MomentoRetroalimentacionMod1

Amy Murakami Tsutsumi - A01750185

2022-09-08

Módulo 1: Estadística para ciencia de datos

Inteligencia artificial avanzada para la ciencia de datos I

Grupo 101

Resumen

La problemática por resolver es el obtener información sobre los principales factores que influyen en el nivel de contaminación por mercurio en los peces de los lagos de Florida. Los métodos y técnicas estadísticas utilizadas son cálculos de tendencia central, dispersión, tablas de distribución de frecuencia, medidas de posición y análisis de distribución de los datos (histogramas y diagramas) y matriz de correlación. Más adelante, se utilizan las herramientas estadísticas de ANOVA y regresión múltiple. Después de todo el proceso de exploración y análisis se obtuvo que los factores más influyentes son la alcalinidad, calcio, clorofila, concentración media de mercurio y la variable que indica si la concentración promedio de mercurio es mayor, menor o igual a 0.5 mg de Hg/kg.

Introducción

Este portafolio de implementación tiene el propósito de utilizar herramientas estadísticas vistas en el módulo uno para poder construir un modelo que pueda contestar la pregunta de investigación establecida. El problema consiste en la contaminación por mercurio de los peces que se encuentran en agua dulce, por lo tanto, se utilizará un dataset con información de 53 lagos de Florida. El dataset contiene las siguientes variables: * X1: Número de identificación * X2: Nombre del lago * X3: Alcalinidad (mg/l de carbonato de calcio) * X4: PH * X5: Calcio (mg/l) * X6: Clorofila (mg/l) * X7: Concentración media de mercurio (parte por millón) en el tejido muscular del grupo de peces estudiados en cada lago * X8: Número de peces estudiados en el lago * X9: Mínimo de la concentración de mercurio en cada grupo de peces * X10: Máximo de la concentración de mercurio en cada grupo de peces * X11: Estimación (mediante regresión) de la concentración de mercurio en el pez de 3 años (o promedio de mercurio cuando la edad no está disponible) * X12: Indicador de la edad de los peces (0: jóvenes; 1: maduros)

La pregunta que se debe contestar a lo largo de la implementación es la siguiente: ¿cuáles son los principales factores que influyen en el nivel de contaminación por mercurio en los peces de los lagos de Florida? Este análisis es de suma importancia para determinar cuáles son las principales causas de la contaminación en los peces. Esta información no sólo afecta a los peces, sino que a la salud humana, ya que los humanos consumimos pescado y puede resultar en algo dañino.

Por lo tanto, realizará como primera etapa la exploración de la base de datos que incluye el cálculo de medidas estadísticas, el uso de herramientas de visualización y exploración de la correlación de las variables. De esta manera, se realizarán cálculos de tendencia central, dispersión, tablas de distribución de frecuencia,

medidas de posición, análisis de distribución de los datos (histogramas y diagramas) y la correlación entre las variables para poder adentrarnos en los datos. Realizando este proceso se obtendrán las variables más importantes para poder continuar en la siguiente etapa de análisis y realizar el modelo de ANOVA y el de regresión múltiple. Después se planea contestar el problema a resolver e indicar los factores más influyentes en el nivel de contaminación por mercurio en los peces.

Exploración de la base de datos

Leer datos

Se almacenarán todas las variables excepto X1 y X2 que son el número de identificación y nombre del lago para realizar la exploración y análisis de datos.

```
##       X3  X4   X5    X6   X7 X8   X9  X10  X11
## 1    5.9 6.1  3.0   0.7 1.23  5 0.85 1.43 1.53
## 2    3.5 5.1  1.9   3.2 1.33  7 0.92 1.90 1.33
## 3  116.0 9.1 44.1 128.3 0.04  6 0.04 0.06 0.04
## 4   39.4 6.9 16.4   3.5 0.44 12 0.13 0.84 0.44
## 5    2.5 4.6  2.9   1.8 1.20 12 0.69 1.50 1.33
## 6   19.6 7.3  4.5  44.1 0.27 14 0.04 0.48 0.25
## 7    5.2 5.4  2.8   3.4 0.48 10 0.30 0.72 0.45
## 8   71.4 8.1 55.2  33.7 0.19 12 0.08 0.38 0.16
## 9   26.4 5.8  9.2   1.6 0.83 24 0.26 1.40 0.72
## 10   4.8 6.4  4.6  22.5 0.81 12 0.41 1.47 0.81
## 11   6.6 5.4  2.7  14.9 0.71 12 0.52 0.86 0.71
## 12  16.5 7.2 13.8   4.0 0.50 12 0.10 0.73 0.51
## 13  25.4 7.2 25.2  11.6 0.49  7 0.26 1.01 0.54
## 14   7.1 5.8  5.2   5.8 1.16 43 0.50 2.03 1.00
## 15 128.0 7.6 86.5  71.1 0.05 11 0.04 0.11 0.05
## 16  83.7 8.2 66.5  78.6 0.15 10 0.12 0.18 0.15
## 17 108.5 8.7 35.6  80.1 0.19 40 0.07 0.43 0.19
## 18  61.3 7.8 57.4  13.9 0.77  6 0.32 1.50 0.49
## 19   6.4 5.8  4.0   4.6 1.08 10 0.64 1.33 1.02
## 20  31.0 6.7 15.0  17.0 0.98  6 0.67 1.44 0.70
## 21   7.5 4.4  2.0   9.6 0.63 12 0.33 0.93 0.45
## 22  17.3 6.7 10.7   9.5 0.56 12 0.37 0.94 0.59
## 23  12.6 6.1  3.7  21.0 0.41 12 0.25 0.61 0.41
## 24   7.0 6.9  6.3  32.1 0.73 12 0.33 2.04 0.81
## 25  10.5 5.5  6.3   1.6 0.34 10 0.25 0.62 0.42
## 26  30.0 6.9 13.9  21.5 0.59 36 0.23 1.12 0.53
## 27  55.4 7.3 15.9  24.7 0.34 10 0.17 0.52 0.31
## 28   3.9 4.5  3.3   7.0 0.84  8 0.59 1.38 0.87
## 29   5.5 4.8  1.7  14.8 0.50 11 0.31 0.84 0.50
## 30   6.3 5.8  3.3   0.7 0.34 10 0.19 0.69 0.47
## 31  67.0 7.8 58.6  43.8 0.28 10 0.16 0.59 0.25
## 32  28.8 7.4 10.2  32.7 0.34 10 0.16 0.65 0.41
## 33   5.8 3.6  1.6   3.2 0.87 12 0.31 1.90 0.87
## 34   4.5 4.4  1.1   3.2 0.56 13 0.25 1.02 0.56
## 35 119.1 7.9 38.4  16.1 0.17 12 0.07 0.30 0.16
## 36  25.4 7.1  8.8  45.2 0.18 13 0.09 0.29 0.16
## 37 106.5 6.8 90.7  16.5 0.19 13 0.05 0.37 0.23
## 38  53.0 8.4 45.6 152.4 0.04  4 0.04 0.06 0.04
```

```
## 39   8.5 7.0  2.5  12.8 0.49 12 0.31 0.63 0.56
## 40  87.6 7.5 85.5  20.1 1.10 10 0.79 1.41 0.89
## 41 114.0 7.0 72.6   6.4 0.16 14 0.04 0.26 0.18
## 42  97.5 6.8 45.5   6.2 0.10 12 0.05 0.26 0.19
## 43  11.8 5.9 24.2   1.6 0.48 10 0.27 1.05 0.44
## 44  66.5 8.3 26.0  68.2 0.21 12 0.05 0.48 0.16
## 45  16.0 6.7 41.2  24.1 0.86 12 0.36 1.40 0.67
## 46   5.0 6.2 23.6   9.6 0.52 12 0.31 0.95 0.55
## 47  25.6 6.2 12.6  27.7 0.65 44 0.30 1.10 0.58
## 48  81.5 8.9 20.5   9.6 0.27  6 0.04 0.40 0.27
## 49   1.2 4.3  2.1   6.4 0.94 10 0.59 1.24 0.98
## 50  34.0 7.0 13.1   4.6 0.40 12 0.08 0.90 0.31
## 51  15.5 6.9  5.2  16.5 0.43 11 0.23 0.69 0.43
## 52  17.3 5.2  3.0   2.6 0.25 12 0.15 0.40 0.28
## 53  71.8 7.9 20.5   8.8 0.27 12 0.15 0.51 0.25
```

Exploración de la base de datos

1. Calcula medidas estadísticas

Variables cuantitativas

Las variables cuantitativas que se utilizarán para realizar los cálculos son la X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10 Y X11.

Medidas de tendencia central: promedio, media, mediana y moda de los datos.

```
##        X3               X4              X5             X6        
##  Min.   :  1.20   Min.   :3.600   Min.   : 1.1   Min.   :  0.70  
##  1st Qu.:  6.60   1st Qu.:5.800   1st Qu.: 3.3   1st Qu.:  4.60  
##  Median : 19.60   Median :6.800   Median :12.6   Median : 12.80  
##  Mean   : 37.53   Mean   :6.591   Mean   :22.2   Mean   : 23.12  
##  3rd Qu.: 66.50   3rd Qu.:7.400   3rd Qu.:35.6   3rd Qu.: 24.70  
##  Max.   :128.00   Max.   :9.100   Max.   :90.7   Max.   :152.40  
##        X7               X8              X9             X10        
##  Min.   :0.0400   Min.   : 4.00   Min.   :0.0400   Min.   :0.0600  
##  1st Qu.:0.2700   1st Qu.:10.00   1st Qu.:0.0900   1st Qu.:0.4800  
##  Median :0.4800   Median :12.00   Median :0.2500   Median :0.8400  
##  Mean   :0.5272   Mean   :13.06   Mean   :0.2798   Mean   :0.8745  
##  3rd Qu.:0.7700   3rd Qu.:12.00   3rd Qu.:0.3300   3rd Qu.:1.3300  
##  Max.   :1.3300   Max.   :44.00   Max.   :0.9200   Max.   :2.0400  
##       X11        
##  Min.   :0.0400  
##  1st Qu.:0.2500  
##  Median :0.4500  
##  Mean   :0.5132  
##  3rd Qu.:0.7000  
##  Max.   :1.5300
```

```
## [1] "Moda: "
```

```
## [1] "Moda de X3: 17.3"
```

```
## [1] "Moda de X4: 5.8"

## [1] "Moda de X5: 3"

## [1] "Moda de X6: 1.6"

## [1] "Moda de X7: 0.34"

## [1] "Moda de X8: 12"

## [1] "Moda de X9: 0.04"

## [1] "Moda de X10: 0.06"

## [1] "Moda de X11: 0.16"
```

Medidas de dispersión: rango: máximo - mínimo, varianza, desviación estándar.

```
##        X3               X4              X5             X6
##  Min.   :  1.20   Min.   :3.600   Min.   : 1.1   Min.   :  0.70
##  1st Qu.:  6.60   1st Qu.:5.800   1st Qu.: 3.3   1st Qu.:  4.60
##  Median : 19.60   Median :6.800   Median :12.6   Median : 12.80
##  Mean   : 37.53   Mean   :6.591   Mean   :22.2   Mean   : 23.12
##  3rd Qu.: 66.50   3rd Qu.:7.400   3rd Qu.:35.6   3rd Qu.: 24.70
##  Max.   :128.00   Max.   :9.100   Max.   :90.7   Max.   :152.40
##        X7               X8              X9              X10
##  Min.   :0.0400   Min.   : 4.00   Min.   :0.0400   Min.   :0.0600
##  1st Qu.:0.2700   1st Qu.:10.00   1st Qu.:0.0900   1st Qu.:0.4800
##  Median :0.4800   Median :12.00   Median :0.2500   Median :0.8400
##  Mean   :0.5272   Mean   :13.06   Mean   :0.2798   Mean   :0.8745
##  3rd Qu.:0.7700   3rd Qu.:12.00   3rd Qu.:0.3300   3rd Qu.:1.3300
##  Max.   :1.3300   Max.   :44.00   Max.   :0.9200   Max.   :2.0400
##       X11
##  Min.   :0.0400
##  1st Qu.:0.2500
##  Median :0.4500
##  Mean   :0.5132
##  3rd Qu.:0.7000
##  Max.   :1.5300

## [1] "Varianza: "

##           X3           X4           X5           X6           X7           X8
## 1.459509e+03 1.660102e+00 6.216333e+02 9.496457e+02 1.163053e-01 7.328520e+01
##           X9          X10          X11
## 5.125958e-02 2.725329e-01 1.147376e-01

## [1] ""

## [1] "Desviación estándar: "

##         X3         X4         X5         X6         X7         X8         X9
## 38.2035267  1.2884493 24.9325744 30.8163214  0.3410356  8.5606773  0.2264058
##        X10        X11
##  0.5220469  0.3387294
```

Variables cualitativas

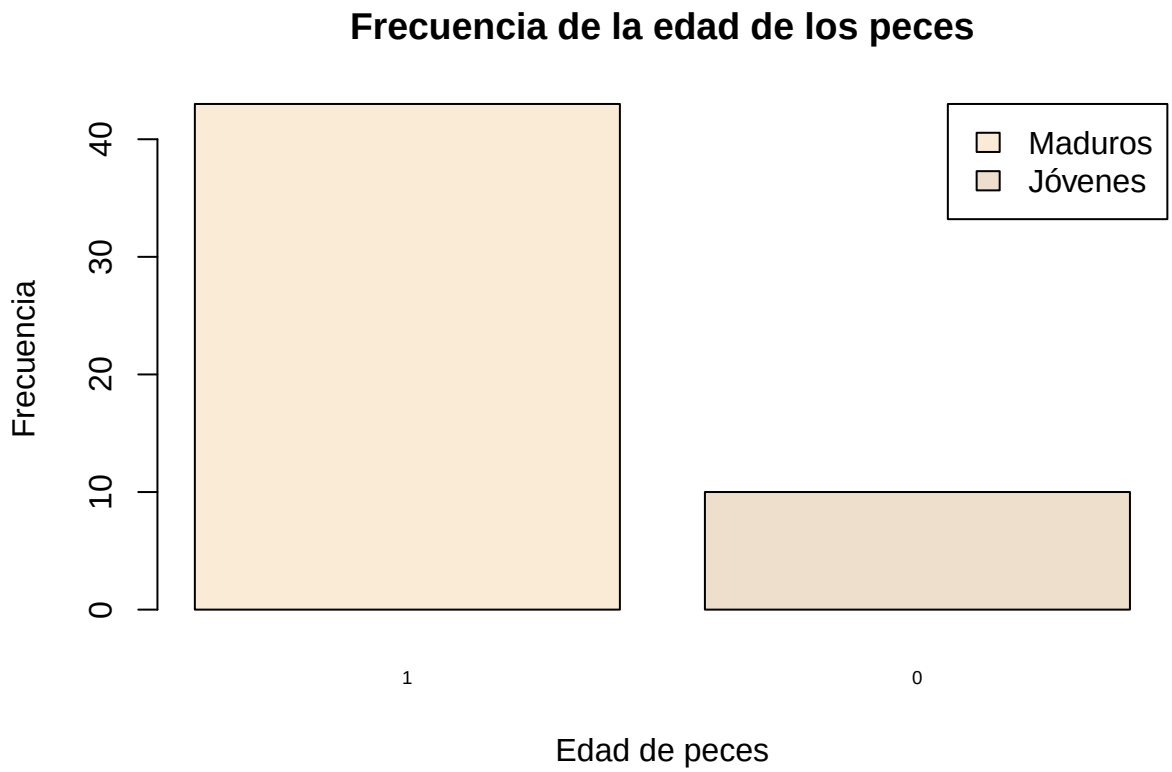
La variable cualitativa que se utilizará es X12 que es el indicador de la edad de los peces.

Tabla de distribución de frecuencia y moda

```
## [1] "Tabla de distribución de frecuencia de X12:"
```

```
## X12
##  0  1
## 10 43
```

```
## [1] "Moda de X12: 1"
```



En la tabla y gráfica anterior de distribución de frecuencia se muestra la variable que contiene la edad de los peces. Se puede observar que existen 43 peces maduros y 10 jovenes.

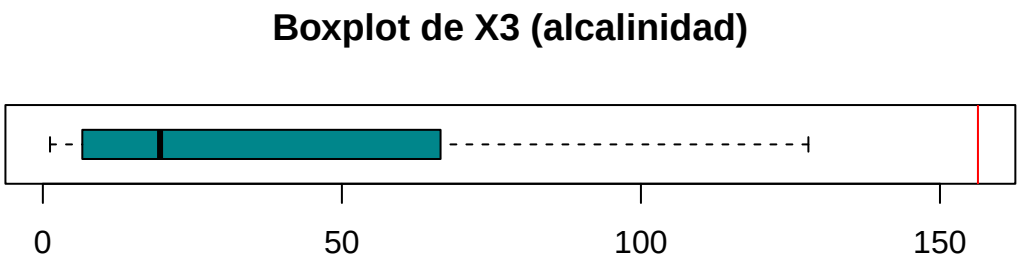
2. Explora los datos usando herramientas de visualización

Variables cuantitativas:

Medidas de posición: cuartiles, outlier (valores atípicos), boxplots

```
## [1] "Cuartiles de X3"
```

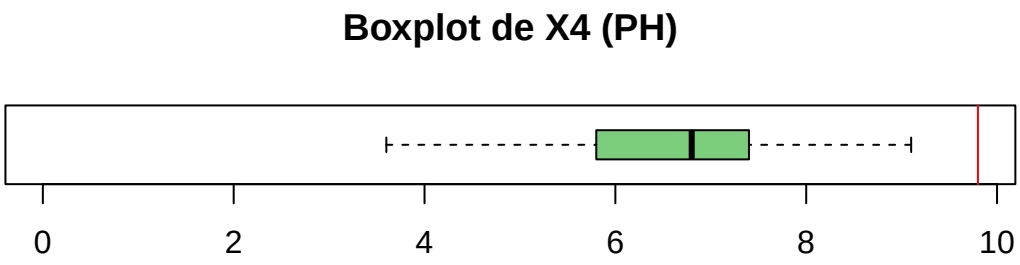
```
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##    1.20    6.60   19.60   37.53   66.50  128.00
```



En la gráfica anterior podemos observar que se tiene una distribución de sesgo a la derecha, ya que la mayoría de los datos se concentran en la parte izquierda de la distribución. Por lo tanto, es una distribución asimétrica.

```
## [1] "Cuartiles de X4"
```

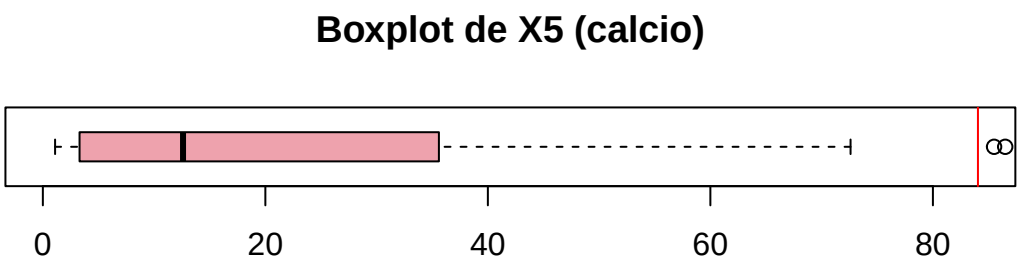
```
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##   3.600   5.800   6.800   6.591   7.400   9.100
```



En la gráfica anterior podemos observar que se tiene una distribución simétrica.

```
## [1] "Cuartiles de X5"
```

