

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo Schwencke

**DISTRIBUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS
DIARIAS EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS**

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Civil.



KAROL FERNANDA FUENTES ROMERO

Concepción, Enero, 2016

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

Profesor Patrocinante: Álvaro Suazo Schwencke

**DISTRIBUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS
DIARIAS EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS**

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Civil.



KAROL FERNANDA FUENTES ROMERO

Concepción, Enero, 2016

1. INDICE GENERAL

RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TÍTULO.....	6
1.2. OBJETIVOS	
1.2.1 Objetivo General.....	7
1.2.2 Objetivos Específicos.....	7
CAPÍTULO 2. METODOLIGÍA.....	7
2.1- RECOPIACIÓN DE DATOS DE CADA ESTACION.....	7
2.2- VALIDACIÓN DE DATOS.....	10
2.3.- ANALISIS DE FRECUENCIAS.....	12
2.3.1.-Método Gráfico.....	12
2.3.2.- Método Analítico.....	13
2.3.2.1.- Distribuciones de Probabilidad.....	13
2.3.2.2.- Test de Bondad de Ajustes.....	14
2.4.- PERIODOS DE RETORNO.....	14
2.5.- PLANO DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIONES.....	14
2.6- ANALISIS DE HOMOGENIEDAD.....	15
2.7.- COEFICIENTES DE FRECUENCIA.....	15

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

3.1.- DATOS DUDOSOS.....	16
3.2.- ANÁLISIS DE FRECUENCIA.....	18
3.3.- TEST DE BONDAD DE AJUSTE.....	20
3.4.- PRECIPITACIONES DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO.....	22
3.4.- DETERMINACION DE ZONAS HOMOGENEAS.....	25
3.5.- OBTENCION COEFICIENTES DE FRECUENCIA.....	26
CAPÍTULO 4.- CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....	28
BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXO.....	30

DISTRIBUCIÓN DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS

KAROL FERNANDA FUENTES ROMERO

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Bío-Bío

karolfuentesr@hotmail.com

PROFESOR PATROCINANTE

Sr. Álvaro Suazo Schwencke

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

asuazo@ubiobio.cl

RESUMEN

A lo largo de todo el país la Dirección General de Aguas (DGA) posee estaciones de recopilación de información. En la Región de los Ríos cuentan con 24 estaciones meteorológicas que almacenan información diaria de precipitaciones. Para el desarrollo de este proyecto de título se toma la información de 18 de estas estaciones, las cuales fueron seleccionadas por tener la mayor cantidad de información a través de los años.

Se utiliza el análisis de dato dudoso para ver la calidad de los datos proporcionados por la DGA para posteriormente aplicar el análisis de frecuencia y obtener la mejor Función densidad de probabilidad (FDP) que se ajuste a cada estación en estudio. Con la elección de la FDP se calculan las precipitaciones para distintos periodos de retornos dentro de la Región. Contar con estos datos es de gran importancia dentro del desarrollo de la Ingeniería Civil, pues permite ejecutar obras considerando los niveles de agua que se debe evacuar para evitar anegamientos y crear obras de mayor durabilidad en el tiempo.

Palabras claves: Precipitaciones máximas diarias, análisis de frecuencia, Distribución de precipitaciones.

4541 Palabras de Texto + 21 Figuras/ Tablas*250 = 9791 Palabras aproximadas.

DISTRIBUTION OF MAXIMUM DAILY RAINFALL IN THE REGION OF THE RIVERS

KAROL FERNANDA FUENTES ROMERO

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Bío-Bío

karolfuentesr@hotmail.com

ADVISOR

Sr. Álvaro Suazo Schwencke

Department of Civil and Environmental Engineering

asuazo@ubiobio.cl

ABSTRACT

Throughout Chile the Water General Directorate (WGD) has stations of collection of information. In the region of the Rivers the WGD has 24 meteorological stations that store daily precipitations information. For the development of this work it was taken the information from 18 of these stations, wich were chosen for having the largest amount of data through the years.

The analysis of doubtful fact is used to see the quality of the information provided by the WGD later to apply the frequency analysis and to obtain the best Probability Density Function (PDF) that fits to every station. With the PDF are calculated the rainfall for different periods of returns within the region. Have this data is very important in the development of Civil Engineering. It allows me to execute works, considering the levels of water it should evacuate to avoid flooding and to create works of major durability in the time.

Key word: Maximum daily rainfall, frequency analysis, Diatribution of precipitation.

1. INTRODUCCIÓN

Varias obras de la Ingeniería Civil se ven altamente influenciadas por los factores climáticos. En hidrología, para la estimación de avenidas es necesario conocer el valor de la máxima precipitación probable registrada para un determinado período de retorno, tanto para el estudio de la erosión, como para el cálculo y diseño de las estructuras de conservación de suelos e hidráulicas. Un ejemplo de esto es a través del cálculo correcto del dimensionamiento del drenaje garantizando la vida útil de una carretera, un aeropuerto, drenaje urbano y con esto evacuar volúmenes de agua que podrían producir anegamientos.

Para el desarrollo de este proyecto de título se utilizan los datos diarios de precipitaciones máximas con el fin de actualizar la información recomendada en el Manual de Carretera (MOP, 2002) y en el Manual de Drenaje Urbano del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2002). Definir zonas homogéneas de la Región de los Ríos a través el análisis estadístico de frecuencia, con el fin de obtener planos de distribución de precipitaciones para la zona.

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TÍTULO

La Dirección General de Aguas (DGA) posee diversas estaciones pluviométricas en la Región de los Ríos, ubicadas en distintas zonas. La información almacenada y recomendada en el Manual de Carreteras y en el Manual de Drenaje Urbano del MOP no cuenta con valores de información actualizadas.

El desarrollo de este proyecto de título nace por la necesidad de actualizar las fuentes de información por medio del análisis estadístico de los datos, con el fin de generar planos de distribución de precipitaciones que sirven de soporte y patrón para la determinación de caudales de diseño para proyectos de nuevas carreteras y la mejora de los drenajes ya existentes en la Región de los Ríos.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO DE TÍTULO

1.2.1 Objetivo General

Determinar la distribución de las precipitaciones máximas diarias en la Región de los Ríos a partir de estaciones pluviométricas de la Dirección General de Aguas (DGA).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar la consistencia de los datos meteorológicos de las precipitaciones de las estaciones de estudio.
- Estimar las precipitaciones de diseño para todas las estaciones para un periodo de retorno dado.
- Elaborar planos de distribución de las precipitaciones máximas diarias.

2. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se entrega la metodología que se llevará a cabo con el fin de lograr los objetivos planteados en este proyecto de título.

2.1 RECOPIACIÓN DE DATOS

Se recopiló la información pluviométrica histórica proporcionada por la DGA existente en la Región de los Ríos. En esta zona la DGA cuenta con 24 estaciones meteorológicas que almacenan información diaria de precipitaciones. Para el desarrollo de este proyecto de título se tomará la información de 14 de estas estaciones, las cuales fueron seleccionadas por tener más de 10 años de información en su registro. Adicionalmente se incorpora la información de otras 4 estaciones que están cerca del límite regional y que pueden aportar al estudio.

De los datos obtenidos de la DGA para este estudio solo se consideraran las precipitaciones máximas diarias registradas, las cuales serán iguales a la cantidad de años con las que cuente la estación en estudio (Soto, 2013).

En la figura 1 se muestra la ubicación de todas las estaciones con las que se desarrollará este proyecto de título. Así también sus datos e información se presentan en la Tabla 1.



Figura 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas (Fuente: Elaboración propia)

Simbología

- Estaciones entre 10 y 15 años de información.
- Estaciones entre 15 y 20 años de información.
- Estaciones entre 20 y 30 años de información.
- Estaciones con más de 30 años de información.

Tabla 1. Resumen de información pluviométrica de las 18 estaciones entregadas por la DGA. (Fuente: elaboración propia)

N°	Nombre de la Estación	Código BNA	Cuenca	Años con Información
1	LLANCAHUE	10123004-K	RIO VALDIVIA	31
2	LAGO RANCO	10307001-5	RIO BUENO	31
3	LAGO RIÑIHUE	10111002-8	RIO VALDIVIA	29
4	LAGO CALAFQUEN	10106002-0	RIO VALDIVIA	28
5	LIQUIÑE	10102002-9	RIO VALDIVIA	21
6	EL LLOLLY	10312001-2	RIO BUENO	20
7	HUICHACO	10137002-K	RIO VALDIVIA	20
8	FUTACUHUIN	10323002-0	RIO BUENO	20
9	COÑARIPE	10106001-2	RIO VALDIVIA	18
10	CATAMUTUN	10141001-3	RIO VALDIVIA	16
11	VENECIA	10372001-K	RIO BUENO	17
12	PIRIHUEICO EN PIRIHUEICO	10100004-4	RIO VALDIVIA	16
13	SAN JOSE MARIQUINA	10134002-3	RIO VALDIVIA	15
14	VALDIVIA (U. AUSTRAL)	10123006-6	RIO VALDIVIA	15
15	RIO FUI EN DESAGÜE LAGO PIRIHUEICO	10100002-8	RIO VALDIVIA	11
16	TRINIDAD	10371001-4	RIO BUENO	18
17	LICAN-RAY	10106003-9	RIO VALDIVIA	19
18	LONCOCHE	10130001-3	RIO VALDIVIA	22

2.2 VALIDACIÓN DE DATOS

Al analizar los datos de un evento de lluvia es frecuente encontrar puntos que se separen en forma más o menos sensibles de la línea media de frecuencia. El método del Water Resources Council (1981) recomienda la realización de ajustes de estos datos dudosos. Los datos dudosos son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante. La inclusión o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información, especialmente en muestras pequeñas. Los procedimientos para tratar los datos dudosos requieren un criterio que involucra consideraciones matemáticas e hidrológicas. De acuerdo con el Water Resources Council (1981) si la asimetría de la estación es mayor que +0,4 se considera primero las pruebas para detectar datos dudosos altos; si la asimetría de la estación es menor que -0,4 primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos. Cuando la asimetría de la estación se encuentre entre $\pm 0,4$ deben aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos.

La siguiente ecuación puede utilizarse para detectar datos dudosos altos y bajos:

$$y_H = \bar{y} + K_n S_y \quad \text{Datos dudosos Altos}$$

$$y_L = \bar{y} - K_n S_y \quad \text{Datos dudosos Bajos}$$

Donde:

y_H : Banda superior de los logaritmos de los valores de caudales o precipitaciones.

y_L : Banda inferior de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.

y : Media aritmética de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.

K_n : Coeficiente que depende del tamaño de la muestra caudales o precipitaciones.

S_y : Desviación estándar de los logaritmos de los valores caudales o precipitaciones.

Si los logaritmos de los valores en una muestra son mayores que y_H , entonces se consideran como datos dudosos altos. Si existe información disponible que indica que un dato dudoso alto es el máximo sobre un periodo extendido, el dato dudoso es excluido del

análisis. Si no hay disponibilidad de información histórica útil para comparar con los datos dudosos altos, entonces estos deben ser retenidos como parte del registro sistemático.

Los valores de K_n dados en la tabla 2 se usan en pruebas para detectar datos dudosos en el nivel 10% de significancia en información normalmente distribuida

Tabla 2: Valores de K_n para la prueba de datos dudosos. (Fuente: Ven Te Chow, 1994)

Valores K_n para la prueba de datos dudosos							
Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Este ajuste se resume en la ecuación que estima el valor de K_n para muestras con un número de datos superior a 140 (Méndez, 2008).

$$K_n = 1,5512 * \ln(\ln(N)) + 0,6488$$

Donde N es el número total de datos.

2.3. ANÁLISIS DE FRECUENCIAS

El análisis de frecuencia es una herramienta estadística utilizada para estimar la magnitud de caudales o precipitaciones asociados a evento extremos en un sitio de interés, a partir de la información histórica de caudales o precipitaciones respectivamente. Es un método basado en procedimientos estadísticos que permite calcular la magnitud de la variable en estudio asociado a un período de retorno. Su confiabilidad depende de la longitud y calidad de la serie histórica, además de la incertidumbre propia de la distribución de probabilidades seleccionada.

El análisis de frecuencias es un procedimiento para estimar la frecuencia de ocurrencia o probabilidad de ocurrencia de eventos pasados o futuros. De este modo la representación gráfica de la probabilidad, con o sin suposiciones de distribuciones de probabilidad, es un método de análisis de frecuencias (Santana, 2007).

El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de los eventos extremos y eventos comunes con su frecuencia de ocurrencia, mediante el uso de distribuciones de probabilidad.

El análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas diarias se efectuará por métodos analíticos, en la cual se probarán modelos de distribución tales como la Distribución Normal, Log-Normal y Distribución Gamma ya que en primera instancia son las de mejor ajuste al tipo de información utilizada, seleccionando para cada serie la de mejor ajuste.

2.3.1. Método Gráfico

Es uno de los métodos más simples y difundidos para realizar un análisis de frecuencia, al contar con la serie de precipitaciones correspondiente en el área de estudio, el procedimiento se puede detallar a continuación (Santana, 2007).

- a) Ordenar la serie de mayor a menor.
- b) Asignar probabilidad de excedencia o de ocurrencia según Weibull, donde m es el número de orden y N es el número total de datos de la serie.

$$P_{exe} = \frac{m}{N + 1}$$

- c) Determinar las probabilidad de no excedencia para cada precipitación como el complemento de la probabilidad de excedencia.

$$P_{noexe} = 1 - P_{exe}$$

- d) Graficar las precipitaciones en función de la probabilidad de no excedencia, en papel especial de probabilidades o en una tabla de cálculo computacional.
- e) Con la curva obtenida se pueden leer los pares Precipitaciones -Probabilidad de no excedencia.

2.3.2. Método Analítico

Consiste en asumir que la serie de datos puede ser ajustada a través de una función de densidad de probabilidades (FDP) conocida. Esto requiere conocer las FDP y emplear pruebas de bondad de ajuste, siendo la más usada el test de Kolmogorov-Smirnov, (Santana, 2007).

2.3.2.1. Distribuciones de Probabilidad

Existen varias distribuciones de probabilidad que se usan en el diseño hidrológico. Teniendo en cuenta que en hidrología los registros disponibles son una pequeña muestra de la población, resulta lógico probar diferentes distribuciones para obtener aquella que mejor se ajuste. En el desarrollo de este proyecto de título se ocuparan tres tipos de distribuciones de probabilidades para realizar el análisis de frecuencia: distribución Normal, Log normal y distribución Gamma (VEN TE CHOW, 1994).

2.3.2.2. Test de Bondad de Ajuste

La aplicación de los test de bondad de ajuste a determinadas distribuciones, puede ayudar a seleccionar aquella que mejor represente a la distribución de frecuencia de la población, obtenidos de la experiencia hidrológica para seleccionar una determinada distribución de frecuencia.

Consiste en asumir que la serie de datos puede ser ajustada a través de una función de densidad de probabilidades (FDP) conocida. Como test de bondad de ajuste se usará el método de Kolmogorov – Smirnov. (Canavos, 1988).

