

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA  
COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA  
SUBCOORDINACIÓN DE HIDROMETEOROLOGÍA**

**PROYECTO**

**PREDICCIÓN DE LOS CAMBIOS EN LAS CURVAS DE LAS  
FRECUENCIAS DE INUNDACIÓN DEBIDO AL CAMBIO  
CLIMÁTICO.  
(TH1303.1)**

**INFORME FINAL**

**Participantes**

Dr. Efraín Mateos Farfán  
Dr. Julio Sergio Santana Sepúlveda  
Ing. Jorge Armando Ibarra Romero  
Ing. Nadia Araceli Pineda Flores  
M.C. Ernesto Aguilar Garduño  
M.A. Indalecio Mendoza Uribe  
M.C. José Alfredo Mundo Molina

**Agradecimientos**

M.C. Jaqueline Lafragua Contreras

**19 de diciembre de 2013**

## CONTENIDO

Resumen .....	1
Introducción .....	2
Objetivo .....	2
Capítulo 1. Metodología .....	2
1.1 Selección de tres presas y de sus cuencas asociadas .....	2
1.2 Serie de tiempo diaria de precipitación y escurrimiento .....	5
1.3 Precipitación Futura en Modelos de Circulación Global .....	8
1.4 Reconstrucción de las curvas de frecuencias de i-d-t .....	9
1.4.1. Estimación del cambio en las curvas de frecuencias ante la variabilidad y el cambio climático .....	12
1.4.2. Cálculo de las incertidumbres asociadas a los cambios de curvas de frecuencia.....	12
Capítulo 2. Resultados.....	13
2.1 Precipitación en las cuencas seleccionas .....	13
2.2 Precipitaciones pluviales máximas anuales .....	15
2.3 Cambio en los periodos de retorno con Modelos de escenarios futuros .....	20
2.4 Cambio en las curvas i-d-T.....	34
2.4.1. Cuenca Río Conchos 1 .....	34
2.4.2. Cuenca Cutzamala .....	37
2.4.3. Subregión Hidrológica Grijalva-La Concordia .....	40
2.5 Incertidumbres de los experimentos numéricos .....	43
Capítulo 3. Conclusiones .....	47
Anexo 1 Lista de archivos .....	51
Anexo 2 Creación de una librería llamada cuenca_tools.R, con el fin de poder utilizar las funciones que contiene en otros códigos. ....	51
Anexo 3 Script que permite establecer la conexión con el servidor.....	95
Anexo 4 Tablas con los cálculos por estaciones de los periodos de retorno y los parámetros de la distribución de Gumbel. ....	96

## FIGURAS

Figura 1. Cuencas seleccionadas. Mapa de la de la República Mexicana, en líneas negras la división política. Las áreas en rojo muestran la ubicación de: a) al norte, Cuenca Río Conchos 1, b) al centro, cuenca Cutzamala y c) al sur, subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. ....	3
Figura 2. Detalle de la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. Los polígonos sombreados con naranja, muestran las 13 cuencas de la que comprenden la subregión hidrológica. La flecha roja, señala la posición de la presa La Angostura.....	4
Figura 3. Detalle de la cuenca hidrológica Conchos 1. A la izquierda, con flecha rojas, se muestra la localización dentro de la cuenca del río Conchos y la Presa La Boquilla. A la derecha, se muestra detalle de la presa la Boquilla. ....	4
Figura 4. Detalle de la cuenca hidrológica Cutzamala. A la izquierda, con flechas rojas, se muestra la localización dentro de la cuenca del río Cutzamala y las Presas El Bosque, Valle de Bravo y Villa Victoria. A la derecha, se muestra detalle de las presas Valle de Bravo y Villa Victoria.....	5
Figura 5. Localización de las estaciones climatológicas de la subregión Grijalva-La Concordia. Los puntos rojos representan la localización de las estaciones. ....	6
Figura 6. Localización de las estaciones climatológicas de la cuenca hidrológica Conchos 1. Los puntos rojos representan la localización de las estaciones. ....	6
Figura 7. Localización de las estaciones climatológicas de la cuenca hidrológica Cutzamala. Los puntos rojos representan la localización de las estaciones. ....	7
Figura 8. Diagrama de entidad-relación de la base de datos BDCIM. Se muestran los campos y tipos de datos de las seis tablas que conforman la estructura de la base de datos.....	8
Figura 9. Histograma y función de densidad de probabilidad Gamma, de una serie temporal de precipitación de la estación 8057 El Sitio, Chihuahua. ....	14
Figura 10. Función de distribución acumulada Gamma, de una serie temporal de precipitación de la estación 8057 El Sitio, Chihuahua. ....	14
Figura 11. Histograma y función de densidad de probabilidad Gamma, de una serie temporal de precipitación de la estación 7135 Puente Concordia (CFE), Chiapas. ....	15
Figura 12. Función de distribución acumulada Gamma, de una serie temporal de	

precipitación de la estación 7135 Puente Concordia (CFE), Chiapas. ....	15
Figura 13. Histograma y función de densidad de probabilidad Gamma, de una serie temporal de precipitación de la estación 15130 Presa Valle del Bravo (CFE), Edo. México	
Figura 14. Función de distribución acumulada Gamma, de una serie temporal c precipitación de la estación 15130 Presa Valle del Bravo (CFE), Edo. México. ....	15
Figura 15. Histograma y función de densidad de probabilidad Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 8057 El Sitio, Chihuahua. ....	16
Figura 16. Función de distribución acumulada Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 8057 El Sitio, Chihuahua. ....	16
Figura 17. Histograma y función de densidad de probabilidad Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 7135 Puente Concordia (CFE), Chiapas. ..	16
Figura 18. Función de distribución acumulada Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 7135 Puente Concordia (CFE), Chiapas. ....	16
Figura 19. Histograma y función de densidad de probabilidad Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 15130 Presa Valle del Bravo (CFE), Edo. México. ....	17
Figura 20. Función de distribución acumulada Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 15130 Presa Valle del Bravo (CFE), Edo. México. ....	17
Figura 21. Contorno del parámetro $\alpha$ con datos observados, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia. ....	18
Figura 22. Contornos de Moda, con datos observados, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia. ....	19
Figura 23. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos observados. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia. ....	19
Figura 24. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos observados. Periodo de retorno 100 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia. ....	20
Figura 25. Contorno del parámetro $\alpha$ con datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 4.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia. ....	22
Figura 26 .Contorno del parámetro $\alpha$ con datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento	

RCP 8.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	23
Figura 27. Contorno del parámetro $\alpha$ con datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 4.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	23
Figura 28. Contorno del parámetro $\alpha$ con datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 8.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	24
Figura 29. Contornos de Moda, con datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 4.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	25
Figura 30. Contornos de Moda, con datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 8.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	25
Figura 31. Contornos de Moda, con datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 4.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	26
Figura 32. Contornos de Moda, con datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 8.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	27
Figura 33. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 4.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	27
Figura 34. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 8.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	28
Figura 35. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 4.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	29
Figura 36. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 8.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.....	29

Figura 37. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 4.5. Periodo de retorno 100 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia. ....	
Figura 38. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MPI-ES LR, experimento RCP 8.5. Periodo de retorno 100 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia. ....	33
Figura 39. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 4.5. Periodo de retorno 100 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia. ....	33
Figura 40. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 8.5. Periodo de retorno 100 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia. ....	34
Figura 41. Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Conchos 1. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 4.5. ....	37
Figura 42. Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Conchos 1. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 8.5. ....	37
Figura 43. Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Conchos 1. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 4.5. ....	37
Figura 44. Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Conchos 1. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 8.5. ....	37
Figura 45 Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Cutzamala. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 4.5. ....	40
Figura 46 Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Cutzamala. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 4.5. ....	40
Figura 47 Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Cutzamala. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje	

de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 8.5 .....	40
Figura 48 Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Cutzamala. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 8.5 .....	
Figura 49. Curvas i-d-T para la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 4.5 .....	43
Figura 50. Curvas i-d-T para la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 4.5.....	43
Figura 51. Curvas i-d-T para la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 8.5 .....	43
Figura 52. Curvas i-d-T para la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 8.5.....	43
Figura 53. Diagrama de flujo del procedimiento para obtener el cambio en las curvas de las frecuencias.....	48

## TABLAS

Tabla 1. Modelos empleados. Modelos del experimento CMIP5 (Proyecto de inter comparación de modelos acoplados, fase cinco) y sus características principales.....	9
Tabla 2. Porcentaje de cambio calculado de los datos de los históricos de 1960 a 1999 y los datos del modelo de 2060 al 2099 .....	21
Tabla 3. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, para la cuenca río Conchos 1.....	35
Tabla 4. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 4.5, para la cuenca río Conchos 1.....	35
Tabla 5. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 8.5, para la cuenca río Conchos 1.....	35
Tabla 6. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 4.5, para la cuenca río Conchos 1. ....	35
Tabla 7. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 8.5, para la cuenca río Conchos 1. ....	36
Tabla 8. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, para la cuenca río Cutzamala.....	38
Tabla 9. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 4.5, para la cuenca río Cutzamala.....	38
Tabla 10. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 8.5, para la cuenca río Cutzamala.....	38
Tabla 11. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 4.5, para la cuenca río Cutzamala. ....	38
Tabla 12. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 8.5, para la cuenca río Cutzamala. ....	39
Tabla 13. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, para la subregión Grijalva-La Concordia. ....	41
Tabla 14. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 4.5, para la subregión Grijalva-La Concordia. ....	41
Tabla 15. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 8.5, para la subregión Grijalva-La Concordia. ....	41



Tabla 16. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 4.5, para la subregión Grijalva-La Concordia.....	41
Tabla 17. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 8.5, para la subregión Grijalva-La Concordia.....	42
Tabla 18. Cálculo del RMSE, Correlación, Promedio y desviación estándar de las precipitaciones máximas anuales, para la cuenca Río Conchos 1. La correlación y el RMSE fueron de las observaciones máximas en cada estación de la cuenca con los distintos experimentos numéricos. ....	44
Tabla 19. Cálculo del RMSE, Correlación, Promedio y desviación estándar de las precipitaciones máximas anuales, para la cuenca Cutzamala. La correlación y el RMSE fueron de las observaciones máximas en cada estación de la cuenca con los distintos experimentos numéricos.....	44
Tabla 20. Cálculo del RMSE, Correlación, Promedio y desviación estándar de las precipitaciones máximas anuales, para la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. La correlación y el RMSE fueron de las observaciones máximas en cada estación de la cuenca con los distintos experimentos numéricos.....	46
Tabla 21. Parámetros y periodo de retorno de estaciones para la cuenca hidrológica Conchos 1. ....	96
Tabla 22. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 45 para la cuenca hidrológica Conchos 1. ....	96
Tabla 23. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 85 para la cuenca hidrológica Conchos 1. ....	97
Tabla 24. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 45 para la cuenca hidrológica Conchos 1.....	97
Tabla 25. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 85 para la cuenca hidrológica Conchos 1.....	97
Tabla 26. Parámetros y periodo de retorno de estaciones para la cuenca hidrológica Cutzamala. ....	98
Tabla 27. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 45 para la cuenca hidrológica Cutzamala. ....	99
Tabla 28. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 85 para la cuenca hidrológica Cutzamala. ....	101

Tabla 29. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 45 para la cuenca hidrológica Cutzamala.....	102
Tabla 30. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 85 para la cuenca hidrológica Cutzamala.....	104
Tabla 31. Parámetros y periodo de retorno de estaciones para la subregión Grijalva-La Concordia.....	105
Tabla 32. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 45 para la subregión Grijalva-La Concordia.....	106
Tabla 33. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 85 para la subregión Grijalva-La Concordia.....	107
Tabla 34. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 45 para la subregión Grijalva-La Concordia.....	109
Tabla 35. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 85 para la subregión Grijalva-La Concordia.....	110

## Resumen

Debido al cambio climático que recientemente se ha evidenciado en México, las estructuras como las presas, que en su gran mayoría se planearon y construyeron décadas atrás, están sometidas a condiciones para las que no fueron diseñadas (por sequías o inundaciones). Por tal motivo, es necesario realizar un análisis sobre el cambio en los patrones de lluvia, frecuencia de crecidas y entradas a las presas que se seleccionaron y que indiquen el comportamiento futuro sobre la precipitación. En este proyecto se realizaron diferentes actividades con el fin de obtener las curvas de las frecuencias intensidad periodo de retorno (i-d-T). Para ello se seleccionó, considerando su distribución e importancia económico-social, e investigó las presas de las cuencas en la República Mexicana, para los estados de Chihuahua, Estado de México, Michoacán, Guerrero y Chiapas.

Los datos diarios, de precipitación de estaciones climatológicas, de la base de datos del CLICOM, para el periodo de 1960 a 1999 se ajustan a una función de distribución de Gumbel. Con los datos obtenidos se seleccionaron los datos de precipitación máxima anual, los cuales se ajustaron apropiadamente a una distribución de Gumbel.

También se utilizaron datos de precipitación diaria de dos modelos globales, MPI-ESM-LR y MRI-CGCM3, para el periodo de 1956 al 2099. Con las precipitaciones máximas anuales, de los datos de los modelos, se calculó el porcentaje de cambio, encontrándose un cambio positivo en las tres cuencas. Se encontró que la subregión Grijalva-La Concordia es la que presenta un mayor cambio, 51% en promedio, seguido de las cuencas Río Conchos 1 (13%) y Cutzamala (8%).

Para obtener las curvas i-d-T, se consideraron los periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años y duraciones de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 80, 100 y 120 minutos. Se calculó el promedio ponderado, usando polígonos de Voronoi, de cada periodo de retorno calculado en cada cuenca, de las observaciones y de las observaciones más el porcentaje de incremento de los modelos.

En la cuenca río Conchos 1, la tendencia en general es un decremento de las lluvias, para duraciones de 5 a 45 minutos exceptuando para el modelo MRI experimento RCP 8.5, que el decremento es mínimo. Para las duraciones de 60 a 120 minutos el decremento de la precipitación es menor. Esto indica una probabilidad de tener una disminución en la aportación de agua a la cuenca para los próximos años, debido a las precipitaciones máximas.

En la cuenca río Cutzamala se observa que la tendencia general de las ocurrencias de la precipitación se incrementa ligeramente para todos los modelos y experimentos en todas las duraciones, en comparación con las estaciones climatológicas. Pero en el modelo MRI-CGCM3 RCP 8.5 este incremento es más pronunciado que el resto.

En la subregión Grijalva-La Concordia se observa que la tendencia en general de las ocurrencias de precipitación tiene un decremento muy importante y se presenta en los dos modelos. En el modelo MPI la intensidad para las duraciones de 5 a 30 minutos, para el experimento RCP 4.5 y de 5 a 45 minutos para el experimento RCP 8.5 el decremento es notable pero para el resto de las duraciones el decremento se aminora drásticamente. Para

el modelo MRI, experimento RCP 4.5 y duraciones de 5 a 60 minutos existe un decremento notable y para las duraciones de 80 a 100 minutos es casi imperceptible el decremento e para la duración de 120 minutos existe un ligero incremento. Para el experimento RCP 8.5 para las duraciones de 5 a 45 minutos existe un decremento muy notable. A partir de la duración de 60 a 120 minutos el comportamiento de la intensidad de lluvia tiende al incremento.

## **Introducción**

Debido al cambio climático que recientemente se ha evidenciado en México, las estructuras como las presas, que en su gran mayoría se planearon y construyeron décadas atrás, están sometidas a condiciones para las que no fueron diseñadas (por sequías o inundaciones). Por tal motivo, es necesario realizar un análisis sobre el cambio en los patrones de lluvia, frecuencia de crecidas y entradas a las presas que se seleccionaron y que indiquen el comportamiento futuro sobre la precipitación.

Las curvas de frecuencia de intensidad-duración-periodo de retorno (i-d-T) de lluvia, frecuentemente son utilizadas en el diseño de obras hidráulicas como las presas, con la finalidad de tomar medidas necesarias para evitar desastres y daños a las estructuras por inundaciones. La condición de escurrimiento de la lluvia es no estacionaria, tanto por la variabilidad y el cambio del clima, como por el continuo cambio de uso de suelo. En consecuencia, el cálculo de curvas de frecuencia de i-d-T que considere la no estacionalidad es una tarea compleja y que genera mayor incertidumbre. Sin embargo, estas predicciones se necesitan con urgencia, particularmente conociendo los últimos resultados de las investigaciones que indican que el ciclo del agua se modifica continuamente debido al cambio del clima. Las estimaciones actuales indican que en el futuro la frecuencia de los ciclones tropicales puede permanecer constante o bajar ligeramente, sin embargo, la intensidad de estos fenómenos es probable que aumente lo que implica cambios en la intensidad y/o duración de la lluvia. Las incertidumbres asociadas con el modelado de la frecuencia de las curvas i-d-T pueden ser muy grandes. En términos de cambio climático, un efecto múltiple (y multiplicativo) se puede esperar debido a que el cambio climático no sólo afecta la distribución de precipitaciones sino también su intensidad. Además del cálculo de los cambios en las precipitaciones es necesario cuantificar la incertidumbre en cualquiera de los modelos de predicción empleados. En segundo lugar el cambio climático impacta la relación de escurrimiento de la lluvia a través del cambio en el escurrimiento y pérdidas en la evapotranspiración.

## **Objetivo**

Uso de modelación estadística para cuantificar la condición no estacionaria y los cambios en los patrones de lluvia temporales, las curvas de frecuencia de intensidad-duración-periodo de retorno debido a la variabilidad del clima en el pasado y ante los posibles efectos del cambio climático en México.

## **Capítulo 1. Metodología**

### **1.1 Selección de tres presas y de sus cuencas asociadas.**

Para la selección de las tres presas se utilizaron los criterios de a) distribución en la República Mexicana (Figura 1) y b) la importancia que tienen por su impacto económico y social. Al sur, en el estado de Chiapas se encuentran la presa más grande de México, la Angostura (Figura 2), con una capacidad de  $10,727 \times 10^6 \text{ m}^3$ , la cual se usa para generar energía eléctrica. Al norte, en Chihuahua se encuentra el río Conchos que alimenta en gran medida a la presa de La Boquilla (Figura 3) con capacidad  $2,903 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Por último al centro del país, el río Cutzamala afluente del río Balsas, perteneciente al sistema Cutzamala que se utiliza para la distribución de agua dulce a la población e industria del D.F. y del estado de México, dicho sistema alimenta a la Presa Valle de Bravo con capacidad de  $418 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Figura 4).

Una vez que fueron seleccionadas las presas, se identificaron las cuencas que corresponden a estas (Figura 1). En adelante, el análisis se enfocará en las precipitaciones por cuencas, ya que estos determinan el diseño de las presas. Debido a que la presa la Angostura es alimentada por 13 cuencas hidrológicas, se unificaron para formar una subregión hidrológica denominada Grijalva-La Concordia.

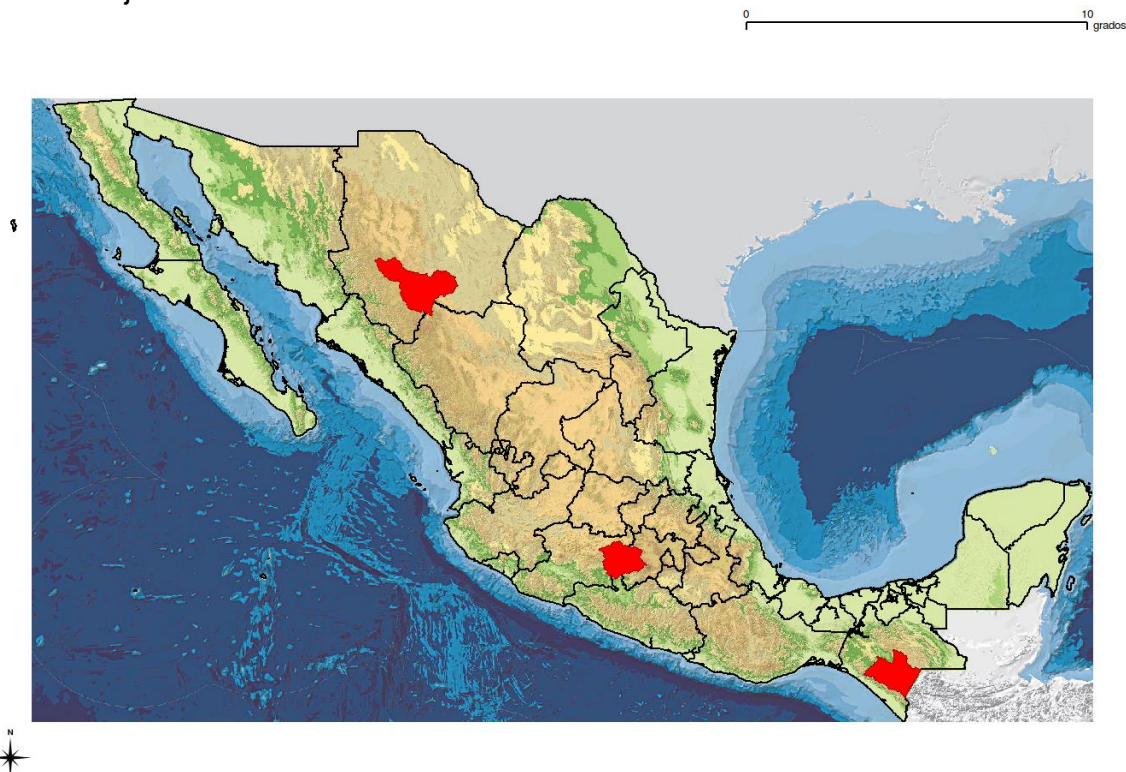


Figura 1. Cuencas seleccionadas. Mapa de la de la República Mexicana, en líneas negras la división política. Las áreas en rojo muestran la ubicación de: a) al norte, Cuenca Río Conchos 1, b) al centro, cuenca Cutzamala y c) al sur, subregión hidrológica Grijalva-La Concordia.

Debido a la gran cantidad de cuencas de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH30), se seleccionó una subregión: Alto Grijalva o Grijalva - La Concordia. Esta subregión se encuentra en el estado de Chiapas (Figura 1). La subregión hidrológica Grijalva-La Concordia contiene a la presa de la Angostura. A esta subregión la conforman 13 cuencas hidrológicas (Figura 2), las cuales se unieron los vértices con la finalidad de considerarlo, en este estudio, como una sola cuenca (Figura 1 y Figura2), esto con la idea de simplificar el manejo de los datos.

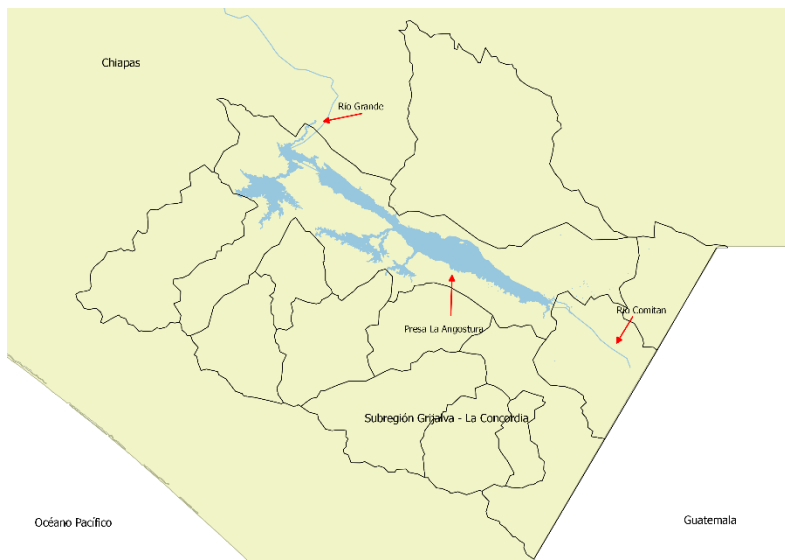


Figura 2. Detalle de la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. Los polígonos sombreados con naranja, muestran las 13 cuencas de la que comprenden la subregión hidrológica. La flecha roja, señala la posición de la presa La Angostura.

La cuenca a analizar para el estado de Chihuahua, perteneciente a la región hidrográfica Río Bravo – Conchos RH24, es la del río Conchos 1 (Figura 3). En la cuenca se encuentra la Presa de La Boquilla (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), que está alimentado por el río Conchos.

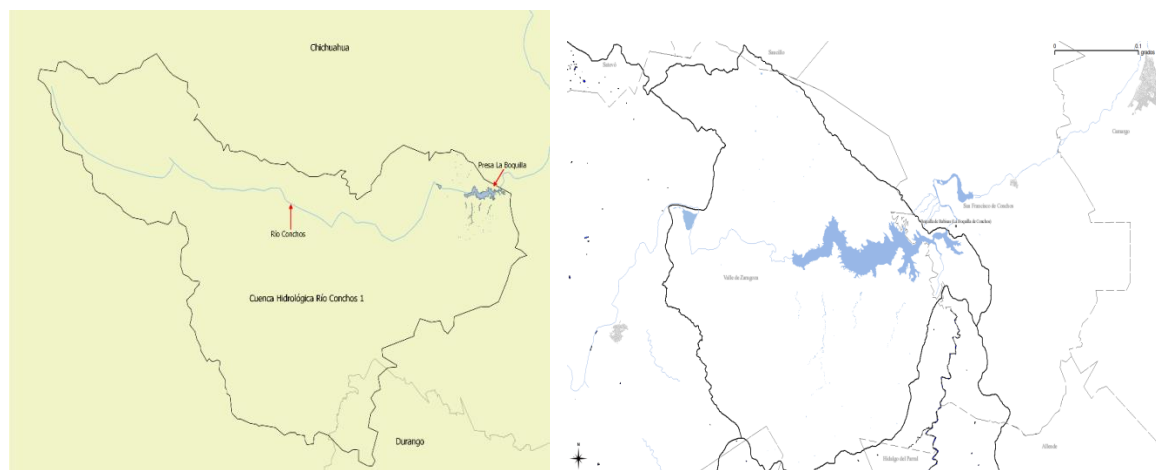


Figura 3. Detalle de la cuenca hidrológica Conchos 1. A la izquierda, con flecha rojas, se muestra la localización dentro de la cuenca del río Conchos y la Presa La Boquilla. A la derecha, se muestra detalle de la presa la Boquilla.

En el estado de México se localiza la cuenca del río Cutzamala (Figura 4), de la región hidrográfica Río Balsas RH18. En esta cuenca se encuentra la presa del Valle de Bravo. Esta cuenca comparte frontera con Michoacán y parte de Guerrero (Figura 4).

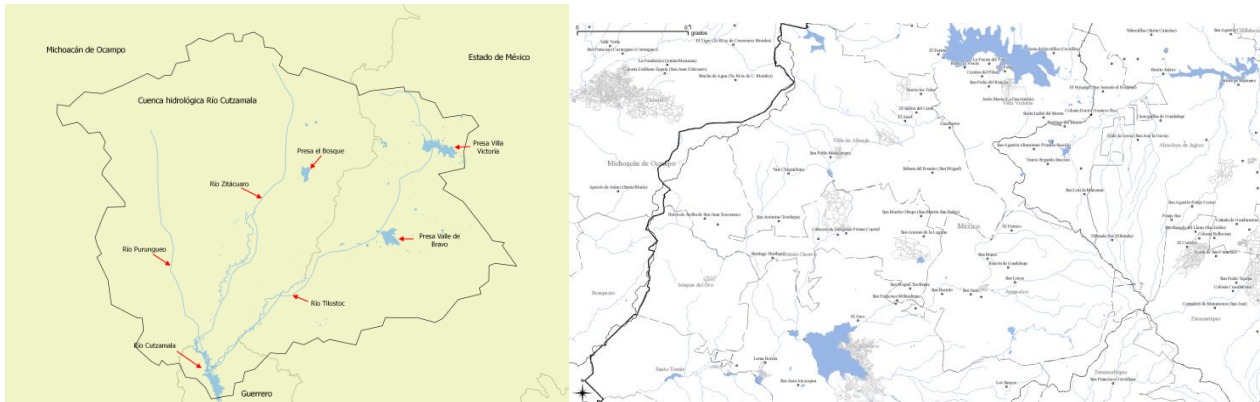


Figura 4. Detalle de la cuenca hidrológica Cutzamala. A la izquierda, con flechas rojas, se muestra la localización dentro de la cuenca del río Cutzamala y las Presas El Bosque, Valle de Bravo y Villa Victoria. A la derecha, se muestra detalle de las presas Valle de Bravo y Villa Victoria.

Los vértices de los polígonos correspondientes a las cuencas y la subregión hidrológicas fueron extraídos de la publicación más reciente, a la fecha de este estudio, del Diario Oficial de la Federación (DOF). Las fechas de las publicaciones del DOF utilizadas fueron 7 de diciembre de 2007, 22 de septiembre de 2008 y 30 de abril de 2013 para las cuencas Río Conchos 1, Cutzamala y la subregión Grijalva-La Concordia respectivamente. Estos polígonos de las cuencas hidrológicas fueron capturados en formato de Excel (Anexo 1). Para la manipulación de las cuencas fueron creadas funciones en el lenguaje de programación R. Estas funciones fueron recopiladas en la biblioteca `cuenca_tools.R` (Anexo 2).

## 1.2 Serie de tiempo diaria de precipitación y escurrimiento

Dado que la precipitación está directamente relacionada con el escurrimiento, en especial con las precipitaciones máximas anuales, y la carencia de mediciones directas de escurrimiento en cada una de las cuencas; en este trabajo solo se incluirá el análisis de precipitaciones pluviales de las cuencas de estudio.

Para el estudio de la precipitación se obtuvieron las series de tiempo de un conjunto de estaciones disponibles. Para ello fue necesario seleccionar a las estaciones considerando aquellas que están dentro de cada cuenca seleccionada, que cumplieran con el periodo requerido de estudio y cumplieran con algunos requisitos de calidad (inconsistencias, continuidad, etc).

Las precipitaciones diarias fueron extraídas de la base de datos CLICOM (Clima Computarizado). A estos datos se verificó el rango de años disponibles, para cada estación, y su ubicación geográfica. Inicialmente se extrajo el periodo comprendido entre 1956 al 2012, pero dado que no había continuidad en algunas estaciones, el periodo final quedó de 1960 a 1999. Las estaciones climatológicas se seleccionaron para toda la región dentro de la cuenca en observación, para ello se usó un código en Python, proporcionado por el Dr. Julio Sergio Santana, este código selecciona los puntos que están dentro y sobre los vértices de la



cuenca. Cada estación cuenta con un número de identificación lo que permitió localizarlas con mayor rapidez. Como parte de la verificación de calidad de los datos, se codificó un programa en R que busca las estaciones repetidas o muy cercanas (2 km), para promediarlas y tener un solo valor.

Tomando en consideración las restricciones anteriores, para la subregión Grijalva-La Concordia, se encontraron 49 estaciones climatológicas, de las cuales se consideraron para este estudio 44 estaciones climatológicas (Figura 5).

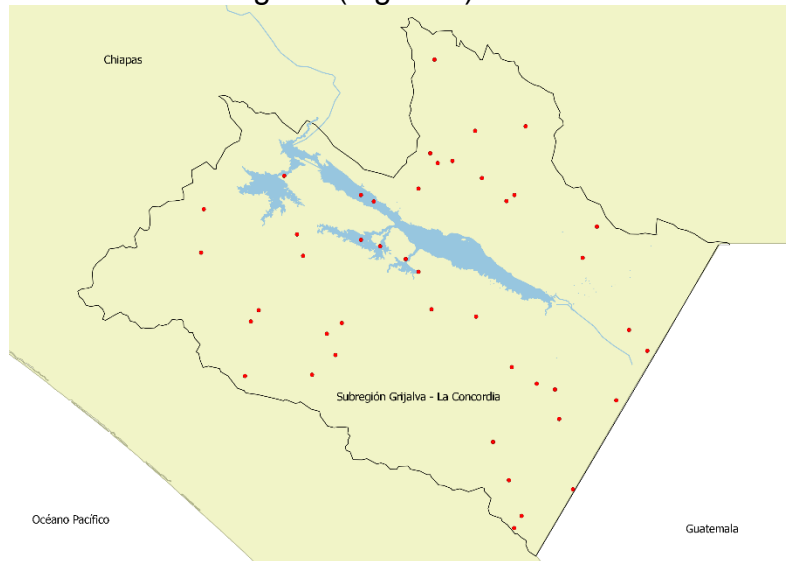


Figura 5. Localización de las estaciones climatológicas de la subregión Grijalva-La Concordia. Los puntos rojos representan la localización de las estaciones.

En la cuenca hidrológica Río Conchos 1 que contiene 17 estaciones climatológicas, solo fueron consideradas 12 estaciones climatológicas (Figura 6).

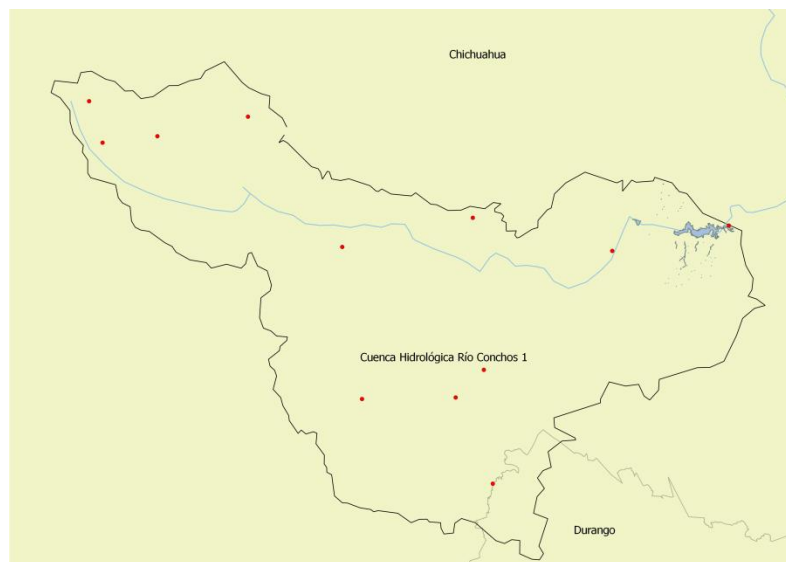


Figura 6. Localización de las estaciones climatológicas de la cuenca hidrológica Conchos 1. Los puntos rojos representan la localización de las estaciones.



En la cuenca hidrológica Cutzamala que contiene 67 estaciones climatológicas, para el periodo de estudio, se seleccionaron 60 estaciones climatológicas (Figura 7).

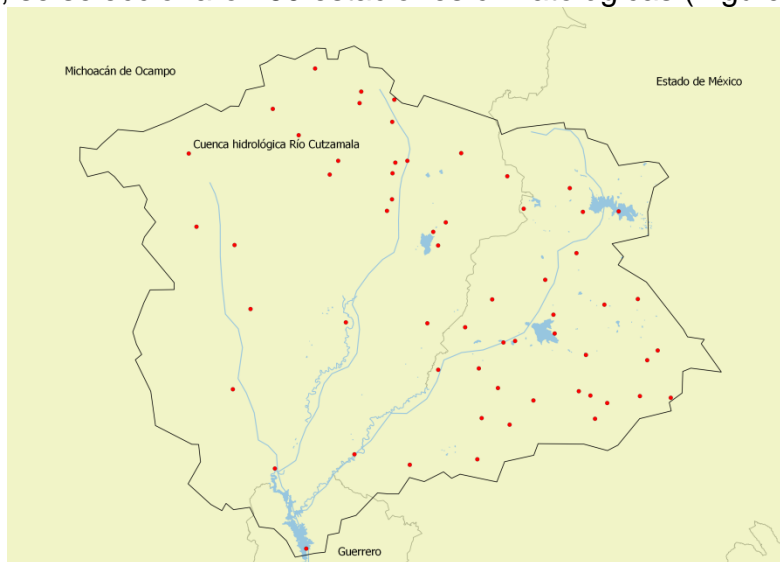


Figura 7. Localización de las estaciones climatológicas de la cuenca hidrológica Cutzamala. Los puntos rojos representan la localización de las estaciones.

Con los datos recopilados de cada una de las estaciones, se generó una base de datos (Anexo1). Para construir la base de datos se utilizó MySQL el cual es un sistema de gestión de bases de datos relacional, multi-hilo y multi-usuario. Una vez generada la base de datos, se codificó un programa en PHP, lenguaje de alto nivel enfocado a desarrollo web, para insertar los registros automáticamente (Anexo 3).

La base de datos nombrada BDCIM cuenta con seis tablas cuya estructura es mostrada en la Figura 8. La primera tabla (tbl\_cuencas), contiene información de los nombres de las cuencas y sus estados. La segunda tabla (tbl\_datos), contiene datos de precipitación de cada estación de cada cuenca. La tercera tabla (tbl\_vertices), contiene los vértices de cada cuenca, organizada en coordenada. La cuarta tabla (tbl\_estaciones), contiene toda la información regional sobre las estaciones como el estado, organismo de cuenca, cuenca, municipio y coordenadas. La quinta tabla (tbl\_modelos), contiene información sobre los modelos usados y el periodo. La información de estos modelos se describirá más adelante. Por último, la sexta tabla (tbl\_porcentaje), contiene datos sobre el porcentaje de cambio de cada modelo que se mencionan anteriormente.

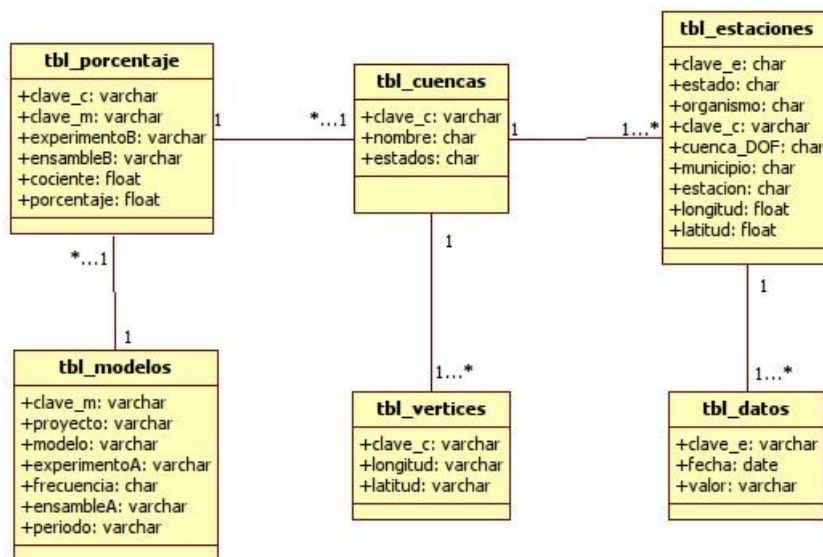


Figura 8. Diagrama de entidad-relación de la base de datos BDCIM. Se muestran los campos y tipos de datos de las seis tablas que conforman la estructura de la base de datos.

### 1.3 Precipitación Futura en Modelos de Circulación Global

Observaciones recientes en diferentes estudios han mostrado un incremento de la temperatura a escala global y en consecuencia se espera que exista un cambio en el comportamiento de la precipitación pluvial. Con la finalidad de entender y evaluar los efectos de estos cambios al planeta y sus formas vivientes, se generaron escenarios de cambio climático (IPCC, 2000) y se actualizaron considerando los forzamientos radiativos ante la presencia de diferentes gases de efecto de invernadero (IPCC, 2007). Los escenarios RCPs (Representative Concentration Patways) contienen emisiones, concentraciones, cambio de uso de suelo y cambios en variables ambientales y bio-geoquímicas para el siglo XXI (Moss *et al.* 2010).

En este estudio fueron elegidos dos modelos de circulación general del experimento CMIP5 (Taylor *et al.*, 2011), Proyecto de inter-comparación de modelos acoplados, fase cinco, (CMIP5, por sus siglas en inglés). Uno de los criterios importantes en la selección de los modelos fue que tuvieran precipitaciones diarias con alta o media resolución espacial. Los modelos seleccionados fueron el MPI-ESM\_LR y MRI\_CGCM3, creados por Max-Plank Institute y Meteorological Research Institute, respectivamente. Para disminuir el espacio de almacenamiento de los modelos se extrajo solo el area para la República Mexicana (tabla 1). La descarga de los datos, de los modelos globales, fue mediante un portal que administra la empresa Earth System Grid Federation (ESGF). Existen varias formas de descargar la información seleccionada: directamente del portal mediante una liga que proporcionan, por medio de una empresa Globus Online y por medio del uso de una instrucción wget (del paquete GNU Wget). ESGF proporciona una liga con las instrucciones suficientes para realizar la descarga por medio de un código en bash. Este código tiene que verificar una llave, con una vigencia de 3 días, para autenticar que eres un usuario registrado y con derecho a descargar la información. Además, el código contiene la liga de descarga de datos

clasificado por años y un *checksum* para resumir la descarga en caso de que se interrumpa y poder reiniciar la descarga, partiendo del último dato.

El código bash se ejecuta usando el cron, un administrador que puede ejecutar procesos a cierto intervalo de tiempo especificado por el usuario, mediante el comando *crontab* (especifica el tiempo de ejecución).

Debido a la cantidad de archivos por ejecutar, un archivo por cada cierto año para cada modelo, se programó un código shell que contiene cada archivo *wget* y se especificó en el *crontab* para descargarse todos los días a las 20:00 hrs.

Tabla 1. Modelos empleados. Modelos del experimento CMIP5 (Proyecto de inter-comparación de modelos acoplados, fase cinco) y sus características principales.

Proyecto	Instituto	Modelo	Experimento	Frecuencia	Ensamble	Resolución	Años
CMIP5	MPI-M	MPI-ESM-LR	RCP 4.5 y 8.5	Diario	r3i1p1	Aprox. 2°	2006-2100
			Históricos				1950-2005
	MRI	MRI-CGCM3	RCP 4.5 y 8.5		r1i1p1	Aprox. 1°	2006-2100
			Históricos				1950-2005

#### 1.4 Reconstrucción de las curvas de frecuencias de i-d-t

Para la construcción de las curvas de frecuencia llamadas intensidad-duración-período de retorno (i-d-t), es necesario calcular el periodo de retorno. El período de retorno o intervalo de recurrencia  $T$  es una estimación de la probabilidad de que dicho evento puede ser igualado o excedido una vez en cierto periodo, como un terremoto, inundación o descarga de corriente de un río. El periodo de retorno generalmente está basado en datos históricos.

El inverso de la probabilidad de excedencia de un conjunto de observaciones, da un estimado del número de ocurrencias en un año. Si la probabilidad de no excedencia es  $P_c$ , la probabilidad de excedencia  $P_e$  se define como:

$$P_e = 1 - P_c$$

El periodo de retorno es entonces:

$$T = \frac{1}{P_e}$$

Para obtener la probabilidad de dicho conjunto se puede usar distribuciones de probabilidad como la distribución binomial, Pearson, gamma, Gumbel, entre otras.

La distribución de probabilidad de una variable aleatoria es una función que asigna a cada suceso definido sobre la variable aleatoria la probabilidad de que dicho suceso ocurra. La

distribución de probabilidad está definida sobre el conjunto de todos los sucesos, cada uno de los sucesos es el rango de valores de la variable aleatoria

La distribución de probabilidad está completamente especificada por la función de distribución o función de distribución acumulada, que describe la probabilidad de que una variable aleatoria real  $X$  sujeta a cierta ley de distribución de probabilidad, se sitúe en la zona de valores menores o iguales a  $x$ .