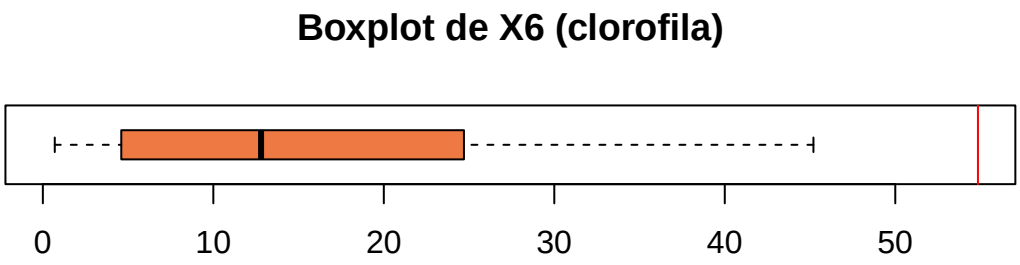
```
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##    1.10    3.30   10.45   18.28   24.95   72.60
```



En la gráfica anterior podemos observar que se tiene una distribución asimétrica con sesgo a la derecha, ya que la mayoría de los datos se concentran en la parte izquierda de la distribución. Asimismo, se tienen datos atípicos que van más alla del ímite derecho.

```
## [1] "Cuartiles de X6"
```

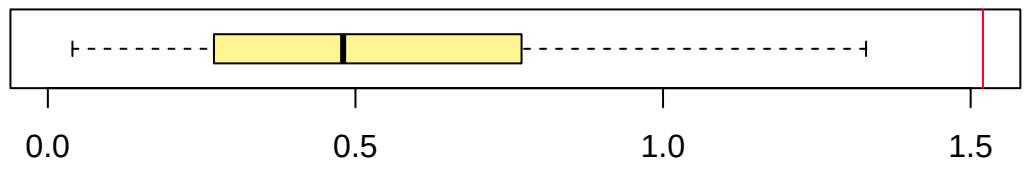
```
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##    0.70    3.75    9.60   13.76   20.55   45.20
```



En la gráfica anterior podemos observar que se tiene una distribución de sesgo a la derecha, ya que la mayoría de los datos se concentran en la parte izquierda de la distribución. Por lo tanto, es una distribución asimétrica.

```
## [1] "Cuartiles de X7"
```

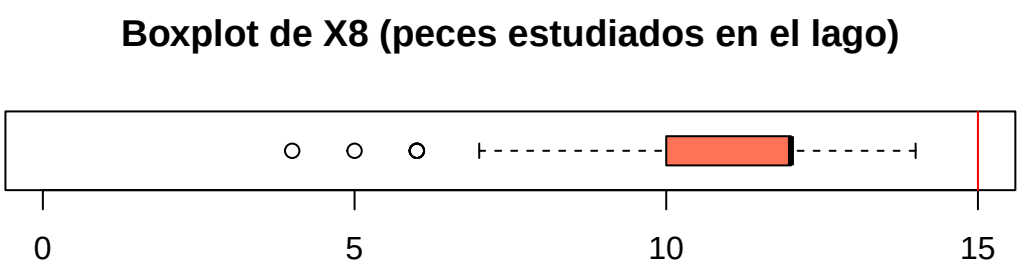
```
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##  0.0400  0.2700  0.4800  0.5272  0.7700  1.3300
```



En la gráfica anterior podemos observar que se tiene una distribución de sesgo a la derecha, ya que la mayoría de los datos se concentran en la parte izquierda de la distribución. Por lo tanto, es una distribución asimétrica.

```
## [1] "Cuartiles de X8"
```

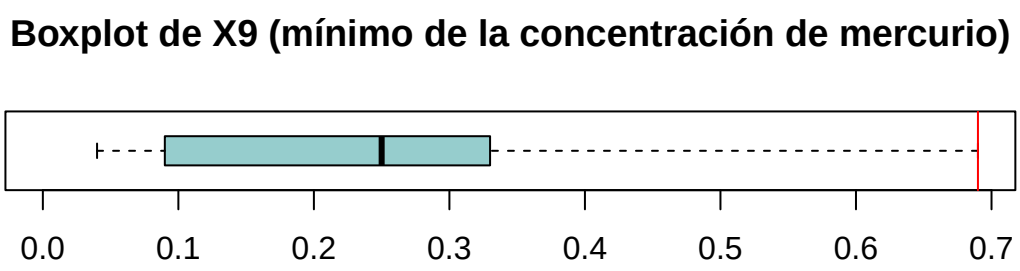
```
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##    4.00   10.00   12.00   10.52   12.00   14.00
```



En la gráfica anterior podemos observar que se tiene una distribución asimétrica.

```
## [1] "Cuartiles de X9"
```

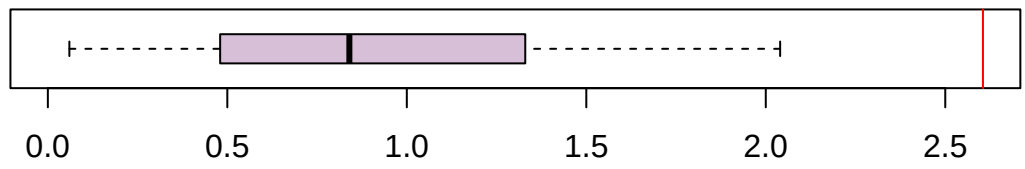
```
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##  0.0400  0.0825  0.2400  0.2454  0.3175  0.6900
```



En la gráfica anterior podemos observar que se tiene una distribución de sesgo a la derecha, ya que la mayoría de los datos se concentran en la parte izquierda de la distribución. Por lo tanto, es una distribución asimétrica.

```
## [1] "Cuartiles de X10"
```

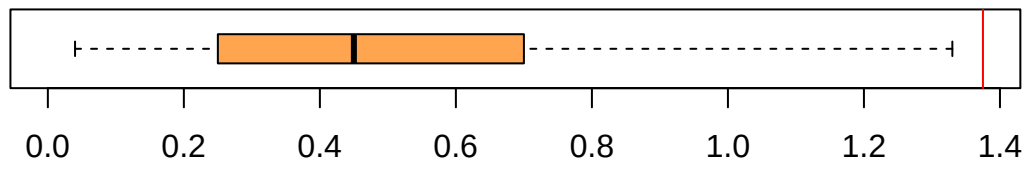
```
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##  0.0600  0.4800  0.8400  0.8745  1.3300  2.0400
```



En la gráfica anterior podemos observar que se tiene una distribución de sesgo a la derecha, ya que la mayoría de los datos se concentran en la parte izquierda de la distribución. Por lo tanto, es una distribución asimétrica.

```
## [1] "Cuartiles de X11"
```

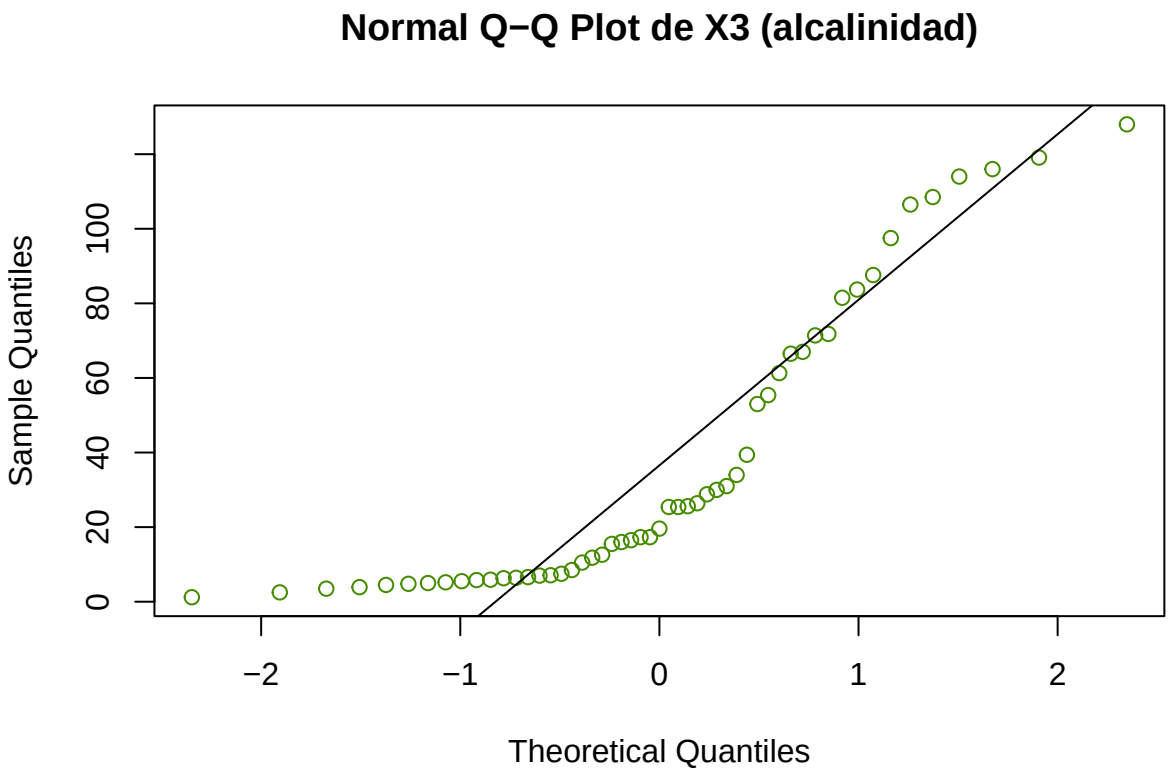
```
##    Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##  0.0400  0.2500  0.4500  0.4937  0.6775  1.3300
```

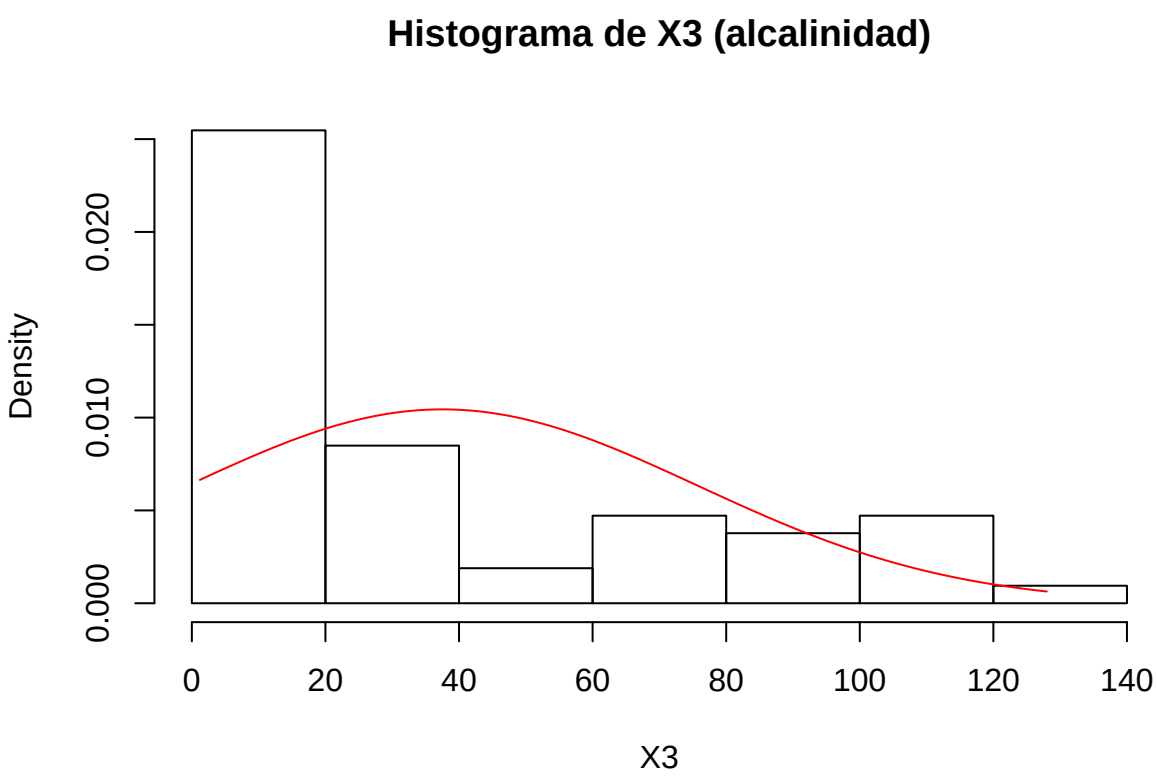


En la gráfica anterior podemos observar que se tiene una distribución de sesgo a la derecha, ya que la mayoría de los datos se concentran en la parte izquierda de la distribución. Por lo tanto, es una distribución asimétrica.

Análisis de distribución de los datos (Histogramas). Identificar si tiene forma simétrica o asimétrica

```
## [1] "Cuartiles de X3"
```


Normal Q−Q Plot de X3 (alcalinidad)
Sample Quantiles
0
20
40
60
80
100
−2
−1
0
1
2
Theoretical Quantiles




```
##
## Attaching package: 'moments'
```

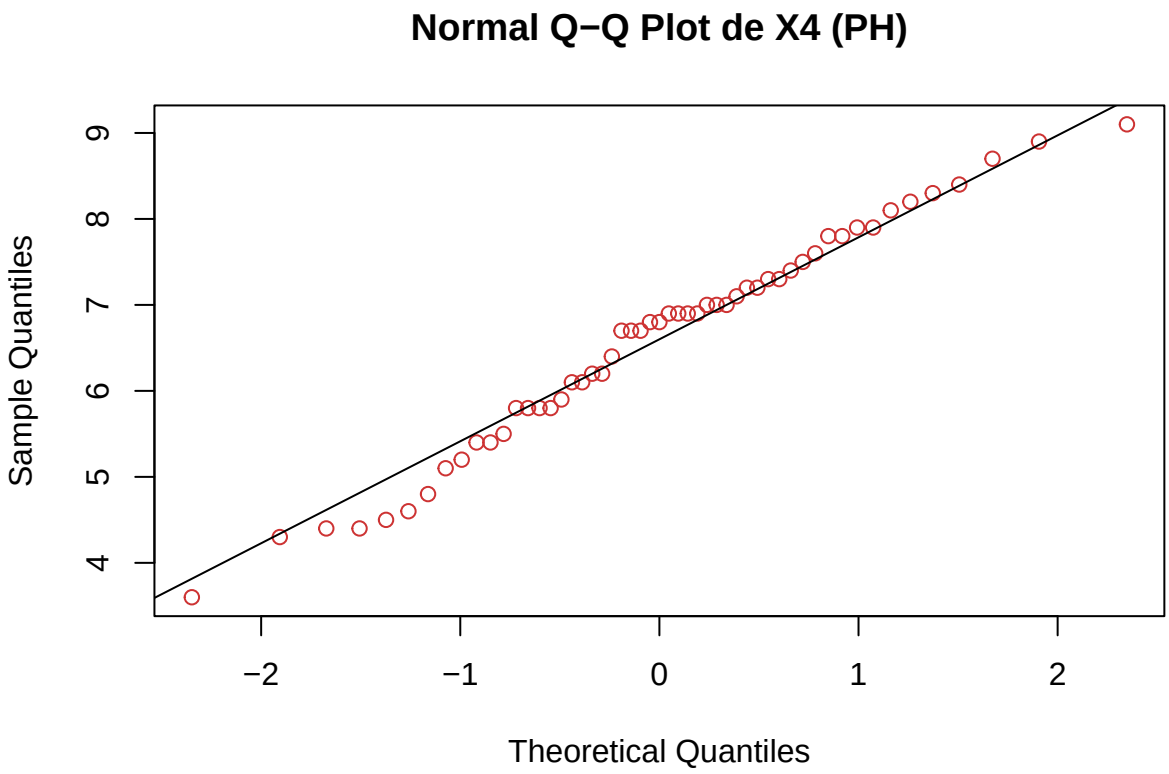
```
## The following object is masked from 'package:modeest':
##
##     skewness
```

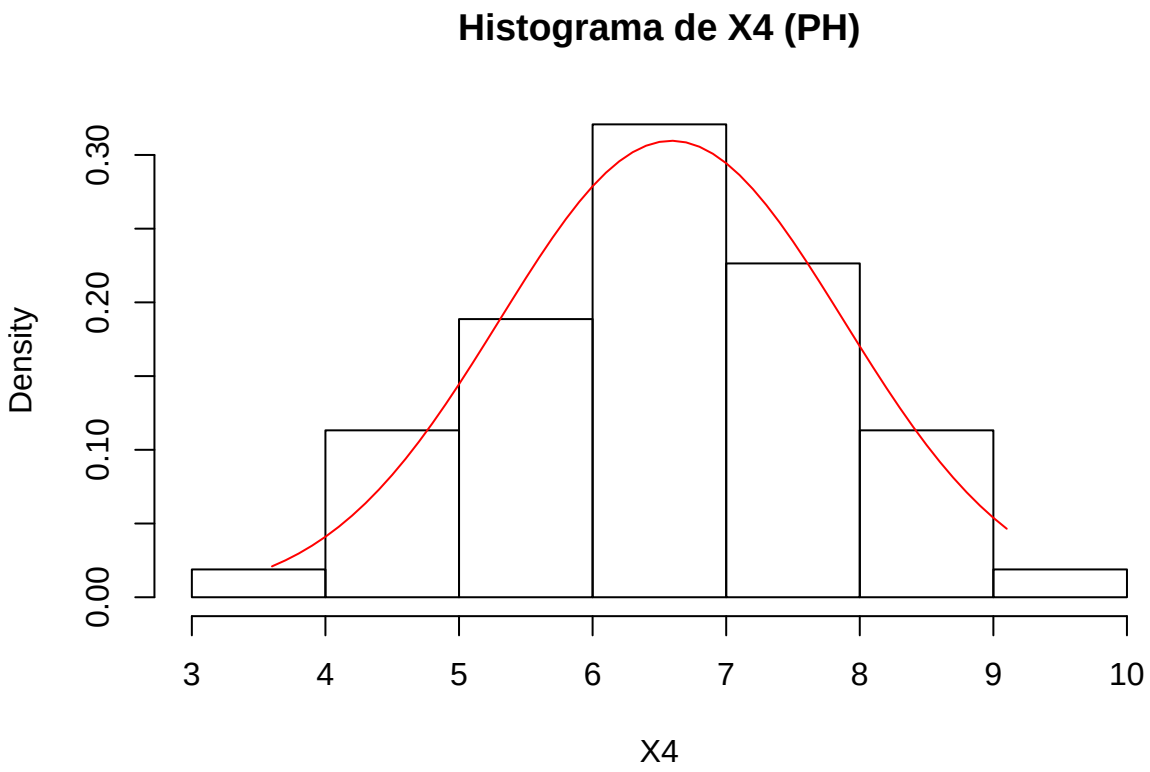
```
## [1] 0.9959715
```

```
## [1] 2.627688
```

La gráfica de Q-Q Plot muestra que tiene una distribución con colas delgadas, es decir, tiene una alta curtosis y una distribución Leptocúrtica. Por otro lado, en el histograma se muestra una distribución asimétrica con sesgo a la derecha.

```
## [1] "Cuartiles de X4"
```


Normal Q−Q Plot de X4 (PH)
Sample Quantiles
Theoretical Quantiles
4
5
6
7
8
9
−2
−1
0
1
2