2.4. PERIODOS DE RETORNO

Supóngase que por definición un evento extremo ocurre si una variable aleatoria X es mayor o igual que un cierto nivel x_T . El intervalo de ocurrencia T se define como el tiempo entre ocurrencias de $X \geq x_T$. Entonces, el periodo de retorno T de un evento $X \geq x_T$ es el valor esperado de T , $E(T)$, es decir, es el valor promedio de los tiempos “entre ocurrencias”.

La probabilidad de ocurrencia de un evento en cualquier observación es el inverso de su periodo de retorno. Es decir (Santana, 2007),

$$P(X \geq x_T) = \frac{1}{T}$$

Los periodos de retorno a utilizar en este proyecto son $T = 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100$ años.

2.5 PLANO DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIONES

El método empleado para la elaboración de los planos de distribución de precipitaciones es el análisis de los polígonos de Thiessen en donde se unen los pluviómetros adyacentes con líneas rectas, se trazan mediatrices a las líneas que unen los pluviómetros y se van obteniendo los polígonos para cada estación.

2.6 ANÁLISIS DE HOMOGENIEDAD

Para poder realizar la elección de zonas homogéneas se recurrirá al método llamado análisis de varianza o Anova de un factor. Disponiendo de r poblaciones, generalmente correspondientes a r tratamientos experimentales. De cada una de las poblaciones (o tratamientos), se toma una muestra de tamaño n .

El análisis de la varianza se basa en la descomposición de la variabilidad total en dos partes, una parte debida a la variabilidad entre las distintas poblaciones o tratamientos (variabilidad entre grupos o variabilidad explicada por el diseño) y otra parte que puede considerarse como la variabilidad intrínseca de las observaciones (variabilidad dentro de los grupos o residual). Para hacer aplicable el método a este estudio de precipitaciones, en el cual se espera que en una zona homogénea se registre el mismo nivel de agua caída, independiente del lugar en donde esté la estación pluviométrica (Villardón, 2007).

Para la aplicación del factor anova se utilizara el Software estadístico Minitab 17 versión MES3.3.0 en donde el criterio de aceptación de la hipótesis era que el valor de $P > 0,05$ en donde se acepta las estaciones como pertenecientes a una misma zona homogénea.

2.7 COEFICIENTES DE FRECUENCIA

El coeficiente de frecuencia es la razón entre la lluvia asociada a un cierto periodo de retorno y la lluvia asociada a 10 años de periodo de retorno (MOP, 2002).

La frecuencia escogida para este análisis es la recomendada por el Manual de Carreteras, es decir, frecuencia 10 años periodo de retorno.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

A continuación se muestran los resultados y análisis obtenidos durante el desarrollo de este proyecto de título.

3.1 Datos Dudosos

Se aplica a la serie de datos diarios de la Región de los Ríos el análisis de test de datos dudosos anteriormente descrito. Previamente a esto se calculan los parámetros estadísticos requeridos para la aplicación del test y se muestran los resultados obtenidos en la tabla 3.

Tabla 3: Resultados Test de dato Dudoso. (Fuente: Elaboración propia)

N°	Código BNA	Nombre de la Estación	Total de datos N°	Datos dudoso	%Datos Dudoso
1	10123004-K	LLANCAHUE	11313	0	0
2	10307001-5	LAGO RANCO	11252	0	0
3	10111002-8	LAGO RIÑIHUE	10490	0	0
4	10106002-0	LAGO CALAFQUEN	9758	0	0
5	10102002-9	LIQUIÑE	7499	27	0,36
6	10312001-2	EL LLOLLY	7076	4	0,056
7	10137002-K	HUICHACO	7061	0	0
8	10323002-0	FUTACUHUIN	6902	0	0
9	10106001-2	COÑARIPE	6281	0	0
10	10141001-3	CATAMUTUN	5629	0	0
11	10372001-K	VENECIA	5729	0	0
12	10100004-4	PIRIHUEICO EN PIRIHUEICO	5578	4	0,071
13	10134002-3	SAN JOSE MARIQUINA	5320	0	0
14	10123006-6	VALDIVIA (U. AUSTRAL)	4715	0	0
15	10100002-8	RIO FUI EN DESAGÜE LAGO PIRIHUEICO	3552	0	0
16	10371001-4	TRINIDAD	3095	0	0
17	10106003-9	LICAN-RAY	2913	3	0,1029
18	10130001-3	LONCOCHE	2601	2	0,077

Cada dato dudoso encontrado en las distintas estaciones analizadas de la Región de los Ríos corresponde a los límites inferiores. Se procedió al estudio de los datos rechazados por el test. Corresponde a datos rechazados que efectivamente fueron un evento real, alejándose un poco de la serie de precipitaciones máximas diarias, pero contando con un registro de dicha precipitación, no existe método que permita eliminar estos datos encontrados al aplicar el test, por lo que no fueron eliminados de la serie de precipitaciones (Tabla 4).

Tabla 4 Resumen Datos Dudosos (Fuente: Elaboración propia)

Resumen Datos Dudosos	
Datos Dudosos Altos	0
Datos Dudosos Bajos	40
Total Datos Dudosos	40
Datos Dudosos Eliminados	0
Total Datos Analizados	116764
% Datos Dudosos	0,034%
% Datos Dudosos Eliminado	0,0%

3.2. Análisis de Frecuencia

Para este análisis se ocupó el método gráfico y analítico, asignando probabilidades según Weibull a la serie de precipitaciones ordenadas. Se calculan así los parámetros correspondientes para cada función de densidad de probabilidad, obteniendo valores de precipitaciones máximas diarios para distintas probabilidades de excedencia. En la figura 2 se muestran curvas de duración diarias asociados a los datos de precipitaciones máximas diarias entregados por la DGA en una estación. Más detalle de otras estaciones en Anexo A, Figura A.1 a A.17.

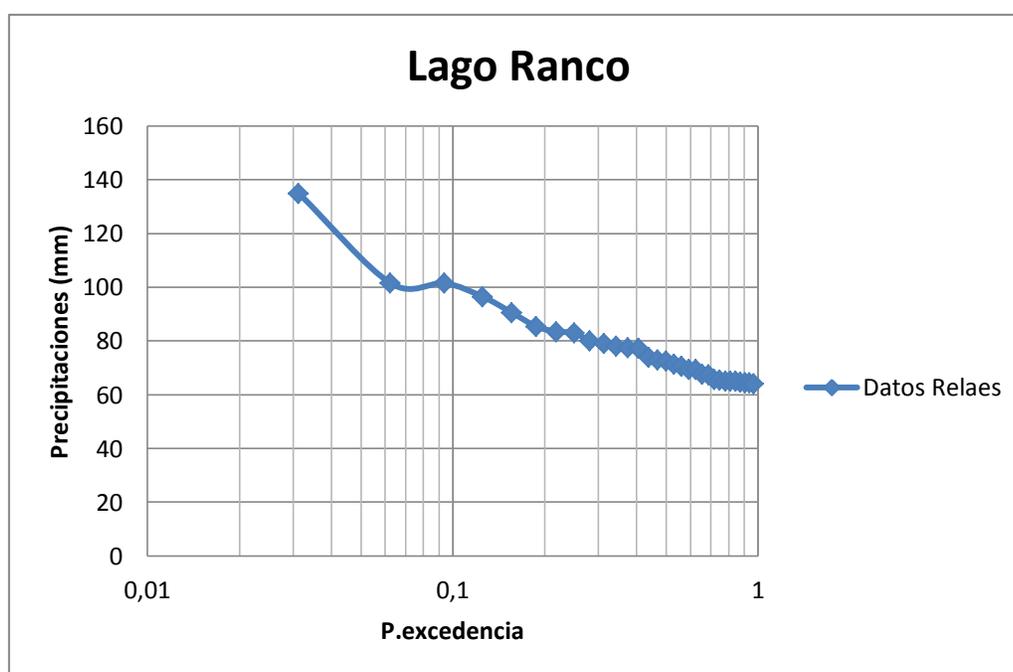


Figura 2. Curva de precipitaciones máximas diarias. Método Gráfico
(Fuente: Elaboración propia).

En la figura 3 se muestran las curvas de duración diarias asociado a los datos de precipitaciones máximas diarias entregados por la DGA, donde se distinguen las curvas de la serie completa de los datos y las diferentes distribuciones de densidad de probabilidad. Se utilizaron las F.D.P. Lognormal, Gamma y Normal, con el fin de ajustar una distribución a la serie completa de datos máximos diarios de la estación. En la tabla 5 se muestran los parámetros de las F.D.P. Más detalle de otras estaciones en el Anexo A, figura A18 a A 34 y Tabla 1 a Tabla 17.

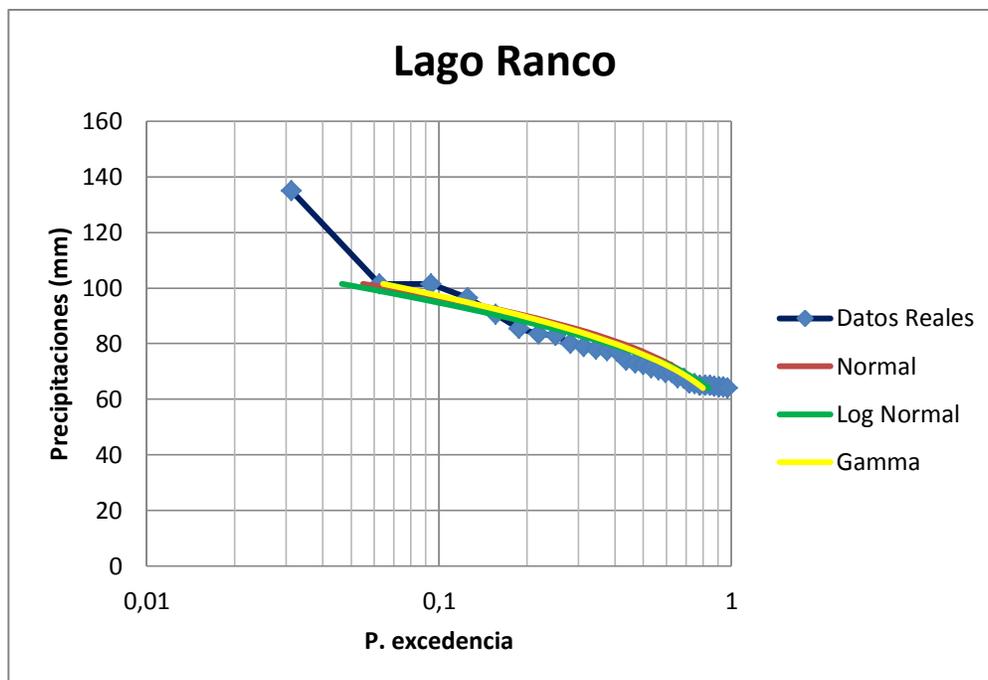


Figura 3. Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales y distribuciones de densidad de probabilidad. (Fuente: Elaboración propia).

Tabla 5: Parámetros para las FDP estación Lago Ranco (Fuente: Elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones:	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	77,0	4,3	77,0
Desv.Estandar	15,3	0,1	15,3
Alfa			25,3
Beta			3,0

3.3 Test de Bondad de Ajuste

Con la aplicación de las tres funciones de densidad de probabilidad a los datos diarios de precipitaciones de la estación Lago Ranco se procede a escoger la FDP que mejor se ajuste a los datos de la estación utilizando el método de Kolmogorov – Smirnov. En la tabla 6 muestra el resumen del test de Kolmogorov – Smirnov de una estación. Más detalle de otras estaciones en el Anexo A, Tabla 18 a Tabla 34

Tabla 6: Test de Bondad de Ajuste y Elección de FDP. Estación Lago Ranco
(Fuente: elaboración propia).

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
LAGO RANCO	0,17	0,13	0,17	0,24
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

En la elección de la FDP para la estación Lago Ranco de la Región de los Ríos se evalúa la situación de las tres FDP, considerando las recomendaciones del test de bondad de ajuste, se analiza cual es la función de mejor ajuste para los datos de la estación. En este caso las tres FDP se ajusta a los datos de la estación Lago Ranco y cumple con el test de Kolmogorov- Smirnov, comparando los valores obtenidos en el test se asume que la FDP más compatible para la estación es la función LogNormal. Con la elección de la función LogNormal para la estación del Lago Ranco se obtiene los valores de las precipitaciones para distintos periodos de retornos mostrados en la tabla 7.

Tabla 7: Precipitaciones Máximas Diarias según FDP LogNormal Estación Lago Ranco (Fuente: elaboración propia).

T (años)	P exc	P no excede	Precipitaciones máximas diarias (mm) LogNormal
2	0,5	0,5	75,8
5	0,2	0,8	87,8
10	0,1	0,9	94,7
25	0,04	0,96	102,8
50	0,02	0,98	108,3
100	0,01	0,99	113,6

El resultado de la elección de las funciones de densidad de probabilidad de mejor ajuste para cada una de las estaciones de la Región de los Ríos, se resume en la tabla 8.

Tabla 8 FDP de Mejor Ajuste (Fuente: Elaboración propia).

N°	Nombre de la Estación	F.D.P.			FDP que mejor se ajusta
		LogNormal	Gamma	Normal	
1	LLANCAHUE	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
2	LAGO RANCO	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
3	LAGO RIÑIHUE	Acepta	Rechaza	Acepta	LogNormal
4	LAGO CALAFQUEN	Acepta	Rechaza	Rechaza	LogNormal
5	LIQUIÑE	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
6	EL LLOLLY	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
7	HUICHACO	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
8	FUTACUHUIN	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
9	COÑARIPE	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
10	CATAMUTUN	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
11	VENECIA	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
12	PIRIHUEICO EN PIRIHUEICO	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
13	SAN JOSE MARIQUINA	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
14	VALDIVIA (U. AUSTRAL)	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
15	RIO FUI EN DESAGÜE LAGO PIRIHUEICO	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
16	TRINIDAD	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
17	LICAN-RAY	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal
18	LONCOCHE	Acepta	Acepta	Acepta	LogNormal

Al aplicar el test de bondad de ajuste de Kolmogorov- Smirnov en cada estación de la Región de los Ríos se logra apreciar que la función de mejor ajuste en todas las estaciones es la función LogNormal. Por lo cual con la obtención de la FDP de mejor ajuste se obtiene las precipitaciones para distintos periodos de retornos.

En la figura 4 se ilustra los resultados de la tabla 8 a nivel espacial en la Región.