La función de densidad de probabilidad de una variable aleatoria continua describe la probabilidad relativa según la cual dicha variable aleatoria tomará determinado valor.

**La distribución gamma** es una distribución de probabilidad continua de dos parámetros ( $k$  y  $\theta$ ) y se usa para modelar variables que presentan una mayor densidad de sucesos a la izquierda de la media.

Función de densidad de probabilidad

$$f(x; k, \theta) = \frac{x^{k-1} e^{-\frac{x}{\theta}}}{\theta^k \Gamma(k)}$$

Función de distribución acumulada

$$f(x; k, \theta) = \int_0^x f(u; k, \theta) du$$

Si  $k$  es un entero positivo entonces, la función de distribución acumulada es la siguiente:

$$f(x; k, \theta) = e^{-\frac{x}{\theta}} \sum_{i=k}^{\infty} \frac{1}{i!} \left(\frac{x}{\theta}\right)^i$$

Dónde:

$k = \left(\frac{\bar{x}}{s}\right)^2$  Parámetro de forma

$\theta = \frac{s^2}{\bar{x}}$  Parámetro de escala

**La distribución de Gumbel** o distribución de valor extremo tipo I, es usada para modelar la distribución de valores máximos o mínimos de un conjunto de datos seleccionados, por ejemplo el valor máximo anual de la precipitación, como es el caso del presente trabajo.

Función de densidad de probabilidad de Gumbel se define como

$$f(x; \mu, \alpha) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}} e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}}$$

Y su correspondiente función de distribución acumulada

$$f(x; \mu, \alpha) = e^{-e^{-\frac{x-\mu}{\alpha}}}$$

Donde

$\alpha = \frac{\sqrt{6} * s}{\pi}$  es el parámetro escala

$\mu = \bar{x} - 0.5772\alpha$  es la moda o parámetro locación

$$-\infty \leq x \leq \infty$$

Las curvas i-d-T son una relación matemática, entre la intensidad de una precipitación, su duración y la frecuencia con la que se observa. Se pueden usar diferentes expresiones matemáticas, teóricas o empíricas que se ajustan a los datos de precipitación.

Las curvas i-d-T, se construyen por medio de puntos representativos de la intensidad media de precipitación para intervalos de diferentes duraciones, correspondientes a un periodo de retorno.

Mediante la fórmula propuesta por Cheng-lung Chen, que ya ha sido probado en otros países y México, se puede calcular la intensidad de la precipitación, considerando lo siguiente: la duración  $d$  en minutos ( $5 \leq d \leq 1440$ ) y un periodo de retorno  $T$  en años ( $5 \leq T \leq 100$ ). Este procedimiento utiliza información pluviométrica disponible en la forma PMD, o también conocida como precipitación máxima en 24 horas (P24).

El procedimiento consiste en combinar la información de isoyetas de intensidad, para estimar los cocientes  $K$  lluvia-duración y  $X$  lluvia-frecuencia, necesarios para aplicarlo en la fórmula de Chen.

$$I_d^T = \frac{a_1 I_1^{10} \log \left\{ 10^{2-x} \left[ \ln \left( \frac{T_a}{T_a - 1} \right) \right]^{-(x-1)} \right\}}{(d + b_1)^{c_1}}$$

Donde  $a_1$ ,  $b_1$  y  $c_1$  son parámetros de tormenta en función de  $K$ .

$K$ – Lluvia-duración

$$K = \frac{R_1^{10}}{R_{24}^{10}}$$

Para  $0.10 \leq K \leq 0.60$

$$a = -2.297536 + 100.0389 * K - 432.5438 * K^2 + 1256.228 * K^3 - 1028.902 * K^4$$

$$b = -9.845761 + 96.94864 * K - 341.4349 * K^2 + 757.9172 * K^3 - 598.7461 * K^4$$

$$c = -0.06498345 + 5.069294 * K - 16.08111 * K^2 + 29.09596 * K^3 - 20.06288 * K^4$$

Para  $0.20 \leq K \leq 0.70$

$$a = 21.03453 - 186.4683 * K + 825.4915 * K^2 - 1,084.846 * K^3 + 524.06 * K^4$$

$$b = 3.487775 - 68.13976 * K + 389.4625 * K^2 - 612.4041 * K^3 + 315.8721 * K^4$$

$$c = 0.2677553 + 0.9481759 * K + 2.109415 * K^2 - 4.827012 * K^3 + 2.459584 * K^4$$

$X$  lluvia-frecuencia

$$X = \frac{R_{24}^{100}}{R_{24}^{10}}$$

### 1.4.1. Estimación del cambio en las curvas de frecuencias ante la variabilidad y el cambio climático

Dada la complejidad en los modelos numéricos globales, se decide utilizar un porcentaje de cambio en los modelos para estimar el cambio en las curvas de frecuencias debido al cambio climático.

El porcentaje de cambio, es una manera de expresar el cambio de una variable ya sea que gane o pierda valor, intensidad o magnitud. Representa el cambio relativo entre un valor inicial y uno final.

$$\frac{x - x_{ref}}{x_{ref}} * 100$$

También se puede calcular de la siguiente forma.

$$\frac{x}{x_{ref}} * 100 - 100$$

El porcentaje de cambio se usó para relacionar los modelos con los datos de las estaciones.

### 1.4.2. Cálculo de las incertidumbres asociadas a los cambios de curvas de frecuencia.

Para verificar las incertidumbres de los modelos con respecto de las observaciones, se calculó el error cuadrático medio. También se calculó la correlación de cada modelo con las observaciones.

El MSE opera sobre el punto más cercano del modelo y la serie temporal observada por las estaciones promediando el cuadrado de las diferencias de cada uno, es decir,

$$MSE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (y_t - o_t)^2$$

El MSE se calcula sobre la serie temporal. A menudo el MSE es expresado con una raíz cuadrada,  $RMSE = \sqrt{MSE}$ . Este tipo de expresión tiene la ventaja de conservar las unidades de la variable de pronóstico y es por lo tanto más fácil de interpretar como una magnitud de error típico.

$$SS = \frac{\sum_{k=1}^n MSE(k) - \sum_{k=1}^n MSE_{ref}(k)}{0 - \sum_{k=1}^n MSE_{ref}(k)} = 1 - \frac{\sum_{k=1}^n MSE(k)}{\sum_{k=1}^n MSE_{ref}(k)}$$

El índice de habilidad MSE se calcula con respecto al pronóstico climatológico como referencia, permite una interesante interpretación para los pronósticos de previsión. Cuando se aplica el pronóstico de previsión, la descomposición se expresa convencionalmente en

términos de las diferencias (anomalías) de información previa y observación con los valores climatológicos correspondientes en cada punto de malla (Murphy and Epstein 1989),

$$\begin{aligned} y'_m &= y_m - c_m \\ o'_m &= o_m - c_m \end{aligned}$$

Donde  $c_m$  es el valor climatológico por punto de malla  $m$ . El MSE resultante y la capacidad resultante son idénticas, porque el valor climatológico  $c_m$  puede ser tanto añadido como sustraído del termino cuadrado.

$$MSE = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (y_m - o_m)^2 = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M ([y_m - c_m] - [o_m - c_m])^2 = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (y'_m - o'_m)^2$$

Para conocer el valor de asociación entre los modelos y las observaciones, se calcula un coeficiente de correlación. En nuestro caso se calculará la correlación de Pearson, la cual es como la relación de la covarianza de la muestra de las dos variables en el producto de las dos desviaciones estándar,

$$\begin{aligned} r_{xy} &= \frac{Cov(x, y)}{S_x S_y} = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2} \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]^{1/2}} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n (x'_i y'_i)}{[\sum_{i=1}^n (x'_i)^2]^{1/2} [\sum_{i=1}^n (y'_i)^2]^{1/2}} \end{aligned}$$

Donde las primas denotan anomalías, o la resta de los valores medios, la varianza de la muestra es un caso especial de la covarianza, con  $x = y$ .

La correlación de Pearson tiene dos propiedades importantes. En primer lugar, está limitada por -1 y 1; es decir,  $-1 \leq r_{xy} \leq 1$ . Si  $r_{xy} = -1$  existe una asociación lineal negativa perfecta entre  $x$ ,  $y$ . Es decir, el diagrama de dispersión de  $y$  contra  $x$  consta de todos los puntos que caen a lo largo de una línea, y esa línea tiene pendiente negativa. Del mismo modo, si  $r_{xy} = 1$  hay una perfecta asociación lineal positiva. (Pero tenga en cuenta que  $|r_{xy}| = 1$  no dice nada acerca de la pendiente de la relación lineal perfecta entre  $x$ ,  $y$ , excepto que no es cero.)

La segunda propiedad importante es que el cuadrado de la correlación de Pearson,  $r_{xy}^2$ , especifica la proporción de la variabilidad de una de las dos variables que se contabilizan linealmente, o describen, por la otra.

## Capítulo 2. Resultados

### 2.1 Precipitación en las cuencas seleccionadas

Antes de calcular el periodo de retorno, se construyeron los histogramas de la precipitación de una estación por cada cuenca. Observando que los datos se ajustan a la distribución Gamma. En las figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se muestran un ejemplo por cada cuenca de los

histogramas construidos con la serie temporal. Dado la gran cantidad de lluvia con magnitud cero, para facilitar el análisis de los datos fueron eliminadas las precipitaciones con magnitudes de 0 mm/d. Después se calculó los parámetros utilizados por la distribución  $k$  y  $\theta$ . Finalmente se graficó la función de densidad de probabilidad y la función de distribución acumulada (Figuras 9 a 14). Como se puede apreciar en las figuras 9, 11 y 13, la función gamma se ajusta muy bien a la distribución de los datos observados.

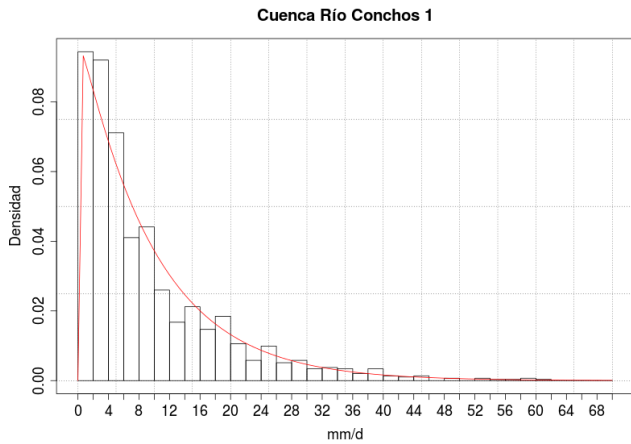


Figura 9. Histograma y función de densidad de probabilidad Gamma, de una serie temporal de precipitación de la estación 8057 El Sitio, Chihuahua.

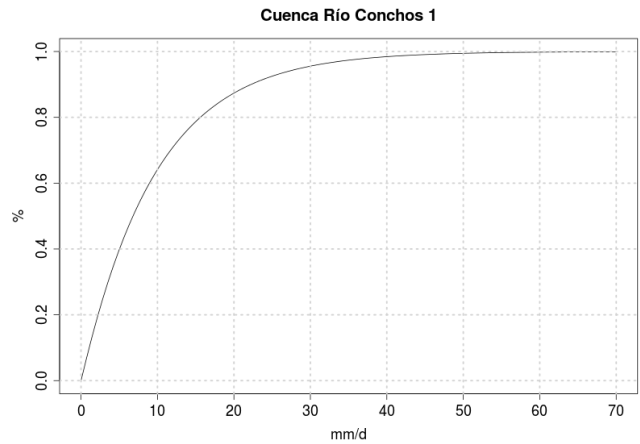


Figura 10. Función de distribución acumulada Gamma, de una serie temporal de precipitación de la estación 8057 El Sitio, Chihuahua.



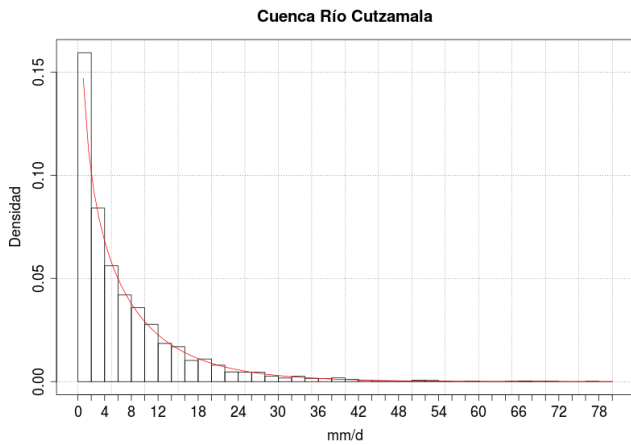


Figura 11. Histograma y función de densidad de probabilidad Gamma, de una serie temporal de precipitación de la estación 7135 Puente Concordia (CFE), Chiapas.

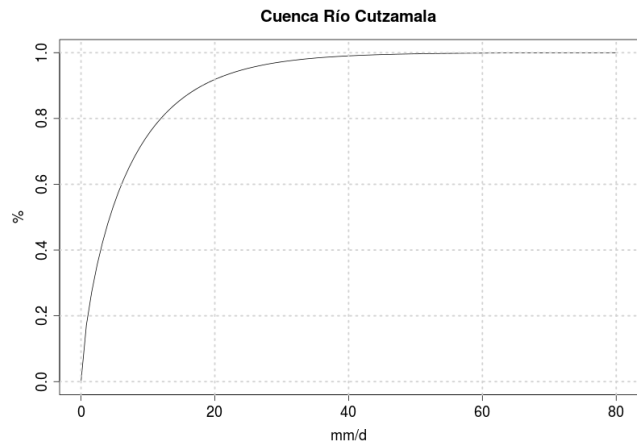


Figura 12. Función de distribución acumulada Gamma, de una serie temporal de precipitación de la estación 7135 Puente Concordia (CFE), Chiapas.

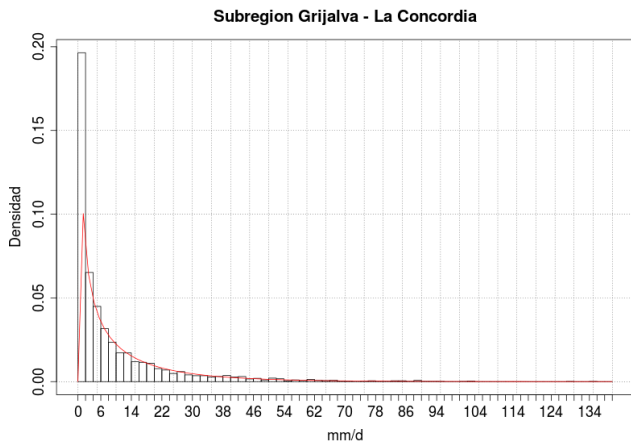


Figura 13. Histograma y función de densidad de probabilidad Gamma, de una serie temporal de precipitación de la estación 15130 Presa Valle del Bravo (CFE), Edo. México.

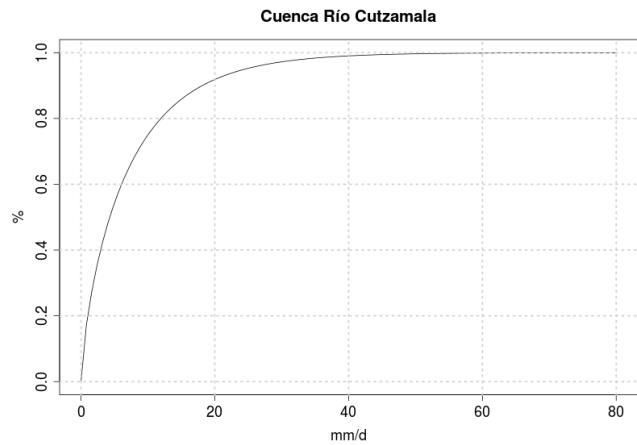


Figura 14. Función de distribución acumulada Gamma, de una serie temporal de precipitación de la estación 15130 Presa Valle del Bravo (CFE), Edo. México.

## 2.2 Precipitaciones pluviales máximas anuales

Para la generación de los períodos de retorno de los eventos extremos, es necesario trabajar con las precipitaciones máximas anuales. Con los datos de precipitación diaria, se buscaron los datos máximos de cada año, para el periodo de 1960-1999. Para ello se buscaron los años válidos. Se considera un año válido, aquel que contenga por lo menos 300 días de datos, esto con la finalidad de asegurarse de capturar los periodos de lluvia de la cuenca. Los valores extremos de precipitación ya no se ajustan apropiadamente a la distribución Gamma. Para ello, es común utilizar funciones de distribución de probabilidad de valores extremos. En este estudio se utilizó la función de distribución de probabilidad de Gumbel. A partir de los datos de precipitación máxima se calcularon los parámetros utilizados por la función de distribución de Gumbel,  $\mu$  (moda) y  $\alpha$  (parámetro de escala). Las Figuras 15 a 20,

muestran ejemplos de los histogramas de los valores extremos, su ajuste a la función de densidad de probabilidad de Gumbel y la asociada función de distribución acumulada, de las tres cuencas de estudio. Con la función de densidad de probabilidad y la función de distribución acumulada se calcularon los periodos de retorno requeridos.

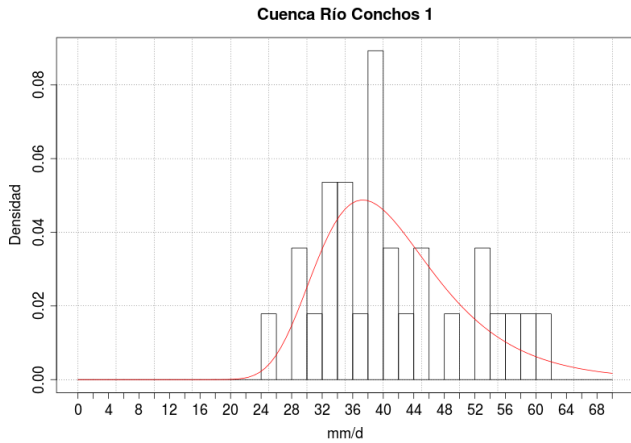


Figura 15. Histograma y función de densidad de probabilidad Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 8057 El Sitio, Chihuahua.

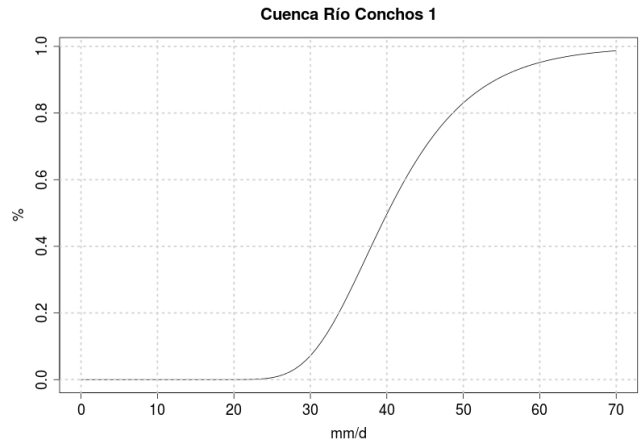


Figura 16. Función de distribución acumulada Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 8057 El Sitio, Chihuahua.

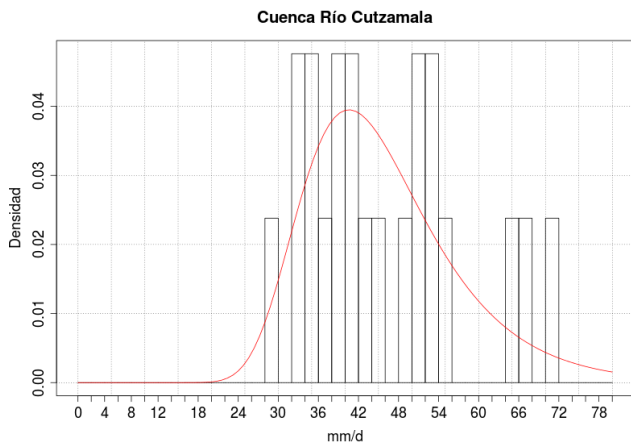


Figura 17. Histograma y función de densidad de probabilidad Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 7135 Puente Concordia (CFE), Chiapas.

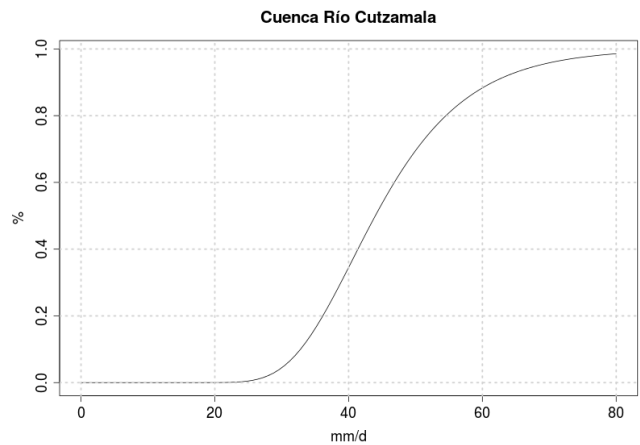


Figura 18. Función de distribución acumulada Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 7135 Puente Concordia (CFE), Chiapas.

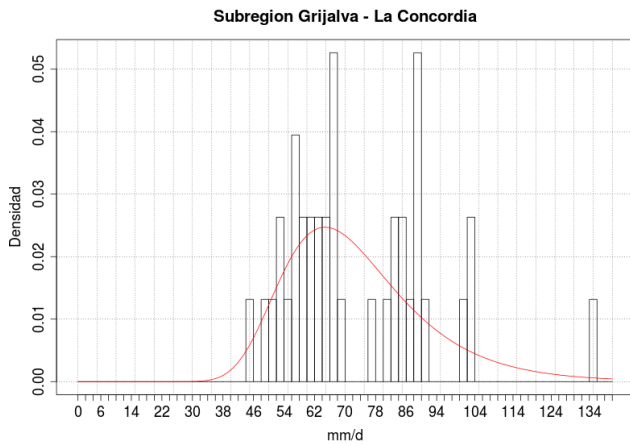


Figura 19. Histograma y función de densidad de probabilidad Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 15130 Presa Valle del Bravo (CFE), Edo. México.

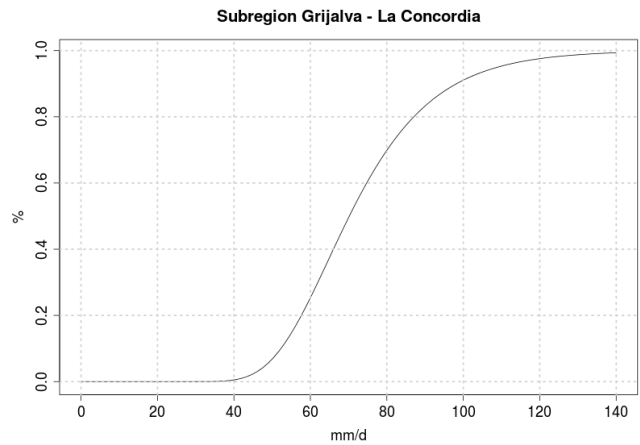


Figura 20. Función de distribución acumulada Gumbel, de una serie de valores máximos de precipitación de la estación 15130 Presa Valle del Bravo (CFE), Edo. México.

Para calcular el periodo de retorno de 10 y 100 años, a partir de la ecuación de la función acumulativa de Gumbel y los parámetros, se dedujo la variable reducida de Gumbel  $y_T$ .

$$y_T = -\ln \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]$$

Y  $x_T$  (valor máximo de precipitación para un período de retorno  $T$ ) que se relaciona con  $y_T$  mediante la siguiente ecuación:

$$x_T = \mu + \alpha y_T$$

De esta manera se obtuvo la lluvia máxima para un periodo de 10 y 100 años, que serán utilizados para construir las gráficas i-d-T.

Dada la dependencia lineal de los parámetros  $\alpha$  y  $\mu$ , se calcularon y graficaron los contornos de los parámetros  $\alpha$  (Figura 21) y moda (Figura 22) en las tres cuencas de estudio. La cuenca de Río Conchos, muestra una mayor asimetría del parámetro de escalamiento que el resto de las cuencas. Al noroeste de la cuenca de Conchos, existe un gradiente mayor del parámetro de escalamiento. Para las cuencas del Río Cutzamala y la subregión Grijalva la Concordia, la asimetría es menor, pero es notable el fuerte gradiente en la región norte.

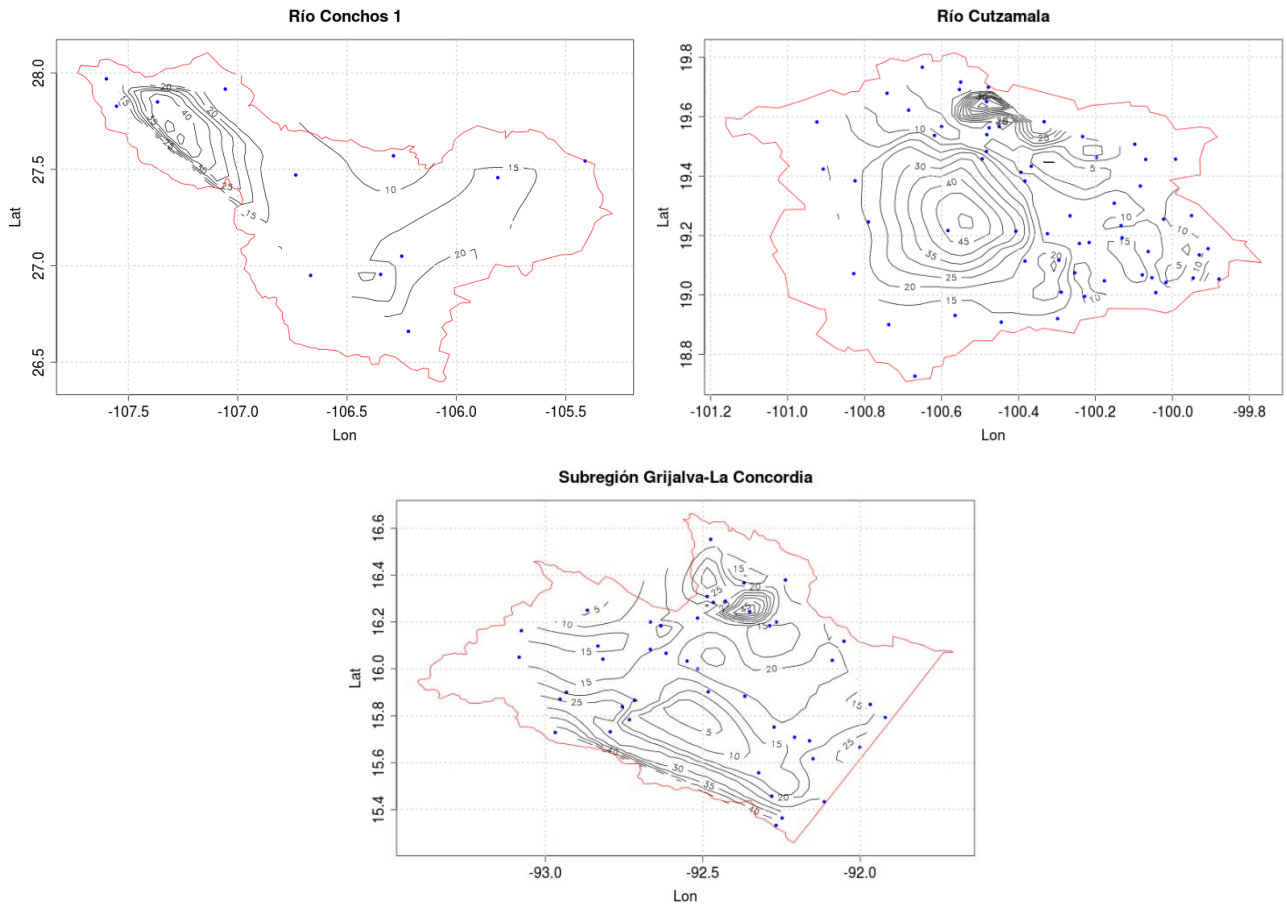
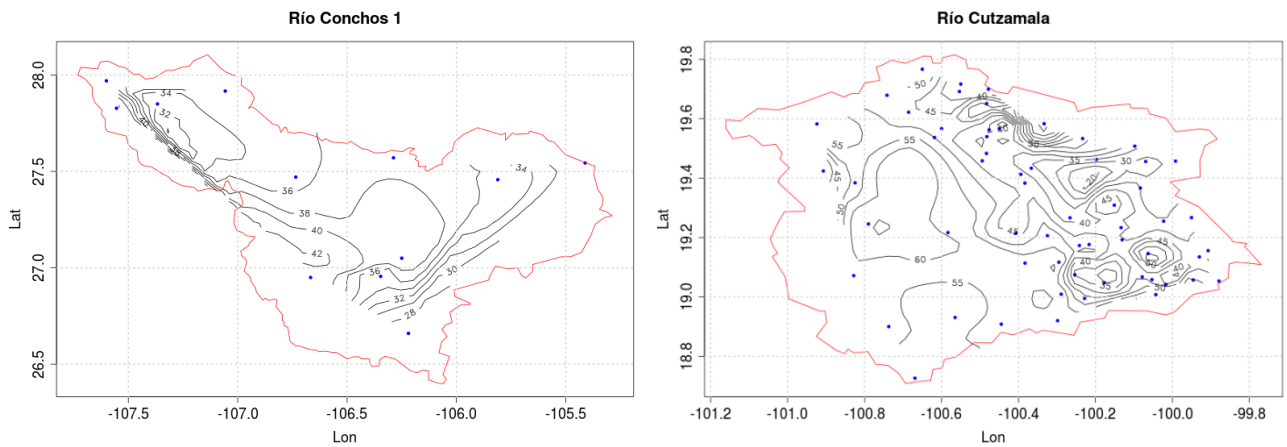


Figura 21. Contorno del parámetro  $\alpha$  con datos observados, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.

En los contornos de la moda (Figura 22) la cuenca del Río Cutzamala es la que presenta mayor asimetría en la parte noreste. La subregión Grijalva-La Concordia, presenta fuertes gradientes del parámetro moda en toda la cuenca. La cuenca del Río Conchos I, la moda es más homogénea.



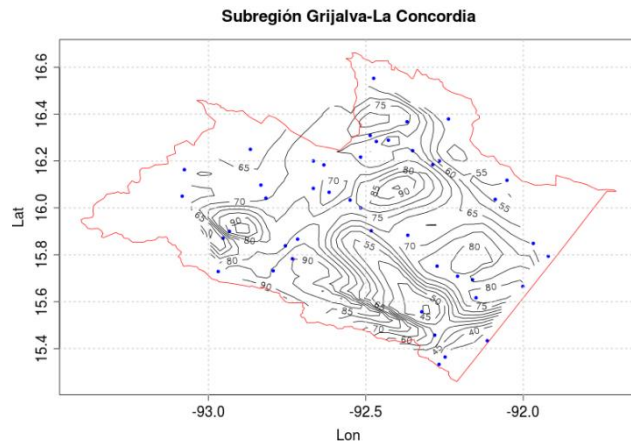


Figura 22. Contornos de Moda, con datos observados, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.

También se graficaron las isoyetas para cada una de las cuencas (mm/24hr) de los datos observados (Figura 23). En consistencia con las gráficas de los contornos de los parámetros, las lluvias más intensas con periodo de retorno a 10 años están en la Subregión Grijalva-La Concordia (180 mm/24 hrs) seguidas de la cuenca Cutzamala (hasta 160 mm/24 hrs) y Río Conchos 1 (120 mm/24 hrs) respectivamente.

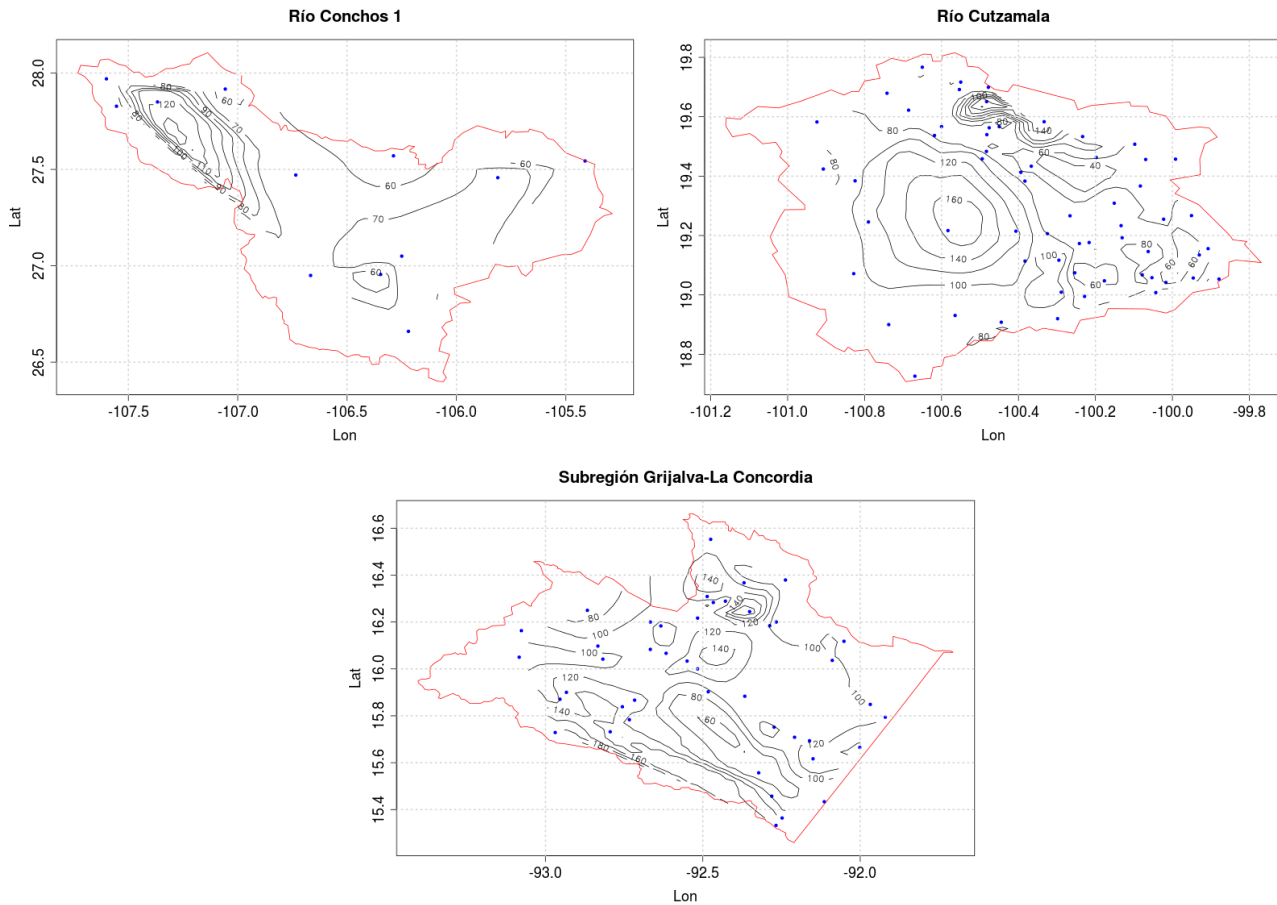


Figura 23. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos observados. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.

La Figura 24 muestra las isoyetas para cada una de las cuencas (mm/24hr) de los datos observados (Figura 23), para un periodo de retorno de 100 años. Las isoyetas en la subregión Grijalva-La Concordia tienen gradientes más fuertes que las otras cuencas, en el extremo norte y sur. Las lluvias más intensas con periodo de retorno a 100 años están en la Subregión Grijalva-La Concordia (280 mm/24 hrs) seguidas de la cuenca Cutzamala (hasta 250 mm/24 hrs) y Río Conchos 1 (220 mm/24 hrs) respectivamente.

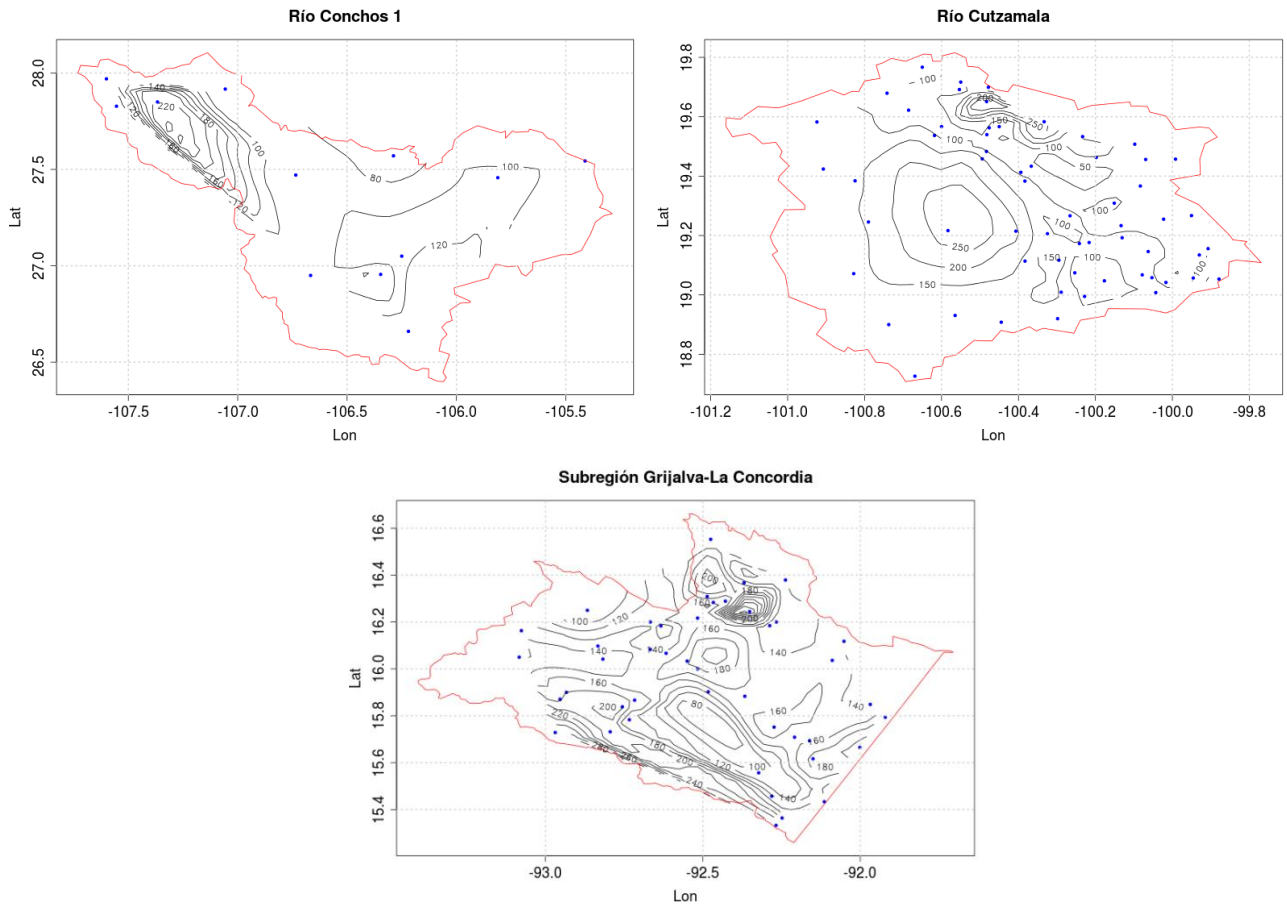


Figura 24. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos observados. Periodo de retorno 100 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.

### 2.3 Cambio en los periodos de retorno con Modelos de escenarios futuros

Para conocer la tendencia a futuro se calculó el porcentaje de cambio usando los modelos MPI-ESM-LR y MRI-CGCM3 de acuerdo a la Tabla 2. Para calcularlo se usaron precipitaciones máximas de fechas históricas (1960-1999) y futuras (2060-2099) de 40 años de los datos del modelo. Para incluir los escenarios futuros en los datos de precipitación, se multiplicaron cada uno de los cocientes a los datos, de precipitación máxima, de las estaciones correspondientes a cada cuenca.

La Tabla 2, muestra para la subregión Grijalva-La Concordia, el mayor incremento en las precipitaciones máximas en la mayoría de los modelos presentados. Cabe mencionar que en esta subregión hidrológica se encuentra la presa más grande de México.

La cuenca Cutzamala es la que presenta menor cambio (8% en promedio) en la mayoría de los modelos. Con los escenarios planteados, la cuenca de Río Conchos 1, muestra un incremento en la precipitación máxima del 13% en promedio.

Tabla 2. Porcentaje de cambio calculado de los datos de los históricos de 1960 a 1999 y los datos del modelo de 2060 al 2099

Cuenca	Modelo	Experimento	Ensamble	Cociente	Porcentaje
Conchos	MPI-ESM-LR	rcp45	r3i1p1	1.2961	29.61
		rcp85		1.11	11
	MRI-CGCM3	rcp45	r1i1p1	1.0912	9.12
		rcp85		1.0162	1.62
Concordia	MPI-ESM-LR	rcp45	r3i1p1	1.0788	7.88
		rcp85		1.2267	22.67
	MRI-CGCM3	rcp45	r1i1p1	1.5943	59.43
		rcp85		2.1498	114.98
Cutzamala	MPI-ESM-LR	rcp45	r3i1p1	1.0673	6.73
		rcp85		1.0339	3.39
	MRI-CGCM3	rcp45	r1i1p1	1.0655	6.55
		rcp85		1.1716	17.16

Una vez calculadas los incrementos en las precipitaciones máximas, se obtuvieron los parámetros de la función de probabilidad de Gumbel, para cada cuenca, y sus respectivos contornos, mostrados de la Figura 25 a la Figura 32. Posteriormente fueron calculados los periodos de retorno, utilizando la información anterior, para cada cuenca, y sus respectivos contornos, mostrados de la Figura 33 a la Figura 43.

Como es de esperarse, la subregión Grijalva-La Concordia muestra el mayor incremento en las isoyetas tanto en el periodo de retorno de 10 años como de 100 años. Las isoyetas en la subregión hidrológica mencionada anteriormente, tienen máximos de 350 mm/24 hr y de 500 mm/24 hrs, para periodos de retorno de 10 y 100 años respectivamente, con el modelo MRI-CGCM3, experimento rcp8.5.

Por otro lado, la cuenca Cutzamala no muestra cambios tan significativos.



