Actividad Integradora 1

Héctor Hibran Tapia Fernández - A01661114

2024-10-28

Metodología

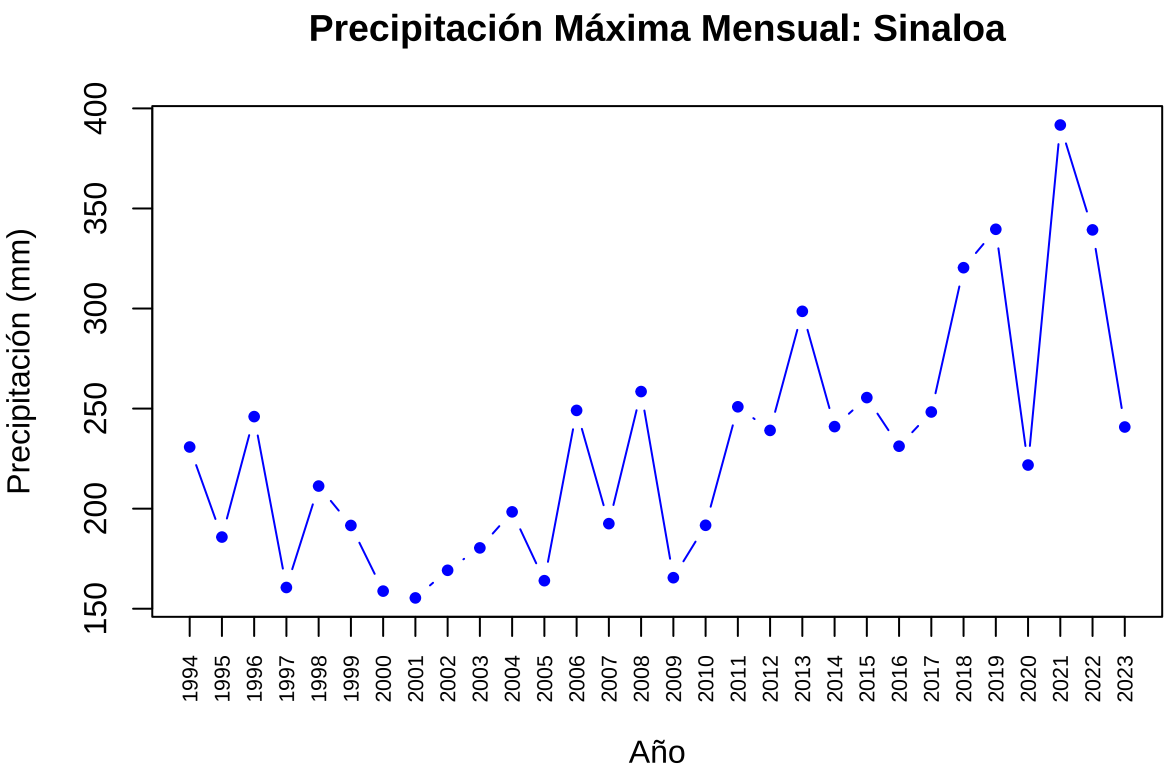
1. Análisis estadístico descriptivo de las precipitaciones históricas máximas mensuales de un estado

A) Descarga la base de datos de precipitaciones máximas históricas mensuales de todos los estados de la república de la siguiente liga: precipitaciones mensuales Download precipitaciones mensuales. Esta base de datos se construyó con información de los resúmenes mensuales de lluvia y temperatura de CONAGUA (https://smn.conagua.gob.mx/es/Links to an external site.). Selecciona un estado que sea diferente a los del resto de tu equipo.

```
data = read.csv("./precipitaciones_maximas_mensuales.txt", header = TRUE, sep = "\t")
```

B) Elabora una gráfica de las precipitaciones máximas mensuales por año para tu estado. Para ello deberás calcular la precipitación mensual máxima de cada año y graficarla.

```
rain_state = data[which(data$Estado == "Sinaloa"), ]
years = unique(rain_state$Anio)
monthly_max = c()
for (n in 1:length(years)) {monthly_max = c(monthly_max,
 ↪  max(rain_state$Lluvia[which(rain_state$Anio == years[n])]))}
names(monthly_max) = years
plot(monthly_max, type = "b", pch = 20, ylab = "Precipitación (mm)", main =
 ↪  "Precipitación Máxima Mensual: Sinaloa", xaxt = "n", col = "blue", xlab = "Año")

axis(1, at = 1:length(years), labels = years, cex.axis = 0.7, las = 2)
```



C) Analiza los datos de precipitaciones máximas mensuaels del estado seleccionado.

```r
summary(monthly_max)
```

- Calcula las medidas de centralización y variación de las precipitaciones máximas mensuales

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
155.4	187.25	231	230.9267	250.45	391.7

```r
varianza <- var(monthly_max)
desviacion <- sd(monthly_max)

cat("Varianza:", varianza, "\n")
```

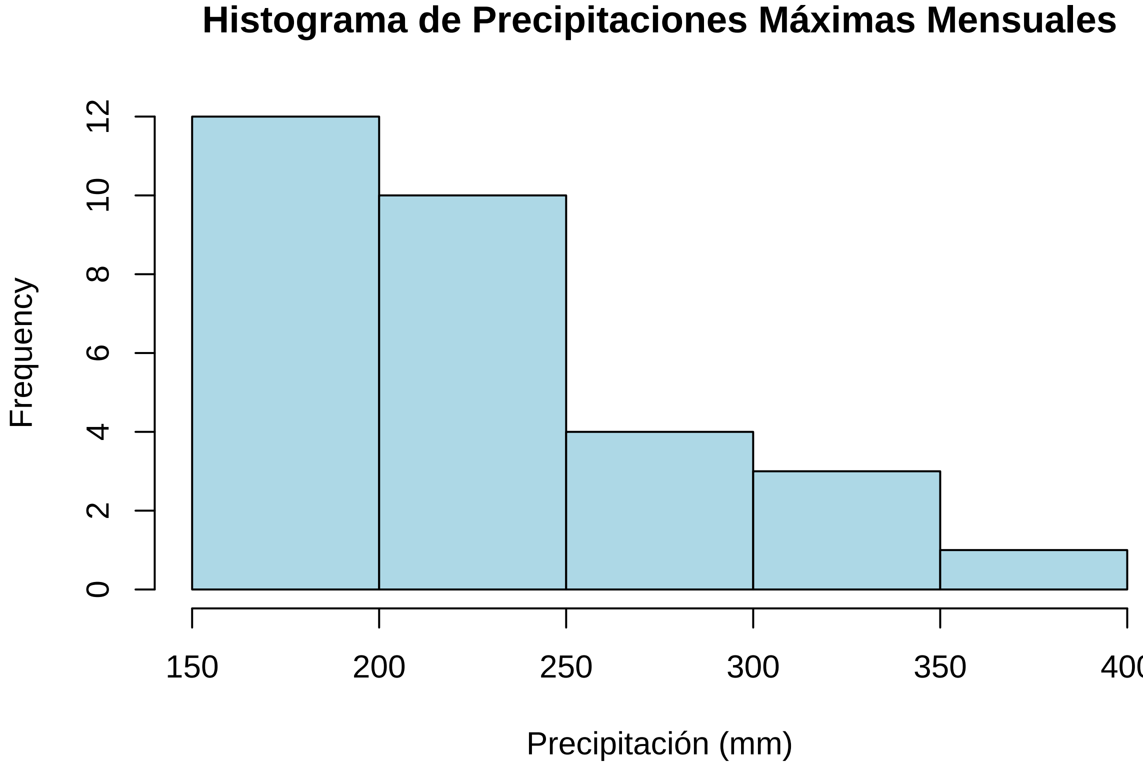
```
## Varianza: 3585.389
```

```r
cat("Desviación estándar:", desviacion, "\n")
```

```
## Desviación estándar: 59.87812
```

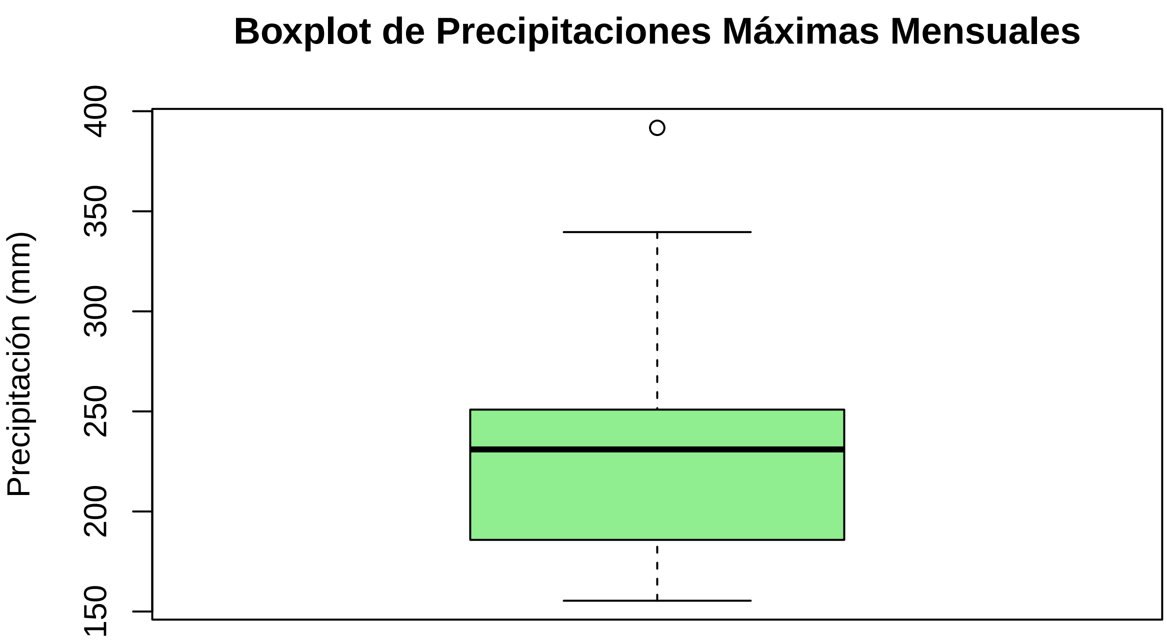
```r
hist(monthly_max, main = "Histograma de Precipitaciones Máximas Mensuales", xlab =
↪  "Precipitación (mm)", col = "lightblue", border = "black")
```

- Realiza gráficos que te sirvan para describir la distribución de las lluvias máximas mensuales:



histograma y boxplot

```
boxplot(monthly_max, main = "Boxplot de Precipitaciones Máximas Mensuales", ylab =
↪  "Precipitación (mm)", col = "lightgreen")
```



2. Análisis de Frecuencias Método Gráfico

El Método gráfico consiste en realizar dos gráficas en la que se muestren las precipitaciones máximas comparadas con la probabilidad de excedencia y con su periodo de retorno.