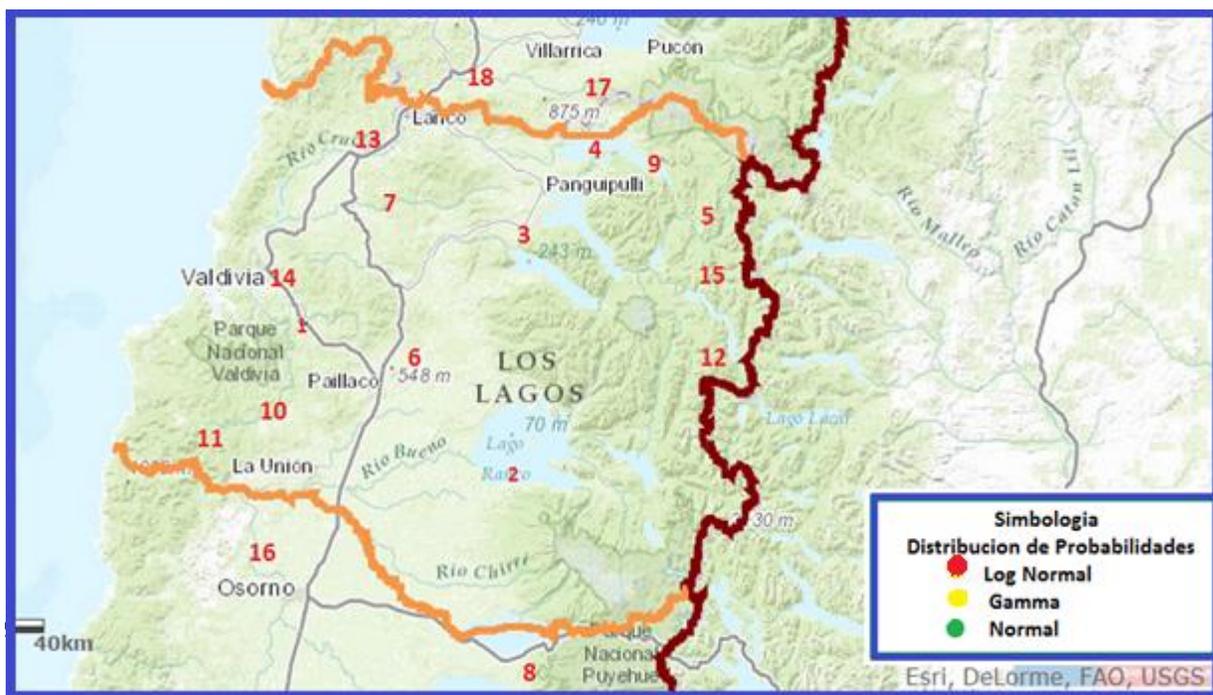


Figura 4 Distribución de FDP en la Región de los Ríos

(Fuente: Elaboración propia)

3.4 Precipitaciones con distintos periodos de Retorno.

Encontrada la FDP que mejor se adecua a cada estación en estudio de la Región de los Ríos, se calculó las precipitaciones para los distintos periodos de retorno y se obtuvo los resultados resumidos en la tablas 9 y tabla 10.

Tabla 9: Precipitaciones Máximas Diarias según FDP LogNormal estaciones Región de los Ríos (Fuente: elaboración propia).

Precipitaciones Máximas Región de los Ríos (mm)											
T(años)	P. exc	P no excedencia	Llancahue	Lago Ranco	Lago Riñihue	Lago Calafquen	Liquiñe	El Lolly	Huichaco	Futacuchuin	Coñaripe
2	0,5	0,5	88,8	75,8	87,3	88,4	109,5	65,1	60,1	61,6	93,1
5	0,2	0,8	100,2	87,8	97,8	110,7	122,8	73,1	66,3	71,2	107,5
10	0,1	0,9	106,7	94,7	103,7	124,4	130,4	77,6	69,7	76,8	115,9
25	0,04	0,96	114,2	102,8	110,5	141,0	139,1	82,8	73,6	83,3	125,5
50	0,02	0,98	119,2	108,3	115,1	152,8	144,9	86,4	76,3	87,8	132,2
100	0,01	0,99	124,0	113,6	119,5	164,4	150,4	89,7	78,8	92,0	138,5

Tabla 10: Precipitaciones Máximas Diarias según FDP LogNormal estaciones Región de los Ríos (Fuente: elaboración propia).

Precipitaciones Máximas Región de los Ríos (mm)											
T(años)	P. exc	P no excedencia	Catamutun	Venecia	Pirihueico	San Jose Mariquina	Valdivia	Rio Fui en Desagüe	Trinidad	Lican-Ray	Loncoche
2	0,5	0,5	103,8	181,7	124,6	64,9	107,2	152,7	75,2	103,0	88,5
5	0,2	0,8	120,0	200,3	143,5	71,7	120,9	164,9	90,8	115,3	107,0
10	0,1	0,9	129,5	210,8	154,5	75,5	128,7	171,7	100,2	122,3	118,1
25	0,04	0,96	140,4	222,6	167,1	79,9	137,6	179,2	111,3	130,3	131,3
50	0,02	0,98	147,9	230,5	175,8	82,8	143,7	184,2	119,1	135,6	140,5
100	0,01	0,99	155,0	237,9	184,1	85,5	149,4	188,9	126,6	140,7	149,4

En la figura 5 y 6 se muestra la distribución espacial de las distintas distribuciones de precipitaciones para diferentes años de periodo de retorno.

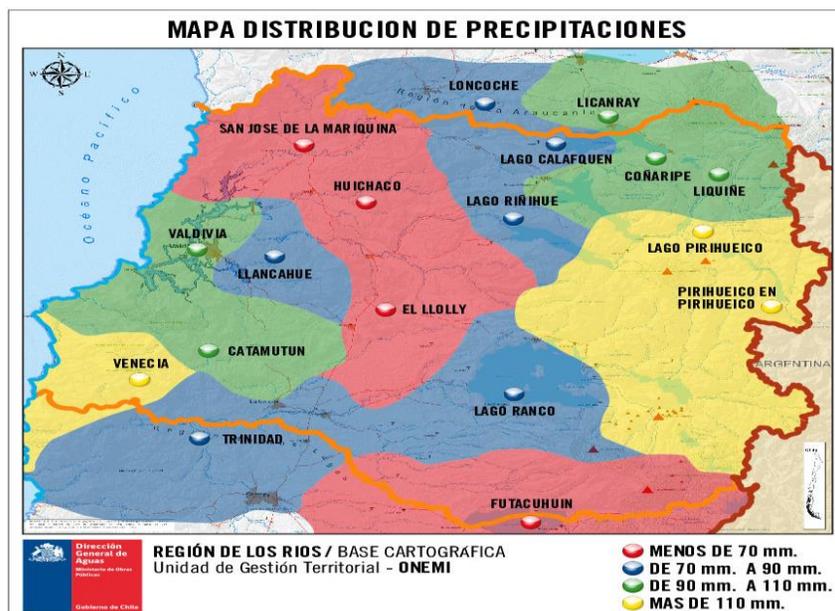


Figura 5 Distribución de Precipitaciones 2 años de periodo de retorno.

(Fuente: Elaboración propia)



Figura 6 Distribución de Precipitaciones 100 años de periodo de retorno.

(Fuente: Elaboración propia)

3.5 Zonas Homogéneas

Dentro de la Región de los Ríos se encontraron 5 zonas homogéneas con la utilización del método Anova. En la figura 7 se muestra la distribución espacial de las zonas homogéneas de la Región de los Ríos.

Tabla 7 Zonas Homogéneas (Fuente: elaboración propia).

Zonas	Estaciones	Valor de P
Zona 1	Lican-Ray Catamutun Valdivia Liquiñe Coñaripe	0,054
Zona 2	Llancahue Lago Riñihue Lago Calafquen Loncoche Lago Ranco Trinidad	0,069
Zona 3	El Llolly Huichaco Futacuhuin San Jose Mariquina	0,325
Zona 4	Rio Fui en Desagüe Pirihueico en Pirihueico	0,05
Zona 5	Venecia	N/A

N/A= no aplica

Se estima una zona 5 donde solo está la estación Venecia, esto es debido a que esta estación se aleja de todas las otras tendencias que marcan las otras zonas analizadas, la precipitación registrada en esta estación es considerablemente alta, factor que puede deberse a su ubicación geográfica, emplazada en la zona sur de la región y en toda el sector de la costa.



Figura 7 Ubicación zonas homogéneas la Región de los Ríos

(Fuente: Elaboración propia)

3.6 Obtención de Coeficientes de Frecuencia en la Región de los Ríos.

Los coeficientes obtenidos están detallados en la Tabla 8 y Tabla 9. También se obtienen coeficientes de frecuencias definidos para cada zona en la Tabla 10.

Tabla 8 Coeficientes de Frecuencia Región de los Ríos (Fuente: elaboración propia).

Coeficientes de Frecuencias									
T(años)	Catamutun	Venecia	Pirihueico	San Jose Mariquina	Valdivia	Rio Fui en Desagüe	Trinidad	Lican-Ray	Loncoche
2	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7
5	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9
10	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1
50	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2
100	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,3	1,2	1,3

Tabla 9 Coeficientes de Frecuencia Región de los Ríos (Fuente: elaboración propia).

Coeficientes de Frecuencias									
T(años)	Llancahue	Lago Ranco	Lago Riñihue	Lago Calafquen	Liquiñe	El Lolly	Huichaco	Futacuchuin	Coñaripe
2	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8
5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9
10	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
50	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
100	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2

Tabla 10 Coeficientes de Frecuencia para cada zona Región de los Ríos identificadas en la tabla 7.

Coeficientes de Frecuencia					
T(años)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
2	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
5	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
10	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1
50	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1
100	1,2	1,3	1,2	1,1	1,1

Los coeficientes de frecuencias obtenidos dentro de la Región de los Ríos son rangos que van desde los 0,8 hasta el 1,3 marcando como promedio de 1,1.

4: CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

La información de precipitaciones máxima diaria, disponible por la Dirección General de Aguas, es consistente y de buena calidad, ya que sólo un 0,034% de la información resultó dudosa, de los cuales un 0% se decidió eliminar por no contar con un método que permitiera analizar la calidad del dato por ser todos de límite inferior.

La información de las 18 estaciones pluviométricas, en general es consecutiva en sus registros, y cuenta con un historial mayor a los 10 años.

A través del análisis de frecuencia se puede observar, que todas las estaciones se ajustan a alguna FDP aplicadas en este proyecto de título, la Función Densidad de Probabilidad que cumplió de mejor manera para las 18 estaciones en estudio de la Región de los Ríos fue la función LogNormal por ser la más cercana la función original.

Con el análisis de homogeneidad de precipitaciones máximas diarias, se puede observar que en general la Región de los Ríos cuenta con 5 zonas de precipitaciones. En donde la estación Venecia ubicada cercana a la costa muestra precipitaciones muy altas lo que la hace formar una zona que se aparta de la tendencia del resto.

Al obtener las precipitaciones diarias para los distintos periodos de retorno se estima que en algunas zonas de la Región de los Ríos las precipitaciones a los 100 años de periodo de retorno superar los 200 mm por día, por lo cual el nivel de agua que se deberá evacuar será altísimo, con grandes desafíos para el desarrollo de obras de ingeniería en la zona.

BIBLIOGRAFIA

Aguilera, María (2007). Estimación de funciones de distribución de probabilidades, para caudales máximos, en la Región del Maule. Tesis Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Talca, Talca.

http://eias.otalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/tesis_de_grado/aguilera_a.pdf

Dirección General de Aguas, “Balance Hídrico de Chile (atlas)”, Dirección General de Aguas, 1987.

Dirección General de Aguas, Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea, <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/reportes>. Acceso el 1 de marzo 2015.

Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información fluviométrica. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas.- Santiago: DGA, 1998.

Méndez, Elizabeth. (2008). Caracterización de caudales y precipitaciones Medias diarias en la Región del Bío-Bío. Tesis de Grado Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Biobío, Concepción.

Ministerio de Obras Públicas, Junio 2002. Manual de Carreteras.

Ministerio de Obras Públicas, 2002. Manual de drenaje Urbano.

SANTANA, Luís. “Apunte de Hidrología”, Dirección de Pregrado. Universidad del Bio-Bio, 2007.

Software estadístico Minitab 17 versión MES3.3.0 con una licencia de prueba

VEN TE CHOW. “Hidrología Aplicada”, Mc Graw Hill Interamericana S.A, Primera Edición, 1994.

ANEXO A: Graficas Análisis de Frecuencia y Parámetros de FDP.

ANEXO A: Graficas Análisis de Frecuencia y Parámetros de FDP.

