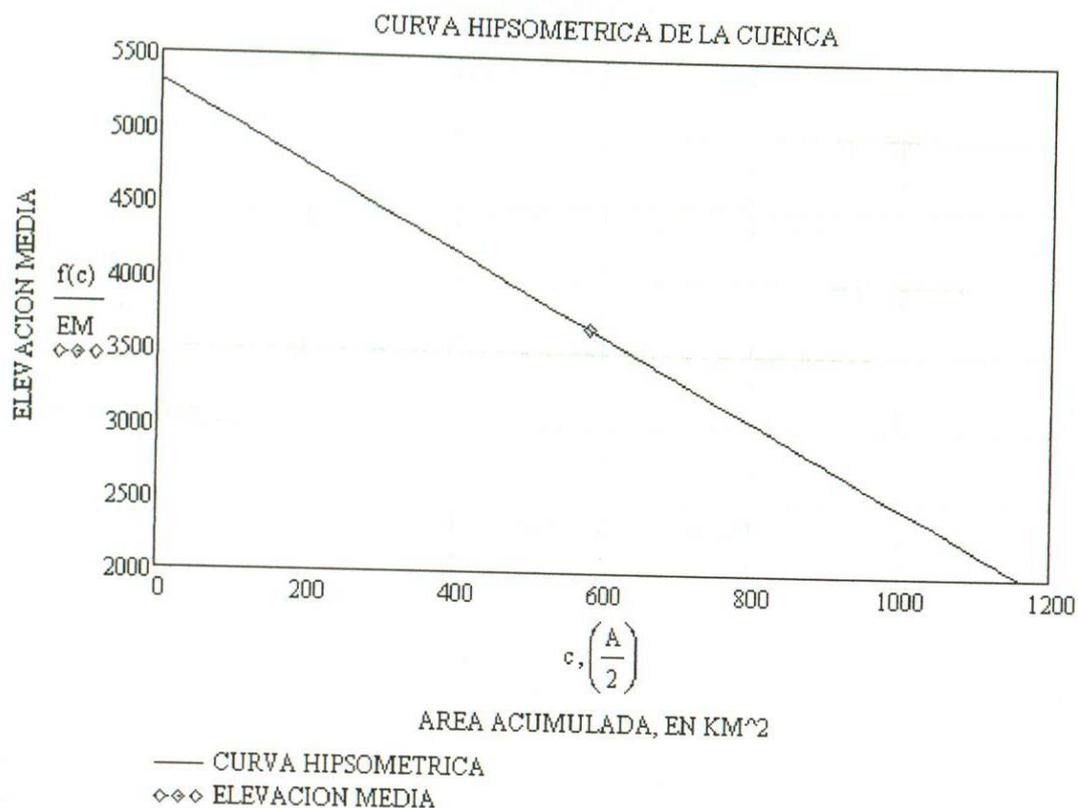
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 3660$$



**PENDIENTE DE LA CUENCA.  $S_c$  EN (‰):**  
 CRITERIO DE J.W. ALWORD

**DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.**

**LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.**

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 77$$

$$S_c := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$S_c = 3.313$$

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

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

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$        $M := \text{length}(XP)$        $T := 0..(M - 1)$   
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$        $LCP := XP_{(M-1)}$        $M = 3$

**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

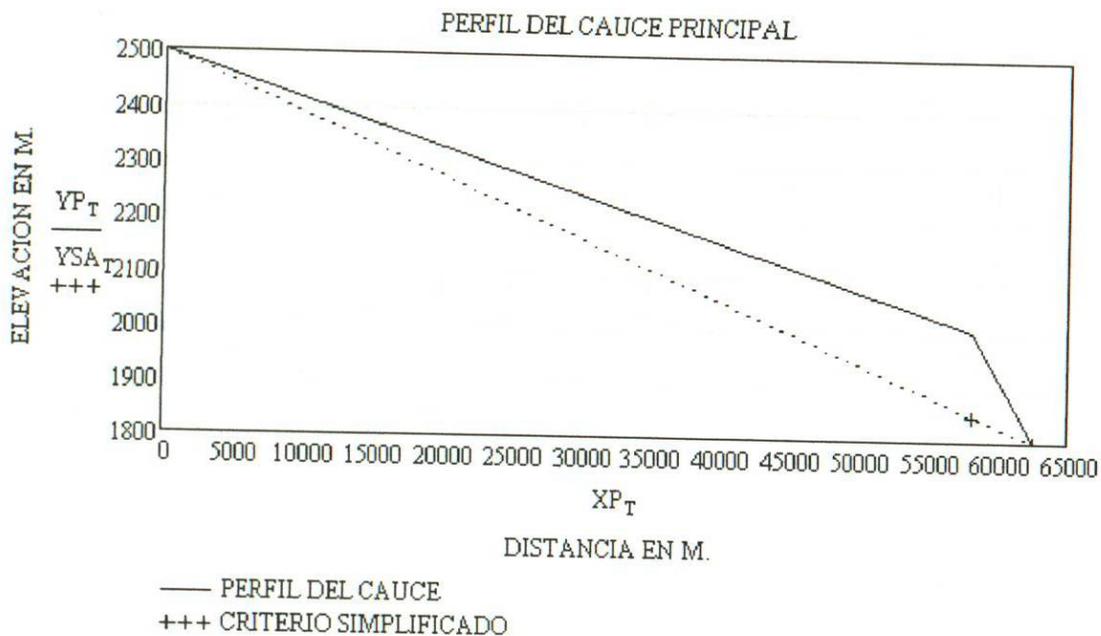
$H := YP_0 - YP_{M-1}$        $H = 700$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$        $SA = 0.0112$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



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

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

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

$$NT := 999$$

$$o := 0..(M - 1)$$

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

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

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

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

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

$$ABC = 139309567.361$$

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

$$AA = 26791567.361$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

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

$$HE = 857.193$$

PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

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

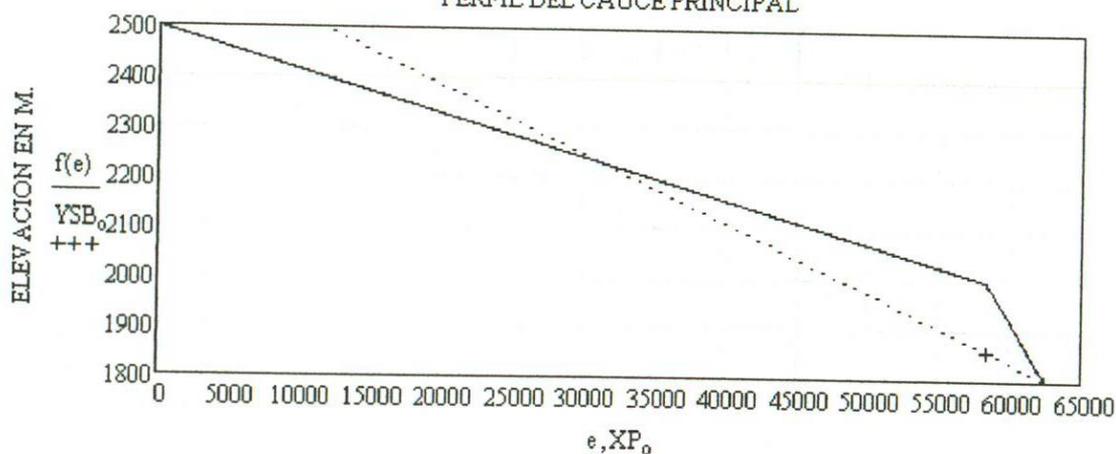
$$SB = 0.0137$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$$HSB := HE + YP_{(M-1)}$$

$$Y_{SB_0} := HSB - SB \cdot XP_0$$

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



— PERFIL DEL CAUCE  
+++ RECTA EQUIVALENTE

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

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

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

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

$$T0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T3 := \text{linterp}(XP, YP, d)$$

$$T4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad T6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T7 := \text{linterp}(XP, YP, h)$$

$$T8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \quad T9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

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

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

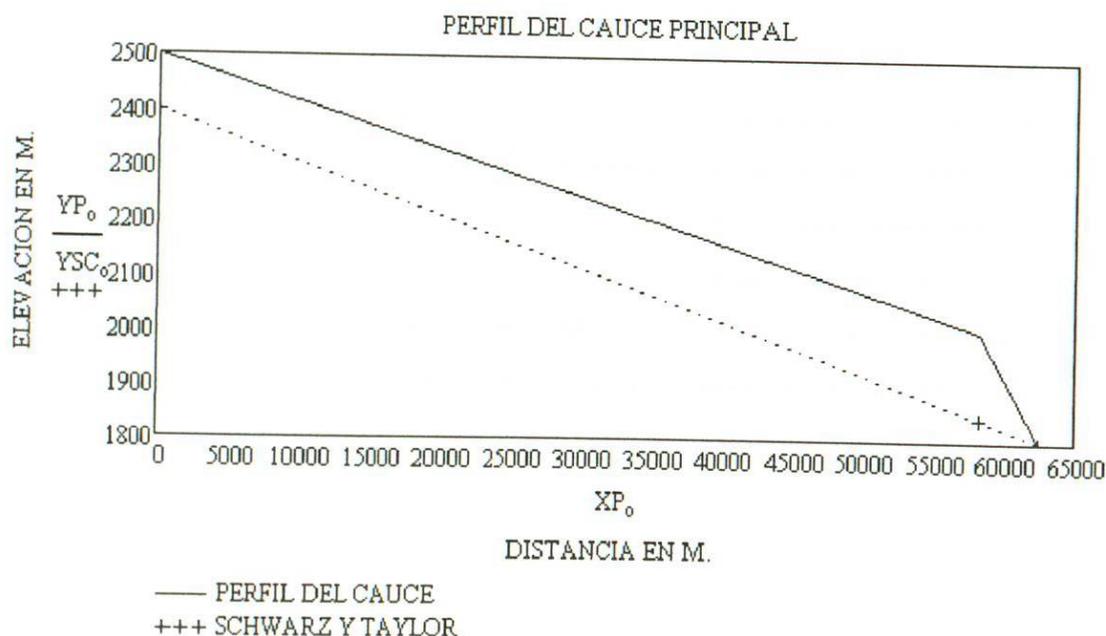
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.0096$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

- YC** = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
- XC** = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- AIP** = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- XP** = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
- YP** = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

$Y C_y =$

2500
2000

$X C_x =$

987
1162

$X P_o =$

0
58303
62510

$Y P_o =$

2500
2000
1800

## FISIOGRAFIA DE LA CUENCA ESTACION HIDROMÉTRICA "LLANITOS"

### DATOS DE DISEÑO.

A = AREA DE APORTACION DE LA CUENCA, EN KM<sup>2</sup>.  
LCP = LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL, EN KM,  
LC = LONGITUD DE LA CUENCA, EN KM.  
P = PERIMETRO DE LA CUENCA, EN KM.

$A := 1581$                        $P := 187$   
 $LCP := 88$                        $LC := 64$

### FORMA DE LA CUENCA

COEFICIENTE DE COMPACIDAD, C<sub>c</sub>:

$$C_c := \frac{0.282 \cdot P}{\sqrt{A}} \qquad C_c = 1.326$$

RELACION DE ELONGACION, Re:

$$Re := \frac{1.1284 \cdot \sqrt{A}}{LC} \qquad Re = 0.701$$

### CURVA HIPSOMETRICA

XC = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM<sup>2</sup>.  
YC = ELEVACIONES DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.  
M,N = NUMERO DE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS EN LA CURVA HIPSOMETRICA.

$XC := \text{READPRN}(\text{"AREAA.prm"})$

$YC := \text{READPRN}(\text{"ELEV.prm"})$

NUMERO DE AREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL CONSIDERADAS:

$$\begin{aligned} N &:= \text{length}(XC) & LCH &:= XC_{(N-1)} & M &:= \text{length}(YC) \\ N &= 2 & & & M &= 2 \end{aligned}$$

AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA A UNA FUNCION f(c):

NC = NUMERO DE PUNTOS DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$NC := 20 \qquad x := 0..(M - 1) \qquad y := 0..(N - 1) \qquad c := 0, \left( \frac{LCH}{NC} \right) .. LCH$$

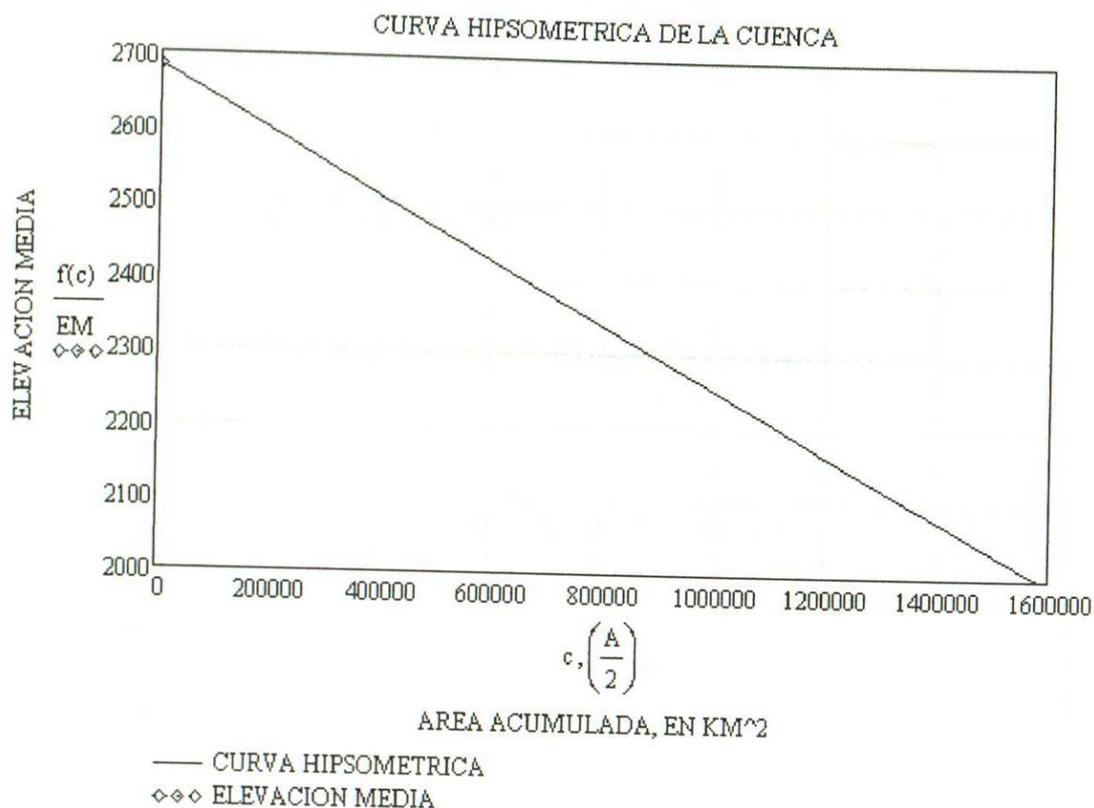
FUNCION DE AJUSTE DE LA CURVA HIPSOMETRICA

$$f(c) := \text{linterp}(XC, YC, c)$$

ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA, EN M.

$$EM := \text{linterp}\left[XC, YC, \left(\frac{A}{2}\right)\right]$$

$$EM = 2682.287$$



PENDIENTE DE LA CUENCA, Sc EN (‰):  
 CRITERIO DE J.W. ALWORD

DC = DESNIVEL CONSTANTE ENTRE CURVAS DE NIVEL, EN KM.

LCN = LONGITUD TOTAL DE LAS CURVAS DE NIVEL DENTRO DE LA CUENCA, EN KM.

$$DC := 0.5$$

$$LCN := 375$$

$$Sc := \left(\frac{DC \cdot LCN}{A}\right) \cdot 100$$

$$Sc = 11.86$$

**CARACTERISTICAS DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL**  
ASIGNACION DE DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.

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

$XP := \text{READPRN}(\text{"DIST.pm"})$        $M := \text{length}(XP)$        $T := 0..(M - 1)$   
 $YP := \text{READPRN}(\text{"ELEVPM.pm"})$        $LCP := XP_{(M-1)}$        $M = 4$

**CRITERIO SIMPLIFICADO, SA**

DESNIVEL DEL CAUCE EN TODA SU LONGITUD, EN M.