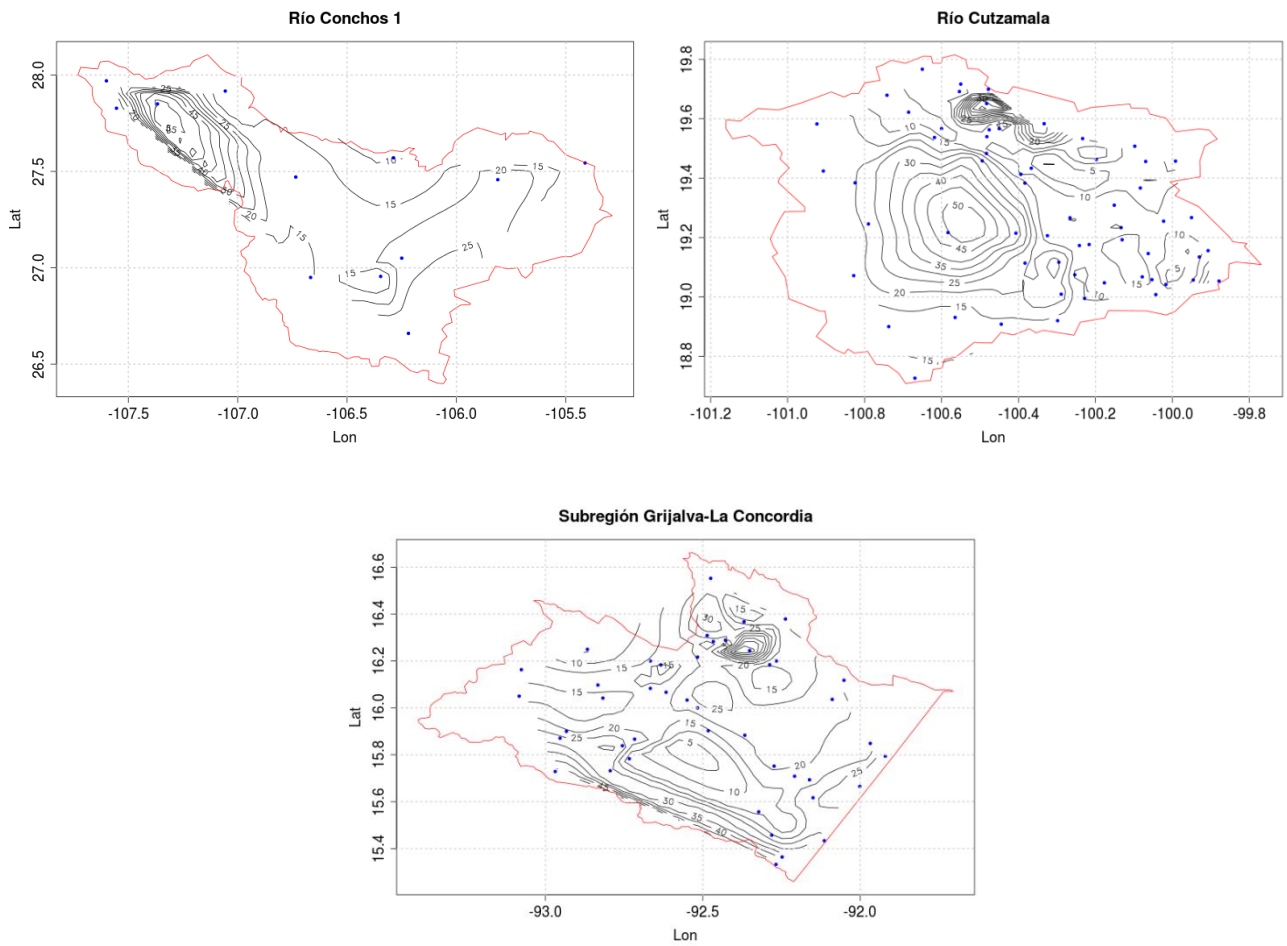
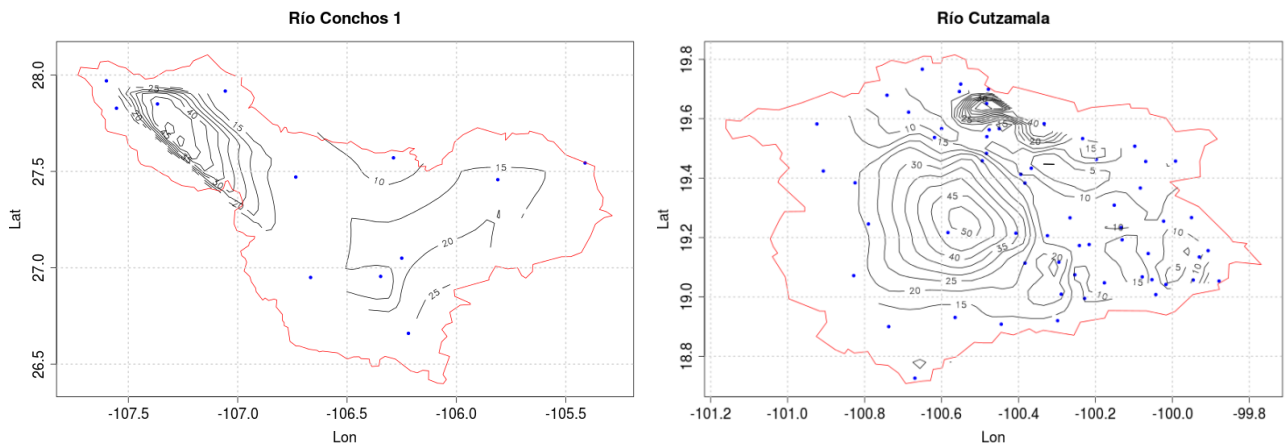


Figura 25. Contorno del parámetro  $\alpha$  con datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 4.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.





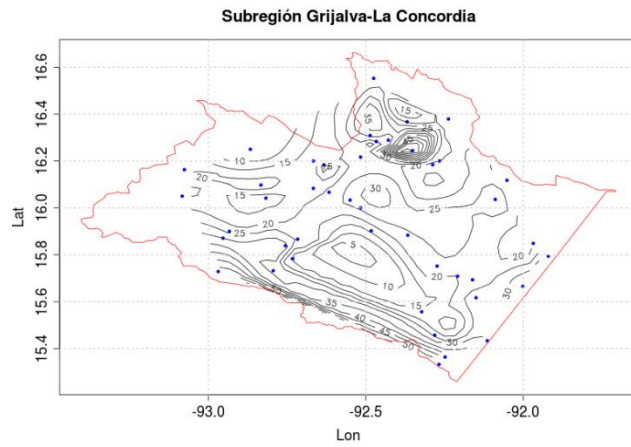


Figura 26 .Contorno del parámetro  $\alpha$  con datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 8.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.

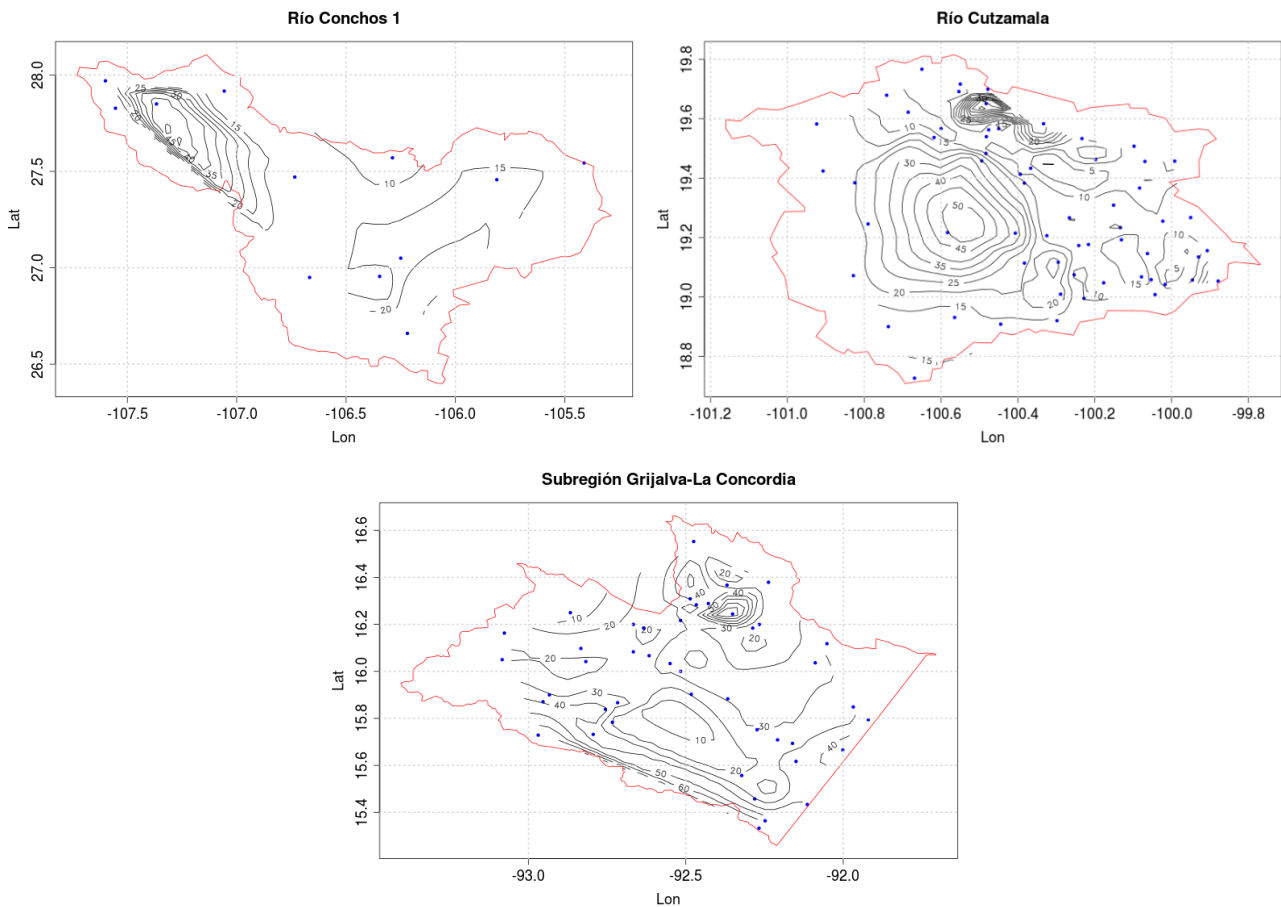


Figura 27. Contorno del parámetro  $\alpha$  con datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 4.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.

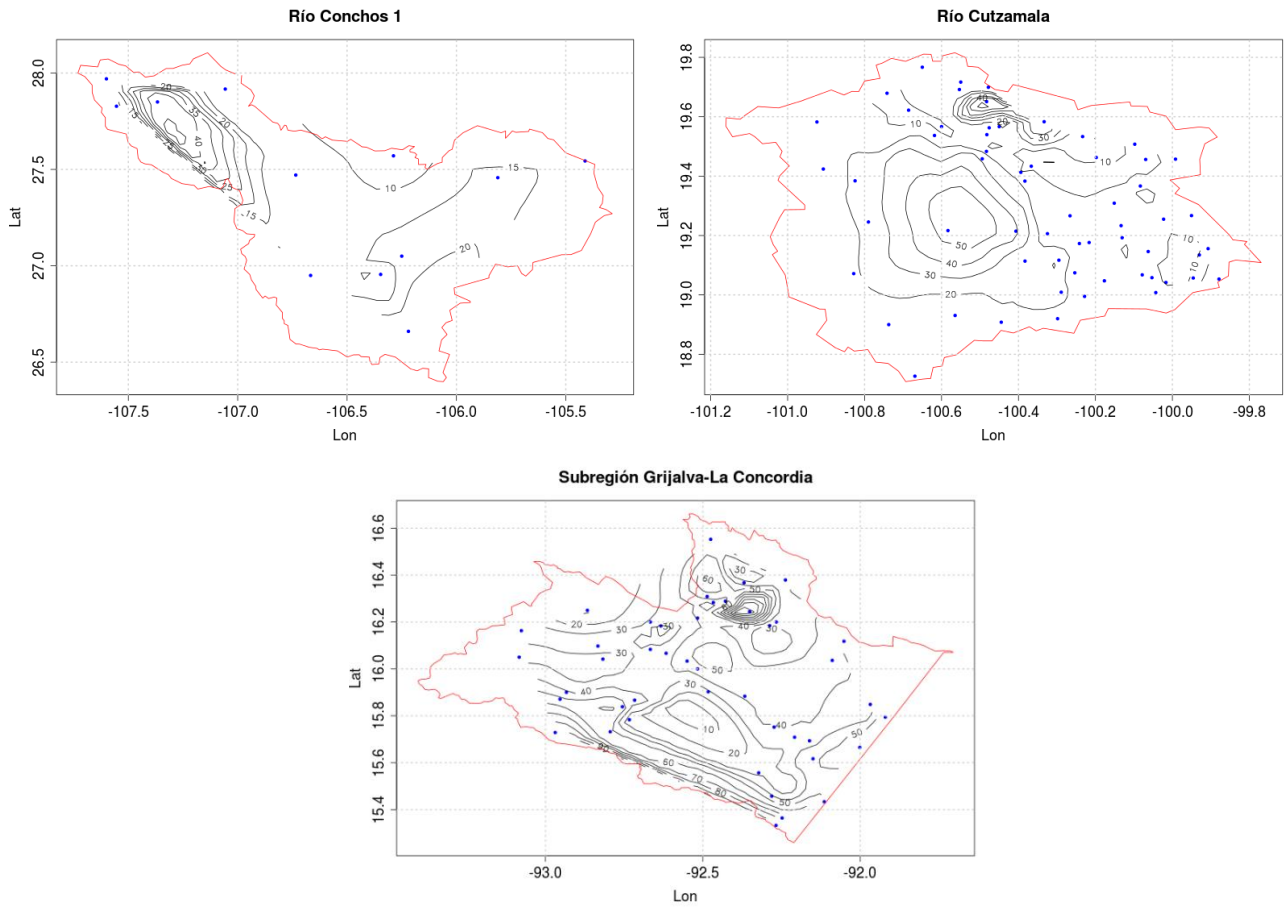
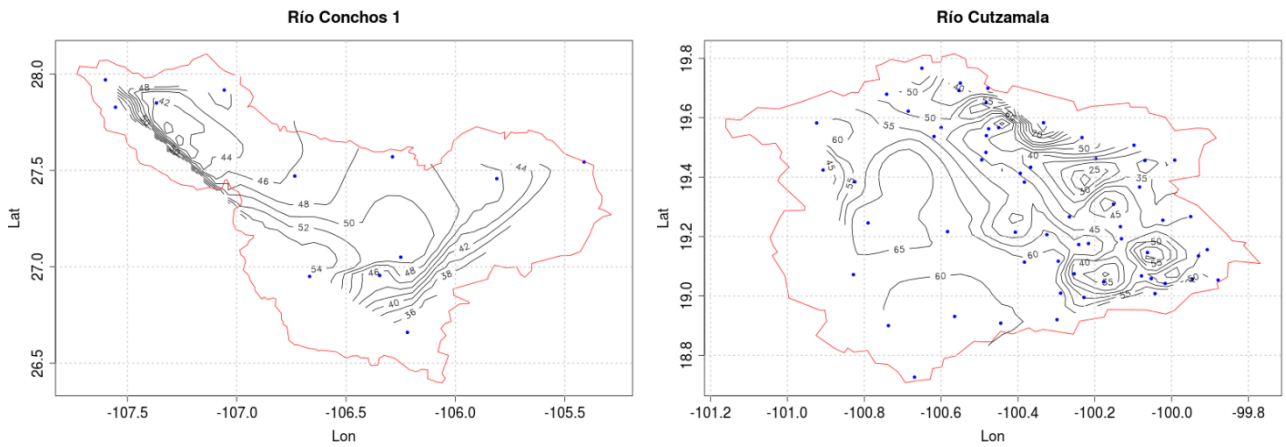


Figura 28. Contorno del parámetro  $\alpha$  con datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 8.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.



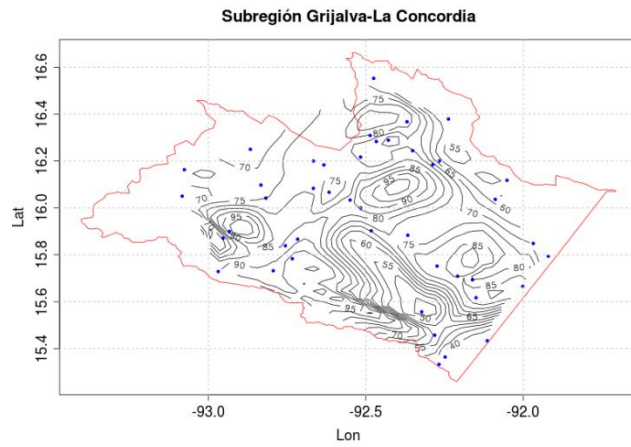


Figura 29. Contornos de Moda, con datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 4.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.

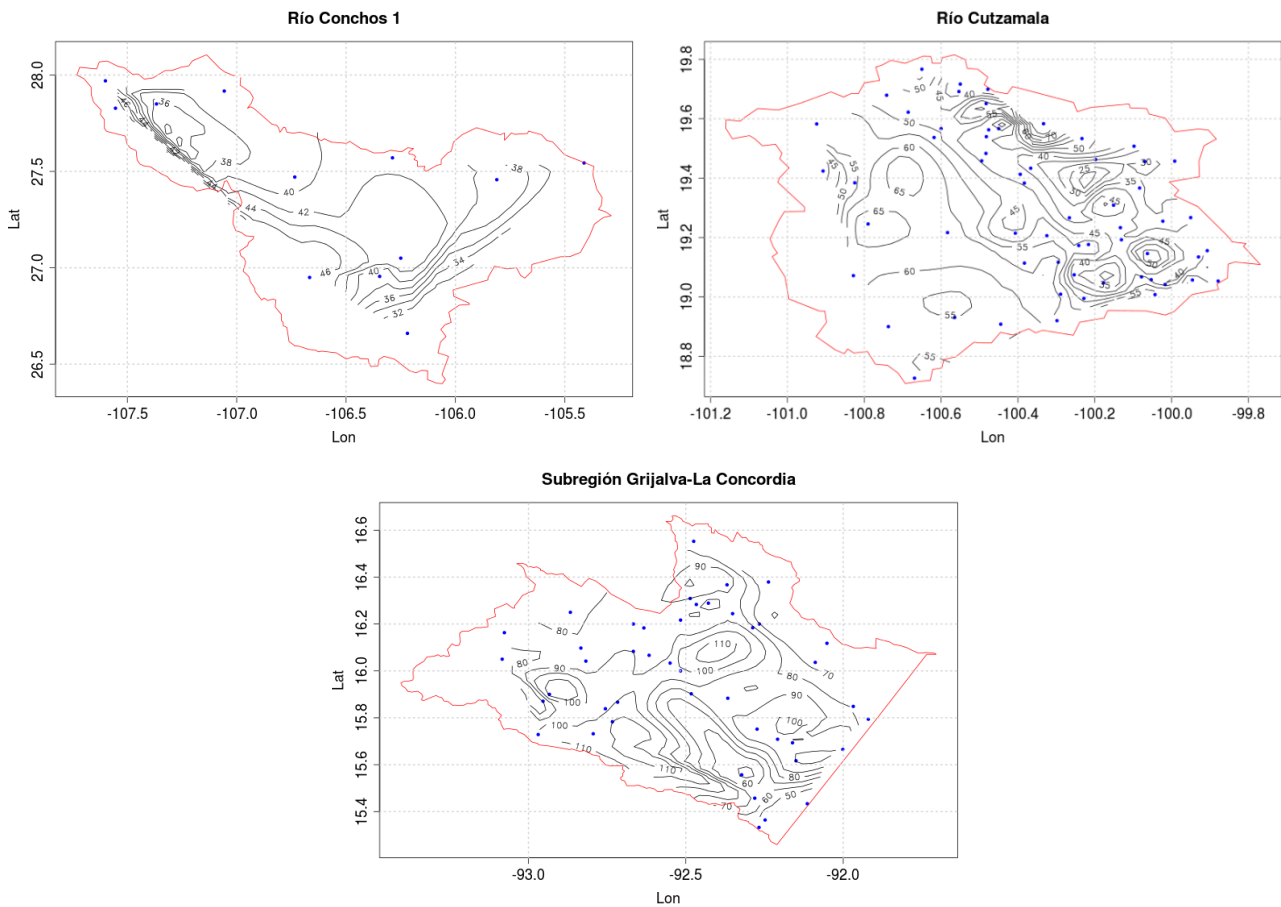


Figura 30. Contornos de Moda, con datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 8.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.

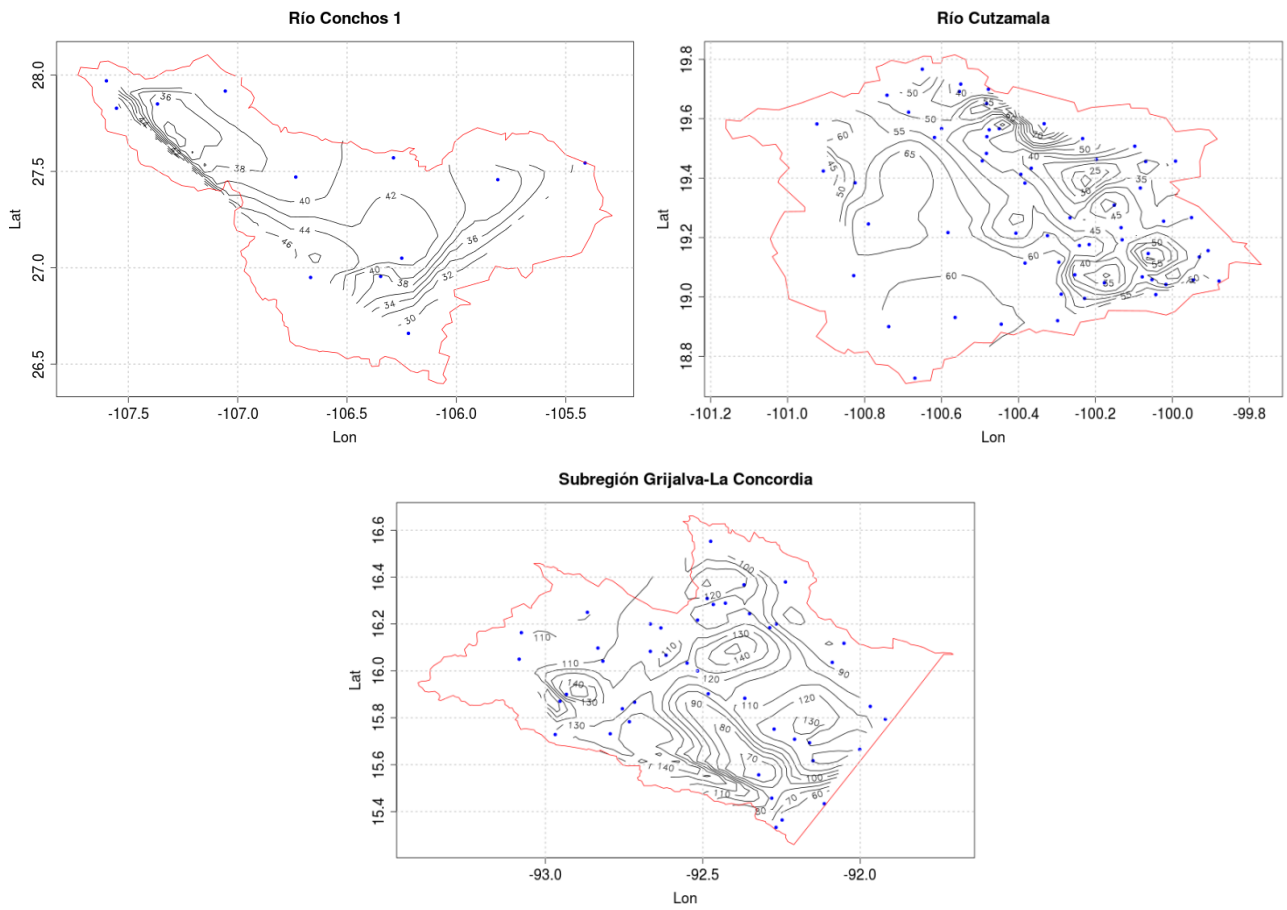
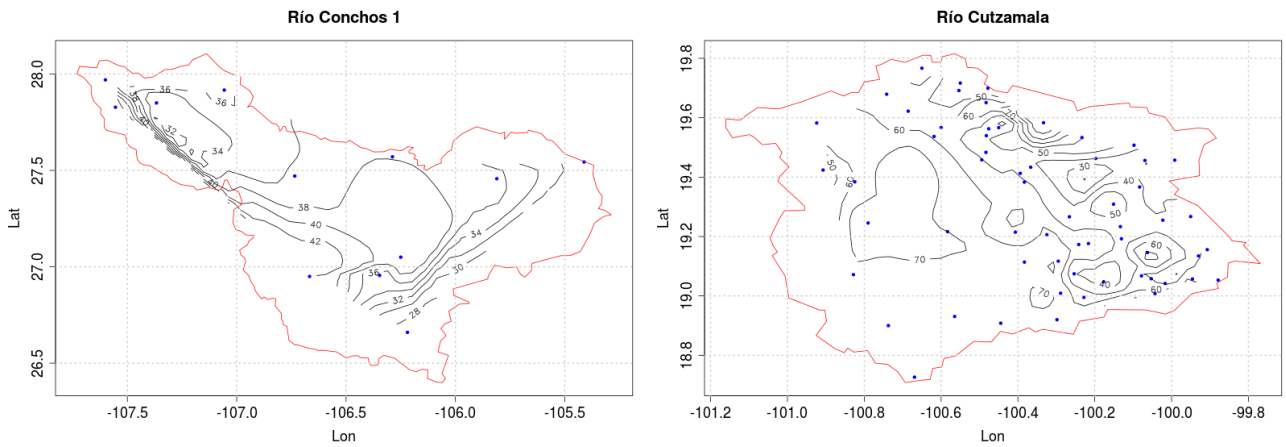


Figura 31. Contornos de Moda, con datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 4.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.



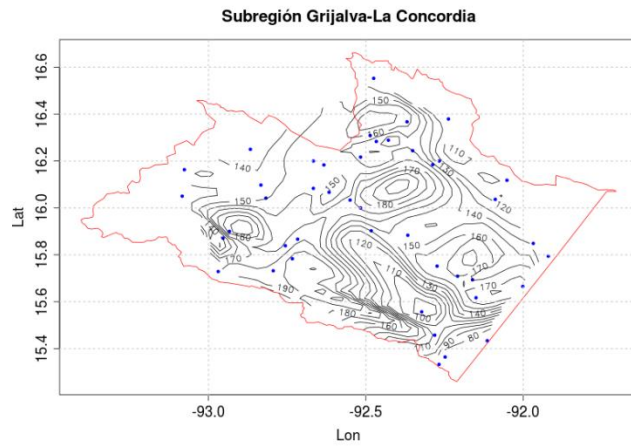


Figura 32. Contornos de Moda, con datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 8.5, de las cuencas de estudio. a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala, c) Subregión Grijalva-La Concordia.

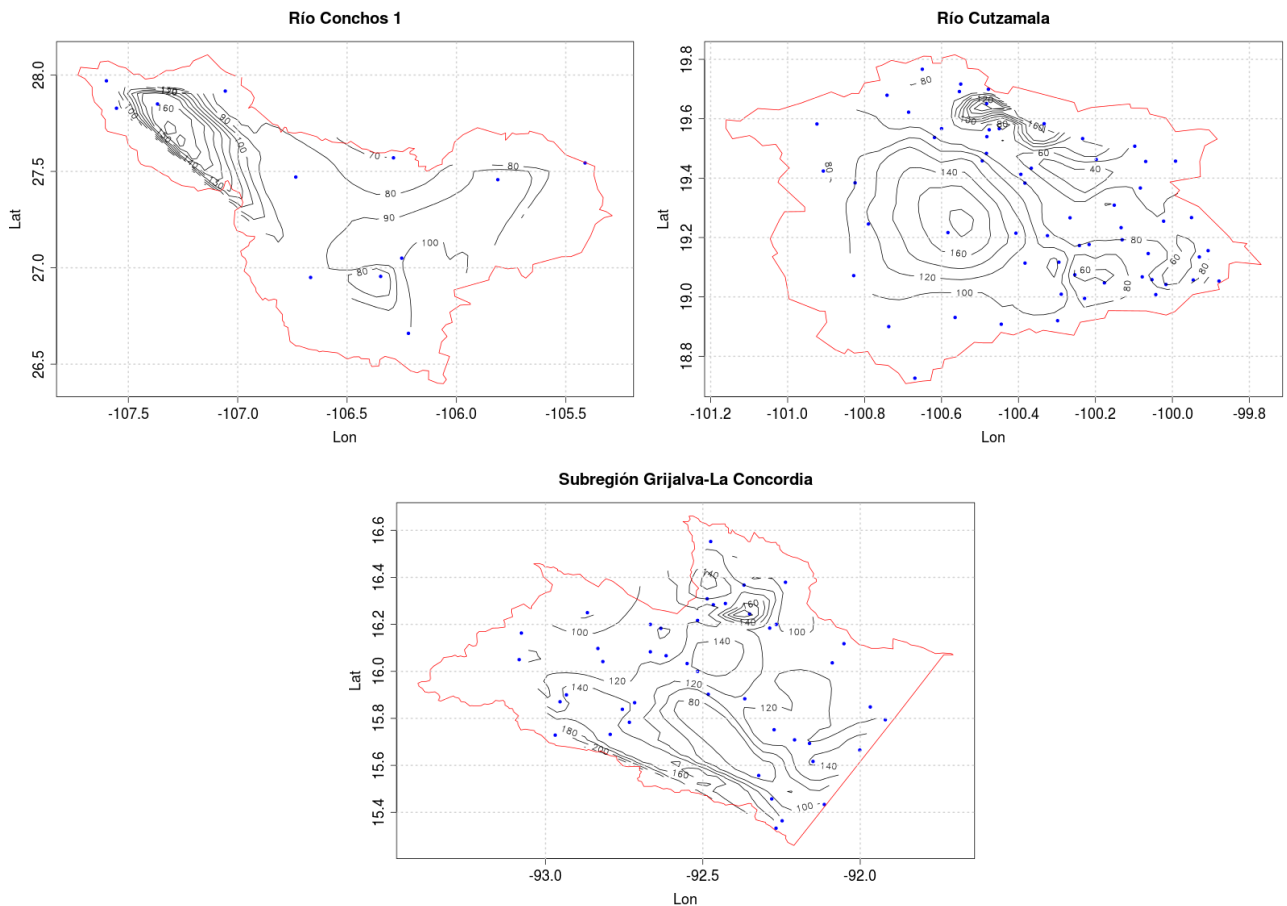


Figura 33. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 4.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.

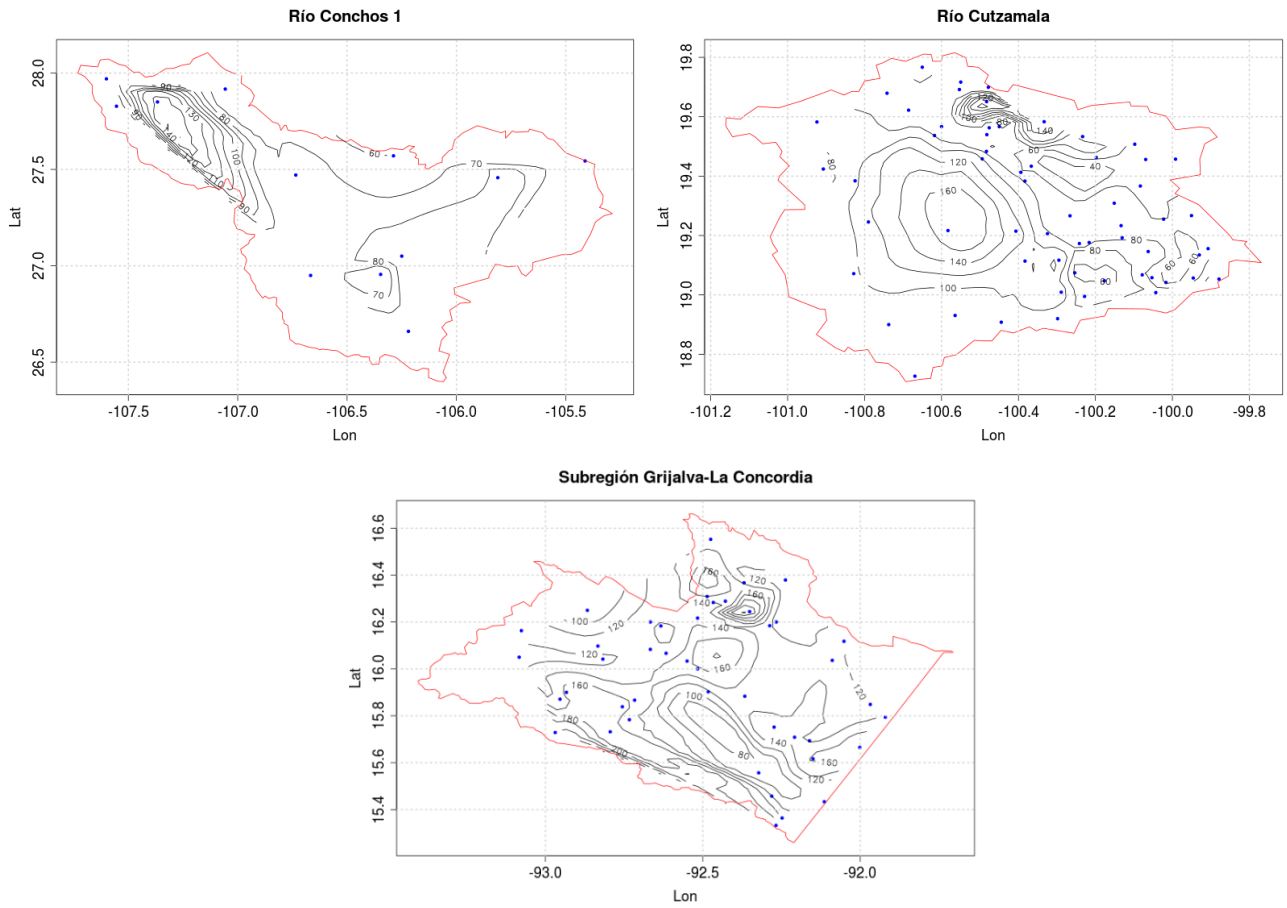
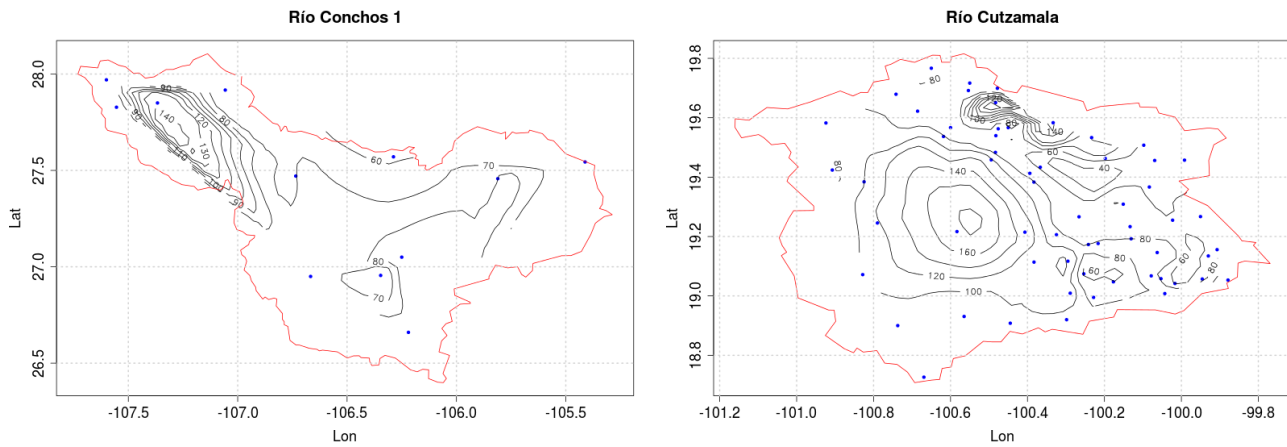


Figura 34. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 8.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.





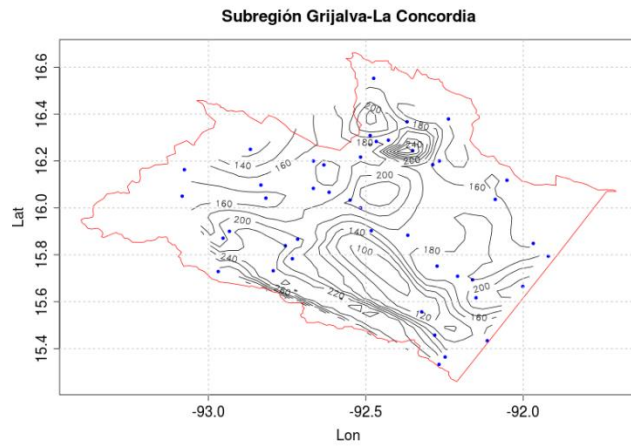


Figura 35. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 4.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.

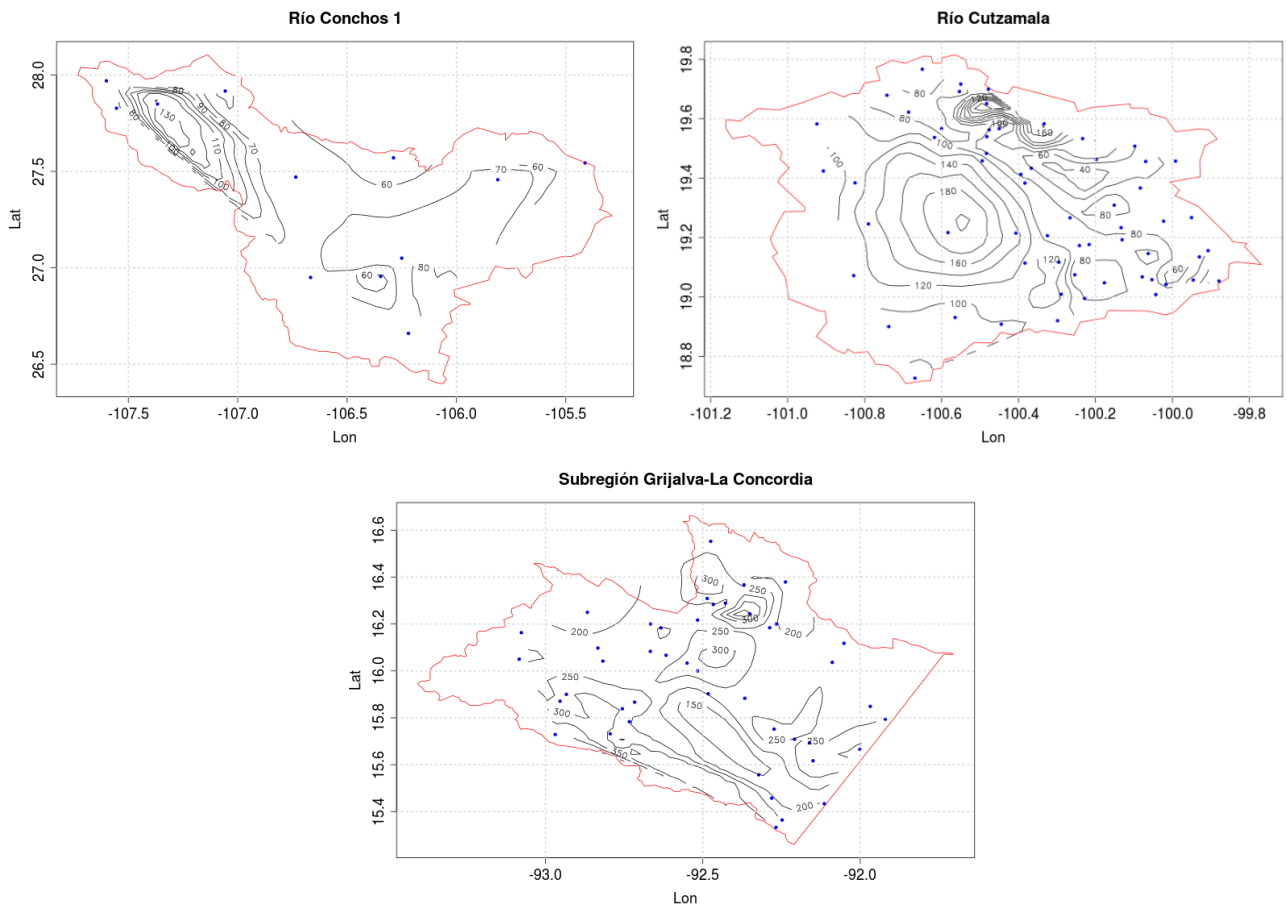


Figura 36. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 8.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.

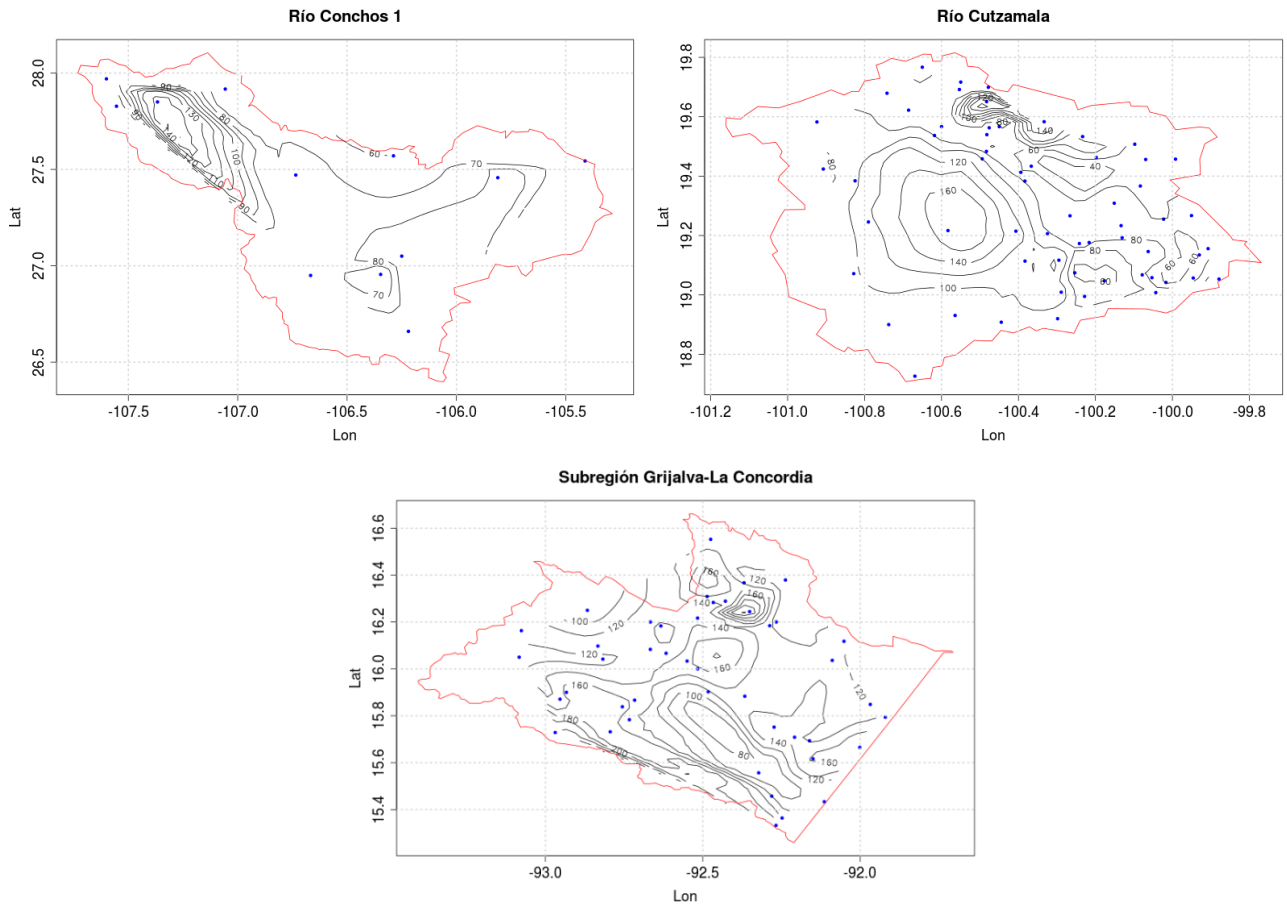
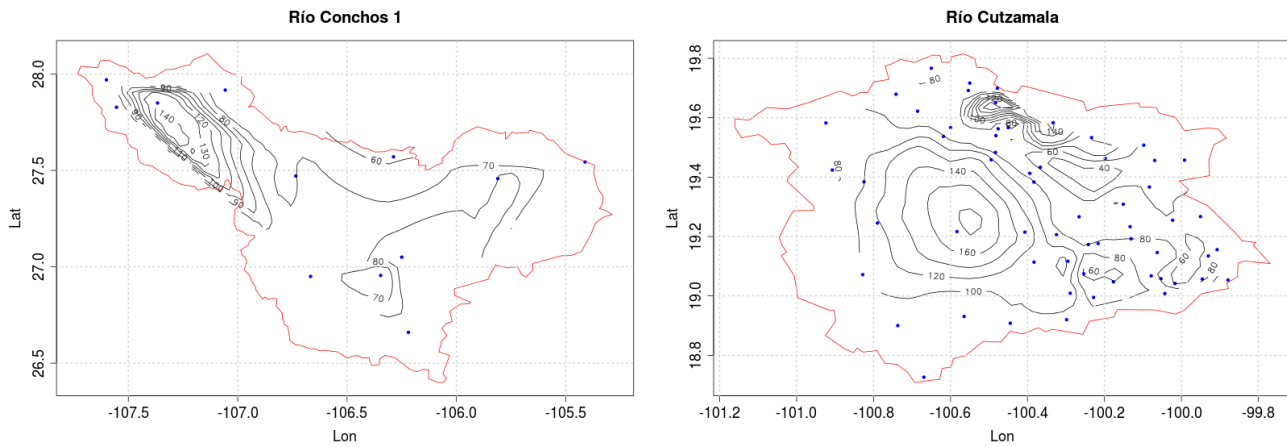


Figura 37. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 8.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.