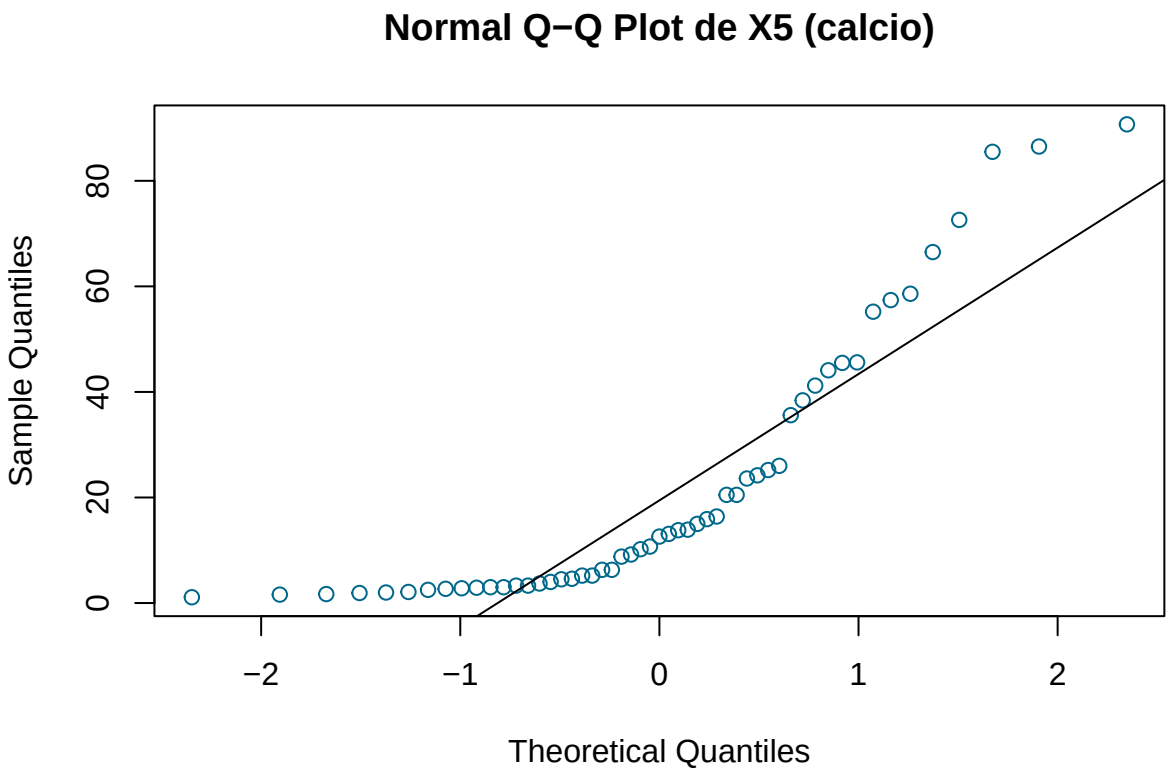


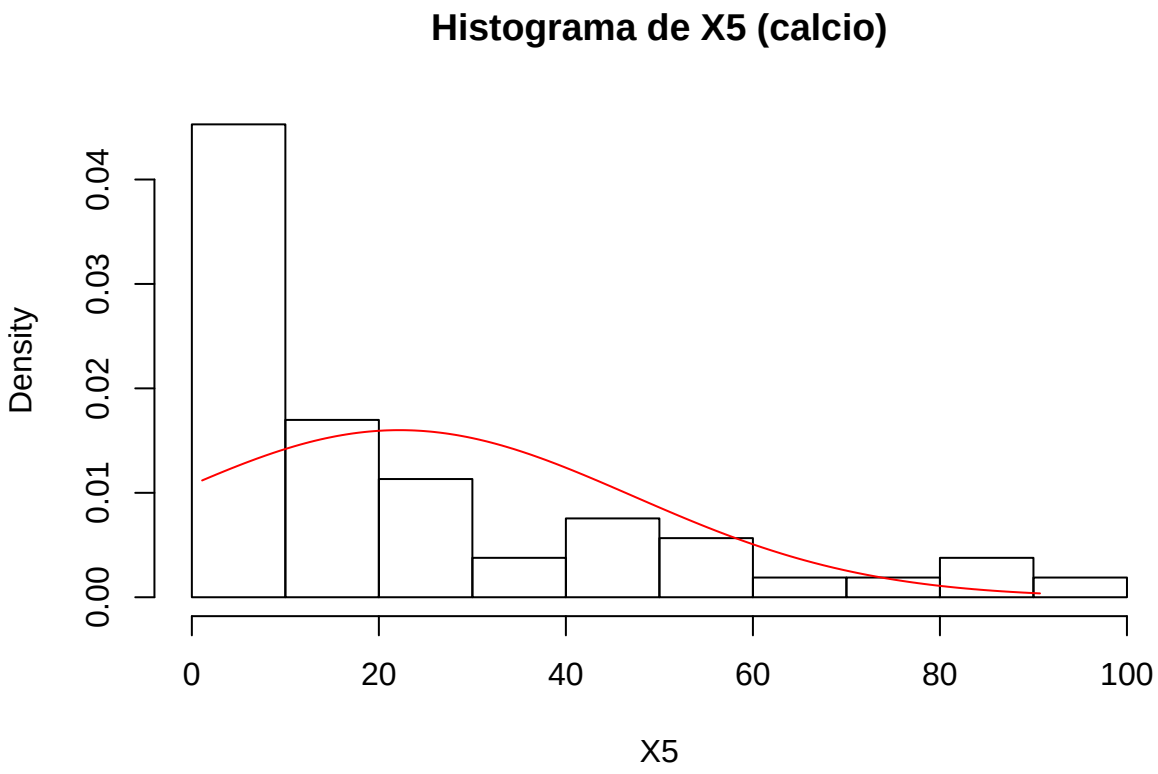

```
## [1] -0.2530037
```

```
## [1] 2.468301
```

La gráfica de Q-Q Plot muestra que tiene una distribución casi ideal. Por otro lado, en el histograma se muestra una distribución simétrica.

```
## [1] "Cuartiles de X5"
```


Normal Q−Q Plot de X5 (calcio)
Sample Quantiles
0
20
40
60
80
−2
−1
0
1
2
Theoretical Quantiles

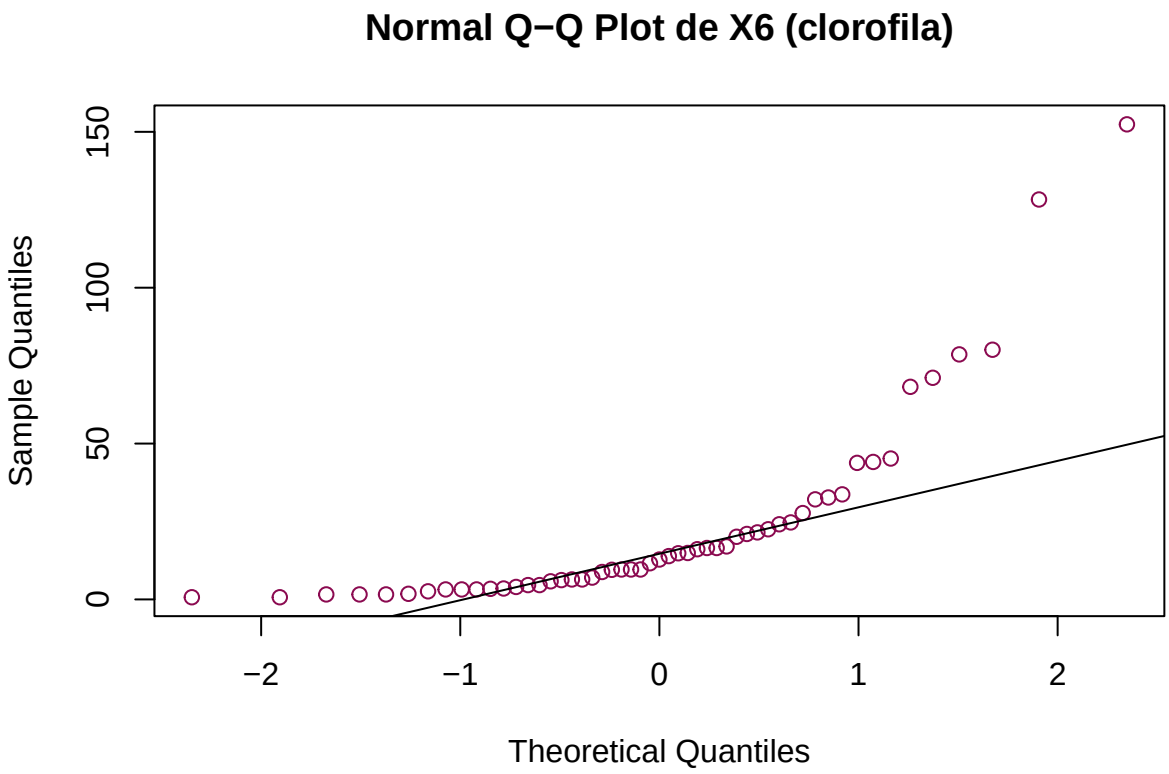


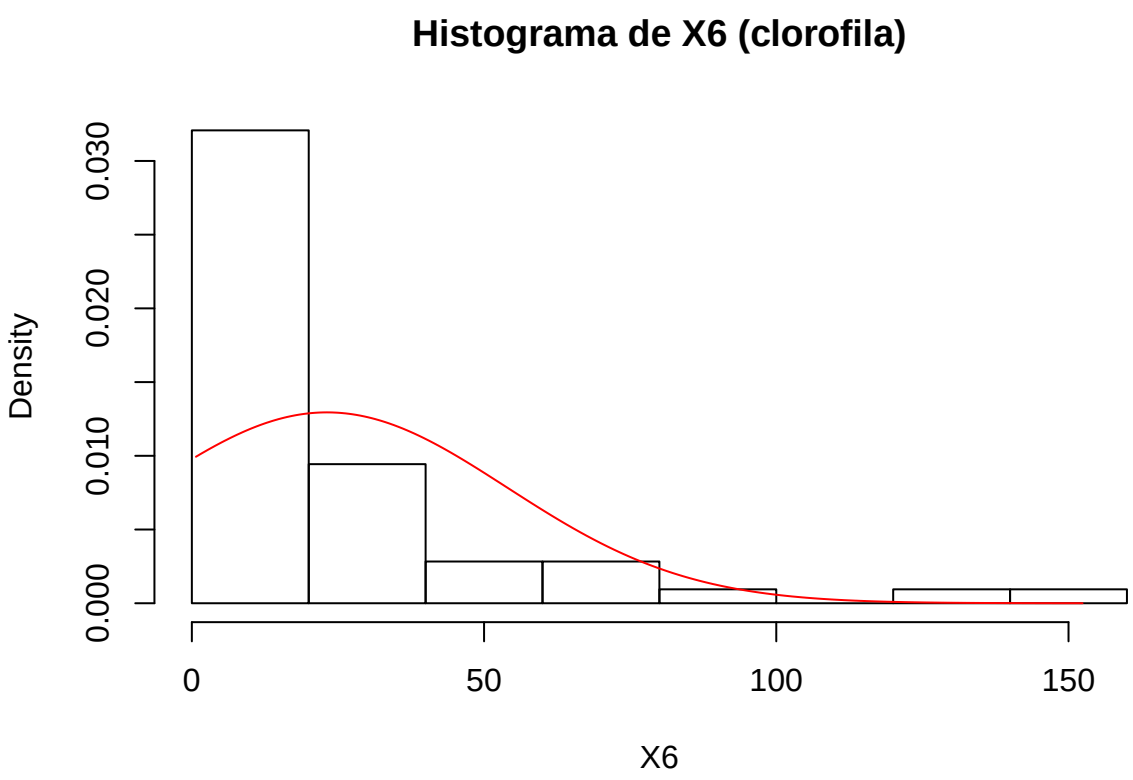

```
## [1] 1.342399
```

```
## [1] 3.753335
```

La gráfica de Q-Q Plot muestra que tiene una distribución con colas gruesas, es decir, tiene una baja curtosis y una distribución platicúrtica. Por otro lado, en el histograma se muestra una distribución asimétrica con sesgo a la derecha.

```
## [1] "Cuartiles de X6"
```


Normal Q−Q Plot de X6 (clorofila)
Sample Quantiles
Theoretical Quantiles
0
50
100
150
−2
−1
0
1
2

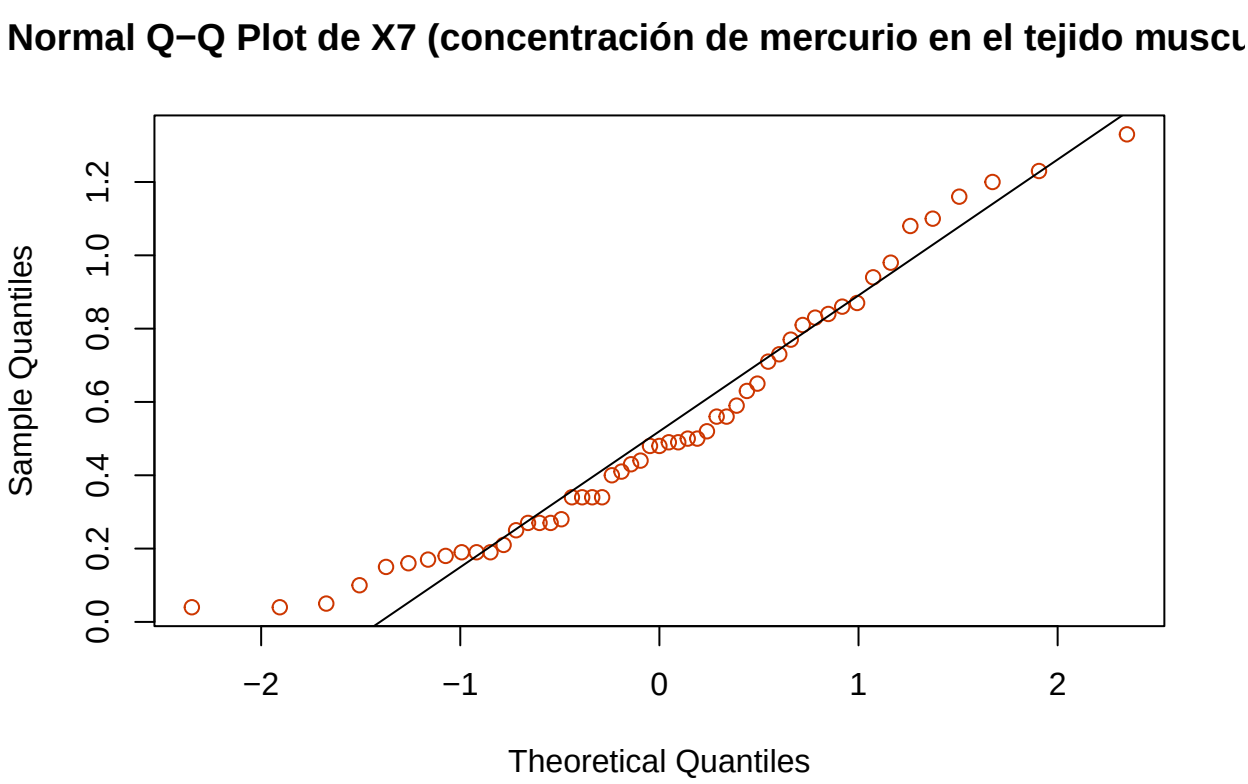


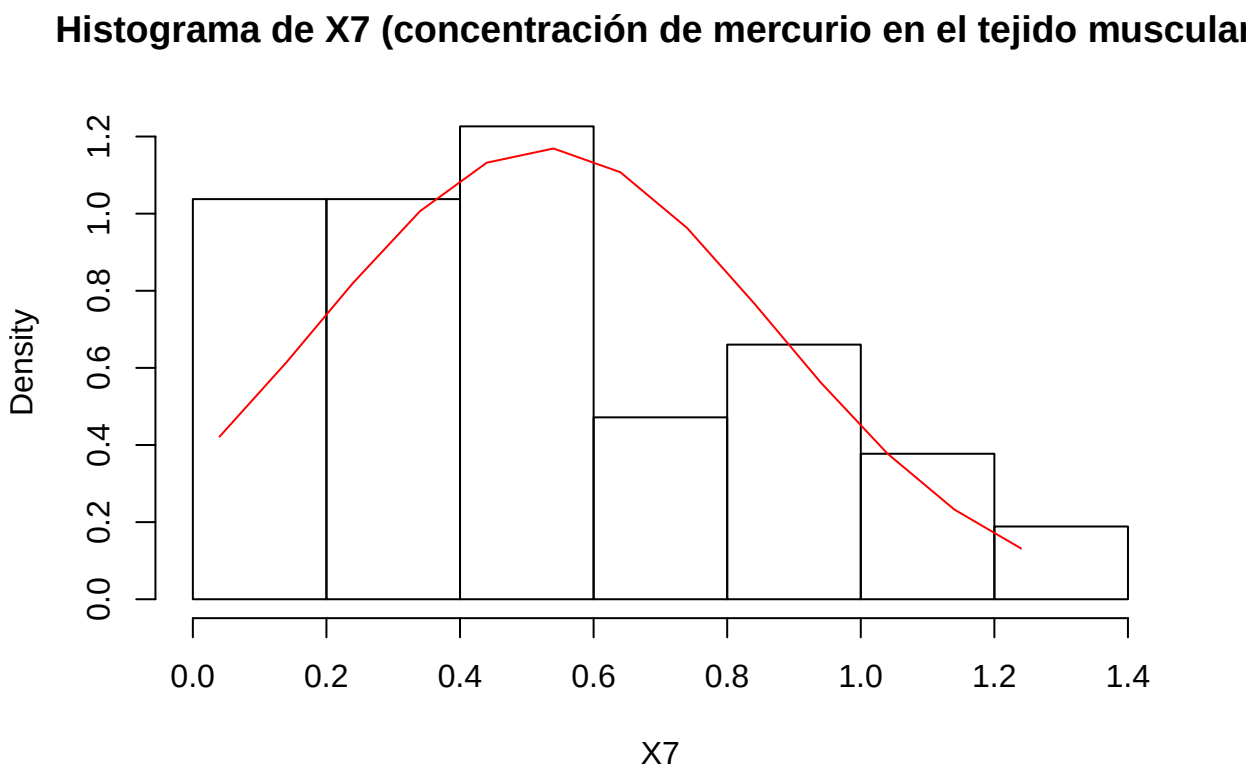

```
## [1] 2.482998
```

```
## [1] 9.457748
```

La gráfica de Q-Q Plot muestra que tiene una distribución con colas gruesas, es decir, tiene una baja curtosis y una distribución platicúrtica. Por otro lado, en el histograma se muestra una distribución asimétrica con sesgo a la derecha.

```
## [1] "Cuartiles de X7"
```


Normal Q−Q Plot de X7 (concentración de mercurio en el tejido muscu
Sample Quantiles
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
−2
−1
0
1
2
Theoretical Quantiles