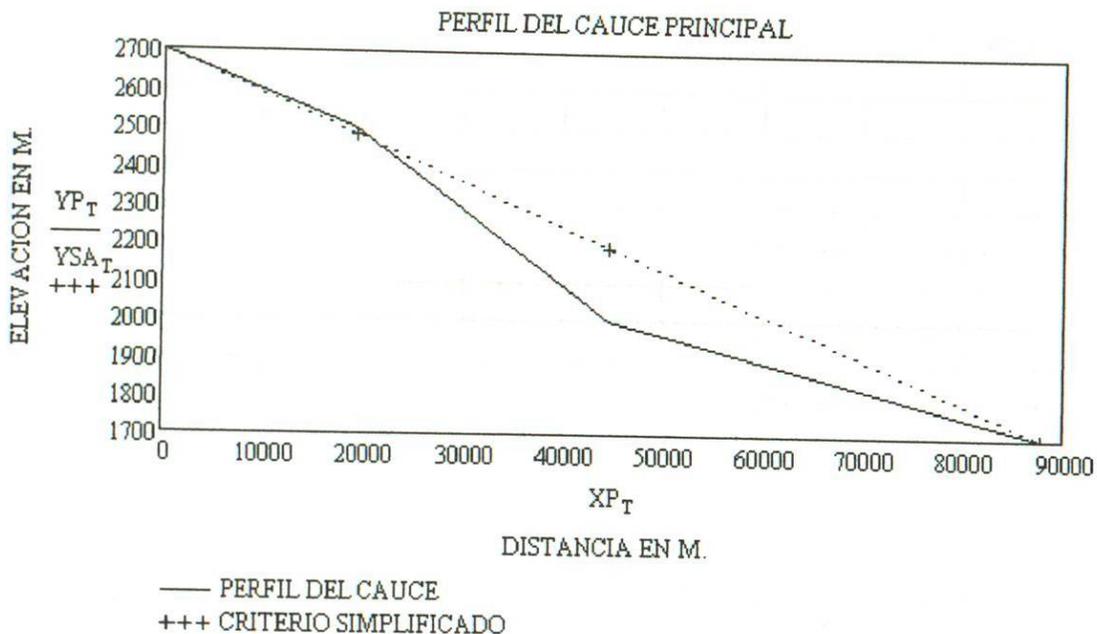
$H := YP_0 - YP_{M-1}$        $H = 1000$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$SA := \frac{H}{LCP}$        $SA = 0.0114$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

$YSA := YP_0 - SA \cdot XP$



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

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

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

$$NT := 999 \qquad o := 0..(M - 1) \qquad e_o := 0, \left( \frac{LCP}{NT} \right) .. LCP$$

ECUACION DE AJUSTE DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL.

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

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

$$ABC := \sum_e \left[ f(e) \cdot \left( \frac{LCP}{NT} \right) \right] \qquad ABC = 187455393.31$$

$$AA := ABC - (LCP) \cdot YP_{(M-1)} \qquad AA = 38010093.31$$

DIFERENCIA DE ELVACIONES OBTENIDAS DE LA RECTA EQUIVALENTE.

$$HE := \frac{2 \cdot AA}{LCP} \qquad HE = 864.76$$

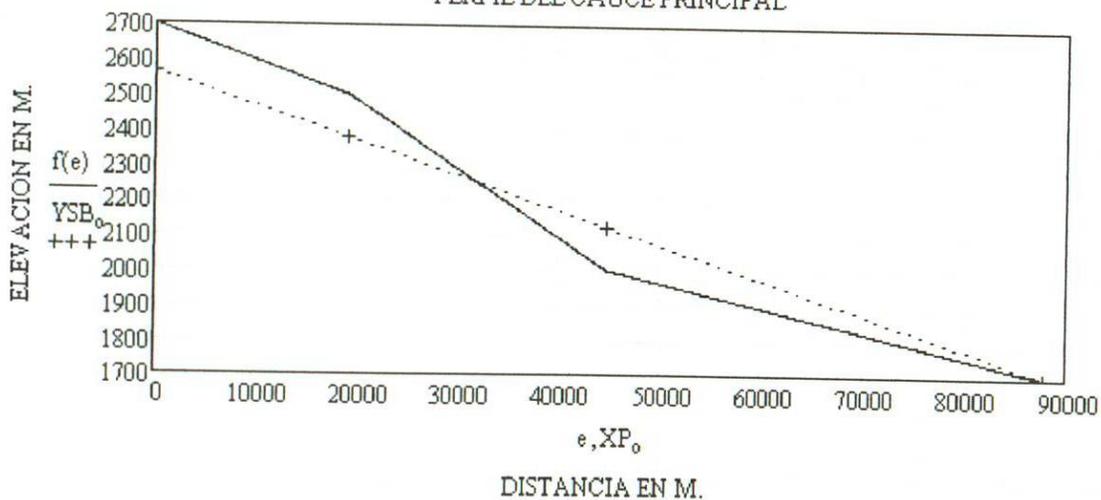
PENDIENTE DE LA RECTA EQUIVALENTE, ADIMENSIONAL.

$$SB := \frac{HE}{LCP} \qquad SB = 0.0098$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA LA PENDIENTE.

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

PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL



— PERFIL DEL CAUCE  
 +++ RECTA EQUIVALENTE

**CRITERIO DE SCHWARZ Y TAYLOR, S.C.**

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

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

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

$$T_0 := \text{linterp}(XP, YP, a) \quad T_1 := \text{linterp}(XP, YP, b) \quad T_2 := \text{linterp}(XP, YP, c) \quad T_3 := \text{linterp}(XP, YP, d)$$

$$T_4 := \text{linterp}(XP, YP, e) \quad T_5 := \text{linterp}(XP, YP, f) \quad T_6 := \text{linterp}(XP, YP, g) \quad T_7 := \text{linterp}(XP, YP, h)$$

$$T_8 := \text{linterp}(XP, YP, i) \quad T_9 := \text{linterp}(XP, YP, j) \quad Z := 0..8$$

DETERMINACION DE LAS PENDIENTES DE CADA TRAMO.

$$S_0 := T_0 - T_1 \quad S_1 := T_1 - T_2 \quad S_2 := T_2 - T_3 \quad S_3 := T_3 - T_4 \quad S_4 := T_4 - T_5$$

$$S_5 := T_5 - T_6 \quad S_6 := T_6 - T_7 \quad S_7 := T_7 - T_8 \quad S_8 := T_8 - T_9$$

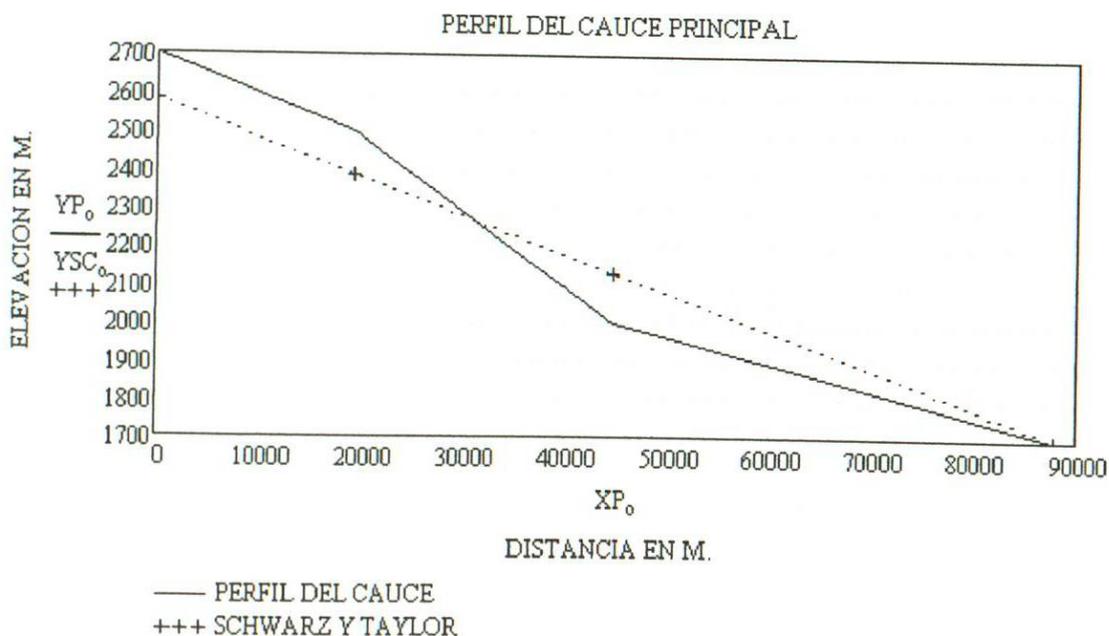
$$SCT := \frac{S}{\left(\frac{LCP}{9}\right)} \quad ST_Z := \frac{1}{\sqrt{SCT_Z}} \quad STC := \sum ST$$

PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL, ADIMENSIONAL.

$$SC := \left(\frac{9}{STC}\right)^2 \quad SC = 0.01$$

ECUACION DE LA RECTA QUE REPRESENTA A LA PENDIENTE.

$$HSC := YP_{(M-1)} + (SC \cdot LCP) \quad YSC := HSC - SC \cdot XP$$



**DATOS DE ARCHIVOS EXTERNOS.**

- YC** = ELEVACION ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM.
- XC** = AREA ACUMULADA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- AIP** = AREA ENTRE CURVAS DE NIVEL PARA CURVA HIPSOMETRICA, EN KM<sup>2</sup>.
- XP** = DISTANCIAS HORIZONTALES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.
- YP** = ELEVACIONES DEL PERFIL DEL CAUCE PRINCIPAL, EN M.

YC<sub>y</sub> =

2500
2000

XC<sub>x</sub> =

4.229·10 <sup>5</sup>
1.581·10 <sup>6</sup>

XP<sub>o</sub> =

0
19181
44792
87909

YP<sub>o</sub> =

2700
2500
2000
1700

ANEXO E  
Datos de precipitación  
del río San Juan

**ANEXO B:**  
Datos de precipitación  
de las cuencas

## COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Peguis  
CORRIENTE: Río Conchos  
CUENCA: Río Bravo

CLAVE: 24388  
REGION: 24 Bravo  
ESTADO: Chihuahua

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	6.0	17.0	3.0	12.0	36.0	4.0	51.5	2.0	3.0	52.0	12.0	19.0	217.5
1958	52.0	29.0	4.0	0.1	5.0	18.0	26.0	44.0	177.0	71.0	5.0	0.0	431.1
1959	0.1	15.0	0.0	22.0	57.0	44.0	12.0	25.0	26.0	10.0	20.0	12.0	243.1
1960	39.0	0.1	1.0	0.1	0.1	9.0	82.5	79.0	0.0	7.0	39.0	34.0	290.8
1961	42.0	5.0	0.0	0.1	29.0	105.0	38.0	54.0	28.0	32.0	0.1	0.0	333.2
1962	9.0	5.0	9.0	9.0	0.0	51.0	90.0	15.0	103.0	44.0	11.0	18.0	364.0
1963	0.1	2.0	0.1	28.0	31.0	17.0	49.0	56.0	54.0	30.0	39.0	0.1	306.3
1964	0.0	0.1	7.0	3.0	9.0	43.0	31.0	28.0	72.0	2.0	0.0	33.0	228.1
1965	7.0	18.0	0.1	0.0	8.0	41.0	2.0	47.0	76.0	0.0	0.1	24.0	223.2
1966	0.1	8.0	10.0	3.0	21.0	34.0	28.0	118.0	40.0	58.0	0.0	0.1	320.2
1967	8.0	18.0	13.0	0.0	0.1	85.0	22.0	37.0	68.0	14.0	0.1	18.0	283.2
1968	7.0	7.0	19.0	28.0	21.0	0.1	103.0	61.0	28.0	8.0	36.0	0.0	318.1
1969	0.1	4.0	0.0	0.0	0.1	38.0	47.0	57.0	22.0	2.5	26.0	0.1	196.8
1970	5.0	22.0	24.0	0.1	22.0	56.0	68.0	66.0	114.0	43.0	0.0	0.0	420.1
1971	0.0	0.0	0.0	2.0	9.0	69.0	44.0	22.0	34.0	119.0	0.0	11.0	310.0
1972	0.1	0.0	0.0	0.0	26.0	100.0	59.0	56.0	84.0	11.0	18.0	0.1	354.2
1973	8.0	32.0	4.0	0.0	50.0	5.0	163.0	8.0	15.0	16.0	0.0	0.0	301.0
1974	0.1	0.0	38.0	34.0	22.0	12.0	105.0	72.0	171.0	27.0	30.0	24.5	535.6
1975	9.0	12.0	0.0	0.1	6.0	12.0	58.0	67.0	30.0	4.0	0.0	10.0	208.1
1976	0.0	0.0	0.0	0.1	26.0	28.0	121.0	42.0	47.0	11.0	16.0	46.0	337.1
1977	0.1	2.0	0.0	5.0	0.1	19.0	17.0	14.0	0.1	39.0	0.1	5.0	101.4
1978	0.1	2.5	0.1	2.0	8.0	60.0	56.5	72.8	105.5	62.5	9.0	3.5	382.5
1979	3.5	9.0	0.0	11.5	45.0	97.5	47.0	82.0	30.5	0.0	0.1	5.0	331.1
1980	3.0	0.1	1.0	0.1	0.0	1.0	0.0	87.0	91.0	22.0	14.0	6.0	225.2
1981	12.5	2.5	14.0	84.5	32.0	28.5	65.5	63.0	33.5	74.0	0.0	1.0	411.0
1982	59.0	6.0	0.1	4.0	19.0	29.0	10.0	18.5	4.0	0.0	12.0	21.5	183.1
1983	7.0	0.1	1.5	3.0	12.5	9.5	8.0	68.0	10.0	36.0	34.0	1.0	190.6
1984	16.5	0.0	0.1	0.0	6.0	77.5	8.0	44.5	57.0	34.5	18.0	33.0	295.1
1985	0.1	13.5	2.0	9.5	4.5	39.5	66.5	22.0	83.5	38.5	0.5	0.0	280.1
1986	0.1	2.5	0.0	1.5	20.5	118.0	34.0	42.5	72.5	63.5	14.5	57.0	426.6
1987	0.0	8.5	0.1	41.5	31.0	78.5	28.0	27.0	34.0	10.0	0.1	3.5	262.2
1988	0.1	0.1	0.1	1.0	12.0	3.5	30.0	23.0	23.5	12.0	0.1	4.4	109.8
1989	1.5	32.0	3.0	0.0	0.1	0.7	3.1	74.8	2.2	3.5	0.2	2.3	123.4
1990	4.3	8.1	1.0	0.9	16.1	0.1	48.3	64.5	80.3	25.8	2.6	3.5	255.5
1991	9.7	8.4	0.0	1.0	0.3	29.7	112.4	15.8	66.8	0.0	2.1	35.2	281.4
1992	37.6	49.6	0.3	4.2	97.8	20.1	43.3	5.5	1.3	9.2	20.6	9.5	299.0
1993	9.2	1.9	2.0	10.0	10.9	66.6	65.4	26.2	18.3	4.2	0.1	6.7	221.5
1994	11.5	1.5	30.0	4.0	13.5	1.5	0.0	0.0	5.9	27.0	0.0	18.0	112.9
1995	0.0	0.0	0.0	10.0	5.0	2.5	33.0	16.5	30.6	5.2	0.7	0.8	104.3
1996	3.0	2.5	0.0	0.5	0.5	12.8	8.0	67.0	39.0	2.4	13.5	0.0	149.2
1997	0.0	55.0	5.3	21.5	27.0	14.5	50.0	21.0	19.5	3.0	10.0	17.0	243.8
1998	0.0	0.0	1.5	0.0	3.0	6.4	17.0	51.5	5.0	57.0	0.0	2.0	143.4
1999	0.0	0.0	10.0	0.0	7.5	29.5	69.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	122.0
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	69.0	12.0	17.5	4.0	86.0	16.0	0.0	225.5
2001	14.7	9.0	10.0	15.0	6.8	5.5	49.5	17.5	7.5				135.5
PROM	8.6	9.1	4.8	8.3	17.3	35.4	46.3	42.3	44.8	26.7	9.6	11.0	263.06

## COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

**ESTACION:** Parral  
**CORRIENTE:** Salidas Presa  
**CUENCA:** Río Parral

**CLAVE:** 24388  
**REGION:** 24 Bravo  
**ESTADO:** Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	3.0	13.5	4.5	10.0	54.0	18.0	84.5	42.0	18.5	6.5	0.1	1.5	256.1
1958	32.0	1.0	1.0	0.1	1.0	5.0	35.0	70.5	481.0	128.0	23.5	12.0	790.1
1959	14.5	4.0	0.1	7.0	2.5	85.5	50.5	108.0	26.5	7.0	4.0	10.0	319.6
1960	9.5	0.1	0.0	0.0	0.1	9.0	164.0	219.5	6.0	0.1	10.5	5.0	423.8
1961	41.0	2.0	0.1	4.0	34.5	175.5	62.5	109.5	119.0	9.5	3.5	0.1	561.2
1962	1.0	0.0	0.0	3.0	0.1	22.0	91.5	15.5	53.0	108.5	4.0	0.1	298.7
1963	0.0	0.0	0.0	0.1	26.0	22.5	101.0	171.8	106.0	24.0	0.1	0.1	451.6
1964	0.0	0.0	2.5	0.1	49.1	119.0	56.6	95.0	171.9	38.0	0.1	10.1	542.4
1965	6.0	4.0	0.0	2.0	0.0	16.0	81.0	137.0	127.0	0.0	0.1	3.5	376.6
1966	0.1	2.0	0.1	0.1	68.0	120.0	90.0	239.0	157.0	61.0	32.0	0.1	769.4
1967	10.0	0.1	1.0	0.0	0.1	141.0	135.0	127.0	147.0	7.0	0.1	4.5	572.8
1968	19.0	21.0	25.0	54.0	0.1	74.0	399.0	140.0	250.5	10.0	8.0	19.0	1019.6
1969	2.0	0.1	0.0	0.0	3.0	8.0	148.0	38.0	24.0	7.0	3.0	27.0	260.1
1970	0.1	59.0	0.1	17.0	0.1	48.0	64.5	122.5	178.0	33.0	0.0	0.1	522.4
1971	0.1	3.0	0.0	0.1	5.0	44.0	75.0	221.0	14.0	75.0	0.0	13.0	450.2
1972	10.0	0.1	0.1	0.0	12.0	36.0	116.0	133.0	179.0	5.0	50.0	0.1	541.3
1973	0.1	33.0	0.0	3.0	14.0	47.0	166.0	191.0	24.0	5.0	0.0	7.5	490.6
1974	0.0	0.0	0.1	1.0	14.5	0.1	76.0	123.0	259.0	6.0	40.0	15.0	534.7
1975	0.1	14.0	0.0	0.0	0.1	37.5	123.0	25.0	90.5	4.0	0.0	14.0	308.2
1976	5.0	0.0	0.0	6.0	34.0	76.0	288.0	104.5	120.5	60.0	29.0	13.0	736.0
1977	6.0	0.1	0.0	1.0	1.0	50.4	57.5	74.5	14.0	15.3	0.1	0.1	220.0
1978	1.0	0.1	0.5	6.3	46.3	7.6	106.7	217.1	179.1	40.2	0.1	0.1	605.1
1979	4.1	0.1	5.0	10.0	45.0	71.1	83.3	181.5	150.0	0.0	3.0	1.0	554.1
1980	0.1	1.2	0.1	0.1	0.0	12.7	44.0	136.0	281.3	35.0	8.6	0.0	519.1
1981	24.5	4.2	17.3	13.8	17.9	79.9	166.4	203.1	102.6	160.8	0.1	0.1	790.7
1982	10.3	1.0	0.0	10.4	2.4	3.2	45.2	57.2	9.5	0.1	0.1	26.4	165.8
1983	12.4	0.1	10.7	0.0	26.4	29.7	13.8	161.8	139.5	50.8	0.0	0.0	445.2
1984	62.9	3.2	0.0	0.0	16.9	184.2	115.2	84.7	55.0	18.6	3.2	41.8	585.7
1985	28.0	7.7	4.0	29.1	33.3	77.9	170.6	70.4	144.9	37.2	13.9	0.0	617.0
1986	22.4	4.7	0.1	26.9	28.9	149.1	102.8	211.7	295.7	9.3	14.8	5.8	872.2
1987	12.4	0.1	0.1	49.4	46.2	140.3	268.3	133.4	86.0	8.6	2.0	0.1	746.9
1988	0.0	0.1	0.0	18.4	0.0	91.4	114.6	126.8	10.1	0.2	0.0	0.1	361.7
1989	1.0	3.0	2.0	0.1	1.3	12.0	59.8	138.4	57.1	3.6	17.8	16.1	312.2
1990	0.1	0.5	0.2	2.0	5.1	14.1	184.6	96.2	138.5	35.7	23.3	0.2	500.5
1991	1.1	6.4	0.0	0.0	0.2	16.0	282.7	125.8	130.5	1.1	15.1	38.4	617.3
1992	94.3	11.6	2.1	2.5	88.1	7.3	39.8	46.9	35.4	23.3	2.6	0.5	354.4
1993	7.4	0.1	1.0	0.1	12.6	44.1	111.5	49.9	119.9	7.1	2.4	2.9	359.0
1994	0.0	7.5	4.4	2.4	1.8	60.3	69.8	51.2	72.4	29.6	1.3	36.0	336.7
1995	3.7	13.9	6.8	0.0	1.7	86.6	98.2	35.4	116.1	10.7	0.7	11.1	384.9
1996	3.2	0.5	0.0	0.1	0.0	126.2	116.7	173.0	106.6	9.1	3.8	0.0	539.2
1997	7.0	15.5	24.2	13.7	7.1	60.2	113.0	74.6	30.5	1.1	0.0	6.4	353.3
1998	0.0	0.1	2.0	0.0	inap.	20.6	154.5	131.5	39.3	47.1	19.4	0.0	414.5
1999	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	53.7	139.3	45.4	33.1	0.0	0.0	1.0	273.8
2000	0.0	0.0	3.3	0.0	42.8	161.4	99.6	70.1	45.6	39.8	16.6	0.5	479.7
2001	5.8	0.0	7.6	14.0	10.3	10.8	92.0	172.6	21.2				334.3
PROM	10.2	5.3	2.8	6.8	17.1	59.4	116.8	117.8	110.4	26.8	8.1	7.8	488.19

## COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Jiménez  
CORRIENTE: Río Florido  
CUENCA: Río Conchos

CLAVE: 24225  
REGION: 24 Bravo  
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	8.0	0.5	4.0	0.0	27.0	6.0	46.0	54.5	14.0	14.0	0.1	0.1	174.2
1958	22.0	3.0	0.0	0.0	16.5	24.0	67.3	59.4	277.5	172.0	7.5	12.0	661.2
1959	8.0	1.0	3.0	4.0	29.0	26.5	16.0	58.5	16.5	15.5	1.0	3.5	182.5
1960	3.5	5.5	0.0	0.1	0.0	8.0	163.5	68.4	4.0	4.0	6.0	18.2	281.2
1961	59.3	3.0	0.0	6.5	6.4	150.5	197.2	53.3	99.0	43.4	3.5	1.0	623.1
1962	8.0	0.0	1.0	12.0	4.5	12.4	88.4	25.9	61.8	272.3	5.0	2.5	493.8
1963	0.1	3.8	0.1	7.5	0.1	62.5	96.0	71.0	101.1	1.7	3.0	0.1	347.0
1964	0.0	0.1	0.1	0.5	33.8	40.8	101.5	111.5	81.9	4.0	0.1	8.0	382.3
1965	8.9	1.0	0.1	0.1	0.0	13.0	25.0	48.6	80.2	0.0	12.5	20.4	209.8
1966	17.0	0.1	0.1	3.2	45.0	44.5	39.0	60.6	200.3	30.5	0.0	0.1	440.4
1967	6.0	0.1	0.1	3.0	8.0	89.8	62.8	95.2	58.7	1.6	0.1	1.7	327.1
1968	21.6	24.5	18.3	29.3	13.3	18.8	234.1	62.6	65.5	7.3	3.0	8.5	506.8
1969	6.0	4.0	0.0	0.1	1.5	8.7	132.5	8.3	47.0	37.4	6.8	9.6	261.9
1970	7.5	25.4	1.8	0.1	0.1	57.3	31.0	39.7	126.4	4.5	0.0	0.1	293.9
1971	0.1	0.1	0.0	0.1	20.3	26.0	72.0	116.0	14.8	96.2	0.0	18.5	364.1
1972	10.0	0.0	1.0	0.0	28.7	65.8	137.0	82.5	73.3	14.5	49.0	0.0	461.8
1973	3.0	43.2	0.0	0.0	9.3	21.8	132.0	94.0	37.0	9.0	0.0	3.0	352.3
1974	0.0	0.0	7.7	5.0	2.0	0.1	112.0	96.8	154.3	8.9	17.0	3.0	406.8
1975	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	11.0	62.0	39.6	50.5	0.0	0.0	10.0	175.2
1976	0.0	0.0	0.0	2.5	10.0	61.5	87.7	54.3	132.0	55.9	27.7	21.0	452.6
1977	9.0	0.0	0.0	7.1	12.9	112.1	77.5	30.0	9.2	17.5	0.0	0.0	275.3
1978	0.0	5.3	0.0	7.5	19.5	29.7	146.1	131.3	137.6	11.8	0.0	0.1	488.9
1979	2.0	2.5	17.0	4.5	33.0	44.5	53.0	83.5	12.0	0.0	2.5	4.5	259.0
1980	0.0	0.0	1.0	0.0	16.0	13.0	20.5	70.0	106.5	15.5	11.5	0.0	254.0
1981	27.0	7.0	10.0	8.5	31.5	46.0	32.5	86.0	27.0	76.5	0.0	8.5	360.5
1982	4.0	0.5	0.1	5.5	6.0	20.5	75.0	50.5	44.5	0.1	11.0	9.5	227.2
1983	14.0	0.1	15.5	0.5	6.5	4.5	27.4	165.5	55.5	13.0	9.0	0.1	311.6
1984	59.3	3.5	0.0	0.0	19.5	161.5	145.0	44.0	21.0	22.7	4.0	19.5	500.0
1985	28.5	7.0	1.5	22.0	20.5	39.5	45.5	48.0	61.5	13.5	0.5	0.0	288.0
1986	13.0	4.5	0.1	15.5	28.0	156.0	28.0	76.5	73.0	54.5	16.0	19.5	484.6
1987	1.5	4.5	0.0	31.5	60.0	33.0	123.5	132.5	64.0	4.5	0.1	1.0	456.1
1988	0.0	0.0	0.0	5.0	0.3	51.8	157.9	68.7	20.5	0.1	0.0	3.0	307.3
1989	0.5	4.0	5.5	0.1	0.3	11.3	45.6	96.7	12.8	14.0	8.1	16.1	215.0
1990	0.7	3.2	7.1	0.1	6.4	10.7	135.3	70.8	137.9	25.3	2.8	3.7	404.0
1991	0.4	6.3	0.0	0.0	2.3	19.4	136.6	112.6	119.2	9.5	8.5	58.0	472.8
1992	62.2	19.2	3.0	5.8	68.4	2.7	31.9	78.5	67.7	0.5	6.5	5.1	351.5
1993	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.0	78.5	61.0	91.0	0.0	6.5	0.0	288.0
1994	0.0	0.0	10.5	2.0	1.0	6.0	55.8	2.0	15.5	31.0	1.5	24.0	149.3
1995	0.0	22.5	1.5	0.0	5.5	82.0	51.0	91.0	61.0	0.0	12.5	13.0	340.0
1996	5.5	0.5	0.0	0.0	0.5	24.5	27.5	118.0	30.0	33.5	2.0	0.0	242.0
1997	2.5	6.0	27.0	2.5	31.5	34.5	95.0	23.5	37.5	18.0	3.0	11.0	292.0
1998	0.0	2.0	1.0	0.0	inap.	60.5	50.5	38.5	12.5	55.0	30.0	0.0	250.0
1999	0.0	0.0	0.0	1.5	9.0	175.5	39.5	26.5	33.0	0.0	0.0	1.0	286.0
2000	0.0	0.0	6.0	0.0	22.0	100.0	58.5	21.0	112.5	32.0	10.0	1.0	363.0
PROM	9.6	4.9	3.3	4.4	15.3	46.3	82.7	68.8	69.5	28.2	6.6	7.7	346.91

## COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Villalba  
CORRIENTE: San Pedro  
CUENCA: Río Conchos

CLAVE: 24181  
REGION: 24 Bravo  
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	4.0	7.2	8.1	1.8	14.6	4.0	61.8	88.2	4.8	5.3	0.8	1.8	202.4
1958	20.7	5.4	0.8	0.1	2.0	17.2	58.8	58.0	216.6	77.2	7.7	9.4	473.9
1959	12.7	0.8	0.1	20.4	19.1	22.4	9.6	143.6	12.3	2.5	0.1	16.3	259.9
1960	9.1	5.1	0.0	0.0	0.0	15.7	123.1	125.8	2.1	7.1	15.0	11.2	314.2
1961	41.9	0.1	0.1	4.1	0.1	63.5	38.5	73.4	40.9	20.0	1.8	0.0	284.4
1962	0.1	0.0	0.0	0.1	3.0	7.5	116.8	17.0	61.4	85.5	0.1	3.3	294.8
1963	0.1	2.0	0.1	1.3	1.0	14.9	41.7	41.9	65.8	9.3	1.8	0.8	180.7
1964	0.1	0.1	0.8	0.5	17.7	46.9	29.8	36.8	106.6	1.5	0.1	13.1	254.0
1965	5.5	11.9	0.1	8.6	10.1	24.6	31.7	55.1	212.3	0.0	1.8	41.9	403.6
1966	1.3	4.6	0.1	0.3	34.8	82.6	55.7	146.3	115.9	28.1	0.1	0.1	469.9
1967	0.1	3.0	28.7	0.1	1.0	81.1	43.1	89.8	115.6	10.1	0.5	1.8	374.9
1968	10.2	25.3	21.4	38.1	11.2	11.4	175.8	91.5	71.1	6.3	1.1	3.8	467.2
1969	9.4	12.7	0.0	0.1	0.1	1.1	82.2	27.8	8.3	25.7	6.6	9.9	183.9
1970	2.3	23.7	4.3	0.1	0.1	68.5	22.9	21.8	150.5	2.8	0.0	0.1	297.1
1971	1.0	0.0	2.0	1.0	5.3	22.7	52.5	134.6	34.1	59.2	0.0	8.4	320.8
1972	12.1	0.0	0.0	0.0	18.5	78.2	74.9	76.6	127.4	23.2	44.5	0.3	455.7
1973	1.0	40.4	0.1	7.9	12.2	6.0	189.6	210.8	13.6	11.4	0.0	6.8	499.8
1974	0.0	0.0	1.8	0.6	30.2	0.8	66.3	61.7	174.9	2.0	15.0	12.4	365.7
1975	1.0	11.0	0.0	0.0	0.0	23.2	99.5	61.3	30.8	0.2	0.0	1.8	228.8
1976	1.0	0.0	0.0	2.0	60.2	59.9	117.4	34.4	115.0	25.1	22.6	17.2	454.8
1977	4.0	0.0	0.0	2.0	11.0	46.8	119.6	37.8	2.4	42.4	0.1	0.0	266.1
1978	4.0	0.4	0.0	3.0	15.0	55.0	100.0	110.0	20.0	50.0	3.0	2.0	362.4
1979	3.0	1.0	6.0	3.0	18.5	35.8	45.9	63.7	26.0	0.0	3.5	1.5	207.9
1980	0.1	0.1	0.5	0.1	0.1	7.5	16.5	103.5	252.5	24.0	15.0	0.0	419.9
1981	34.0	12.5	1.1	19.7	12.5	79.6	104.1	72.5	70.7	55.5	0.0	0.1	462.3
1982	6.4	0.7	0.1	1.3	0.8	8.5	31.1	43.0	11.3	0.0	17.0	11.2	131.4
1983	15.3	0.1	10.0	0.1	2.9	2.0	2.0	89.1	42.3	15.3	14.5	0.1	193.7
1984	35.5	0.7	0.0	0.0	31.0	106.5	68.6	77.1	46.4	20.4	2.6	26.0	414.8
1985	29.3	8.9	4.0	18.3	6.5	41.7	43.0	17.7	75.7	12.1	2.5	0.0	259.7
1986	7.8	8.0	0.1	2.0	21.0	39.0	80.0	79.5	66.0	13.0	6.0	21.0	343.4
1987	0.1	0.1	0.0	43.5	37.0	9.0	87.0	113.5	36.0	0.1	0.1	0.1	326.5
1988	0.0	0.1	0.1	33.0	5.0	67.0	41.2	137.5	12.0	10.0	0.0	3.0	308.9
1989	0.4	7.0	4.0	0.1	0.3	0.5	27.5	104.2	6.9	19.4	4.5	13.1	187.9
1990	0.4	2.4	4.0	0.1	15.7	13.3	150.2	70.0	91.6	25.6	6.5	3.4	383.2
1991	2.5	6.2	0.0	0.0	4.4	5.8	111.3	104.7	87.8	0.2	15.1	36.6	374.6
1992	59.2	15.2	1.7	6.0	88.3	7.3	30.9	53.2	33.8	0.3	3.5	0.6	300.0
1993	4.2	1.1	0.0	0.2	0.6	40.7	78.4	36.4	56.9	8.4	4.7	0.0	231.6
1994	0.0	0.0	6.0	4.0	4.0	7.1	13.8	7.0	13.5	21.5	1.0	34.5	112.4
1995	0.0	11.2	0.0	0.0	2.5	18.0	44.3	16.7	63.6	8.3	3.0	4.0	171.6
1996	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.4	58.7	117.9	26.9	9.4	13.5	0.0	264.8
1997	2.0	4.7	5.4	3.0	55.0	2.0	94.4	17.4	42.0	0.0	2.0	5.5	233.4
1998	0.0	0.0	inap.	0.0	0.0	2.5	68.7	25.7	4.0	25.2	17.0	1.0	144.1
1999	0.0	0.0	4.5	0.0	9.2	121.0	86.7	40.5	45.0	0.0	0.0	0.0	306.9
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	46.0	39.5	22.1	8.3	45.8	13.5	0.0	184.7
2001	0.5	0.0	2.5	2.9	3.3	5.2	61.0	43.0	2.3				120.7
PROM	7.7	5.2	2.7	5.1	13.2	32.3	68.8	71.1	62.8	18.4	6.1	7.4	299.99

## COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Fco. I. Madero  
CORRIENTE: San Pedro  
CUENCA: Río San Juan

CLAVE: 24218  
REGION: 24 Bravo  
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1944								201	869	45	101	188	140.4
1945	4.0	0.0	0.0	4.1	0.0	7.5	95.9	14.0	0.3	47.1	0.0	0.2	173.1
1946	19.1	0.0	3.8	3.2	0.2	11.6	27.8	119.1	45.3	23.9	0.0	16.0	270.0
1947	18.0	0.0	0.0	0.0	1.4	13.7	84.6	184.6	33.3	12.0	10.5	22.2	380.3
1948	1.0	0.0	0.0	7.6	7.0	25.3	17.4	16.5	13.5	28.7	8.9	1.7	127.6
1949	14.3	0.5	0.0	3.1	1.0	3.0	93.5	47.7	73.3	34.9	0.0	15.4	286.7
1950	6.7	0.0	6.8	8.0	2.3	45.8	28.4	13.5	71.2	0.4	0.0	0.0	183.1
1951	0.0	0.3	4.4	0.0	1.3	16.0	41.7	6.2	3.5	0.3	0.0	5.5	79.2
1952	0.0	0.0	0.0	4.6	16.6	58.7	89.4	5.4	17.3	0.0	5.3	5.6	202.9
1953	0.0	0.0	0.0	0.2	5.7	14.1	46.9	30.9	58.6	17.0	0.0	1.1	174.5
1954	0.0	0.7	0.0	6.7	1.8	6.1	47.7	112.1	25.8	7.7	0.0	0.5	209.1
1955	7.3	0.0	0.0	0.0	3.1	39.4	52.1	92.9	10.2	18.6	2.1	0.0	225.7
1956	17.7	0.7	0.0	0.0	9.5	29.7	50.5	33.8	21.1	0.6	3.5	0.1	167.2
1957	1.6	5.7	2.0	2.5	31.4	1.0	57.4	75.9	13.0	14.8	0.5	0.2	206.0
1958	41.6	10.8	0.5	0.2	12.0	21.2	48.0	34.7	226.1	98.8	2.8	10.0	506.7
1959	0.0	0.4	0.0	32.7	7.5	21.5	39.9	72.9	18.1	5.0	24.5	21.0	243.5
1960	15.2	1.0	0.0	0.0	0.0	7.0	68.3	126.7	3.2	14.5	37.6	23.0	296.5
1961	19.8	5.0	0.0	2.5	12.0	71.8	51.5	39.8	18.4	27.0	2.1	0.0	249.9
1962	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	106.2	14.3	68.5	60.9	0.5	6.2	259.2
1963	0.5	0.0	0.0	8.8	11.7	26.6	74.6	69.5	39.5	21.5	16.0	0.0	268.7
1964	0.0	0.0	0.0	3.5	30.2	42.4	13.5	97.1	128.2	13.5	0.0	29.9	358.3
1965	4.0	14.5	0.5	0.0	9.7	16.2	4.9	42.5	54.5	0.5	0.5	27.7	175.5
1966	0.0	0.7	0.0	21.0	10.5	50.8	13.7	125.2	57.9	16.5	11.5	0.0	307.8
1967	0.4	1.0	2.0	0.0	0.0	94.7	28.3	51.2	76.9	5.9	1.7	4.9	267.0
1968	4.1	17.1	7.3	42.5	0.6	19.7	250.7	183.1	89.9	8.0	1.4	13.0	637.4
1969	1.5	3.3	0.0	0.0	1.5	7.3	75.8	43.8	38.8	38.2	1.2	5.2	216.6
1970	1.0	14.1	8.0	6.9	2.3	62.0	53.5	24.5	134.0	1.0	0.0	1.7	309.0
1971	0.0	0.0	0.0	3.0	24.0	19.7	31.5	93.2	30.7	97.5	0.0	8.4	308.0
1972	7.0	0.0	1.5	0.0	33.5	32.3	20.1	107.8	164.0	8.0	27.0	0.0	401.2
1973	3.0	28.0	0.0	0.9	9.0	0.0	172.0	137.9	5.7	5.0	0.0	0.0	361.5
1974	0.0	0.0	3.0	2.0	2.0	0.0	88.0	82.0	196.5	16.0	13.0	18.0	420.5
1975	2.7	7.0	0.0	0.0	0.0	5.5	135.2	23.3	39.5	6.0	0.0	3.0	222.2
1976	1.0	0.0	0.0	0.0	28.5	34.0	145.4	57.5	82.0	16.0	10.4	19.1	394.9
1977	6.0	0.0	0.0	4.0	3.0	88.1	88.0	27.5	35.5	67.2	0.0	0.0	319.3
1978	3.3	0.0	2.3	1.9	4.2	50.6	56.8	138.2	167.3	40.0	0.0	4.2	468.8
1979	13.0	1.0	4.0	10.0	28.0	37.7	24.8	115.2	36.3	0.0	0.8	2.9	273.7
1980	0.0	0.5	1.0	0.2	0.0	16.3	20.5	120.4	194.0	20.5	22.0	1.0	396.4
1981	39.0	5.3	17.8	62.2	5.5	53.4	47.0	79.8	87.9	89.0	0.0	0.0	486.9
1982	15.2	1.9	0.0	11.4	0.0	23.4	43.6	39.5	7.1	0.4	1.7	44.2	188.4
1983	3.8	0.0	30.0	1.3	8.0	26.5	9.7	74.4	64.0	30.0	31.0	0.0	278.7
1984	21.0	0.8	0.0	0.0	7.0	66.5	55.0	61.6	47.0	11.0	6.0	39.5	315.4
1985	28.5	9.3	5.0	8.2	0.7	54.5	123.8	29.5	68.5	14.0	1.5	0.0	343.5
1986	4.3	6.0	8.3	3.5	18.0	57.8	172.7	65.0	63.5	37.5	8.0	25.5	470.1
1987	0.0	1.0	0.0	62.5	50.0	30.0	114.5	76.5	62.3	6.0	0.0	0.0	402.8
1988	0.0	0.0	0.0	6.7	4.5	26.9	79.0	87.8	8.5	17.0	0.0	0.0	230.4
1989	6.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.5	74.0	5.0	7.0	0.0	10.0	154.5
1990	0.0	7.0	0.0	0.0	2.7	1.0	89.1	178.6	139.5	73.5	3.2	3.0	497.6
1991	10.5	4.0	0.0	0.0	0.0	6.5	111.5	41.5	54.5	0.0	21.5	33.7	283.7
1992	63.8	16.7	4.0	10.2	60.6	13.3	65.2	42.5	39.4	22.6	2.8	4.5	345.6
1993	10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	41.0	42.9	31.5	37.4	7.7	7.0	1.5	179.5
1994	1.5	3.5	11.0	6.0	3.0	5.0	20.2	34.6	11.6	13.0	0.0	37.0	146.4
1995	0.0	9.8	2.0	0.0	0.0	44.1	16.4	17.7	75.2	1.5	3.0	0.0	169.7
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.8	53.5	82.6	57.3	7.8	19.5	0.0	309.5
1997	3.7	4.0	4.0	12.0	24.6	33.0	42.8	62.8	28.5	5.0	6.0	7.5	233.9
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	47.5	99.5	7.0	73.0	16.0	0.0	251.5
1999	0.0	0.0	7.5	0.0	2.5	21.5	58.0	47.0	30.0	0.0	0.0	0.0	166.5
2000	0.0	0.0	0.0	6.0	8.0	130.5	28.0	21.0	7.5	69.0	23.0	0.0	293.0
2001	5.0	0.5	2.0	2.0	18.5	1.7	74.9	43.5	5.0				153.1
PROM	7.5	3.3	2.4	6.5	9.2	30.4	64.7	67.1	56.6	22.5	6.4	8.6	282.57

## COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

**ESTACION:** Las Burras  
**CORRIENTE:** Río Conchos  
**CUENCA:** Río Bravo

**CLAVE:** 24226  
**REGION:** 24 Bravo  
**ESTADO:** Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1970	2.5	13.4	15.5	0.5	2.0	18.1	37.5	38.7	130.2	45.0	0.0	3.0	306.4
1971	0.0	0.0	0.0	8.1	12.9	20.0	58.9	69.1	48.3	133.2	0.0	8.1	358.6
1972	3.3	0.0	0.0	0.0	45.0	18.1	177.1	83.3	80.4	8.6	23.2	0.3	439.3
1973	5.4	40.1	1.3	2.8	14.2	5.6	122.0	118.2	3.6	4.8	0.0	0.0	318.0
1974	0.0	0.0	5.1	2.8	3.8	0.5	72.6	87.5	246.6	21.6	16.1	15.9	472.5
1975	5.7	6.3	0.4	0.0	1.7	7.1	82.3	36.0	67.5	1.4	0.0	4.5	212.9
1976	2.8	0.0	0.0	1.5	36.9	56.6	107.6	83.8	83.5	9.5	19.3	19.7	421.2
1977	4.7	0.0	0.0	2.2	5.7	66.2	114.8	33.6	8.4	54.0	0.5	0.0	290.1
1978	4.4	0.7	0.2	0.8	11.2	14.1	68.9	98.4	145.4	67.0	10.5	9.0	430.6
1979	6.0	3.5	2.6	4.1	47.4	62.5	58.1	61.5	38.3	0.0	3.8	3.9	291.7
1980	2.0	1.3	0.5	0.3	8.0	21.3	37.4	137.1	167.7	8.7	38.1	0.0	422.4
1981	47.2	0.5	12.5	51.5	13.0	71.6	53.8	79.8	46.2	62.2	0.0	0.0	438.3
1982	20.0	9.0	0.0	13.0	0.2	3.6	66.8	45.1	3.2	0.0	1.0	22.8	184.7
1983	7.9	4.3	6.4	3.1	7.1	24.1	15.8	100.2	50.4	23.5	21.9	0.0	264.7
1984	28.0	1.2	0.0	0.0	10.9	166.5	60.4	74.4	19.9	8.6	8.0	32.6	410.5
1985	35.6	19.0	4.0	18.4	10.5	45.5	56.2	26.4	60.3	11.0	2.0	0.0	288.9
1986	6.0	4.0	1.0	0.0	38.0	40.9	65.0	75.5	60.3	52.0	8.5	40.3	391.5
1987	0.0	0.0	0.0	105.3	42.0	27.4	127.9	45.5	95.7	17.1	0.0	0.0	460.9
1988	2.0	0.0	0.0	3.3	3.0	57.0	160.5	47.3	18.8	35.0	0.0	5.0	331.9
1989	5.0	7.0	3.0	0.0	2.0	12.0	63.0	83.0	0.0	25.0	0.0	6.2	206.2
1990	0.0	7.0	0.0	0.0	4.0	18.0	114.0	123.0	170.0	67.5	4.0	1.0	508.5
1991	22.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	214.0	75.2	56.5	1.0	17.0	17.5	414.2
1992	55.0	32.0	2.9	0.0	77.5	4.3	18.0	67.0	13.5	14.0	6.0	0.0	290.2
1993	0.1	0.1	0.0	1.0	9.8	27.0	79.6	61.0	121.3	0.9	1.0	1.0	302.8
1994	4.0	0.0	13.1	1.0	0.0	20.1	14.5	18.0	41.6	9.4	0.0	29.5	151.2
1995	0.0	3.0	0.0	0.0	4.3	33.2	25.3	36.0	27.2	2.5	5.3	2.7	139.5
1996	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.5	23.0	80.0	58.0	0.2	18.0	0.0	219.7
1997	0.4	6.5	7.5	11.5	12.0	15.0	30.5	72.0	15.0	0.0	8.0	13.0	191.4
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	42.0	50.5	10.0	62.1	6.5	0.0	177.1
1999	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	11.0	55.3	25.4	10.0	0.0	0.0	0.0	105.7
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	129.3	61.0	76.5	3.0	44.0	23.5	0.0	348.8
2001	7.0	2.0	0.0	5.5	3.0	0.0	59.0	48.5	6.5				131.5
PROM	8.7	5.4	2.5	7.4	13.7	32.6	73.2	67.4	59.6	25.5	7.8	7.6	310.06

## COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

**ESTACION:** Chuviscar  
**CORRIENTE:** Río Chuviscar  
**CUENCA:** Río Conchos

**CLAVE:** 24331  
**REGION:** 24 Bravo  
**ESTADO:** Chihuahua

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1968					0.2	5.8	184.0	38.0	112.0	5.0	0.1	8.0	353.1
1969	0.3	0.1	0.0	0.1	0.7	0.1	83.1	10.4	47.0	23.0	6.0	7.0	177.8
1970	0.2	33.4	0.1	0.3	0.1	44.0	21.0	59.8	105.5	3.8	0.0	8.0	276.2
1971	0.0	0.1	0.2	0.0	2.8	4.6	67.0	85.0	47.0	96.0	0.0	23.0	325.7
1972	15.0	0.1	0.1	0.0	29.0	102.0	85.7	111.0	86.0	27.0	43.0	0.0	498.9
1973	0.1	31.0	9.0	0.1	14.0	35.0	148.4	78.0	38.5	16.0	0.0	8.0	378.1
1974	0.1	0.1	6.0	44.0	5.0	0.1	68.0	130.5	137.5	4.0	19.0	11.5	425.8
1975	1.0	2.5	0.0	0.0	1.5	1.5	197.0	81.0	90.0	0.1	0.0	15.0	389.6
1976	0.1	0.0	0.0	4.0	27.5	26.0	189.5	4.5	45.0	41.0	28.5	23.0	389.1
1977	9.0	0.0	0.0	2.0	16.5	37.5	47.5	63.0	9.5	4.0	0.1	0.0	189.1
1978	0.1	0.1	0.1	0.1	29.0	6.0	53.0	121.0	170.5	9.5	0.1	0.1	389.6
1979	3.0	0.0	14.0	7.5	41.0	43.0	35.5	100.0	9.0	0.0	2.0	0.1	255.1
1980	0.1	2.0	1.0	0.1	12.5	4.5	17.0	77.5	143.0	52.0	10.0	0.1	319.8
1981	24.0	7.0	7.0	24.5	28.0	33.5	23.0	36.5	37.5	112.5	9.0	9.5	352.0
1982	4.5	8.5	0.0	5.5	3.0	20.0	88.5	25.5	19.5	0.0	14.0	19.0	208.0
1983	19.0	1.0	1.0	0.1	10.0	3.0	10.0	92.0	25.0	18.0	17.0	0.0	196.1
1984	73.5	0.0	0.1	0.0	11.5	196.5	224.0	70.5	8.0	0.1	2.0	25.0	611.2
1985	24.0	7.5	1.5	10.0	2.0	13.0	17.0	20.0	138.5	10.0	0.1	0.0	243.6
1986	11.5	5.5	1.0	13.0	9.5	73.0	61.0	135.0	115.0	52.5	2.0	29.0	508.0
1987	3.0	0.1	0.1	27.0	89.0	36.0	136.5	78.0	115.0	1.0	0.0	0.0	485.7
1988	0.0	0.1	0.1	5.0	0.1	68.5	155.0	73.5	3.0	1.0	0.0	3.0	309.3
1989	0.5	1.1	4.0	0.1	0.0	29.2	47.0	144.6	20.2	4.0	22.2	9.1	282.0
1990	0.0	7.1	0.4	0.0	6.2	1.7	147.8	52.8	82.0	34.3	3.7	2.0	338.0
1991	0.2	13.1	0.0	0.2	4.0	18.5	178.2	187.5	123.6	4.2	5.5	48.9	583.9
1992	69.3	6.3	4.8	3.8	91.0	18.0	24.2	39.5	37.8	5.8	2.5	5.5	308.5
1993	10.8	0.0	0.8	4.5	17.0	48.0	137.0	29.0	155.5	2.5	4.0	0.0	409.1
1994	0.0	0.0	0.0	1.0	37.0	0.0	2.0	26.0	51.0	0.0	0.0	0.0	117.0
1995	0.0	5.0	0.0	0.0	1.5	0.3		79.5	75.5	0.0	13.4	12.5	187.7
1996	19.5	0.0	0.0	0.0	3.5	52.0	74.0	126.0	107.8	27.5	0.5	0.0	410.8
1997	2.0	2.0	16.5	4.0	37.0	11.0	40.0	28.0	25.0	0.0	5.5	22.5	193.5
1998	0.0	1.0	4.0	0.0	inap.	66.0	21.9	76.5	7.0	66.0	21.0	0.0	263.4
1999	0.0	0.0	3.0	0.0	7.0	59.5	116.3	25.0	5.0	0.0	0.0	0.5	216.3
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0	96.5	90.5	90.5	50.0	78.0	39.5	0.0	487.0
2001	9.0	0.0	5.0	31.5	12.0	0.0	87.5						145.0
PROM	9.1	4.1	2.4	5.7	17.9	34.0	87.2	72.6	68.0	21.2	8.2	8.8	330.12

## COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

**ESTACION:** El Granero  
**CORRIENTE:** Río Conchos  
**CUENCA:** Río Bravo

**CLAVE:** 24339  
**REGION:** 24 Bravo  
**ESTADO:** Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	1.9	4.4	1.3	0.1	45.1	5.4	16.0	126.8	25.7	19.1	0.1	1.0	246.9
1958	33.0	8.6	0.1	0.1	9.0	11.7	65.8	44.1	227.5	64.8	0.1	9.0	473.8
1959	0.1	4.0	0.1	37.5	3.1	32.5	22.0	99.9	17.4	7.7	8.8	23.2	256.3
1960	17.9	7.5	0.0	0.1	0.1	4.7	102.0	70.7	4.7	6.3	34.1	20.4	268.5
1961	25.1	4.1	0.1	1.5	1.3	54.5	55.0	50.0	17.1	17.6	3.0	0.1	229.4
1962	1.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	91.6	51.0	62.5	67.5	1.6	8.8	284.3
1963	1.0	0.1	2.0	9.5	14.0	27.5	71.5	81.0	44.5	19.5	10.5	0.1	281.2
1964	2.0	0.1	0.1	0.5	27.2	29.5	12.0	44.0	57.5	13.5	0.1	39.3	225.8
1965	7.0	11.0	0.1	0.1	19.5	9.0	5.0	63.0	33.8	0.0	0.1	32.0	180.6
1966	0.1	0.1	0.5	21.5	26.5	100.5	61.5	56.8	32.7	16.8	0.0	0.0	317.0
1967	0.1	1.4	14.0	0.1	0.1	78.9	38.1	72.6	68.0	2.1	0.2	3.6	279.2
1968	13.5	15.3	18.6	34.9	1.8	6.0	239.9	119.2	122.5	3.7	5.2	8.0	588.6
1969	4.0	5.4	0.0	1.0	6.1	18.5	68.6	20.2	51.3	17.5	3.0	1.0	196.6
1970	0.1	27.5	28.0	12.0	1.2	39.3	15.5	23.0	151.1	7.0	0.0	6.0	310.7
1971	0.1	0.0	0.0	10.5	19.0	27.0	61.0	25.0	14.8	72.0	0.0	11.0	240.4
1972	5.0	0.0	0.1	0.0	36.0	17.5	52.5	116.5	129.5	5.0	25.5	0.1	387.7
1973	0.0	20.5	0.1	3.0	9.2	2.0	93.5	106.0	4.5	3.5	0.0	0.0	242.3
1974	0.1	0.0	1.0	4.5	2.0	0.1	100.5	92.0	113.0	9.0	13.7	16.1	352.0
1975	3.0	6.8	0.0	0.0	0.1	11.0	93.8	22.5	33.0	6.0	0.0	1.5	177.7
1976	2.5	0.0	0.0	0.1	30.0	32.5	102.8	35.4	68.5	15.0	14.0	11.5	312.3
1977	5.0	0.0	0.0	7.0	3.0	45.0	32.5	17.6	10.5	56.7	1.0	0.0	178.3
1978	0.0	0.1	0.3	0.0	12.0	29.5	39.5	64.5	171.0	53.0	0.0	3.0	372.9
1979	0.1	0.5	1.5	20.0	18.0	46.3	39.0	102.5	49.0	0.0	1.0	0.5	278.4
1980	0.1	0.3	0.5	3.0	0.1	24.3	18.0	87.0	189.5	30.0	26.5	1.0	380.3
1981	40.0	2.0	14.2	44.3	0.5	42.5	86.0	95.0	55.0	61.0	0.0	0.1	440.6
1982	17.0	0.1	0.0	17.0	0.2	8.0	35.0	72.0	31.0	0.1	2.0	38.0	220.4
1983	10.2	0.1	17.5	1.0	4.5	1.5	6.5	70.5	43.5	41.5	92.5	0.0	289.3
1984	25.5	1.0	0.0	0.0	17.7	88.0	108.0	69.0	60.5	16.0	9.5	31.0	426.2
1985	28.0	13.0	4.0	46.3	17.5	60.5	95.5	25.5	54.5	23.5	2.0	0.0	370.3
1986	3.0	7.0	2.5	0.1	33.0	25.0	74.0	46.0	98.7	22.0	17.5	33.5	362.3
1987	3.5	1.5	0.1	86.5	54.0	35.0	77.0	91.0	97.0	17.0	0.1	0.1	462.8
1988	1.0	0.1	0.1	9.5	2.0	97.5	87.3	111.5	26.0	20.0	0.0	4.0	359.0
1989	3.5	9.5	1.5	0.1	0.5	10.6	40.1	79.1	1.3	216.9	1.0	12.9	377.0
1990	0.2	5.2	0.2	1.4	7.3	1.1	141.2	144.6	209.2	79.5	4.7	0.8	595.4
1991	10.3	6.4	0.0	0.0	0.2	3.1	140.4	71.2	47.1	0.0	18.5	38.0	335.2
1992	75.9	22.9	2.6	9.4	64.9	8.7	15.2	57.6	32.0	3.5	8.3	5.9	306.9
1993	5.5	2.8	0.2	0.5	2.1	19.4	123.7	90.8	97.5	8.6	1.7	2.4	355.2
1994	0.0	1.5	12.0	2.0	2.5	2.0	8.5	4.5	24.5	9.0	0.0	32.0	98.5
1995	0.5	3.5	1.0	0.0	4.0	49.5	35.5	30.5	55.5	0.5	4.0	0.5	185.0
1996	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	123.5	33.5	95.0	41.0	5.5	18.0	0.0	325.0
1997	4.0	8.0	12.5	17.0	24.5	20.0	54.0	24.0	53.5	13.5	4.5	11.0	246.5
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	14.5	43.0	48.5	84.5	12.5	0.0	205.0
1999	0.0	0.0	6.0	0.0	6.0	34.0	41.0	67.0	10.0	0.0	0.0	0.0	164.0
2000	0.0	0.0	0.0	2.0	7.5	122.5	16.5	28.0	9.5	74.5	19.0	0.0	279.5
2001	7.0	0.0	4.5	1.0	17.0	9.0	51.1	43.8	1.5				134.9
PROM	8.1	4.5	3.3	9.0	12.2	31.5	61.8	65.6	62.2	27.5	8.3	9.3	302.23

## COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Puente FFCC  
CORRIENTE: Río Florido  
CUENCA: Río Conchos

CLAVE: 24280  
REGION: 24 Bravo  
ESTADO: Durango

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1964										8.1	0.0	21.0	29.1
1965	4.0	9.0	0.0	0.0	6.5	31.9	11.1	38.7	104.8	0.0	2.8	10.5	219.3
1966	0.0	1.0	0.0	14.5	7.6	98.6	4.1	73.4	80.0	10.6	0.0	0.0	289.8
1967	0.0	4.7	18.5	0.0	0.0	45.6	40.3	94.5	33.3	19.7	0.0	2.1	258.7
1968	7.0	10.4	3.5	27.7	0.0	0.0	101.5	68.3	15.5	1.0	16.3	0.0	251.2
1969	1.0	0.3	0.0	4.5	0.0	15.0	57.4	9.2	52.9	15.1	7.3	2.7	165.4
1970	0.9	8.5	10.3	0.0	0.0	15.6	57.3	28.4	101.6	26.2	0.0	3.0	251.8
1971	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	6.4	36.3	75.1	62.7	70.5	0.0	3.0	255.0
1972	0.0	0.4	0.0	0.0	21.5	61.9	39.7	189.8	42.4	2.0	10.4	0.0	368.1
1973	3.9	4.8	0.0	0.3	34.9	0.1	233.3	30.6	3.0	0.0	0.0	0.0	310.9
1974	0.0	0.0	5.5	6.9	0.0	0.0	47.2	101.4	198.6	19.3	24.0	5.5	408.4
1975	0.2	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	9.3	9.4	21.5	0.0	0.0	1.0	43.4
1976	0.0	0.0	0.0	0.5	15.0	8.6	83.6	10.8	71.3	0.0	19.5	60.2	269.5
1977	0.0	0.0	0.5	18.0	0.0	77.0	140.3	67.0	24.0	37.0	0.0	0.0	363.8
1978	1.0	2.0	10.0	0.0	64.0	57.4	38.0	195.0	153.0	63.5	10.0	8.0	601.9
1979	5.5	4.0	0.0	3.0	14.7	43.4	24.0	57.4	39.0	0.0	4.6	3.1	198.7
1980	2.0	0.6	0.0	0.3	2.2	14.1	7.5	189.8	122.2	5.0	30.0	1.8	375.5
1981	26.5	0.7	11.6	38.3	28.1	60.4	36.3	118.7	88.7	62.2	0.0	0.0	471.5
1982	35.0	12.0	0.0	8.3	16.9	9.4	45.2	24.8	2.7	0.0	5.5	33.7	193.5
1983	9.2	17.5	7.2	4.0	12.7	17.9	19.8	47.3	26.2	24.4	38.3	0.0	224.5
1984	17.6	0.0	0.0	0.0	48.5	89.4	26.1	110.0	16.5	11.1	16.8	36.3	372.3
1985	29.9	8.5	3.0	11.5	14.6	24.2	63.9	42.4	68.2	70.4	1.4	0.0	338.0
1986	11.0	2.1	0.5	0.0	3.1	152.2	75.0	56.6	44.6	81.2	19.1	38.0	483.4
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	62.5	124.6	59.3	43.0	31.7	0.3	3.5	344.7
1988	1.9	0.0	0.0	19.2	0.0	5.5	99.9	64.0	10.0	21.1	0.0	4.1	225.7
1989	7.8	5.5	2.1	0.0	18.3	13.5	54.0	117.1	2.3	0.0	0.0	0.0	220.6
1990	0.0	5.0	2.5	2.0	7.6	0.0	152.3	140.0	54.0	53.1	3.7	2.9	423.1
1991	14.2	7.6	0.0	0.0	15.1	3.9	264.3	50.3	124.4	0.0	8.8	35.3	523.9
1992	22.7	28.5	0.0	1.9	85.5	7.6	18.6	26.2	45.8	20.0	12.8	1.8	271.4
1993	6.4	0.0	0.0	14.5	0.0	18.8	97.1	66.3	42.0	11.5	0.0	2.0	258.6
1994	9.0	1.3	13.4	1.0	18.3	22.5	20.3	2.7	27.9	3.9	0.5	42.0	162.8
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	95.7	11.4	34.5	68.7	7.5	3.5	5.0	228.3
1996	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	36.4	19.3	161.4	47.0	0.0	13.4	0.0	278.5
1997	1.0	26.0	11.3	12.5	29.4	4.5	102.5	92.5	24.5	8.9	10.5	23.5	347.1
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	37.0	71.0	6.5	76.5	4.1	1.0	210.1
1999	0.0	0.0	4.0	1.5	6.5	2.5	116.5	62.0	6.5	0.0	0.0	6.6	206.1
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	97.5	54.5	63.5	0.5	110.0	35.5	4.0	367.5
2001	4.5	3.5	6.5	35.5	7.0	10.5	61.5	61.0	0.7				190.7
PROM	6.0	4.5	3.0	6.2	13.6	33.1	65.7	73.3	50.7	23.6	8.1	9.8	289.55

## COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA DATOS DE PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION: Llanitos  
CORRIENTE: Río Balleza  
CUENCA: Río Conchos

CLAVE: 24400  
REGION: 24 Bravo  
ESTADO: Chihuahua

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1957	1.0	6.0	1.0	0.0	44.5	8.0	58.6	32.5	3.0	46.5	0.0	0.0	201.1
1958	24.0	2.0	0.0	0.0	20.5	17.0	46.0	34.2	176.5	109.0	55.0	35.0	519.2
1959	45.0	10.0	0.0	16.0	38.0	19.0	47.0	116.0	11.0	4.0	2.0	14.6	322.6
1960	14.0	3.0	0.0	0.0	0.0	9.0	105.0	117.0	23.0	27.0	20.0	16.0	334.0
1961	33.0	2.0	0.0	4.0	6.0	48.0	119.0	52.0	52.0	34.0	0.1	0.0	350.1
1962	3.0	0.0	0.1	0.0	0.1	3.0	149.0	32.0	64.0	46.0	0.5	0.0	297.7
1963	1.0	2.0	0.1	18.5	17.0	34.0	9.0	105.0	68.0	10.0	1.0	0.0	265.6
1964	0.1	0.1	1.5	0.1	34.3	98.6	31.3	52.0	70.2	3.0	0.1	13.5	304.8
1965	2.0	7.6	0.1	0.1	10.8	34.3	35.6	50.5	78.8	0.0	1.0	27.7	248.5
1966	0.1	1.3	0.1	14.4	29.8	55.0	20.6	95.6	156.0	16.3	16.4	0.0	405.6
1967	1.0	4.9	20.2	0.1	2.8	140.4	10.9	78.9	136.8	19.5	0.1	12.0	427.6
1968	11.9	28.0	30.0	33.0	5.0	11.1	238.8	106.8	67.3	28.2	0.1	14.0	574.2
1969	2.0	15.0	0.0	1.0	0.1	16.5	74.5	14.6	42.5	12.5	7.8	6.0	192.5
1970	3.0	25.6	5.0	0.1	0.1	33.0	28.8	49.0	144.0	1.0	0.1	0.1	289.8
1971	0.1	0.1	0.0	1.0	15.0	58.7	66.0	70.5	37.5	68.5	0.0	11.0	328.4
1972	14.5	0.1	0.1	0.0	15.5	64.5	57.4	81.0	78.5	11.5	47.0	1.0	371.1
1973	0.1	52.5	0.1	4.0	26.2	17.0	91.7	156.0	4.0	1.0	0.0	8.0	360.6
1974	0.1	0.0	10.5	4.0	1.0	1.0	88.6	140.5	116.7	0.1	16.0	16.0	394.5
1975	3.0	8.0	0.1	0.1	0.1	17.5	122.2	56.1	17.5	4.0	0.0	3.0	231.6
1976	0.1	0.0	0.0	1.0	32.0	36.0	173.0	16.5	130.0	37.0	25.0	10.0	460.6
1977	2.0	0.0	0.0	2.0	6.0	56.2	125.5	30.0	2.0	56.0	0.0	0.1	279.8
1978	5.0	0.1	0.1	1.0	9.0	42.0	71.0	152.0	257.0	44.5	0.1	3.0	584.8
1979	16.0	4.0	11.0	10.0	29.5	71.5	40.0	117.0	35.5	0.0	6.0	2.0	342.5
1980	0.1	0.1	1.0	0.1	2.0	2.0	36.0	112.0	264.5	32.0	25.5	3.0	478.3
1981	48.5	9.0	2.5	28.0	33.0	91.3	64.5	83.8	77.4	83.6	0.0	6.4	528.0
1982	21.5	1.4	0.1	8.0	0.1	23.0	114.5	29.3	19.9	0.1	15.3	17.9	251.1
1983	13.4	0.1	9.1	0.1	12.5	2.0	15.8	110.8	47.9	19.7	26.3	0.1	257.8
1984	47.2	0.1	0.1	0.0	10.4	112.2	103.6	73.9	32.5	21.0	3.0	33.0	437.0
1985	43.5	11.9	2.0	21.2	14.5	37.0	74.2	55.5	104.1	4.4	5.0	0.0	373.3
1986	6.5	7.0	2.0	2.5	15.0	63.4	76.0	89.5	32.5	40.5	7.0	28.5	370.4
1987	4.5	0.1	0.1	58.2	56.0	37.5	125.5	181.7	40.8	2.0	1.0	1.5	508.9
1988	0.1	0.1	0.1	6.5	0.1	59.0	100.0	96.9	46.8	27.5	0.0	3.0	340.1
1989	0.7	5.0	10.0	0.1	0.6	9.1	33.9	128.2	16.4	36.7	7.9	14.6	263.2
1990	0.4	2.5	2.3	0.4	5.2	17.9	130.4	120.1	119.8	32.8	5.6	5.5	442.9
1991	3.3	11.4	0.1	0.2	6.3	11.4	283.1	75.7	88.7	2.2	20.1	49.5	552.0
1992	62.0	7.4	2.4	4.5	63.2	9.0	41.5	70.0	45.6	2.1	6.7	1.0	315.4
1993	4.5	4.0	0.0	0.0	3.9	42.0	88.0	53.9	107.0	12.0	5.8	0.0	321.1
1994	0.0	0.0	15.5	1.5	6.0	33.0	24.5	18.0	31.5	18.0	2.0	33.0	183.0
1995	0.0	16.0	0.0	3.0	5.0	21.0	35.0	41.0	60.5	40.0	7.7	5.0	234.2
1996	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	87.0	42.6	72.0	40.7	8.0	15.5	0.0	275.8
1997	4.5	2.5	26.0	7.0	33.0	14.5	103.4	36.5	42.0	0.0	4.5	7.5	281.4
1998	0.0	0.0	inap.	0.0	0.0	3.5	44.0	42.5	23.2	47.5	29.5	0.0	190.2
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	13.5	24.0	93.5	79.0	4.0	0.0	0.0	0.0	214.0
2000	0.0	0.0	0.0	0.5	22.5	56.0	34.0	40.0	13.0	44.7	14.0	0.0	224.7
2001	1.0	0.0	6.0	5.0	27.5	4.5	63.0	70.0	7.0				184.0
PROM	10.1	5.6	3.6	5.7	15.0	36.7	78.6	76.4	67.5	24.0	9.1	9.1	340.31