Gráficos Análisis de Frecuencia

Aplicación del método Grafico

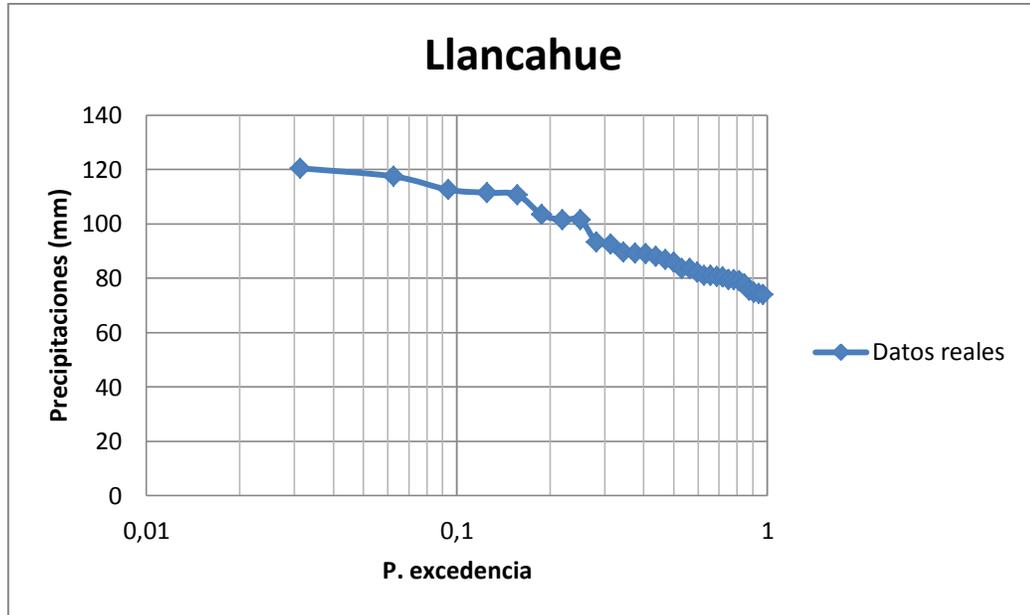


Gráfico A.1. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

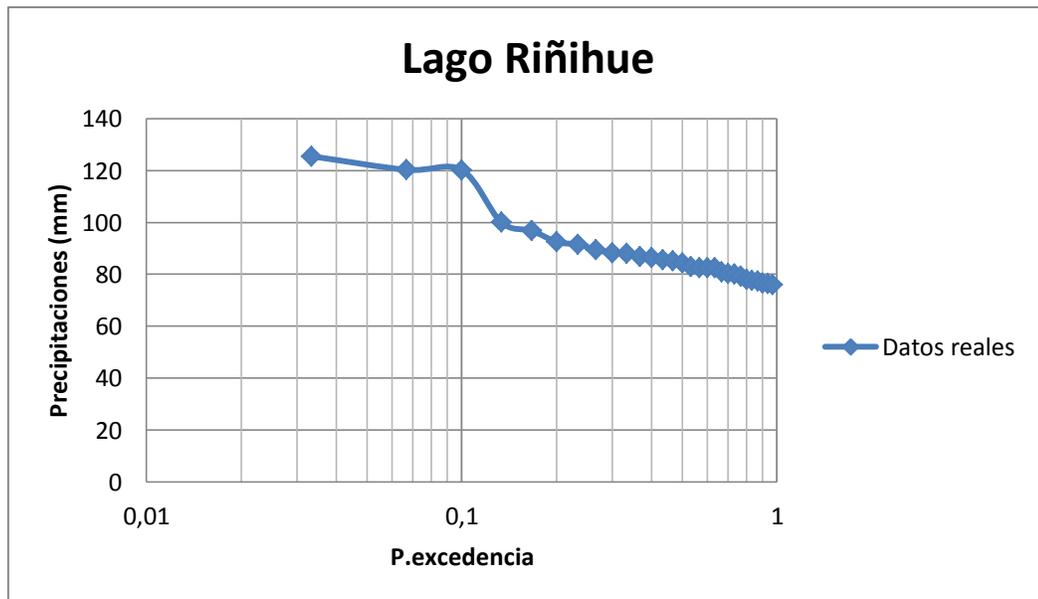


Gráfico A.2. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

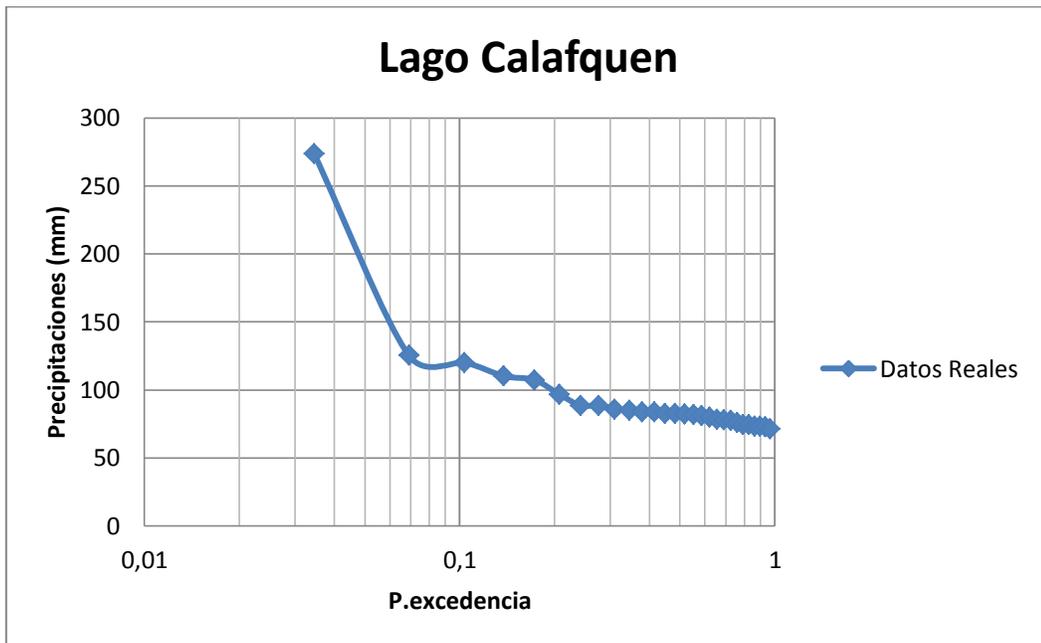


Gráfico A.3. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

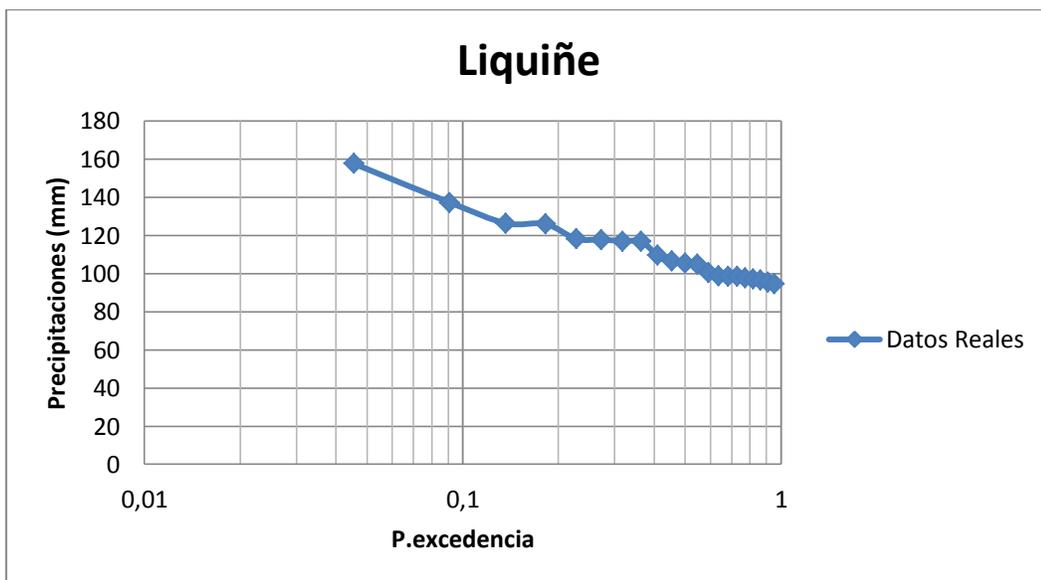


Gráfico A.4. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

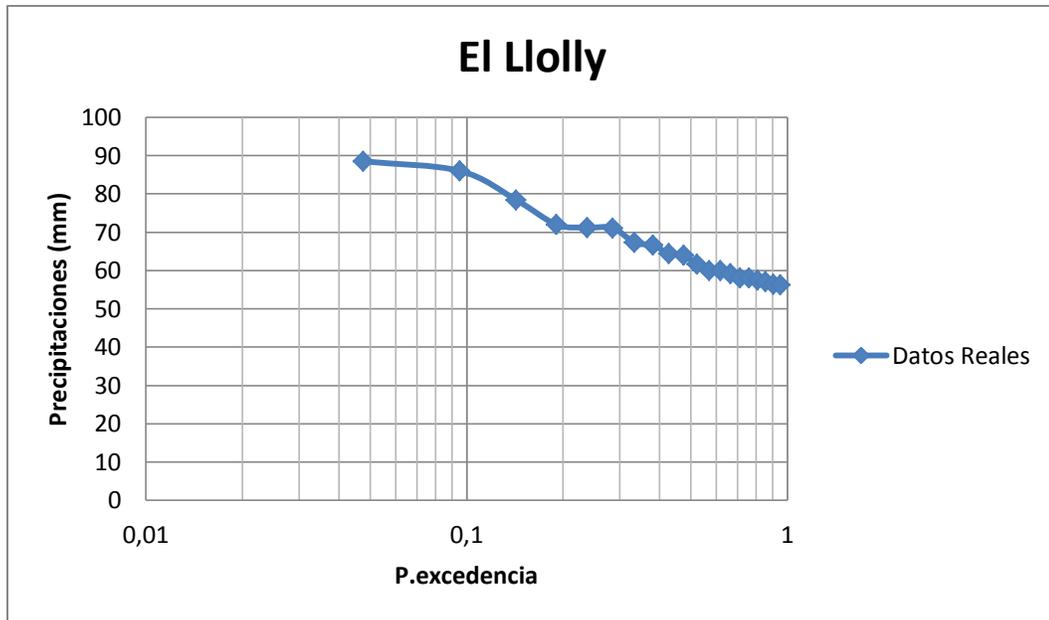


Gráfico A.5. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

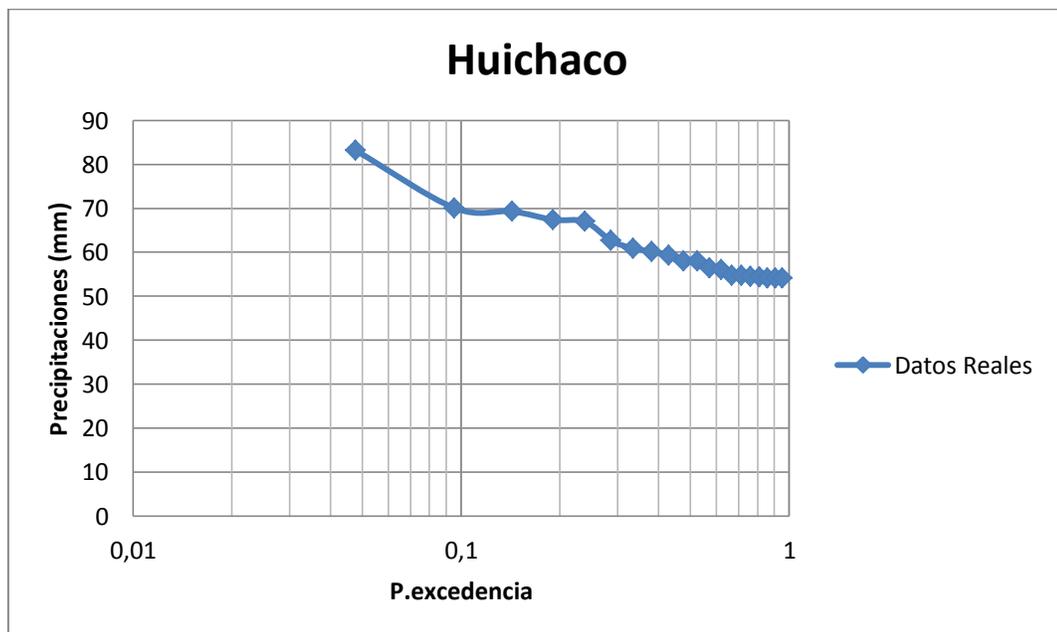


Gráfico A.6. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

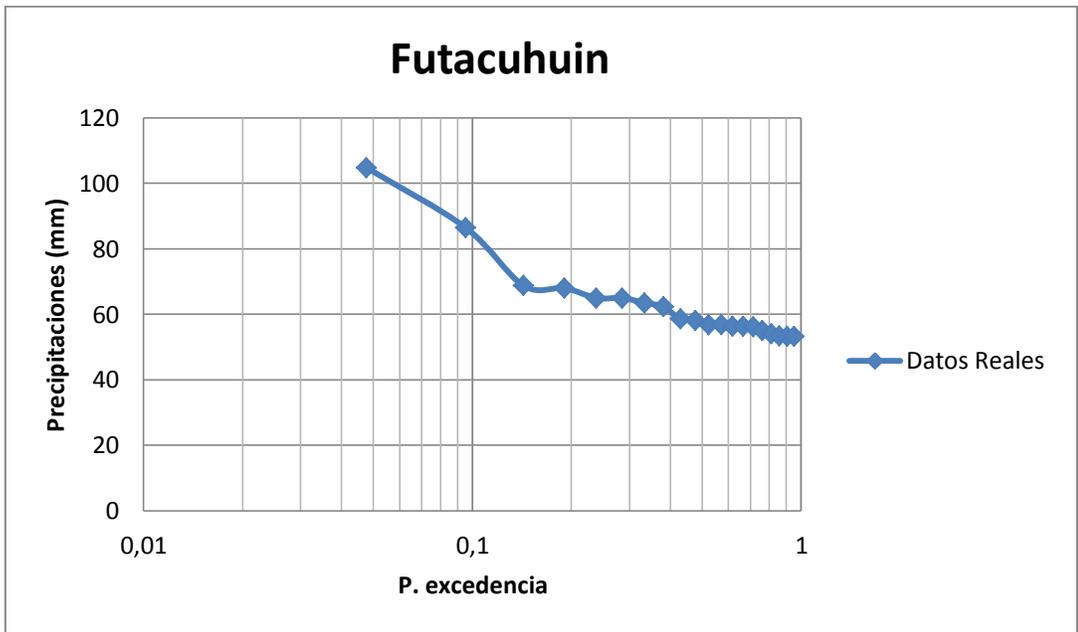


Gráfico A.7. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

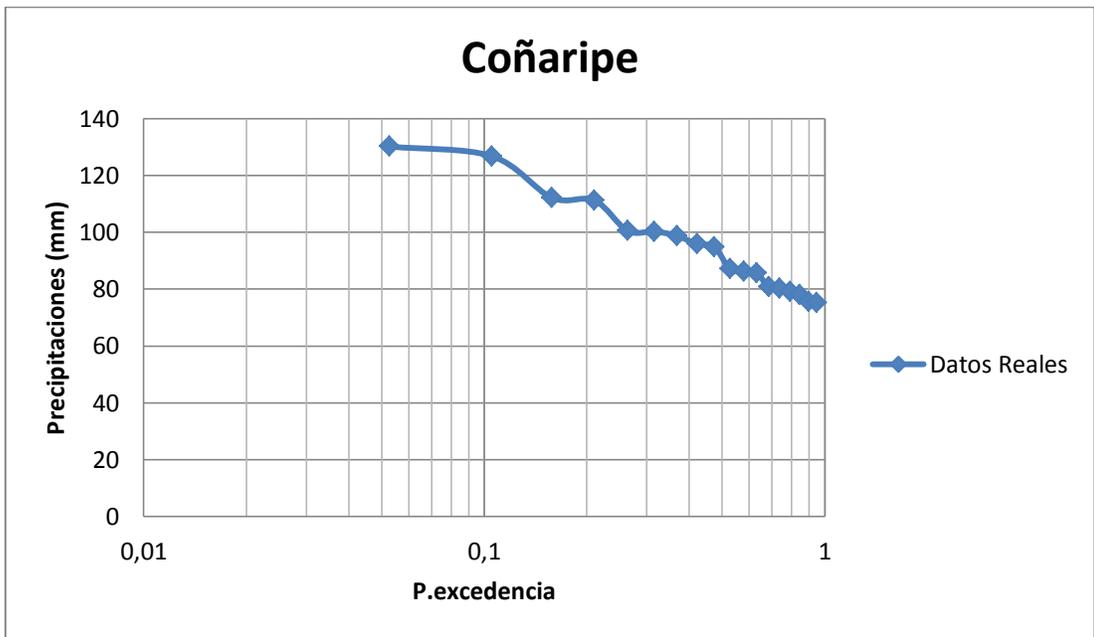


Gráfico A.8. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