A) En el data frame de los datos de precipitación máxima se agrega una columna con los datos de lluvias máximas ordenados de mayor a menor.

```
rain_analysis = data.frame(max_rain = monthly_max, order_max_rain = sort(monthly_max,
↪  decreasing = TRUE))
head(rain_analysis, 5)
```

	max_rain	order_max_rain
1994	230.8	391.7
1995	185.8	339.6
1996	246.0	339.3
1997	160.6	320.4
1998	211.3	298.6

B) Se agrega una columna con el número de orden que tiene asignado cada precipitación máxima. A ese número se le llama "rank" (rango en español) y se simboliza por m.

```
rain_analysis$rank_rain = seq(1, nrow(rain_analysis))
head(rain_analysis, 5)
```

	max_rain	order_max_rain	rank_rain
1994	230.8	391.7	1
1995	185.8	339.6	2
1996	246.0	339.3	3
1997	160.6	320.4	4
1998	211.3	298.6	5

C) Se calcula la probabilidad de excedencia o de ocurrencia de acuerdo con Weibull, donde el numerador es el número de orden (m) o "rank" y el denominador es la suma del total de datos (N) y 1: $P_{exe} = \frac{m}{N+1}$

```
rain_analysis$Pexe = rain_analysis$rank_rain / (nrow(rain_analysis) + 1)
head(rain_analysis, 5)
```

	max_rain	order_max_rain	rank_rain	Pexe
1994	230.8	391.7	1	0.0322581
1995	185.8	339.6	2	0.0645161
1996	246.0	339.3	3	0.0967742
1997	160.6	320.4	4	0.1290323
1998	211.3	298.6	5	0.1612903

D) Se calcula la probabilidad de no excedencia para cada precipitación (complemento de la probabilidad de excedencia): $P_{no\ exce} = 1 - P_{exe}$

```
rain_analysis$Pnoexe = 1 - rain_analysis$Pexe
head(rain_analysis, 5)
```

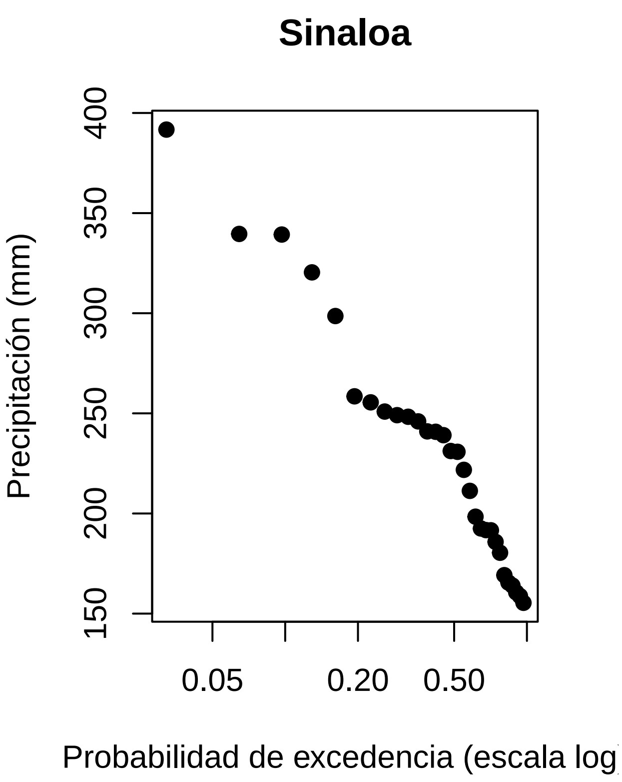
	max_rain	order_max_rain	rank_rain	Pexe	Pnoexe
1994	230.8	391.7	1	0.0322581	0.9677419
1995	185.8	339.6	2	0.0645161	0.9354839
1996	246.0	339.3	3	0.0967742	0.9032258
1997	160.6	320.4	4	0.1290323	0.8709677
1998	211.3	298.6	5	0.1612903	0.8387097

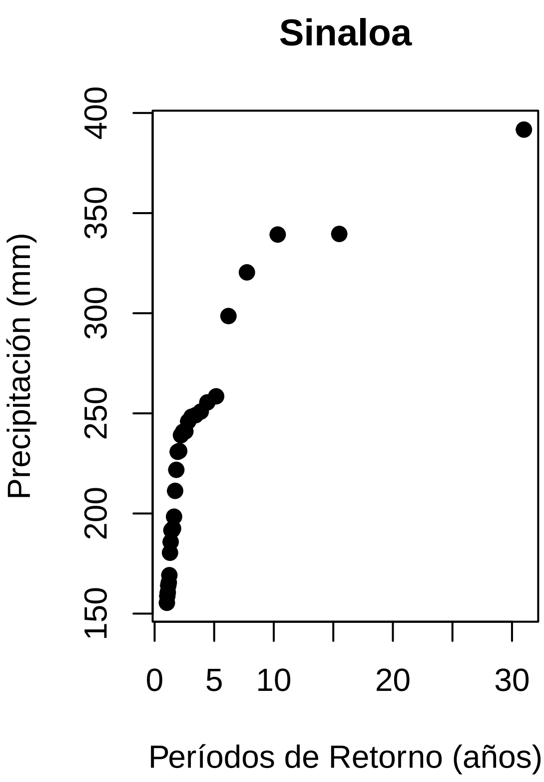
E) Se calcula el periodo de retorno como el inverso de la probabilidad de excedencia: $P_{ret} = \frac{1}{P_{exe}}$

```
rain_analysis$Pret = 1 / rain_analysis$Pexe
head(rain_analysis, 5)
```

	max_rain	order_max_rain	rank_rain	Pexe	Pnoexe	Pret
1994	230.8	391.7	1	0.0322581	0.9677419	31.00000
1995	185.8	339.6	2	0.0645161	0.9354839	15.50000
1996	246.0	339.3	3	0.0967742	0.9032258	10.33333
1997	160.6	320.4	4	0.1290323	0.8709677	7.75000
1998	211.3	298.6	5	0.1612903	0.8387097	6.20000

```
par(mfrow = c(1, 2))
plot(y = rain_analysis$order_max_rain, x = rain_analysis$Pexe, log = "x", pch = 19, main
↪  = "Sinaloa", xlab = "Probabilidad de excedencia (escala log)", ylab = "Precipitación
↪  (mm)")

plot(x = rain_analysis$Pret, y = rain_analysis$order_max_rain, pch = 19, main =
↪  "Sinaloa", xlab = "Períodos de Retorno (años)", ylab = "Precipitación (mm)")
```





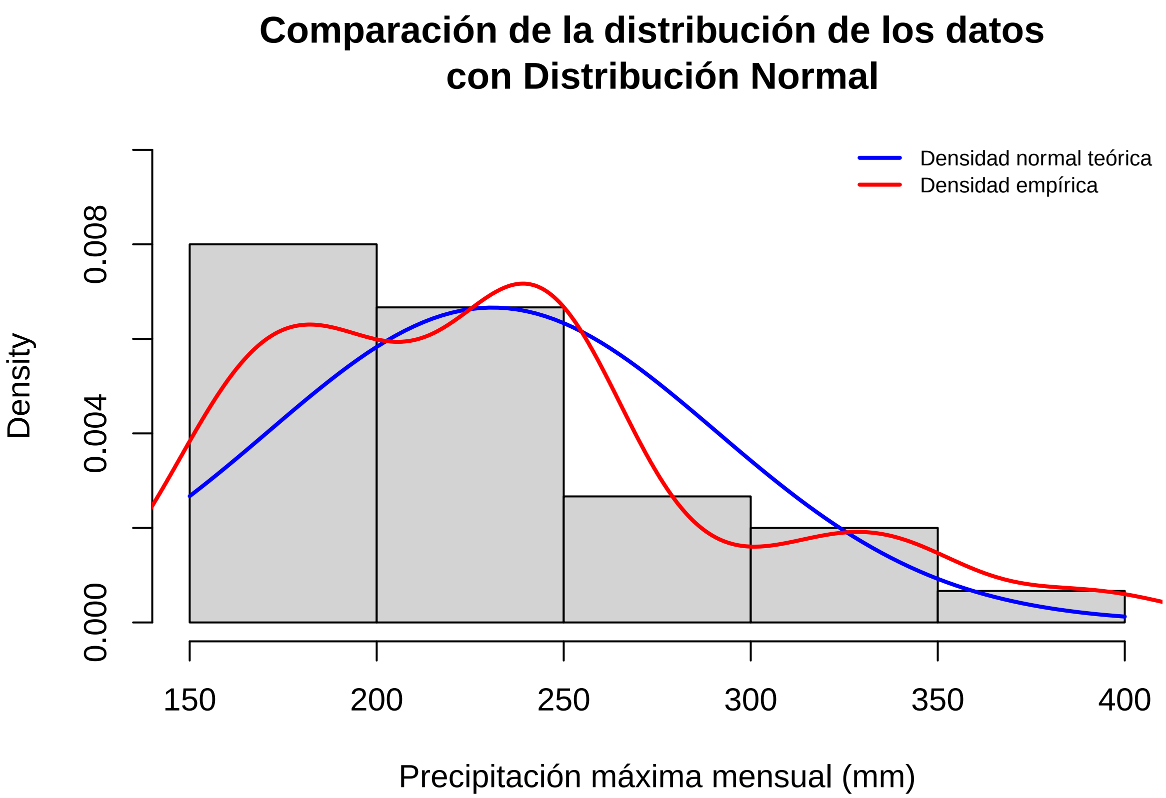
3. Análisis de Frecuencias Método Analítico

El método analítico consiste en asumir que los datos pueden ser ajustados a través de una función de densidad de probabilidades (FDP) conocida la cual nos servirá para modelar y pronosticar precipitaciones y periodos de retorno. Para ello es necesario probar varias distribuciones y emplear pruebas de bondad de ajuste para ver decidir cuál distribución es la que mejor se ajusta. Para nuestro análisis verificaremos el ajuste de las precipitaciones máximas mensuales a diferentes distribuciones.

A) Ajuste a una Distribución Normal.