**ANEXO C:**  
Cálculo de los  
coeficientes  
para la ecuación de déficit

CÁLCULO DE LOS EXPONENTES  
DE LA FÓRMULA

$$D = (A^\alpha)(Lcp^\beta)(HScp^\lambda)(N^\delta)(PMA^\epsilon)(Tt^\psi)(C)$$

PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

Identificación de los exponentes adimensionales

$\alpha$  = Relacionado con el área de aportación de la cuenca

$\beta$  = Relacionado con la longitud del cauce principal

$\lambda$  = Relacionado con la pendiente del cauce principal

$\delta$  = Relacionado con el número de curva

$\epsilon$  = Relacionado con la precipitación media anual

$\psi$  = Relacionado con periodo de retorno

C = Constante

VALORES FISIOGRAFICOS Y DÉFICIT HÍDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

TR_002 =	67128	871	0.0019	22.054	263.06	2	DEF_002 =	324.88
	333	31	0.0091	22.054	488.19	2		13.51
	7770	214	0.0055	22.054	343.72	2		106.26
	9557	215	0.0060	22.054	299.99	2		198.06
	10059	248	0.0049	22.054	282.57	2		137.66
	55377	595	0.0016	22.054	310.06	2		128.81
	854	55	0.0144	22.054	330.12	2		3.38
	57819	679	0.0016	22.054	302.23	2		253.04
	1162	63	0.0096	22.054	289.55	2		143.09
	1581	88	0.0100	22.054	340.31	2		68.91

VALORES FISIOGRAFICOS Y DÉFICIT HÍDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

TR_005 =	67128	871	0.0019	22.054	263.06	5	DEF_005 =	512.10
	333	31	0.0091	22.054	488.19	5		15.42
	7770	214	0.0055	22.054	343.72	5		122.16
	9557	215	0.0060	22.054	299.99	5		230.39
	10059	248	0.0049	22.054	282.57	5		187.91
	55377	595	0.0016	22.054	310.06	5		352.45
	854	55	0.0144	22.054	330.12	5		4.23
	57819	679	0.0016	22.054	302.23	5		464.10
	1162	63	0.0096	22.054	289.55	5		160.62
	1581	88	0.0100	22.054	340.31	5		89.40

VALORES FISIÓGRAFICOS Y DEFICIT HIDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

TR <sub>010</sub> :=	67128 871 0.0019 22.054 263.06 10 333 31 0.0091 22.054 488.19 10 7770 214 0.0055 22.054 343.72 10 9557 215 0.0060 22.054 299.99 10 10059 248 0.0049 22.054 282.57 10 55377 595 0.0016 22.054 310.06 10 854 55 0.0144 22.054 330.12 10 57819 679 0.0016 22.054 302.23 10 1162 63 0.0096 22.054 289.55 10 1581 88 0.0100 22.054 340.31 10	DEF <sub>010</sub> :=	632.99 16.56 129.88 246.24 218.74 589.76 4.50 628.28 169.24 98.90
----------------------	--	-----------------------	--

VALORES FISIÓGRAFICOS Y DEFICIT HIDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

TR <sub>020</sub> :=	67128 871 0.0019 22.054 263.06 20 333 31 0.0091 22.054 488.19 20 7770 214 0.0055 22.054 343.72 20 9557 215 0.0060 22.054 299.99 20 10059 248 0.0049 22.054 282.57 20 55377 595 0.0016 22.054 310.06 20 854 55 0.0144 22.054 330.12 20 57819 679 0.0016 22.054 302.23 20 1162 63 0.0096 22.054 289.55 20 1581 88 0.0100 22.054 340.31 20	DEF <sub>020</sub> :=	778.28 17.88 137.55 262.05 255.23 1013.58 4.68 859.43 177.92 107.63
----------------------	--	-----------------------	--

VALORES FISIÓGRAFICOS Y DEFICIT HIDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

TR <sub>050</sub> :=	67128 871 0.0019 22.054 263.06 50 333 31 0.0091 22.054 488.19 50 7770 214 0.0055 22.054 343.72 50 9557 215 0.0060 22.054 299.99 50 10059 248 0.0049 22.054 282.57 50 55377 595 0.0016 22.054 310.06 50 854 55 0.0144 22.054 330.12 50 57819 679 0.0016 22.054 302.23 50 1162 63 0.0096 22.054 289.55 50 1581 88 0.0100 22.054 340.31 50	DEF <sub>050</sub> :=	880.70 18.79 142.16 271.58 280.87 1430.92 4.74 1046.29 183.20 112.43
----------------------	--	-----------------------	---

VALORES FISIÓGRAFICOS Y DEFICIT HIDRICO RELACIONADO A UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

TR <sub>100</sub> :=	67128 871 0.0019 22.054 263.06 100 333 31 0.0091 22.054 488.19 100 7770 214 0.0055 22.054 343.72 100 9557 215 0.0060 22.054 299.99 100 10059 248 0.0049 22.054 282.57 100 55377 595 0.0016 22.054 310.06 100 854 55 0.0144 22.054 330.12 100 57819 679 0.0016 22.054 302.23 100 1162 63 0.0096 22.054 289.55 100 1581 88 0.0100 22.054 340.31 100	DEF <sub>100</sub> :=	978.00 19.67 146.06 279.67 305.16 1943.11 4.78 1243.87 187.73 116.13
----------------------	--	-----------------------	---

**Numero de estaciones hidrométricas analizadas**

n = 10

**Logaritmos de los valores  
para un periodo de retorno de 2 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$Lcp_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$Scp_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{002}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{002} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{002}, 0, 9, 0, 0))$

**Logaritmos de los valores  
para un periodo de retorno de 5 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$Lcp_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$Scp_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{005}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{005} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{005}, 0, 9, 0, 0))$

**Logaritmos de los valores  
 para un periodo de retorno de 10 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$L_{cp\_010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$S_{cp\_010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{010} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{010}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{010} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{010}, 0, 9, 0, 0))$

**Logaritmos de los valores  
 para un periodo de retorno de 20 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$L_{cp\_020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$S_{cp\_020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{020} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{020}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{020} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{020}, 0, 9, 0, 0))$

**Logaritmos de los valores  
para un periodo de retorno de 50 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$L_{cp\_050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$Scp_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{050}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{050} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{050}, 0, 9, 0, 0))$

**Logaritmos de los valores  
para un periodo de retorno de 100 años**

Área de aportación de la cuenca	$A_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 0, 0))$
Longitud del cauce principal	$L_{cp\_100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 1, 1))$
Pendiente del cauce principal	$Scp_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 2, 2))$
Número de curva	$N_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 3, 3))$
Precipitación media anual	$PMA_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 4, 4))$
Periodo de retorno	$Tr_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{TR}_{100}, 0, 9, 5, 5))$
Déficit hídrico para el periodo de retorno	$Def_{100} := \log(\text{submatrix}(\text{DEF}_{100}, 0, 9, 0, 0))$

ARREGLO MATRICIAL  
 PERIODO DE RETORNO  
 2 AÑOS

$$M_{002} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{002} & \sum Lcp_{002} & \sum Scp_{002} & \sum N_{002} & \sum PMA_{002} & \sum Tr_{002} \\ \sum A_{002} & A_{002} \cdot A_{002} & A_{002} \cdot Lcp_{002} & A_{002} \cdot Scp_{002} & A_{002} \cdot N_{002} & A_{002} \cdot PMA_{002} & A_{002} \cdot Tr_{002} \\ \sum Lcp_{002} & Lcp_{002} \cdot A_{002} & Lcp_{002} \cdot Lcp_{002} & Lcp_{002} \cdot Scp_{002} & Lcp_{002} \cdot N_{002} & Lcp_{002} \cdot PMA_{002} & Lcp_{002} \cdot Tr_{002} \\ \sum Scp_{002} & Scp_{002} \cdot A_{002} & Scp_{002} \cdot Lcp_{002} & Scp_{002} \cdot Scp_{002} & Scp_{002} \cdot N_{002} & Scp_{002} \cdot PMA_{002} & Scp_{002} \cdot Tr_{002} \\ \sum N_{002} & N_{002} \cdot A_{002} & N_{002} \cdot Lcp_{002} & N_{002} \cdot Scp_{002} & N_{002} \cdot N_{002} & N_{002} \cdot PMA_{002} & N_{002} \cdot Tr_{002} \\ \sum PMA_{002} & PMA_{002} \cdot A_{002} & PMA_{002} \cdot Lcp_{002} & PMA_{002} \cdot Scp_{002} & PMA_{002} \cdot N_{002} & PMA_{002} \cdot PMA_{002} & PMA_{002} \cdot Tr_{002} \\ \sum Tr_{002} & Tr_{002} \cdot A_{002} & Tr_{002} \cdot Lcp_{002} & Tr_{002} \cdot Scp_{002} & Tr_{002} \cdot N_{002} & Tr_{002} \cdot PMA_{002} & Tr_{002} \cdot Tr_{002} \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_{002}} = \begin{pmatrix} \sum Def_{002} \\ A_{002} \cdot Def_{002} \\ Lcp_{002} \cdot Def_{002} \\ Scp_{002} \cdot Def_{002} \\ N_{002} \cdot Def_{002} \\ PMA_{002} \cdot Def_{002} \\ Tr_{002} \cdot Def_{002} \end{pmatrix}$$

ARREGLO MATRICIAL  
 PERIODO DE RETORNO  
 5 AÑOS

$$M_{005} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{005} & \sum Lcp_{005} & \sum Scp_{005} & \sum N_{005} & \sum PMA_{005} & \sum Tr_{005} \\ \sum A_{005} & A_{005} \cdot A_{005} & A_{005} \cdot Lcp_{005} & A_{005} \cdot Scp_{005} & A_{005} \cdot N_{005} & A_{005} \cdot PMA_{005} & A_{005} \cdot Tr_{005} \\ \sum Lcp_{005} & Lcp_{005} \cdot A_{005} & Lcp_{005} \cdot Lcp_{005} & Lcp_{005} \cdot Scp_{005} & Lcp_{005} \cdot N_{005} & Lcp_{005} \cdot PMA_{005} & Lcp_{005} \cdot Tr_{005} \\ \sum Scp_{005} & Scp_{005} \cdot A_{005} & Scp_{005} \cdot Lcp_{005} & Scp_{005} \cdot Scp_{005} & Scp_{005} \cdot N_{005} & Scp_{005} \cdot PMA_{005} & Scp_{005} \cdot Tr_{005} \\ \sum N_{005} & N_{005} \cdot A_{005} & N_{005} \cdot Lcp_{005} & N_{005} \cdot Scp_{005} & N_{005} \cdot N_{005} & N_{005} \cdot PMA_{005} & N_{005} \cdot Tr_{005} \\ \sum PMA_{005} & PMA_{005} \cdot A_{005} & PMA_{005} \cdot Lcp_{005} & PMA_{005} \cdot Scp_{005} & PMA_{005} \cdot N_{005} & PMA_{005} \cdot PMA_{005} & PMA_{005} \cdot Tr_{005} \\ \sum Tr_{005} & Tr_{005} \cdot A_{005} & Tr_{005} \cdot Lcp_{005} & Tr_{005} \cdot Scp_{005} & Tr_{005} \cdot N_{005} & Tr_{005} \cdot PMA_{005} & Tr_{005} \cdot Tr_{005} \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_{005}} = \begin{pmatrix} \sum Def_{005} \\ A_{005} \cdot Def_{005} \\ Lcp_{005} \cdot Def_{005} \\ Scp_{005} \cdot Def_{005} \\ N_{005} \cdot Def_{005} \\ PMA_{005} \cdot Def_{005} \\ Tr_{005} \cdot Def_{005} \end{pmatrix}$$

ARREGLO MATRICIAL  
 PERIODO DE RETORNO  
 10 AÑOS

$$M_{010} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{010} & \sum Lcp_{010} & \sum Scp_{010} & \sum N_{010} & \sum PMA_{010} & \sum Tr_{010} \\ \sum A_{010} & A_{010} A_{010} & A_{010} Lcp_{010} & A_{010} Scp_{010} & A_{010} N_{010} & A_{010} PMA_{010} & A_{010} Tr_{010} \\ \sum Lcp_{010} & Lcp_{010} A_{010} & Lcp_{010} Lcp_{010} & Lcp_{010} Scp_{010} & Lcp_{010} N_{010} & Lcp_{010} PMA_{010} & Lcp_{010} Tr_{010} \\ \sum Scp_{010} & Scp_{010} A_{010} & Scp_{010} Lcp_{010} & Scp_{010} Scp_{010} & Scp_{010} N_{010} & Scp_{010} PMA_{010} & Scp_{010} Tr_{010} \\ \sum N_{010} & N_{010} A_{010} & N_{010} Lcp_{010} & N_{010} Scp_{010} & N_{010} N_{010} & N_{010} PMA_{010} & N_{010} Tr_{010} \\ \sum PMA_{010} & PMA_{010} A_{010} & PMA_{010} Lcp_{010} & PMA_{010} Scp_{010} & PMA_{010} N_{010} & PMA_{010} PMA_{010} & PMA_{010} Tr_{010} \\ \sum Tr_{010} & Tr_{010} A_{010} & Tr_{010} Lcp_{010} & Tr_{010} Scp_{010} & Tr_{010} N_{010} & Tr_{010} PMA_{010} & Tr_{010} Tr_{010} \end{pmatrix}$$

$$Vtr_{010} = \begin{pmatrix} \sum Def_{010} \\ A_{010} Def_{010} \\ Lcp_{010} Def_{010} \\ Scp_{010} Def_{010} \\ N_{010} Def_{010} \\ PMA_{010} Def_{010} \\ Tr_{010} Def_{010} \end{pmatrix}$$

ARREGLO MATRICIAL  
 PERIODO DE RETORNO  
 20 AÑOS

$$M_{020} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{020} & \sum Lcp_{020} & \sum Scp_{020} & \sum N_{020} & \sum PMA_{020} & \sum Tr_{020} \\ \sum A_{020} & A_{020} A_{020} & A_{020} Lcp_{020} & A_{020} Scp_{020} & A_{020} N_{020} & A_{020} PMA_{020} & A_{020} Tr_{020} \\ \sum Lcp_{020} & Lcp_{020} A_{020} & Lcp_{020} Lcp_{020} & Lcp_{020} Scp_{020} & Lcp_{020} N_{020} & Lcp_{020} PMA_{020} & Lcp_{020} Tr_{020} \\ \sum Scp_{020} & Scp_{020} A_{020} & Scp_{020} Lcp_{020} & Scp_{020} Scp_{020} & Scp_{020} N_{020} & Scp_{020} PMA_{020} & Scp_{020} Tr_{020} \\ \sum N_{020} & N_{020} A_{020} & N_{020} Lcp_{020} & N_{020} Scp_{020} & N_{020} N_{020} & N_{020} PMA_{020} & N_{020} Tr_{020} \\ \sum PMA_{020} & PMA_{020} A_{020} & PMA_{020} Lcp_{020} & PMA_{020} Scp_{020} & PMA_{020} N_{020} & PMA_{020} PMA_{020} & PMA_{020} Tr_{020} \\ \sum Tr_{020} & Tr_{020} A_{020} & Tr_{020} Lcp_{020} & Tr_{020} Scp_{020} & Tr_{020} N_{020} & Tr_{020} PMA_{020} & Tr_{020} Tr_{020} \end{pmatrix}$$

$$Vtr_{020} = \begin{pmatrix} \sum Def_{020} \\ A_{020} Def_{020} \\ Lcp_{020} Def_{020} \\ Scp_{020} Def_{020} \\ N_{020} Def_{020} \\ PMA_{020} Def_{020} \\ Tr_{020} Def_{020} \end{pmatrix}$$