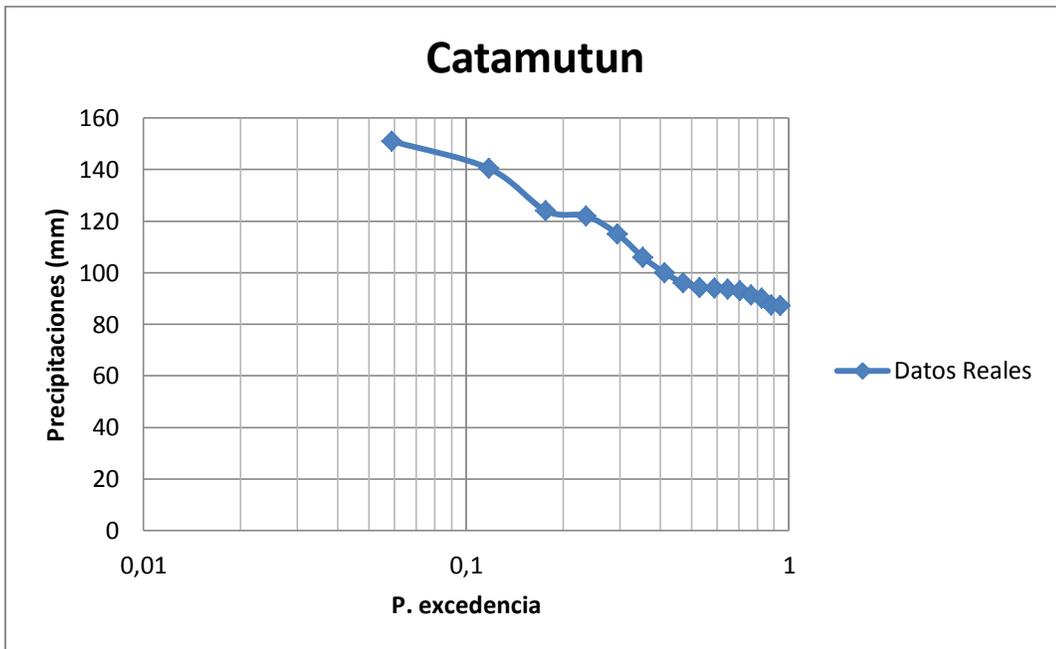


Gráfico A.9. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

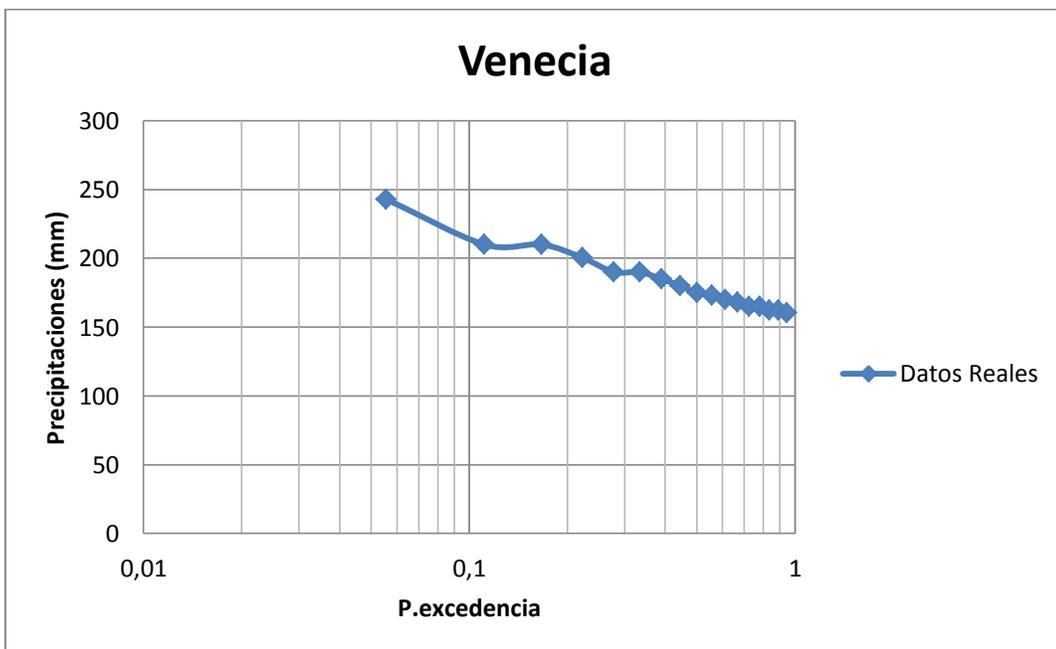


Gráfico A.10. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

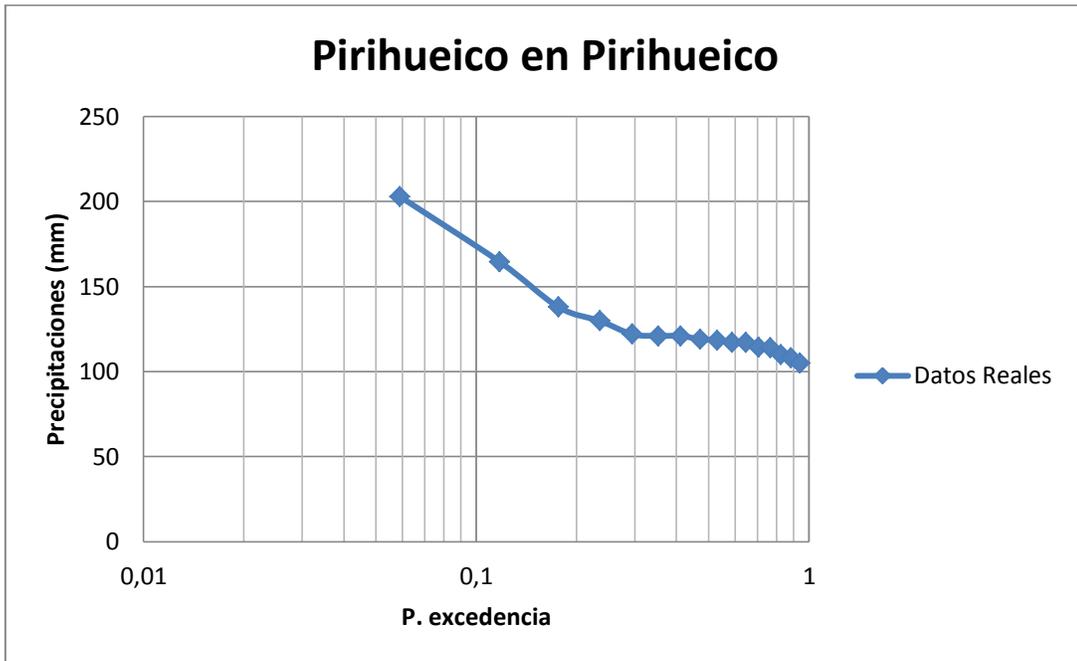


Gráfico A.11. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

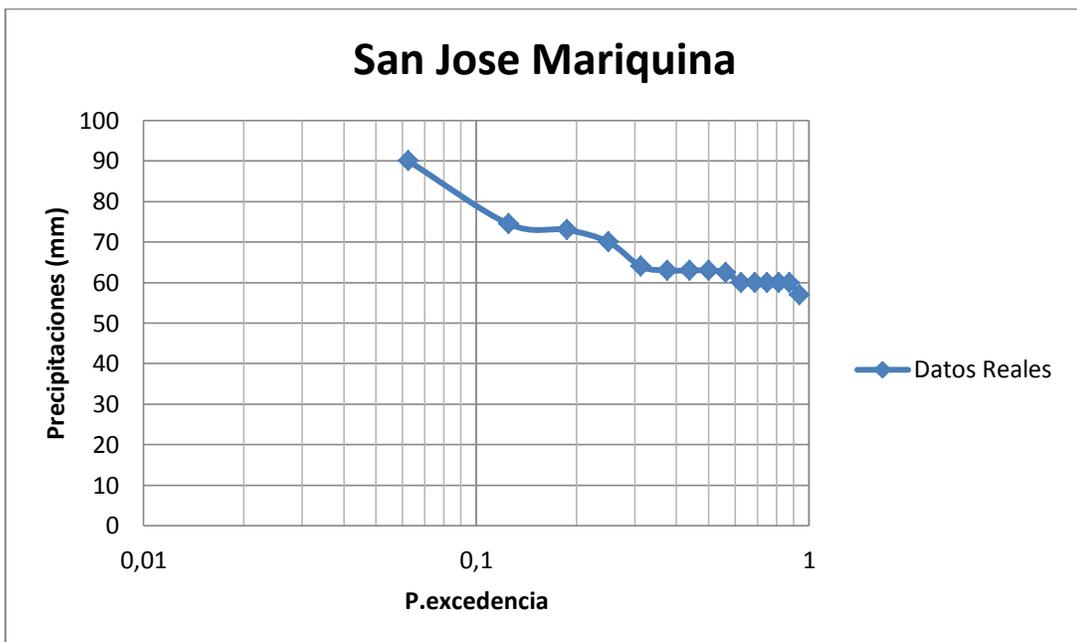


Gráfico A.12. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

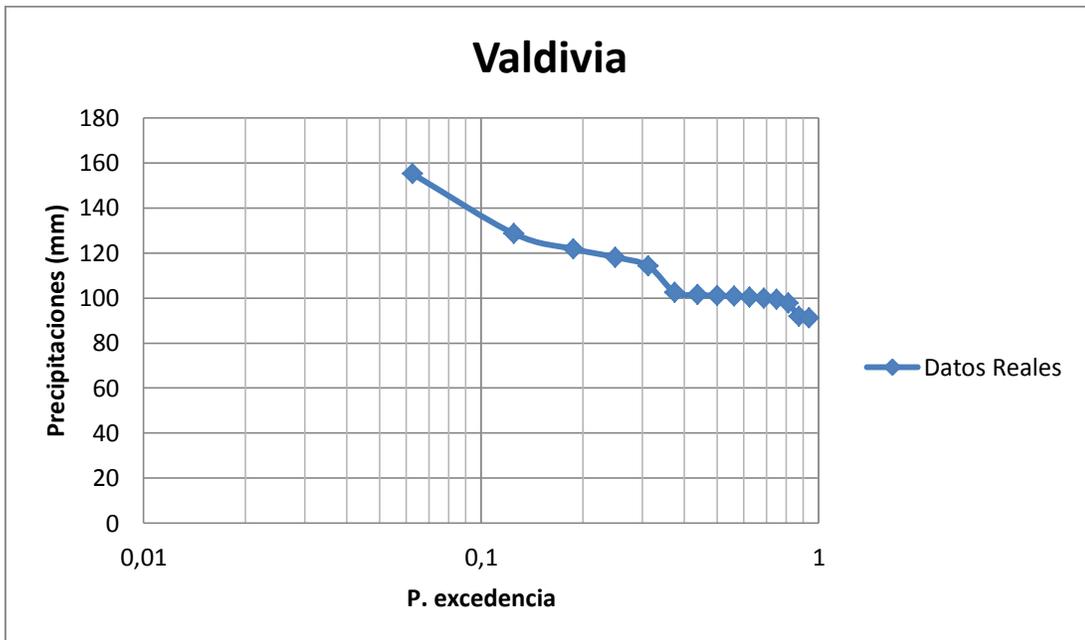


Gráfico A.13. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

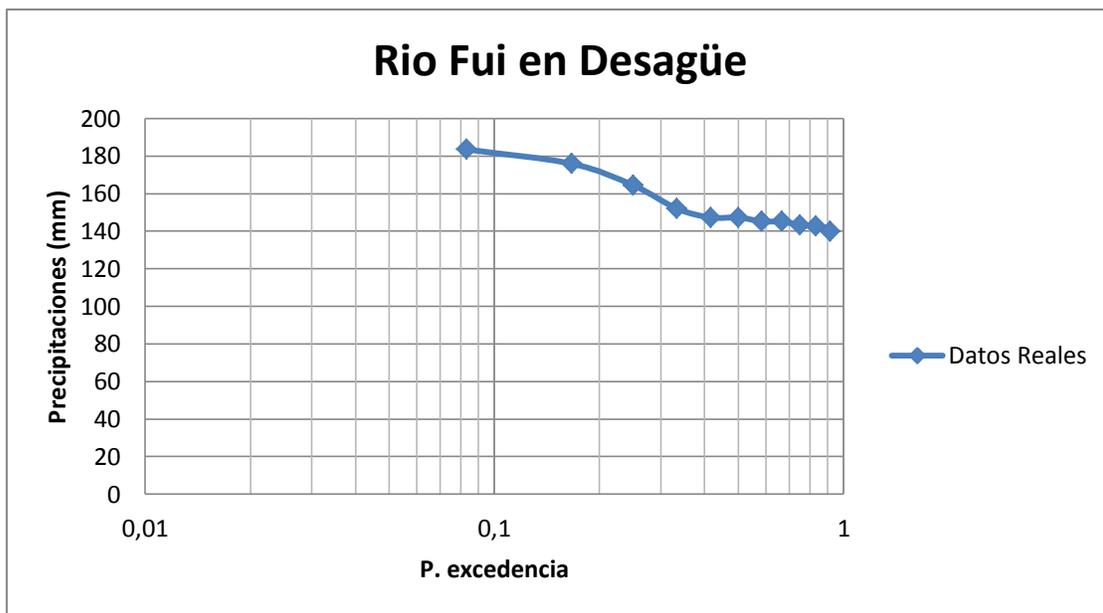


Gráfico A.14. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia).

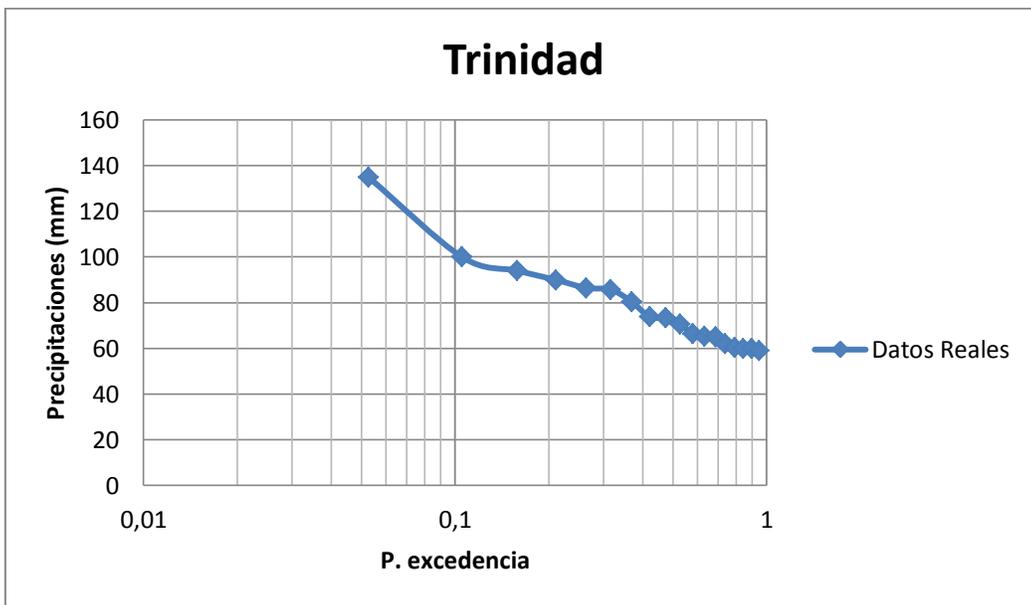


Gráfico A.15. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia)

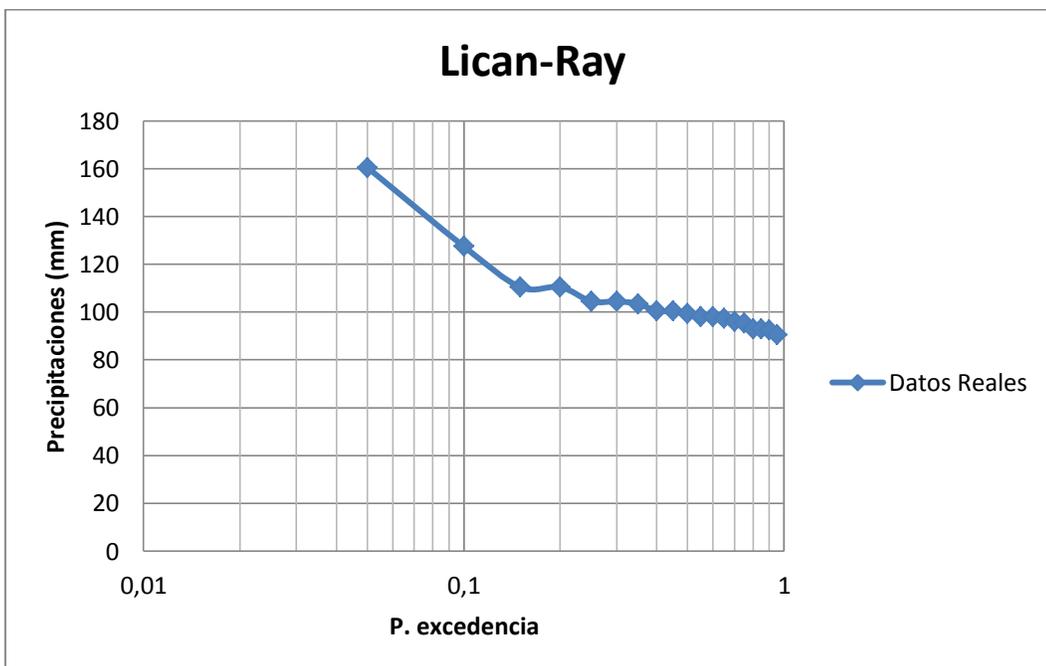


Gráfico A.16. Curva de precipitaciones máximas diarias.
(Fuente: Elaboración propia)