Contruye el histograma de la función de densidad empírica de los datos y sobrepon una distribución normal que se esperaría que tuvieran los datos con los parámetros calculados por los mismos datos.

```
hist(monthly_max, xlab = "Precipitación máxima mensual (mm)", freq = FALSE, ylim = c(0,
    0.01), main = "Comparación de la distribución de los datos \n con Distribución
    Normal")
curve(dnorm(x, mean = mean(monthly_max), sd = sd(monthly_max)), add = TRUE, col = "blue",
    lwd = 2)
lines(density(monthly_max), col = "red", lwd = 2)
legend("topright", col = c("blue", "red"), legend = c("Densidad normal teórica",
    "Densidad empírica"), lwd = 2, bty = "n", cex = 0.7)
```

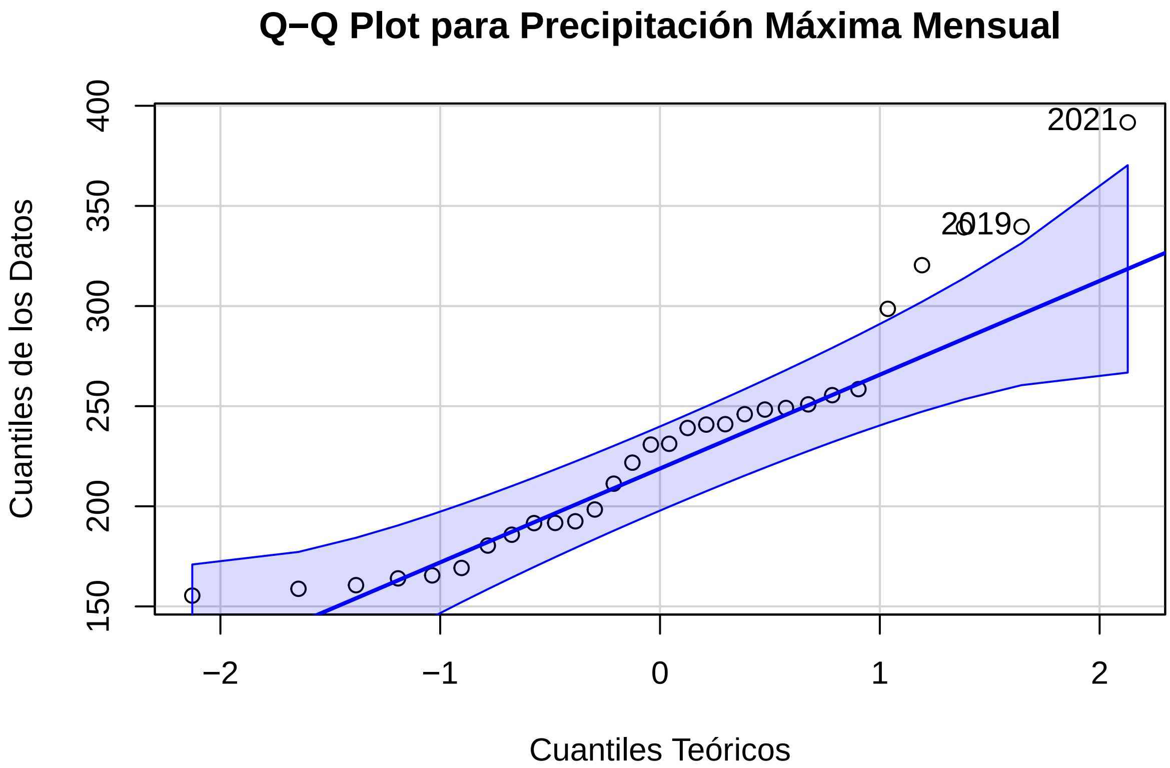


Construye la gráfica qqplot. De manera visual, ¿Los datos siguen una distribución normal de acuerdo con la Q-Qplot?

```
library(car)
```

```
## Loading required package: carData
```

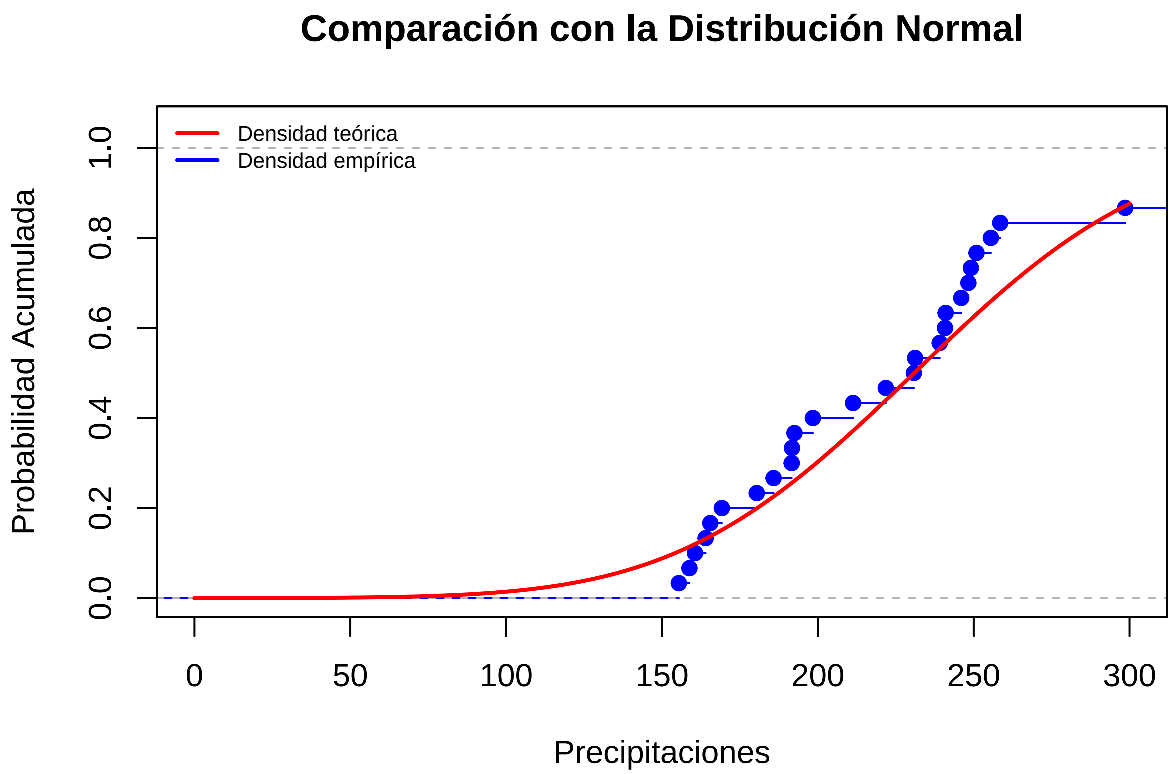
```
qqPlot(monthly_max, main = "Q-Q Plot para Precipitación Máxima Mensual",xlab = "Cuantiles
↪  Teóricos", ylab = "Cuantiles de los Datos")
```




```
## 2021 2019
##   28   26
```

Compara las distribuciones de probabilidad acumuladas (ojiva) empíricos y teóricos de la distribución normal que se esperaría que tuvieran los datos con los parámetros calculados por los mismos datos.

```
norm_teorica <- pnorm(0:300, mean = mean(monthly_max), sd = sd(monthly_max))
plot(ecdf(monthly_max), main = "Comparación con la Distribución Normal", xlab =
↪  "Precipitaciones", ylab = "Probabilidad Acumulada",col = "blue", xlim = c(0, 300),
↪  ylim = c(0, 1.05))
par(new = TRUE)
plot(0:300, norm_teorica, type = "l", main = "", xlab = "", ylab = "", col = "red", lwd =
↪  2, ylim = c(0, 1.05), xaxt = "n", yaxt = "n")
legend("topleft", col = c("red", "blue"), legend = c("Densidad teórica", "Densidad
↪  empírica"), lwd = 2, bty = "n", cex = 0.7)
```



Utiliza dos pruebas de bondad de ajuste: Shapiro-Wilks y Kolmogorov-smirnov (KS).

```
shapiro_test = shapiro.test(monthly_max)
print(shapiro_test)
```

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  monthly_max
## W = 0.91498, p-value = 0.01991
```