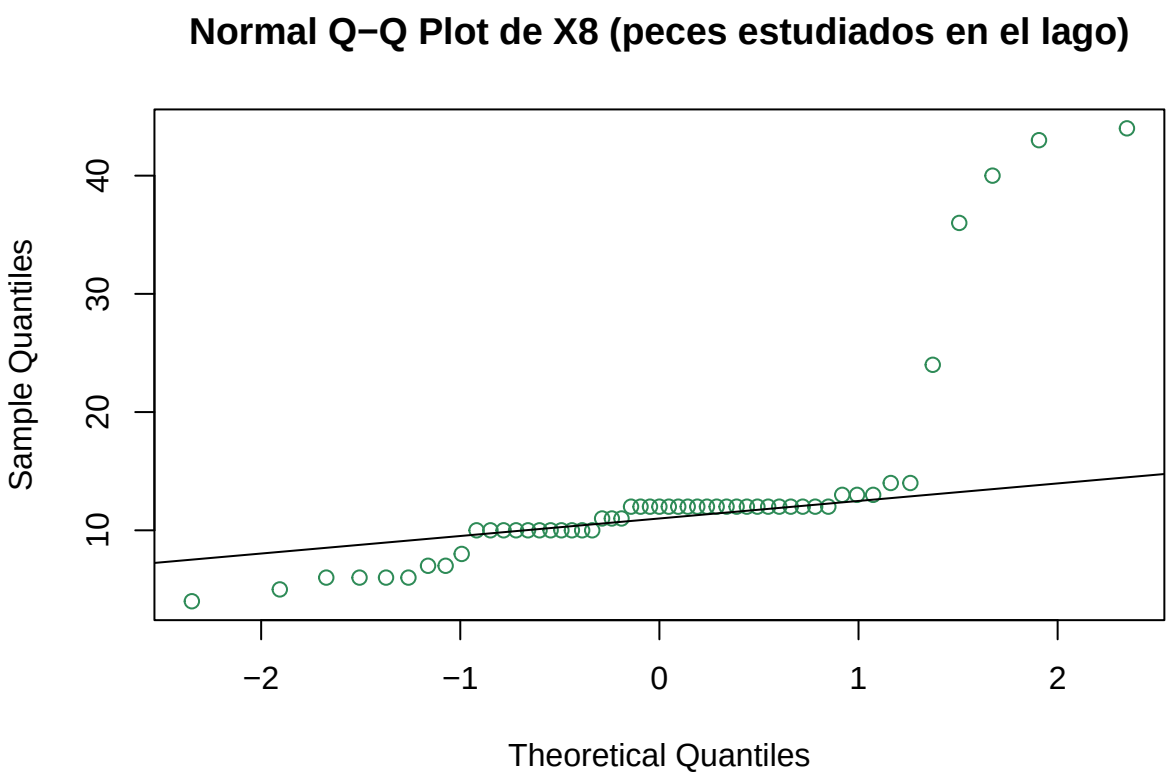


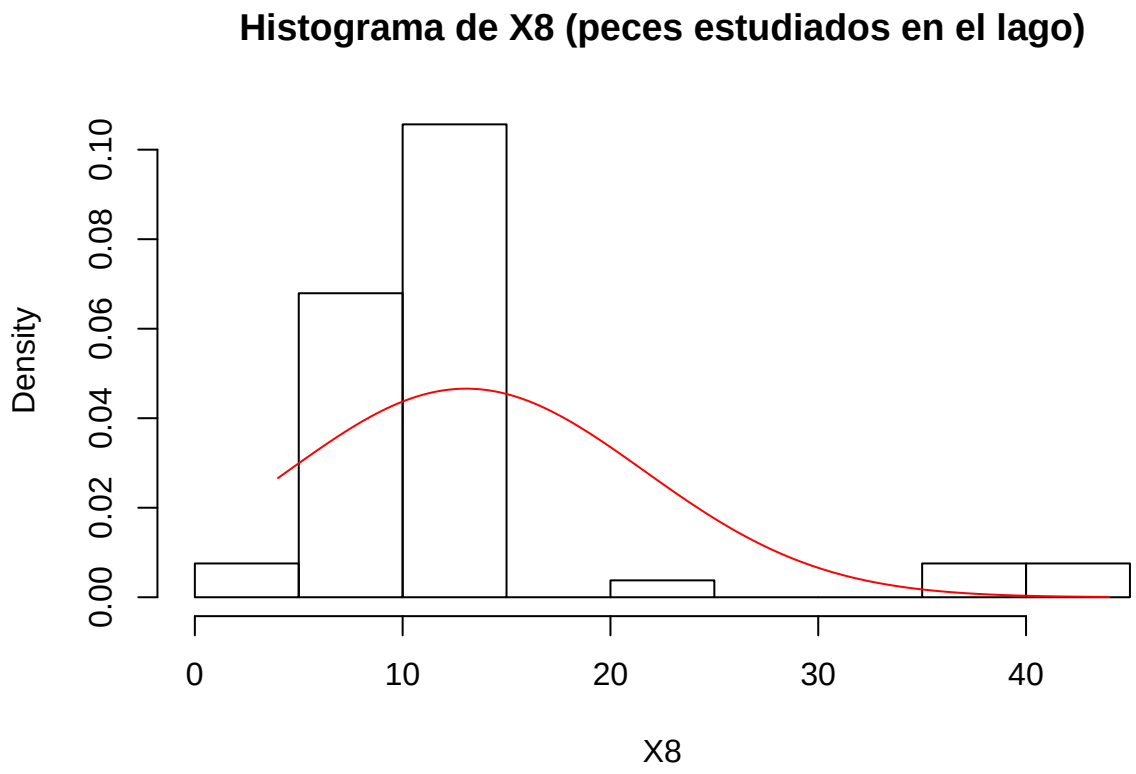

```
## [1] 0.6159853
```

```
## [1] 2.460721
```

La gráfica de Q-Q Plot muestra que tiene una distribución con colas delgadas, es decir, tiene una alta curtosis y una distribución Leptocúrtica. Por otro lado, en el histograma se muestra una distribución casi simétrica con ligero sesgo a la derecha.

```
## [1] "Cuartiles de X8"
```


Normal Q−Q Plot de X8 (peces estudiados en el lago)
Sample Quantiles
10
20
30
40
−2
−1
0
1
2
Theoretical Quantiles

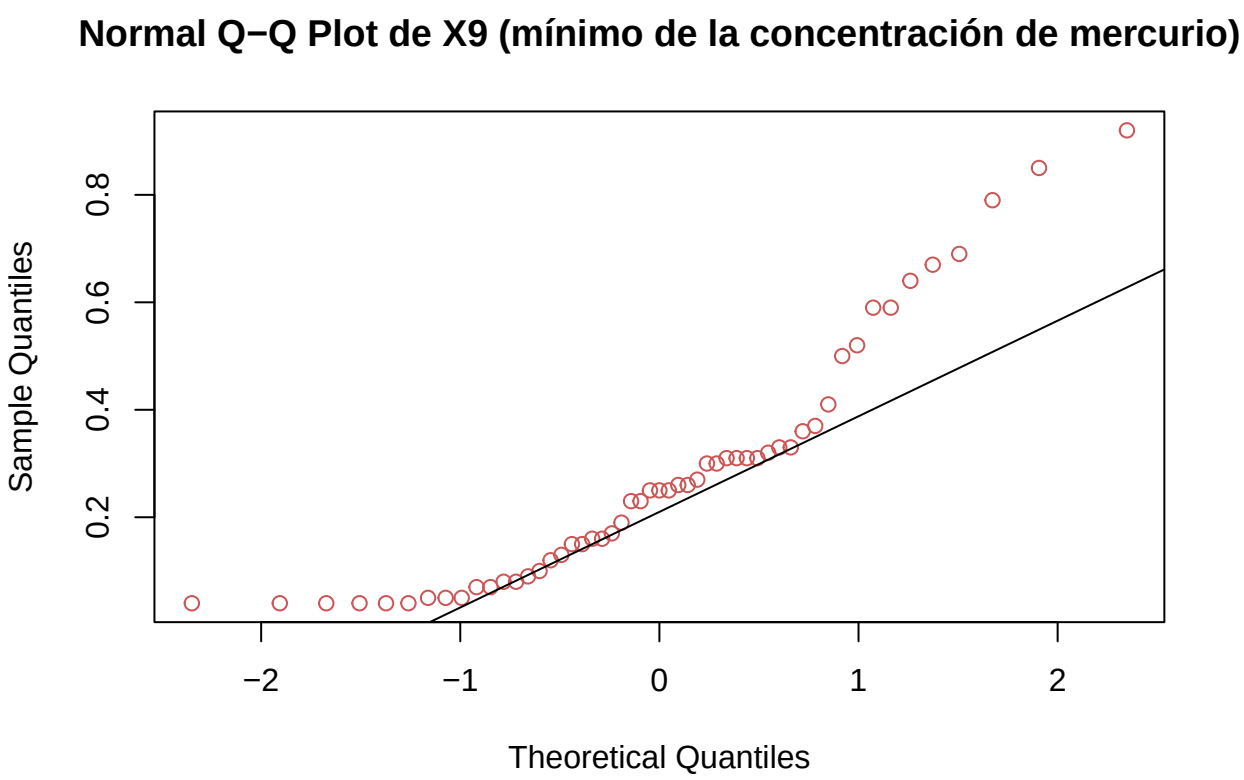


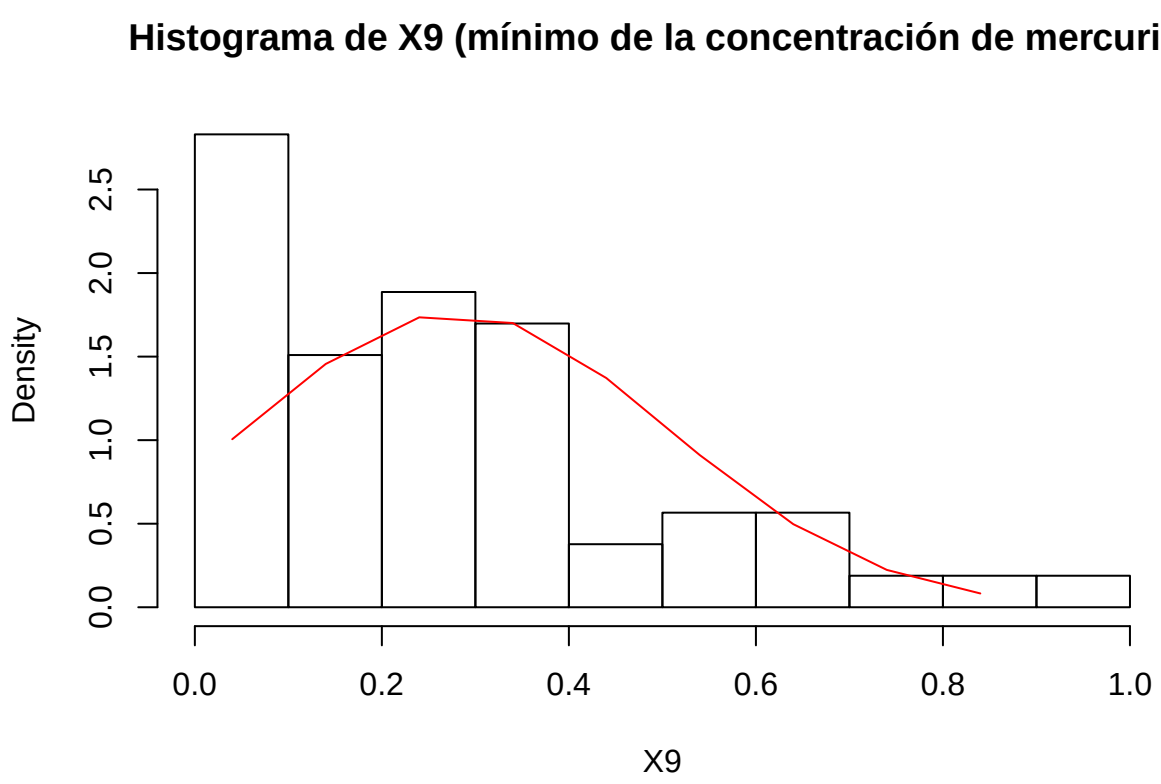

```
## [1] 2.655682
```

```
## [1] 9.358775
```

La gráfica de Q-Q Plot muestra que tiene una distribución con colas gruesas, es decir, tiene una baja curtosis y una distribución platicúrtica. Por otro lado, en el histograma se muestra una distribución asimétrica con sesgo a la derecha.

```
## [1] "Cuartiles de X9"
```


Normal Q−Q Plot de X9 (mínimo de la concentración de mercurio)
Sample Quantiles
0.2
0.4
0.6
0.8
−2
−1
0
1
2
Theoretical Quantiles

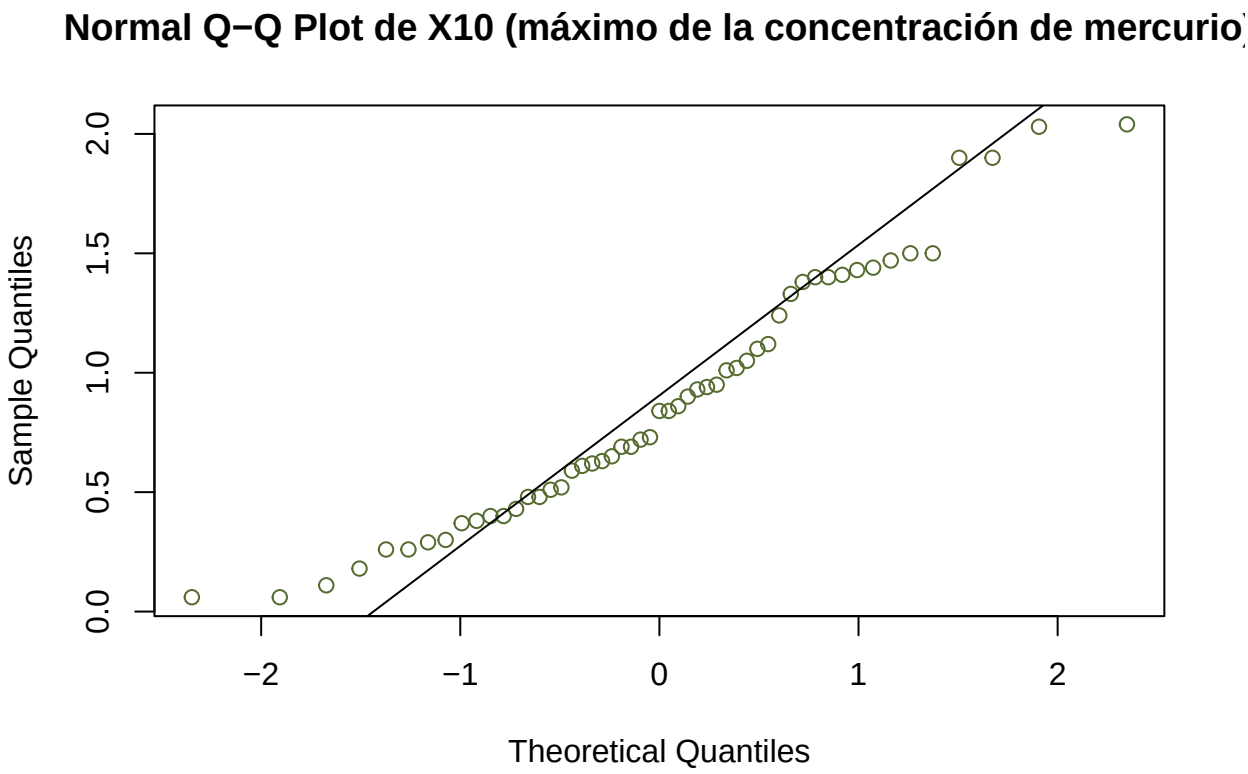


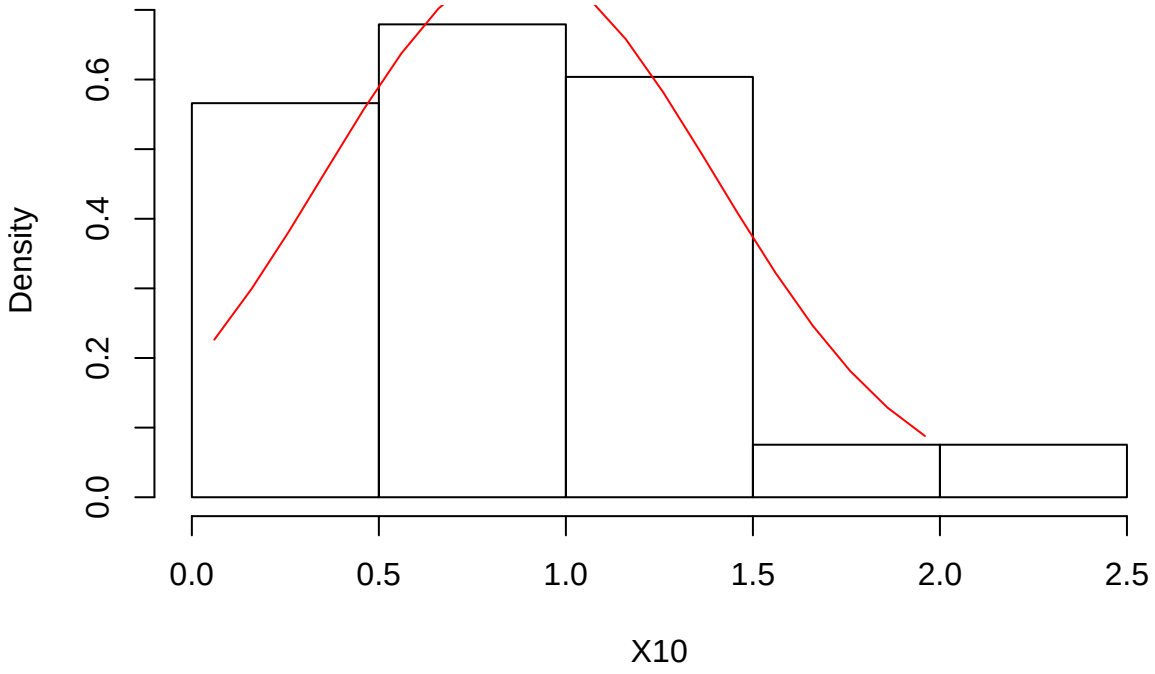

```
## [1] 1.104008
```

```
## [1] 3.538346
```

La gráfica de Q-Q Plot muestra que tiene una distribución con colas gruesas, es decir, tiene una baja curtosis y una distribución platicúrtica. Por otro lado, en el histograma se muestra una distribución asimétrica con sesgo a la derecha.

```
## [1] "Cuartiles de X10"
```


Normal Q−Q Plot de X10 (máximo de la concentración de mercurio)
Sample Quantiles
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
−2
−1
0
1
2
Theoretical Quantiles

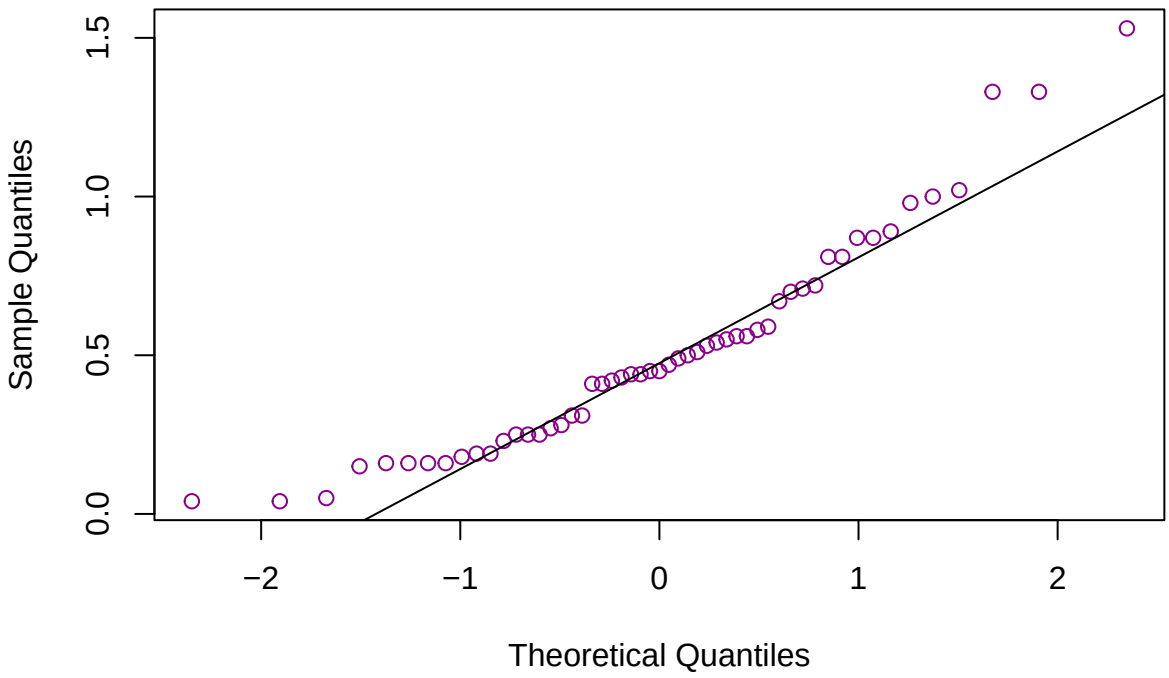


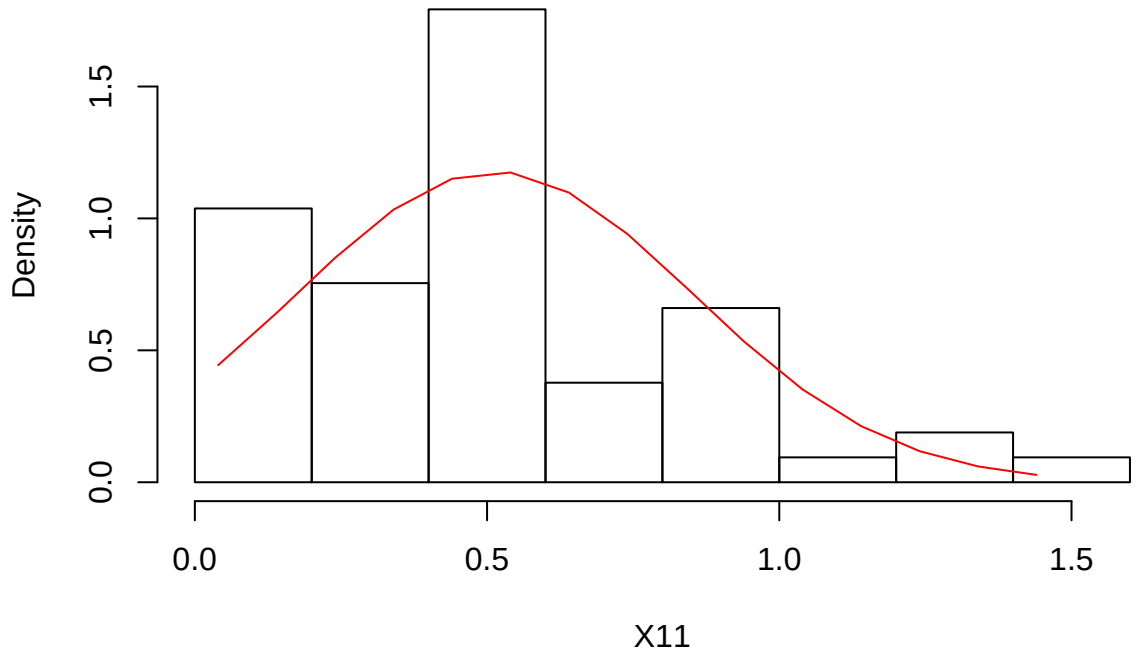

```
## [1] 0.4780584
```

```
## [1] 2.421257
```