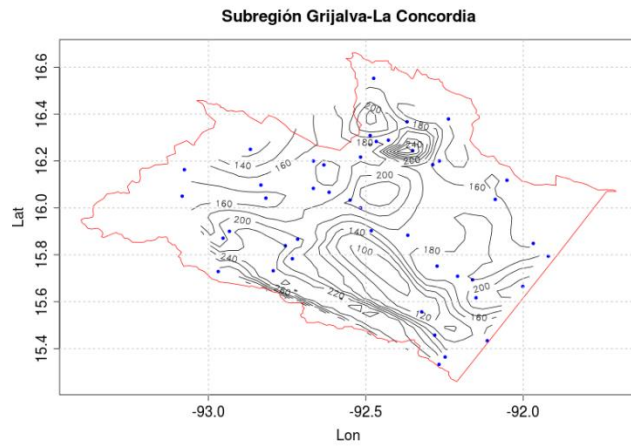


Figura 38. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 4.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.

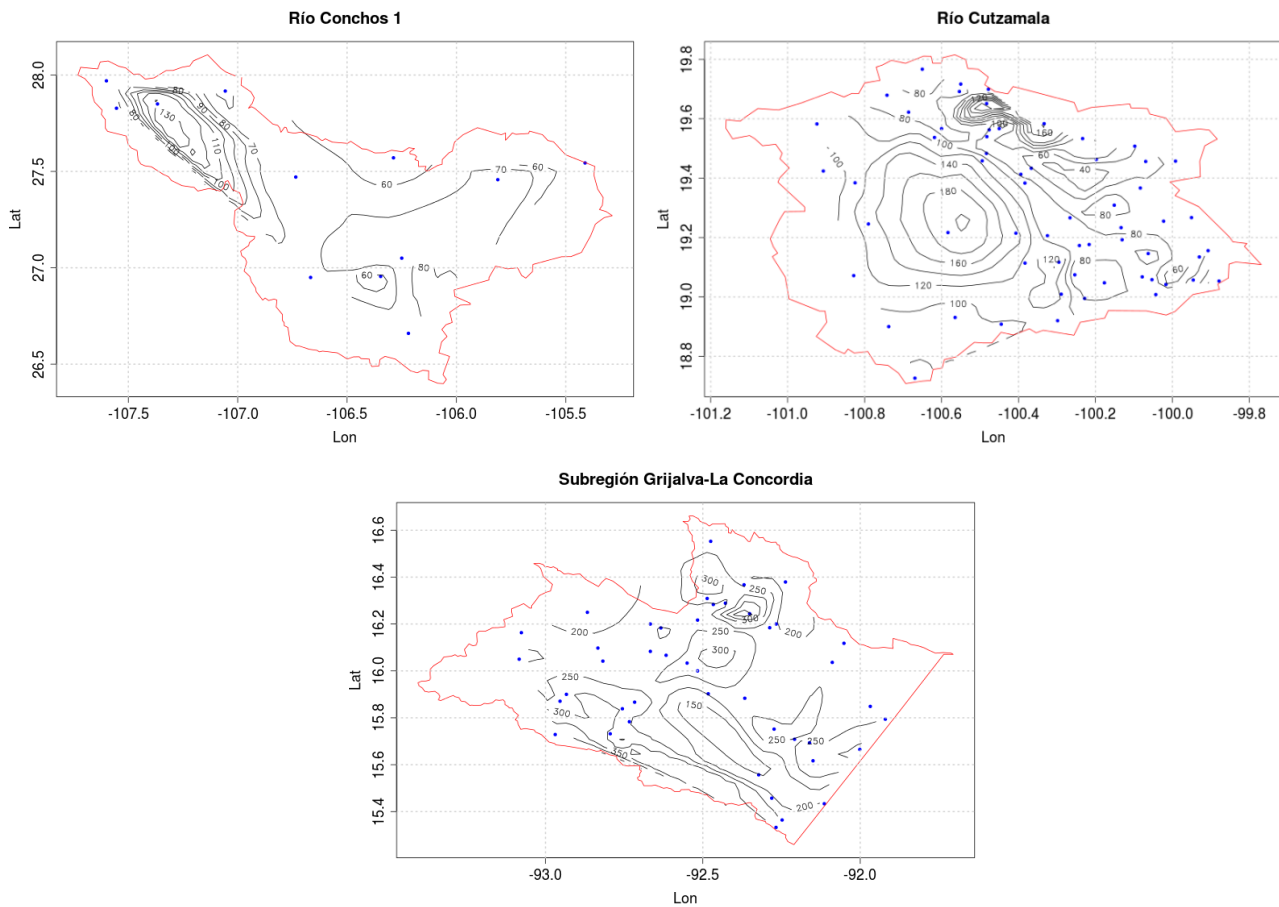


Figura 39. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 8.5. Periodo de retorno 10 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.

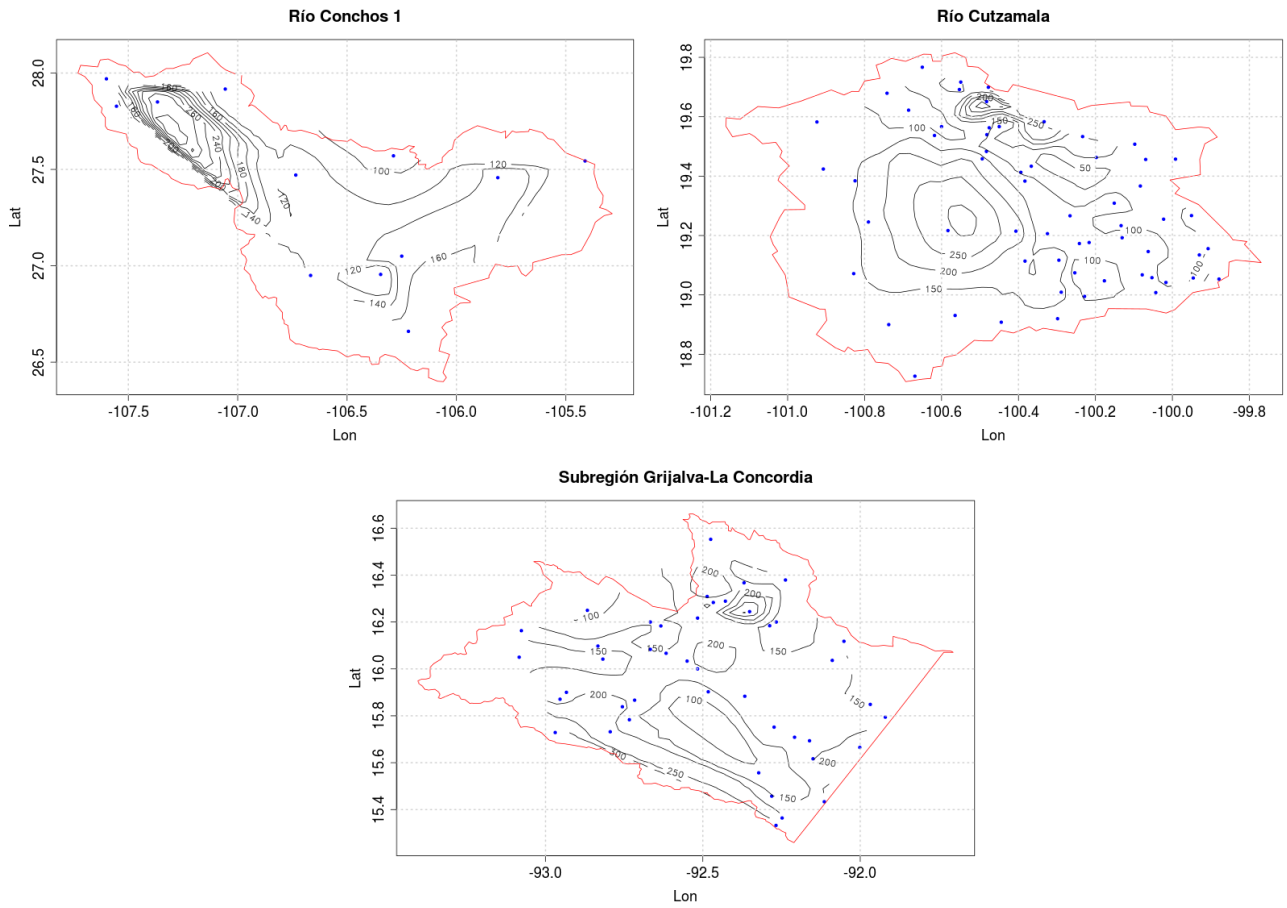
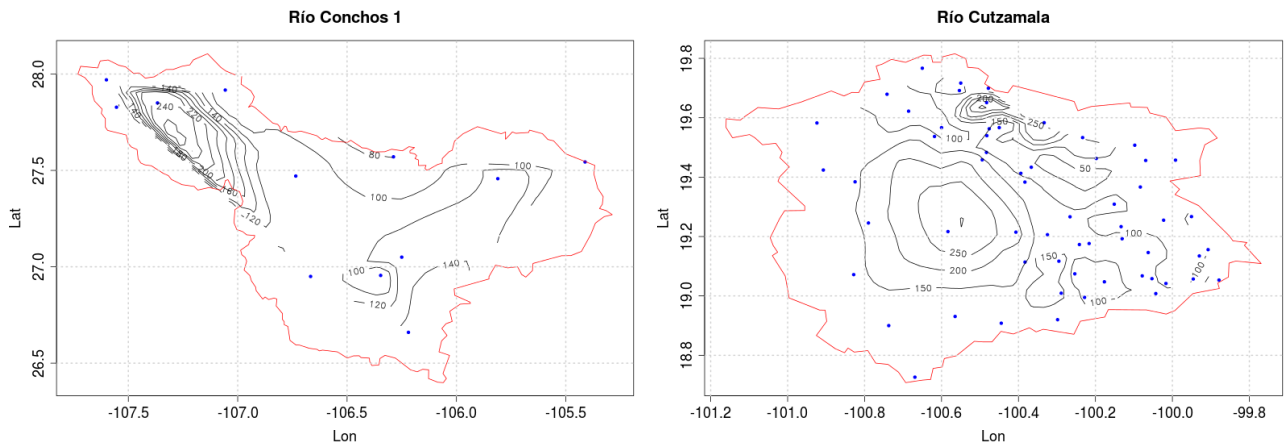


Figura 40. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 4.5. Periodo de retorno 100 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.



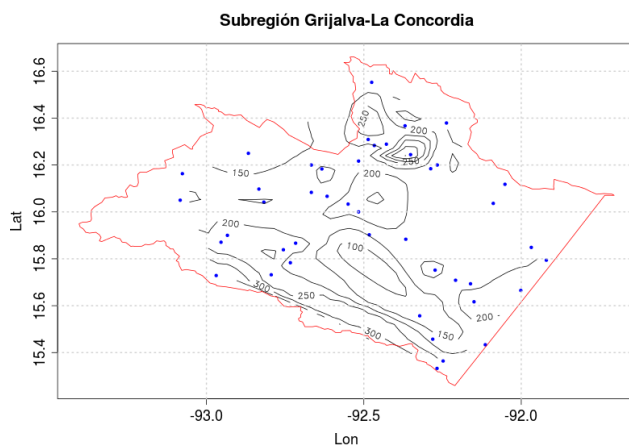


Figura 41. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MPI-ESM-LR, experimento RCP 8.5. Periodo de retorno 100 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.

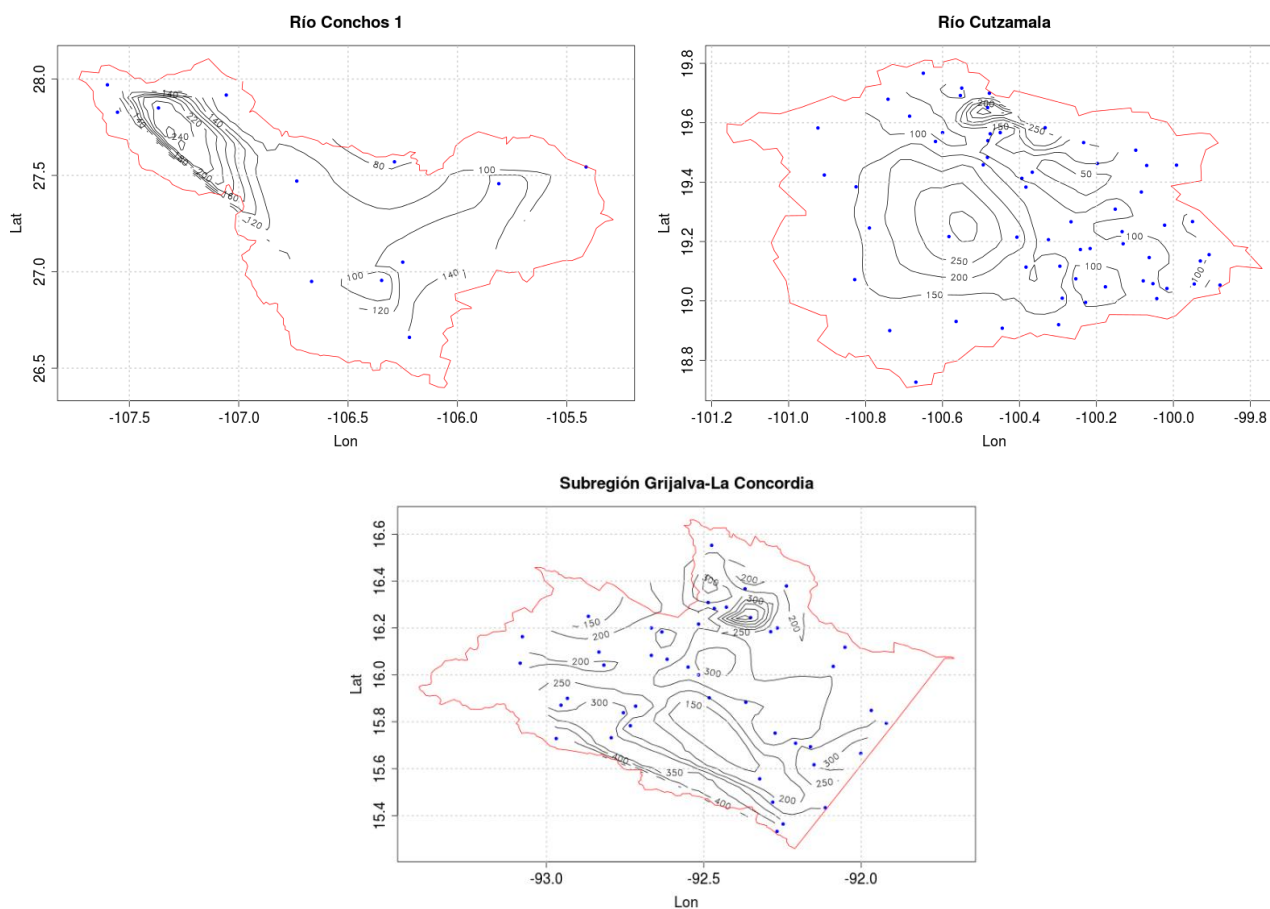


Figura 42. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 4.5. Periodo de retorno 100 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.

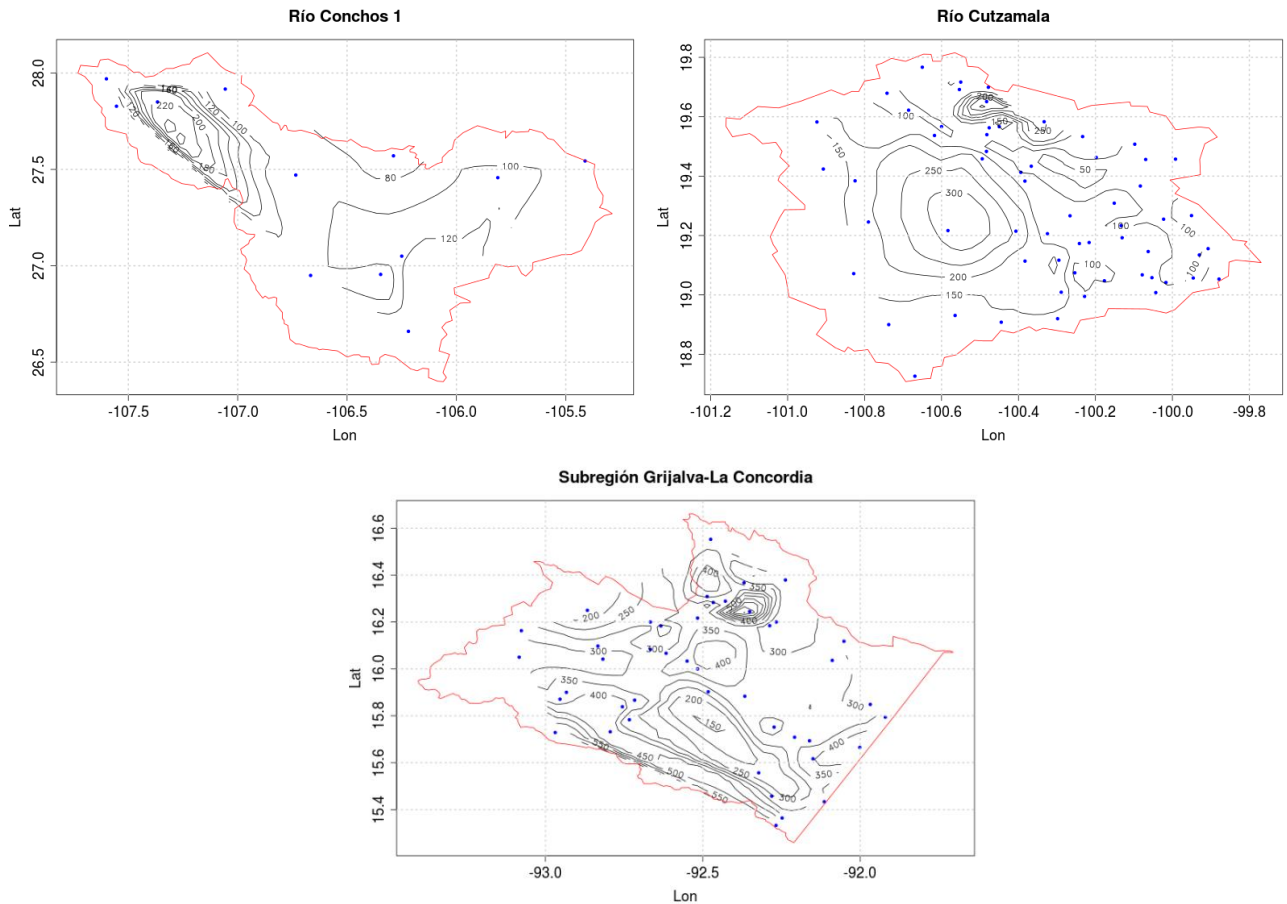


Figura 43. Isoyetas de lluvia acumulada en mm/24 hrs, de los datos del modelo MRI-CGCM3, experimento RCP 8.5. Periodo de retorno 100 años de las cuencas a) Río Conchos I, b) Río Cutzamala y c) Subregión Grijalva-La Concordia.

## 2.4 Cambio en las curvas i-d-T

Para obtener las curvas i-d-T, se consideró que el periodo de retorno analizado de 5, 10, 25, 50 y 100 años y una duración de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 80, 100 y 120 minutos. Se calculó el promedio ponderado, usando polígonos de Voronoi, de cada periodo de retorno calculado en cada cuenca.

El cálculo de las intensidades de la precipitación para distintas duraciones y periodos de retorno fue realizado con la fórmula de Chen. Los resultados son mostrados en cinco tablas para cada cuenca, que corresponden a los datos observados y los datos obtenidos con los modelos.

### 2.4.1. Cuenca Río Conchos 1

Para la cuenca de Río Conchos 1, se muestra los resultados de la Tabla 3 a la Tabla 7.

Tabla 3. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, para la cuenca río Conchos 1.

T años	Duraciones min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	129.341	102.713	85.5737	73.5682	57.7837	44.0796	35.8441	28.8574	24.2519	20.9749
10	156.4176	124.2152	103.4879	88.9692	69.8802	53.3073	43.3478	34.8985	29.3288	25.3659
25	190.6289	151.3833	126.1225	108.4283	85.1643	64.9665	52.8287	42.5315	35.7435	30.9138
50	216.0088	171.5381	142.9142	122.8642	96.5029	73.616	59.8622	48.194	40.5023	35.0296
100	241.2013	191.5441	159.5818	137.1936	107.7577	82.2017	66.8437	53.8147	45.226	39.115

Tabla 4. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 4.5, para la cuenca río Conchos 1.

T años	Duraciones min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	121.9203	96.5276	80.5067	69.3993	54.8917	42.3292	34.7619	28.3087	24.026	20.9586
10	147.4434	116.7349	97.3602	83.9275	66.3828	51.1905	42.039	34.2349	29.0556	25.3461
25	179.6919	142.2669	118.6546	102.2839	80.9019	62.3868	51.2337	41.7226	35.4106	30.8898
50	203.6156	161.208	134.452	115.9018	91.673	70.6929	58.0548	47.2775	40.1251	35.0024
100	227.3628	180.0093	150.1327	129.4191	102.3646	78.9376	64.8256	52.7914	44.8048	39.0846

Tabla 5. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 8.5, para la cuenca río Conchos 1.

T años	Duraciones min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	120.9872	96.2691	80.3492	69.1881	54.4936	41.7076	34.0051	27.4552	23.1274	20.042
10	146.315	116.4223	97.1697	83.6721	65.9014	50.4388	41.1238	33.2027	27.9689	24.2377
25	178.3167	141.8859	118.4224	101.9727	80.3153	61.4706	50.1183	40.4647	34.0862	29.5389
50	202.0574	160.7763	134.1889	115.5491	91.0083	69.6547	56.7909	45.8521	38.6244	33.4716
100	225.6227	179.5272	149.839	129.0253	101.6223	77.7783	63.4143	51.1997	43.1291	37.3753

Tabla 6. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 4.5, para la cuenca río Conchos 1.

T años	Duraciones min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	122.1255	97.1521	81.0659	69.7883	54.9421	42.0276	34.2503	27.6393	23.2728	20.1609
10	147.6916	117.4902	98.0364	84.398	66.4439	50.8257	41.4204	33.4254	28.1448	24.3815
25	179.9943	143.1874	119.4787	102.8573	80.9763	61.9422	50.4798	40.7361	34.3006	29.7141
50	203.9584	162.251	135.3859	116.5515	91.7573	70.1891	57.2005	46.1597	38.8673	33.6702
100	227.7455	181.1739	151.1755	130.1446	102.4587	78.3751	63.8717	51.5431	43.4003	37.597

Tabla 7. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 8.5, para la cuenca río Conchos 1.

T años	Duraciones min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
<b>5</b>	128.581	102.0805	85.0442	73.1189	57.4473	43.845	35.6706	28.7343	24.1605	20.9052
<b>10</b>	155.4985	123.4503	102.8476	88.4258	69.4734	53.0236	43.1379	34.7496	29.2183	25.2815
<b>25</b>	189.5087	150.4511	125.3421	107.7661	84.6685	64.6209	52.5729	42.3499	35.6089	30.811
<b>50</b>	214.7395	170.4818	142.0299	122.1139	95.9411	73.2243	59.5724	47.9883	40.3498	34.9131
<b>100</b>	239.784	190.3646	158.5945	136.3557	107.1304	81.7643	66.5202	53.5851	45.0557	38.985

Con los resultados anteriores se obtienen las curvas i-d-T, para la cuenca hidrológica Río Conchos 1. Para facilitar la observación del cambio de las curvas con cada uno de los experimentos numéricos donde se incluye el Cambio climático; se graficaron cada uno de los modelos junto con las curvas obtenidas con las observaciones, de la Figura 44 a la Figura 47. En términos generales, se observa un decremento de la intensidad en los modelos. Este decremento es más notorio entre menor sea la duración de la precipitación. En el modelo MRI-CGCM3 RCP 8.5 no hay un cambio evidente en las curvas de i-d-T (Figura 47).

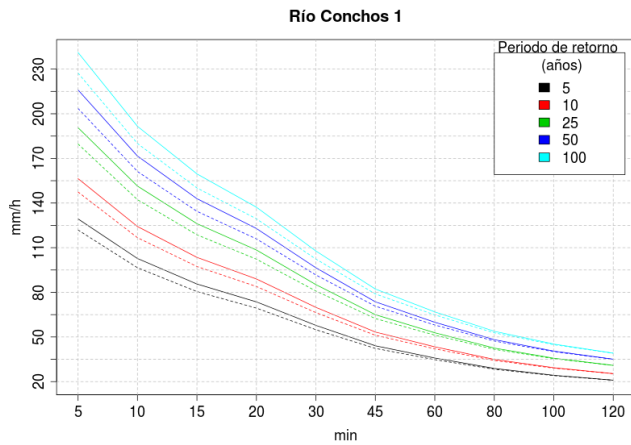


Figura 44. Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Conchos 1. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 4.5.

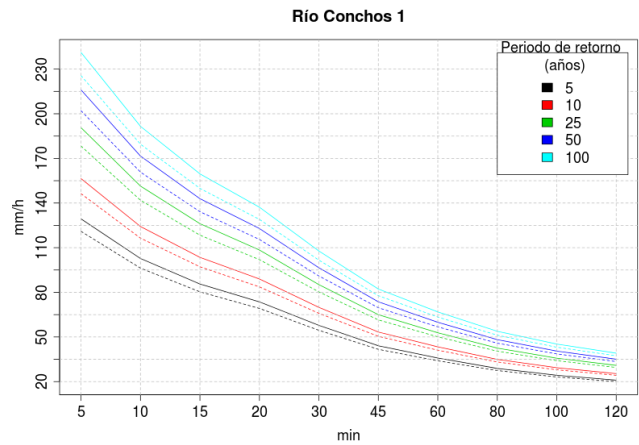


Figura 45. Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Conchos 1. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 8.5.

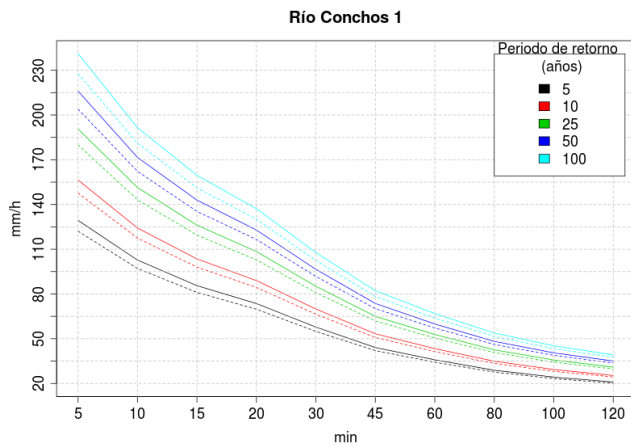


Figura 46. Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Conchos 1. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 4.5.

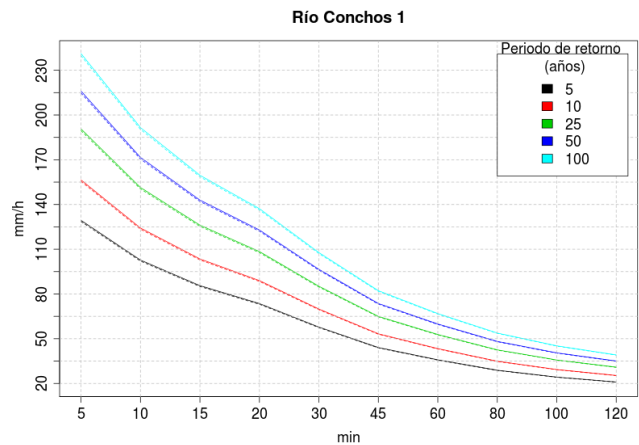


Figura 47. Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Conchos 1. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 8.5.

## 2.4.2. Cuenca Cutzamala

Los resultados de la cuenca Cutzamala se muestran de la **Tabla 8** a la **Tabla 12** de la misma forma que para la cuenca Conchos 1.



Tabla 8. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, para la cuenca río Cutzamala.

T años	Duración min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	119.6478	94.8245	79.1074	68.1895	53.909	41.5312	34.0736	27.7157	23.4985	20.4799
10	140.416	111.284	92.8387	80.0257	63.2664	48.7401	39.988	32.5266	27.5774	24.0347
25	166.6566	132.0805	110.1882	94.9807	75.0895	57.8486	47.4609	38.6051	32.731	28.5263
50	186.1234	147.5085	123.059	106.0752	83.8605	64.6058	53.0047	43.1144	36.5542	31.8584
100	205.4465	162.8226	135.8348	117.0878	92.5668	71.313	58.5076	47.5905	40.3492	35.1659

Tabla 9. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 4.5, para la cuenca río Cutzamala.

T años	Duración min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	122.1338	96.3833	80.3144	69.2401	54.8394	42.4072	34.9236	28.5371	24.2923	21.2469
10	143.3335	113.1133	94.2552	81.2586	64.3583	49.7682	40.9856	33.4905	28.5089	24.9349
25	170.1194	134.2516	111.8694	96.4441	76.3854	59.0688	48.6448	39.7491	33.8366	29.5947
50	189.9907	149.9333	124.9366	107.7095	85.3078	65.9685	54.3269	44.3922	37.789	33.0516
100	209.7153	165.4992	137.9073	118.8918	94.1644	72.8172	59.9671	49.0009	41.7122	36.483

Tabla 10. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 8.5, para la cuenca río Cutzamala.

T años	Duración min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	120.875	95.6014	79.7119	68.7169	54.3765	41.9709	34.4997	28.1269	23.8954	20.863
10	141.8562	112.1956	93.5481	80.6446	63.815	49.2562	40.4881	33.0091	28.0431	24.4843
25	168.366	133.1625	111.0302	95.7153	75.7406	58.461	48.0544	39.1777	33.2837	29.0599
50	188.0324	148.717	123.9994	106.8956	84.5877	65.2898	53.6675	43.754	37.1715	32.4543
100	207.5537	164.1565	136.8728	117.9933	93.3695	72.068	59.2392	48.2965	41.0306	35.8237

Tabla 11. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 4.5, para la cuenca río Cutzamala.

T años	Duración min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	122.0664	96.342	80.2827	69.2127	54.815	42.3842	34.9011	28.5152	24.2711	21.2264
10	143.2544	113.0648	94.218	81.2264	64.3297	49.7411	40.9591	33.4649	28.4841	24.9108
25	170.0255	134.1941	111.8253	96.4058	76.3515	59.0366	48.6135	39.7187	33.8071	29.5661
50	189.8858	149.869	124.8874	107.6668	85.27	65.9326	54.2919	44.3582	37.756	33.0197
100	209.5995	165.4282	137.853	118.8446	94.1226	72.7776	59.9285	48.9634	41.6758	36.4477



Tabla 12. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 8.5, para la cuenca río Cutzamala.

T años	Duración min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
<b>5</b>	125.5884	98.3588	81.7852	70.5135	55.9968	43.5474	36.0659	29.6725	25.4108	22.3429
<b>10</b>	147.3878	115.4316	95.9813	82.753	65.7165	51.1063	42.3261	34.823	29.8215	26.2211
<b>25</b>	174.9313	137.0033	113.9181	98.2177	77.9975	60.6569	50.2359	41.3307	35.3945	31.1213
<b>50</b>	195.3647	153.0063	127.2246	109.6903	87.1082	67.7421	56.1039	46.1584	39.5288	34.7565
<b>100</b>	215.6471	168.8912	140.4329	121.0782	96.1517	74.775	61.9285	50.9505	43.6327	38.3649

De igual forma que para la cuenca Conchos 1, se graficaron las curvas i-d-T de la Figura 48 a la Figura 51. En todos los modelos analizados hay un ligero incremento en la intensidad de precipitación para cualquier duración de lluvia. Pero en el modelo MRI-CGCM3 RCP 8.5 este incremento es más pronunciado que el resto, para esta cuenca.

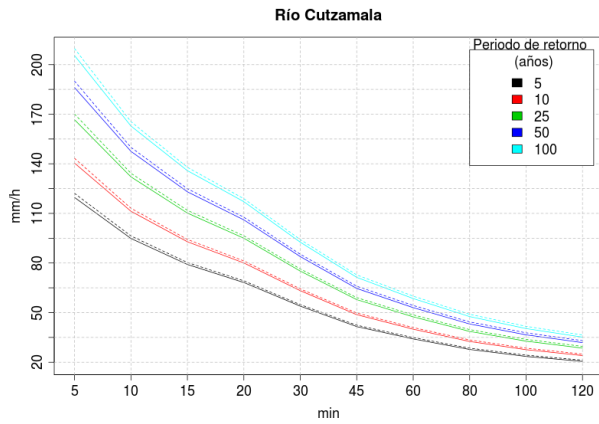


Figura 48 Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Cutzamala. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 4.5.

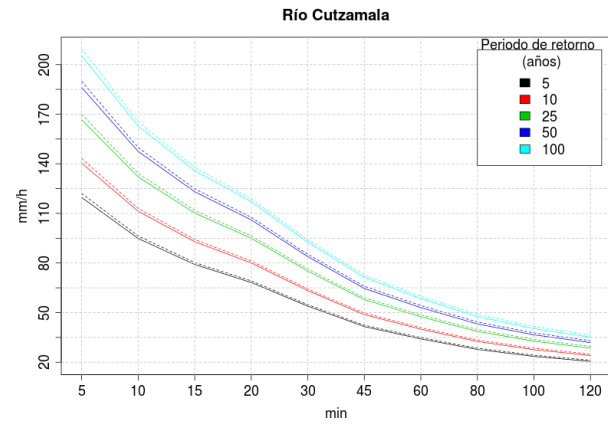


Figura 49 Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Cutzamala. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 4.5.

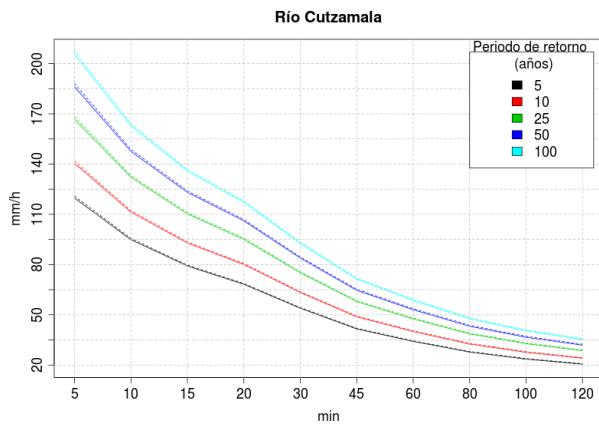


Figura 50 Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Cutzamala. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 8.5.

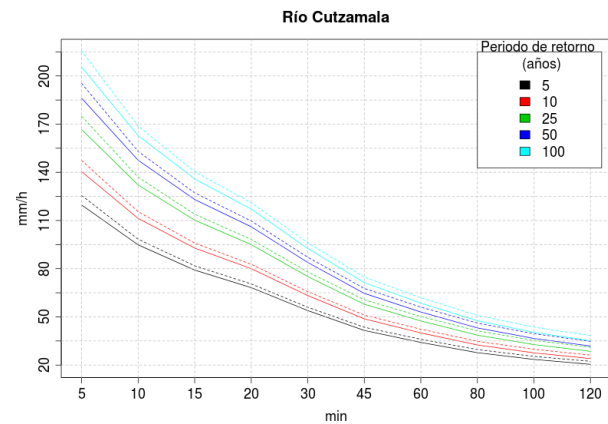


Figura 51 Curvas i-d-T para la cuenca hidrológica Río Cutzamala. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 8.5.

### 2.4.3. Subregión Hidrológica Grijalva-La Concordia

Para la subregión Grijalva-La Concordia se presentan los resultados de la fórmula de Chen para cada uno de los modelos y las observaciones de la Tabla 13 a la Tabla 17.

Tabla 13. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, para la subregión Grijalva-La Concordia.

T años	Duración min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	240.5014	191.6207	159.855	137.4793	107.9282	82.1822	66.6893	53.5472	44.8918	38.7409
10	276.658	220.4287	183.8874	158.1478	124.154	94.5373	76.7153	61.5975	51.6408	44.5652
25	322.342	256.8277	214.2523	184.2624	144.6553	110.1481	89.3831	71.7689	60.1682	51.9241
50	356.233	283.8305	236.7788	203.6358	159.8643	121.7291	98.7809	79.3147	66.4942	57.3834
100	389.8738	310.634	259.139	222.866	174.9611	133.2245	108.1092	86.8048	72.7736	62.8024

Tabla 14. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 4.5, para la subregión Grijalva-La Concordia.

T años	Duración min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	230.726	183.3547	152.7822	131.3355	103.1065	78.5807	63.8408	51.3401	43.1042	37.2477
10	265.413	210.92	175.7512	151.0802	118.6074	90.3944	73.4385	59.0585	49.5845	42.8475
25	309.2401	245.7488	204.7727	176.0278	138.1928	105.3211	85.5653	68.8108	57.7722	49.9228
50	341.7536	271.5868	226.3025	194.5354	152.7223	116.3945	94.5616	76.0455	63.8464	55.1717
100	374.027	297.234	247.6733	212.9063	167.1446	127.3862	103.4915	83.2269	69.8757	60.3818

Tabla 15. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MPI-ESM-LR, RCP 8.5, para la subregión Grijalva-La Concordia.

T años	Duración min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	213.8024	170.1006	141.9501	122.2137	96.2301	73.6245	60.0094	48.4343	40.7881	35.3382
10	245.9451	195.6733	163.2906	140.5871	110.6972	84.6931	69.0311	55.7159	46.9202	40.6509
25	286.5576	227.9845	190.2545	163.802	128.9765	98.6784	80.4301	64.9161	54.668	47.3635
50	316.6862	251.9548	210.2578	181.0241	142.537	109.0534	88.8865	71.7414	60.4158	52.3433
100	346.5924	275.748	230.1135	198.1191	155.9975	119.3518	97.2805	78.5163	66.1211	57.2863

Tabla 16. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 4.5, para la subregión Grijalva-La Concordia.

T años	Duración min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
5	220.9373	173.7013	144.5885	124.6575	98.8658	76.6745	63.3274	51.929	44.3416	38.8886
10	254.1527	199.8153	166.3257	143.3984	113.7292	88.2016	72.8479	59.7359	51.0078	44.7351
25	296.1204	232.8104	193.7907	167.0775	132.509	102.7662	84.8771	69.6	59.4307	52.1221
50	327.2545	257.2881	214.1658	184.644	146.441	113.571	93.8011	76.9177	65.6792	57.6022
100	358.1587	281.585	234.3905	202.0808	160.2701	124.296	102.6592	84.1814	71.8816	63.0418

Tabla 17. Intensidades de la precipitación para diferentes duraciones y periodo de retorno, del modelo MRI-CGCM3, RCP 8.5, para la subregión Grijalva-La Concordia.

T años	Duración min									
	5	10	15	20	30	45	60	80	100	120
<b>5</b>	230.1256	175.9431	145.4619	125.5174	100.5043	79.4183	66.7915	55.956	48.6746	43.3861
<b>10</b>	264.7224	202.3941	167.3304	144.3875	115.6139	91.3579	76.8329	64.3684	55.9922	49.9087
<b>25</b>	308.4355	235.8151	194.9613	168.2299	134.705	106.4437	89.5201	74.9974	65.2381	58.1501
<b>50</b>	340.8644	260.6086	215.4595	185.9176	148.8679	117.6352	98.9323	82.8826	72.0973	64.264
<b>100</b>	373.0538	285.2191	235.8064	203.4747	162.9262	128.744	108.2749	90.7096	78.9058	70.3327

Las curvas i-d-T correspondiente a la subregión Grijalva-La Concordia se graficaron de la Figura 52 a la Figura 55. Los cuatro experimentos numéricos mostrados presentan un decremento en la intensidad de la precipitación. El decremento es más pronunciado en las lluvias con duraciones menores a una hora. Esta condición es muy evidente en los experimentos de MPI-ESM-LR RCP 8.5 (Figura 53), MRI-CGCM3 RCP 4.5 (Figura 54) y MRI-CGCM3 RCP 8.5 (Figura 55). Sin embargo en el experimento MRI-CGCM3 RCP 8.5, existe un cruce en las curvas i-d-T en las precipitaciones con duración de 60 minutos, es decir, que a lluvias con duraciones mayores de una hora, la intensidad de la precipitación en los modelos (futuro) es superior a la de las observaciones.