```
library(MASS)
ks_test = ks.test(monthly_max, "pnorm", mean = mean(monthly_max), sd = sd(monthly_max))
print(ks_test)
```

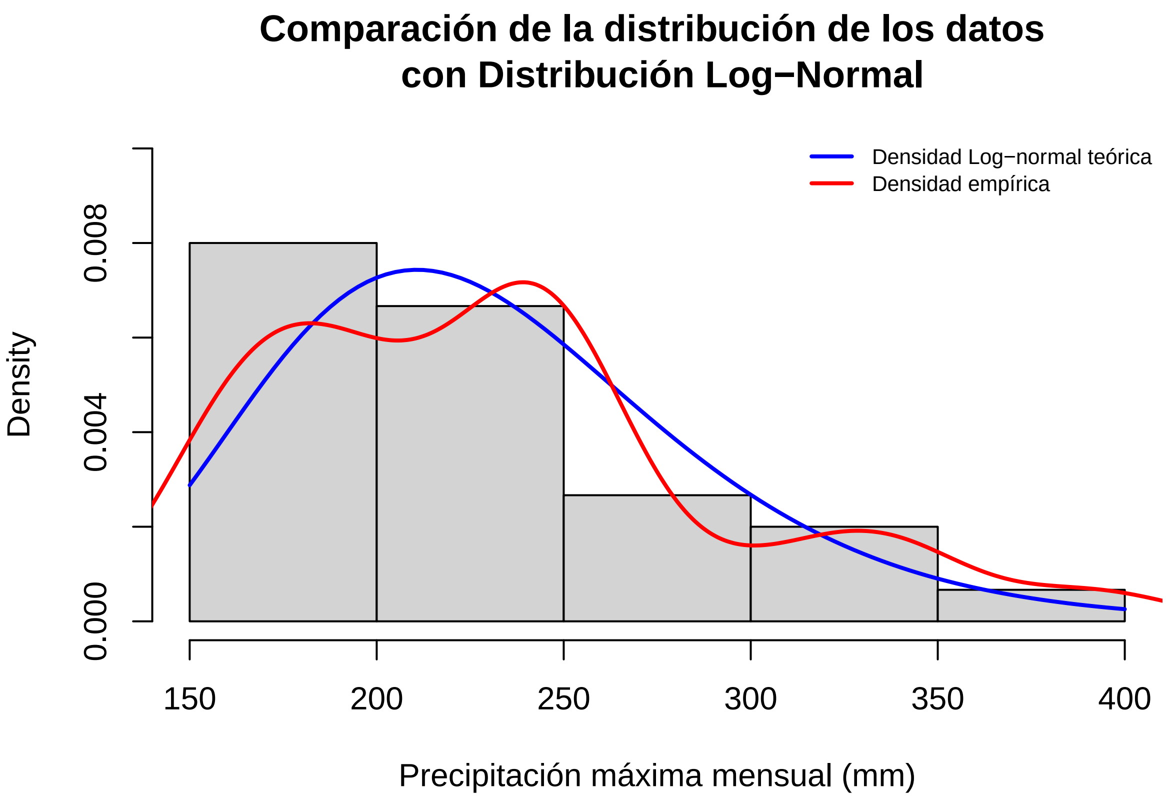
```
##
##  Exact one-sample Kolmogorov-Smirnov test
##
## data:  monthly_max
## D = 0.15592, p-value = 0.4167
## alternative hypothesis: two-sided
```

No te olvides de las hipótesis planteadas: H0: Los datos provienen de una distribución normal H1: Los datos no provienen de una distribución normal

B) Distribución Log-normal.

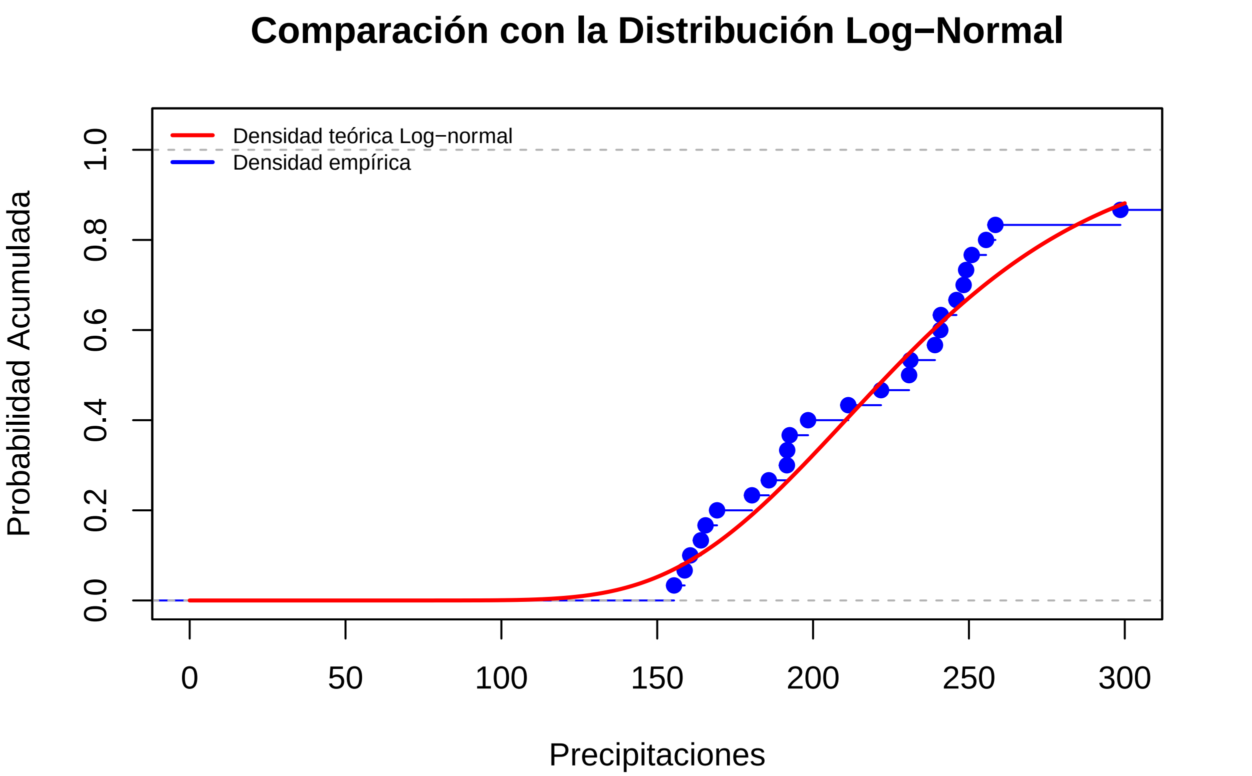
Contruye el histograma de la función de densidad empírica de los datos y sobrepon una distribución Log-normal que se esperaría que tuvieran los datos con los parámetros calculados por los mismos datos.

```
hist(monthly_max, xlab = "Precipitación máxima mensual (mm)", freq = FALSE, ylim = c(0,
↪  0.01), main = "Comparación de la distribución de los datos \n con Distribución
↪  Log-Normal")
curve(dlnorm(x, mean = mean(log(monthly_max)), sd = sd(log(monthly_max))), add = TRUE,
↪  col = "blue", lwd = 2)
lines(density(monthly_max), col = "red", lwd = 2)
legend("topright", col = c("blue", "red"), legend = c("Densidad Log-normal teórica",
↪  "Densidad empírica"), lwd = 2, bty = "n", cex = 0.7)
```



Compara las distribuciones de probabilidad acumuladas (ojiva) empíricos y teóricos de la distribución teórica que se esperaría que tuvieran los datos con los parámetros calculados por los mismos datos.

```
lognorm_teorica = plnorm(0:300, meanlog = mean(log(monthly_max)), sdlog =
↪  sd(log(monthly_max)))
plot(ecdf(monthly_max), main = "Comparación con la Distribución Log-Normal", xlab =
↪  "Precipitaciones", ylab = "Probabilidad Acumulada",col = "blue", xlim = c(0, 300),
↪  ylim = c(0, 1.05))
par(new = TRUE)
plot(0:300, lognorm_teorica, type = "l", main = "", xlab = "", ylab = "", col = "red",
↪  lwd = 2, ylim = c(0, 1.05), xaxt = "n", yaxt = "n")
legend("topleft", col = c("red", "blue"), legend = c("Densidad teórica Log-normal",
↪  "Densidad empírica"), lwd = 2, bty = "n", cex = 0.7)
```



Haz la prueba KS para determinar si los datos se ajustan a una Log-normal

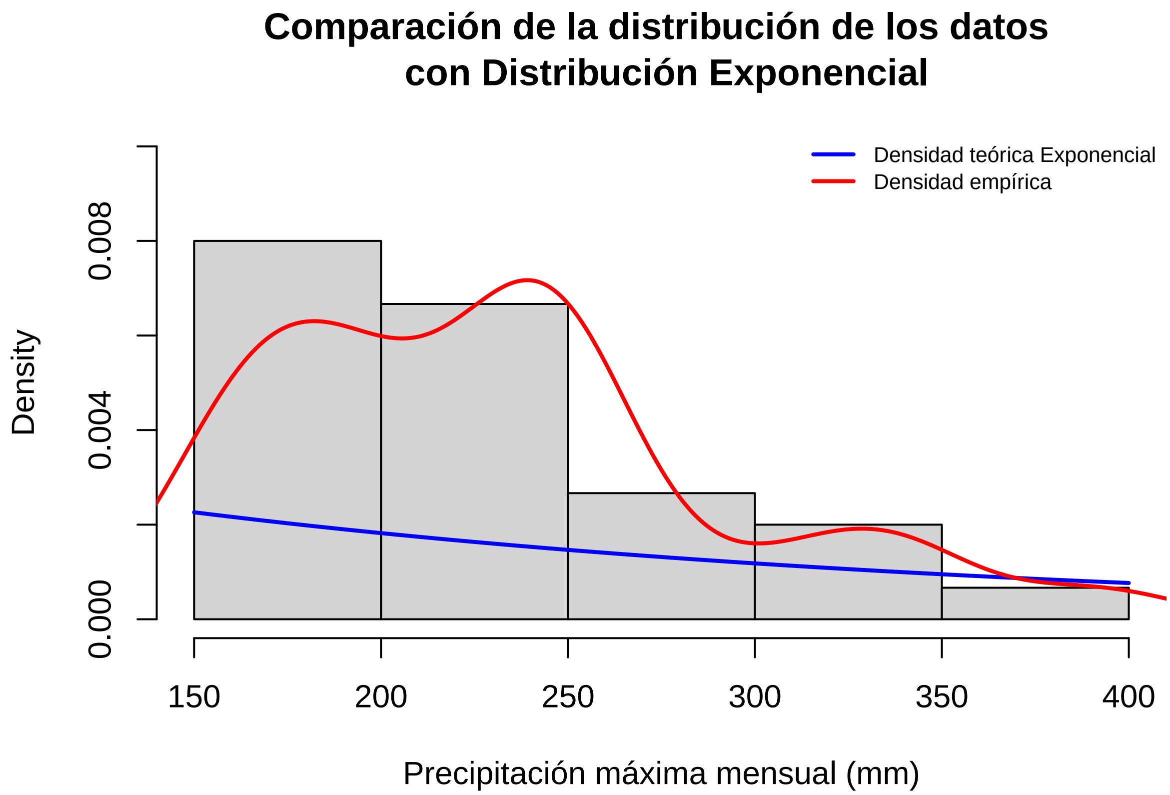
```
ks_test_lognorm <- ks.test(monthly_max, "plnorm", meanlog = mean(log(monthly_max)), sdlog
↪   = sd(log(monthly_max)))
print(ks_test_lognorm)
```

```
##
##  Exact one-sample Kolmogorov-Smirnov test
##
## data:  monthly_max
## D = 0.1145, p-value = 0.7849
## alternative hypothesis: two-sided
```

C) Ajuste a una Distribución Exponencial.

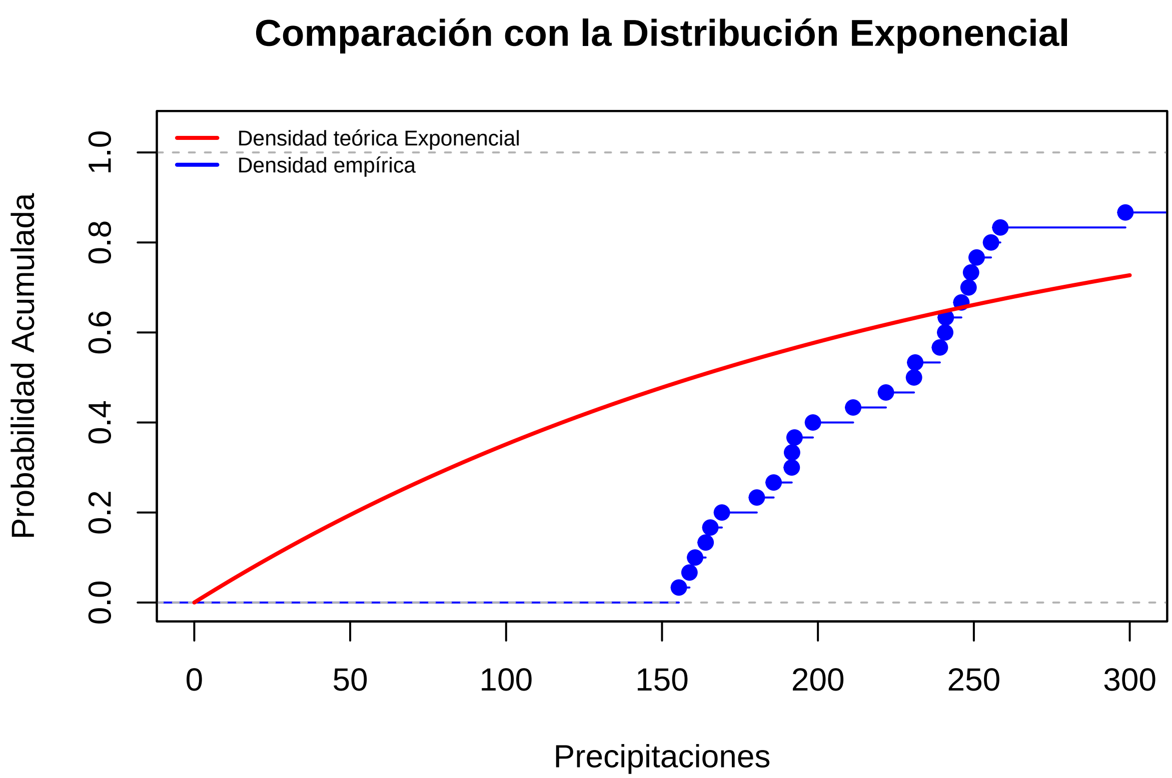
Contruye el histograma de la función de densidad empírica de los datos y sobrepon una distribución Exponencial que se esperaría que tuvieran los datos con los parámetros calculados por los mismos datos.