ARREGLO MATRICIAL  
 PERIODO DE RETORNO  
 50 AÑOS

$$M_{0.50} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{0.50} & \sum Lcp_{0.50} & \sum Scp_{0.50} & \sum N_{0.50} & \sum PMA_{0.50} & \sum Tr_{0.50} \\ \sum A_{0.50} & A_{0.50} A_{0.50} & A_{0.50} Lcp_{0.50} & A_{0.50} Scp_{0.50} & A_{0.50} N_{0.50} & A_{0.50} PMA_{0.50} & A_{0.50} Tr_{0.50} \\ \sum Lcp_{0.50} & Lcp_{0.50} A_{0.50} & Lcp_{0.50} Lcp_{0.50} & Lcp_{0.50} Scp_{0.50} & Lcp_{0.50} N_{0.50} & Lcp_{0.50} PMA_{0.50} & Lcp_{0.50} Tr_{0.50} \\ \sum Scp_{0.50} & Scp_{0.50} A_{0.50} & Scp_{0.50} Lcp_{0.50} & Scp_{0.50} Scp_{0.50} & Scp_{0.50} N_{0.50} & Scp_{0.50} PMA_{0.50} & Scp_{0.50} Tr_{0.50} \\ \sum N_{0.50} & N_{0.50} A_{0.50} & N_{0.50} Lcp_{0.50} & N_{0.50} Scp_{0.50} & N_{0.50} N_{0.50} & N_{0.50} PMA_{0.50} & N_{0.50} Tr_{0.50} \\ \sum PMA_{0.50} & PMA_{0.50} A_{0.50} & PMA_{0.50} Lcp_{0.50} & PMA_{0.50} Scp_{0.50} & PMA_{0.50} N_{0.50} & PMA_{0.50} PMA_{0.50} & PMA_{0.50} Tr_{0.50} \\ \sum Tr_{0.50} & Tr_{0.50} A_{0.50} & Tr_{0.50} Lcp_{0.50} & Tr_{0.50} Scp_{0.50} & Tr_{0.50} N_{0.50} & Tr_{0.50} PMA_{0.50} & Tr_{0.50} Tr_{0.50} \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_{0.50}} = \begin{pmatrix} \sum Def_{0.50} \\ A_{0.50} Def_{0.50} \\ Lcp_{0.50} Def_{0.50} \\ Scp_{0.50} Def_{0.50} \\ N_{0.50} Def_{0.50} \\ PMA_{0.50} Def_{0.50} \\ Tr_{0.50} Def_{0.50} \end{pmatrix}$$

ARREGLO MATRICIAL  
 PERIODO DE RETORNO  
 100 AÑOS

$$M_{1.00} = \begin{pmatrix} n & \sum A_{1.00} & \sum Lcp_{1.00} & \sum Scp_{1.00} & \sum N_{1.00} & \sum PMA_{1.00} & \sum Tr_{1.00} \\ \sum A_{1.00} & A_{1.00} A_{1.00} & A_{1.00} Lcp_{1.00} & A_{1.00} Scp_{1.00} & A_{1.00} N_{1.00} & A_{1.00} PMA_{1.00} & A_{1.00} Tr_{1.00} \\ \sum Lcp_{1.00} & Lcp_{1.00} A_{1.00} & Lcp_{1.00} Lcp_{1.00} & Lcp_{1.00} Scp_{1.00} & Lcp_{1.00} N_{1.00} & Lcp_{1.00} PMA_{1.00} & Lcp_{1.00} Tr_{1.00} \\ \sum Scp_{1.00} & Scp_{1.00} A_{1.00} & Scp_{1.00} Lcp_{1.00} & Scp_{1.00} Scp_{1.00} & Scp_{1.00} N_{1.00} & Scp_{1.00} PMA_{1.00} & Scp_{1.00} Tr_{1.00} \\ \sum N_{1.00} & N_{1.00} A_{1.00} & N_{1.00} Lcp_{1.00} & N_{1.00} Scp_{1.00} & N_{1.00} N_{1.00} & N_{1.00} PMA_{1.00} & N_{1.00} Tr_{1.00} \\ \sum PMA_{1.00} & PMA_{1.00} A_{1.00} & PMA_{1.00} Lcp_{1.00} & PMA_{1.00} Scp_{1.00} & PMA_{1.00} N_{1.00} & PMA_{1.00} PMA_{1.00} & PMA_{1.00} Tr_{1.00} \\ \sum Tr_{1.00} & Tr_{1.00} A_{1.00} & Tr_{1.00} Lcp_{1.00} & Tr_{1.00} Scp_{1.00} & Tr_{1.00} N_{1.00} & Tr_{1.00} PMA_{1.00} & Tr_{1.00} Tr_{1.00} \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_{1.00}} = \begin{pmatrix} \sum Def_{1.00} \\ A_{1.00} Def_{1.00} \\ Lcp_{1.00} Def_{1.00} \\ Scp_{1.00} Def_{1.00} \\ N_{1.00} Def_{1.00} \\ PMA_{1.00} Def_{1.00} \\ Tr_{1.00} Def_{1.00} \end{pmatrix}$$

**DEFINICIÓN DE LAS MATRICES  
 TR = 2 AÑOS**

$$M_{002} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 3.01 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 11.416 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 6.797 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -6.925 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 4.044 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 7.543 \\ 3.01 & 11.416 & 6.797 & -6.925 & 4.044 & 7.543 & 0.906 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr\_002} = \begin{pmatrix} 19.14 \\ 76.053 \\ 45.305 \\ -45.383 \\ 25.715 \\ 47.7 \\ 5.762 \end{pmatrix}$$

**DEFINICIÓN DE LAS MATRICES  
 TR = 5 AÑOS**

$$M_{005} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 6.99 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 26.507 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 15.782 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -16.08 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 9.391 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 17.514 \\ 6.99 & 26.507 & 15.782 & -16.08 & 9.391 & 17.514 & 4.886 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr\_005} = \begin{pmatrix} 20.618 \\ 82.319 \\ 49.028 \\ -49.099 \\ 27.7 \\ 51.378 \\ 14.411 \end{pmatrix}$$

**DEFINICIÓN DE LAS MATRICES  
 TR = 10 AÑOS**

$$M_{010} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 10 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 37.924 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 22.579 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -23.005 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 13.435 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 25.057 \\ 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 10 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr\_010} = \begin{pmatrix} 21.311 \\ 85.299 \\ 50.798 \\ -50.865 \\ 28.631 \\ 53.103 \\ 21.311 \end{pmatrix}$$

DEFINICIÓN DE LAS MATRICES  
TR = 20 AÑOS

$$M_{020} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 13.01 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 49.34 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 29.376 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -29.93 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 17.479 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 32.6 \\ 13.01 & 49.34 & 29.376 & -29.93 & 17.479 & 32.6 & 16.927 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_{020}} = \begin{pmatrix} 22 \\ 88.287 \\ 52.571 \\ -52.635 \\ 29.556 \\ 54.817 \\ 28.622 \end{pmatrix}$$

DEFINICIÓN DE LAS MATRICES  
TR = 50 AÑOS

$$M_{050} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 16.99 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 64.431 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 38.361 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -39.084 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 22.825 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 42.571 \\ 16.99 & 64.431 & 38.361 & -39.084 & 22.825 & 42.571 & 28.865 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_{050}} = \begin{pmatrix} 22.419 \\ 90.117 \\ 53.657 \\ -53.719 \\ 30.119 \\ 55.859 \\ 38.089 \end{pmatrix}$$

DEFINICIÓN DE LAS MATRICES  
TR = 100 AÑOS

$$M_{100} = \begin{pmatrix} 10 & 37.924 & 22.579 & -23.005 & 13.435 & 25.057 & 20 \\ 37.924 & 150.059 & 89.371 & -89.72 & 50.95 & 94.658 & 75.847 \\ 22.579 & 89.371 & 53.237 & -53.423 & 30.335 & 56.354 & 45.159 \\ -23.005 & -89.72 & -53.423 & 54.045 & -30.906 & -57.539 & -46.009 \\ 13.435 & 50.95 & 30.335 & -30.906 & 18.05 & 33.664 & 26.87 \\ 25.057 & 94.658 & 56.354 & -57.539 & 33.664 & 62.835 & 50.114 \\ 20 & 75.847 & 45.159 & -46.009 & 26.87 & 50.114 & 40 \end{pmatrix}$$

$$V_{tr_{100}} = \begin{pmatrix} 22.781 \\ 91.704 \\ 54.598 \\ -54.659 \\ 30.606 \\ 56.761 \\ 45.562 \end{pmatrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$\text{coef\_002} := \text{lsolve}(M\_002, Vtr\_002)$$

$$\text{coef\_002} = \begin{pmatrix} -15.859 \\ 0.139 \\ -0.188 \\ -0.868 \\ 17.567 \\ -3.164 \\ -2.416 \times 10^{-3} \end{pmatrix} = \begin{matrix} C\_002 \\ \alpha\_002 \\ \beta\_002 \\ \lambda\_002 \\ \delta\_002 \\ \epsilon\_002 \\ \psi\_002 \end{matrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$\text{coef\_005} := \text{lsolve}(M\_005, Vtr\_005)$$

$$\text{coef\_005} = \begin{pmatrix} -27.685 \\ 0.915 \\ -1.605 \\ -1.302 \\ 26.267 \\ -3.345 \\ 2.028 \times 10^{-4} \end{pmatrix} = \begin{matrix} C\_005 \\ \alpha\_005 \\ \beta\_005 \\ \lambda\_005 \\ \delta\_005 \\ \epsilon\_005 \\ \psi\_005 \end{matrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$\text{coef\_010} := \text{lsolve}(M\_010, Vtr\_010)$$

$$\text{coef\_010} = \begin{pmatrix} -48.057 \\ 1.7 \\ -3.019 \\ -1.595 \\ 41.316 \\ -3.439 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{matrix} C\_010 \\ \alpha\_010 \\ \beta\_010 \\ \lambda\_010 \\ \delta\_010 \\ \epsilon\_010 \\ \psi\_010 \end{matrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$\text{coef\_020} := \text{Isolve}(M\_020, Vtr\_020)$$

$$\text{coef\_020} = \begin{pmatrix} -48.527 \\ 2.05 \\ -3.672 \\ -1.843 \\ 41.492 \\ -3.489 \\ -1.202 \times 10^{-5} \end{pmatrix} = \begin{matrix} C\_020 \\ \alpha\_020 \\ \beta\_020 \\ \lambda\_020 \\ \delta\_020 \\ \epsilon\_020 \\ \psi\_020 \end{matrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$\text{coef\_050} := \text{Isolve}(M\_050, Vtr\_050)$$

$$\text{coef\_050} = \begin{pmatrix} -68.756 \\ 2.775 \\ -4.995 \\ -2.099 \\ 56.589 \\ -3.631 \\ -2.351 \times 10^{-3} \end{pmatrix} = \begin{matrix} C\_050 \\ \alpha\_050 \\ \beta\_050 \\ \lambda\_050 \\ \delta\_050 \\ \epsilon\_050 \\ \psi\_050 \end{matrix}$$

COEFICIENTES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$\text{coef\_100} := \text{Isolve}(M\_100, Vtr\_100)$$

$$\text{coef\_100} = \begin{pmatrix} -112.682 \\ 4.166 \\ -7.458 \\ -2.396 \\ 89.246 \\ -3.758 \\ -3.895 \times 10^{-4} \end{pmatrix} = \begin{matrix} C\_100 \\ \alpha\_100 \\ \beta\_100 \\ \lambda\_100 \\ \delta\_100 \\ \epsilon\_100 \\ \psi\_100 \end{matrix}$$

## **ANEXO D: Cálculo de los déficit hídricos**



DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 366.877$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 562.849$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 628.297$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 772.777$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 810.113$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 669.67$$



DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} := 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 11.924$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} := 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 15.238$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} := 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 17.601$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} := 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 19.62$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} := 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 22.22$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} := 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 24.572$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS**

$$DH_{002} := 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 60.364$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS**

$$DH_{005} := 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 76.276$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS**

$$DH_{010} := 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 81.439$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS**

$$DH_{020} := 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 89.277$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS**

$$DH_{050} := 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 92.071$$

**DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS**

$$DH_{100} := 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 84.8$$

## DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

### ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "VILLALBA"

#### INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

$A_r$  = Área de la cuenca, en  $\text{km}^2$   
 $L_{cp}$  = Longitud del cauce principal, en km  
 $S_{cp}$  = Pendiente del cauce principal, adimensional  
 $N_c$  = Número de curva, adimensional  
 $PMA$  = Precipitación media anua, en mm  
 $T_r$  = Periodo de retorno, en años

#### DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_r := 9557$                        $L_{cp} := 215$                        $S_{cp} := 0.0060$   
 $N_c := 22.054$                        $PMA := 299.99$   
 $Tr_{002} := 2$        $Tr_{005} := 5$        $Tr_{010} := 10$        $Tr_{020} := 20$        $Tr_{050} := 50$        $Tr_{100} := 100$

#### EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 88.528$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 128.789$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 158.678$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 183.717$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 218.147$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 262.646$$

## DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

### ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "FRANCISCO I. MADERO"

#### INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

$A_r$  = Área de la cuenca, en  $\text{km}^2$

$L_{cp}$  = Longitud del cauce principal, en km

$S_{cp}$  = Pendiente del cauce principal, adimensional

$N_c$  = Número de curva, adimensional

$PMA$  = Precipitación media anual, en mm

$T_r$  = Periodo de retorno, en años

#### DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_r := 10059$

$L_{cp} := 248$

$S_{cp} := 0.0049$

$N_c := 22.054$

$PMA := 282.57$

$T_{r\_002} := 2$

$T_{r\_005} := 5$

$T_{r\_010} := 10$

$T_{r\_020} := 20$

$T_{r\_050} := 50$

$T_{r\_100} := 100$

#### EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$

$\alpha_{002} := 0.139$

$\beta_{002} := -0.188$

$\lambda_{002} := -0.868$

$C_{005} := -27.685$

$\alpha_{005} := 0.915$

$\beta_{005} := -1.605$

$\lambda_{005} := -1.302$

$C_{010} := -48.057$

$\alpha_{010} := 1.7$

$\beta_{010} := -3.019$

$\lambda_{010} := -1.595$

$C_{020} := -48.527$

$\alpha_{020} := 2.05$

$\beta_{020} := -3.672$

$\lambda_{020} := -1.843$

$C_{050} := -68.756$

$\alpha_{050} := 2.775$

$\beta_{050} := -4.995$

$\lambda_{050} := -2.099$

$C_{100} := -112.682$

$\alpha_{100} := 4.166$

$\beta_{100} := -7.458$

$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$

$\epsilon_{002} := -3.164$

$\psi_{002} := -0.002416$

$\delta_{005} := 26.267$

$\epsilon_{005} := -3.345$

$\psi_{005} := 0.0002028$

$\delta_{010} := 41.316$

$\epsilon_{010} := -3.439$

$\psi_{010} := 0$

$\delta_{020} := 41.492$

$\epsilon_{020} := -3.489$

$\psi_{020} := -0.00001202$

$\delta_{050} := 56.589$

$\epsilon_{050} := -3.631$

$\psi_{050} := 0.002351$

$\delta_{100} := 89.246$

$\epsilon_{100} := -3.758$

$\psi_{100} := -0.0003895$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 125.043$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 170.654$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 190.868$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 216.154$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 234.231$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 227.969$$

## DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

### ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "LAS BURRAS"

#### INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

$A_t$  = Área de la cuenca, en  $\text{km}^2$   
 $L_{cp}$  = Longitud del cauce principal, en km  
 $S_{cp}$  = Pendiente del cauce principal, adimensional  
 $N_c$  = Número de curva, adimensional  
 $PMA$  = Precipitación media anua, en mm  
 $T_r$  = Periodo de retorno, en años

#### DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_r := 55377$                        $L_{cp} := 595$                        $S_{cp} := 0.0016$   
 $N_c := 22.054$                        $PMA := 310.06$   
 $Tr_{002} := 2$        $Tr_{005} := 5$        $Tr_{010} := 10$        $Tr_{020} := 20$        $Tr_{050} := 50$        $Tr_{100} := 100$

#### EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 264.8$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 627.944$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 1069.705$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 1632.729$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 2516.174$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 4193.08$$

## DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HIDRICOS

### ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "CHUVISCAR"

#### INFORMACIÓN FISIGRÁFICA E HIDROLÓGICA

$A_r$  = Área de la cuenca, en  $\text{km}^2$   
 $L_{cp}$  = Longitud del cauce principal, en km  
 $S_{cp}$  = Pendiente del cauce principal, adimensional  
 $N_c$  = Número de curva, adimensional  
 $PMA$  = Precipitación media anua, en mm  
 $T_i$  = Periodo de retorno, en años

#### DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_r := 854$                        $L_{cp} := 55$                        $S_{cp} := 0.0144$   
 $N_c := 22.054$                        $PMA := 330.12$   
 $Tr_{002} := 2$        $Tr_{005} := 5$        $Tr_{010} := 10$        $Tr_{020} := 20$        $Tr_{050} := 50$        $Tr_{100} := 100$

#### EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HIDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} := 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 28.253$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} := 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 29.267$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} := 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 28.546$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} := 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 27.691$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} := 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 27.327$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} := 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 25.022$$

## DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

### ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "EL GRANERO"

#### INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

$A_r$  = Área de la cuenca, en  $\text{km}^2$   
 $L_{cp}$  = Longitud del cauce principal, en km  
 $S_{cp}$  = Pendiente del cauce principal, adimensional  
 $N_c$  = Número de curva, adimensional  
 $PMA$  = Precipitación media anua, en mm  
 $T_r$  = Periodo de retorno, en años

#### DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_r := 57819$                        $L_{cp} := 679$                        $S_{cp} := 0.0016$   
 $N_c := 22.054$                        $PMA := 302.23$   
 $Tr_{002} := 2$        $Tr_{005} := 5$        $Tr_{010} := 10$        $Tr_{020} := 20$        $Tr_{050} := 50$        $Tr_{100} := 100$

#### EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$                        $\alpha_{002} := 0.139$                        $\beta_{002} := -0.188$                        $\lambda_{002} := -0.868$   
 $C_{005} := -27.685$                        $\alpha_{005} := 0.915$                        $\beta_{005} := -1.605$                        $\lambda_{005} := -1.302$   
 $C_{010} := -48.057$                        $\alpha_{010} := 1.7$                        $\beta_{010} := -3.019$                        $\lambda_{010} := -1.595$   
 $C_{020} := -48.527$                        $\alpha_{020} := 2.05$                        $\beta_{020} := -3.672$                        $\lambda_{020} := -1.843$   
 $C_{050} := -68.756$                        $\alpha_{050} := 2.775$                        $\beta_{050} := -4.995$                        $\lambda_{050} := -2.099$   
 $C_{100} := -112.682$                        $\alpha_{100} := 4.166$                        $\beta_{100} := -7.458$                        $\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$                        $\epsilon_{002} := -3.164$                        $\psi_{002} := -0.002416$   
 $\delta_{005} := 26.267$                        $\epsilon_{005} := -3.345$                        $\psi_{005} := 0.0002028$   
 $\delta_{010} := 41.316$                        $\epsilon_{010} := -3.439$                        $\psi_{010} := 0$   
 $\delta_{020} := 41.492$                        $\epsilon_{020} := -3.489$                        $\psi_{020} := -0.00001202$   
 $\delta_{050} := 56.589$                        $\epsilon_{050} := -3.631$                        $\psi_{050} := 0.002351$   
 $\delta_{100} := 89.246$                        $\epsilon_{100} := -3.758$                        $\psi_{100} := -0.0003895$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} = 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 281.765$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} = 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 575.671$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} = 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 843.679$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} = 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 1200.854$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} = 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 1609.177$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} = 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 2063.555$$

## DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

### ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "PUENTE FFCC"

#### INFORMACIÓN FISIOGRAFICA E HIDROLÓGICA

$A_r$  = Área de la cuenca, en  $\text{km}^2$   
 $L_{cp}$  = Longitud del cauce principal, en km  
 $S_{cp}$  = Pendiente del cauce principal, adimensional  
 $N_c$  = Número de curva, adimensional  
 $PMA$  = Precipitación media anua, en mm  
 $T_r$  = Periodo de retorno, en años

#### DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_r := 1162$                        $L_{cp} := 63$                        $S_{cp} := 0.0096$   
 $N_c := 22.054$                        $PMA := 289.55$   
 $Tr_{002} := 2$        $Tr_{005} := 5$        $Tr_{010} := 10$        $Tr_{020} := 20$        $Tr_{050} := 50$        $Tr_{100} := 100$

#### EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$	$\alpha_{002} := 0.139$	$\beta_{002} := -0.188$	$\lambda_{002} := -0.868$
$C_{005} := -27.685$	$\alpha_{005} := 0.915$	$\beta_{005} := -1.605$	$\lambda_{005} := -1.302$
$C_{010} := -48.057$	$\alpha_{010} := 1.7$	$\beta_{010} := -3.019$	$\lambda_{010} := -1.595$
$C_{020} := -48.527$	$\alpha_{020} := 2.05$	$\beta_{020} := -3.672$	$\lambda_{020} := -1.843$
$C_{050} := -68.756$	$\alpha_{050} := 2.775$	$\beta_{050} := -4.995$	$\lambda_{050} := -2.099$
$C_{100} := -112.682$	$\alpha_{100} := 4.166$	$\beta_{100} := -7.458$	$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$	$\epsilon_{002} := -3.164$	$\psi_{002} := -0.002416$
$\delta_{005} := 26.267$	$\epsilon_{005} := -3.345$	$\psi_{005} := 0.0002028$
$\delta_{010} := 41.316$	$\epsilon_{010} := -3.439$	$\psi_{010} := 0$
$\delta_{020} := 41.492$	$\epsilon_{020} := -3.489$	$\psi_{020} := -0.00001202$
$\delta_{050} := 56.589$	$\epsilon_{050} := -3.631$	$\psi_{050} := 0.002351$
$\delta_{100} := 89.246$	$\epsilon_{100} := -3.758$	$\psi_{100} := -0.0003895$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} := 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 61.887$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} := 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 82.009$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} := 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 95.846$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} := 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 105.482$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} := 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 122.896$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} := 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 141.769$$

## DETERMINACIÓN DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

### ESTACIÓN HIDROMÉTRICA "LLANITOS"

#### INFORMACIÓN FISIGRÁFICA E HIDROLÓGICA

$A_r$  = Área de la cuenca, en  $\text{km}^2$

$L_{cp}$  = Longitud del cauce principal, en km

$S_{cp}$  = Pendiente del cauce principal, adimensional

$N_c$  = Número de curva, adimensional

$PMA$  = Precipitación media anual, en mm

$T_r$  = Periodo de retorno, en años

#### DEFINICIÓN DE VARIABLES

$A_r := 1581$

$L_{cp} := 88$

$S_{cp} := 0.0100$

$N_c := 22.054$

$PMA := 340.31$

$T_{r\_002} := 2$

$T_{r\_005} := 5$

$T_{r\_010} := 10$

$T_{r\_020} := 20$

$T_{r\_050} := 50$

$T_{r\_100} := 100$

#### EXPONENTES PARA EL CÁLCULO DE LOS DÉFICIT HÍDRICOS

$C_{002} := -15.859$

$\alpha_{002} := 0.139$

$\beta_{002} := -0.188$

$\lambda_{002} := -0.868$

$C_{005} := -27.685$

$\alpha_{005} := 0.915$

$\beta_{005} := -1.605$

$\lambda_{005} := -1.302$

$C_{010} := -48.057$

$\alpha_{010} := 1.7$

$\beta_{010} := -3.019$

$\lambda_{010} := -1.595$

$C_{020} := -48.527$

$\alpha_{020} := 2.05$

$\beta_{020} := -3.672$

$\lambda_{020} := -1.843$

$C_{050} := -68.756$

$\alpha_{050} := 2.775$

$\beta_{050} := -4.995$

$\lambda_{050} := -2.099$

$C_{100} := -112.682$

$\alpha_{100} := 4.166$

$\beta_{100} := -7.458$

$\lambda_{100} := -2.396$

$\delta_{002} := 17.567$

$\epsilon_{002} := -3.164$

$\psi_{002} := -0.002416$

$\delta_{005} := 26.267$

$\epsilon_{005} := -3.345$

$\psi_{005} := 0.0002028$

$\delta_{010} := 41.316$

$\epsilon_{010} := -3.439$

$\psi_{010} := 0$

$\delta_{020} := 41.492$

$\epsilon_{020} := -3.489$

$\psi_{020} := -0.00001202$

$\delta_{050} := 56.589$

$\epsilon_{050} := -3.631$

$\psi_{050} := 0.002351$

$\delta_{100} := 89.246$

$\epsilon_{100} := -3.758$

$\psi_{100} := -0.0003895$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

$$DH_{002} := 10^{C_{002}} \cdot Ar^{\alpha_{002}} \cdot Lcp^{\beta_{002}} \cdot Scp^{\lambda_{002}} \cdot Nc^{\delta_{002}} \cdot PMA^{\epsilon_{002}} \cdot Tr_{002}^{\psi_{002}}$$

$$DH_{002} = 35.12$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

$$DH_{005} := 10^{C_{005}} \cdot Ar^{\alpha_{005}} \cdot Lcp^{\beta_{005}} \cdot Scp^{\lambda_{005}} \cdot Nc^{\delta_{005}} \cdot PMA^{\epsilon_{005}} \cdot Tr_{005}^{\psi_{005}}$$

$$DH_{005} = 35.118$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

$$DH_{010} := 10^{C_{010}} \cdot Ar^{\alpha_{010}} \cdot Lcp^{\beta_{010}} \cdot Scp^{\lambda_{010}} \cdot Nc^{\delta_{010}} \cdot PMA^{\epsilon_{010}} \cdot Tr_{010}^{\psi_{010}}$$

$$DH_{010} = 31.71$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

$$DH_{020} := 10^{C_{020}} \cdot Ar^{\alpha_{020}} \cdot Lcp^{\beta_{020}} \cdot Scp^{\lambda_{020}} \cdot Nc^{\delta_{020}} \cdot PMA^{\epsilon_{020}} \cdot Tr_{020}^{\psi_{020}}$$

$$DH_{020} = 30.685$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

$$DH_{050} := 10^{C_{050}} \cdot Ar^{\alpha_{050}} \cdot Lcp^{\beta_{050}} \cdot Scp^{\lambda_{050}} \cdot Nc^{\delta_{050}} \cdot PMA^{\epsilon_{050}} \cdot Tr_{050}^{\psi_{050}}$$

$$DH_{050} = 27.779$$

DÉFICIT HÍDRICO EN LA CUENCA, EN MILLONES DE M<sup>3</sup>  
PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

$$DH_{100} := 10^{C_{100}} \cdot Ar^{\alpha_{100}} \cdot Lcp^{\beta_{100}} \cdot Scp^{\lambda_{100}} \cdot Nc^{\delta_{100}} \cdot PMA^{\epsilon_{100}} \cdot Tr_{100}^{\psi_{100}}$$

$$DH_{100} = 20.898$$

RESUMEN  
BIOGRÁFICO

# David Eduardo Rodríguez

1977 - 1999

1999 - 2001

2001 - 2003

2003 - 2005

2005 - 2007

2007 - 2009

2009 - 2011

2011 - 2013

2013 - 2015

2015 - 2017

2017 - 2019

2019 - 2021

2021 - 2023

2023 - 2025

2025 - 2027

2027 - 2029

2029 - 2031

2031 - 2033

2033 - 2035

2035 - 2037

2037 - 2039

2039 - 2041

2041 - 2043

2043 - 2045

2045 - 2047

2047 - 2049

2049 - 2051

2051 - 2053

2053 - 2055

2055 - 2057

2057 - 2059

2059 - 2061

2061 - 2063

2063 - 2065

2065 - 2067

2067 - 2069

2069 - 2071

2071 - 2073

## RESUMEN BIOGRÁFICO

# David Estuardo Peña Vidal

candidato al título de  
**Maestro en Ciencias**  
con especialidad en  
**Ingeniería Ambiental**

---

## **Información personal:**

- **Título:** Ingeniero Civil
- **Estado Civil:** Soltero
- **Edad:** 28 años
- **Lugar de Nacimiento:** Cd. Madero, Tamaulipas
- **Fecha de Nacimiento:** 27 de Noviembre de 1980
- **Nacionalidad:** Mexicana

## **Educación:**

*Agosto 1998 – Diciembre 2002*

### **Universidad Autónoma de Nuevo León**

#### **Facultad de Ingeniería Civil**

San Nicolás de los Garza, N.L.

- Licenciatura en Ingeniería Civil
- Testimonio de Desempeño Académico del Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C.

*Agosto 1995 – Julio 1998*

### **Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos**

Cadereyta Jiménez, N.L.

- Educación Preparatoria y Carrera de Técnico en Informática Administrativa
- Primer lugar de la Generación 1995-1998

## Experiencia profesional:

*Junio 2008 – Octubre 2008*

### H. Congreso del Estado de Nuevo León

Monterrey, N.L.

#### ■ **Supervisor de proyectos:**

- Licitación para la construcción de estructura de soporte para la instalación de elevador en el edificio administrativo.
- Licitación para la construcción de edificio comedor en terrenos del edificio administrativo.
- Remodelación y cambio de mobiliario en el edificio administrativo y en el recinto legislativo.

*Noviembre 2006 – Junio 2008*

### Subdirección de Estudios de Posgrado, FIC, UANL

San Nicolás de los Garza, N.L.

#### ■ **Ingeniería Ambiental:**

- Instructor de cursos y auxiliar en el departamento de Educación Continua.
- Tesista para la obtención del grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental.
- Auxiliar en el Proyecto de Rehabilitación de Lagunas de Tratamiento de Aguas Residuales; para S.A.D.M.

*Mayo 2006 – Octubre 2006*

### Servicios Técnicos de Construcción

Monterrey, N.L.

#### ■ **Ingeniería de Vías Terrestre y Topografía:**

- Obras de ampliación de la carretera Monterrey-Cd. Mier
- Ampliación de la línea 2 del metro.
- Revisión de trazo de las vías férreas en García, N.L.

*Agosto 2005 – Abril 2006*

### Preparatoria Interline

Cadereyta Jiménez, N.L.

#### ■ **Catedrático:**

- Impartición de materias como: Matemáticas, Física, Lectura y Redacción, Literatura, Filosofía y Ciencias Sociales.

*Julio 2004 – Abril 2006*

### Constructora Maiz Mier S.A. de C.V.

Monterrey, N.L.

#### ■ **Ingeniero residente administrativo en obra:**

- Análisis de precios unitarios y administración de obra.
- Puente Vehicular en Avenida Eugenio Garza Sada y Luis Elizondo; en Monterrey N. L.
- Urbanización para el desarrollo del fraccionamiento "Residencial Fontanares"; en Monterrey N. L.
- Puente Vehicular en Avenida Miguel Alemán y San Rafael; en Guadalupe, N. L.

**Experiencia profesional:**

*Agosto 2002 – Junio 2004*

**Instituto de Ingeniería Civil “Dr. Raymundo Rivera V.”**

**Departamento de Hidráulica**

Monterrey, N.L.

■ ***Desarrollo de proyectos de Ingeniería Hidráulica e Hidrología:***

- Estudios de Demarcación de Zona Federal, en los siguientes escurrimientos: Arroyo La Chueca, Río Ramos, Arroyo Ciénega, Río Salinas, Arroyo Vaquerías, Arroyo San Miguel, etc.
- Estudios de Hidrología e Hidráulica conceptual para CAPUFE, de puentes en la zona de Los Lirios, en el estado de Coahuila.
- Análisis de Socavación para CFE en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas sobre una sección del Río Bravo.
- Revisión del drenaje pluvial “El Obispo” ubicado en Santa Catarina, N.L.
- Participación en el desarrollo del proyecto hidráulico de la Presa Rompepicos “Corral de Palmas”
- Auxiliar en el análisis hidráulico del Río Santa Catarina, para la ampliación de la Avenida Morones Prieto
- Elaboración del estudio hidrológico para la construcción de represas en Chipinque
- Análisis hidráulico en la zona del Puente de la Unidad (Atirantado)
- Realización de distintos proyectos de diseño de redes de agua potable, drenaje sanitario y pluvial, y socavación