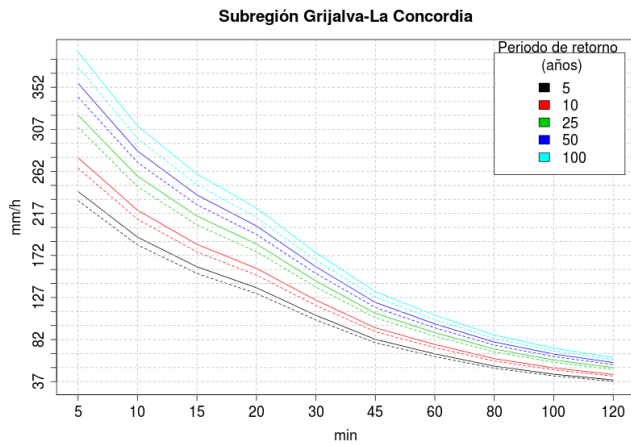


Figura 52. Curvas i-d-T para la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 4.5

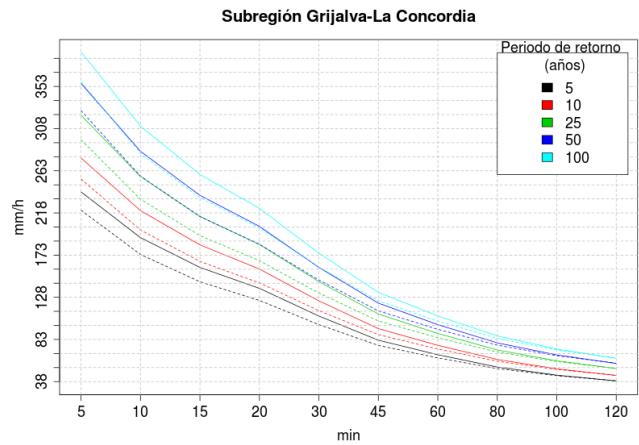


Figura 53. Curvas i-d-T para la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 4.5

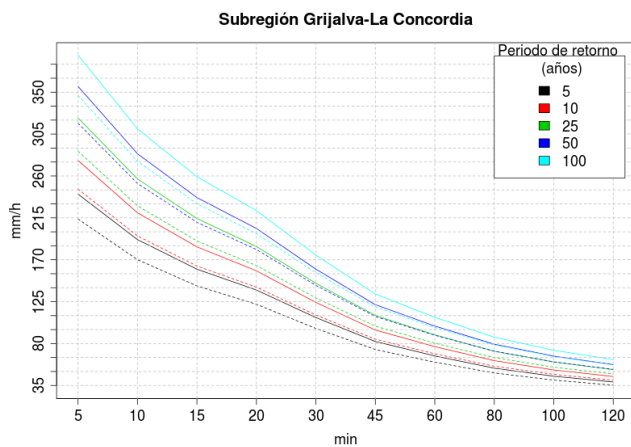


Figura 54. Curvas i-d-T para la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MPI-ESM-LR RCP 8.5

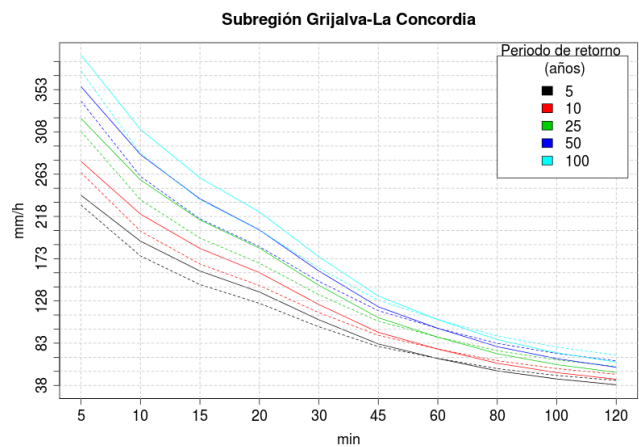


Figura 55. Curvas i-d-T para la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. La línea sólida es la intensidad de las estaciones y la línea punteada es la intensidad aplicando el porcentaje de cambio del modelo MRI-CGCM3 RCP 8.5

## 2.5 Incertidumbres de los experimentos numéricos

El cálculo del RMSE y las correlaciones se muestran de la Tabla 18 a la Tabla 20, para cada una de las cuencas hidrológicas analizadas. En todos los casos se puede observar que el error (RMSE) es inferior que la precipitación media, sin embargo existe una gran variación del error entre las estaciones. Por otra parte, las correlaciones también son muy variadas dentro de la misma cuenca, hay casos que están muy correlacionados (0.9) y otros casos

dentro de la misma cuenca con correlaciones cercanas a cero. Pero en general existe una mayor correlación con el modelo de MRI. Esta característica se puede deber a que el modelo MRI tiene mayor resolución espacial. La gran variación en la correlación entre las estaciones, también se puede deber a que el modelo no “ve” los rasgos topográficos que las observaciones si capturan.

Tabla 18. Cálculo del RMSE, Correlación, Promedio y desviación estándar de las precipitaciones máximas anuales, para la cuenca Río Conchos 1. La correlación y el RMSE fueron de las observaciones máximas en cada estación de la cuenca con los distintos experimentos numéricos.

Estación	RMSE MPI	RMSE MRI	Correlación MPI	Correlación MRI	Promedio de precipitación	Desviación estándar
8005	16.3975	24.551	-0.0155	-0.0759	40.6187	13.2654
8021	11.5229	19.715	0.3786	0.0426	41.3958	12.841
8057	12.2498	20.4771	0.2088	0.0285	41.6607	9.6725
8060	13.3564	16.1057	0.2256	0.0704	48.5667	21.7073
8085	18.3494	24.3772	-0.0848	0.2205	37.5086	14.6982
8105	13.1938	17.8203	0.0355	0.0588	42.9375	16.2213
8126	17.288	18.4515	-0.1727	-0.1933	48.4333	19.9382
8137	22.0701	17.8782	-0.0559	0.4205	56.75	54.5048
8152	21.1501	21.2033	-0.1863	-0.0782	45.2619	21.4555
8264	7.9561	14.5482	0.5989	-0.1905	47.82	14.5703
8319	6.993	5.949	0.362	0.9555	51.4167	11.5517
8320	10.0545	17.2129	0.1051	-0.5443	39.78	28.24

Tabla 19. Cálculo del RMSE, Correlación, Promedio y desviación estándar de las precipitaciones máximas anuales, para la cuenca Cutzamala. La correlación y el RMSE fueron de las observaciones máximas en cada estación de la cuenca con los distintos experimentos numéricos.

Estación	RMSE MPI	RMSE MRI	Correlación MPI	Correlación MRI	Promedio de precipitación	Desviación estándar
12036	33.5922	31.9031	0.0856	0.025	61.8528	17.6996
15005	15.762	39.8384	-0.093	-0.0525	41.45	12.6985
15035	21.5979	37.118	-0.34	-0.3061	45.9208	18.0454
15046	28.2752	31.4316	-0.1681	-0.0872	57.57	15.6884
15052	29.8652	23.3352	-0.1189	-0.0771	65.45	16.4756
15066	18.3152	45.5413	-0.1156	0.0015	42.6105	9.7399
15088	24.2879	34.3561	-0.2141	0.1603	51.1355	14.0482
15107	28.0773	27.4193	-0.0801	0.1618	59.2679	15.5063
15118	23.8538	31.0153	-0.0962	0.419	50.2963	19.4296
15130	16.1763	34.2057	-0.1992	-0.1564	45.9524	11.9421
15131	13.6488	36.8984	-0.0298	-0.0492	40.0583	11.2995
15133	16.2185	41.3642	-0.0927	0.1105	39.4036	13.3087
15165	13.1734	16.9248	-0.0444	-0.0435	49.1875	20.7088
15177	16.7495	5.3551	0.8277	0.8683	69.2143	25.6819
15178	14.8277	23.2867	0.5549	0.0646	53.8929	13.7228
15191	12.1008	29.7728	-0.4007	0.0228	39.8231	11.5188

15197	11.3293	28.995	0.3995	0.0287	41.8533	16.9505
15219	27.4316	19.41	-0.2654	0.1784	68.1143	24.4183
15237	13.5533	17.9463	-0.3046	0.1359	56.2875	11.2319
15241	13.6436	35.066	-0.0982	0.1474	36.9647	15.2611
15285	26.4106	31.5233	-0.18	-0.5032	60.7536	33.2206
15287	12.3785	30.1296	0.2988	0.1152	46.9059	11.3358
15291	5.7264	15.4837	-0.3013	0.0436	43.7	6.9565
15322	15.5196	23.4377	0.1549	0.49	54.45	15.6494
15326	11.3111	20.7262	0.1383	0.2938	52	11.9284
15332	15.4159	8.1154	0.3134	0.5554	73.35	31.5169
15353	21.2202	19.5233	-0.3585	0.1976	62.5538	15.6174
15357	21.1031	22.9428	-0.6749	-0.1703	62.6917	15.9256
15368	21.9085	14.0377	0.2964	0.4796	68.175	15.9529
15374	13.4626	26.2729	-0.0496	0.5634	44.325	17.3123
15391	5.3777	18.0468	0.1906	0.8172	31.9683	9.5221
15392	16.2929	22.1913	-0.3164	-0.1237	53.2778	20.7592
16002	30.3985	37.0326	-0.2858	-0.1416	56.6361	15.134
16020	20.6297	46.6589	-0.1437	0.0258	41.8105	13.5382
16036	26.2626	35.652	-0.2336	-0.0144	51.669	19.1529
16058	30.5313	33.7294	0.39	0.1013	57.1692	31.9818
16071	24.5663	25.154	-0.0663	-0.2354	59.8333	15.3022
16079	51.2581	34.6387	0.3903	-0.3129	104.5462	50.538
16092	19.6287	26.945	-0.382	-0.0416	52.6818	9.9019
16097	21.7987	38.0979	-0.0019	-0.0801	50.7412	10.2714
16099	22.6452	32.3942	0.2347	0.0538	52.76	18.8313
16107	45.6984	28.0987	-0.2395	0.0791	76.4517	26.2045
16122	41.2148	37.4584	0.0415	0.163	64.6545	45.0902
16132	18.1375	11.6363	0.121	0.3102	62.5091	14.5244
16134	11.6733	30.1697	-0.101	-0.0242	41.2529	10.494
16135	61.1632	50.5136	0.3087	-0.1399	86.56	59.6255
16136	31.1439	27.625	0.0612	0.149	65.14	20.1145
16148	8.623	20.7285	-0.07	0.1116	40.6182	9.0954
16152	19.4093	42.5371	-0.2585	-0.3159	41.9321	15.7002
16189	9.0737	10.3376	-0.6414	-0.4978	56.3333	12.21
16192	14.8222	32.0804	0.1151	-0.035	47.2333	11.8451
16206	12.5053	23.4727	0.0253	0.2368	47.92	15.7986
16213	11.9839	33.6351	-0.2494	-0.0778	40.9714	12.2273
16219	28.5092	23.6742	0.1618	-0.0859	67.8421	19.8997
16232	14.7874	15.6554	-0.4421	-0.4914	62.76	23.6957
16235	15.3987	27.938	0.0459	-0.1652	50.325	9.4415
16237	12.9831	14.3336	-0.6036	-0.4113	60.52	15.949
16241	8.292	17.2808	0.136	0.2015	45.44	18.5444
16258	9.1921	27.3951	0.6068	0.5991	44.0667	14.2766
16514	53.7045	39.6756	-0.2819	0.2435	90.4833	77.5775



Tabla 20. Cálculo del RMSE, Correlación, Promedio y desviación estándar de las precipitaciones máximas anuales, para la subregión hidrológica Grijalva-La Concordia. La correlación y el RMSE fueron de las observaciones máximas en cada estación de la cuenca con los distintos experimentos numéricos.

Estación	RMSE MPI	RMSE MRI	Correlación MPI	Correlación MRI	Promedio de precipitación	Desviación estándar
7002	32.1327	33.2324	-0.4828	0.0794	58.6222	18.6754
7007	42.5019	35.3509	0.146	0.1121	73.7382	21.8989
7008	51.5416	42.4342	0.0602	-0.1035	93.604	25.7298
7009	52.429	47.1303	0.0027	-0.0564	74.655	32.1284
7010	28.3851	25.1118	0.045	-0.1352	79.3571	18.3027
7011	31.1516	24.9422	0.0804	0.1433	78.2812	24.837
7021	29.9613	24.4889	0.226	0.168	73.1368	16.8867
7024	57.0182	46.9724	-0.039	-0.0791	94.85	28.6994
7026	68.1109	52.9334	-0.118	0.0914	97.0029	35.2755
7037	85.1842	73.2587	-0.0206	-0.1561	106.2114	55.4342
7054	65.3328	54.3928	-0.1946	-0.2304	99.4094	30.8133
7063	46.3655	31.716	0.0154	0.1222	96.2952	14.8624
7067	29.3345	36.8148	0.0049	-0.0549	48.0923	32.6256
7070	52.0427	42.8619	-0.0327	-0.2208	83.9086	21.8412
7090	26.7755	22.2889	0.512	-0.1491	81.7083	18.7052
7094	36.9325	30.0629	-0.2241	-0.0959	75.0625	18.2907
7099	39.9032	31.2475	-0.0358	0.3803	66	28.0549
7111	31.5487	28.3718	0.4192	-0.1058	88.8364	28.1874
7119	33.877	41.6666	0.0556	-0.0721	54.2955	41.5411
7135	43.8852	33.745	-0.1124	0.2302	73.3132	19.086
7137	27.273	21.8049	0.8179	0.2033	75.5	19.5672
7139	47.42	39.832	-0.0699	-0.0243	79.0576	24.1999
7145	47.806	42.7562	-0.0011	-0.1176	79.97	31.3692
7150	22.4383	22.6548	-0.0828	-0.0542	68.5333	15.2338
7155	36.4727	25.4486	0.5417	0.2837	92	27.1252
7159	15.2577	12.4118	-0.07	0.2389	47.96	17.0626
7161	78.4371	70.4197	-0.2168	-0.1237	100.8462	68.6494
7171	27.9505	28.2623	-0.1243	-0.1373	66.74	20.7096
7181	14.7052	14.349	-0.8169	-0.3579	77	8.748
7183	29.5407	23.4119	0.4087	0.2611	75.8737	14.2524
7190	30.4523	30.3953	0.0179	-0.1747	64.1708	24.15
7211	17.8569	10.5396	-0.4182	0.4662	76.6833	21.8152
7224	42.5744	34.1574	0.4099	0.0072	88.705	24.5154
7226	55.9081	42.7979	0.3387	0.0706	102.4826	24.7724
7230	44.4398	32.0798	0.1776	0.248	89.0333	21.1192
7236	31.6374	22.9697	0.2931	0.2198	76.6	20.8348
7316	22.6438	18.9367	0.1929	-0.2538	77.5	22.399
7329	43.8709	28.5341	0.0424	0.3565	88.1111	32.5859



<b>7330</b>	34.9699	24.9329	-0.0847	0.2669	76.7412	28.9663
<b>7331</b>	35.9417	26.1216	0.3028	-0.1306	85.1	20.2289
<b>7333</b>	42.5425	44.1963	-0.2152	-0.1994	66.8059	54.4728
<b>7335</b>	42.1056	34.6667	0.4799	-0.2415	94.7067	33.2399
<b>7339</b>	26.3477	27.2801	-0.3005	-0.1778	65.8	24.8788

### Capítulo 3. Conclusiones

Como un resumen de lo realizado en este proyecto se presenta un diagrama en la Figura 56, que indica el procedimiento realizado en la obtención del cambio de las curvas i-d-T.

En la selección de cuencas se consideró su distribución e importancia económico-social. Las cuencas seleccionadas son: a) Río Conchos1, Cutzamala y Subregión Grijalva-La Concordia. Se obtuvieron datos de lluvia diaria a partir de observaciones y modelos globales.

Con las precipitaciones máximas anuales, de los datos de los modelos, se calculó el porcentaje de cambio, encontrándose un cambio positivo en las tres cuencas. Se encontró que la subregión Grijalva-La Concordia es la que presenta un mayor cambio, 51% en promedio, seguido de las cuencas Río Conchos 1 (13%) y Cutzamala (8%).

Para obtener las curvas i-d-T, se consideró que el periodo de retorno analizado de 5, 10, 25, 50 y 100 años y una duración de 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 80, 100 y 120 minutos. Se calculó el promedio ponderado, usando polígonos de Voronoi, de cada periodo de retorno calculado en cada cuenca, de las observaciones y de las observaciones más el porcentaje de incremento de los modelos.

En la cuenca río Conchos 1, la tendencia en general es un decremento de las lluvias, para duraciones de 5 a 45 minutos exceptuando para el modelo MRI experimento RCP 8.5, que el decremento es mínimo. Para las duraciones de 60 a 120 minutos el decremento de la precipitación es menor. Esto indica una probabilidad de tener una disminución en la aportación de agua a la cuenca para los próximos años debido a las precipitaciones máximas.

En la cuenca río Cutzamala se observa que la tendencia general de las ocurrencias de la precipitación se incrementa ligeramente para todos los modelos y experimentos en todas las duraciones, en comparación con las estaciones climatológicas. Pero en el modelo MRI-CGCM3 RCP 8.5 este incremento es más pronunciado que el resto.

En la subregión Grijalva-La Concordia se observa que la tendencia en general de las ocurrencias de precipitación tiene un decremento muy importante y se presenta en los dos modelos. En el modelo MPI la intensidad para las duraciones de 5 a 30 minutos, para el experimento RCP 4.5 y de 5 a 45 minutos para el experimento RCP 8.5 el decremento es notable pero para el resto de las duraciones el decremento se aminora drásticamente. Para el modelo MRI, experimento RCP 4.5 y duraciones de 5 a 60 minutos existe un decremento notable y para las duraciones de 80 a 100 minutos es casi imperceptible el decremento e para la duración de 120 minutos existe un ligero incremento. Para el experimento RCP 8.5 para las duraciones de 5 a 45 minutos existe un decremento muy notable. A partir de la

duración de 60 a 120 minutos el comportamiento de la intensidad de lluvia tiende al incremento.

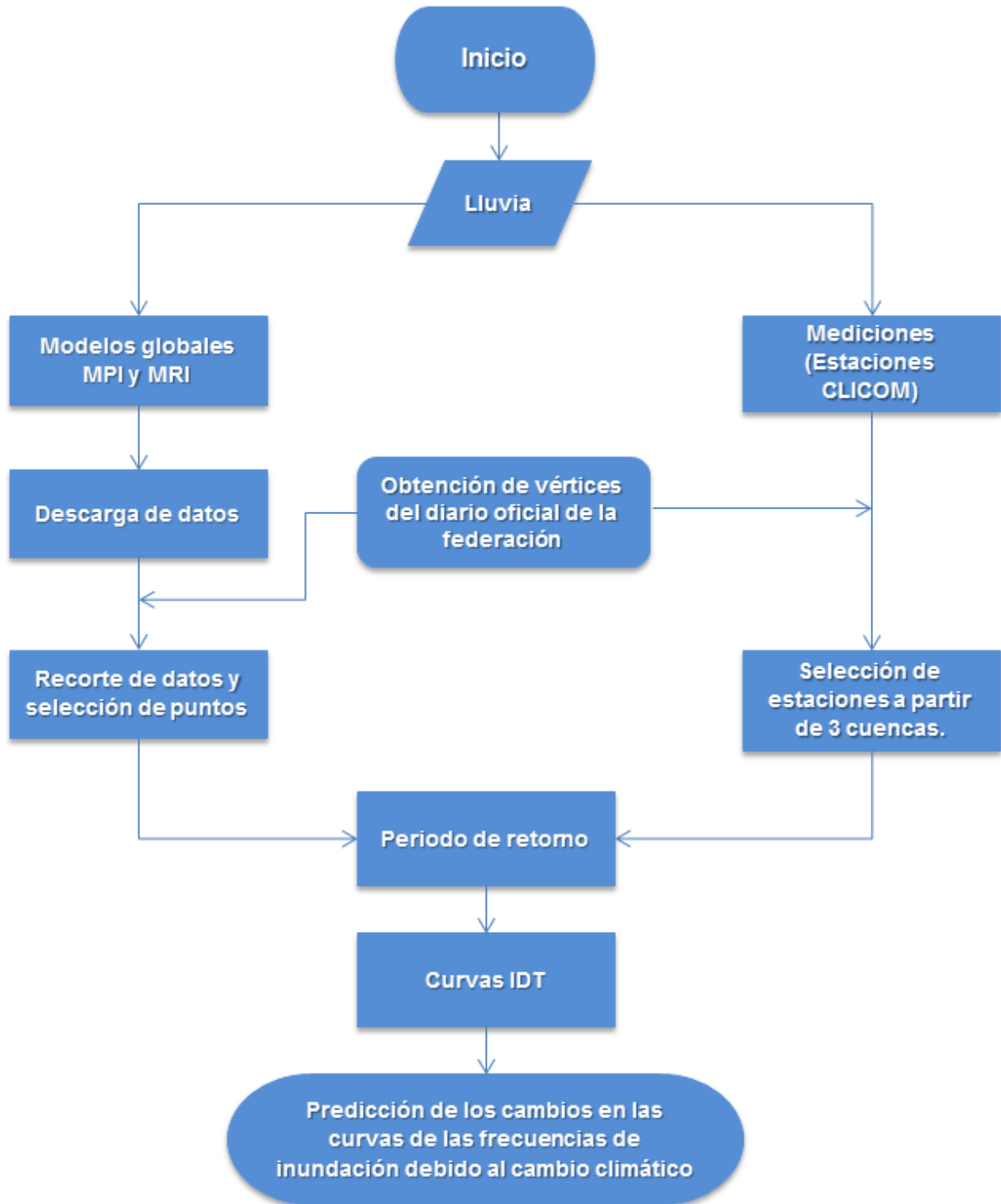


Figura 56. Diagrama de flujo del procedimiento para obtener el cambio en las curvas de las frecuencias.

## Bibliografía

Ciencias Actuariales y Financieras, Estadística Actuarial No Vida. **Distribución Gamma.**

Cheng-Lung Chen, M. Asce. **Rainfall Intensisty-Duration-Frecuency Formulas.** J. Hydraulics Eng. 1983. 109: 1603-1621.

Comisión Nacional del Agua, **Estadísticas del Agua en México 2008.** 1<sup>er</sup> edición 2008. pp. 69-70

Chow Ven Te, Maidment David R, Mays Larry W. **Hidrología Aplicada.** Santafé de Bogotá, Colombia 1994, Editorial McGrawhill Interamericana S.A de C.V., páginas 387-400

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). **Mapa de Cuencas Hidrográficas de México.** Escala 1:250000, México, D.F.  
[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/hidro/chidro/cue250kgw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/hidro/chidro/cue250kgw)

Diario Oficial de la Federación, **Disponibilidad media anual de las aguas superficiales, de la región hidrológica número 18 Balsas.** 2008.  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5060723&fecha=22/09/2008](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5060723&fecha=22/09/2008)

Diario Oficial de la Federación, **Disponibilidad media anual de las aguas superficiales, de la región hidrológica número 24 denominada Bravo-Conchos.** 2007.  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5009535&fecha=07/12/2007](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5009535&fecha=07/12/2007)

Diario Oficial de la Federación, **Disponibilidad media anual de las aguas superficiales, de la región hidrológica número 30 Grijalva-Usumacinta.** 2013.  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5297480&fecha=30/04/2013](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5297480&fecha=30/04/2013)

Ingeniería Investigación y Tecnología. **Intensidades Máximas de lluvia para diseño hidrológico urbano en la república mexicana,** México. Vol. XI No. 2, 2010, pp. 179-188

Ingeniería Investigación y Tecnología. **Identificación del número N mediante el método del HUT, en siete cuencas del alto río Grijalva, México.** Vol. XII No. 3, 2011, pp. 269-276

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), **Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas.**  
[http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#)

IPCC SRES (2000), Nakićenović, N., and Swart, R., ed. (book), **Special Report on Emissions Scenarios: A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change,** Cambridge University Press, ISBN-521-80081-1. Consultado en: <http://www.grida.no/publications/other/ipcc%5Fsr/?src=/climate/ipcc/emission/>, 978-052180081-5 (pb: 0-521-80493-0, 978-052180493-6).

**IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. The fourth assessment report, 2007. En línea: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)**

Moss, R.H., J.A. Edmonds, K.A. Hibbard, M.R. Manning, S.K. Rose, D.P. van Vuuren, T.R. Carter, S. Emori, M. Kainuma, T. Kram, G.a. Meehl, J.F.B. Mitchell, N. Nakicenovic, K. Riahi, S.J. Smith, R.J. Stouffer, A.M. Thomson, J.P. Weyant and T.J. Wilbanks. 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*. Vol. 463. P. 747-756.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT 1990). **Isoyetas de Intensidad-Duración Frecuencia. República Mexicana**. Subsecretaría de Infraestructura. México, DF. 1990.

Taylor, K.E., Stouffer, R.J. y Meehl, G.A. (2011). **A summary of the CMIP5 Experiment Design.Submitted to Bulletin of the American Meteorological Society.**

Wikipedia, Análisis de frecuencia acumulada

[http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_de\\_frecuencia\\_acumulada](http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_frecuencia_acumulada)

Wikipedia, Curvas IDF

[http://es.wikipedia.org/wiki/Curvas\\_IDF](http://es.wikipedia.org/wiki/Curvas_IDF)

Wikipedia, Densidad de probabilidad

[http://es.wikipedia.org/wiki/Densidad\\_de\\_probabilidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Densidad_de_probabilidad)

Wikipedia, Distribución de probabilidad

[http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n\\_de\\_probabilidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_de_probabilidad)

Wikipedia, Gamma Distribution

[http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma\\_distribution](http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma_distribution)

Wikipedia, MySQL

<http://es.wikipedia.org/wiki/MySQL>

Wikipedia, PHP

<http://es.wikipedia.org/wiki/PHP>

Wikipedia, Relative change and difference

[http://en.wikipedia.org/wiki/Relative\\_change\\_and\\_difference](http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_change_and_difference)

Wikipedia, Return Period

[http://en.wikipedia.org/wiki/Return\\_period](http://en.wikipedia.org/wiki/Return_period)

Wikipedia, Servidor HTTP Apache

[http://es.wikipedia.org/wiki/Servidor\\_HTTP\\_Apache](http://es.wikipedia.org/wiki/Servidor_HTTP_Apache)

## Anexo 1 Lista de archivos

En el CD anexo se incluye en formato digital la base de datos BDCIM generada para el almacenamiento de la información recopilada y regionalizada. La base de datos BDICM consta de 6 tablas, tbl\_cuencas, tbl\_datos, tbl\_estaciones, tbl\_porcentaje, tbl\_modelo, tbl\_vertices.

- ✓ “tbl\_cuencas” contiene registros con información de las tres cuencas utilizadas para el desarrollo del proyecto.
- ✓ “tbl\_estaciones” contiene registros con información relacionada a las estaciones climatológicas pertenecientes a cada cuenca.
- ✓ “tbl\_datos” contiene valores de precipitación diaria en un periodo aproximado de 25 años para cada estación climatológica.
- ✓ “tbl\_modelos” contiene registros de información de los modelos MPI-ESM-LR (Max Planck Institute for Meteorology) y MRI-CGCM3 (Meteorological Research Institute).
- ✓ “tbl\_porcentaje” contiene los porcentajes a aplicar a las estaciones climatológicas.
- ✓ “tbl\_vertices” contiene registros de los vértices para generar cada cuenca.

## Anexo 2 Creación de una librería llamada cuenca\_tools.R, con el fin de poder utilizar las funciones que contiene en otros códigos.

Esta librería requiere cargar las bibliotecas maptools, shapefiles, sp, y rgeos.

Esta librería contiene las funciones busca\_poligono, muestra\_coordenadas\_poligono, busca\_linea, muestra\_coordenadas\_linea, crea\_cuenca y unir\_cuencas.

- ✓ Función busca\_poligono: Función que busca un polígono (ejemplo, estado) en un shapefile, requiere del nombre de un polígono que corresponda con la información del shapefile.

```
#-----Función busca_poligono-----#  
  
#Función que busca un poligono de un shapefile  
#Esta función requiere del nombre de un poligono (ejem. estados) que corresponda  
con la información del shapefile  
  
busca_poligono <- function(nombre_poligono, sf_poligono, tabla_poligono)  
{  
  #Entradas:  
  #nombre_poligono - Nombre del poligono que se desea buscar en el shapefile  
  #sf_poligono - Nombre del objeto Spatial*DataFrame que se utilizará en la  
función para buscar el poligono  
  #tabla_poligono - Tabla que contiene el nombre del poligono a buscar, estos  
nombres están contenidos en un dataframe de un  
  #shapefile  
  
  # ejemplo  
  # estados <-  
readShapeSpatial("/home/celi/Documentos/Proyecto/Cuencas_shapes/Estados/dest_2010gw  
.shp",force_ring=T)
```

```

# sonora<-busca_poligono("SONORA",estados,estados$ENTIDAD)
#salidas:
#forma_poligono - Variable de tipo lista, donde se almacenarán los poligonos
buscados

#Se declara en forma de lista la variable donde se almacenarán los poligonos
buscados
forma_poligono <- list()
#Obtiene la longitud de la variable que contiene el nombre o nombres del poligono
a buscar
long_poligono <- length(nombre_poligono)
#Inicia el ciclo desde 1 hasta el numero de nombres que se esten buscando
for(i in 1:long_poligono)
{
  #Busca el nombre del poligono en la tabla del shapefile (dataframe), dando como
resultado los índices donde se encontró.
  indices <- which(tabla_poligono == nombre_poligono[i])
  #Accesa al indice 1, donde se encuentra el polígono buscado
  indices <- indices[1]
  #Accede al shapefile, por medio del indice, donde se encuentra el poligono
buscado.
  forma_poligono[[i]] <- sf_poligono[indices, ]
}
return(forma_poligono)
}

```

✓ **Función muestra\_coordenadas\_poligono:** Función que obtiene las coordenadas de un polígono de la función busca\_poligono, esta función requiere de una variable lista que contenga los polígonos almacenados.

```

#-----Función muestra_coordenadas_poligono-----#

#Función que obtiene las coordenadas de un poligono de la función busca_poligono
#Esta función requiere una variable lista que contenga los poligonos almacenados

muestra_coordenadas_poligono <- function(forma_poligono)
{
  #Entradas:
  #forma_poligono - Salida de la función busca_poligono que es una clase
SpatialPolygonsDataFrame

  #Salidas:
  #coordenadas_poligono - Variable tipo lista que mostrará las coordenadas del
poligono

  #Se declara en forma de lista la variable que mostrará las coordenadas de los
poligonos buscados
  coordenadas_poligono <- list()
  #Obtiene el número de poligonos de la salida de la función busca_poligono
  long_poligono <- length(forma_poligono)
  #Inicia el ciclo desde 1 hasta la longitud del poligono que sera mostrado
  for(i in 1:long_poligono)
  {
    #Accesa a las coordenadas del poligono que se mostrará y lo almacena en una
variable
    coordenadas_poligono[[i]] <-
forma_poligono[[i]]@polygons[[1]]@Polygons[[1]]@coords
  }
}

```

```

    return(coordenadas_poligono)
}

```

✓ **Función busca\_linea:** Función que busca las líneas (ejemplo, ríos) en un shapefile, requiere del nombre de un río que corresponda a la información del shapefile.

```

#-----Función busca_linea-----#

#Función que busca las líneas (ejem. río) de un shapefile
#Esta función requiere del nombre de un río que corresponda a la información del
shapefile

busca_linea <- function(nombre_linea,sf_linea,tabla_linea)
{
  #Entradas:
  #nombre_linea - Nombre de la línea que se desea buscar en el shapefile
  #sf_linea - Nombre del archivo shapefile que se utilizará en la función para
  buscar las líneas
  #tabla_linea - Tabla que contiene el nombre de la línea a buscar, estos nombres
  estan contenidos en un dataframe de un shapefile

  #Salidas:
  #forma_linea - Variable tipo lista donde se almacenarán las líneas buscadas

  #Se declara en forma de lista la variable donde se almacenarán las líneas
  buscadas
  forma_linea <- list()
  #Obtiene la longitud de la variable que contiene el nombre o nombres de las
  líneas a buscar
  long_linea <- length(nombre_linea)
  #Inicia el ciclo desde 1 hasta el numero de nombres que se esten buscando
  for(j in 1:long_linea)
  {
    #Busca el nombre de la línea en la tabla del shapefile (dataframe), dando como
    resultado los indices donde se encontro
    indices <- which(tabla_linea == nombre_linea[j])
    #Obtiene el número de índices encontrados
    long_indices = length(indices)
    #Accesa a las líneas deseadas del shapefile, con los índices encontrados
    forma_linea[[j]] <- sf_linea[indices, ]
  }
  return(forma_linea)
}

```

✓ **Función muestra\_coordenadas\_linea:** Función que obtiene las coordenadas de una línea de la función busca\_linea, esta función requiere una variable lista que contenga las líneas almacenadas.

```

#-----Función muestra_coordenadas_linea-----#

#Función que obtiene las coordenadas de una línea de la función busca_linea
#Esta función requiere una variable lista que contenga las líneas almacenadas

muestra_coordenadas_linea <- function(forma_linea)
{
  #Entradas:
  #forma_linea - Salida de la función busca_linea que es una clase

```

SpatialLinesDataFrame

```
#Salidas:
#coordenadas_linea - Variable tipo lista que mostrará las coordenadas de las
líneas
#Variable índice que se usa para almacenar las coordenadas de las líneas en la
variable de salida
k=1
#Se declara en forma de lista la variable que mostrará las coordenadas de las
líneas buscadas
coordenadas_linea <- list()
#Obtiene el número de nombres de la salida de la función busca_linea y lo
almacena en una variable
long_nombres <- length(forma_linea)
#Inicia el ciclo desde 1 hasta el numero de nombres
for(i in 1:long_nombres)
{
  #Obtiene el número de líneas de cada nombre
  long_linea <- length(forma_linea[[i]])
  #Inicia el ciclo desde 1 hasta el número de líneas por nombre
  for(j in 1:long_linea)
  {
    #Accesa a las coordenadas del índice donde se encuentran las líneas y lo
almacena
    coordenadas_linea[[k]] <- forma_linea[[i]]@lines[[j]]@Lines[[1]]@coords
    #Incrementa k en 1, el índice de la variable a guardar de las coordenadas
    k = k + 1
  }
}
return(coordenadas_linea)
}
```

✓ **Función crea\_cuenca:** función que crea cuencas leyendo las coordenadas de archivos txt y guarda estas cuencas en un shapefile nuevo.

```
#-----Función crear_cuencas-----#

#Función que crea cuencas leyendo las coordenadas de archivos
#txt y guarda estas cuencas en un shapefile nuevo

crear_cuencas <- function(dir_id, dir, dir_guardar)
#Entradas:
#dir_id - Directorio de donde se leerá el id de cada cuenca
#dir - Directorio donde estan las coordenadas de cada cuenca
#dir_guardar - Directorio donde se guardara el shapefile creado

#Salidas:
#función writeSpatialShape - Escritura de un nuevo shapefile almacenandolo en
dir_guardar

{
  #Lee el directorio donde se esta el id de cada cuenca y lo almacena en una
variable
  id <- read.table(dir_id, fill=T)
  #Declara id2 y se le asigna un valor de null para mas adelante poder
  #utilizar esta variable
  id2 <- NULL
  #Lee el directorio donde se encuentran las coordenadas de cada cuenca y almacena
```



```

el nombre de cada archivo en una variable
nombre_archivos <- list.files(dir)
#Obtiene el número total de archivos donde se almacenaron las coordenadas
n <- length(nombre_archivos)
#Declaración de dos listas
coords <- list()
coords2 <- list()
#Inicia el ciclo desde 1 hasta la longitud de los id que fueron leídos
anteriormente
for(i in 1:length(id[[1]]))
{
  if (id[[i,3]]==" " & id[[i,4]]=="") #Verifica si hay 2 espacios en los id's
  {
    id2[[i]]<-as.character(id[[i,2]]) #Almacena el id correspondiente a una
cadena
  }
  else if(id[[i,3]]!=" " & id[[i,4]]=="") #Verifica si hay un nombre y un espacio
en el id
  {
    id2[[i]]<-paste(id[[i,2]],id[[i,3]]) #Almacena el id correspondiente a dos
cadenas
  }
  else {
    id2[[i]]<-paste(id[[i,2]],id[[i,3]],id[[i,4]]) #Almacena el id
correspondiente a tres cadenas
  }
}
#Inicia el ciclo desde 1 hasta la longitud de los nombres de los archivos
for(i in 1:n)
{
  #Lee la tabla y concatena el directorio con los nombres de los archivos
coords[[i]] <- read.table(paste(dir, nombre_archivos[i], sep=""), header=T)

  #Accesa a las coordenadas y compara que las coordenadas de la lista sea mayor
que 0
  if (coords[[i]][[1]][1] > 0)
  {
    #En caso de que la condición anterior se cumpla, se intercambian las columnas
de las coordenadas
    coords[[i]][, c(1,2)] <- coords[[i]][, c(2,1)]
  }

  #Crea la clase Polygon
coords[[i]] <- Polygon(coords[[i]])
  #Crea la clase Polygons
coords2[[i]] <- Polygons(list(coords[[i]]),id2[[i]])
}
#Crea la clase SpatialPolygons y lo guarda en inf_poli
inf_poli <- SpatialPolygons(coords2)

#Crea el DataFrame y lo guarda en df
df <- data.frame(cuencas=id2,row.names=id2)

#Convierte el Dataframe y la clase SpatialPolygons en una clase
SpatialPolygonsDataFrame
mapa <- SpatialPolygonsDataFrame(inf_poli, df)

#Crea el archivo shapefile en el directorio y escribe los datos en el archivo

```

```

creado
  writeSpatialShape(mapa, dir_guardar)
}

```

✓ **Función unir\_cuencas:** Función para unir los polígonos (ejemplo, cuencas) de un shapefile y guardar el polígono resultante en un nuevo shapefile.

```

#-----Función unir cuencas-----#

#Función para unir los poligonos de un shapefile

union_polygons <- function(dir_entrada, dir_salida)
  #Entradas:
  #dir_entrada - Directorio donde estan las coordenadas de entrada de las cuencas
  #dir_salida - Directorio donde se encuentras las coordenadas del poligono
  formado
  {
  #Función que revisa si hay huecos en los objetos que se van a unir
  if (!rgeosStatus()) gpclibPermit()
  #Lee las coordenadas de entrada y las almacena en una variable
  nc1 <- readShapeSpatial(dir_entrada, force_ring=T)
  #Convierte las coordenadas de entrada en datos espaciales y los almacena
  lps <- coordinates(nc1)
  #Divide las coordenadas en rangos
  ID <- cut(lps[,1], quantile(lps[,1], probs=c(0.0, 100)/100), include.lowest=T)
  #Devuelve un objeto SpatialPolygons
  reg4 <- unionSpatialPolygons(nc1, ID)

  row.names(reg4)
  coords <- reg4@polygons[[1]]@Polygons[[1]]@coords
  write.table(coords, dir_salida, quote=F, row.names = F)
  }
}

```

✓ **Función cuenta\_dato:** Función que muestra cuantos datos tiene cada estación para cada cuenca.

```

#-----Función datos totales-----#

#Programa que cuenta el total de datos de cada archivo
#Para hacer uso de la funcion: cuenta_datos("nombre de la carpeta")
#La carpeta datos contiene los datos de las estaciones de cada una #de las cuencas
#La carpeta Total_datos se almacenara archivo por cada cuenca con #el total de
datos por estación

cuenta_datos<-function(carpeta){
lcue <- list.files(carpeta)
lc <- length(lcue)
for(c in 1:lc){
  ligal <- paste(carpeta,"/",lcue[c], sep="")
  print ("LIGAl")
  print(ligal)
  lest <- list.files(ligal,)
  lf <- length(lest)
  est <- NULL
  ndato <- NULL

  for (e in 1:lf){

```

```

liga2 <- paste(liga1,"/",lest[e], sep="")
print ("LIGA2")
print(liga2)
datos <- read.table(liga2)
datos1<-data.frame(datos[4])
nan<-sum(is.na(datos1))
nr <- nrow(datos1)
nd <- nr-nan
est <- c(est, strsplit(lest[e], ".", fixed=T)[[1]][1])
ndato <- c(ndato,nd)
datos2 <- data.frame(est,ndato)

liga3 <- paste("Total_datos/Datos_",lcue[c],".dat", sep="")
print("LIGA3")
print(liga3)
write.table(datos2, file=liga3, sep=" ", row.names=FALSE, quote=FALSE,
col.names=FALSE )

}
}
}

```

✓ Función `llena_fecha`: Función que agrega las fechas faltantes de cada estación para el periodo 1960 - 1999.

```

#-----Función fechas faltantes-----#

#Programa para llenar fechas faltantes en el periodo de 1960 a 1999
#Para hacer uso de la funcion: llena_fecha("nombre de la carpeta")

llena_fecha<-function(carpeta){
##lista las carpetas contenida en la carpeta raiz##
lcue <- list.files(carpeta)
lc <- length(lcue)
##Primer ciclo para listar los archivos contenidos en cada carpeta##
for(c in 1:lc){
  ligal <- paste(carpeta,"/",lcue[c], sep="")
  print(ligal)
  lest <- list.files(ligal,)

  lf <- length(lest)
  est <- NULL
  ##Segundo ciclo para leer cada archivo##
  for (e in 1:lf){

    liga2 <- paste(ligal,"/",lest[e], sep="")
    print(liga2)
    d1 <- read.table(liga2)
    print(d1)
    nd1<-nrow(d1)
    i <- 1
    est <- c(est, strsplit(lest[e], ".", fixed=T)[[1]][1])
    for(a in 1960:1999){

      d2 <- d1[i,1:4]
      if(is.na(d2[1])){
        d4 <- paste(a,1,1,NaN)

```

```

    liga4 <- paste(liga1,"/",est[e],"_NaN.dat", sep="")
    write(d4,file=liga4, append="TRUE")
  }
  else if(d2[1]>a){
    d4 <- paste(a,1,1,NaN)
    liga4 <- paste(liga1,"/",est[e],"_NaN.dat", sep="")
    write(d4,file=liga4, append="TRUE")
  }
  else{
    d3 <- paste(d2[1],d2[2],d2[3],d2[4])
    liga4 <- paste(liga1,"/",est[e],"_NaN.dat", sep="")
    write(d3,file=liga4, append="TRUE")
    i <- i+1
  }
}
}
}
}

```

✓ Función polígono\_thiessen: Función que genera polígonos para cada estación dentro de la cuenca.

```

#-----Función para generar polígonos de thiessen-----#

library(maptools)
library(rgeos)
library(deldir)
poligono_thiessen<-function(pcuencia){
  liga1<-paste("Poligonos/",pcuencia,"/",pcuencia,".txt", sep="")
  print(liga1)
  estaciones <- read.table(liga1, header=TRUE)
  print(estaciones)
  estaciones[,c(1,2)] <- estaciones[,c(2,1)]
  liga2<-paste("Poligonos/",pcuencia,"/",pcuencia, sep="")
  print(liga2)
  cuenca <- readShapeSpatial(liga2, force_ring=TRUE,)

  voronoipolygons <- function(x,poly) {
    require(deldir)
    if (.hasSlot(x, 'coords')) {
      crds <- x@coords
    } else crds <- x
    bb = bbox(poly)
    rw = as.numeric(t(bbox(poly)))
    z <- deldir(crds[,1], crds[,2],rw=rw)
    w <- tile.list(z)
    polys <- vector(mode='list', length=length(w))
    require(sp)
    for (i in seq(along=polys)) {
      pcrds <- cbind(w[[i]]$x, w[[i]]$y)
      pcrds <- rbind(pcrds, pcrds[1,])
      polys[[i]] <- Polygons(list(Polygon(pcrds)), ID=as.character(i))
    }
    SP <- SpatialPolygons(polys)

    voronoi <- SpatialPolygonsDataFrame(SP, data=data.frame(x=crds[,1],
                                                             y=crds[,2],
row.names=sapply(slot(SP, 'polygons'),