```
hist(monthly_max, xlab = "Precipitación máxima mensual (mm)", freq = FALSE, ylim = c(0,
↪   0.01), main = "Comparación de la distribución de los datos \n con Distribución
↪   Exponencial")
curve(dexp(x, rate = 1 / mean(monthly_max)), add = TRUE, col = "blue",lwd = 2)
lines(density(monthly_max), col = "red", lwd = 2)
legend("topright", col = c("blue", "red"), legend = c("Densidad teórica Exponencial",
↪   "Densidad empírica"), lwd = 2, bty = "n", cex = 0.7)
```



Compara las distribuciones de probabilidad acumuladas (ojiva) empíricos y teóricos de la distribución teórica que se esperaría que tuvieran los datos con los parámetros calculados por los mismos datos.

```
exp_teorica <- pexp(0:300, rate = 1 / mean(monthly_max))
plot(ecdf(monthly_max), main = "Comparación con la Distribución Exponencial", xlab =
↪  "Precipitaciones", ylab = "Probabilidad Acumulada",col = "blue", xlim = c(0, 300),
↪  ylim = c(0, 1.05))
par(new = TRUE)
plot(0:300, exp_teorica, type = "l", main = "", xlab = "", ylab = "", col = "red", lwd =
↪  2, ylim = c(0, 1.05), xaxt = "n", yaxt = "n")
legend("topleft", col = c("red", "blue"), legend = c("Densidad teórica Exponencial",
↪  "Densidad empírica"), lwd = 2, bty = "n", cex = 0.7)
```



Haz la prueba KS para determinar si los datos se ajustan a una Exponencial.

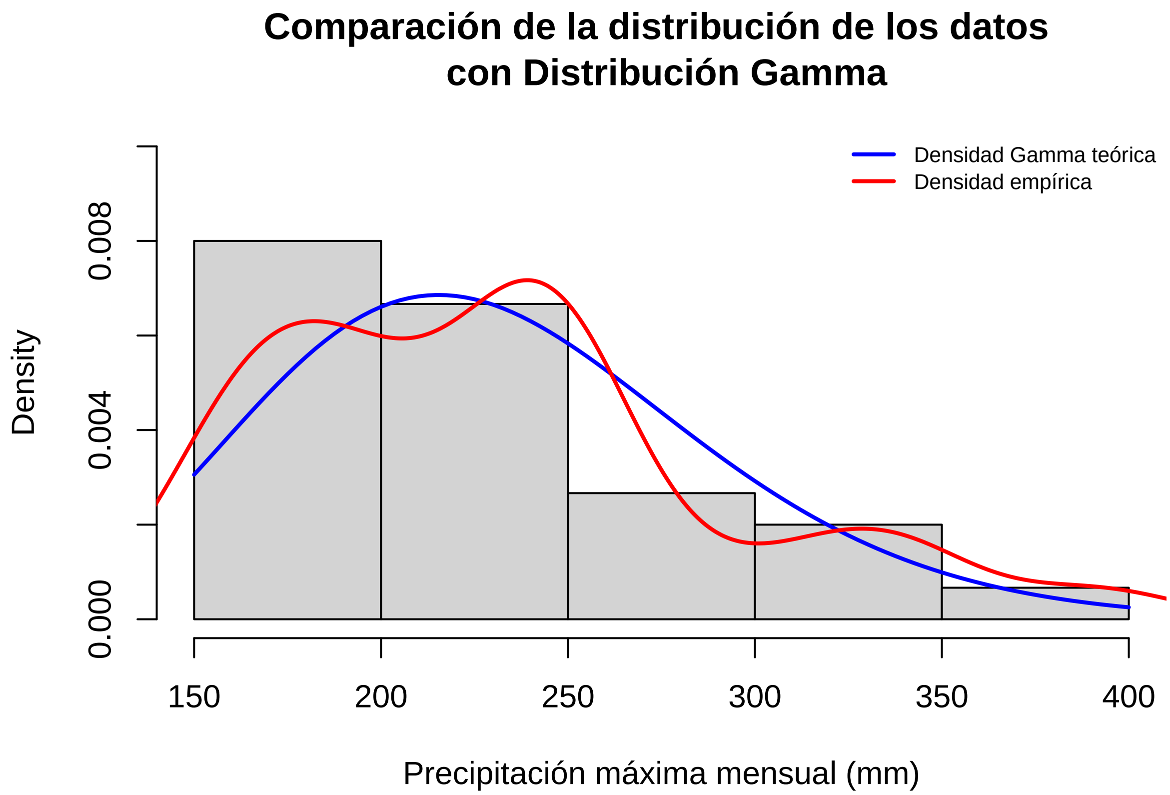
```
ks_test_exp <- ks.test(monthly_max, "pexp", rate = 1 / mean(monthly_max))
print(ks_test_exp)
```

```
##
##  Exact one-sample Kolmogorov-Smirnov test
##
## data:  monthly_max
## D = 0.48979, p-value = 0.0000003686
## alternative hypothesis: two-sided
```

D) Ajuste a una Distribución Gamma.

Contruye el histograma de la función de densidad empírica de los datos y sobrepon una distribución Gamma que se esperaría que tuvieran los datos con los parámetros calculados por los mismos datos.

```
hist(monthly_max, xlab = "Precipitación máxima mensual (mm)", freq = FALSE, ylim = c(0,
↪  0.01), main = "Comparación de la distribución de los datos \n con Distribución
↪  Gamma")
curve(dgamma(x, shape = mean(monthly_max)^2 / var(monthly_max), rate = mean(monthly_max)
↪  / var(monthly_max)), add = TRUE, col = "blue", lwd = 2)
lines(density(monthly_max), col = "red", lwd = 2)
legend("topright", col = c("blue", "red"), legend = c("Densidad Gamma teórica", "Densidad
↪  empírica"), lwd = 2, bty = "n", cex = 0.7)
```

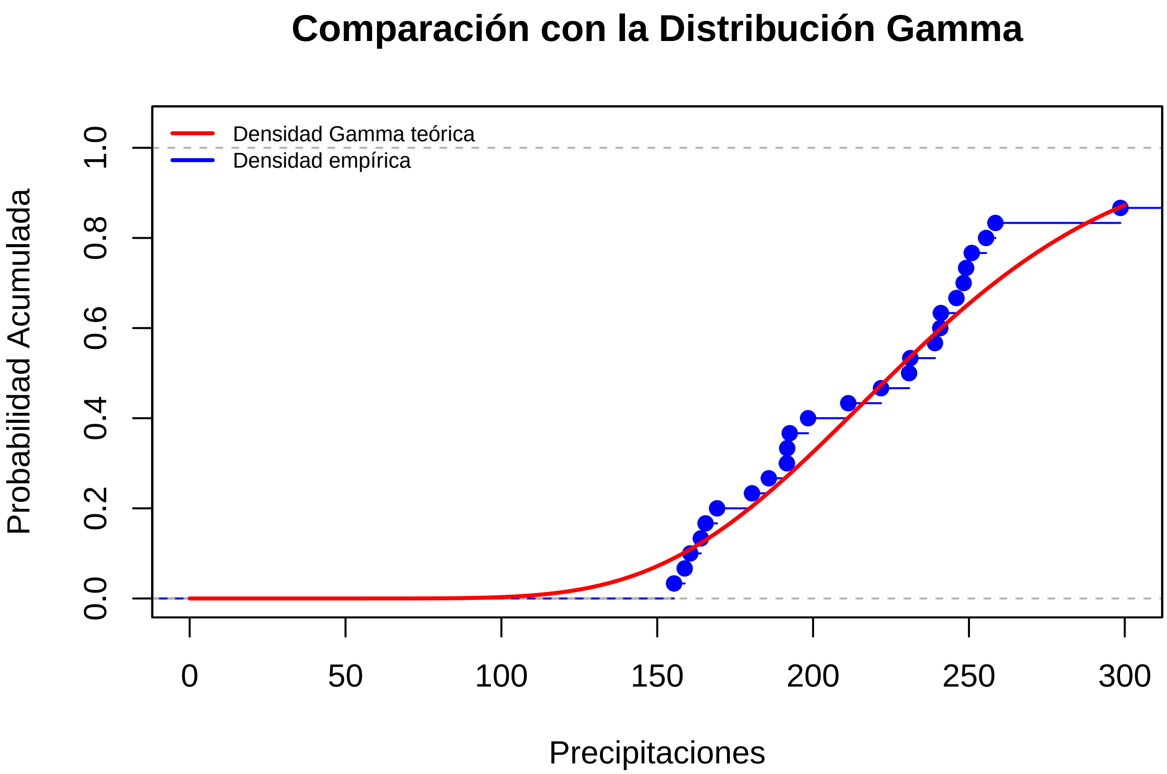


###

Compara las distribuciones de probabilidad acumuladas (ojiva) empíricos y teóricos de la distribución normal que se esperaría que tuvieran los datos con los parámetros calculados por los mismos datos.

```
shape_gamma <- mean(monthly_max)^2 / var(monthly_max)
rate_gamma <- mean(monthly_max) / var(monthly_max)
gamma_teorica <- pgamma(0:300, shape = shape_gamma, rate = rate_gamma)

plot(ecdf(monthly_max),
     main = "Comparación con la Distribución Gamma",
     xlab = "Precipitaciones",
     ylab = "Probabilidad Acumulada",
     col = "blue",
     xlim = c(0, 300),
     ylim = c(0, 1.05))

par(new = TRUE)
plot(0:300, gamma_teorica,
     type = "l",
     main = "",
     xlab = "",
     ylab = "",
     col = "red",
     lwd = 2,
     ylim = c(0, 1.05),
     xaxt = "n",
     yaxt = "n")

legend("topleft",
       col = c("red", "blue"),
```

```
       legend = c("Densidad Gamma teórica", "Densidad empírica"),
       lwd = 2,
       bty = "n",
       cex = 0.7)
```



Haz la prueba KS para determinar si los datos se ajustan a una Gamma.