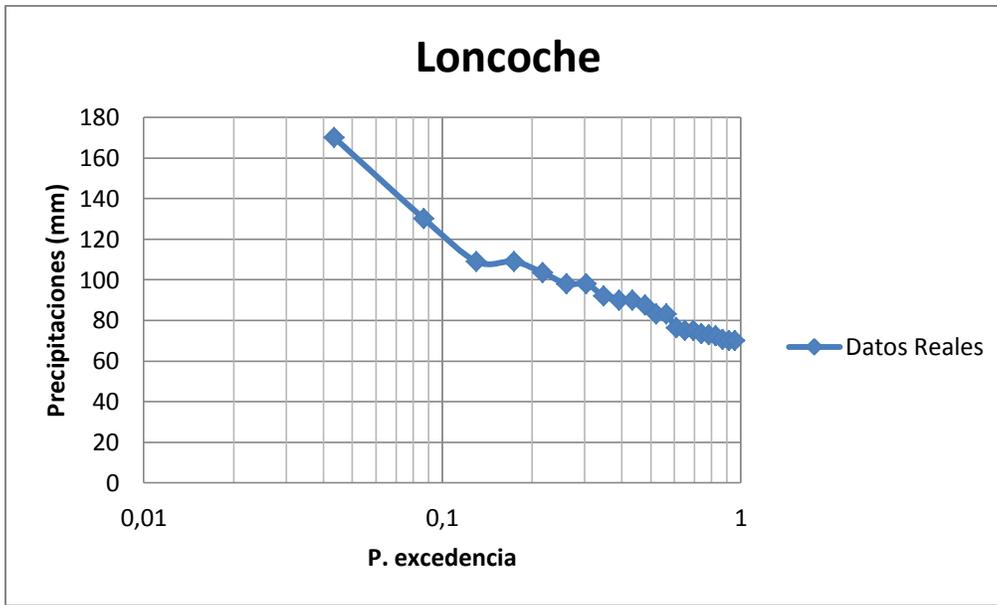


Gráfico A.17. Curva de precipitaciones máximas diarias. (Fuente: Elaboración propia)

Aplicación del método Analítico graficas de las FDP para cada estación

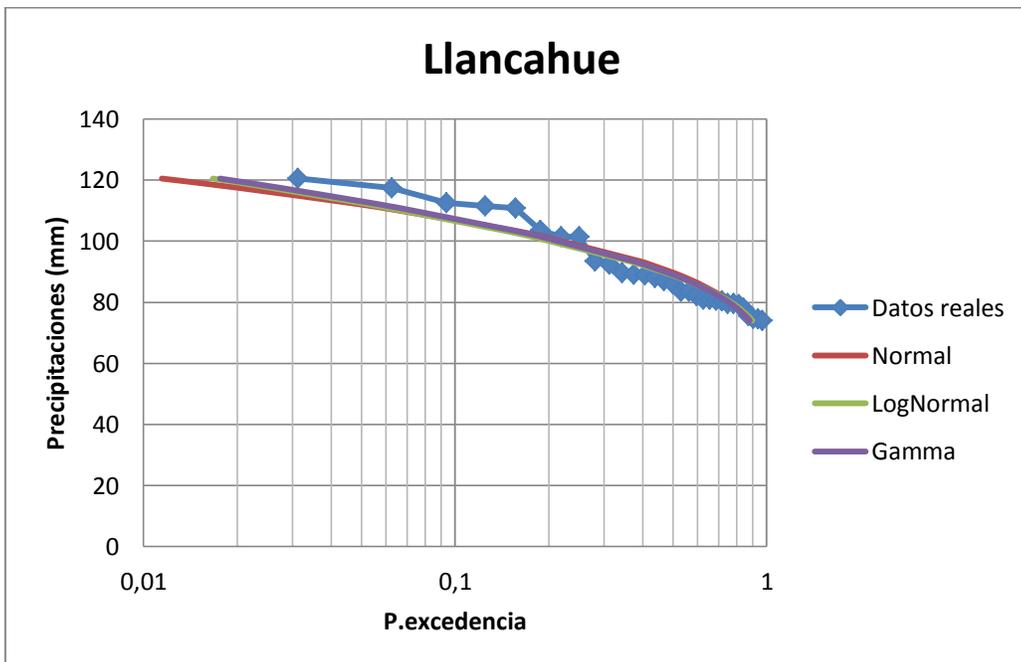
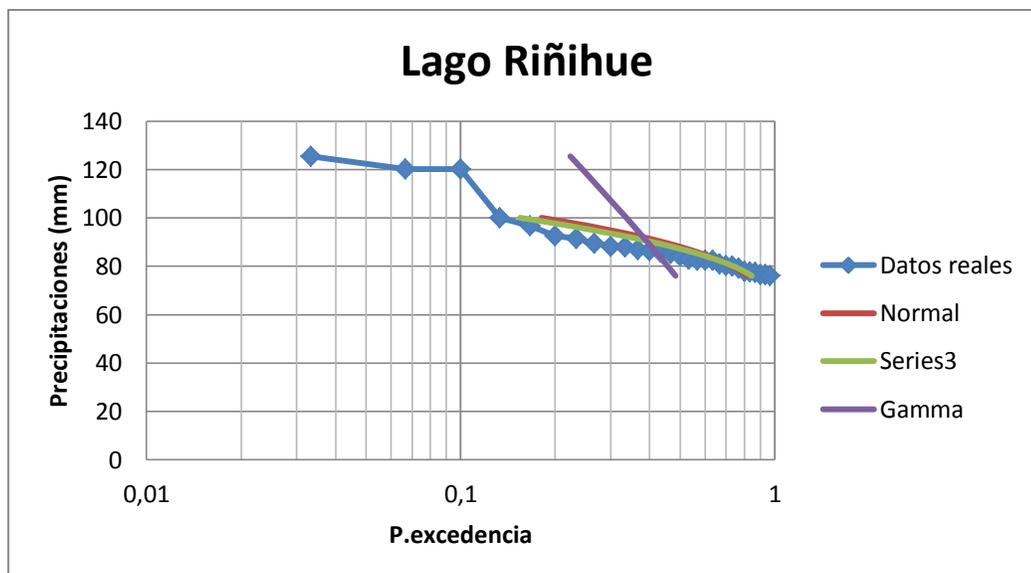
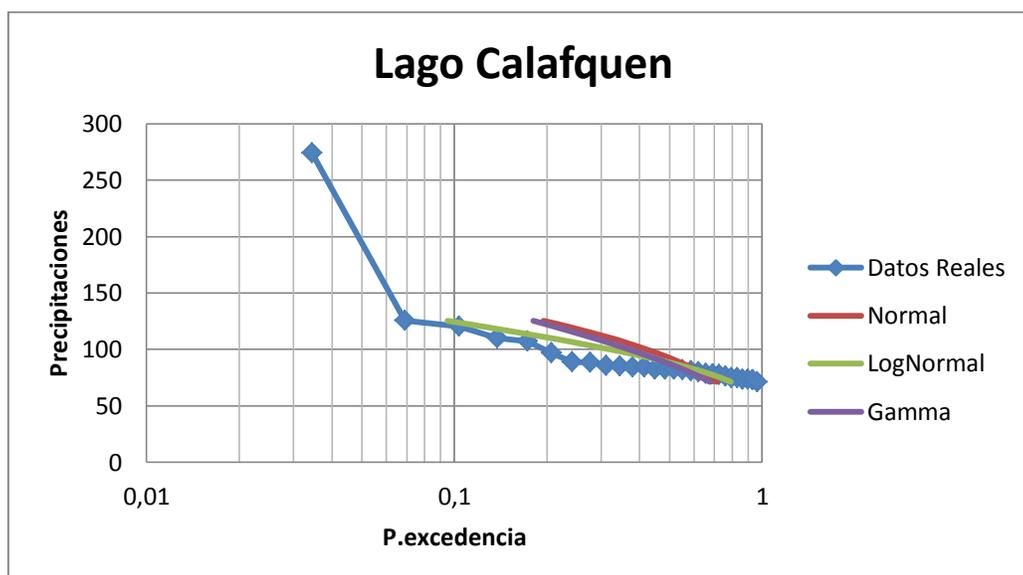


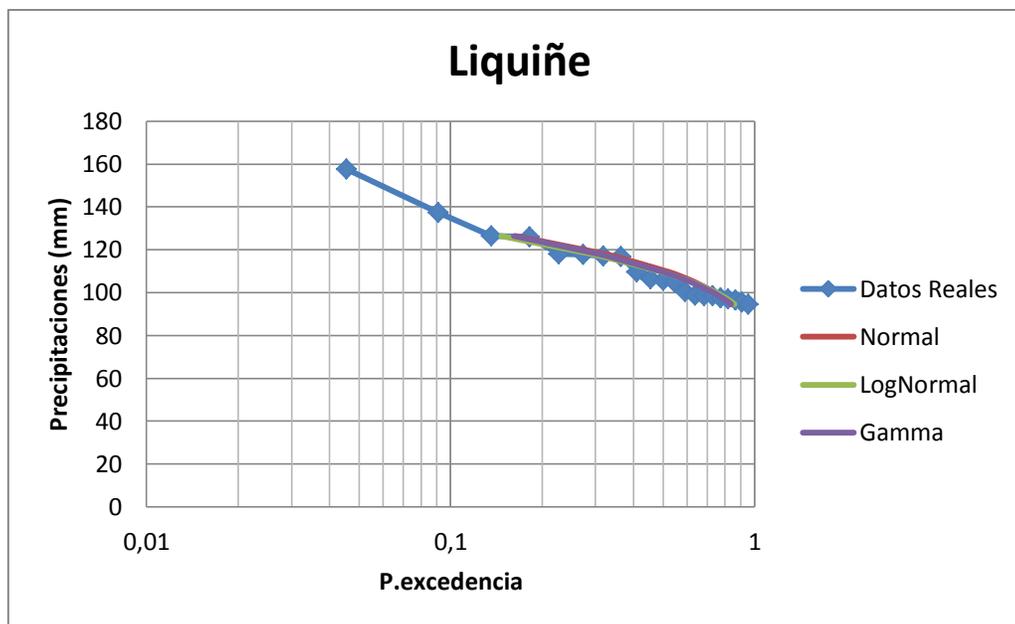
Gráfico A.18 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



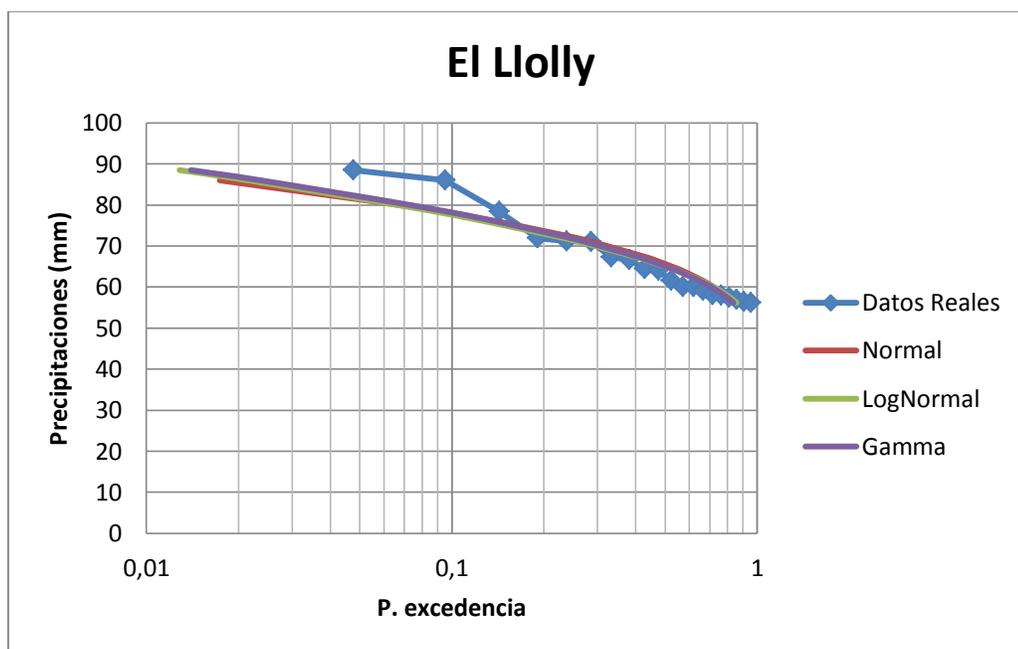
GráficoA.19 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



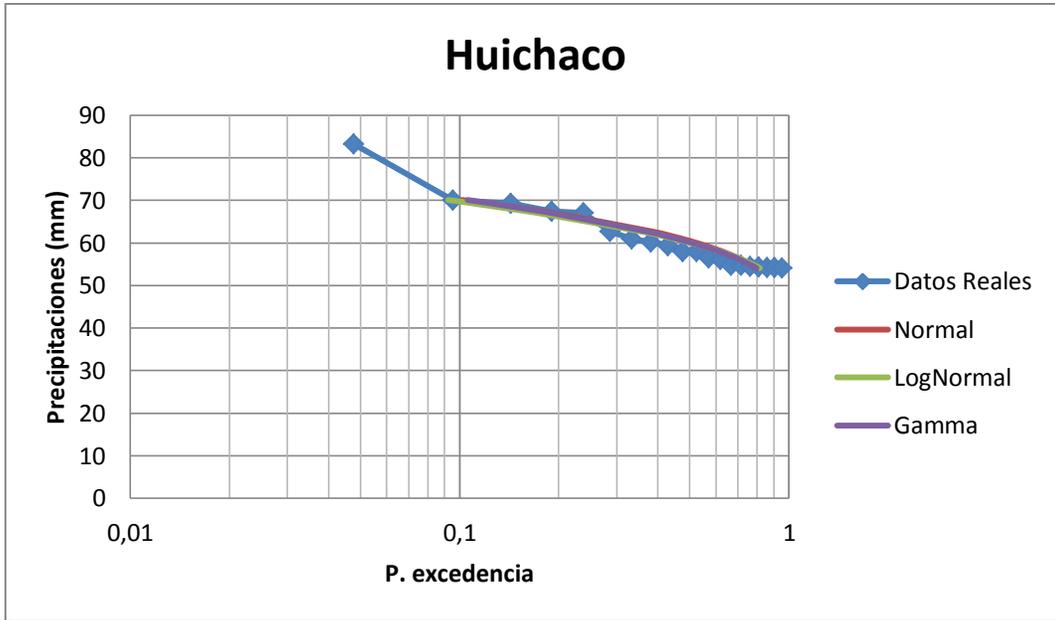
GráficoA.20 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