```

```

function(x) slot(x, 'ID'))))

  return(voronoi)

}

pzn.coords<-voronoipolygons(estaciones,cuenca)
library(rgeos)
gg = gIntersection(cuenca,pzn.coords,byid=TRUE)
plot(gg)
points(estaciones$LAT,estaciones$LON)
num_pol <- length(gg@polygons)
area <- NULL
for(i in 1:num_pol){
area[i] <- gg@polygons[[i]]@Polygons[[1]]@area
}
estacion <- data.frame(long=pzn.coords@data$x, lat=pzn.coords@data$y, area=area)
print(estacion)

}

#-----Función para obtener el promedio ponderado-----#

promedio_ponderado<-function(cuenca){
liga1<-paste("Promedio_ponderado/Datos_Nuevos/",cuenca,"/Tr_",cuenca,".txt",
sep="")
print(liga1)
datos<-read.table(file=liga1, header=T)
liga2<-paste("Promedio_ponderado/Datos_Nuevos/",cuenca,"/area.txt", sep="")
print(liga2)
area<-read.table(file=liga2, header=T)
nest<-length(datos)
sum1<-0
sum2<-0
sarea<-0
for (a in 1:nest){
  sarea<-sarea+area[1,a]
  mul1<-area[1,a]*datos[1,a]
  sum1<-sum1+mul1
  mul2<-area[1,a]*datos[2,a]
  sum2<-sum2+mul2
}
pp1<-sum1/sarea
pp2<-sum2/sarea

liga3<-paste("Promedio_ponderado/Datos_Nuevos/",cuenca,"/Pp_",cuenca,".txt",sep="")
print(liga3)
write.table(rbind(pp1,pp2), file=liga3, row.names=F, col.names=F)

}

#-----Función para obtener el promedio ponderado (MPI)-----#

promedio_ponderado_MPI<-function(modelo,numero){
for(dd in c("Conchos","Concordia","Cutzamala")) {
liga1<-paste("Promedio_ponderado/Datos_porcentaje/",modelo,"_",numero,"/",modelo,"-
ESM-LR_rcp",numero,"_Tr_",dd,".txt", sep="")
print(liga1)

```

```

datos<-read.table(file=liga1, header=T)
liga2<-paste("Promedio_ponderado/Datos_porcentaje/Areas/area_",dd,".txt", sep="")
print(liga2)
area<-read.table(file=liga2, header=T)
nest<-length(datos)
sum1<-0
sum2<-0
sarea<-0
for (a in 1:nest){
  sarea<-sarea+area[1,a]
  mul1<-area[1,a]*datos[1,a]
  sum1<-sum1+mul1
  mul2<-area[1,a]*datos[2,a]
  sum2<-sum2+mul2
}
pp1<-sum1/sarea
pp2<-sum2/sarea

liga3<-
paste("Promedio_ponderado/Datos_porcentaje/",modelo,"_",numero,"/Pp_",modelo,"-ESM-
LR_rcp",numero,"_Tr_",dd,".txt",sep="")
print(liga3)
write.table(rbind(pp1,pp2),file=liga3,row.names=F,col.names=F)
}
}

#-----Función para obtener el promedio ponderado (MRI)-----#

promedio_ponderado_MRI<-function(modelo,numero){
for(dd in c("Conchos","Concordia","Cutzamala")) {
liga1<-paste("Promedio_ponderado/Datos_porcentaje/",modelo,"_",numero,"/",modelo,"-
CGCM3_rcp",numero,"_Tr_",dd,".txt", sep="")
print(liga1)
datos<-read.table(file=liga1, header=T)
liga2<-paste("Promedio_ponderado/Datos_porcentaje/Areas/area_",dd,".txt", sep="")
print(liga2)
area<-read.table(file=liga2, header=T)
nest<-length(datos)
sum1<-0
sum2<-0
sarea<-0
for (a in 1:nest){
  sarea<-sarea+area[1,a]
  mul1<-area[1,a]*datos[1,a]
  sum1<-sum1+mul1
  mul2<-area[1,a]*datos[2,a]
  sum2<-sum2+mul2
}
pp1<-sum1/sarea
pp2<-sum2/sarea

liga3<-
paste("Promedio_ponderado/Datos_porcentaje/",modelo,"_",numero,"/Pp_",modelo,"-
CGCM3_rcp",numero,"_Tr_",dd,".txt",sep="")
print(liga3)
write.table(rbind(pp1,pp2),file=liga3,row.names=F,col.names=F)
}
}

#-----Función para obtener el RMSE y la correlacion-----#

```

```

rmse<-function(cuenca,modelo1,modelo2){
load(paste(cuenca,"/",cuenca,".Rda", sep=""))
nc<-ncol(maxdat)
arc1<-read.table(file=paste(cuenca,"/",cuenca,"_max_hist_",modelo1,"-ESM-
LR_r3ilp1.txt",sep=""), header=T)
arc2<-read.table(file=paste(cuenca,"/",cuenca,"_max_hist_",modelo2,"-
CGCM3_rlilp1.txt", sep=""), header=T)
darc1<-data.frame(arc1[2])
darc2<-data.frame(arc2[2])
for(c in 1:nc){
d2<-data.frame(maxdat[c])
op1<-data.frame((d2-darc1)^2)
op2<-data.frame((d2-darc2)^2)
rmse1<-round(sqrt(1/40*(sum(op1,na.rm=T))),4)
rmse2<-round(sqrt(1/40*(sum(op2,na.rm=T))),4)

##Correlacion##
cm1<-round(cor(d2,arc1[2], use="na.or.complete", method="pearson"),4)
cm2<-round(cor(d2,arc2[2], use="na.or.complete", method="pearson"),4)
datos<-data.frame(paste(colnames(maxdat[c]),rmse1,rmse2,cm1,cm2))
write.table(datos, file=paste(cuenca,"/",cuenca,"_ec.txt",sep=""),
row.names=FALSE, quote=FALSE, col.names=FALSE, append=T)
}
}

#--Función para obtener precipitación máxima y desviación estandar#
pmax_dest<-function(cuenca){
load(paste(cuenca,"/",cuenca,".Rda", sep=""))
nc<-ncol(maxdat)
print(nc)
for(c in 14:nc){
pmax<-max(maxdat[c],na.rm=T)
des<-round(sd(maxdat[c],na.rm=T),4)
#print(des)
#print(pmax)
pmax1<-paste(colnames(maxdat[c]),pmax,des)
print(pmax1)
}
}

#-----Perido_ret_contornos_gumbel.R-----#

Calcula el periodo de retorno de las estaciones por cuencas y crea gráficas de
contornos.

setwd("~/Documentos/datos/proyecto/Programa/R/periodo_ret/gumbel")
source('pr_contorno_tools.R')
library(akima)
data(akima)

cuencas <- c("Conchos", "Concordia", "Cutzamala")
DIR1 <- "salida/RDA"
DIR2 <- "salida/"
DIR3 <- "salida/coordenadas/"

cutza <- read.csv('salida/vertices/cutza_vertices_DOF.csv', sep=";")
concho <- read.csv('salida/vertices/conchos_vertices_DOF.csv', sep=";")
concord <- read.csv('salida/vertices/concord_vertices_DOF.csv', sep=";",)

```

```

lf <- list.files(DIR1)
lfc <- list.files(DIR3)
nlf <- length(lf)

for(i in 1:nlf)
{
  coords <- read.table(paste(DIR3, lfc[i], sep=""), header=T)
  datos <- periodoret_rda(lf, DIR1)
  cuenca_T <- datos[1:2,]
  params <- datos[3:4,]
  datos_final <- cbind(coords, t(params), t(cuenca_T))
  colnames(datos_final) <- c("Estacion", "Latitud", "Longitud", "mu", "alpha",
"T10", "T100" )
  write.csv(datos_final, paste(DIR2, "datos_tot_", cuencas[i], ".csv", sep=""),
quote=F, row.names=F)
  write.table(cuenca_T, paste(DIR2, "Tr_", cuencas[i], ".txt", sep=""), quote=F,
row.names=F)
  write.table(params, paste(DIR2, "Parametros_", cuencas[i], ".txt", sep=""),
quote=F, row.names=F)
}

datos_cutza <- read.csv(paste(DIR2, 'datos_tot_Cutzamala.csv', sep=""), sep=",")
datos_conchos <- read.csv(paste(DIR2, 'datos_tot_Conchos.csv', sep=""), sep=",")
datos_concord <- read.csv(paste(DIR2, 'datos_tot_Concordia.csv', sep=""), sep=",")

contorno(DIR2, datos_cutza, datos_cutza$mu, cutza, "cutzamala_mu.png", "Ri-o
Cutzamala")
contorno(DIR2, datos_cutza, datos_cutza$alpha, cutza, "cutzamala_alpha.png", "Ri-o
Cutzamala")
contorno(DIR2, datos_cutza, datos_cutza$T10, cutza, "cutzamala_t10.png", "Ri-o
Cutzamala")
contorno(DIR2, datos_cutza, datos_cutza$T100, cutza, "cutzamala_t100.png", "Ri-o
Cutzamala")

contorno(DIR2, datos_conchos, datos_conchos$mu, concho, "conchos_mu.png", "Ri-o
Conchos 1")
contorno(DIR2, datos_conchos, datos_conchos$alpha, concho, "conchos_alpha.png",
"Ri-o Conchos 1")
contorno(DIR2, datos_conchos, datos_conchos$T10, concho, "conchos_t10.png", "Ri-o
Conchos 1")
contorno(DIR2, datos_conchos, datos_conchos$T100, concho, "conchos_t100.png", "Ri-o
Conchos 1")

contorno(DIR2, datos_concord, datos_concord$mu, concord, "concord_mu.png",
"Subregión Grijalva-La Concordia")
contorno(DIR2, datos_concord, datos_concord$alpha, concord, "concord_alpha.png",
"Subregión Grijalva-La Concordia")
contorno(DIR2, datos_concord, datos_concord$T10, concord, "concord_t10.png",
"Subregión Grijalva-La Concordia")
contorno(DIR2, datos_concord, datos_concord$T100, concord, "concord_t100.png",
"Subregión Grijalva-La Concordia")

#-----Periodo_ret_contornos_gumbel_porcentaje.R-----#

Calcula el periodo de retorno de las estaciones con el porcentaje de cambio
aplicado por cuencas y crea gráficas de contornos.

setwd("~/Documentos/datos/proyecto/Programa/R/periodo_ret/gumbel")

```



```

DIR <- "~/Documentos/datos/proyecto/Programa/R/IDT/final/porcentaje/"
source('pr_contorno_tools.R')
library(akima)
data(akima)

modelo <- c("MPI-ESM-LR", "MRI-CGCM3")
experimento <- c("rcp45", "rcp85")

porcentaje <- read.table(paste(DIR, 'porcentaje.txt', sep=""))
cuencas <- c("Conchos", "Concordia", "Cutzamala")
DIR1 <- "salida/RDA"
DIR2 <- "salida/salida_porcentaje/"
DIR3 <- "salida/coordenadas/"

cutza <- read.csv('salida/vertices/cutza_vertices_DOE.csv', sep=";")
concho <- read.csv('salida/vertices/conchos_vertices_DOE.csv', sep=";")
concord <- read.csv('salida/vertices/concord_vertices_DOE.csv', sep=";")

lf <- list.files(DIR1)
lfc <- list.files(DIR3)
nlf <- length(lf)

for(mod in 1:2)
{
  for(exp in 1:2)
  {
    i_modelo <- which(porcentaje$V2 == modelo[mod])
    prtj <- porcentaje[i_modelo,]
    i_exp <- which(prtj$V3 == experimento[exp])
    prtj <- prtj[i_exp,]
    for(i in 1:nlf)
    {
      coords <- read.table(paste(DIR3, lfc[i], sep=""), header=T)
      datos <- porcentaje_rda(lf, prtj$V6[i], DIR1)
      cuenca_T <- datos[1:2,]
      params <- datos[3:4,]
      datos_final <- cbind(coords, t(params), t(cuenca_T))
      colnames(datos_final) <- c("Estacion", "Latitud", "Longitud", "mu", "alpha",
"T10", "T100" )
      write.csv(datos_final, paste(DIR2, modelo[mod], '_', experimento[exp],
"_datos_tot_", cuencas[i], ".csv", sep=""), quote=F, row.names=F)
      write.table(cuenca_T, paste(DIR2, modelo[mod], '_', experimento[exp], "_Tr_",
cuencas[i], ".txt", sep=""), quote=F, row.names=F)
      write.table(params, paste(DIR2, modelo[mod], '_', experimento[exp],
"_Parametros_", cuencas[i], ".txt", sep=""), quote=F, row.names=F)
    }

    titulo_cutza <- "Río Cutzamala"
    titulo_conch <- "Río Conchos 1"
    titulo_concord <- "Subregión Grijalva-La Concordia"
    dirmod <- paste(modelo[mod], '_', experimento[exp], sep="")

    datos_cutza <- read.csv(paste(DIR2, dirmod, '_datos_tot_Cutzamala.csv',
sep=""), sep=";")
    datos_conchos <- read.csv(paste(DIR2, dirmod, '_datos_tot_Conchos.csv',
sep=""), sep=";")
    datos_concord <- read.csv(paste(DIR2, dirmod, '_datos_tot_Concordia.csv',
sep=""), sep=";")

```

```

    contorno(DIR2, datos_cutza, datos_cutza$mu, cutza, paste(dirmod,
"_cutzamala_mu.png", sep=""), titulo_cutza)
    contorno(DIR2, datos_cutza, datos_cutza$alpha, cutza, paste(dirmod,
"_cutzamala_alpha.png", sep=""), titulo_cutza)
    contorno(DIR2, datos_cutza, datos_cutza$T10, cutza, paste(dirmod,
"_cutzamala_t10.png", sep=""), titulo_cutza)
    contorno(DIR2, datos_cutza, datos_cutza$T100, cutza, paste(dirmod,
"_cutzamala_t100.png", sep=""), titulo_cutza)

    contorno(DIR2, datos_conchos, datos_conchos$mu, concho, paste(dirmod,
"_conchos_mu.png", sep=""), titulo_conch)
    contorno(DIR2, datos_conchos, datos_conchos$alpha, concho, paste(dirmod,
"_conchos_alpha.png", sep=""), titulo_conch)
    contorno(DIR2, datos_conchos, datos_conchos$T10, concho, paste(dirmod,
"_conchos_t10.png", sep=""), titulo_conch)
    contorno(DIR2, datos_conchos, datos_conchos$T100, concho, paste(dirmod,
"_conchos_t100.png", sep=""), titulo_conch)

    contorno(DIR2, datos_concord, datos_concord$mu, concord, paste(dirmod,
"_concord_mu.png", sep=""), titulo_concord)
    contorno(DIR2, datos_concord, datos_concord$alpha, concord, paste(dirmod,
"_concord_alpha.png", sep=""), titulo_concord)
    contorno(DIR2, datos_concord, datos_concord$T10, concord, paste(dirmod,
"_concord_t10.png", sep=""), titulo_concord)
    contorno(DIR2, datos_concord, datos_concord$T100, concord, paste(dirmod,
"_concord_t100.png", sep=""), titulo_concord)
  }
}

```

```
#-----pr_contorno_tools.R-----#
```

Funciones usadas

```

parametros <- function(x)
{
  s <- sd(x, na.rm = T)
  media <- mean(x, na.rm = T)
  alpha <- sqrt(6)*s/3.1415926
  mu <- media - alpha*0.5772
  return(rbind(mu, alpha))
}

var_reducida <- function(T, mu, alpha)
{
  yt <- -log(log(T/(T-1)))
  xt <- mu + alpha*yt
  return(xt)
}

periodoret_rda <- function(archivo, dir)
{
  nfiles <- length(archivo)
  xTr <- c(10, 100)

  est_lluvia <- NULL
  load(paste(dir, '/', archivo[i], sep=""))
  ndat <- length(maxdat)
  index <- maxdat[, 2:ndat] == "NaN"
}

```

```

index2 <- which(colSums(index) == 40 | (colSums(index) == 39))
param_est <- parametros(maxdat[, 2:ndat])

if(!is.na(index2[1]))
{
  param_est <- param_est[, -index2]
}

for(j in 1:length(xTr))
{
  est_lluvia <- rbind(est_lluvia, var_reducida(xTr[j], param_est[1,],
param_est[2,]))
}

return(rbind(est_lluvia, param_est))
}

contorno <- function(dir, datos, datos_var, cuenca, archivo, titulo)
{
  inter_datos <- interp(datos$Longitud, datos$Latitud, datos_var, linear=F,
extrap=F)
  png(filename=paste(dir, archivo), width=806, height=573)
  plot(datos$Latitud~datos$Longitud, data=inter_datos, pch=20,
col="blue",xlim=c(min(cuenca$Lon),max(cuenca$Lon)),
ylim=c(min(cuenca$Lat),max(cuenca$Lat)),main=titulo, xlab="Lon", ylab="Lat")
  contour(inter_datos, add=T)
  lines(cuenca, col='red')
  grid(lwd=2)
  dev.off()

#-----IDT_gumbel.R-----#

Crea gráficas i-d-T

source('idt_tools.R')
DIR <- "datos"
DIR2 <- "tablas_idt/"

iisoyeta <- c(45, 75, 43)
niiso <- length(iisoyeta)
larchivos <- list.files(DIR)

for(i in 1:niiso)
{
  cuenca <- strsplit(strsplit(larchivos[i], "_")[[1]][2], "[.]" [[1]][1]
figura <- paste("graficas/", cuenca, sep="")
pT <- read.table(paste(DIR, "/", larchivos[i], sep=""))
x <- pT[2, 1]/pT[1, 1]
k <- iisoyeta[i]/pT[1, 1]
tintensidad <- IDT(k, iisoyeta[i], x)
write.csv(tintensidad, paste(DIR2, cuenca, "_tabla_idt.csv", sep=""), quote=F)
grafica_idt(tintensidad, figura, cuenca)
}

#-----IDT_gumbel_estacion_modelo.R-----#

Crea gráficas i-d-T a partir del periodo de retorno con el porcentaje aplicado de
los modelos

```

```

source('idt_tools_tot.R')
DIR <- "datos"
DIR2 <- "tablas_idt/"
DIR3 <- "datos_modelo/"
DIR4 <- "tablas_idt_modelos/"

modelos <- c("MPI_45","MPI_85","MRI_45","MRI_85")
iisoyeta <- c(45, 75, 43)
niiso <- length(iisoyeta)
larchivos <- list.files(DIR)

for(mod in 1:length(modelos))
{
  larchivos_modelo <- list.files(paste(DIR3, modelos[mod], '/', sep=""))
  for(i in 1:niiso)
  {
    cuenca_est <- strsplit(strsplit(larchivos[i], "_")[[1]][2], "[.]" [[1]][1]
    cuenca_mod <- strsplit(strsplit(larchivos_modelo[i], "_")[[1]][5],
    "[.]" [[1]][1]
    figura <- paste("graficas_total/", modelos[mod], '/', modelos[mod], '_',
    cuenca_mod, sep="")
    pT_est <- read.table(paste(DIR, "/", larchivos[i], sep=""))
    pT_mod <- read.table(paste(DIR3, modelos[mod], '/', larchivos_modelo[i],
    sep=""))
    x_est <- pT_est[2, 1]/pT_est[1, 1]
    k_est <- iisoyeta[i]/pT_est[1, 1]
    tintensidad_est <- IDT(k_est, iisoyeta[i], x_est)
    x_mod <- pT_mod[2, 1]/pT_mod[1, 1]
    k_mod <- iisoyeta[i]/pT_mod[1, 1]
    tintensidad_mod <- IDT(k_mod, iisoyeta[i], x_mod)
    write.csv(round(tintensidad_est, 4), paste(DIR2, cuenca_mod, "_tabla_idt.csv",
    sep=""), quote=F)
    write.csv(round(tintensidad_mod, 4), paste(DIR4, cuenca_mod, "_", modelos[mod],
    "_tabla_idt.csv", sep=""), quote=F)
    grafica_idt_mod(tintensidad_est, tintensidad_mod, figura, cuenca_mod,
    modelos[mod])
  }
}

#-----Idt_tools_tot.R-----#

```

Funciones usadas

```

IDT <- function(K, I1, x){
  Ta <- c(5, 10, 25, 50, 100)
  d <- c(5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 80, 100, 120)

  if(K <= 0.6)
  {
    a1 <- -2.297536 + 100.0389*K - 432.5438*(K**2) + 1256.228*(K**3) -
    1028.902*(K**4)
    b1 <- -9.845761 + 96.94864*K - 341.4349*(K**2) + 757.9172*(K**3) -
    598.7461*(K**4)
    c1 <- -0.06498345 + 5.069294*K - 16.08111*(K**2) + 29.09596*(K**3) -
    20.06288*(K**4)
  }
  else

```

```

{
  a1 <- 21.03453 - 186.4683*K + 825.4915*(K**2) - 1084.846*(K**3) + 524.06*(K**4)
  b1 <- 3.487775 - 68.13976*K + 389.4625*(K**2) - 612.4041*(K**3) +
315.8721*(K**4)
  c1 <- 0.2677553 + 0.9481759*K + 2.109415*(K**2) - 4.827012*(K**3) +
2.459584*(K**4)
}

lTa <- length(Ta)
ld <- length(d)
salida <- matrix(0, nrow=lTa, ncol=ld, byrow=T)

for(pTa in 1:lTa){
  for(pd in 1:ld){
    idt <- (a1*I1*log10((10^(2 - x))*(log(Ta[pTa]/(Ta[pTa] - 1)))^(x - 1)))/(d[pd]
+ b1)^c1
    salida[pTa, pd] <- idt
  }
}
salida_df <- data.frame(salida)
rownames(salida_df) <- as.character(Ta)
colnames(salida_df) <- as.character(d)

return(salida_df)
}

```

```

grafica_idt_mod <- function(curva_est, curva_mod, dir, nombre, modelo)
{
  ymax <- floor(max(curva_est, curva_mod))
  ymin <- floor(min(curva_est, curva_mod))
  duracion <- c(0, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 80, 100, 120)
  periodo <- c(5, 10, 25, 50, 100)
  rcp <- strsplit(strsplit(modelo[1], '_')[[1]][2], '')
  rcp <- paste(rcp[[1]][1], '.', rcp[[1]][2], sep='')
  modelo1 <- strsplit(modelo[1], '_')[[1]][1]

  if(nombre == "Concordia")
  {
    nombre <- "Subregión Grijalva-La Concordia"
  }
  else if(nombre == "Conchos")
  {
    nombre <- "Río Conchos 1"
  }
  else
  {
    nombre <- "Río Cutzamala"
  }

  png(filename=paste(dir, ".png", sep=""), width=806, height=573)
  plot(seq(1, 10, by=0.5), seq(ymin, ymax, by=(ymax - ymin)/18), type="n",
xaxt="n", yaxt="n", main=nombre, xlab="min", ylab="mm/h", cex.lab=1.5,
cex.main=1.7)
  axis(1, at=seq(0, 10, 1), label=duracion, cex.axis=1.5)
  axis(2, at=seq(ymin, ymax, 15), label=seq(ymin, ymax, 15), cex.axis=1.5)
  for(i in 1:length(curva_mod[,1]))
  {

```

```

    lines(as.numeric(curva_est[i, 1:10]), type="l", col=i)
    lines(as.numeric(curva_mod[i, 1:10]), type="l", col=i, lty=2)
  }
  abline(h=seq(ymin, ymax, 15), v=seq(0, 10, 1), lwd=1, col="grey", lty="dashed")
  legend(8, ymax, periodo, fill=c(1:5), title=paste("Periodo de retorno", "\n",
"(años)"), cex=1.5)
  dev.off()
}

#-----Conchos_porcentaje_cambio_MPI.R-----#

Programa que calcula el porcentaje de cambio del modelo MPI para la cuenca río
Conchos 1

library(ncdf)
source('idt_tools2.R')
modelo <- "MPI-ESM-LR"
ensamble <- "r3ilp1"
# experimento <- "rcp45"
experimento <- "rcp85"
exp <- strsplit(experimento, "p")[[1]][2]
dir_modelo <- strsplit(modelo, "-")[[1]][1]

DIR <- "/home/jarmando/Documentos/datos/proyecto/wget1/"
DIR2 <- "maximos_anuales/"

pr_dir_hist1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19600101-19691231.nc", sep="")
pr_dir_hist2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19700101-19791231.nc", sep="")
pr_dir_hist3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19800101-19891231.nc", sep="")
pr_dir_hist4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19900101-19991231.nc", sep="")

pr_dir_future1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20600101-20691231.nc", sep="")
pr_dir_future2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20700101-20791231.nc", sep="")
pr_dir_future3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20800101-20891231.nc", sep="")
pr_dir_future4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20900101-21001231.nc", sep="")

archivos <- c(pr_dir_hist1, pr_dir_hist2, pr_dir_hist3, pr_dir_hist4)
archivos_fut <- c(pr_dir_future1, pr_dir_future2, pr_dir_future3, pr_dir_future4)

#Historicos#

#Obtiene las fechas y precipitaciones de los archivos
for(i in 1:length(archivos))
{
  arch_ncdf <- paste("pr", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_hist",i,")", sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf))

  parametros <- paste("params", i, "<- datos_ncdf(pr", i, ".nc)", sep="")
  eval(parse(text = parametros))

  fechas <- paste("fecha", i, "<- params", i, "$tiempo", sep="")

```

```

eval(parse(text = fechas))

lluvia <- paste("precip", i, "<- params", i, "$precip[7:9, 9:10,]", sep="")
eval(parse(text = lluvia))

ini_pr <- paste("precip_tot", i, " <- 0", sep="")
eval(parse(text = ini_pr))
}

dims <- dim(precip1)

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, conchos [7:9, 9:10]
for(i in 1:length(archivos))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    for(l in 1:dims[2])
    {

      prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- (precip_tot", i, " + precip", i,
"[k,l,]", sep="")
      eval(parse(text = prom_pr))
    }
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- precip_tot", i, "/(dims[1]*dims[2])",
sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

lon <- params1$lon[7:9]
lat <- params1$lat[9:10]

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini <- NULL
fecha_fin <- NULL
prefix <- "19"

for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha_inifin <- año_inifin(archivos[i])
  for(i in fecha_inifin[1]:fecha_inifin[2])
  {
    fecha_ini <- c(fecha_ini, paste(prefix, i, "-01-01 00:00:00", sep=""))
    fecha_fin <- c(fecha_fin, paste(prefix, i, "-12-31 00:00:00", sep=""))
  }
}

#Maxima precipitacion
k <- 0
for(i in 1:length(archivos))
{
  datos <- paste("datos", i, "<- df_pr(precip_tot", i, ", fecha", i, ",
fecha_ini[", 1+k, ":", 10+k, "], fecha_fin[", 1+k, ":", 10+k, "])", sep="")
  eval(parse(text = datos))
  k <- k + 10
}

fecha_max<- NULL
pr <- NULL

```

```

for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha <- paste("fecha_max <- c(fecha_max, datos", i, "$fecha_max[-1])", sep="")
  eval(parse(text = fecha))

  lluvia <- paste("pr <- c(pr, datos", i, "$pr[-1])", sep="")
  eval(parse(text = lluvia))
}

datos <- data.frame(Fecha=fecha_max, Max_Pr=round(pr,2))

write.table(datos, paste(DIR2, "conchos_max_hist_", modelo, "_", ensamble, "_",
experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)

#Futuros#

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  arch_ncdf_fut <- paste("pr_fut", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_future", i, ")",
sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf_fut))

  parametros_fut <- paste("params_fut", i, "<- datos_ncdf(pr_fut", i, ".nc)",
sep="")
  eval(parse(text = parametros_fut))

  fechas_fut <- paste("fecha_fut", i, "<- params_fut", i, "$tiempo", sep="")
  eval(parse(text = fechas_fut))

  lluvia_fut <- paste("precip_fut", i, "<- params_fut", i, "$precip[7:9, 9:10,]",
sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))

  ini_pr_fut <- paste("precip_tot_fut", i, " <- 0", sep="")
  eval(parse(text = ini_pr_fut))
}

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, conchos [7:9, 9:10]
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    for(l in 1:dims[2])
    {
      prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- (precip_tot_fut", i, " +
precip_fut", i, "[k,l,]", sep="")
      eval(parse(text = prom_pr))
    }
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- precip_tot_fut", i,
"/(dims[1]*dims[2])", sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini_fut <- NULL
fecha_fin_fut <- NULL

```



```

prefix_fut <- "20"

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  fecha_inifin_fut <- año_inifin(archivos_fut[i])

  if (fecha_inifin_fut[2]==0)
  {
    fecha_inifin_fut[2]<-99
  }

  print(fecha_inifin_fut)
  for(i in fecha_inifin_fut[1]:fecha_inifin_fut[2])
  {
    fecha_ini_fut <- c(fecha_ini_fut, paste(prefix_fut, i, "-01-01 00:00:00",
sep=""))
    fecha_fin_fut <- c(fecha_fin_fut, paste(prefix_fut, i, "-12-31 00:00:00",
sep=""))
  }
}

#Datos de lluvia máxmima para cada año
k <- 0
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  datos_fut <- paste("datos_fut", i, "<- df_pr(precip_tot_fut", i, ", fecha_fut",
i, ", fecha_ini_fut[" , 1+k, ":", 10+k, "], fecha_fin_fut[" , 1+k, ":", 10+k, "])",
sep="")
  eval(parse(text = datos_fut))
  k <- k + 10
}

fecha_max_fut<- NULL
pr_fut <- NULL
for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha_fut <- paste("fecha_max_fut <- c(fecha_max_fut, datos_fut", i,
"$fecha_max[-1])", sep="")
  eval(parse(text = fecha_fut))

  lluvia_fut <- paste("pr_fut <- c(pr_fut, datos_fut", i, "$pr[-1])", sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))
}

datos_fut <- data.frame(Fecha=fecha_max_fut, Max_Pr=round(pr_fut,2))

write.table(datos_fut, paste(DIR2, "conchos_max_fut_", modelo, "_", ensamble, "_",
experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)
#Porcentaje de cambio#
med_datos <- median(datos$Max_Pr)
med_datos_fut <- median(datos_fut$Max_Pr)

pr_hist <- NULL

delta_pr <- med_datos_fut/med_datos
comp_delta_pr <- delta_pr-1

porcentaje <- data.frame(Cuenca="Conchos", Modelo=modelo, Experimento=experimento,
Ensamble=ensamble, Delta=round(delta_pr, 4), Porcentaje=round(comp_delta_pr,4))

```

```

write.table(porcentaje, "porcentaje/porcentaje.txt", row.names=F, quote=F,
append=T, col.names=F)

#-----Conchos_porcentaje_cambio_MRI.R-----#

Programa que calcula el porcentaje de cambio del modelo MRI para la cuenca río
Conchos 1

library(ncdf)
source('idt_tools2.R')
modelo <- "MRI-CGCM3"
ensamble <- "r1ilp1"
# experimento <- "rcp45"
experimento <- "rcp85"
exp <- strsplit(experimento, "p")[[1]][2]
dir_modelo <- strsplit(modelo, "-")[[1]][1]

DIR <- "/home/jarmando/Documentos/datos/proyecto/wget1/"
DIR2 <- "maximos_anuales/"

pr_dir_hist1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19600101-19691231.nc", sep="")
pr_dir_hist2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19700101-19791231.nc", sep="")
pr_dir_hist3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19800101-19891231.nc", sep="")
pr_dir_hist4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19900101-19991231.nc", sep="")

pr_dir_future1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20560101-20651231.nc", sep="")
pr_dir_future2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20660101-20751231.nc", sep="")
pr_dir_future3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20760101-20851231.nc", sep="")
pr_dir_future4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20860101-20951231.nc", sep="")
pr_dir_future5 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20960101-21001231.nc", sep="")

archivos <- c(pr_dir_hist1, pr_dir_hist2, pr_dir_hist3, pr_dir_hist4)
archivos_fut <- c(pr_dir_future1, pr_dir_future2, pr_dir_future3, pr_dir_future4,
pr_dir_future5)

#Historicos#
Historicos

#Obtiene las fechas y precipitaciones de los archivos
for(i in 1:length(archivos))
{
  arch_ncdf <- paste("pr", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_hist",i,")", sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf))

  parametros <- paste("params", i, "<- datos_ncdf(pr", i, ".nc)", sep="")
  eval(parse(text = parametros))

  fechas <- paste("fecha", i, "<- params", i, "$tiempo", sep="")
  eval(parse(text = fechas))
}

```

```

lluvia <- paste("precip", i, "<- params", i, "$precip[11:13, 13:14,]", sep="")
eval(parse(text = lluvia))

ini_pr <- paste("precip_tot", i, " <- 0", sep="")
eval(parse(text = ini_pr))
}

dims <- dim(precip1)

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, conchos [11:13, 13:14]
for(i in 1:length(archivos))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    for(l in 1:dims[2])
    {

      prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- (precip_tot", i, " + precip", i,
"[k,l,]", sep="")
      eval(parse(text = prom_pr))
    }
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- precip_tot", i, "/(dims[1]*dims[2])",
sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

lon <- params1$lon[7:9]
lat <- params1$lat[9:10]

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini <- NULL
fecha_fin <- NULL
prefix <- "19"
for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha_inifin <- año_inifin(archivos[i])
  for(i in fecha_inifin[1]:fecha_inifin[2])
  {
    fecha_ini <- c(fecha_ini, paste(prefix, i, "-01-01 00:00:00", sep=""))
    fecha_fin <- c(fecha_fin, paste(prefix, i, "-12-31 00:00:00", sep=""))
  }
}

#Maxima precipitacion
k <- 0
for(i in 1:length(archivos))
{
  datos <- paste("datos", i, "<- df_pr(precip_tot", i, ", fecha", i, ",
fecha_ini[", 1+k, ":", 10+k, "], fecha_fin[", 1+k, ":", 10+k, "])", sep="")
  eval(parse(text = datos))
  k <- k + 10
}

fecha_max<- NULL
pr <- NULL
for(i in 1:length(archivos))
{

```

```

fecha <- paste("fecha_max <- c(fecha_max, datos", i, "$fecha_max[-1])", sep="")
eval(parse(text = fecha))

lluvia <- paste("pr <- c(pr, datos", i, "$pr[-1])", sep="")
eval(parse(text = lluvia))
}

datos <- data.frame(Fecha=fecha_max, Max_Pr=round(pr,2))

write.table(datos, paste(DIR2, "conchos_max_hist_", modelo, "_", ensamble, "_",
experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)
#Futuros#

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  arch_ncdf_fut <- paste("pr_fut", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_future",i,")",
sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf_fut))

  parametros_fut <- paste("params_fut", i, "<- datos_ncdf(pr_fut", i, ".nc)",
sep="")
  eval(parse(text = parametros_fut))

  fechas_fut <- paste("fecha_fut", i, "<- params_fut", i, "$tiempo", sep="")
  eval(parse(text = fechas_fut))

  lluvia_fut <- paste("precip_fut", i, "<- params_fut", i, "$precip[11:13,
13:14,]", sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))

  ini_pr_fut <- paste("precip_tot_fut", i, " <- 0", sep="")
  eval(parse(text = ini_pr_fut))
}

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, conchos [11:13, 13:14]
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    for(l in 1:dims[2])
    {
      prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- (precip_tot_fut", i, " +
precip_fut", i, "[k,l,]", sep="")
      eval(parse(text = prom_pr))
    }
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- precip_tot_fut", i,
"/(dims[1]*dims[2])", sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini_fut <- NULL
fecha_fin_fut <- NULL
prefix_fut <- "20"

for(i in 1:length(archivos_fut))

```

```

{
  fecha_inifin_fut <- año_inifin(archivos_fut[i])

  if (fecha_inifin_fut[1]==56)
  {
    fecha_inifin_fut[1]<-60
  }

  if (fecha_inifin_fut[2]==0)
  {
    fecha_inifin_fut[2]<-99
  }

  print(fecha_inifin_fut)
  for(i in fecha_inifin_fut[1]:fecha_inifin_fut[2])
  {
    fecha_ini_fut <- c(fecha_ini_fut, paste(prefix_fut, i, "-01-01 00:00:00",
sep=""))
    fecha_fin_fut <- c(fecha_fin_fut, paste(prefix_fut, i, "-12-31 00:00:00",
sep=""))
  }
}

#Datos de lluvia máxmima para cada año
k <- 0
inc <- 6
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  if(i > 1)
  {
    inc <- 10
  }

  datos_fut <- paste("datos_fut", i, "<- df_pr(precip_tot_fut", i, ", fecha_fut",
i, ", fecha_ini_fut[", 1+k, ":", inc+k, "], fecha_fin_fut[", 1+k, ":", inc+k, "])",
sep="")
  eval(parse(text = datos_fut))
  k <- k + inc
}

fecha_max_fut<- NULL
pr_fut <- NULL
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  fecha_fut <- paste("fecha_max_fut <- c(fecha_max_fut, datos_fut", i,
"$fecha_max[-1])", sep="")
  eval(parse(text = fecha_fut))

  lluvia_fut <- paste("pr_fut <- c(pr_fut, datos_fut", i, "$pr[-1])", sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))
}

na_ind <- na.omit(pr_fut)
pr_fut2 <- as.numeric(na_ind)
datos_fut <- data.frame(Fecha=fecha_max_fut, Max_Pr=round(pr_fut2,2))

write.table(datos_fut, paste(DIR2, "conchos_max_fut_", modelo, "_", ensamble, "_",
experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)
#Porcentaje de cambio#

```

```

med_datos <- median(datos$Max_Pr)
med_datos_fut <- median(datos_fut$Max_Pr)

pr_hist <- NULL

delta_pr <- med_datos_fut/med_datos
comp_delta_pr <- delta_pr-1

porcentaje <- data.frame(Cuenca="Conchos", Modelo=modelo, Experimento=experimento,
Ensamble=ensamble, Delta=round(delta_pr, 4), Porcentaje=round(comp_delta_pr,4))

write.table(porcentaje, "porcentaje/porcentaje.txt", row.names=F, quote=F,
append=T, col.names=F)

#-----Concordia_porcentaje_cambio_MPI.R-----#

Programa que calcula el porcentaje de cambio del modelo MPI para la subregión
hidrológica Grijalva - La Concordia.

library(ncdf)
source('idt_tools2.R')
modelo <- "MPI-ESM-LR"
ensamble <- "r3ilp1"
# experimento <- "rcp45"
experimento <- "rcp85"
exp <- strsplit(experimento, "p")[[1]][2]
dir_modelo <- strsplit(modelo, "-")[[1]][1]

DIR <- "/home/jarmando/Documentos/datos/proyecto/wget1/"
DIR2 <- "maximos_anuales/"

pr_dir_hist1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19600101-19691231.nc", sep="")
pr_dir_hist2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19700101-19791231.nc", sep="")
pr_dir_hist3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19800101-19891231.nc", sep="")
pr_dir_hist4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19900101-19991231.nc", sep="")

pr_dir_future1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20600101-20691231.nc", sep="")
pr_dir_future2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20700101-20791231.nc", sep="")
pr_dir_future3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20800101-20891231.nc", sep="")
pr_dir_future4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20900101-21001231.nc", sep="")

archivos <- c(pr_dir_hist1, pr_dir_hist2, pr_dir_hist3, pr_dir_hist4)
archivos_fut <- c(pr_dir_future1, pr_dir_future2, pr_dir_future3, pr_dir_future4)

#Historicos#

#Obtiene las fechas y precipitaciones de los archivos
for(i in 1:length(archivos))
{
  arch_ncdf <- paste("pr", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_hist",i,")", sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf))
}

```

```

parametros <- paste("params", i, "<- datos_ncdf(pr", i, ".nc)", sep="")
eval(parse(text = parametros))

fechas <- paste("fecha", i, "<- params", i, "$tiempo", sep="")
eval(parse(text = fechas))

lluvia <- paste("precip", i, "<- params", i, "$precip[15:16, 2:3,]", sep="")
eval(parse(text = lluvia))

ini_pr <- paste("precip_tot", i, " <- 0", sep="")
eval(parse(text = ini_pr))
}

dims <- dim(precipl)

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, concordia [15:16, 2:3]
for(i in 1:length(archivos))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    for(l in 1:dims[2])
    {
      prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- (precip_tot", i, " + precip", i,
"[k,l,]", sep="")
      eval(parse(text = prom_pr))
    }
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- precip_tot", i, "/(dims[1]*dims[2])",
sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

lon <- params1$lon[15:16]
lat <- params1$lat[2:3]

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini <- NULL
fecha_fin <- NULL
prefix <- "19"

for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha_inifin <- año_inifin(archivos[i])
  for(i in fecha_inifin[1]:fecha_inifin[2])
  {
    fecha_ini <- c(fecha_ini, paste(prefix, i, "-01-01 00:00:00", sep=""))
    fecha_fin <- c(fecha_fin, paste(prefix, i, "-12-31 00:00:00", sep=""))
  }
}

#Maxima precipitacion
k <- 0
for(i in 1:length(archivos))
{
  datos <- paste("datos", i, "<- df_pr(precip_tot", i, ", fecha", i, ",
fecha_ini[", 1+k, ":", 10+k, "], fecha_fin[", 1+k, ":", 10+k, "])", sep="")
  eval(parse(text = datos))
  k <- k + 10
}

```

```

}

fecha_max<- NULL
pr <- NULL
for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha <- paste("fecha_max <- c(fecha_max, datos", i, "$fecha_max[-1])", sep="")
  eval(parse(text = fecha))

  lluvia <- paste("pr <- c(pr, datos", i, "$pr[-1])", sep="")
  eval(parse(text = lluvia))
}

datos <- data.frame(Fecha=fecha_max, Max_Pr=round(pr,2))

write.table(datos, paste(DIR2, "concordia_max_hist_", modelo, "_", ensamble, "_",
experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)

#Futuros#

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  arch_ncdf_fut <- paste("pr_fut", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_future",i,")",
sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf_fut))

  parametros_fut <- paste("params_fut", i, "<- datos_ncdf(pr_fut", i, ".nc)",
sep="")
  eval(parse(text = parametros_fut))

  fechas_fut <- paste("fecha_fut", i, "<- params_fut", i, "$tiempo", sep="")
  eval(parse(text = fechas_fut))

  lluvia_fut <- paste("precip_fut", i, "<- params_fut", i, "$precip[15:16, 2:3,]",
sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))

  ini_pr_fut <- paste("precip_tot_fut", i, " <- 0", sep="")
  eval(parse(text = ini_pr_fut))
}

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, concordia [15:16, 2:3]
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    for(l in 1:dims[2])
    {
      prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- (precip_tot_fut", i, " +
precip_fut", i, "[k,l,])", sep="")
      eval(parse(text = prom_pr))
    }
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- precip_tot_fut", i,
"/(dims[1]*dims[2])", sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