La gráfica de Q-Q Plot muestra que tiene una distribución con colas delgadas, es decir, tiene una alta curtosis y una distribución leptocúrtica. Por otro lado, en el histograma se muestra una distribución casi simétrica con un ligero sesgo a la derecha.

```
## [1] "Cuartiles de X11"
```


Normal Q−Q Plot de X11 (estimación de la concentración de mercuri
Sample Quantiles
0.0
0.5
1.0
1.5
−2
−1
0
1
2
Theoretical Quantiles




```
## [1] 0.9723853
```

```
## [1] 3.712108
```

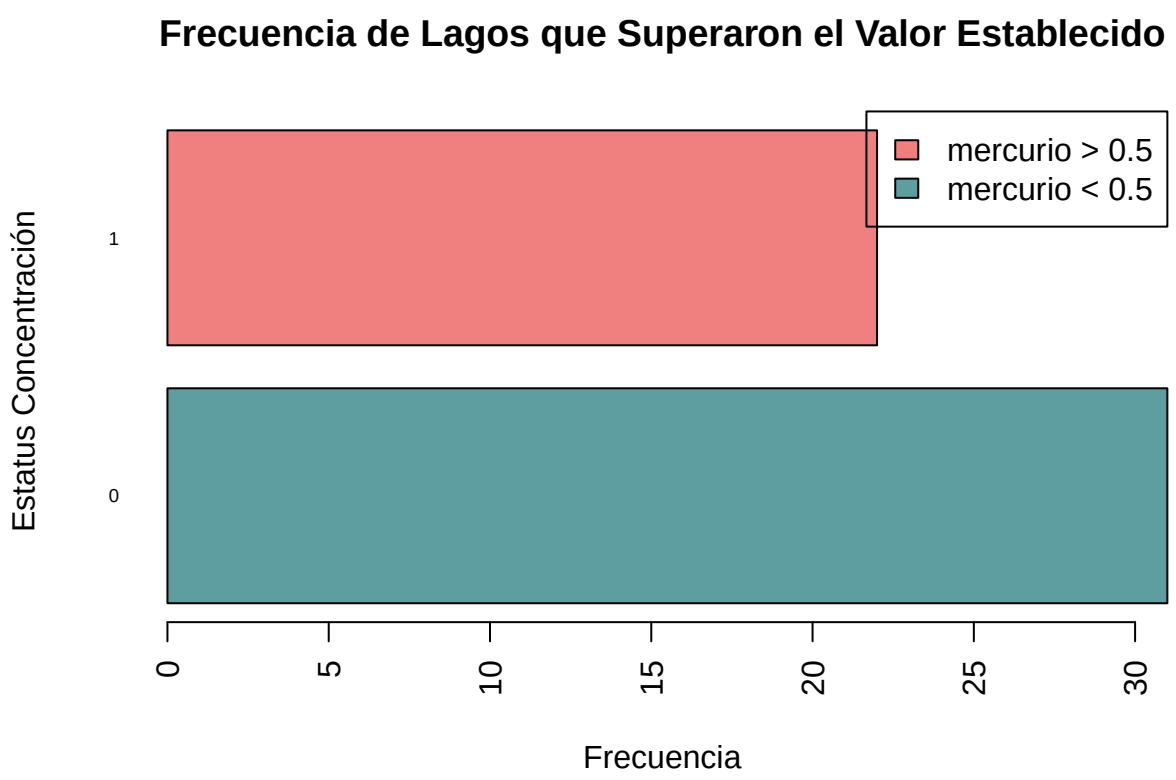
La gráfica de Q-Q Plot muestra que tiene una distribución con colas gruesas, es decir, tiene una baja curtosis y una distribución platicúrtica. Por otro lado, en el histograma se muestra una distribución asimétrica con sesgo a la derecha.

Variables categóricas

Distribución de los datos (diagramas de barras, diagramas de pastel)

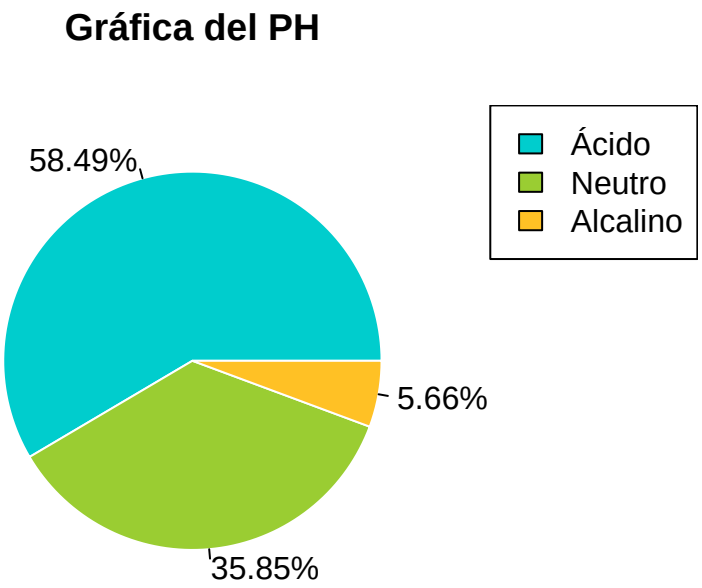
```
## [1] "Tabla de Distribución de Lagos que Superaron los 0.5 mg de Hg/Kg: "
```

```
##
##  0  1
## 31 22
```



La gráfica anterior muestra la frecuencia de lagos que superaron el valor establecido de 0.5 mg de Hg/kg. Por lo tanto, la barra rosa muestra que 22 lagos no son adecuados para la pesca ya que supera la cantidad de concentración de mercurio. Por otro lado, 31 lagos tienen un una concentración de mercurio menor a 0.5.

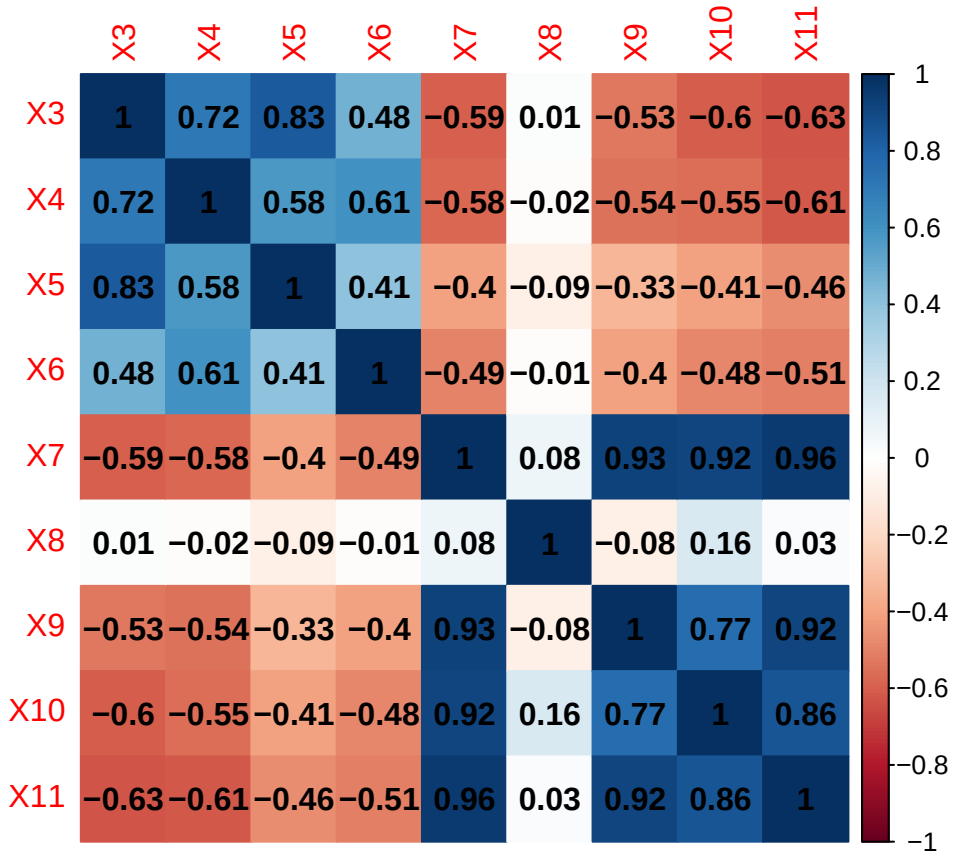
```
## [1] "Tabla de Distribución del PH: "

##
##    Ácido Alcalino   Neutro
##       31       19        3
```



En el diagrama anterior se muestra el nivel de PH de los lagos divididos por ácido (menor a 7), neutro (igual a 7) y alcalino (mayor a 7).

3. Explora la correlación entre las variables. Identifica cuáles son las correlaciones más fuertes y qué sentido tiene relacionarlas.

```
## corrplot 0.92 loaded
```



Al analizar la matriz podemos notar que las correlaciones que más destacan son las que tiene la variable X7 con X9 (0.93), X10 (0.92) y X11 (0.96) con una correlación fuerte positiva. Es probable que esto se deba a que los datos de todas estas variables miden la concentración media de mercurio. Asimismo, la matriz muestra que la variable X7 es la que tiene una correlación significativa ya sea positiva o negativa con las otras variables. Por lo tanto, esta será la variable principal para realizar los modelos más adelante.

A pesar de que las variables X9, X10 y X11 estén fuertemente correlacionadas con la X7, considero que para el análisis de datos y creación de modelos se utilizarán otras variables. Debido al supuesto que establece que ninguna variable independiente se encuentra altamente correlacionada con otra variable del modelo. Al elegir variables con alta correlación puede ocurrir un problema de multicolinealidad en modelos de regresión.

Análisis de datos y pregunta base

Las dos herramientas estadísticas para realizar el análisis de datos y proporcionar información para contestar la pregunta base son el modelo ANOVA y la regresión múltiple.

ANOVA

Se utilizará el modelo ANOVA con el propósito de contestar la siguiente pregunta: ¿habrá diferencia significativa entre la concentración de mercurio y la edad de los peces? Por lo tanto, para realizarlo se utilizarán los datos de X12 (indicador de la edad de los peces) y X7 (concentración media de mercurio en el tejido muscular de los peces). Primero, se acomodarán los datos de X7 en otro dataframe según los valores de edad, es decir, primero los que tengan valor 0 (jovenes) y después los que tengan valor 1 (maduros). Después

se creará la variable edad que contiene los factores categóricos de X12 para poder realizar el ANOVa con un nivel de significación de 0.05.

```
## [1] "jovenes"
```

```
##  [1] 1.33 0.04 0.44 0.05 0.41 0.50 0.87 0.56 0.04 0.27
```

```
## [1] 10
```

```
## [1] "maduros"
```

```
##  [1] 1.23 1.20 0.27 0.48 0.19 0.83 0.81 0.71 0.50 0.49 1.16 0.15 0.19 0.77 1.08
## [16] 0.98 0.63 0.56 0.73 0.34 0.59 0.34 0.84 0.34 0.28 0.34 0.17 0.18 0.19 0.49
## [31] 1.10 0.16 0.10 0.48 0.21 0.86 0.52 0.65 0.94 0.40 0.43 0.25 0.27
```

```
## [1] 43
```

```
## [1] "media mercurio"
```

```
##  [1] 1.33 0.04 0.44 0.05 0.41 0.50 0.87 0.56 0.04 0.27 1.23 1.20 0.27 0.48 0.19
## [16] 0.83 0.81 0.71 0.50 0.49 1.16 0.15 0.19 0.77 1.08 0.98 0.63 0.56 0.73 0.34
## [31] 0.59 0.34 0.84 0.34 0.28 0.34 0.17 0.18 0.19 0.49 1.10 0.16 0.10 0.48 0.21
## [46] 0.86 0.52 0.65 0.94 0.40 0.43 0.25 0.27
```

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## edad         1  0.072 0.07151    0.61  0.438
## Residuals   51  5.976 0.11718
```

Ya que el valor de p (0.438) es mayor a 0.05 entonces encontramos que no existe un efecto significativo de la variable edad. Además, no aparecen los valores de significancia en el summary. Entonces se puede concluir que la relación de edad y concentración media no es estadísticamente significativa ya que no se cuenta con suficiente información para detectar una diferencia significativa.Por lo tanto, se utilizará el modelo ANOVA con otros datos y el mismo nivel de significación de 0.05.

Ahora, se implementará el modelo con los datos de frecuencia de lagos que superaron el valor establecido (0.5). Esto se realizará con el fin de contestar la pregunta: ¿hay evidencia para suponer que la concentración promedio de mercurio en los lagos es dañino para la salud humana? Considera que las normativas de referencia para evaluar los niveles máximos de Hg (Reglamento 34687-MAG y los reglamentos internacionales CE 1881/2006 y Codex Standard 193-1995) establecen que la concentración promedio de mercurio en productos de la pesca no debe superar los 0.5 mg de Hg/kg.

Por lo tanto, valores que sean mayores a 0.5 no son adecuados para la pesca, de lo contrario son adecuados.

```
## [1] "menor"
```

```
##  [1] 0.04 0.44 0.27 0.48 0.19 0.50 0.49 0.05 0.15 0.19 0.41 0.34 0.34 0.50 0.34
## [16] 0.28 0.34 0.17 0.18 0.19 0.04 0.49 0.16 0.10 0.48 0.21 0.27 0.40 0.43 0.25
## [31] 0.27
```

```
## [1] 31
```

```
## [1] "mayor"
```

```
##  [1] 1.23 1.33 1.20 0.83 0.81 0.71 1.16 0.77 1.08 0.98 0.63 0.56 0.73 0.59 0.84
## [16] 0.87 0.56 1.10 0.86 0.52 0.65 0.94
```

```
## [1] 22
```

```
## [1] "media mercurio"
```

```
##  [1] 0.04 0.44 0.27 0.48 0.19 0.50 0.49 0.05 0.15 0.19 0.41 0.34 0.34 0.50 0.34
## [16] 0.28 0.34 0.17 0.18 0.19 0.04 0.49 0.16 0.10 0.48 0.21 0.27 0.40 0.43 0.25
## [31] 0.27 1.23 1.33 1.20 0.83 0.81 0.71 1.16 0.77 1.08 0.98 0.63 0.56 0.73 0.59
## [46] 0.84 0.87 0.56 1.10 0.86 0.52 0.65 0.94
```

```
##  [1] Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor
## [13] Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor
## [25] Menor Menor Menor Menor Menor Menor Menor Mayor Mayor Mayor Mayor Mayor
## [37] Mayor Mayor Mayor Mayor Mayor Mayor Mayor Mayor Mayor Mayor Mayor Mayor
## [49] Mayor Mayor Mayor Mayor Mayor
## Levels: Mayor Menor
```

```
##             Df Sum Sq Mean Sq F value   Pr(>F)
## nivel        1  4.201   4.201     116 9.68e-15 ***
## Residuals   51  1.847   0.036
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Para realizar el ANOVA primero se agregó la variable dependiente númerica (media_mercurio) y luego la variable independiente categórica (nivel). Además, en la tabla anterior podemos notar que el valor de p = 9.68e-15 es menor al valor de significancia establecido, por lo tanto, se continuará con el análisis.

```
## [1] "Medias del nivel"
```

```
##     Mayor     Menor
## 0.8613636 0.2900000
```

```
## [1] "Desviación estándar del nivel"
```

```
##     Mayor     Menor
## 0.2397478 0.1460593
```

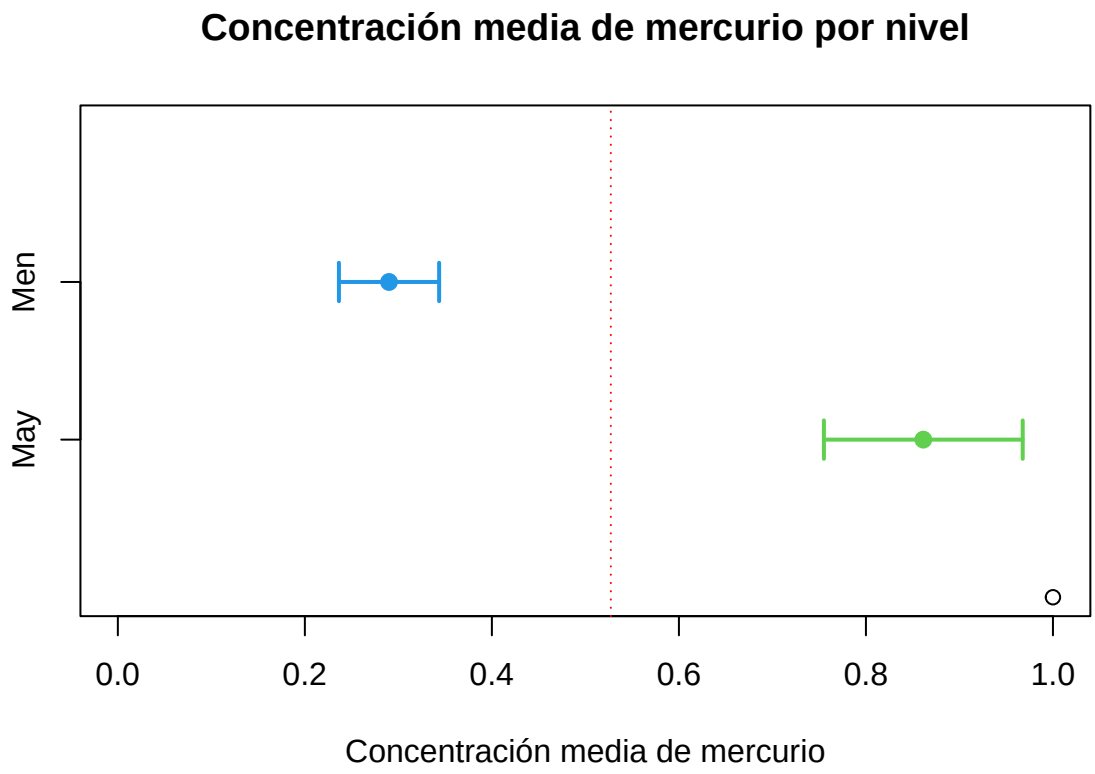
```
## [1] "Tamaño de la muestra por nivel"
```

```
## Mayor Menor
##    22    31
```