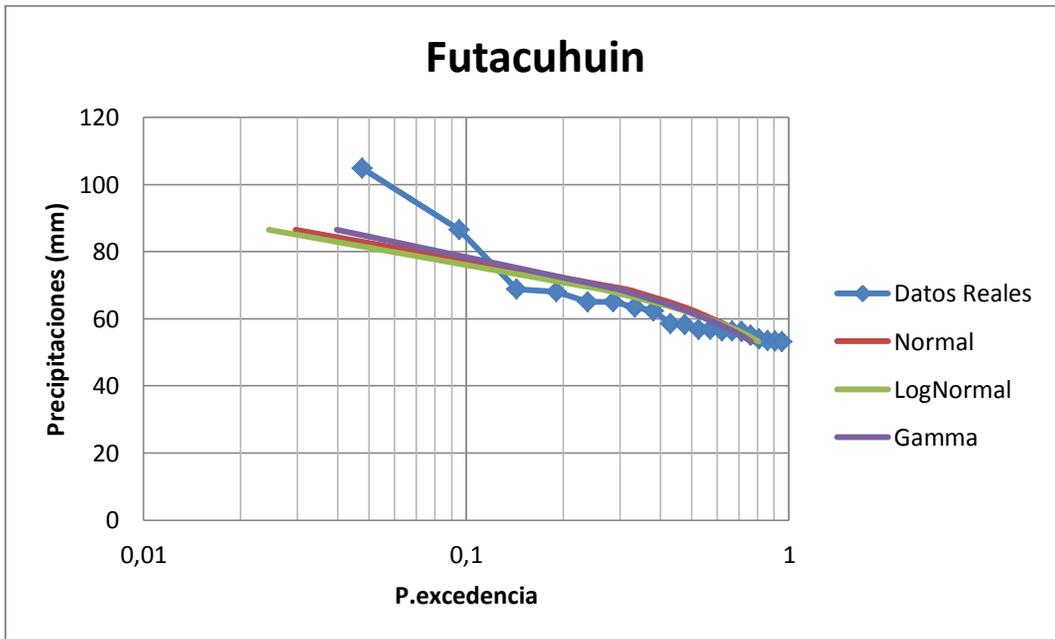
GráficoA.21 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



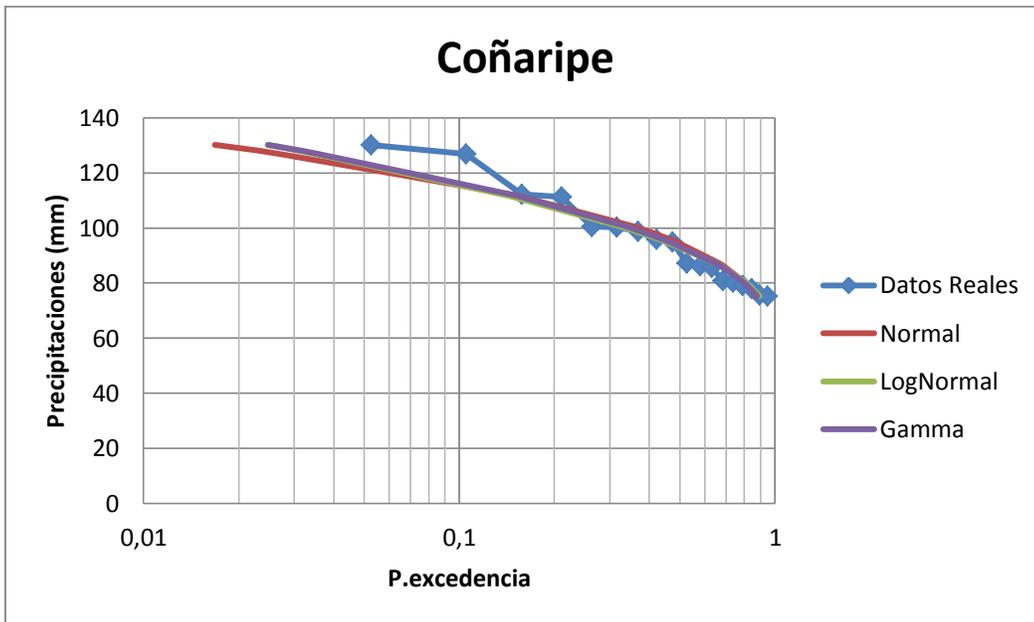
GráficoA.22 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



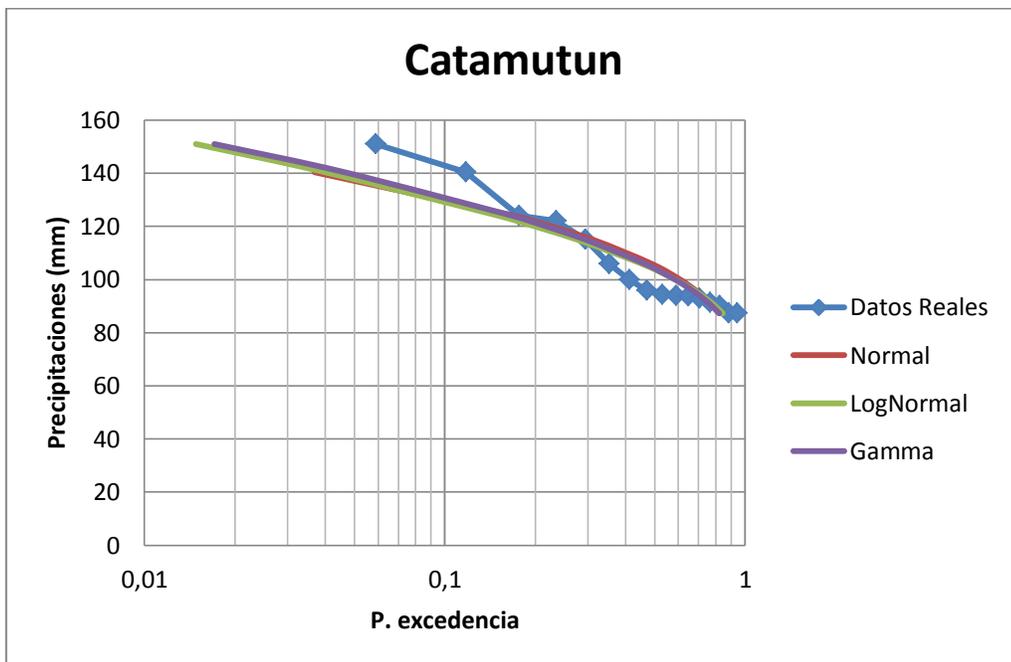
GráficoA.23 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



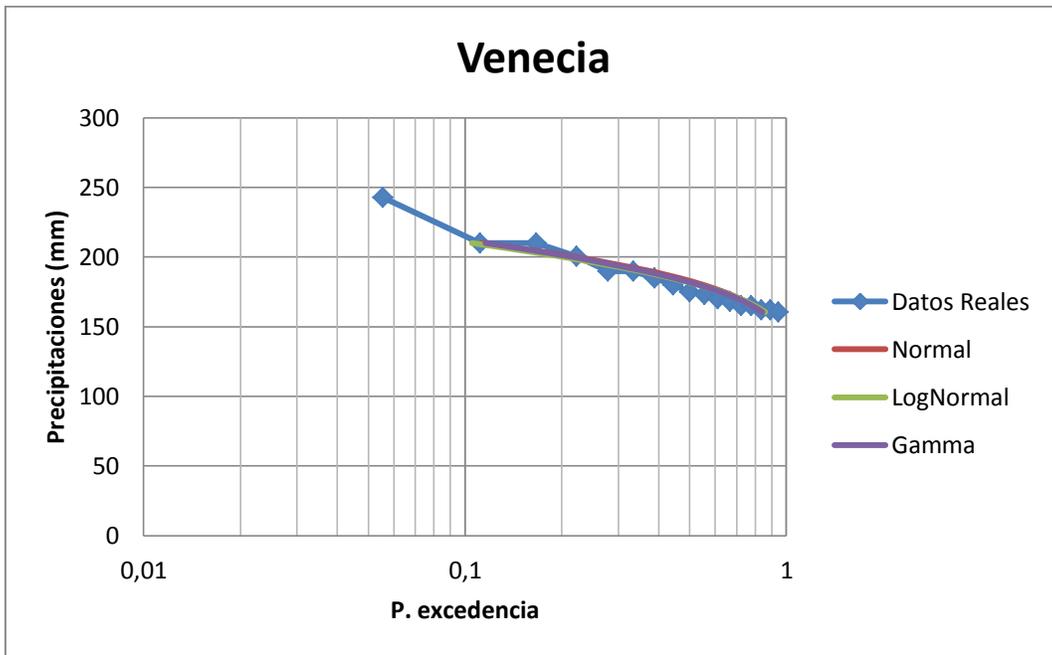
GráficoA.24 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



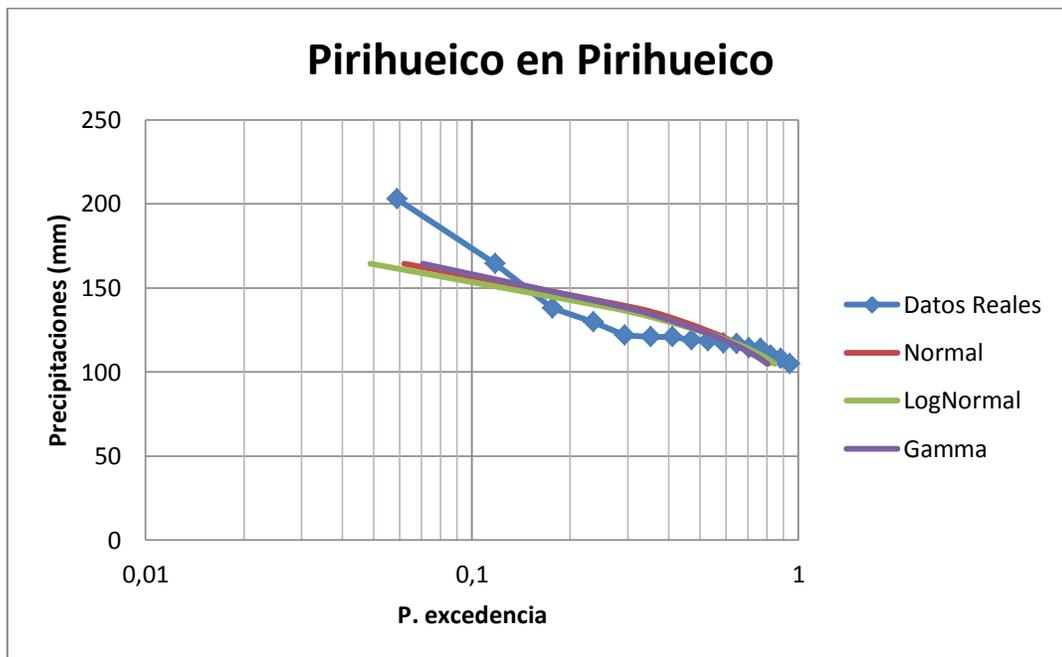
GráficoA.25 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



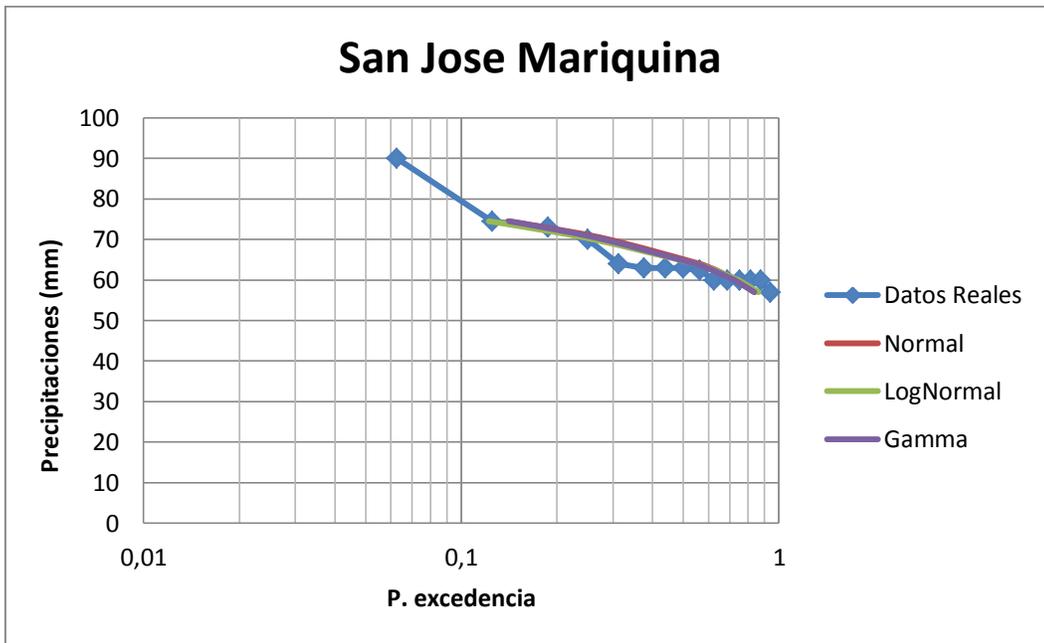
GráficoA.26 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



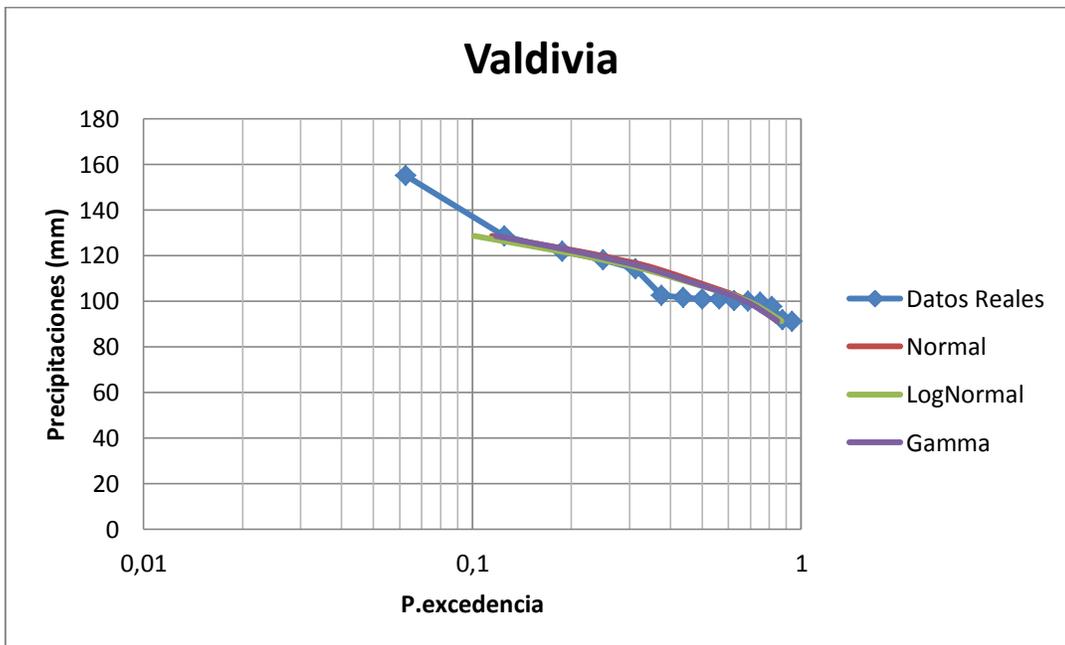
GráficoA.27 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