```
shape_param <- mean(monthly_max)^2 / var(monthly_max)
rate_param <- mean(monthly_max) / var(monthly_max)
ks_test_gamma <- ks.test(monthly_max, "pgamma", shape = shape_param, rate = rate_param)
print(ks_test_gamma)
```

```
##
##  Exact one-sample Kolmogorov-Smirnov test
##
## data:  monthly_max
## D = 0.13171, p-value = 0.6282
## alternative hypothesis: two-sided
```

E) Ajuste a una Distribución Weibull.

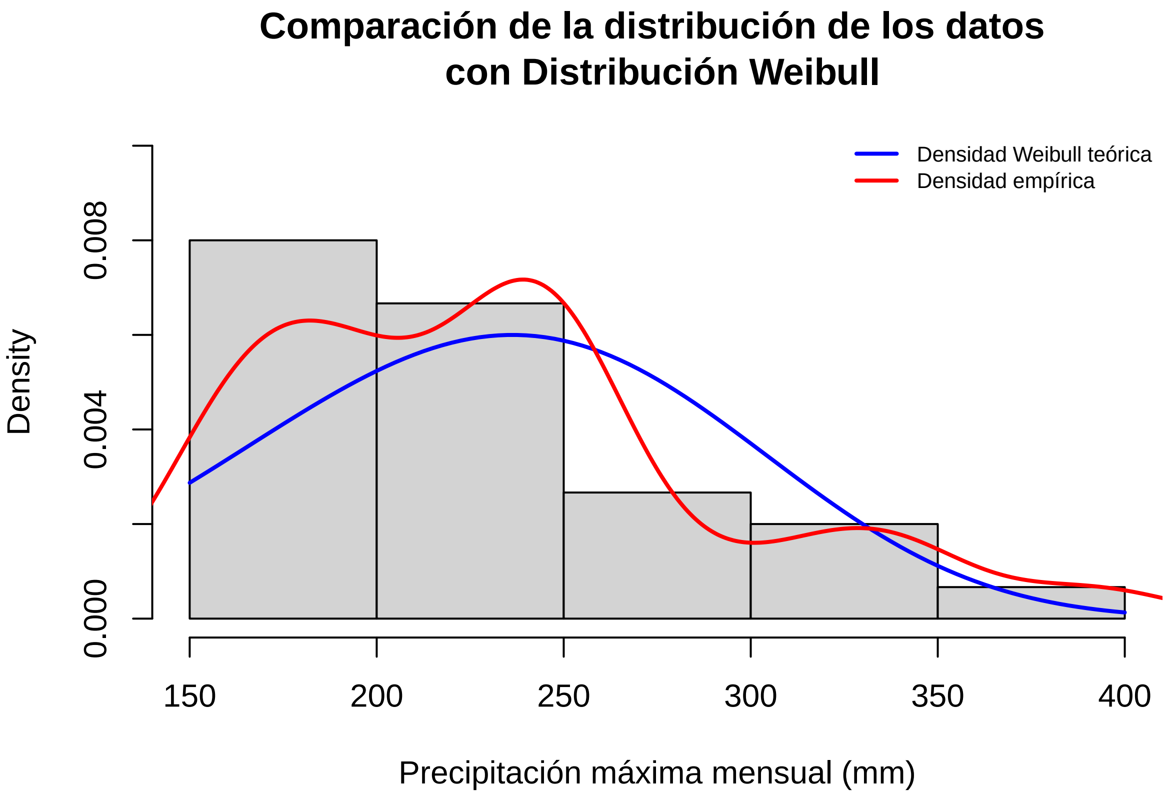
El cálculo de los parámetros a partir de los datos es un poco más difícil en la distribución Weibull de lo que fue en las anteriores distribuciones, así que recurriremos a que R los estime con el comando fitdistr. Úsalo para estimar los parámetros de la Weibull.

```
weibull_fit <- fitdistr(monthly_max, "weibull", lower = c(0, 0))
print(weibull_fit)
```

```
##       shape         scale
##     4.0020327   253.9539803
##   (  0.5268905) ( 12.3109667)
```

Contruye el histograma de la función de densidad empírica de los datos y sobrepon una distribución Gamma que se esperaría que tuvieran los datos con los parámetros calculados por los mismos datos.

```
hist(monthly_max, xlab = "Precipitación máxima mensual (mm)", freq = FALSE, ylim = c(0,
  0.01), main = "Comparación de la distribución de los datos \n con Distribución
  Weibull")
curve(dweibull(x, shape = weibull_fit$estimate[1], scale = weibull_fit$estimate[2]), add
  = TRUE, col = "blue", lwd = 2)
lines(density(monthly_max), col = "red", lwd = 2)
legend("topright", col = c("blue", "red"), legend = c("Densidad Weibull teórica",
  "Densidad empírica"), lwd = 2, bty = "n", cex = 0.7)
```

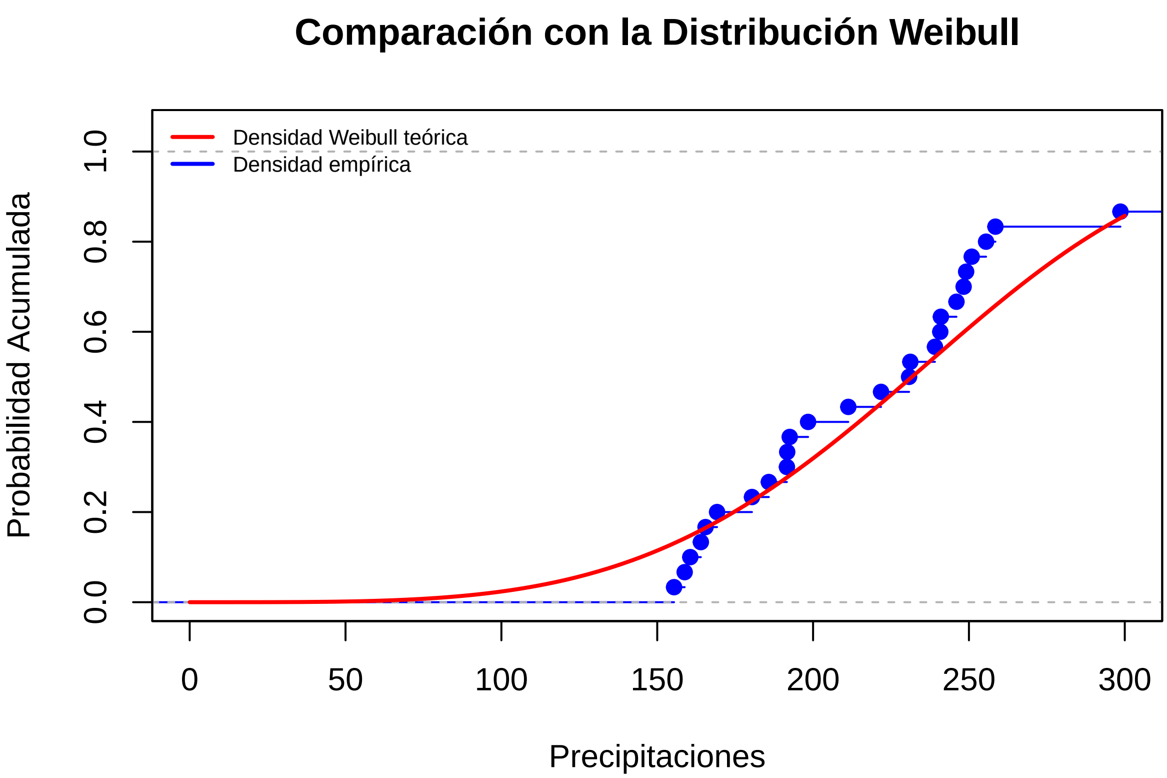


###

Compara las distribuciones de probabilidad acumuladas (ojiva) empíricos y teóricos de la distribución normal que se esperaría que tuvieran los datos con los parámetros calculados por los mismos datos.

```
weibull_fit <- fitdistr(monthly_max, "weibull", lower = c(0, 0))
shape_weibull <- weibull_fit$estimate[1]
scale_weibull <- weibull_fit$estimate[2]
weibull_teorica <- pweibull(0:300, shape = shape_weibull, scale = scale_weibull)
plot(ecdf(monthly_max),
     main = "Comparación con la Distribución Weibull",
     xlab = "Precipitaciones",
     ylab = "Probabilidad Acumulada",
     col = "blue",
```

```
      xlim = c(0, 300),
      ylim = c(0, 1.05))
par(new = TRUE)
plot(0:300, weibull_teorica,
      type = "l",
      main = "",
      xlab = "",
      ylab = "",
      col = "red",
      lwd = 2,
      ylim = c(0, 1.05),
      xaxt = "n",
      yaxt = "n")
legend("topleft",
        col = c("red", "blue"),
        legend = c("Densidad Weibull teórica", "Densidad empírica"),
        lwd = 2,
        bty = "n",
        cex = 0.7)
```



Haz la prueba KS para determinar si los datos se ajustan a una Weibull.

```
shape_param = weibull_fit$estimate[1]
scale_param = weibull_fit$estimate[2]
ks_test_weibull = ks.test(monthly_max, "pweibull", shape = shape_param, scale =
 ↪  scale_param)
print(ks_test_weibull)
```

```
##
##  Exact one-sample Kolmogorov-Smirnov test
##
## data:  monthly_max
## D = 0.17511, p-value = 0.2821
## alternative hypothesis: two-sided
```

F) Ajuste a una Distribución Gumbel.

Para probar si los datos de precipitación máxima se ajustan a una distribución Gumbel, se necesita definir las funciones de densidad de acuerdo con la función Gumbel. Creálas con las fórmulas de la Distribución Gumbel.