Intervalos de confianza

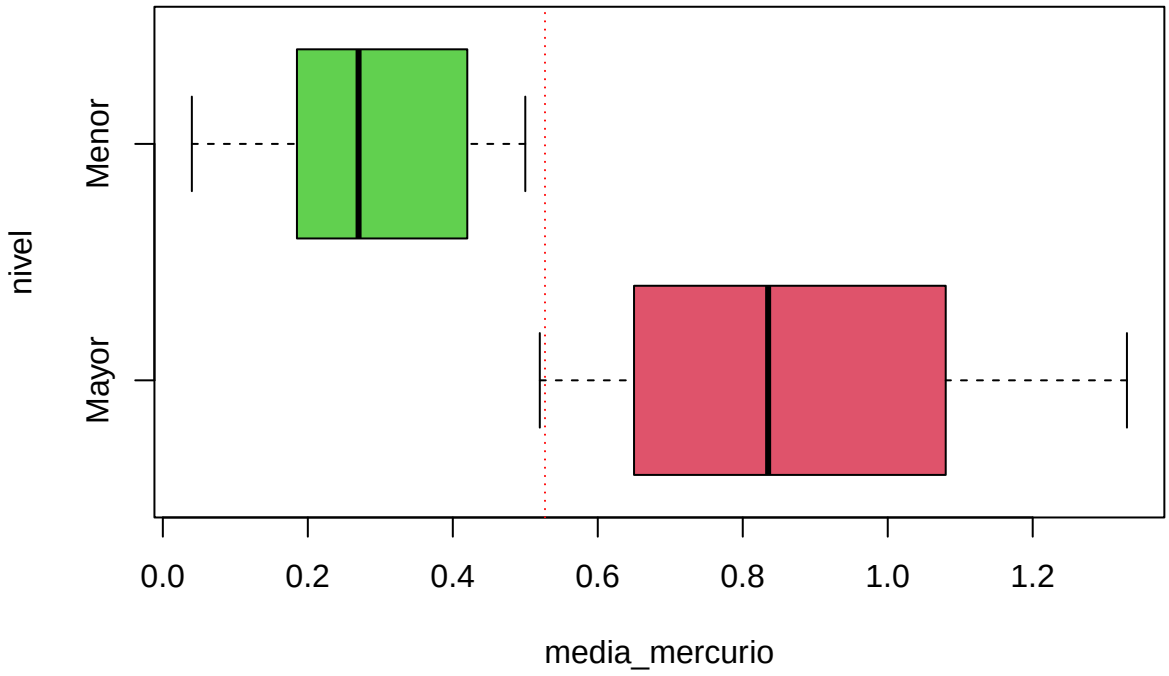
```
##     Mayor     Menor
## 0.7550654 0.2364250
```

```
##     Mayor     Menor
## 0.9676619 0.3435750
```



La gráfica anterior muestra la relación entre los niveles que son mayores o menores con la concentración media de mercurio. Se puede observar que la concentración de datos de la clasificación "menor" se encuentra entre 0.2 y 0.4, mientras que el grupo "mayor" se encuentra entre 0.7 y 1.

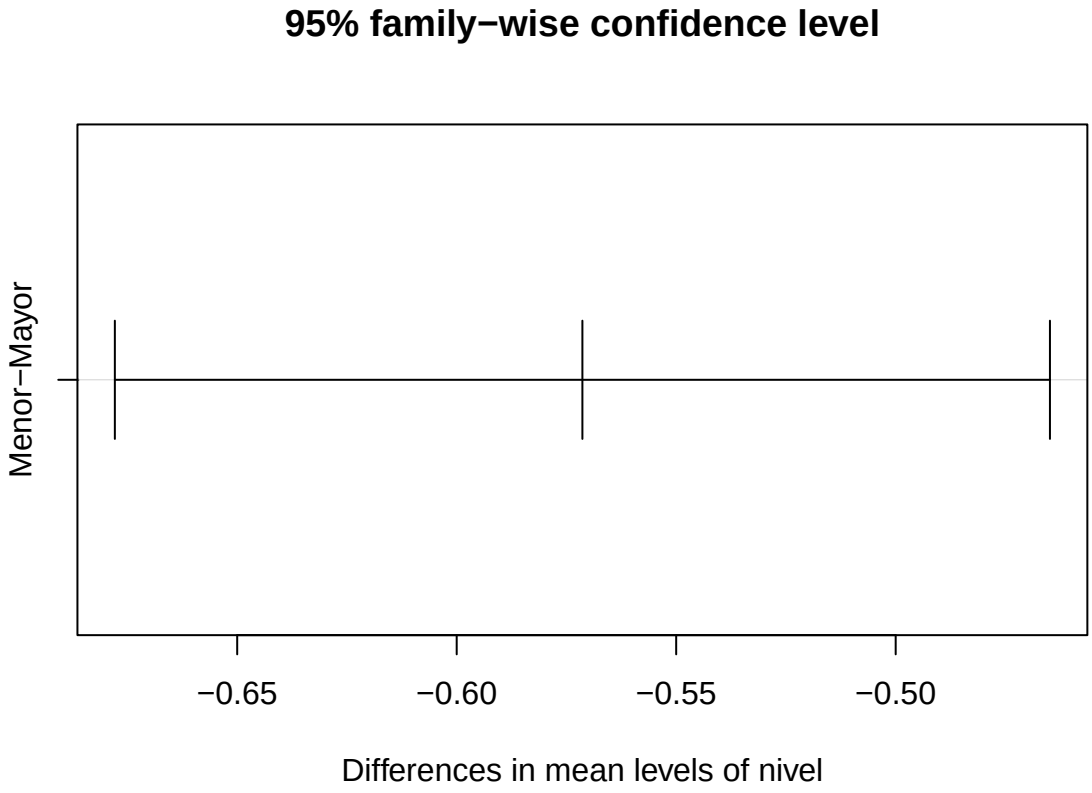
BoxPlot



El boxplot muestra la distribución de datos en ambos grupos (menor y mayor), este indica que para el grupo "menor" la concetración de datos esta ligeramente a la derecha mientras que en el grupo "mayor" los datos se concentran a la izquierda.

Prueba de Tukey

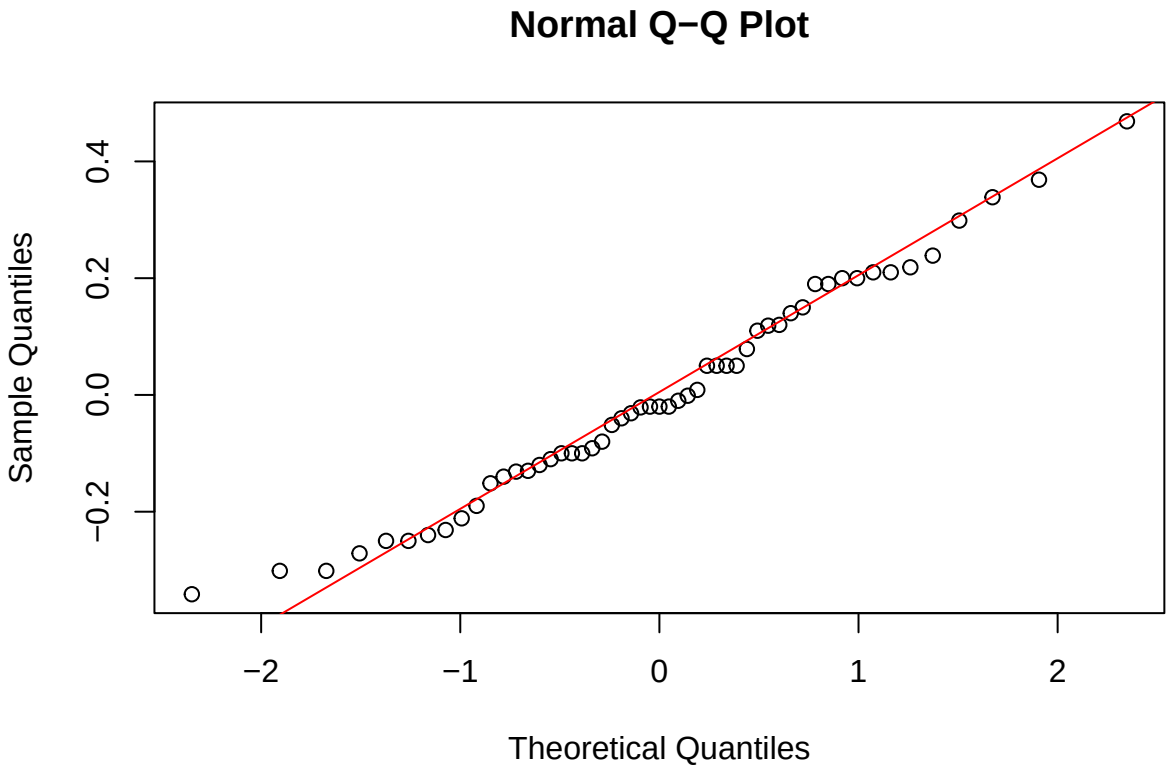
```
##   Tukey multiple comparisons of means
##     95% family-wise confidence level
##
## Fit: aov(formula = media_mercurio ~ nivel)
##
## $nivel
##                   diff        lwr        upr p adj
## Menor-Mayor -0.5713636 -0.6778698 -0.4648575     0
```

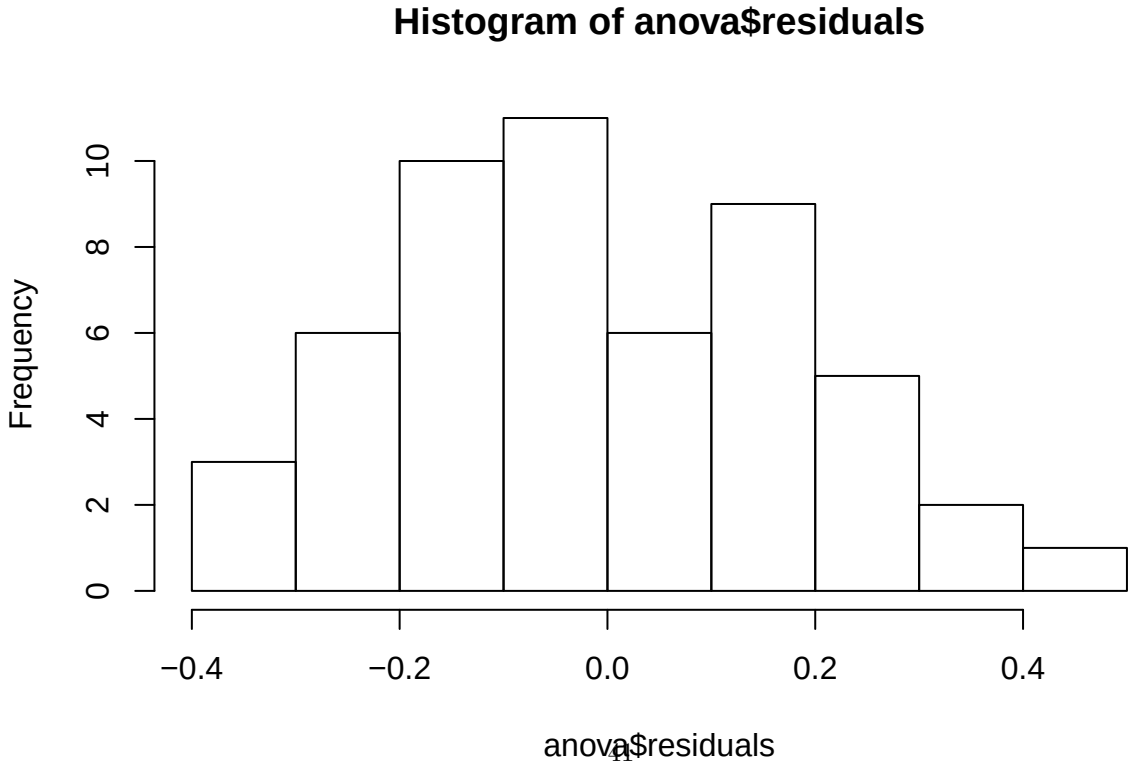


En la prueba de Tukey únicamente se muestra un par de datos, ya que no se tienen otros grupos. Por lo tanto, no se pueden realizar comparación ya que solo se tiene un par de datos. Sin embargo, se puede observar el intervalo de confianza del par menor-mayor.

Verificación de supuestos

Normalidad

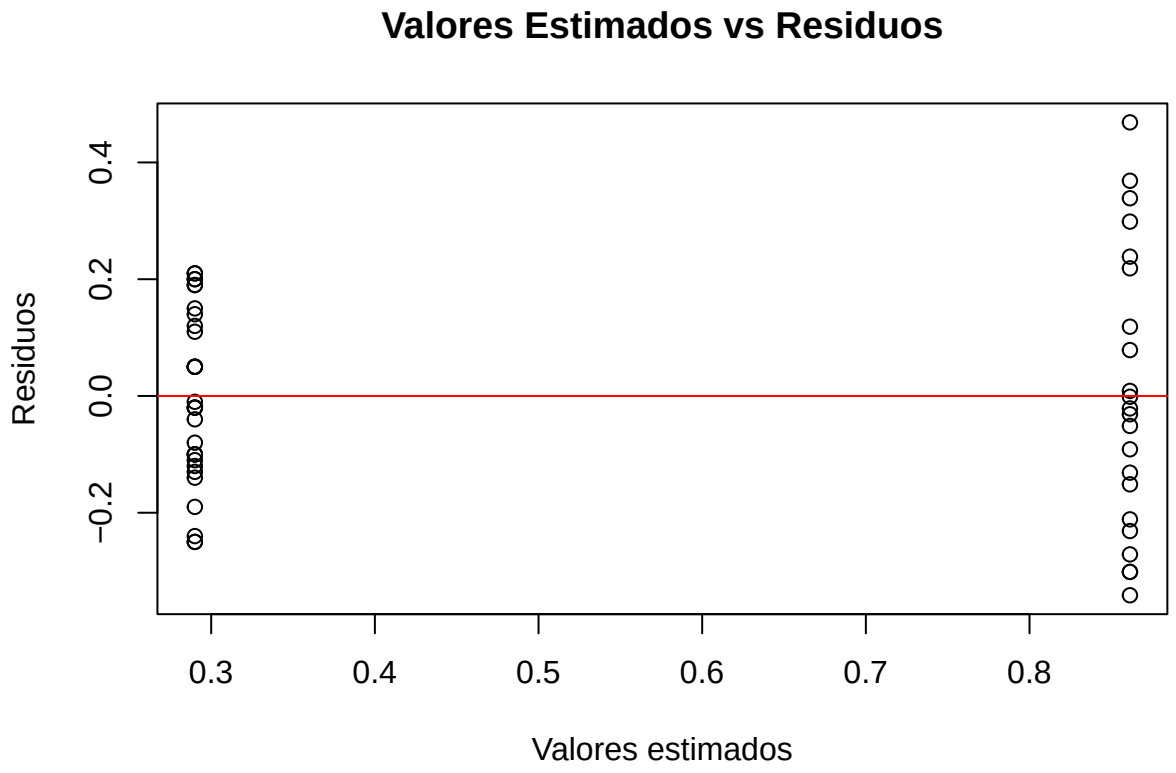




La gráfica del Q-Q plot muestra una distribución normal es ideal. Por otro lado, el histograma muestra una distribución simétrica.

Homocedasticidad

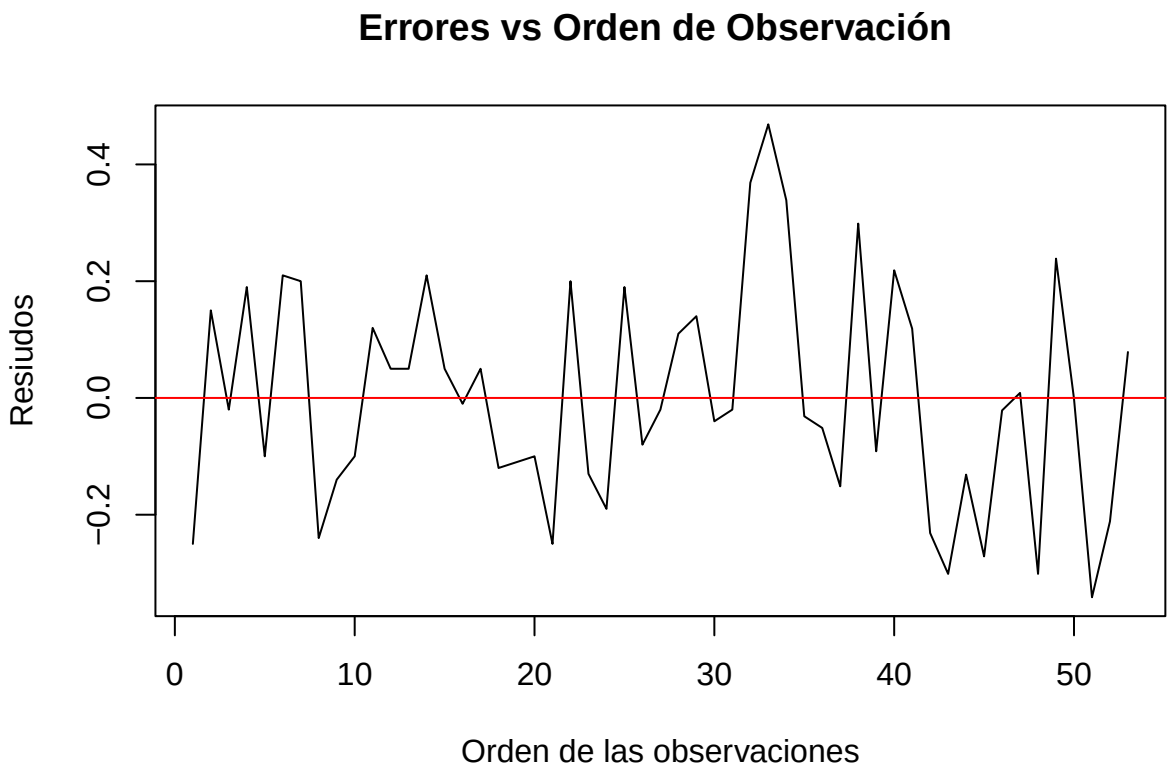
Gráfica Valores estimados vs Residuos



La dispersión de los residuos es constante en toda la gráfica, es decir que cumple con los supuestos.

Independencia

Errores vs Orden de observación



La gráfica tiene una autocorrelación negativa ya que tiene una altercancia muy marcada de residuos positivos y negativos

Regresión Múltiple

Ahora se realizará el modelo de regresión múltiple, como se mencionó en la matriz de correlación se utilizarán las variables que tienen buena correlación, pero no necesariamente los que tengan los valores más altos. Entonces se utilizarán las variables X3 (alcalinidad), X4 (PH), X5 (calcio), X6 (clorofila) y X7 (concentración media de mercurio) para contestar la siguiente pregunta: ¿las concentraciones de alcalinidad, clorofila, calcio en el agua del lago influyen en la concentración de mercurio de los peces?