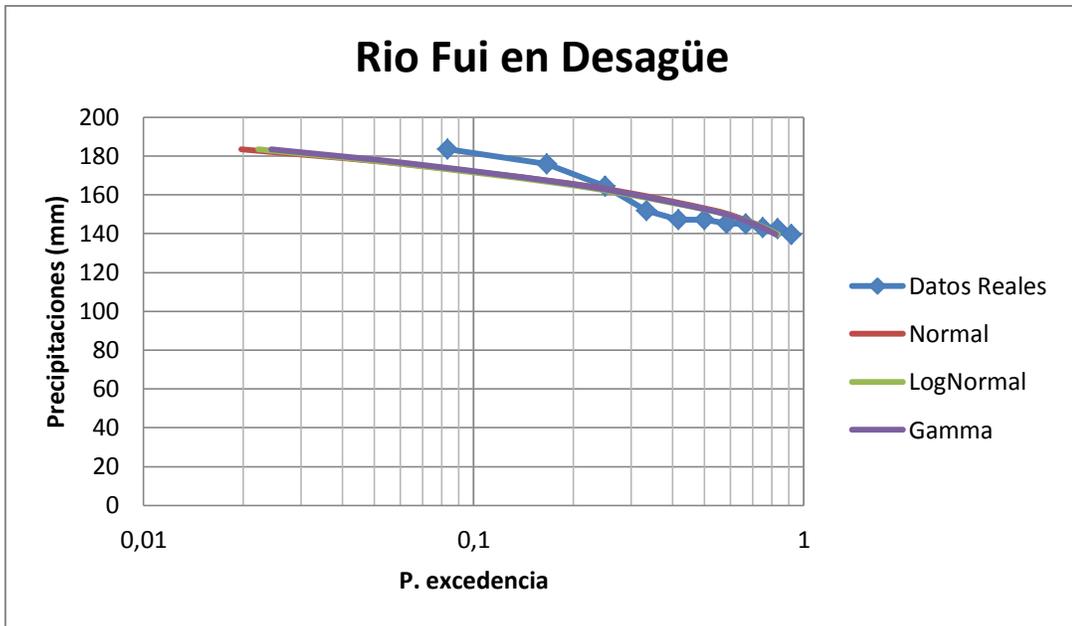
GráficoA.28 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



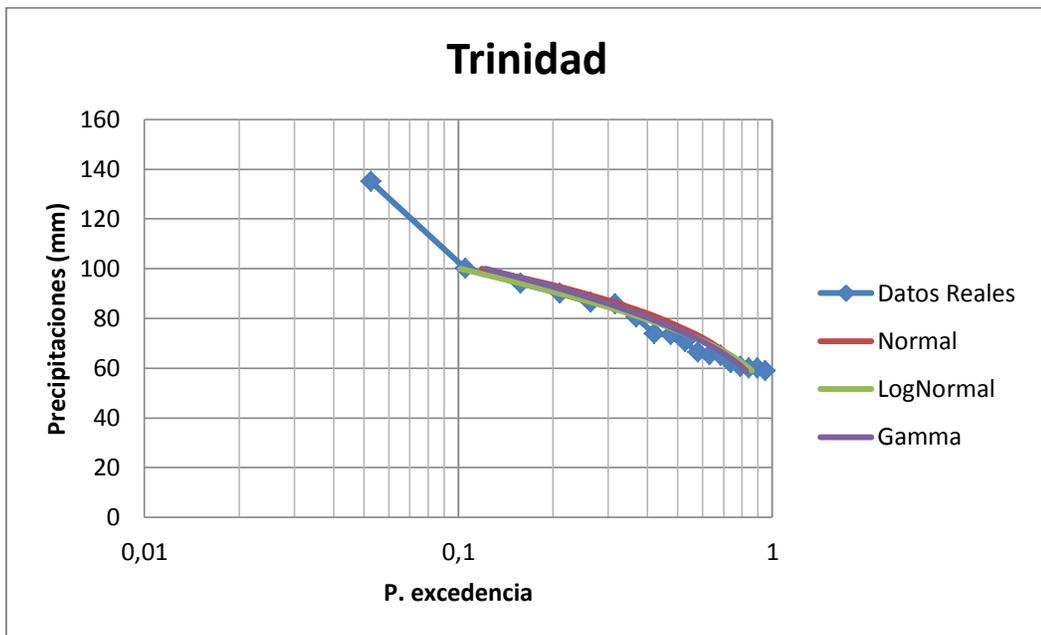
GráficoA.29 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



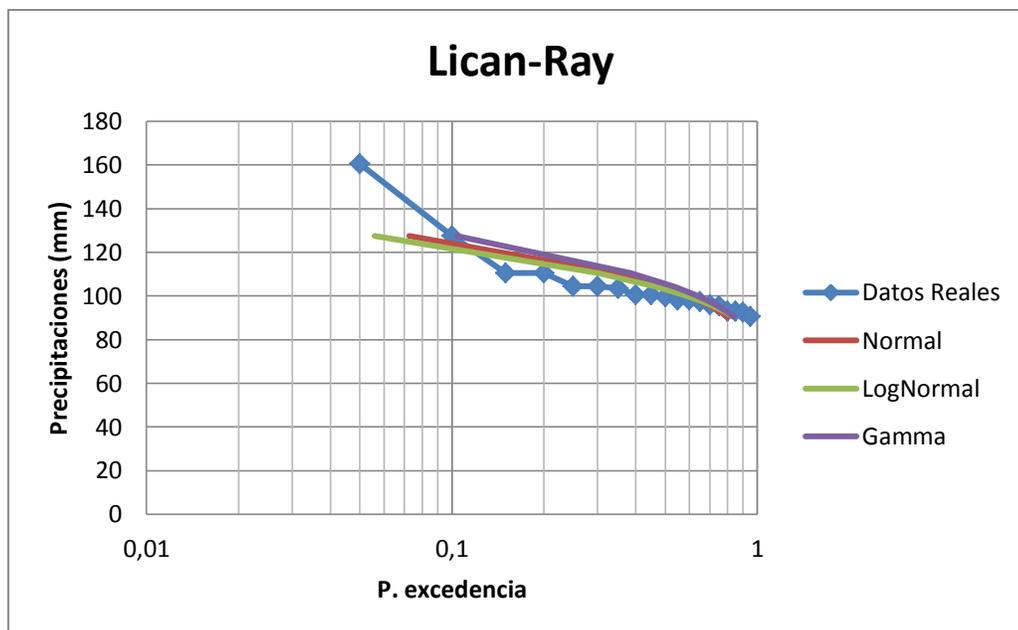
GráficoA.30 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



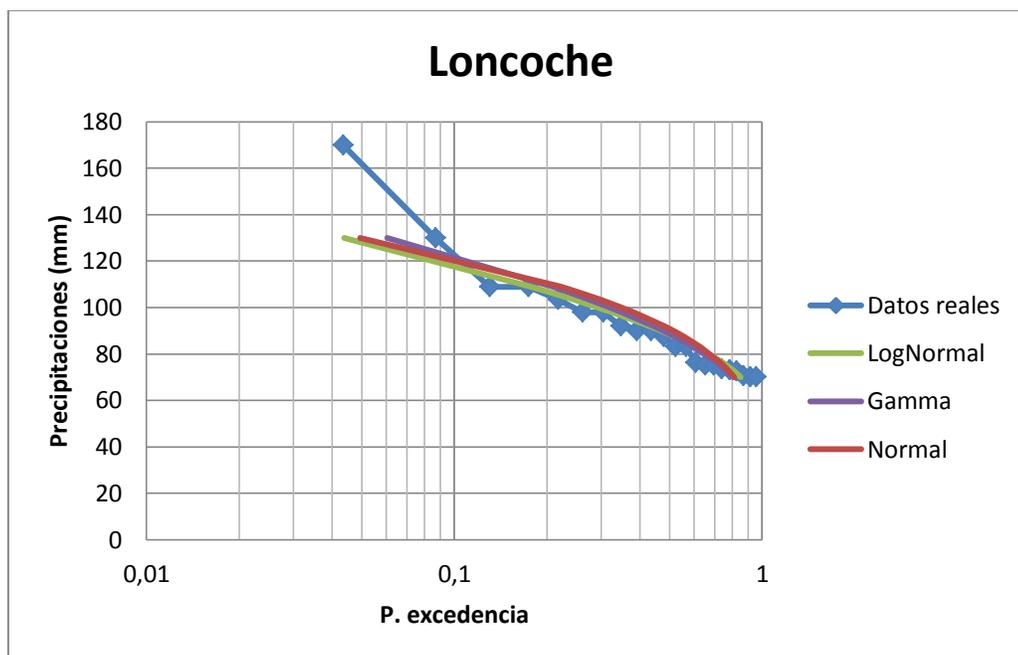
GráficoA.31 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



GráficoA.32 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



GráficoA.33 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)



GráficoA.34 Curva de precipitaciones máximas diarias. Datos reales, distribuciones de densidad de probabilidad, Normal, LogNormal, Gamma. (Fuente: Elaboración propia)

A.1.- PARÁMETROS DE FUNCIONES DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD.

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN LLANCAHUE

Tabla A.1: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones:	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	89,73	4,49	89,73
Desv.Estandar	13,53	0,14	13,53
Alfa			43,98
Beta			2,04

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN LAGO RIÑIHUE

Tabla A.2: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones:	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	88,09	4,47	88,09
Desv.Estandar	13,17	0,13	13,17
Alfa			1,97
Beta			44,74

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN LAGO CALAFQUEN

Tabla A.3: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones:	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	92,53	4,48	92,53
Desv.Estandar	38,21	0,27	38,21
Alfa			5,86
Beta			15,77

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN LIQUIÑE

Tabla A.4: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones:	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	110,55	4,70	110,55
Desv.Estandar	16,19	0,14	16,19
Alfa			46,62
Beta			2,37

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN EL LLOLLY

Tabla A.5: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	65,68	4,18	65,68
Desv. Estandar	9,63	0,14	9,63
Alfa			46,52
Beta			1,41

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN HUICHACO

Tabla A.6: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	60,48	4,10	60,48
Desv. Estandar	7,57	0,12	7,57
Alfa			63,66
Beta			0,95

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN FUTACUHUIN

Tabla A.7: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	62,61	4,12	62,61
Desv. Estandar	12,66	0,17	12,66
Alfa			24,46
Beta			2,56

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN COÑARIPE

Tabla A.8: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	94,41	4,53	94,41
Desv. Estandar	16,85	0,17	16,85
Alfa			31,47
Beta			3,00

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN CATAMUTUN

Tabla A.9: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	105,35	4,64	105,35
Desv. Estandar	19,60	0,17	19,60
Alfa			28,86
Beta			3,65

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN VENECIA

Tabla A.10: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	182,94	5,20	182,94
Desv. Estandar	22,42	0,12	22,42
Alfa			66,52
Beta			2,75

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN PIRIHUEICO

Tabla A.11: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	126,40	4,82	126,40
Desv. Estandar	24,76	0,17	24,76
Alfa			26,06
Beta			4,85

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN SAN JOSE MARIQUINA

Tabla A.12: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	65,33	4,17	65,33
Desv. Estandar	8,50	0,12	8,50
Alfa			58,85
Beta			1,11

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN VALDIVIA

Tabla A.13: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	108,27	4,67	108,27
Desv. Estandar	16,91	0,14	16,91
Alfa			41,01
Beta			2,64

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN RIO FUI EN DESAGÜE

Tabla A.14: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	153,30	5,03	153,30
Desv. Estandar	14,67	0,09	14,67
Alfa			109,50
Beta			1,40

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN TRINIDAD

Tabla A.15: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	77,11	4,32	77,11
Desv. Estandar	19,38	0,22	19,38
Alfa			15,83
Beta			4,87

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN LICAN-RAY

Tabla A.16: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	104,00	4,64	104,00
Desv. Estandar	16,13	0,13	16,13
Alfa			42,60
Beta			2,50

PARÁMETROS DE FDP ESTACIÓN LONCOCHE

Tabla A.17: Parámetros para las FDP precipitaciones diaria. (Fuente: elaboración propia)

Parámetros Funciones de Densidad de Probabilidad			
Funciones	Normal	LogNormal	Gamma
Promedio	90,85	4,48	90,85
Desv. Estandar	23,71	0,23	23,71
Alfa			14,68
Beta			6,18

A.2.- TEST DE BONDAD DE AJUSTE Y ELECCION DE FDP

Tabla A.18 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACIÓN LLANCAHUE:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
LLANCAHUE	0,16	0,14	0,14	0,24
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.19 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION LAGO RIÑIHUE:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
LAGO RIÑIHUE	0,2	0,17	0,48	0,25
R/A	Acepta	Acepta	Rechaza	

Tabla A.20 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION LAGO CALAFQUEN:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
LAGO CALAFQUEN	0,3	0,25	0,29	0,25
R/A	Rechaza	Acepta	Rechaza	

Tabla A.21 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION LIQUIÑE:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
LIQUIÑE	0,14	0,14	0,13	0,3
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.22 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION EL LLOLLY:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
EL LLOLLY	0,15	0,15	0,14	0,3
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.23 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION HUICHACO:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
HUICHACO	0,15	0,14	0,16	0,3
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.24 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION FUTACUHUIN:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
FUTACUHUIN	0,2	0,19	0,19	0,3
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.25 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION COÑARIPE:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
COÑARIPE	0,14	0,12	0,12	0,32
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.26 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION CATAMUTUN:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
CATAMUTUN	0,21	0,2	0,2	0,34
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.27 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION VENECIA:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
VENECIA	0,14	0,13	0,12	0,33
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.28 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION PIRIHUEICO:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
PIRIHUEICO	0,28	0,26	0,25	0,34
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.29 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION SAN JOSE MARIQUINA:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
SAN JOSE MARIQUINA	0,25	0,23	0,23	0,35
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.30 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION VALDIVIA:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
VALDIVIA	0,26	0,25	0,24	0,35
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.31 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION RIO FUI EN DESAGÜE:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
RIO FUI EN DESAGÜE	0,24	0,24	0,23	0,41
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.32 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION TRINIDAD:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
TRINIDAD	0,15	0,13	0,12	0,32
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.33 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION LICAN-RAY:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
LICAN-RAY	0,24	0,21	0,28	0,31
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	

Tabla A.34 **KOLMOGOROV-SMIRNOV ESTACION LONCOCHE:** (Fuente: elaboración propia)

95% N.C.	Test de K-S			
Estación	Normal	LogNormal	Gamma	Dt
LONCOCHE	0,15	0,14	0,15	0,29
R/A	Acepta	Acepta	Acepta	