```



```

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini_fut <- NULL
fecha_fin_fut <- NULL
prefix_fut <- "20"

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  fecha_inifin_fut <- año_inifin(archivos_fut[i])

  if (fecha_inifin_fut[2]==0)
  {
    fecha_inifin_fut[2]<-99
  }

  print(fecha_inifin_fut)
  for(i in fecha_inifin_fut[1]:fecha_inifin_fut[2])
  {
    fecha_ini_fut <- c(fecha_ini_fut, paste(prefix_fut, i, "-01-01 00:00:00",
sep=""))
    fecha_fin_fut <- c(fecha_fin_fut, paste(prefix_fut, i, "-12-31 00:00:00",
sep=""))
  }
}

#Datos de lluvia máxmima para cada año
k <- 0
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  datos_fut <- paste("datos_fut", i, "<- df_pr(precip_tot_fut", i, ", fecha_fut",
i, ", fecha_ini_fut[", 1+k, ":", 10+k, "], fecha_fin_fut[", 1+k, ":", 10+k, "])",
sep="")
  eval(parse(text = datos_fut))
  k <- k + 10
}

fecha_max_fut<- NULL
pr_fut <- NULL
for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha_fut <- paste("fecha_max_fut <- c(fecha_max_fut, datos_fut", i,
"$fecha_max[-1])", sep="")
  eval(parse(text = fecha_fut))

  lluvia_fut <- paste("pr_fut <- c(pr_fut, datos_fut", i, "$pr[-1])", sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))
}

datos_fut <- data.frame(Fecha=fecha_max_fut, Max_Pr=round(pr_fut,2))

write.table(datos_fut, paste(DIR2, "concordia_max_fut_", modelo, "_", ensamble,
"_", experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)
#Porcentaje de camcio#
med_datos <- median(datos$Max_Pr)
med_datos_fut <- median(datos_fut$Max_Pr)

pr_hist <- NULL

delta_pr <- med_datos_fut/med_datos
comp_delta_pr <- delta_pr-1

```

```

porcentaje <- data.frame(Cuenca="Concordia", Modelo=modelo,
Experimento=experimento, Ensamble=ensamble, Delta=round(delta_pr, 4),
Porcentaje=round(comp_delta_pr, 4))

write.table(porcentaje, "porcentaje/porcentaje.txt", row.names=F, quote=F,
append=T, col.names=F)

#-----Concordia_porcentaje_cambio_MRI.R-----#

Programa que calcula el porcentaje de cambio del modelo MRI para la subregión
hidrológica Grijalva - La Concordia.

library(ncdf)
source('idt_tools2.R')
modelo <- "MRI-CGCM3"
ensamble <- "r1i1p1"
# experimento <- "rcp45"
experimento <- "rcp85"
exp <- strsplit(experimento, "p")[[1]][2]
dir_modelo <- strsplit(modelo, "-")[[1]][1]

DIR <- "/home/jarmando/Documentos/datos/proyecto/wget1/"
DIR2 <- "maximos_anuales/"

pr_dir_hist1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19600101-19691231.nc", sep="")
pr_dir_hist2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19700101-19791231.nc", sep="")
pr_dir_hist3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19800101-19891231.nc", sep="")
pr_dir_hist4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19900101-19991231.nc", sep="")

pr_dir_future1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20560101-20651231.nc", sep="")
pr_dir_future2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20660101-20751231.nc", sep="")
pr_dir_future3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20760101-20851231.nc", sep="")
pr_dir_future4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20860101-20951231.nc", sep="")
pr_dir_future5 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20960101-21001231.nc", sep="")

archivos <- c(pr_dir_hist1, pr_dir_hist2, pr_dir_hist3, pr_dir_hist4)
archivos_fut <- c(pr_dir_future1, pr_dir_future2, pr_dir_future3, pr_dir_future4,
pr_dir_future5)

#Historicos#

#Obtiene las fechas y precipitaciones de los archivos
for(i in 1:length(archivos))
{
  arch_ncdf <- paste("pr", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_hist",i,")", sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf))

  parametros <- paste("params", i, "<- datos_ncdf(pr", i, ".nc)", sep="")
  eval(parse(text = parametros))
}

```

```

fechas <- paste("fecha", i, "<- params", i, "$tiempo", sep="")
eval(parse(text = fechas))

lluvia <- paste("precip", i, "<- params", i, "$precip[24:25, 3:4,]", sep="")
eval(parse(text = lluvia))

ini_pr <- paste("precip_tot", i, " <- 0", sep="")
eval(parse(text = ini_pr))
}

dims <- dim(precip1)

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, conchos [24:25, 3:4]
for(i in 1:length(archivos))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    for(l in 1:dims[2])
    {

      prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- (precip_tot", i, " + precip", i,
"[k,l,]", sep="")
      eval(parse(text = prom_pr))
    }
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- precip_tot", i, "/(dims[1]*dims[2])",
sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

lon <- params1$lon[7:9]
lat <- params1$lat[9:10]

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini <- NULL
fecha_fin <- NULL
prefix <- "19"

for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha_inifin <- año_inifin(archivos[i])
  for(i in fecha_inifin[1]:fecha_inifin[2])
  {
    fecha_ini <- c(fecha_ini, paste(prefix, i, "-01-01 00:00:00", sep=""))
    fecha_fin <- c(fecha_fin, paste(prefix, i, "-12-31 00:00:00", sep=""))
  }
}

#Maxima precipitacion
k <- 0
for(i in 1:length(archivos))
{
  datos <- paste("datos", i, "<- df_pr(precip_tot", i, ", fecha", i, ",
fecha_ini[", 1+k, ":", 10+k, "], fecha_fin[", 1+k, ":", 10+k, "])", sep="")
  eval(parse(text = datos))
  k <- k + 10
}

```

```

fecha_max<- NULL
pr <- NULL
for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha <- paste("fecha_max <- c(fecha_max, datos", i, "$fecha_max[-1])", sep="")
  eval(parse(text = fecha))

  lluvia <- paste("pr <- c(pr, datos", i, "$pr[-1])", sep="")
  eval(parse(text = lluvia))
}

datos <- data.frame(Fecha=fecha_max, Max_Pr=round(pr,2))

write.table(datos, paste(DIR2, "concordia_max_hist_", modelo, "_", ensamble, "_",
experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)
#Futuros#

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  arch_ncdf_fut <- paste("pr_fut", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_future",i,")",
sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf_fut))

  parametros_fut <- paste("params_fut", i, "<- datos_ncdf(pr_fut", i, ".nc)",
sep="")
  eval(parse(text = parametros_fut))

  fechas_fut <- paste("fecha_fut", i, "<- params_fut", i, "$tiempo", sep="")
  eval(parse(text = fechas_fut))

  lluvia_fut <- paste("precip_fut", i, "<- params_fut", i, "$precip[24:25, 3:4,]",
sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))

  ini_pr_fut <- paste("precip_tot_fut", i, " <- 0", sep="")
  eval(parse(text = ini_pr_fut))
}

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, conchos [24:25, 3:4]
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    for(l in 1:dims[2])
    {
      prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- (precip_tot_fut", i, " +
precip_fut", i, "[k,l,])", sep="")
      eval(parse(text = prom_pr))
    }
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- precip_tot_fut", i,
"/(dims[1]*dims[2])", sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini_fut <- NULL

```

```

fecha_fin_fut <- NULL
prefix_fut <- "20"

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  fecha_inifin_fut <- año_inifin(archivos_fut[i])

  if (fecha_inifin_fut[1]==56)
  {
    fecha_inifin_fut[1]<-60
  }

  if (fecha_inifin_fut[2]==0)
  {
    fecha_inifin_fut[2]<-99
  }

  print(fecha_inifin_fut)
  for(i in fecha_inifin_fut[1]:fecha_inifin_fut[2])
  {
    fecha_ini_fut <- c(fecha_ini_fut, paste(prefix_fut, i, "-01-01 00:00:00",
sep=""))
    fecha_fin_fut <- c(fecha_fin_fut, paste(prefix_fut, i, "-12-31 00:00:00",
sep=""))
  }
}

#Datos de lluvia máxmima para cada año
k <- 0
inc <- 6
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  if(i > 1)
  {
    inc <- 10
  }

  datos_fut <- paste("datos_fut", i, "<- df_pr(precip_tot_fut", i, ", fecha_fut",
i, ", fecha_ini_fut[", 1+k, ":", inc+k, "], fecha_fin_fut[", 1+k, ":", inc+k, "])",
sep="")
  eval(parse(text = datos_fut))
  k <- k + inc
}

fecha_max_fut<- NULL
pr_fut <- NULL
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  fecha_fut <- paste("fecha_max_fut <- c(fecha_max_fut, datos_fut", i,
"$fecha_max[-1])", sep="")
  eval(parse(text = fecha_fut))

  lluvia_fut <- paste("pr_fut <- c(pr_fut, datos_fut", i, "$pr[-1])", sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))
}

na_ind <- na.omit(pr_fut)
pr_fut2 <- as.numeric(na_ind)
datos_fut <- data.frame(Fecha=fecha_max_fut, Max_Pr=round(pr_fut2,2))

```

```

write.table(datos_fut, paste(DIR2, "concordia_max_fut_", modelo, "_", ensamble,
"_" , experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)
#Porcentaje de cambio#
med_datos <- median(datos$Max_Pr)
med_datos_fut <- median(datos_fut$Max_Pr)

pr_hist <- NULL

delta_pr <- med_datos_fut/med_datos
comp_delta_pr <- delta_pr-1

porcentaje <- data.frame(Cuenca="Concordia", Modelo=modelo,
Experimento=experimento, Ensamble=ensamble, Delta=round(delta_pr, 4),
Porcentaje=round(comp_delta_pr,4))

write.table(porcentaje, "porcentaje/porcentaje.txt", row.names=F, quote=F,
append=T, col.names=F)

Cutzamala_porcentaje_cambio_MPI.R

Programa que calcula el porcentaje de cambio del modelo MPI para la cuenca río
Cutzamala

library(ncdf)
source('idt_tools2.R')
modelo <- "MPI-ESM-LR"
ensamble <- "r3ilp1"
# experimento <- "rcp45"
experimento <- "rcp85"
exp <- strsplit(experimento, "p")[[1]][2]
dir_modelo <- strsplit(modelo, "-")[[1]][1]

DIR <- "/home/jarmando/Documentos/datos/proyecto/wget1/"
DIR2 <- "maximos_anuales/"

pr_dir_hist1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19600101-19691231.nc", sep="")
pr_dir_hist2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19700101-19791231.nc", sep="")
pr_dir_hist3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19800101-19891231.nc", sep="")
pr_dir_hist4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19900101-19991231.nc", sep="")

pr_dir_future1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20600101-20691231.nc", sep="")
pr_dir_future2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20700101-20791231.nc", sep="")
pr_dir_future3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20800101-20891231.nc", sep="")
pr_dir_future4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20900101-21001231.nc", sep="")

archivos <- c(pr_dir_hist1, pr_dir_hist2, pr_dir_hist3, pr_dir_hist4)
archivos_fut <- c(pr_dir_future1, pr_dir_future2, pr_dir_future3, pr_dir_future4)

#Historicos#

```

```

#Obtiene las fechas y precipitaciones de los archivos
for(i in 1:length(archivos))
{
  arch_ncdf <- paste("pr", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_hist",i,")", sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf))

  parametros <- paste("params", i, "<- datos_ncdf(pr", i, ".nc)", sep="")
  eval(parse(text = parametros))

  fechas <- paste("fecha", i, "<- params", i, "$tiempo", sep="")
  eval(parse(text = fechas))

  lluvia <- paste("precip", i, "<- params", i, "$precip[11:12, 5,]", sep="")
  eval(parse(text = lluvia))

  ini_pr <- paste("precip_tot", i, " <- 0", sep="")
  eval(parse(text = ini_pr))
}

dims <- dim(precip1)

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, cutzamala [11:12, 5]
for(i in 1:length(archivos))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- (precip_tot", i, " + precip", i,
"[k,])", sep="")
    eval(parse(text = prom_pr))
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- precip_tot", i, "/(dims[1])", sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

lon <- params1$lon[11:12]
lat <- params1$lat[5]

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini <- NULL
fecha_fin <- NULL
prefix <- "19"

for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha_inifin <- año_inifin(archivos[i])
  for(i in fecha_inifin[1]:fecha_inifin[2])
  {
    fecha_ini <- c(fecha_ini, paste(prefix, i, "-01-01 00:00:00", sep=""))
    fecha_fin <- c(fecha_fin, paste(prefix, i, "-12-31 00:00:00", sep=""))
  }
}

#Maxima precipitacion
k <- 0
for(i in 1:length(archivos))
{
  datos <- paste("datos", i, "<- df_pr(precip_tot", i, ", fecha", i, ",
fecha_ini[", 1+k, ":", 10+k, "], fecha_fin[", 1+k, ":", 10+k, "])", sep="")

```

```

    eval(parse(text = datos))
    k <- k + 10
}

fecha_max<- NULL
pr <- NULL
for(i in 1:length(archivos))
{
    fecha <- paste("fecha_max <- c(fecha_max, datos", i, "$fecha_max[-1])", sep="")
    eval(parse(text = fecha))

    lluvia <- paste("pr <- c(pr, datos", i, "$pr[-1])", sep="")
    eval(parse(text = lluvia))
}

datos <- data.frame(Fecha=fecha_max, Max_Pr=round(pr,2))

write.table(datos, paste(DIR2, "cutzamala_max_hist_", modelo, "_", ensamble, "_",
experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)

#Futuros#

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
    arch_ncdf_fut <- paste("pr_fut", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_future",i,")",
sep="")
    eval(parse(text = arch_ncdf_fut))

    parametros_fut <- paste("params_fut", i, "<- datos_ncdf(pr_fut", i, ".nc)",
sep="")
    eval(parse(text = parametros_fut))

    fechas_fut <- paste("fecha_fut", i, "<- params_fut", i, "$tiempo", sep="")
    eval(parse(text = fechas_fut))

    lluvia_fut <- paste("precip_fut", i, "<- params_fut", i, "$precip[11:12, 5,]",
sep="")
    eval(parse(text = lluvia_fut))

    ini_pr_fut <- paste("precip_tot_fut", i, " <- 0", sep="")
    eval(parse(text = ini_pr_fut))
}

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, cutzamala [11:12, 5]
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
    for(k in 1:dims[1])
    {
        prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- (precip_tot_fut", i, " +
precip_fut", i, "[k,])", sep="")
        eval(parse(text = prom_pr))
    }
    prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- precip_tot_fut", i, "/(dims[1])",
sep="")
    eval(parse(text = prom_pr))
}

#Obtiene fechas de inicio y fin

```



```

fecha_ini_fut <- NULL
fecha_fin_fut <- NULL
prefix_fut <- "20"

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  fecha_inifin_fut <- año_inifin(archivos_fut[i])

  if (fecha_inifin_fut[2]==0)
  {
    fecha_inifin_fut[2]<-99
  }
print(fecha_inifin_fut)
  for(i in fecha_inifin_fut[1]:fecha_inifin_fut[2])
  {
    fecha_ini_fut <- c(fecha_ini_fut, paste(prefix_fut, i, "-01-01 00:00:00",
sep=""))
    fecha_fin_fut <- c(fecha_fin_fut, paste(prefix_fut, i, "-12-31 00:00:00",
sep=""))
  }
}

#Datos de lluvia máxmima para cada año
k <- 0
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  datos_fut <- paste("datos_fut", i, "<- df_pr(precip_tot_fut", i, ", fecha_fut",
i, ", fecha_ini_fut[" , 1+k, ":", 10+k, "], fecha_fin_fut[" , 1+k, ":", 10+k, "])",
sep="")
  eval(parse(text = datos_fut))
  k <- k + 10
}

fecha_max_fut<- NULL
pr_fut <- NULL
for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha_fut <- paste("fecha_max_fut <- c(fecha_max_fut, datos_fut", i,
"$fecha_max[-1])", sep="")
  eval(parse(text = fecha_fut))

  lluvia_fut <- paste("pr_fut <- c(pr_fut, datos_fut", i, "$pr[-1])", sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))
}

datos_fut <- data.frame(Fecha=fecha_max_fut, Max_Pr=round(pr_fut,2))

write.table(datos_fut, paste(DIR2, "cutzamala_max_fut_", modelo, "_", ensamble,
"_", experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)
#Porcentaje de cambio#
med_datos <- median(datos$Max_Pr)
med_datos_fut <- median(datos_fut$Max_Pr)

pr_hist <- NULL

delta_pr <- med_datos_fut/med_datos
comp_delta_pr <- delta_pr-1

```

```

porcentaje <- data.frame(Cuenca="Cutzamala", Modelo=modelo,
Experimento=experimento, Ensamble=ensamble, Delta=round(delta_pr, 4),
Porcentaje=round(comp_delta_pr, 4))

write.table(porcentaje, "porcentaje/porcentaje.txt", row.names=F, quote=F,
append=T, col.names=F)

Cutzamala_porcentaje_cambio_MRI.R

Programa que calcula el porcentaje de cambio del modelo MRI para la cuenca río
Cutzamala

library(ncdf)
source('idt_tools2.R')
modelo <- "MRI-CGCM3"
ensamble <- "r1ilp1"
# experimento <- "rcp45"
experimento <- "rcp85"
exp <- strsplit(experimento, "p")[[1]][2]
dir_modelo <- strsplit(modelo, "-")[[1]][1]

DIR <- "/home/jarmando/Documentos/datos/proyecto/wget1/"
DIR2 <- "maximos_anuales/"

pr_dir_hist1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19600101-19691231.nc", sep="")
pr_dir_hist2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19700101-19791231.nc", sep="")
pr_dir_hist3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19800101-19891231.nc", sep="")
pr_dir_hist4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_historicos/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_historical_", ensamble, "_19900101-19991231.nc", sep="")

pr_dir_future1 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20560101-20651231.nc", sep="")
pr_dir_future2 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20660101-20751231.nc", sep="")
pr_dir_future3 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20760101-20851231.nc", sep="")
pr_dir_future4 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20860101-20951231.nc", sep="")
pr_dir_future5 <- paste(DIR, dir_modelo, "/conv_cut_", exp, "/prmmd_cut_pr_day_",
modelo, "_", experimento, "_", ensamble, "_20960101-21001231.nc", sep="")

archivos <- c(pr_dir_hist1, pr_dir_hist2, pr_dir_hist3, pr_dir_hist4)
archivos_fut <- c(pr_dir_future1, pr_dir_future2, pr_dir_future3, pr_dir_future4,
pr_dir_future5)

#Historicos#

#Obtiene las fechas y precipitaciones de los archivos
for(i in 1:length(archivos))
{
  arch_ncdf <- paste("pr", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_hist",i,")", sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf))

  parametros <- paste("params", i, "<- datos_ncdf(pr", i, ".nc)", sep="")
  eval(parse(text = parametros))
}

```

```

fechas <- paste("fecha", i, "<- params", i, "$tiempo", sep="")
eval(parse(text = fechas))

lluvia <- paste("precip", i, "<- params", i, "$precip[17:18, 6:7,]", sep="")
eval(parse(text = lluvia))

ini_pr <- paste("precip_tot", i, " <- 0", sep="")
eval(parse(text = ini_pr))
}

dims <- dim(precip1)

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, conchos [17:18, 6:7]
for(i in 1:length(archivos))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    for(l in 1:dims[2])
    {

      prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- (precip_tot", i, " + precip", i,
"[k,l,]", sep="")
      eval(parse(text = prom_pr))
    }
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot", i, " <- precip_tot", i, "/(dims[1]*dims[2])",
sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

lon <- params1$lon[7:9]
lat <- params1$lat[9:10]

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini <- NULL
fecha_fin <- NULL
prefix <- "19"

for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha_inifin <- año_inifin(archivos[i])
  for(i in fecha_inifin[1]:fecha_inifin[2])
  {
    fecha_ini <- c(fecha_ini, paste(prefix, i, "-01-01 00:00:00", sep=""))
    fecha_fin <- c(fecha_fin, paste(prefix, i, "-12-31 00:00:00", sep=""))
  }
}

#Maxima precipitacion
k <- 0
for(i in 1:length(archivos))
{
  datos <- paste("datos", i, "<- df_pr(precip_tot", i, ", fecha", i, ",
fecha_ini[", 1+k, ":", 10+k, "], fecha_fin[", 1+k, ":", 10+k, "])", sep="")
  eval(parse(text = datos))
  k <- k + 10
}

fecha_max<- NULL

```

```

pr <- NULL
for(i in 1:length(archivos))
{
  fecha <- paste("fecha_max <- c(fecha_max, datos", i, "$fecha_max[-1])", sep="")
  eval(parse(text = fecha))

  lluvia <- paste("pr <- c(pr, datos", i, "$pr[-1])", sep="")
  eval(parse(text = lluvia))
}

datos <- data.frame(Fecha=fecha_max, Max_Pr=round(pr,2))

write.table(datos, paste(DIR2, "cutzamala_max_hist_", modelo, "_", ensamble, "_",
experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)
#Futuros#

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  arch_ncdf_fut <- paste("pr_fut", i, ".nc", "<- open.ncdf(pr_dir_future",i,")",
sep="")
  eval(parse(text = arch_ncdf_fut))

  parametros_fut <- paste("params_fut", i, "<- datos_ncdf(pr_fut", i, ".nc)",
sep="")
  eval(parse(text = parametros_fut))

  fechas_fut <- paste("fecha_fut", i, "<- params_fut", i, "$tiempo", sep="")
  eval(parse(text = fechas_fut))

  lluvia_fut <- paste("precip_fut", i, "<- params_fut", i, "$precip[17:18, 6:7,]",
sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))

  ini_pr_fut <- paste("precip_tot_fut", i, " <- 0", sep="")
  eval(parse(text = ini_pr_fut))
}

#Promedia los pixeles que abarcan la cuenca, cutzamala [17:18, 6:7]
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  for(k in 1:dims[1])
  {
    for(l in 1:dims[2])
    {
      prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- (precip_tot_fut", i, " +
precip_fut", i, "[k,l,])", sep="")
      eval(parse(text = prom_pr))
    }
  }
  prom_pr <- paste("precip_tot_fut", i, " <- precip_tot_fut", i,
"/(dims[1]*dims[2])", sep="")
  eval(parse(text = prom_pr))
}

#Obtiene fechas de inicio y fin
fecha_ini_fut <- NULL
fecha_fin_fut <- NULL

```

```

prefix_fut <- "20"

for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  fecha_inifin_fut <- año_inifin(archivos_fut[i])

  if (fecha_inifin_fut[1]==56)
  {
    fecha_inifin_fut[1]<-60
  }

  if (fecha_inifin_fut[2]==0)
  {
    fecha_inifin_fut[2]<-99
  }

  #print(fecha_inifin_fut)
  for(i in fecha_inifin_fut[1]:fecha_inifin_fut[2])
  {
    fecha_ini_fut <- c(fecha_ini_fut, paste(prefix_fut, i, "-01-01 00:00:00",
sep=""))
    fecha_fin_fut <- c(fecha_fin_fut, paste(prefix_fut, i, "-12-31 00:00:00",
sep=""))
  }
}

#Datos de lluvia máxmima para cada año
k <- 0
inc <- 6
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  if(i > 1)
  {
    inc <- 10
  }

  datos_fut <- paste("datos_fut", i, "<- df_pr(precip_tot_fut", i, ", fecha_fut",
i, ", fecha_ini_fut[", 1+k, ":", inc+k, "], fecha_fin_fut[", 1+k, ":", inc+k, "])",
sep="")
  eval(parse(text = datos_fut))
  k <- k + inc
}

fecha_max_fut<- NULL
pr_fut <- NULL
for(i in 1:length(archivos_fut))
{
  fecha_fut <- paste("fecha_max_fut <- c(fecha_max_fut, datos_fut", i,
"$fecha_max[-1])", sep="")
  eval(parse(text = fecha_fut))

  lluvia_fut <- paste("pr_fut <- c(pr_fut, datos_fut", i, "$pr[-1])", sep="")
  eval(parse(text = lluvia_fut))
}

na_ind <- na.omit(pr_fut)
pr_fut2 <- as.numeric(na_ind)
datos_fut <- data.frame(Fecha=fecha_max_fut, Max_Pr=round(pr_fut2,2))

```

```

write.table(datos_fut, paste(DIR2, "cutzamala_max_fut_", modelo, "_", ensamble,
"_", experimento, ".txt", sep=""), row.names = F, quote = F)
#Porcentaje de cambio
med_datos <- median(datos$Max_Pr)
med_datos_fut <- median(datos_fut$Max_Pr)

```

```
pr_hist <- NULL
```

```
delta_pr <- med_datos_fut/med_datos
comp_delta_pr <- delta_pr-1
```

```
porcentaje <- data.frame(Cuenca="Cutzamala", Modelo=modelo,
Experimento=experimento, Ensamble=ensamble, Delta=round(delta_pr, 4),
Porcentaje=round(comp_delta_pr,4))
```

```
write.table(porcentaje, "porcentaje/porcentaje.txt", row.names=F, quote=F,
append=T, col.names=F)
```

Distribución.R

Programa que calcula las distribuciones de gamma y gumbel.

```
library(R.matlab)
source('dist_tools.R')
```

```
setwd("~/Documentos/datos/proyecto/Programa/R/distribucion_gamma_gumbel")
dirda <- "RDA"
direst <- "Estaciones_MAT"
```

```
cuencas <- c("Conchos", "Concordia", "Cutzamala")
```

```
dirconchos <- paste(direst, '/', cuencas[1], sep="")
dirconcord <- paste(direst, '/', cuencas[2], sep="")
dircutza <- paste(direst, '/', cuencas[3], sep="")
```

```
lsconcmat <- list.files(dirconchos)
lsconcordmat <- list.files(dirconcord)
lscutzamat <- list.files(dircutza)
```

```

#*****Distribucion
Gamma*****
estconcmat <- as.data.frame(readMat(paste(dirconchos, '/', lsconcmat[3], sep="")),
stringsAsFactors=F)
estconcordmat <- as.data.frame(readMat(paste(dirconcord, '/', lsconcordmat[20],
sep="")), stringsAsFactors=F)
estcutzamat <- as.data.frame(readMat(paste(dircutza, '/', lscutzamat[10], sep="")),
stringsAsFactors=F)

```

```

estconco <- estconcmat[[2]][-which(estconcmat[[2]]==0)]
estconcord <- estconcordmat[[2]][-which(estconcordmat[[2]]==0)]
estcutza <- estcutzamat[[2]][-which(estcutzamat[[2]]==0)]

```

```

paramsgamma1 <- param_gamma(estconco)
paramsgamma2 <- param_gamma(estconcord)
paramsgamma3 <- param_gamma(estcutza)

```

```

titulos <- c("Cuenca Río Conchos 1", "Subregion Grijalva - La Concordia", "Cuenca
Río Cutzamala")

```

```

graficas_gamma(estconco, titulos[1], paramsgamma1[[1]], paramsgamma1[[2]],
"dist_gamma/conchos_estacion_8057_histo.png",
"dist_gamma/conchos_estacion_8057_acumm.png", "mm/d")
graficas_gamma(estconcord, titulos[2], paramsgamma2[[1]], paramsgamma2[[2]],
"dist_gamma/concord_estacion_7135_histo.png",
"dist_gamma/concord_estacion_7135_acumm.png", "mm/d")
graficas_gamma(estcutza, titulos[3], paramsgamma3[[1]], paramsgamma3[[2]],
"dist_gamma/cutza_estacion_15130_histo.png",
"dist_gamma/cutza_estacion_15130_acumm.png", "mm/d")

#*****Distribucion
Gumbel*****
load(paste(dirda, '/', cuencas[1], '.Rda', sep=""))
estconcrda <- maxdat[[3]]

load(paste(dirda, '/', cuencas[2], '.Rda', sep=""))
estconcordrda <- maxdat[[20]]

load(paste(dirda, '/', cuencas[3], '.Rda', sep=""))
estcutzarda <- maxdat[[10]]

paramsgumbel1 <- param_gumbel(estconcrda)
paramsgumbel2 <- param_gumbel(estconcordrda)
paramsgumbel3 <- param_gumbel(estcutzarda)

graficas_gumbel(estconcrda, titulos[1], paramsgumbel1[[1]], paramsgumbel1[[2]],
0.02, "dist_gumbel/conchos_estacion_8057_histo.png",
"dist_gumbel/conchos_estacion_8057_acumm.png", "mm/d")
graficas_gumbel(estconcordrda, titulos[2], paramsgumbel2[[1]], paramsgumbel2[[2]],
0.01, "dist_gumbel/concord_estacion_7135_histo.png",
"dist_gumbel/concord_estacion_7135_acumm.png", "mm/d")
graficas_gumbel(estcutzarda, titulos[3], paramsgumbel3[[1]], paramsgumbel3[[2]],
0.01, "dist_gumbel/cutza_estacion_15130_histo.png",
"dist_gumbel/cutza_estacion_15130_acumm.png", "mm/d")

#-----dist_tools.R-----#

Funciones usadas para calcular y graficar las distribuciones.

param_gamma <- function(x){
  s = sd(x, na.rm=T)
  media = mean(x, na.rm=T)
  teta = s^2/media #scale
  k = (media/s)^2 #shape
  return(c(K=k, Teta=teta))
}

param_gumbel <- function (x)
{
  s = sd(x, na.rm = T)
  media = mean(x, na.rm = T)
  alpha = sqrt(6)*s/3.1415926
  mu = media - alpha*0.5772
  return(c(MU=mu, Alpha=alpha))
}

pgumbel <- function(x, mu, alpha)
{
  p <- exp(-exp(-(x-mu)/alpha))

```

```

    return(p)
}

dgumbel <- function(x, mu, alpha)
{
  div_x <- (x-mu)/alpha
  d <- exp(-div_x-exp(-div_x))/alpha
  return(d)
}

graficas_gamma <- function(x, titulo, k, teta, file1, file2, unidades)
{
  d <- dgamma(x, k, scale=teta)
  p <- pgamma(x, k, scale=teta)
  title = strsplit(titulo," ")
  break_by = 2

  maxrange <- (floor(max(x, na.rm=T)/10)+1)*10

  png(filename=file1, width=806, height=573)
  histo <- hist(x, breaks=seq(0, maxrange, by=break_by), freq=F)

  ylimits <- c(0, max(histo$density))
  ylim <- max(histo$density)
  res <- round(histo$intensities[1],1)/4
  yetiqueta <- "Densidad"

  hist(x, breaks=seq(0, maxrange, by=break_by), main=titulo, xlab=unidades,
  ylab=yetiqueta, freq=F, xaxt="n", yaxt="n", ylim=ylimits, cex.lab=1.5,
  cex.main=1.7)
  axis(side=1, at=seq(0, maxrange, by=break_by), lab=seq(0, maxrange, by=break_by),
  cex.axis=1.5)
  axis(side=2, cex.axis=1.5)
  abline(h=seq(0, ylim, by=res), v=seq(0, maxrange, 5), col="black", lwd=0.5,
  lty=3)
  box()
  curve(dgamma(x, k, scale=teta), main="Densidad Gamma", add=T, col="red")
  dev.off()

  png(filename=file2, width=806, height=573)
  plot(p, type="n", ylim=c(0, 1), xlim=c(0, max(x, na.rm=T)))
  curve(pgamma(x, k, scale=teta), main=paste(titulo), xlab="mm/d", ylab="%",
  xlim=c(0, maxrange), cex.axis=1.5, cex.lab=1.5, cex.main=1.7)
  grid(lwd=2.5)
  dev.off()
}

graficas_gumbel <- function(x, titulo, mu, alpha, res, file1, file2, unidades)
{
  d <- dgumbel(x, mu, alpha)
  p <- pgumbel(x, mu, alpha)
  title = strsplit(titulo," ")
  break_by = 2

  maxrange <- (floor(max(x, na.rm=T)/10)+1)*10

  png(filename=file1, width=806, height=573)
  histo <- hist(x, breaks=seq(0, maxrange, by=break_by), freq=F)

```



```

ylimits <- c(0, max(histo$density))
ylim <- max(histo$density)
yetiqueta <- "Densidad"

hist(x, breaks=seq(0, maxrange, by=break_by), main=titulo, xlab=unidades,
ylab=yetiqueta, freq=F, xaxt="n", yaxt="n", ylim=ylimits, cex.lab=1.5,
cex.main=1.7)
axis(side=1, at=seq(0, maxrange, by=break_by), lab=seq(0, maxrange, by=break_by),
cex.axis=1.5)
axis(side=2, cex.axis=1.5)
abline(h=seq(0, ylim, by=res), v=seq(0, maxrange, 5), col="black", lwd=0.5,
lty=3)
box()
curve(dgumbel(x, mu, alpha), main="Densidad Gumbel", add=T, col="red")
dev.off()

png(filename=file2, width=806, height=573)
plot(p, type="n", ylim=c(0, 1), xlim=c(0, max(x, na.rm=T)))
curve(pgumbel(x, mu, alpha), main=paste(titulo), xlab="mm/d", ylab="%", xlim=c(0,
maxrange), cex.axis=1.5, cex.lab=1.5, cex.main=1.7)
grid(lwd=2.5)
dev.off()
}

```

### Anexo 3 Script que permite establecer la conexión con el servidor .

```

<?php
$user = '****';
$pass = '*****';
$db = 'BDICM';
$link = mysql_connect("localhost", "$user", "$pass");
$db_selected = mysql_select_db($db, $link);
if (!$db_selected) {
    die('No pudo conectarse: ' . mysql_error());
}
?>

```

✓ Scrip que inserta los registros.

```

<?php
include('conecta.php');
$tabla='tbl_estaciones';
$fp1 = file("Estaciones_Cuencas.csv");
$nlin=count($fp1);

for($l=0;$l<$nlin;$l++){
    echo "\n $l:". $fp1[$l];
    echo "<br>";

list($clave_e, $estado, $organismo, $clave_c, $cuenca_DOF, $municipio, $estacion, $longitud,
$d, $latitud)= split(",", $fp1[$l]);
$sentencia = "select * from $tabla where clave='$clave_e'";
$result = mysql_query($sentencia, $link);
$n = mysql_num_rows($result);
if($n == 0){
    $sentencia = "insert into $tabla
(clave_e, estado, organismo, clave_c, cuenca_DOF, municipio, estacion, longitud, latitud)
";

```

```

    $sentencia .= "
values('$clave_e','$estado','$organismo','$clave_c','$cuenca_DOF','$municipio','$es
tacion','$longitud','$latitud')";
mysql_query($sentencia,$link);
echo "\n $l $sentencia";
}
}
include('desconecta.php');
?>

✓ Script para cerrar la conexión con el servidor.
<?php
mysql_close($link);
?>

```

## Anexo 4 Tablas con los cálculos por estaciones de los periodos de retorno y los parámetros de la distribución de Gumbel.

Ahora se muestran los parámetros y el periodo de retorno, por estaciones (Tabla 21Tabla 22Tabla 23Tabla 24Tabla 25Tabla 26Tabla 27Tabla 28Tabla 29Tabla 30Tabla 31Tabla 32Tabla 33Tabla 34Tabla 35).

Tabla 21. Parámetros y periodo de retorno de estaciones para la cuenca hidrológica Conchos 1.

Estación	Latitud	Longitud	$\mu$	$\alpha$	T10	T100
8005	26.9553	-106.3464	34.6488	10.3430	57.9244	82.2282
8021	27.9169	-107.0569	35.6169	10.0121	58.1477	81.6739
8057	27.5706	-106.2878	37.3077	7.5416	54.2791	72.0001
8060	27.05	-106.25	38.7975	16.9251	76.8852	116.6556
8085	27.5439	-105.4119	30.8938	11.4601	56.6833	83.6120
8105	27.4708	-106.7344	35.6373	12.6477	64.0992	93.8184
8126	27.97	-107.6003	39.4603	15.5457	74.4439	110.9730
8137	27.85	-107.3667	32.2206	42.4972	127.8550	227.7142
8152	27.4572	-105.8108	35.6060	16.7288	73.2520	112.5611
8264	26.95	-106.6667	41.2628	11.3604	66.8278	93.5223
8319	27.8278	-107.5542	46.2179	9.0068	66.4866	87.6506
8320	26.66	-106.2194	27.0708	22.0186	76.6209	128.3598

Tabla 22. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 45 para la cuenca hidrológica Conchos 1.

Estación	Latitud	Longitud	$\mu$	$\alpha$	T10	T100
8005	26.9553	-106.346	44.9083	13.4056	75.0758	106.576
8021	27.9169	-107.057	46.163	12.9766	75.3652	105.8575
8057	27.5706	-106.288	48.3545	9.7747	70.3511	93.3194
8060	27.05	-106.25	50.2854	21.9367	99.651	151.1973
8085	27.5439	-105.412	40.0414	14.8535	73.4672	108.3695
8105	27.4708	-106.734	46.1895	16.3926	83.0789	121.598

<b>8126</b>	27.97	-107.6	51.1445	20.1488	96.4868	143.8321
<b>8137</b>	27.85	-107.367	41.7611	55.0807	165.7128	295.1404
<b>8152</b>	27.4572	-105.811	46.149	21.6822	94.9419	145.8904
<b>8264</b>	26.95	-106.667	53.4807	14.7242	86.6156	121.2143
<b>8319</b>	27.8278	-107.554	59.9031	11.6737	86.1733	113.604
<b>8320</b>	26.66	-106.219	35.0865	28.5383	99.3083	166.3672

Tabla 23. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 85 para la cuenca hidrológica Conchos 1.

<b>Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>T10</b>	<b>T100</b>
<b>8005</b>	26.9553	-106.346	37.1469	11.0888	62.1007	88.1569
<b>8021</b>	27.9169	-107.057	38.1848	10.7339	62.3402	87.5626
<b>8057</b>	27.5706	-106.288	39.9976	8.0853	58.1926	77.1914
<b>8060</b>	27.05	-106.25	41.5948	18.1454	82.4287	125.0665
<b>8085</b>	27.5439	-105.412	33.1212	12.2864	60.7701	89.6405
<b>8105</b>	27.4708	-106.734	38.2067	13.5596	68.7207	100.5827
<b>8126</b>	27.97	-107.6	42.3054	16.6666	79.8114	118.9742
<b>8137</b>	27.85	-107.367	34.5437	45.5613	137.0733	244.1324
<b>8152</b>	27.4572	-105.811	38.1732	17.935	78.5335	120.6768
<b>8264</b>	26.95	-106.667	44.2378	12.1795	71.6461	100.2653
<b>8319</b>	27.8278	-107.554	49.5502	9.6562	71.2803	93.9703
<b>8320</b>	26.66	-106.219	29.0227	23.6062	82.1452	137.6146

Tabla 24. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 45 para la cuenca hidrológica Conchos 1.

<b>Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>T10</b>	<b>T100</b>
<b>8005</b>	26.9553	-106.346	35.1997	10.5075	58.8454	83.5356
<b>8021</b>	27.9169	-107.057	36.1832	10.1713	59.0723	82.9725
<b>8057</b>	27.5706	-106.288	37.9009	7.6615	55.1421	73.1449
<b>8060</b>	27.05	-106.25	39.4144	17.1942	78.1077	118.5104
<b>8085</b>	27.5439	-105.412	31.385	11.6423	57.5845	84.9415
<b>8105</b>	27.4708	-106.734	36.2039	12.8488	65.1183	95.3101
<b>8126</b>	27.97	-107.6	40.0878	15.7929	75.6276	112.7375
<b>8137</b>	27.85	-107.367	32.7329	43.1729	129.8879	231.3349
<b>8152</b>	27.4572	-105.811	36.1722	16.9948	74.4167	114.3508
<b>8264</b>	26.95	-106.667	41.9189	11.541	67.8904	95.0093
<b>8319</b>	27.8278	-107.554	46.9528	9.15	67.5437	89.0443
<b>8320</b>	26.66	-106.219	27.5013	22.3687	77.8391	130.4008

Tabla 25. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 85 para la cuenca hidrológica Conchos 1.

<b>Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>T10</b>	<b>T100</b>
<b>8005</b>	26.9553	-106.346	34.0978	10.1786	57.0034	80.9208
<b>8021</b>	27.9169	-107.057	35.0506	9.8529	57.2232	80.3753

8057	27.5706	-106.288	36.7145	7.4217	53.416	70.8553
8060	27.05	-106.25	38.1806	16.656	75.6628	114.8008
8085	27.5439	-105.412	30.4026	11.2779	55.782	82.2826
8105	27.4708	-106.734	35.0706	12.4466	63.08	92.3267
8126	27.97	-107.6	38.8329	15.2986	73.2603	109.2086
8137	27.85	-107.367	31.7083	41.8215	125.8221	224.0935
8152	27.4572	-105.811	35.0399	16.4628	72.0873	110.7714
8264	26.95	-106.667	40.6067	11.1798	65.7653	92.0353
8319	27.8278	-107.554	45.4831	8.8636	65.4294	86.257
8320	26.66	-106.219	26.6404	21.6685	75.4026	126.3189

Tabla 26. Parámetros y periodo de retorno de estaciones para la cuenca hidrológica Cutzamala.

Estación	Latitud	Longitud	$\mu$	$\alpha$	T10	T100
12036	18.7264	-100.669	53.8872	13.8003	84.9431	117.3709
15005	19.255	-100.023	35.7351	9.901	58.016	81.2812
15035	19.2664	-100.266	37.7997	14.07	69.4622	102.5236
15046	19.1764	-100.216	50.5096	12.2322	78.0365	106.7794
15052	18.92	-100.298	58.0353	12.8459	86.9434	117.1286
15066	19.5075	-100.098	38.2272	7.5941	55.3168	73.1613
15088	19.1558	-99.9072	44.8132	10.9533	69.4622	95.2001
15107	19.2061	-100.325	52.2894	12.0902	79.4969	107.9063
15118	19.0581	-100.053	41.5522	15.1492	75.6434	111.2408
15130	19.2333	-100.133	40.5779	9.3112	61.5317	83.411
15131	19.3667	-100.083	34.9731	8.8102	54.7992	75.5012
15133	19.4572	-99.9919	33.4141	10.3767	56.7656	81.1486
15165	19.1925	-100.131	39.8677	16.1466	76.2034	114.1443
15177	19.0092	-100.289	57.6564	20.0241	102.7179	149.7701
15178	19.1731	-100.242	47.717	10.6996	71.7951	96.9368
15191	19.0744	-100.254	34.6392	8.9811	54.85	75.9538
15197	19.4628	-100.198	34.2249	13.2162	63.9663	95.0215
15219	19.1139	-100.383	57.125	19.0389	99.9695	144.7067
15237	19.0569	-99.9458	51.2327	8.7575	70.9402	91.5184
15241	19.0475	-100.177	30.0966	11.8991	56.8738	84.834
15285	19.0533	-99.8789	45.803	25.902	104.0919	164.9559
15287	19.1347	-99.93	41.8043	8.8385	61.6941	82.4625
15291	19.0419	-100.017	40.5693	5.424	52.7752	65.5204
15322	19.3089	-100.151	47.4071	12.2018	74.8656	103.5371
15326	18.995	-100.228	46.6318	9.3005	67.5613	89.4154
15332	19.1169	-100.295	59.1661	24.5736	114.4658	172.2085
15353	19.0078	-100.043	55.5254	12.1768	82.9277	111.5406
15357	18.9081	-100.445	55.5245	12.4172	83.4677	112.6453
15368	19.1461	-100.063	60.9955	12.4384	88.9866	118.2141

15374	19.2672	-99.9503	36.5337	13.4984	66.91	98.6282
15391	19.4561	-100.069	27.683	7.4244	44.3906	61.8363
15392	19.0675	-100.078	43.9353	16.1859	80.3595	118.3928
16002	19.5369	-100.618	49.8252	11.7999	76.3793	104.1066
16020	19.6917	-100.554	35.7178	10.5557	59.472	84.2757
16036	19.3833	-100.383	43.0494	14.9334	76.6551	111.7454
16058	19.4583	-100.494	42.7761	24.9361	98.8915	157.4858
16071	19.7667	-100.65	52.9467	11.9311	79.7961	107.8316
16079	19.5833	-100.333	81.802	39.4044	170.4762	263.0679
16092	19.5667	-100.6	48.2255	7.7205	65.5995	83.741
16097	19.6222	-100.686	46.1186	8.0086	64.1409	82.9593
16099	19.5628	-100.476	44.2851	14.6827	77.3266	111.8278
16107	19.2456	-100.79	64.6586	20.4316	110.6372	158.647
16122	19.2147	-100.407	44.3621	35.1567	123.4776	206.0881
16132	18.9	-100.737	55.9725	11.3246	81.457	108.0674
16134	19.5667	-100.45	36.5302	8.1821	54.943	74.1692
16135	19.2167	-100.583	59.7261	46.4898	164.3452	273.5861
16136	19.5825	-100.924	56.0876	15.6832	91.3807	128.2328
16148	19.4333	-100.367	36.5249	7.0916	52.4837	69.1474
16152	19.7167	-100.55	34.8664	12.2414	62.4141	91.1787
16189	19.5333	-100.233	50.8383	9.5201	72.262	94.6321
16192	19.4128	-100.394	41.9025	9.2356	62.6861	84.3877
16206	19.4833	-100.483	40.81	12.3181	68.5302	97.4751
16213	19.6992	-100.478	35.4686	9.5336	56.9227	79.3246
16219	19.0717	-100.828	58.8864	15.5157	93.8025	130.261
16232	19.3842	-100.825	52.0959	18.4755	93.6726	137.086
16235	19.6792	-100.742	46.0759	7.3615	62.642	79.94
16237	18.9308	-100.565	53.3423	12.4354	81.3265	110.5471
16241	19.4239	-100.907	37.0943	14.459	69.6323	103.6077
16258	19.5397	-100.482	37.6416	11.1315	62.6914	88.8479
16514	19.6511	-100.483	55.5703	60.487	191.6881	333.8193

Tabla 27. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 45 para la cuenca hidrológica Cutzamala.