```
dgumbel = function(x, a, b) {(1 / b) * exp((a - x) / b) * exp(-exp((a - x) / b))}
pgumbel = function(q, a, b) {exp(-exp((a - q) / b))}
qgumbel = function(p, a, b) {a - b * log(-log(p))}
```

Para estimar los parámetros y hacer el ajuste de la Distribución Gumbel con la biblioteca "fitdistrplus". Haz las gráficas de histograma de densidad empírica y teórica, la probabilidad de acumulada empírica y teórica y el QQplot.

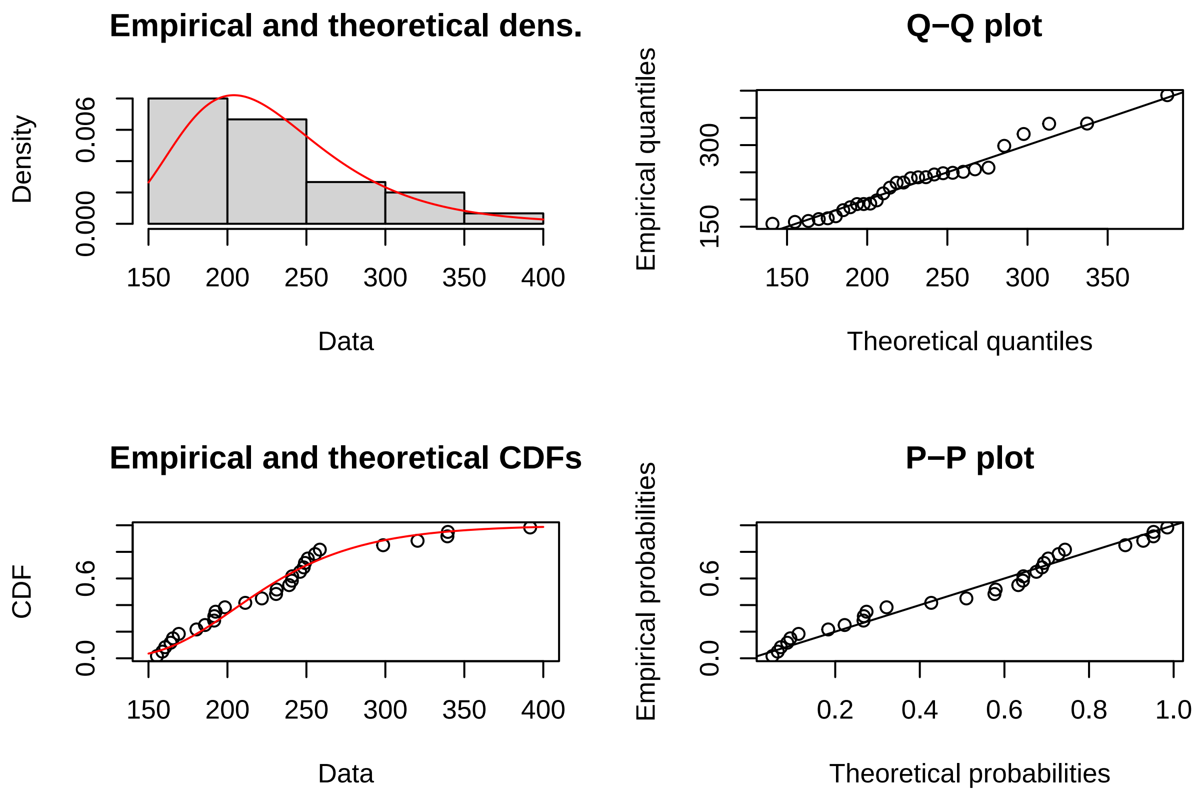
```
library(fitdistrplus)
```

```
## Loading required package: survival
```

```
dgumbel = function(x, a, b) {(1 / b) * exp((a - x) / b) * exp(-exp((a - x) / b))}
pgumbel = function(q, a, b) {exp(-exp((a - q) / b))}
gumbel_fit = fitdist(monthly_max, "gumbel", start = list(a = 1, b = 1))
print(gumbel_fit)
```

```
## Fitting of the distribution ' gumbel ' by maximum likelihood
## Parameters:
##    estimate Std. Error
## a 204.07290   8.604252
## b  44.81446   6.609605
```

```
plot(gumbel_fit)
```



Haz la prueba KS para determinar si los datos se ajustan a una Gumbel.

```
gumbel_exe <- 1 - pgumbel(rain_analysis$order_max_rain, gumbel_fit$estimate[1],
 ↪  gumbel_fit$estimate[2])
ks_test_gumbel <- ks.test(rain_analysis$Pexe, gumbel_exe)
print(ks_test_gumbel)
```

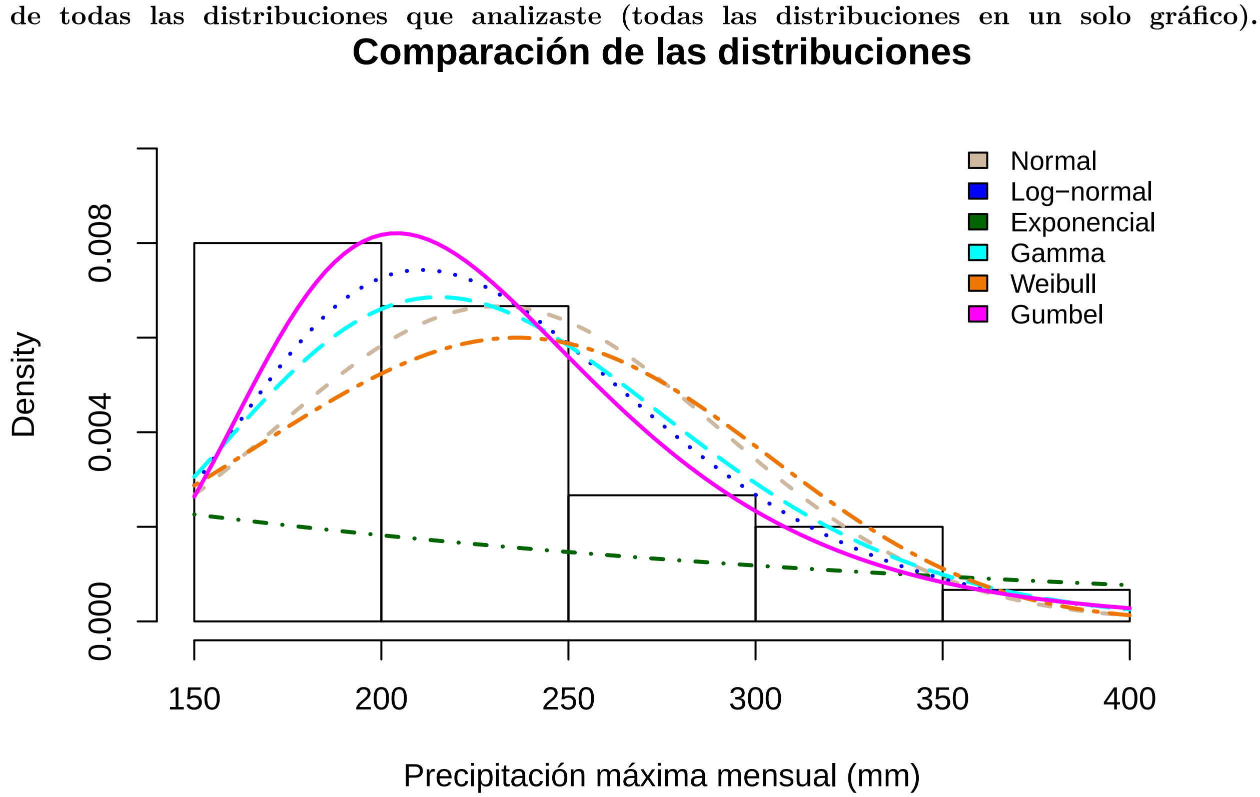
```
##
##  Exact two-sample Kolmogorov-Smirnov test
##
## data:  rain_analysis$Pexe and gumbel_exe
## D = 0.1, p-value = 0.9988
## alternative hypothesis: two-sided
```

G. Compara los ajustes de las distribuciones que analizas.

```
hist(monthly_max, xlab = "Precipitación máxima mensual (mm)", freq = FALSE, ylim = c(0,
 ↪  0.01), main = "Comparación de las distribuciones", col = 0)

curve(dnorm(x, mean = mean(monthly_max), sd = sd(monthly_max)),
      add = TRUE, col = "bisque3", lwd = 2, lty = 2)
curve(dlnorm(x, mean = mean(log(monthly_max)), sd = sd(log(monthly_max))),
      add = TRUE, col = "blue", lwd = 2, lty = 3)
curve(dexp(x, rate = 1 / mean(monthly_max)),
      add = TRUE, col = "darkgreen", lwd = 2, lty = 4)
curve(dgamma(x, shape = mean(monthly_max)^2 / var(monthly_max), rate = mean(monthly_max)
 ↪  / var(monthly_max)),
```

```r
      add = TRUE, col = "cyan", lwd = 2, lty = 5)
curve(dweibull(x, shape = weibull_fit$estimate[1], scale = weibull_fit$estimate[2]),
      add = TRUE, col = "darkorange2", lwd = 2, lty = 6)
curve(dgumbel(x, a = gumbel_fit$estimate[1], b = gumbel_fit$estimate[2]),
      add = TRUE, col = "magenta", lwd = 2, lty = 7)

legend("topright", legend = c("Normal", "Log-normal", "Exponencial", "Gamma", "Weibull",
↪  "Gumbel"), fill = c("bisque3", "blue", "darkgreen", "cyan", "darkorange2",
↪  "magenta"), cex = 0.8, bty = "n")
```

Haz un gráfico comparativo de los histogramas de densidad empírica vs densidad teórica de todas las distribuciones que analizaste (todas las distribuciones en un solo gráfico).

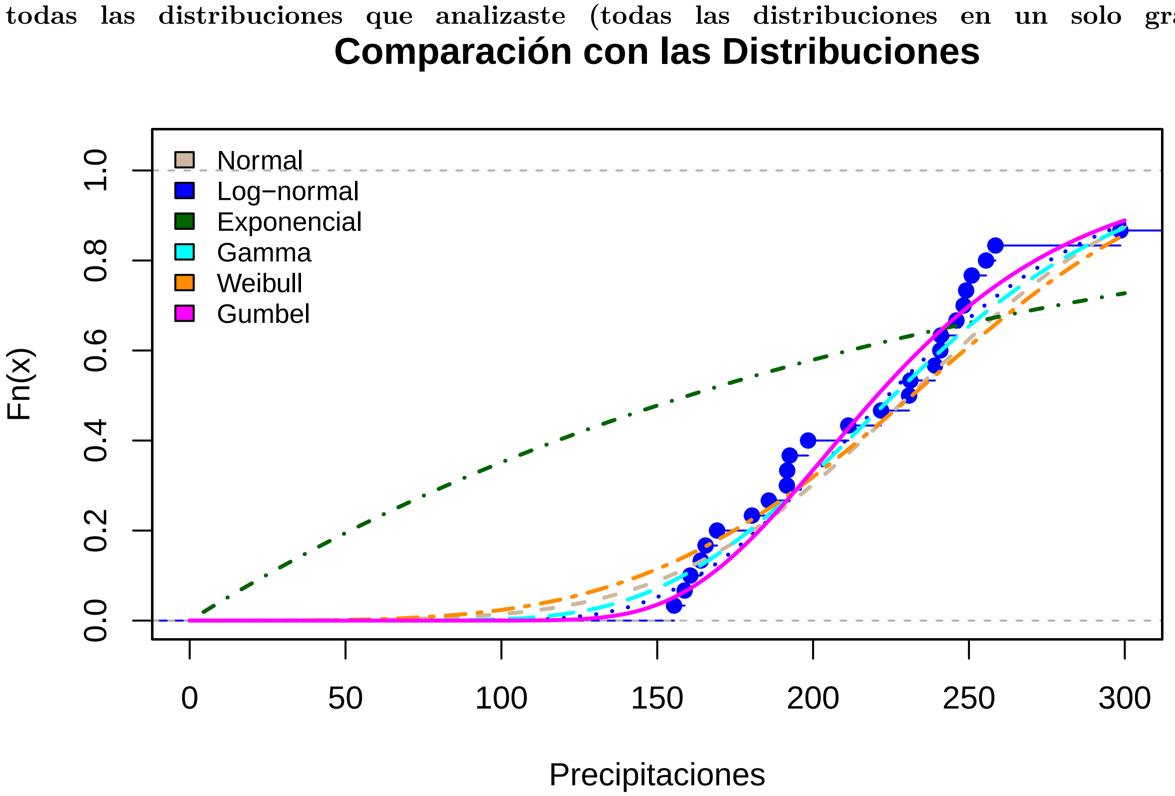