Medidas

```
##       X3  X4   X5    X6   X7
## 1    5.9 6.1  3.0   0.7 1.23
## 2    3.5 5.1  1.9   3.2 1.33
## 3  116.0 9.1 44.1 128.3 0.04
## 4   39.4 6.9 16.4   3.5 0.44
## 5    2.5 4.6  2.9   1.8 1.20
## 6   19.6 7.3  4.5  44.1 0.27
## 7    5.2 5.4  2.8   3.4 0.48
## 8   71.4 8.1 55.2  33.7 0.19
## 9   26.4 5.8  9.2   1.6 0.83
## 10   4.8 6.4  4.6  22.5 0.81
```

```
## 11   6.6 5.4  2.7  14.9 0.71
## 12  16.5 7.2 13.8   4.0 0.50
## 13  25.4 7.2 25.2  11.6 0.49
## 14   7.1 5.8  5.2   5.8 1.16
## 15 128.0 7.6 86.5  71.1 0.05
## 16  83.7 8.2 66.5  78.6 0.15
## 17 108.5 8.7 35.6  80.1 0.19
## 18  61.3 7.8 57.4  13.9 0.77
## 19   6.4 5.8  4.0   4.6 1.08
## 20  31.0 6.7 15.0  17.0 0.98
## 21   7.5 4.4  2.0   9.6 0.63
## 22  17.3 6.7 10.7   9.5 0.56
## 23  12.6 6.1  3.7  21.0 0.41
## 24   7.0 6.9  6.3  32.1 0.73
## 25  10.5 5.5  6.3   1.6 0.34
## 26  30.0 6.9 13.9  21.5 0.59
## 27  55.4 7.3 15.9  24.7 0.34
## 28   3.9 4.5  3.3   7.0 0.84
## 29   5.5 4.8  1.7  14.8 0.50
## 30   6.3 5.8  3.3   0.7 0.34
## 31  67.0 7.8 58.6  43.8 0.28
## 32  28.8 7.4 10.2  32.7 0.34
## 33   5.8 3.6  1.6   3.2 0.87
## 34   4.5 4.4  1.1   3.2 0.56
## 35 119.1 7.9 38.4  16.1 0.17
## 36  25.4 7.1  8.8  45.2 0.18
## 37 106.5 6.8 90.7  16.5 0.19
## 38  53.0 8.4 45.6 152.4 0.04
## 39   8.5 7.0  2.5  12.8 0.49
## 40  87.6 7.5 85.5  20.1 1.10
## 41 114.0 7.0 72.6   6.4 0.16
## 42  97.5 6.8 45.5   6.2 0.10
## 43  11.8 5.9 24.2   1.6 0.48
## 44  66.5 8.3 26.0  68.2 0.21
## 45  16.0 6.7 41.2  24.1 0.86
## 46   5.0 6.2 23.6   9.6 0.52
## 47  25.6 6.2 12.6  27.7 0.65
## 48  81.5 8.9 20.5   9.6 0.27
## 49   1.2 4.3  2.1   6.4 0.94
## 50  34.0 7.0 13.1   4.6 0.40
## 51  15.5 6.9  5.2  16.5 0.43
## 52  17.3 5.2  3.0   2.6 0.25
## 53  71.8 7.9 20.5   8.8 0.27
```

Correlación

```
## Loading required package: lattice
```

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

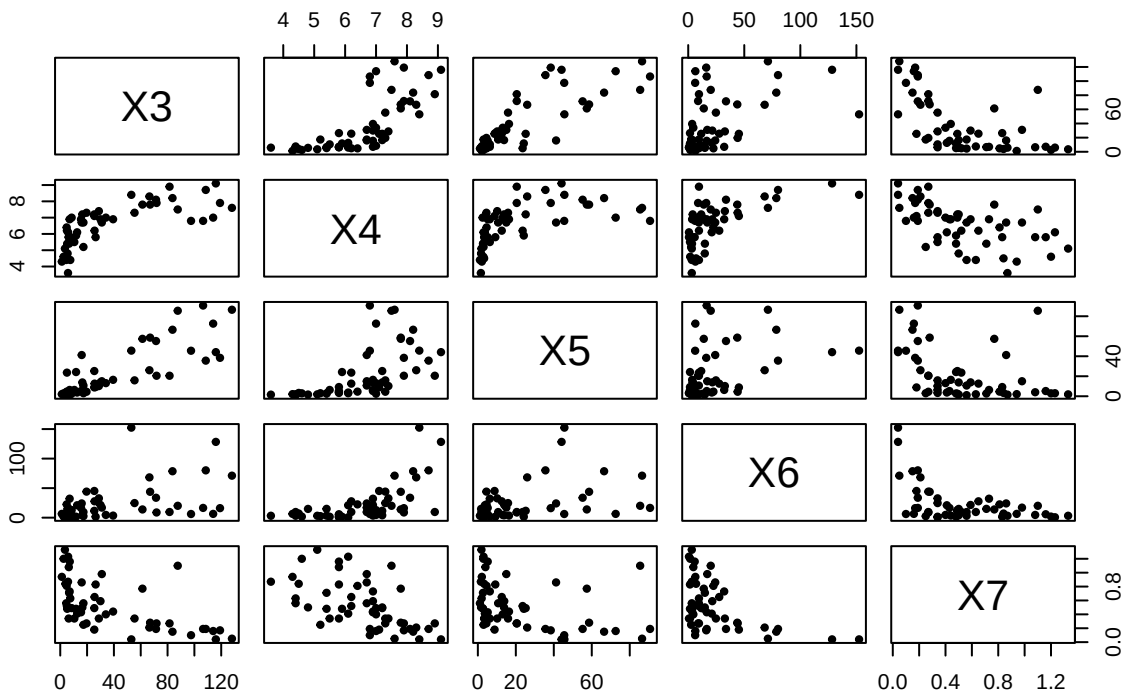
```
## Loading required package: Formula
```

```
## Loading required package: ggplot2
```

```
##
## Attaching package: 'Hmisc'

## The following objects are masked from 'package:base':
##
##     format.pval, units

##       X3    X4    X5    X6    X7
## X3  1.00  0.72  0.83  0.48 -0.59
## X4  0.72  1.00  0.58  0.61 -0.58
## X5  0.83  0.58  1.00  0.41 -0.40
## X6  0.48  0.61  0.41  1.00 -0.49
## X7 -0.59 -0.58 -0.40 -0.49  1.00
##
## n= 53
##
##
## P
##    X3     X4     X5     X6     X7
## X3        0.0000 0.0000 0.0003 0.0000
## X4 0.0000        0.0000 0.0000 0.0000
## X5 0.0000 0.0000        0.0023 0.0029
## X6 0.0003 0.0000 0.0023        0.0002
## X7 0.0000 0.0000 0.0029 0.0002
```

En la matriz de correlación se puede ver que todas las variables excepto la X7 tienen una correlación positiva entre ellas. En el caso de X7 se tiene una correlación negativa. En este caso, para realizar la regresión múltiple se utilizará la variable X7 como base.

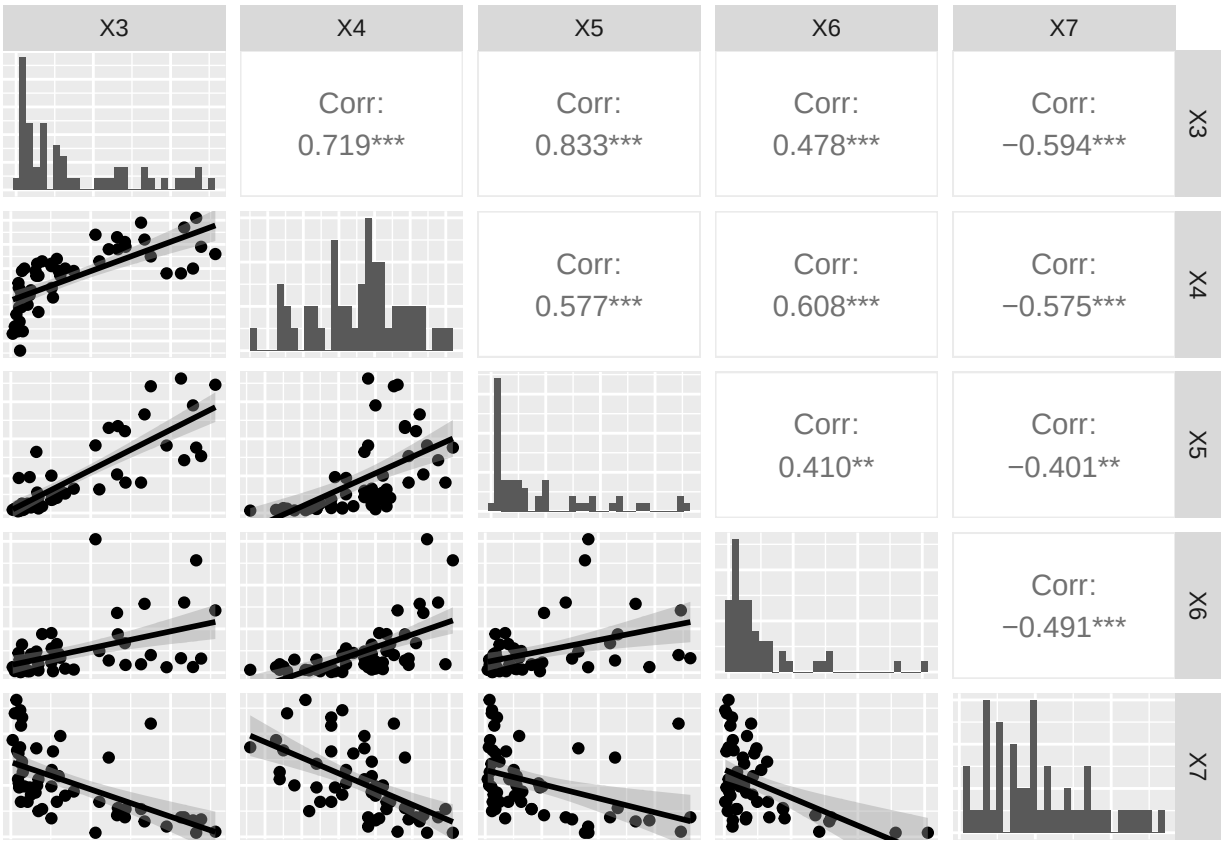
En la matriz de P se puede observar que los valores son relativamente pequeños, por lo tanto, se utilizará el valor de significancia igual a 0.05 para asegurarnos que los datos sean estadísticamente significativos.



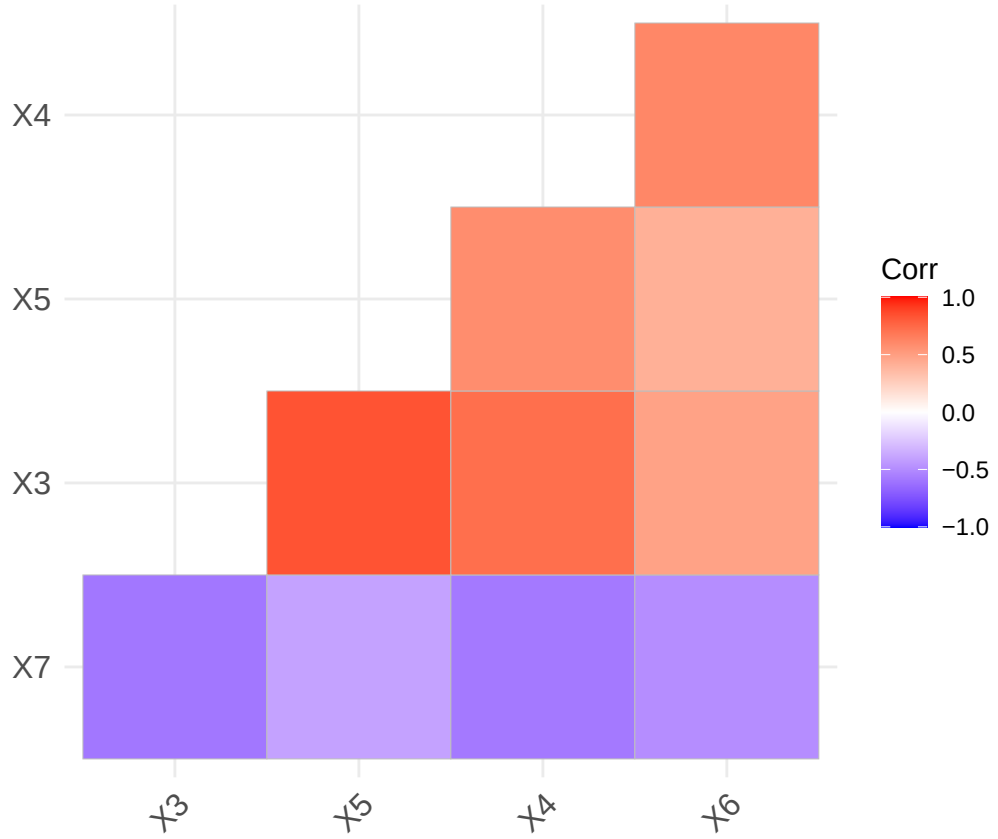
En la parte superior se muestra una representación gráfica de las correlaciones entre las variables.

```
## Registered S3 method overwritten by 'GGally':
##   method from
##   +.gg   ggplot2
```

```
## `stat_bin()` using `bins = 30`. Pick better value with `binwidth`.
## `stat_bin()` using `bins = 30`. Pick better value with `binwidth`.
## `stat_bin()` using `bins = 30`. Pick better value with `binwidth`.
## `stat_bin()` using `bins = 30`. Pick better value with `binwidth`.
## `stat_bin()` using `bins = 30`. Pick better value with `binwidth`.
```



El diagrama anterior muestra en la parte superior la correlación entre las variables y en la parte inferior los diagramas e dispesión. En la diagonal se muestran los histogramas. Podemos observar que las variables que tienen una mayor relación lineal con X7 (concentración mediade mercurio) son X4 (PH) con -0.575 y X3 (alcalinidad) con -0.594.



En la gráfica anterior se puede observar que la correlación que existe entre las variables. Para que este proceso de implementación de regresión lineal múltiple sea efectiva se eligieron variables que no tengan un coeficiente de correlación muy alto, ya que es necesario que no exista colinealidad entre las variables. Por lo tanto, se puede observar que no existen colores intensos ya sean positivos o negativos en el gráfico.

El modelo

Para elaborar el modelo se empleará el método mixto que inicia como el método hacia adelante, es decir, el modelo inicial va a conener todas las variables. Mientras avanza el proceso se quitaran todas las variables de una en una para poder seleccionar el mejor modelo.

```
##
## Call:
## lm(formula = X7 ~ X3 + X4 + X5 + X6, data = medidas)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.42260 -0.19155 -0.08438  0.14334  0.62234
##
## Coefficients:
##             Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  1.004440   0.257561   3.900 0.000299 ***
## X3          -0.005503   0.002028  -2.713 0.009224 **
## X4          -0.046709   0.045329  -1.030 0.307968
## X5           0.004129   0.002648   1.559 0.125484
```

```
## X6          -0.002361   0.001497  -1.577 0.121257
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.2629 on 48 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.4515, Adjusted R-squared:  0.4058
## F-statistic: 9.879 on 4 and 48 DF,  p-value: 6.499e-06
```

Como se mencionó anteriormente se inició el método con todas las variables. En el summary muestra que el modelo con todas las variables introducidas como predictores tiene un R cuadrada 0.4515 es decir que puede explicar el 45.15% de la variablidad observada en la concentración media de mercurio. Incluso se puede visualizar que el valor de p es menor al valor de significancia 0.5.

Selección del mejor modelo

Ahora se seleccionará el mejor modelo utilizando el modelo con criterio de información de Akaike (AIC). Se puede observar que el modelo con menor AIC es el que únicamente contiene a X3, X5 y X6; es decir, que excluye al X4 con un AIC = -137.71.

```
## Start:  AIC=-136.87
## X7 ~ X3 + X4 + X5 + X6
##
##        Df Sum of Sq    RSS     AIC
## - X4    1   0.07338 3.3904 -137.72
## <none>              3.3171 -136.87
## - X5    1   0.16803 3.4851 -136.25
## - X6    1   0.17196 3.4890 -136.19
## - X3    1   0.50874 3.8258 -131.31
##
## Step:  AIC=-137.71
## X7 ~ X3 + X5 + X6
##
##        Df Sum of Sq    RSS     AIC
## <none>              3.3904 -137.72
## - X5    1   0.18606 3.5765 -136.88
## + X4    1   0.07338 3.3171 -136.87
## - X6    1   0.35080 3.7412 -134.50
## - X3    1   0.90855 4.2990 -127.13

##
## Call:
## lm(formula = X7 ~ X3 + X5 + X6, data = medidas)
##
## Coefficients:
## (Intercept)           X3           X5           X6
##    0.744583    -0.006487     0.004333    -0.003035
```

El mejor modelo

Por lo tanto, el mejor modelo resultante en el proceso anterior es el que contiene a X3, X5 y X6.

```
##
## Call:
## lm(formula = X7 ~ X3 + X5 + X6, data = medidas)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.38746 -0.18520 -0.07092  0.14490  0.61422
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  0.744583   0.052401  14.209  < 2e-16 ***
## X3          -0.006487   0.001790  -3.624 0.000689 ***
## X5           0.004333   0.002642   1.640 0.107445
## X6          -0.003035   0.001348  -2.252 0.028862 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.263 on 49 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.4394, Adjusted R-squared:  0.4051
## F-statistic:  12.8 on 3 and 49 DF,  p-value: 2.676e-06
```

En el summary muestra que el modelo con todas las variables introducidas menos la X4 como predictores tiene un R cuadrada 0.4394 es decir que puede explicar el 43.94% de la variablidad observada en la concentración media de mercurio. Incluso se puede visualizar que el valor de p es menor al valor de significancia 0.5.