Estación	Latitud	Longitud	$\mu$	$\alpha$	T10	T100
12036	18.7264	-100.669	57.5138	14.7291	90.6597	125.2699
15005	19.255	-100.023	38.1401	10.5673	61.9205	86.7514
15035	19.2664	-100.266	40.3436	15.0169	74.137	109.4234
15046	19.1764	-100.216	53.9089	13.0554	83.2883	113.9657
15052	18.92	-100.298	61.9411	13.7105	92.7947	125.0114
15066	19.5075	-100.098	40.7999	8.1052	59.0396	78.0851
15088	19.1558	-99.9072	47.8292	11.6905	74.137	101.6071
15107	19.2061	-100.325	55.8084	12.9039	84.847	115.1684

<b>15118</b>	19.0581	-100.053	44.3486	16.1687	80.7343	118.7273
<b>15130</b>	19.2333	-100.133	43.3088	9.9379	65.6727	89.0246
<b>15131</b>	19.3667	-100.083	37.3268	9.4031	58.4872	80.5824
<b>15133</b>	19.4572	-99.9919	35.6629	11.0751	60.5859	86.6099
<b>15165</b>	19.1925	-100.131	42.5508	17.2332	81.3319	121.8262
<b>15177</b>	19.0092	-100.289	61.5367	21.3717	109.6308	159.8496
<b>15178</b>	19.1731	-100.242	50.9284	11.4197	76.6269	103.4607
<b>15191</b>	19.0744	-100.254	36.9704	9.5856	58.5414	81.0654
<b>15197</b>	19.4628	-100.198	36.5283	14.1057	68.2712	101.4165
<b>15219</b>	19.1139	-100.383	60.9696	20.3202	106.6975	154.4455
<b>15237</b>	19.0569	-99.9458	54.6806	9.3469	75.7145	97.6776
<b>15241</b>	19.0475	-100.177	32.1221	12.6999	60.7014	90.5434
<b>15285</b>	19.0533	-99.8789	48.8855	27.6452	111.0973	176.0574
<b>15287</b>	19.1347	-99.93	44.6178	9.4333	65.8461	88.0123
<b>15291</b>	19.0419	-100.017	43.2996	5.789	56.327	69.9299
<b>15322</b>	19.3089	-100.151	50.5976	13.0229	79.904	110.5051
<b>15326</b>	18.995	-100.228	49.7701	9.9264	72.1082	95.4331
<b>15332</b>	19.1169	-100.295	63.148	26.2275	122.1694	183.7982
<b>15353</b>	19.0078	-100.043	59.2622	12.9963	88.5087	119.0473
<b>15357</b>	18.9081	-100.445	59.2613	13.2529	89.0851	120.2264
<b>15368</b>	19.1461	-100.063	65.1005	13.2755	94.9754	126.1699
<b>15374</b>	19.2672	-99.9503	38.9925	14.4068	71.4131	105.2659
<b>15391</b>	19.4561	-100.069	29.546	7.924	47.3781	65.9978
<b>15392</b>	19.0675	-100.078	46.8921	17.2752	85.7677	126.3606
<b>16002</b>	19.5369	-100.618	53.1784	12.594	81.5197	111.1129
<b>16020</b>	19.6917	-100.554	38.1216	11.2661	63.4745	89.9474
<b>16036</b>	19.3833	-100.383	45.9466	15.9384	81.814	119.2659
<b>16058</b>	19.4583	-100.494	45.655	26.6143	105.5468	168.0846
<b>16071</b>	19.7667	-100.65	56.51	12.7341	85.1663	115.0886
<b>16079</b>	19.5833	-100.333	87.3072	42.0563	181.9493	280.7723
<b>16092</b>	19.5667	-100.6	51.4711	8.2401	70.0144	89.3768
<b>16097</b>	19.6222	-100.686	49.2224	8.5476	68.4576	88.5425
<b>16099</b>	19.5628	-100.476	47.2655	15.6709	82.5307	119.3538
<b>16107</b>	19.2456	-100.79	69.0101	21.8066	118.0831	169.324
<b>16122</b>	19.2147	-100.407	47.3477	37.5227	131.7876	219.9579
<b>16132</b>	18.9	-100.737	59.7395	12.0867	86.9391	115.3403
<b>16134</b>	19.5667	-100.45	38.9887	8.7328	58.6407	79.1608
<b>16135</b>	19.2167	-100.583	63.7457	49.6186	175.4056	291.9984
<b>16136</b>	19.5825	-100.924	59.8623	16.7387	97.5306	136.8629
<b>16148</b>	19.4333	-100.367	38.983	7.5689	56.0158	73.8011
<b>16152</b>	19.7167	-100.55	37.2129	13.0653	66.6145	97.3151
<b>16189</b>	19.5333	-100.233	54.2598	10.1608	77.1252	101.0008
<b>16192</b>	19.4128	-100.394	44.7226	9.8572	66.9048	90.067

16206	19.4833	-100.483	43.5565	13.1471	73.1423	104.0352
16213	19.6992	-100.478	37.8557	10.1752	60.7536	84.6631
16219	19.0717	-100.828	62.8495	16.5599	100.1154	139.0276
16232	19.3842	-100.825	55.602	19.7189	99.9768	146.3118
16235	19.6792	-100.742	49.1768	7.8569	66.8578	85.3199
16237	18.9308	-100.565	56.9322	13.2723	86.7998	117.9869
16241	19.4239	-100.907	39.5907	15.4321	74.3185	110.5805
16258	19.5397	-100.482	40.1749	11.8806	66.9106	94.8274
16514	19.6511	-100.483	59.3101	64.5577	204.5887	356.2853

Tabla 28. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 85 para la cuenca hidrológica Cutzamala.

Estación	Latitud	Longitud	$\mu$	$\alpha$	T10	T100
12036	18.7264	-100.669	55.714	14.2682	87.8226	121.3497
15005	19.255	-100.023	36.9466	10.2366	59.9828	84.0366
15035	19.2664	-100.266	39.0811	14.5469	71.817	105.9991
15046	19.1764	-100.216	52.2219	12.6468	80.6819	110.3992
15052	18.92	-100.298	60.0027	13.2814	89.8908	121.0993
15066	19.5075	-100.098	39.5231	7.8516	57.192	75.6415
15088	19.1558	-99.9072	46.3324	11.3246	71.817	98.4274
15107	19.2061	-100.325	54.062	12.5001	82.1918	111.5643
15118	19.0581	-100.053	42.9608	15.6628	78.2078	115.0118
15130	19.2333	-100.133	41.9535	9.6269	63.6176	86.2387
15131	19.3667	-100.083	36.1587	9.1088	56.6569	78.0607
15133	19.4572	-99.9919	34.5469	10.7285	58.6899	83.8995
15165	19.1925	-100.131	41.2192	16.6939	78.7867	118.0138
15177	19.0092	-100.289	59.6109	20.7029	106.2	154.8473
15178	19.1731	-100.242	49.3347	11.0623	74.2289	100.223
15191	19.0744	-100.254	35.8134	9.2856	56.7094	78.5286
15197	19.4628	-100.198	35.3852	13.6643	66.1347	98.2428
15219	19.1139	-100.383	59.0616	19.6843	103.3585	149.6123
15237	19.0569	-99.9458	52.9695	9.0544	73.3451	94.6209
15241	19.0475	-100.177	31.1168	12.3024	58.8019	87.7099
15285	19.0533	-99.8789	47.3557	26.7801	107.6206	170.5479
15287	19.1347	-99.93	43.2215	9.1381	63.7855	85.258
15291	19.0419	-100.017	41.9446	5.6079	54.5643	67.7416
15322	19.3089	-100.151	49.0142	12.6154	77.4035	107.047
15326	18.995	-100.228	48.2126	9.6158	69.8516	92.4466
15332	19.1169	-100.295	61.1718	25.4067	118.3462	178.0464
15353	19.0078	-100.043	57.4077	12.5896	85.739	115.3218
15357	18.9081	-100.445	57.4068	12.8381	86.2972	116.464
15368	19.1461	-100.063	63.0633	12.8601	92.0032	122.2216
15374	19.2672	-99.9503	37.7722	13.956	69.1783	101.9717



15391	19.4561	-100.069	28.6214	7.6761	45.8954	63.9325
15392	19.0675	-100.078	45.4247	16.7346	83.0837	122.4063
16002	19.5369	-100.618	51.5143	12.1999	78.9686	107.6358
16020	19.6917	-100.554	36.9286	10.9136	61.4881	87.1326
16036	19.3833	-100.383	44.5088	15.4397	79.2537	115.5336
16058	19.4583	-100.494	44.2262	25.7814	102.2439	162.8246
16071	19.7667	-100.65	54.7416	12.3356	82.5012	111.487
16079	19.5833	-100.333	84.575	40.7402	176.2554	271.9859
16092	19.5667	-100.6	49.8604	7.9822	67.8233	86.5798
16097	19.6222	-100.686	47.682	8.2801	66.3153	85.7716
16099	19.5628	-100.476	45.7864	15.1805	79.948	115.6188
16107	19.2456	-100.79	66.8505	21.1242	114.3878	164.0252
16122	19.2147	-100.407	45.866	36.3485	127.6635	213.0745
16132	18.9	-100.737	57.87	11.7085	84.2184	111.7308
16134	19.5667	-100.45	37.7686	8.4595	56.8056	76.6836
16135	19.2167	-100.583	61.7508	48.0658	169.9165	282.8607
16136	19.5825	-100.924	57.989	16.2149	94.4785	132.5799
16148	19.4333	-100.367	37.7631	7.332	54.2629	71.4915
16152	19.7167	-100.55	36.0484	12.6564	64.5299	94.2697
16189	19.5333	-100.233	52.5618	9.8428	74.7117	97.8401
16192	19.4128	-100.394	43.323	9.5487	64.8111	87.2485
16206	19.4833	-100.483	42.1935	12.7357	70.8534	100.7795
16213	19.6992	-100.478	36.671	9.8568	58.8524	82.0137
16219	19.0717	-100.828	60.8827	16.0417	96.9824	134.6769
16232	19.3842	-100.825	53.862	19.1018	96.8481	141.7332
16235	19.6792	-100.742	47.6379	7.6111	64.7656	82.6499
16237	18.9308	-100.565	55.1506	12.857	84.0835	114.2946
16241	19.4239	-100.907	38.3518	14.9491	71.9928	107.12
16258	19.5397	-100.482	38.9176	11.5088	64.8167	91.8599
16514	19.6511	-100.483	57.4541	62.5375	198.1864	345.1358

Tabla 29. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 45 para la cuenca hidrológica Cutzamala.

Estación	Latitud	Longitud	$\mu$	$\alpha$	T10	T100
12036	18.7264	-100.669	44.4516	11.3839	70.0695	96.8192
15005	19.255	-100.023	29.4779	8.1673	47.8574	67.0488
15035	19.2664	-100.266	31.1809	11.6063	57.2994	84.5717
15046	19.1764	-100.216	41.6654	10.0903	64.3723	88.0823
15052	18.92	-100.298	47.8733	10.5966	71.7196	96.6194
15066	19.5075	-100.098	31.5336	6.2644	45.6308	60.3508
15088	19.1558	-99.9072	36.9664	9.0354	57.2994	78.5306
15107	19.2061	-100.325	43.1335	9.9732	65.577	89.0119
15118	19.0581	-100.053	34.2764	12.4966	62.3983	91.7625



15130	19.2333	-100.133	33.4727	7.6808	50.7575	68.8058
15131	19.3667	-100.083	28.8493	7.2675	45.2039	62.2809
15133	19.4572	-99.9919	27.5633	8.5598	46.8259	66.9395
15165	19.1925	-100.131	32.8869	13.3193	62.8602	94.1576
15177	19.0092	-100.289	47.5608	16.5179	84.732	123.5453
15178	19.1731	-100.242	39.3618	8.8261	59.2238	79.9632
15191	19.0744	-100.254	28.5738	7.4085	45.2458	62.6543
15197	19.4628	-100.198	28.2321	10.9021	52.7658	78.3833
15219	19.1139	-100.383	47.1225	15.7052	82.4648	119.3686
15237	19.0569	-99.9458	42.2618	7.224	58.5186	75.4935
15241	19.0475	-100.177	24.8267	9.8155	46.9152	69.9796
15285	19.0533	-99.8789	37.7829	21.3665	85.8654	136.0721
15287	19.1347	-99.93	34.4844	7.2908	50.8915	68.0233
15291	19.0419	-100.017	33.4656	4.4742	43.5343	54.0478
15322	19.3089	-100.151	39.1062	10.0652	61.7566	85.4077
15326	18.995	-100.228	38.4665	7.672	55.7313	73.7588
15332	19.1169	-100.295	48.8061	20.2708	94.4229	142.0548
15353	19.0078	-100.043	45.8029	10.0447	68.4071	92.0098
15357	18.9081	-100.445	45.8021	10.2429	68.8525	92.9211
15368	19.1461	-100.063	50.3152	10.2605	73.405	97.5148
15374	19.2672	-99.9503	30.1367	11.1348	55.1941	81.3584
15391	19.4561	-100.069	22.8357	6.1244	36.6178	51.0087
15392	19.0675	-100.078	36.2422	13.3517	66.2885	97.6622
16002	19.5369	-100.618	41.1008	9.7337	63.0053	85.8775
16020	19.6917	-100.554	29.4636	8.7074	49.0585	69.519
16036	19.3833	-100.383	35.5114	12.3186	63.2328	92.1788
16058	19.4583	-100.494	35.286	20.5698	81.5756	129.91
16071	19.7667	-100.65	43.6757	9.842	65.8238	88.9502
16079	19.5833	-100.333	67.4784	32.5047	140.6258	217.0047
16092	19.5667	-100.6	39.7813	6.3686	54.113	69.078
16097	19.6222	-100.686	38.0432	6.6063	52.9098	68.4331
16099	19.5628	-100.476	36.5308	12.1118	63.7867	92.2468
16107	19.2456	-100.79	53.3369	16.854	91.2646	130.8679
16122	19.2147	-100.407	36.5943	29.0008	101.8567	170.0021
16132	18.9	-100.737	46.1717	9.3417	67.1939	89.1448
16134	19.5667	-100.45	30.1338	6.7494	45.3225	61.1822
16135	19.2167	-100.583	49.2681	38.3494	135.5684	225.6812
16136	19.5825	-100.924	46.2667	12.9371	75.3799	105.7793
16148	19.4333	-100.367	30.1294	5.8499	43.2938	57.0397
16152	19.7167	-100.55	28.7613	10.0979	51.4854	75.2133
16189	19.5333	-100.233	41.9366	7.8531	59.6089	78.062
16192	19.4128	-100.394	34.5654	7.6185	51.7097	69.6114
16206	19.4833	-100.483	33.6642	10.1612	56.5306	80.4072

<b>16213</b>	19.6992	-100.478	29.2581	7.8643	46.9555	65.4348
<b>16219</b>	19.0717	-100.828	48.5754	12.7989	77.3777	107.4523
<b>16232</b>	19.3842	-100.825	42.9739	15.2404	77.2705	113.0822
<b>16235</b>	19.6792	-100.742	38.008	6.0725	51.6734	65.9425
<b>16237</b>	18.9308	-100.565	44.002	10.258	67.0863	91.1903
<b>16241</b>	19.4239	-100.907	30.5991	11.9272	57.4397	85.466
<b>16258</b>	19.5397	-100.482	31.0506	9.1823	51.7142	73.2907
<b>16514</b>	19.6511	-100.483	45.8399	49.8957	158.1235	275.3675

Tabla 30. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 85 para la cuenca hidrológica Cutzamala.

<b>Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>T10</b>	<b>T100</b>
<b>12036</b>	18.7264	-100.669	44.6725	11.4405	70.4178	97.3004
<b>15005</b>	19.255	-100.023	29.6244	8.2079	48.0953	67.3821
<b>15035</b>	19.2664	-100.266	31.3359	11.664	57.5842	84.992
<b>15046</b>	19.1764	-100.216	41.8725	10.1405	64.6922	88.5201
<b>15052</b>	18.92	-100.298	48.1113	10.6493	72.0761	97.0996
<b>15066</b>	19.5075	-100.098	31.6903	6.2955	45.8576	60.6507
<b>15088</b>	19.1558	-99.9072	37.1502	9.0803	57.5842	78.9209
<b>15107</b>	19.2061	-100.325	43.3479	10.0228	65.9029	89.4543
<b>15118</b>	19.0581	-100.053	34.4468	12.5587	62.7084	92.2186
<b>15130</b>	19.2333	-100.133	33.6391	7.719	51.0097	69.1478
<b>15131</b>	19.3667	-100.083	28.9927	7.3036	45.4286	62.5905
<b>15133</b>	19.4572	-99.9919	27.7003	8.6023	47.0586	67.2722
<b>15165</b>	19.1925	-100.131	33.0503	13.3855	63.1726	94.6256
<b>15177</b>	19.0092	-100.289	47.7972	16.6	85.1531	124.1594
<b>15178</b>	19.1731	-100.242	39.5574	8.87	59.5181	80.3606
<b>15191</b>	19.0744	-100.254	28.7159	7.4454	45.4707	62.9657
<b>15197</b>	19.4628	-100.198	28.3725	10.9563	53.0281	78.7729
<b>15219</b>	19.1139	-100.383	47.3567	15.7832	82.8747	119.9619
<b>15237</b>	19.0569	-99.9458	42.4719	7.2599	58.8094	75.8687
<b>15241</b>	19.0475	-100.177	24.9501	9.8643	47.1484	70.3274
<b>15285</b>	19.0533	-99.8789	37.9706	21.4727	86.2922	136.7484
<b>15287</b>	19.1347	-99.93	34.6558	7.3271	51.1444	68.3614
<b>15291</b>	19.0419	-100.017	33.6319	4.4965	43.7507	54.3164
<b>15322</b>	19.3089	-100.151	39.3005	10.1153	62.0636	85.8322
<b>15326</b>	18.995	-100.228	38.6577	7.7101	56.0083	74.1254
<b>15332</b>	19.1169	-100.295	49.0487	20.3716	94.8922	142.7609
<b>15353</b>	19.0078	-100.043	46.0305	10.0946	68.7471	92.4672
<b>15357</b>	18.9081	-100.445	46.0298	10.2938	69.1947	93.383
<b>15368</b>	19.1461	-100.063	50.5653	10.3114	73.7699	97.9995
<b>15374</b>	19.2672	-99.9503	30.2865	11.1901	55.4684	81.7628
<b>15391</b>	19.4561	-100.069	22.9492	6.1548	36.7998	51.2623

15392	19.0675	-100.078	36.4224	13.4181	66.618	98.1476
16002	19.5369	-100.618	41.3051	9.7821	63.3185	86.3043
16020	19.6917	-100.554	29.61	8.7507	49.3023	69.8645
16036	19.3833	-100.383	35.6879	12.3798	63.5471	92.6369
16058	19.4583	-100.494	35.4614	20.672	81.981	130.5557
16071	19.7667	-100.65	43.8928	9.8909	66.1509	89.3924
16079	19.5833	-100.333	67.8138	32.6662	141.3248	218.0833
16092	19.5667	-100.6	39.979	6.4003	54.382	69.4213
16097	19.6222	-100.686	38.2323	6.6391	53.1728	68.7733
16099	19.5628	-100.476	36.7124	12.172	64.1038	92.7053
16107	19.2456	-100.79	53.602	16.9378	91.7182	131.5184
16122	19.2147	-100.407	36.7762	29.1449	102.3629	170.8471
16132	18.9	-100.737	46.4012	9.3881	67.5279	89.5878
16134	19.5667	-100.45	30.2835	6.783	45.5478	61.4863
16135	19.2167	-100.583	49.5129	38.54	136.2422	226.8029
16136	19.5825	-100.924	46.4967	13.0014	75.7546	106.305
16148	19.4333	-100.367	30.2791	5.879	43.509	57.3232
16152	19.7167	-100.55	28.9042	10.1481	51.7413	75.5872
16189	19.5333	-100.233	42.145	7.8921	59.9052	78.45
16192	19.4128	-100.394	34.7372	7.6563	51.9667	69.9574
16206	19.4833	-100.483	33.8315	10.2117	56.8116	80.8069
16213	19.6992	-100.478	29.4035	7.9033	47.1889	65.7601
16219	19.0717	-100.828	48.8169	12.8625	77.7623	107.9864
16232	19.3842	-100.825	43.1875	15.3162	77.6546	113.6443
16235	19.6792	-100.742	38.197	6.1027	51.9303	66.2702
16237	18.9308	-100.565	44.2207	10.309	67.4197	91.6435
16241	19.4239	-100.907	30.7512	11.9865	57.7252	85.8908
16258	19.5397	-100.482	31.2049	9.228	51.9712	73.6549
16514	19.6511	-100.483	46.0677	50.1437	158.9095	276.7362

Tabla 31. Parámetros y periodo de retorno de estaciones para la subregión Grijalva-La Concordia.

Estación	Latitud	Longitud	$\mu$	$\alpha$	T10	T100
7002	16.3792	-92.2375	50.2175	14.5612	82.9855	117.2011
7007	16.5528	-92.475	63.8828	17.0745	102.3067	142.428
7008	15.8667	-92.7167	82.0245	20.0614	127.1702	174.3102
7009	15.7942	-91.9203	60.1959	25.0504	116.5686	175.4316
7010	16.2	-92.6667	71.1202	14.2706	103.2342	136.767
7011	15.8833	-92.3667	67.1036	19.3653	110.6826	156.1869
7021	15.9025	-92.4828	65.5372	13.1665	95.1666	126.1049
7024	15.6167	-92.15	81.9341	22.3769	132.2902	184.871
7026	15.6653	-92.0014	81.1275	27.5042	143.0221	207.651
7037	15.7286	-92.9689	81.2638	43.2219	178.5289	280.0909

7054	15.7319	-92.7942	85.5421	24.025	139.6072	196.0608
7063	15.7833	-92.7333	89.6066	11.5882	115.6842	142.9138
7067	15.4336	-92.1142	33.4094	25.4381	90.6545	150.4285
7070	15.6936	-92.1611	74.0791	17.0295	112.4018	152.4173
7090	16.0833	-92.6667	73.2902	14.5844	106.1104	140.3806
7094	16.1842	-92.2875	66.8309	14.2612	98.9239	132.4346
7099	16.0364	-92.0889	53.3742	21.8743	102.5994	153.9992
7111	16.0333	-92.55	76.1509	21.9776	125.6086	177.2512
7119	15.3642	-92.2481	35.6003	32.3895	108.4884	184.5966
7135	15.8486	-91.9681	64.7237	14.8813	98.2121	133.1799
7137	16.2833	-92.4667	66.694	15.2565	101.0266	136.876
7139	16.2167	-92.5167	68.1666	18.8686	110.6279	154.965
7145	15.8708	-92.9536	65.8526	24.4585	120.8931	178.3651
7150	16.05	-93.0833	61.6775	11.8778	88.4068	116.317
7155	16	-92.5167	79.7925	21.1495	127.3866	177.0832
7159	15.5569	-92.3225	40.2811	13.3037	70.2193	101.4801
7161	16.2442	-92.3514	69.9511	53.5257	190.4036	316.1773
7171	16.2	-92.2667	57.4198	16.1472	93.757	131.6994
7181	16.1833	-92.6333	73.0631	6.8208	88.4123	104.4395
7183	16.0417	-92.8175	69.4595	11.1126	94.4669	120.579
7190	16.1178	-92.0517	53.3023	18.8297	95.676	139.9216
7197	16.25	-92.8667	62.1178	4.3004	71.7952	81.9002
7211	16.0667	-92.6167	66.8656	17.0092	105.1426	145.1106
7224	15.7517	-92.2736	77.6721	19.1145	120.6868	165.6018
7226	15.9	-92.9333	91.334	19.315	134.7998	180.1858
7230	15.7086	-92.2086	79.5288	16.4666	116.5847	155.2776
7236	16.1631	-93.0764	67.2235	16.2448	103.7803	141.952
7316	16.0975	-92.8333	67.4195	17.4644	106.7209	147.7584
7329	16.3089	-92.4861	73.4461	25.4071	130.6215	190.3227
7330	16.2889	-92.4283	63.7052	22.5849	114.5295	167.5991
7331	16.3672	-92.3692	75.9962	15.7724	111.4898	148.5515
7333	15.3325	-92.2675	42.2909	42.4723	137.8691	237.6696
7335	15.8386	-92.7556	79.7473	25.9171	138.0702	198.9697
7339	15.4572	-92.2811	54.6035	19.3979	98.2559	143.8367

Tabla 32. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 45 para la subregión Grijalva-La Concordia.

Estación	Latitud	Longitud	$\mu$	$\alpha$	T10	T100
7002	16.3792	-92.2375	54.1746	15.7086	89.5248	126.4366
7007	16.5528	-92.475	68.9168	18.42	110.3685	153.6514
7008	15.8667	-92.7167	88.4881	21.6423	137.1912	188.0458
7009	15.7942	-91.9203	64.9393	27.0244	125.7542	189.2556

<b>7010</b>	16.2	-92.6667	76.7244	15.3951	111.3691	147.5442
<b>7011</b>	15.8833	-92.3667	72.3914	20.8913	119.4044	168.4944
<b>7021</b>	15.9025	-92.4828	70.7015	14.204	102.6657	136.042
<b>7024</b>	15.6167	-92.15	88.3905	24.1402	142.7147	199.4388
<b>7026</b>	15.6653	-92.0014	87.5204	29.6715	154.2922	224.0139
<b>7037</b>	15.7286	-92.9689	87.6673	46.6278	192.5969	302.162
<b>7054</b>	15.7319	-92.7942	92.2829	25.9182	150.6083	211.5104
<b>7063</b>	15.7833	-92.7333	96.6676	12.5013	124.8001	154.1754
<b>7067</b>	15.4336	-92.1142	36.0421	27.4426	97.7981	162.2823
<b>7070</b>	15.6936	-92.1611	79.9166	18.3714	121.259	164.4278
<b>7090</b>	16.0833	-92.6667	79.0655	15.7336	114.472	151.4426
<b>7094</b>	16.1842	-92.2875	72.0972	15.385	106.7191	142.8705
<b>7099</b>	16.0364	-92.0889	57.58	23.598	110.6842	166.1343
<b>7111</b>	16.0333	-92.55	82.1516	23.7094	135.5065	191.2186
<b>7119</b>	15.3642	-92.2481	38.4056	34.9417	117.0373	199.1428
<b>7135</b>	15.8486	-91.9681	69.8239	16.054	105.9512	143.6745
<b>7137</b>	16.2833	-92.4667	71.9494	16.4587	108.9875	147.6619
<b>7139</b>	16.2167	-92.5167	73.5381	20.3555	119.3454	167.1763
<b>7145</b>	15.8708	-92.9536	71.0418	26.3858	130.4195	192.4203
<b>7150</b>	16.05	-93.0833	66.5377	12.8137	95.3733	125.4828
<b>7155</b>	16	-92.5167	86.0802	22.816	137.4246	191.0374
<b>7159</b>	15.5569	-92.3225	43.4553	14.352	75.7526	109.4767
<b>7161</b>	16.2442	-92.3514	75.4633	57.7435	205.4074	341.0921
<b>7171</b>	16.2	-92.2667	61.9445	17.4196	101.145	142.0773
<b>7181</b>	16.1833	-92.6333	78.8204	7.3582	95.3791	112.6694
<b>7183</b>	16.0417	-92.8175	74.9329	11.9883	101.9109	130.0807
<b>7190</b>	16.1178	-92.0517	57.5026	20.3135	103.2153	150.9475
<b>7197</b>	16.25	-92.8667	67.0127	4.6392	77.4527	88.3539
<b>7211</b>	16.0667	-92.6167	72.1346	18.3495	113.4278	156.5453
<b>7224</b>	15.7517	-92.2736	83.7926	20.6208	130.197	178.6513
<b>7226</b>	15.9	-92.9333	98.5311	20.837	145.422	194.3845
<b>7230</b>	15.7086	-92.2086	85.7957	17.7642	125.7716	167.5134
<b>7236</b>	16.1631	-93.0764	72.5207	17.5249	111.9582	153.1378
<b>7316</b>	16.0975	-92.8333	72.7322	18.8406	115.1305	159.4018
<b>7329</b>	16.3089	-92.4861	79.2337	27.4092	140.9145	205.3201
<b>7330</b>	16.2889	-92.4283	68.7251	24.3646	123.5544	180.8059
<b>7331</b>	16.3672	-92.3692	81.9847	17.0152	120.2752	160.2573
<b>7333</b>	15.3325	-92.2675	45.6234	45.8191	148.7332	256.398
<b>7335</b>	15.8386	-92.7556	86.0314	27.9593	148.9502	214.6485
<b>7339</b>	15.4572	-92.2811	58.9063	20.9264	105.9985	155.171

Tabla 33. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MPI RCP 85 para la subregión Grijalva-La Concordia.

Estación	Latitud	Longitud	$\mu$	$\alpha$	T10	T100
7002	16.3792	-92.2375	61.6018	17.8622	101.7983	143.7706
7007	16.5528	-92.475	78.3651	20.9453	125.4997	174.7165
7008	15.8667	-92.7167	100.6195	24.6094	155.9996	213.8263
7009	15.7942	-91.9203	73.8423	30.7294	142.9946	215.2019
7010	16.2	-92.6667	87.2431	17.5057	126.6374	167.7721
7011	15.8833	-92.3667	82.316	23.7554	135.7744	191.5945
7021	15.9025	-92.4828	80.3944	16.1513	116.7408	154.6929
7024	15.6167	-92.15	100.5085	27.4497	162.2804	226.7813
7026	15.6653	-92.0014	99.5191	33.7394	175.4452	254.7255
7037	15.7286	-92.9689	99.6863	53.0203	219.0014	343.5875
7054	15.7319	-92.7942	104.9345	29.4715	171.2562	240.5078
7063	15.7833	-92.7333	109.9204	14.2152	141.9098	175.3123
7067	15.4336	-92.1142	40.9833	31.2049	111.2059	184.5307
7070	15.6936	-92.1611	90.8729	20.8901	137.8832	186.9704
7090	16.0833	-92.6667	89.9051	17.8907	130.1657	172.2048
7094	16.1842	-92.2875	81.9815	17.4942	121.3499	162.4576
7099	16.0364	-92.0889	65.4741	26.8332	125.8586	188.9108
7111	16.0333	-92.55	93.4143	26.9599	154.0841	217.434
7119	15.3642	-92.2481	43.6708	39.7321	133.0828	226.4446
7135	15.8486	-91.9681	79.3965	18.2549	120.4768	163.3718
7137	16.2833	-92.4667	81.8135	18.7151	123.9294	167.9058
7139	16.2167	-92.5167	83.62	23.1461	135.7073	190.0956
7145	15.8708	-92.9536	80.7814	30.0032	148.2995	218.8005
7150	16.05	-93.0833	75.6598	14.5705	108.4487	142.686
7155	16	-92.5167	97.8815	25.944	156.2651	217.228
7159	15.5569	-92.3225	49.4128	16.3196	86.138	124.4856
7161	16.2442	-92.3514	85.809	65.66	233.5681	387.8547
7171	16.2	-92.2667	70.4369	19.8078	115.0117	161.5557
7181	16.1833	-92.6333	89.6265	8.367	108.4553	128.116
7183	16.0417	-92.8175	85.206	13.6318	115.8825	147.9143
7190	16.1178	-92.0517	65.386	23.0984	117.3658	171.6419
7197	16.25	-92.8667	76.1999	5.2753	88.0712	100.4669
7211	16.0667	-92.6167	82.024	20.8652	128.9784	178.0071
7224	15.7517	-92.2736	95.2803	23.4478	148.0465	203.1438
7226	15.9	-92.9333	112.0394	23.6937	165.3589	221.0339
7230	15.7086	-92.2086	97.558	20.1996	143.0144	190.479
7236	16.1631	-93.0764	82.4631	19.9275	127.3073	174.1325
7316	16.0975	-92.8333	82.7036	21.4236	130.9145	181.2553
7329	16.3089	-92.4861	90.0964	31.1669	160.2334	233.4688
7330	16.2889	-92.4283	78.1471	27.7049	140.4934	205.5939
7331	16.3672	-92.3692	93.2245	19.348	136.7646	182.2281
7333	15.3325	-92.2675	51.8782	52.1007	169.124	291.5493



<b>7335</b>	15.8386	-92.7556	97.8261	31.7925	169.3708	244.0761
<b>7339</b>	15.4572	-92.2811	66.9822	23.7954	120.5305	176.4445

Tabla 34. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 45 para la subregión Grijalva-La Concordia.

<b>Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>T10</b>	<b>T100</b>
<b>7002</b>	16.3792	-92.2375	46.1951	13.3948	76.3384	107.8133
<b>7007</b>	16.5528	-92.475	58.7658	15.7068	94.1119	131.0196
<b>7008</b>	15.8667	-92.7167	75.4544	18.4545	116.9838	160.3479
<b>7009</b>	15.7942	-91.9203	55.3742	23.0439	107.2314	161.3795
<b>7010</b>	16.2	-92.6667	65.4234	13.1275	94.9652	125.812
<b>7011</b>	15.8833	-92.3667	61.7286	17.8141	101.817	143.6763
<b>7021</b>	15.9025	-92.4828	60.2876	12.1118	87.5437	116.0039
<b>7024</b>	15.6167	-92.15	75.3712	20.5845	121.6938	170.0628
<b>7026</b>	15.6653	-92.0014	74.6292	25.3011	131.566	191.0182
<b>7037</b>	15.7286	-92.9689	74.7545	39.7598	164.2287	257.6556
<b>7054</b>	15.7319	-92.7942	78.6902	22.1006	128.4247	180.3563
<b>7063</b>	15.7833	-92.7333	82.4291	10.6599	106.4179	131.4664
<b>7067</b>	15.4336	-92.1142	30.7333	23.4005	83.3931	138.3792
<b>7070</b>	15.6936	-92.1611	68.1454	15.6654	103.3984	140.2087
<b>7090</b>	16.0833	-92.6667	67.4197	13.4162	97.611	129.1361
<b>7094</b>	16.1842	-92.2875	61.4778	13.1189	91.0001	121.8266
<b>7099</b>	16.0364	-92.0889	49.0989	20.1222	94.3811	141.6638
<b>7111</b>	16.0333	-92.55	70.0512	20.2172	115.5473	163.0534
<b>7119</b>	15.3642	-92.2481	32.7487	29.7951	99.7985	169.8104
<b>7135</b>	15.8486	-91.9681	59.5393	13.6893	90.3453	122.5122
<b>7137</b>	16.2833	-92.4667	61.3518	14.0344	92.9344	125.9123
<b>7139</b>	16.2167	-92.5167	62.7065	17.3572	101.7666	142.5523
<b>7145</b>	15.8708	-92.9536	60.5778	22.4993	111.2095	164.0781
<b>7150</b>	16.05	-93.0833	56.7371	10.9264	81.3254	107
<b>7155</b>	16	-92.5167	73.4011	19.4554	117.1829	162.8988
<b>7159</b>	15.5569	-92.3225	37.0546	12.2381	64.5947	93.3515
<b>7161</b>	16.2442	-92.3514	64.348	49.2383	175.1523	290.8515
<b>7171</b>	16.2	-92.2667	52.8205	14.8538	86.2471	121.1503
<b>7181</b>	16.1833	-92.6333	67.2107	6.2744	81.3304	96.0739
<b>7183</b>	16.0417	-92.8175	63.8958	10.2225	86.9001	110.9207
<b>7190</b>	16.1178	-92.0517	49.0328	17.3214	88.0124	128.7139
<b>7197</b>	16.25	-92.8667	57.1422	3.9559	66.0444	75.3399
<b>7211</b>	16.0667	-92.6167	61.5097	15.6468	96.7207	133.4872
<b>7224</b>	15.7517	-92.2736	71.4506	17.5835	111.0198	152.3371
<b>7226</b>	15.9	-92.9333	84.0181	17.7679	124.0023	165.7529
<b>7230</b>	15.7086	-92.2086	73.1586	15.1476	107.2463	142.8398
<b>7236</b>	16.1631	-93.0764	61.8389	14.9436	95.4675	130.5817

<b>7316</b>	16.0975	-92.8333	62.0192	16.0655	98.1725	135.923
<b>7329</b>	16.3089	-92.4861	67.5631	23.372	120.1587	175.0778
<b>7330</b>	16.2889	-92.4283	58.6024	20.7759	105.3557	154.1744
<b>7331</b>	16.3672	-92.3692	69.9089	14.509	102.5595	136.6525
<b>7333</b>	15.3325	-92.2675	38.9034	39.0702	126.8258	218.6323
<b>7335</b>	15.8386	-92.7556	73.3596	23.8411	127.0108	183.0322
<b>7339</b>	15.4572	-92.2811	50.2298	17.8441	90.3856	132.3154

Tabla 35. Parámetros y periodo de retorno de estaciones con porcentaje de cambio del modelo MRI RCP 85 para la subregión Grijalva-La Concordia.

<b>Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>T10</b>	<b>T100</b>
<b>7002</b>	16.3792	-92.2375	60.9791	17.6816	100.7693	142.3173
<b>7007</b>	16.5528	-92.475	77.5729	20.7336	124.231	172.9504
<b>7008</b>	15.8667	-92.7167	99.6024	24.3606	154.4227	211.6649
<b>7009</b>	15.7942	-91.9203	73.0959	30.4187	141.5492	213.0266
<b>7010</b>	16.2	-92.6667	86.3612	17.3288	125.3573	166.0762
<b>7011</b>	15.8833	-92.3667	81.4839	23.5153	134.4019	189.6577
<b>7021</b>	15.9025	-92.4828	79.5818	15.988	115.5607	153.1292
<b>7024</b>	15.6167	-92.15	99.4925	27.1722	160.64	224.4888
<b>7026</b>	15.6653	-92.0014	98.5131	33.3984	173.6717	252.1506
<b>7037</b>	15.7286	-92.9689	98.6786	52.4843	216.7876	340.1143
<b>7054</b>	15.7319	-92.7942	103.8738	29.1736	169.5251	238.0766
<b>7063</b>	15.7833	-92.7333	108.8092	14.0715	140.4753	173.5402
<b>7067</b>	15.4336	-92.1142	40.5691	30.8895	110.0818	182.6654
<b>7070</b>	15.6936	-92.1611	89.9543	20.6789	136.4895	185.0804
<b>7090</b>	16.0833	-92.6667	88.9963	17.7098	128.8499	170.4641
<b>7094</b>	16.1842	-92.2875	81.1528	17.3174	120.1233	160.8154
<b>7099</b>	16.0364	-92.0889	64.8122	26.562	124.5864	187.0012
<b>7111</b>	16.0333	-92.55	92.47	26.6874	152.5265	215.2361
<b>7119</b>	15.3642	-92.2481	43.2294	39.3305	131.7375	224.1556
<b>7135</b>	15.8486	-91.9681	78.5939	18.0704	119.2589	161.7204
<b>7137</b>	16.2833	-92.4667	80.9865	18.5259	122.6766	166.2086
<b>7139</b>	16.2167	-92.5167	82.7747	22.9122	134.3355	188.1741
<b>7145</b>	15.8708	-92.9536	79.9648	29.6999	146.8005	216.5888
<b>7150</b>	16.05	-93.0833	74.895	14.4232	107.3524	141.2437
<b>7155</b>	16	-92.5167	96.8921	25.6818	154.6855	215.0321
<b>7159</b>	15.5569	-92.3225	48.9133	16.1547	85.2673	123.2273
<b>7161</b>	16.2442	-92.3514	84.9417	64.9962	231.2071	383.9341
<b>7171</b>	16.2	-92.2667	69.7249	19.6076	113.8491	159.9226
<b>7181</b>	16.1833	-92.6333	88.7205	8.2824	107.359	126.8209
<b>7183</b>	16.0417	-92.8175	84.3447	13.494	114.7111	146.4191
<b>7190</b>	16.1178	-92.0517	64.725	22.8649	116.1794	169.9069
<b>7197</b>	16.25	-92.8667	75.4297	5.2219	87.1809	99.4514



<b>7211</b>	16.0667	-92.6167	81.1949	20.6543	127.6747	176.2078
<b>7224</b>	15.7517	-92.2736	94.3172	23.2108	146.55	201.0903
<b>7226</b>	15.9	-92.9333	110.9069	23.4542	163.6874	218.7996
<b>7230</b>	15.7086	-92.2086	96.5718	19.9954	141.5688	188.5536
<b>7236</b>	16.1631	-93.0764	81.6295	19.7261	126.0204	172.3723
<b>7316</b>	16.0975	-92.8333	81.8675	21.207	129.5912	179.4231
<b>7329</b>	16.3089	-92.4861	89.1856	30.8519	158.6137	231.1088
<b>7330</b>	16.2889	-92.4283	77.3572	27.4249	139.0732	203.5156
<b>7331</b>	16.3672	-92.3692	92.2822	19.1524	135.3821	180.386
<b>7333</b>	15.3325	-92.2675	51.3538	51.5741	167.4144	288.6022
<b>7335</b>	15.8386	-92.7556	96.8372	31.4711	167.6587	241.6089
<b>7339</b>	15.4572	-92.2811	66.3051	23.5549	119.3121	174.6609