```r
plot(ecdf(monthly_max), main = "Comparación con las Distribuciones", xlab =
↪  "Precipitaciones", col = "blue", xlim = c(0, 300), ylim = c(0, 1.05))

par(new = TRUE)
norm_teorica <- pnorm(0:300, mean = mean(monthly_max), sd = sd(monthly_max))
plot(0:300, norm_teorica,
     type = "l",
     main = "",
     xlab = "",
     ylab = "",
     col = "bisque3",
     lwd = 2,
     ylim = c(0, 1.05),
     xaxt = "n",
     yaxt = "n",
```

```
     lty = 2)

par(new = TRUE)
log_teorica <- plnorm(0:300, meanlog = mean(log(monthly_max)), sdlog =
 ↪  sd(log(monthly_max)))
plot(0:300, log_teorica,
     type = "l",
     main = "",
     xlab = "",
     ylab = "",
     col = "blue",
     lwd = 2,
     ylim = c(0, 1.05),
     xaxt = "n",
     yaxt = "n",
     lty = 3)

par(new = TRUE)
exp_teorica <- pexp(0:300, rate = 1 / mean(monthly_max))
plot(0:300, exp_teorica,
     type = "l",
     main = "",
     xlab = "",
     ylab = "",
     col = "darkgreen",
     lwd = 2,
     ylim = c(0, 1.05),
     xaxt = "n",
     yaxt = "n",
     lty = 4)

par(new = TRUE)
gamma_teorica <- pgamma(0:300, shape = mean(monthly_max)^2 / var(monthly_max), rate =
 ↪  mean(monthly_max) / var(monthly_max))
plot(0:300, gamma_teorica,
     type = "l",
     main = "",
     xlab = "",
     ylab = "",
     col = "cyan",
     lwd = 2,
     ylim = c(0, 1.05),
     xaxt = "n",
     yaxt = "n",
     lty = 5)

par(new = TRUE)
weibull_teorica <- pweibull(0:300, shape = weibull_fit$estimate[1], scale =
 ↪  weibull_fit$estimate[2])
plot(0:300, weibull_teorica,
     type = "l",
     main = "",
     xlab = "",
```

```
     ylab = "",
     col = "darkorange",
     lwd = 2,
     ylim = c(0, 1.05),
     xaxt = "n",
     yaxt = "n",
     lty = 6)

par(new = TRUE)
gumbel_teorica <- pgumbel(0:300, a = gumbel_fit$estimate[1], b = gumbel_fit$estimate[2])
plot(0:300, gumbel_teorica,
     type = "l",
     main = "",
     xlab = "",
     ylab = "",
     col = "magenta",
     lwd = 2,
     ylim = c(0, 1.05),
     xaxt = "n",
     yaxt = "n",
     lty = 7)

legend("topleft", legend = c("Normal", "Log-normal", "Exponencial", "Gamma", "Weibull",
 ↪  "Gumbel"), fill = c("bisque3", "blue", "darkgreen", "cyan", "darkorange", "magenta"),
 ↪  cex = 0.8, bty = "n")
```

Haz un gráfico comparativo de las probabilidades acumuladas empírica vs teóricas de todas las distribuciones que analizaste (todas las distribuciones en un solo gráfico).



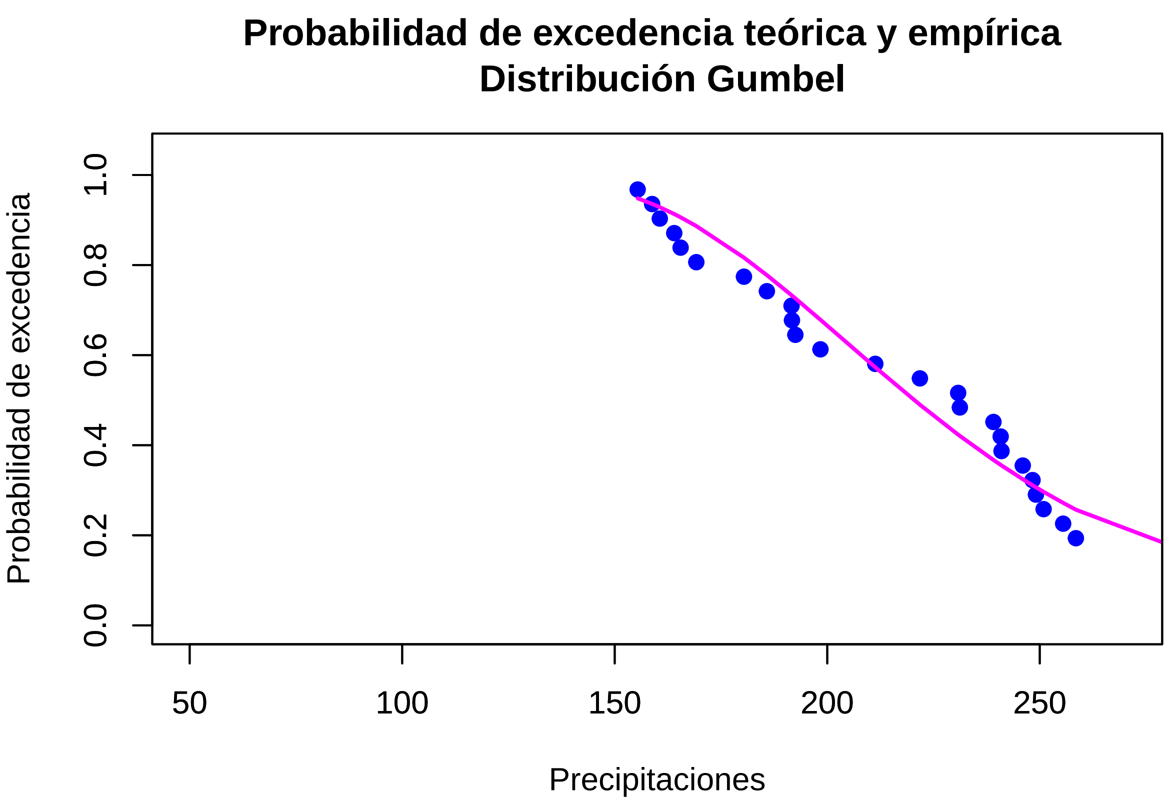
4. Precipitación de diseño de obras hidráulicas

Se desea diseñar una presa derivadora para una zona de riego mediana. Investiga el periodo de retorno recomendado para esta obra hidráulica, puedes consultarlo en: https://pon.sdsu.edu/periodos_de_retorno_cna.html.

Para el diseño de una presa derivadora en una zona de riego mediana (es decir, de 1,000 a 10,000 hectáreas), el periodo de retorno recomendado se encuentra entre 100 y 500 años, según la tabla proporcionada en el link.

A) Haz el gráfico comparativo de la probabilidad de excedencia teórica vs empírica. ¿Qué te indica ese gráfico? interpreta y argumenta la certeza de la selección de la distribución elegida.

```
plot(rain_analysis$order_max_rain, rain_analysis$Pexe, main="Probabilidad de excedencia
  teórica y empírica \n Distribución Gumbel", xlab="Precipitaciones",
  ylab="Probabilidad de excedencia", col="blue", xlim=c(50,270), ylim=c(0, 1.05),
  pch=19)
par(new=TRUE)
plot(rain_analysis$order_max_rain, gumbel_exe, type="l", main="", xlab="", ylab="",
  col="magenta", lwd=2, xlim=c(50,270), ylim=c(0, 1.05))
```



B) Utilizando el límite inferior del intervalo de periodo de retorno sugerido, encuentra la probabilidad de excedencia o de ocurrencia para ese valor. Recuerda que: $P_{ret} = \frac{1}{P_{exe}}$

```
P_ret = 100
Pexe = 1 / P_ret
Pnoexe = 1 - Pexe
precipitacion_diseno = qgumbel(p = Pnoexe, a = gumbel_fit$estimate[1], b =
  gumbel_fit$estimate[2])
```

C) Conociendo la probabilidad de excedencia, calcula su complemento (1 - Pexe) y utiliza esta probabilidad para encontrar el valor de la precipitación máxima mensual que tendrá ese periodo de retorno. En el código se te da un ejemplo si la distribución de probabilidad a la que mejor se ajustaron los datos fue la Gumbel y deseamos calcular el caudal máximo para un periodo de retorno de 200 años.

```
cat("La precipitación de diseño para un periodo de retorno de", P_ret, "años es:",
↪  precipitacion_diseno, "mm\n")
```

```
## La precipitación de diseño para un periodo de retorno de 100 años es: 410.2261 mm
```

```
periodos_retorno = c(50, 150, 300)
for (P_ret in periodos_retorno) {
  Pexe = 1 / P_ret
  Pnoexe = 1 - Pexe
  precipitacion_diseno_weibull = qweibull(p = Pnoexe, shape = weibull_fit$estimate[1],
↪  scale = weibull_fit$estimate[2])
  cat("La precipitación de diseño para un periodo de retorno de", P_ret, "años
  ↪  (Distribución Weibull) es:", precipitacion_diseno_weibull, "mm\n")}
```

Explora otros periodos de retorno diferentes a los que se proporcionan en los periodos sugeridos para contestar esta pregunta.

```
## La precipitación de diseño para un periodo de retorno de 50 años (Distribución Weibull) es: 357.092
## La precipitación de diseño para un periodo de retorno de 150 años (Distribución Weibull) es: 379.873
## La precipitación de diseño para un periodo de retorno de 300 años (Distribución Weibull) es: 392.373
```