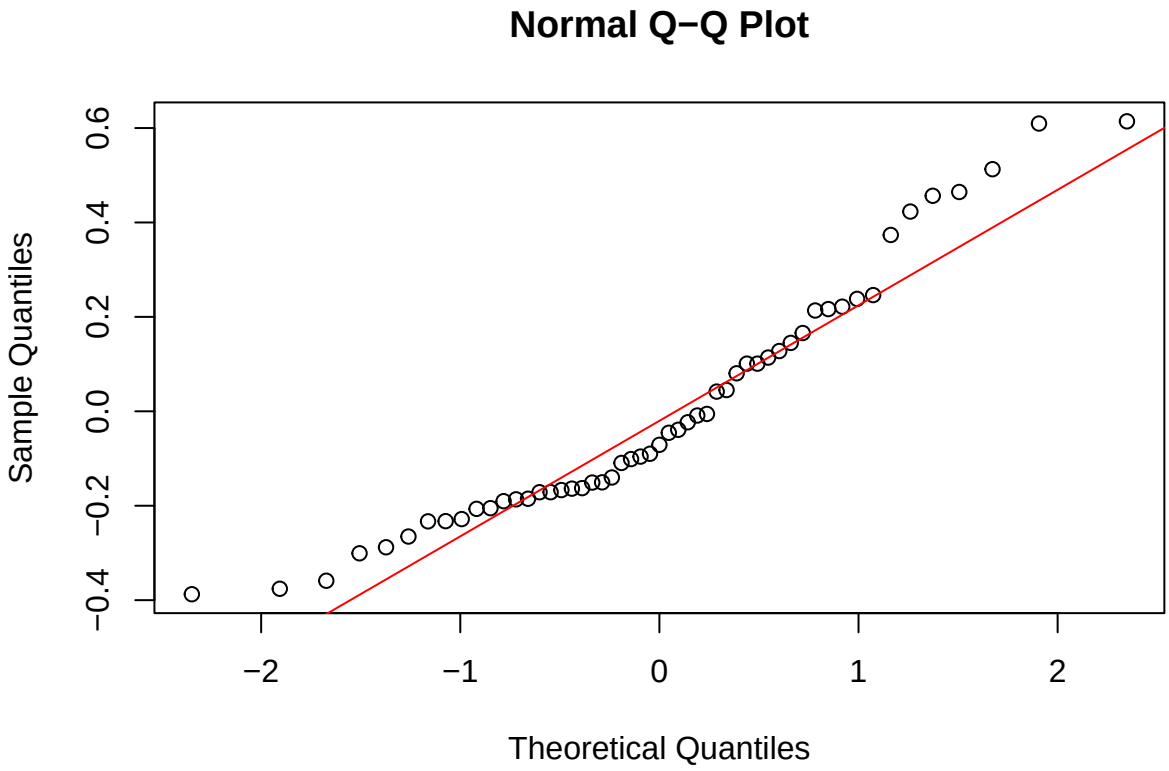
Intervalos de confianza

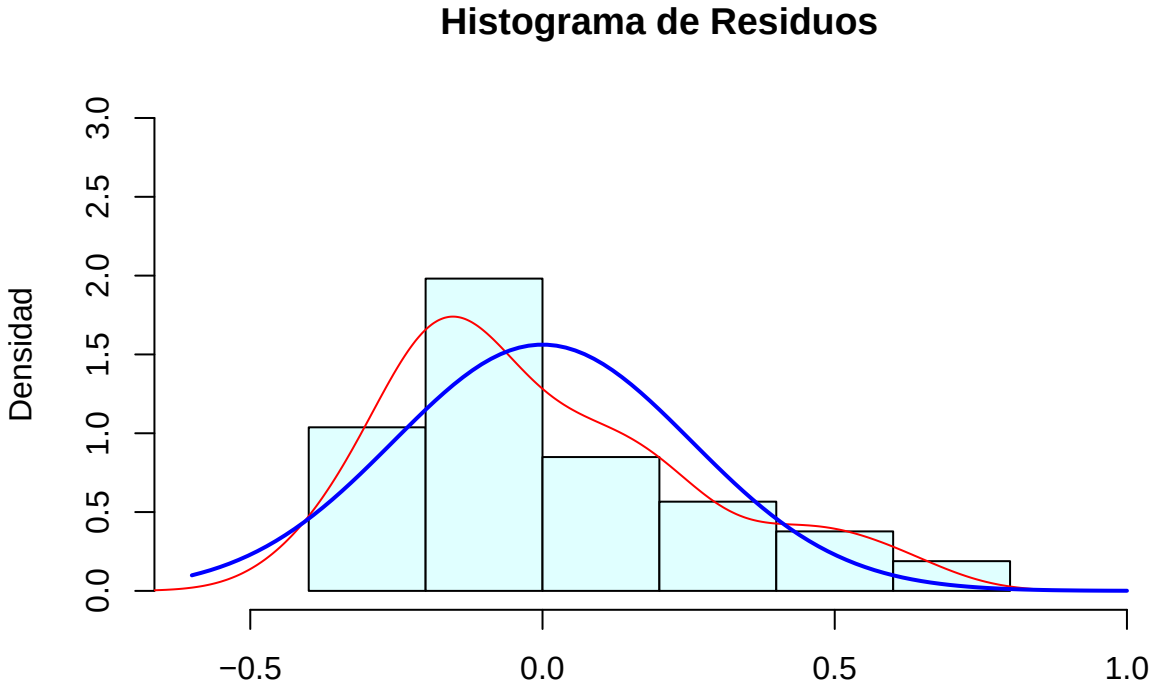
Se calcularán los intervalos de confianza para cada uno de los coeficientes parciales de la regresión.

```
##                     2.5 %       97.5 %
## (Intercept)  0.6392783659  0.849887688
## X3          -0.0100848532 -0.002889577
## X5          -0.0009770002  0.009643095
## X6          -0.0057427822 -0.000326232
```

Verificación de supuestos

Normalidad



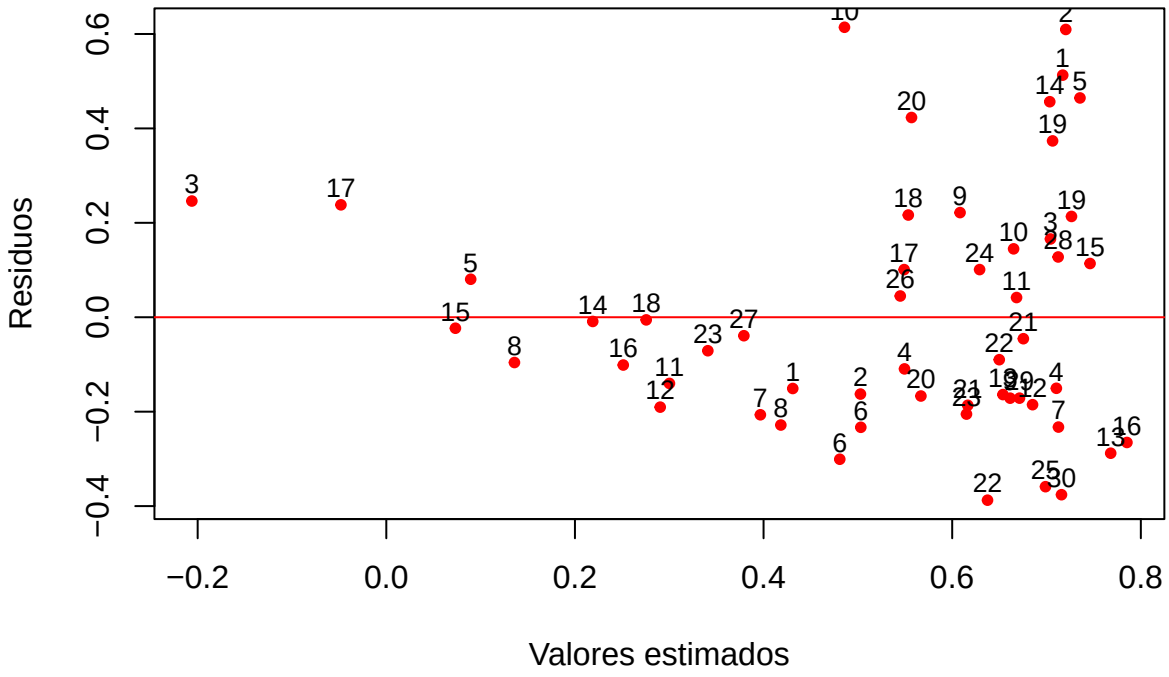


```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  E
## W = 0.93258, p-value = 0.005116
```

La gráfica del Q-Q plot muestra una distribución normal es ideal. Por otro lado, el histograma muestra una distribución simétrica.

Homocedasticidad y modelo apropiado

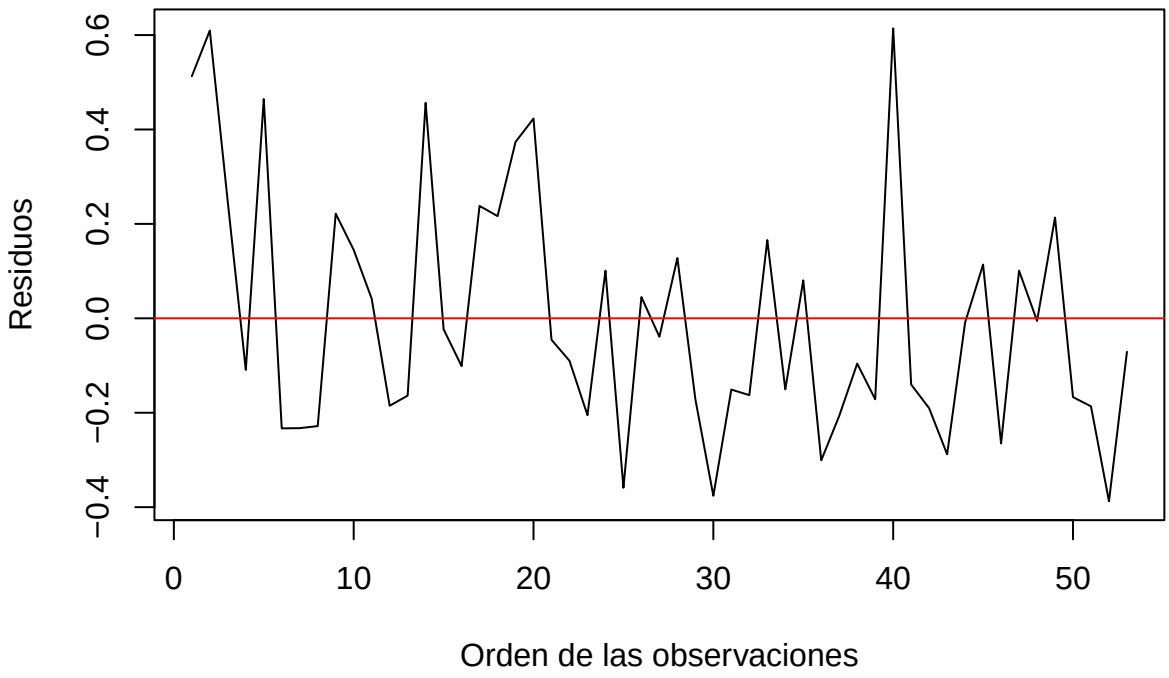
Gráfica Valores estimados vs Residuos



La dispersión de los residuos es constante en toda la gráfica, es decir que cumple con los supuestos.

Independencia

Errores vs Orden de observación



La gráfica tiene una autocorrelación negativa ya que tiene una altercancia muy marcada de residuos positivos y negativos

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

```
##  lag Autocorrelation D-W Statistic p-value
##    1       0.1660837      1.588784   0.118
##  Alternative hypothesis: rho != 0
```

Ahora se realizó la prueba de autocorrelación para verificar independencia: H0: rho=0

Datos atípicos o influyentes

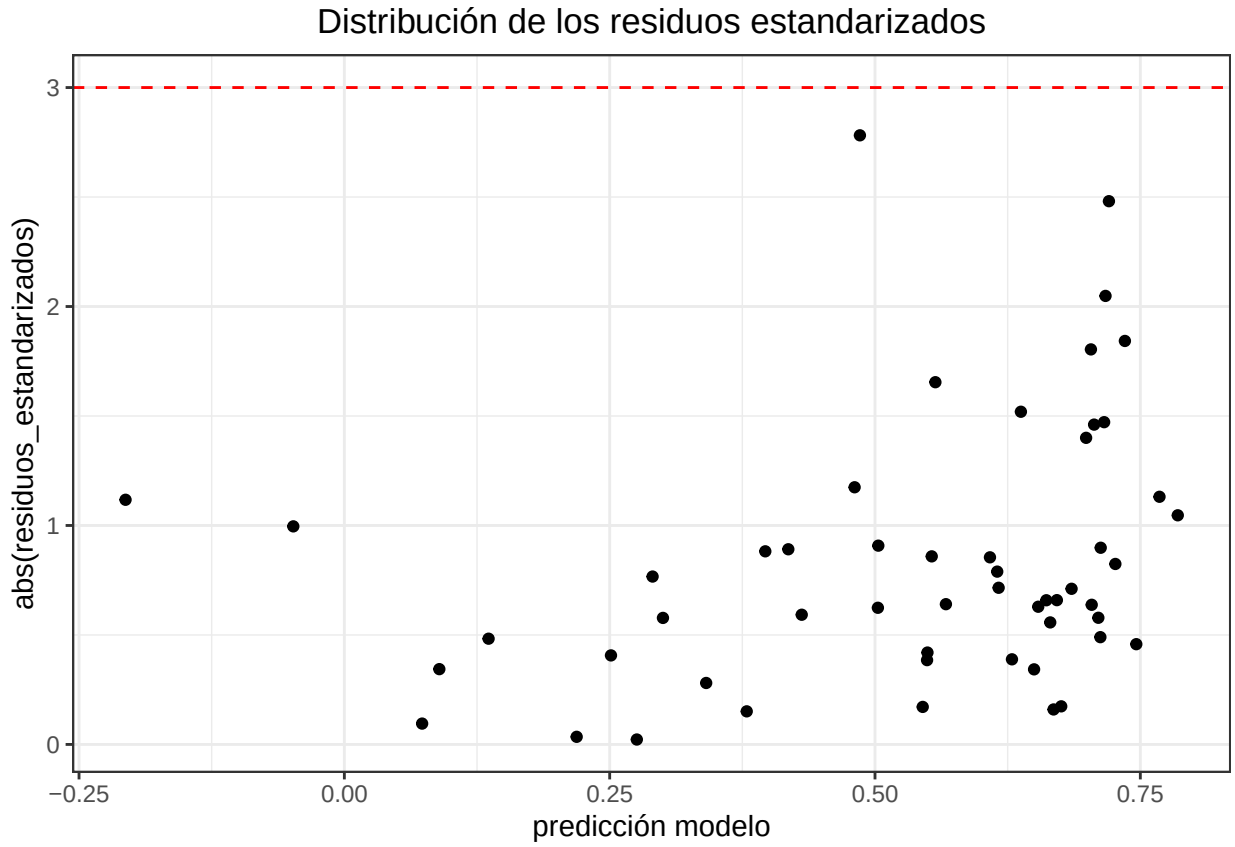
Datos atípicos

Se estandarizan los residuos y se observa si hay distancias mayores a 3.

```
##
## Attaching package: 'dplyr'
```

```
## The following object is masked from 'package:car':
##
##     recode
```

```
## The following objects are masked from 'package:Hmisc':
##
##     src, summarize

## The following objects are masked from 'package:stats':
##
##     filter, lag

## The following objects are masked from 'package:base':
##
##     intersect, setdiff, setequal, union
```




```
## integer(0)
```

En la gráfica anterior se muestra que no hay valores atípicos ya que no existen valores que mayores a 3.

Datos influyentes

```
## Potentially influential observations of
##   lm(formula = X7 ~ X3 + X5 + X6, data = medidas) :
##
##    dfb.1_ dfb.X3 dfb.X5  dfb.X6 dffit   cov.r   cook.d hat
## 2   0.48  -0.11  -0.04   -0.09   0.48    0.70_*  0.05   0.04
## 3  -0.22   0.28  -0.29    0.52   0.72    1.39_*  0.13   0.29_*
```

```
## 15  0.02   0.00  -0.02   -0.01  -0.04    1.28_*  0.00   0.15
## 35 -0.02   0.17  -0.11   -0.07   0.18    1.38_*  0.01   0.22
## 37  0.07   0.07  -0.31    0.18  -0.46    1.29_*  0.05   0.21
## 38  0.06   0.17  -0.09   -0.40  -0.43    1.90_*  0.05   0.44_*
## 40 -0.11  -0.50   1.14_* -0.38   1.38_*  0.75_*  0.42   0.20
## 41  0.03  -0.09  -0.06    0.15  -0.25    1.26_*  0.02   0.16
## 48  0.00  -0.01   0.01    0.00  -0.01    1.25_*  0.00   0.13
```

En la tabla anterior se muestran las observaciones que son influyentes significativamente las últimas dos medidas son las que generan información importante. Esta tabla se utiliza para saber el impacto de las estimativas del modelo.

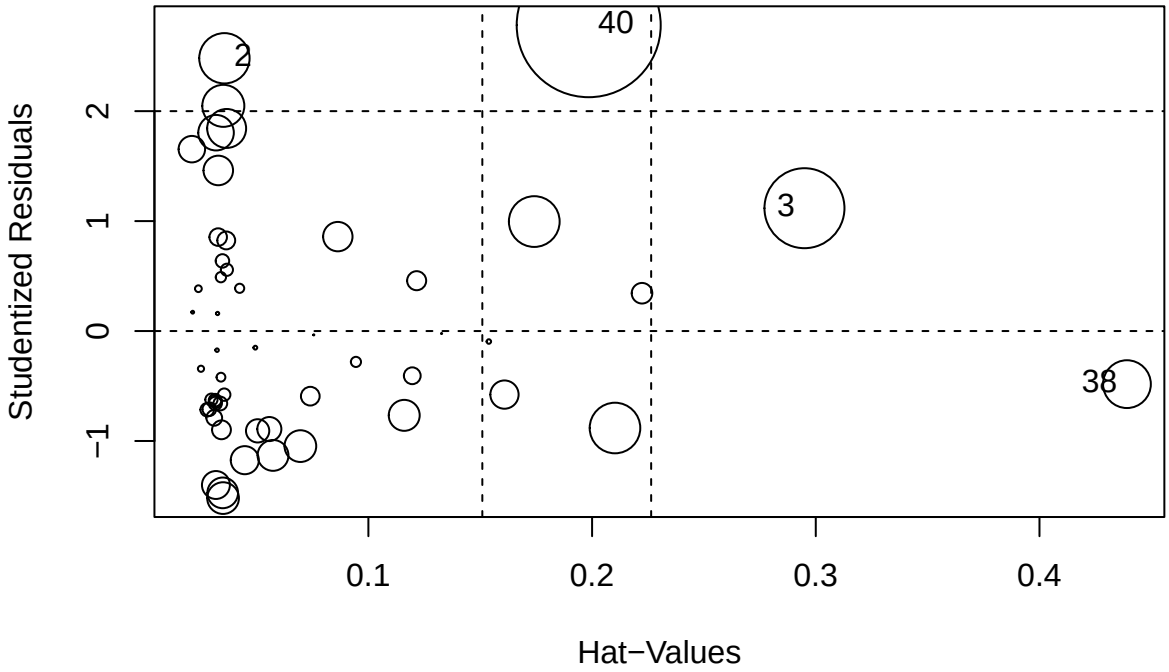
Se consideran influyentes aquellas observaciones:

- Que tengan distancia de Cook superiores a 4/n = 4/53 = 0.07547
- Que tengan leverages mayores a 2.5(p+1)/n = 2.5*(4/53) = 0.1886

La primera es la distacia de Cook que mide cuánto cambian los valores ajustados en el modelo cuando se elimina el iésimo punto de datos. Por lo tanto, ya que no existen valores con una distancia de cook mayores a 0.07547 entonces se puede decir que no son valores tan influyentes. Por otro lado, las observaciones que son influyentes según el leverage (hat) son la 35, 37, 38 y 40.

```
## Influence measures of
##   lm(formula = X7 ~ X3 + X5 + X6, data = medidas) :
##
##       dfb.1_   dfb.X3    dfb.X5   dfb.X6    dffit cov.r   cook.d    hat inf
## 1   0.388970 -0.06468 -0.039438 -0.10827  0.39101 0.805 3.59e-02 0.0352
## 2   0.476052 -0.10616 -0.043719 -0.08697  0.47696 0.695 5.15e-02 0.0356   *
## 3  -0.222093  0.28467 -0.290188  0.51806  0.72269 1.390 1.30e-01 0.2949   *
## 4  -0.050777 -0.03679  0.028122  0.04376 -0.07886 1.108 1.58e-03 0.0341
## 5   0.358090 -0.10303 -0.003135 -0.07513  0.35939 0.858 3.08e-02 0.0366
## 6  -0.106736  0.00905  0.077856 -0.13501 -0.20935 1.068 1.10e-02 0.0505
## 7  -0.168885  0.03466  0.015983  0.03359 -0.16938 1.052 7.20e-03 0.0343
## 8  -0.000803  0.04359 -0.134767  0.01498 -0.21654 1.077 1.18e-02 0.0557
## 9   0.128410  0.05020 -0.058758 -0.07517  0.15752 1.057 6.24e-03 0.0329
## 10  0.092138 -0.04622  0.000161  0.03486  0.10886 1.099 3.01e-03 0.0368
## 11  0.027551 -0.00706 -0.004475  0.00319  0.02932 1.120 2.19e-04 0.0326
## 12 -0.113077  0.03581 -0.022954  0.04127 -0.12261 1.072 3.80e-03 0.0289
## 13 -0.079432  0.05788 -0.062119  0.02397 -0.11338 1.085 3.25e-03 0.0315
## 14  0.324494 -0.08702 -0.007267 -0.05235  0.32752 0.863 2.56e-02 0.0319
## 15  0.016324 -0.00374 -0.015564 -0.00657 -0.04060 1.282 4.21e-04 0.1538   *
## 16  0.034233  0.05030 -0.081520 -0.08160 -0.14990 1.217 5.71e-03 0.1196
## 17 -0.102253  0.32584 -0.281250  0.17347  0.45733 1.212 5.23e-02 0.1742
## 18  0.033523 -0.09567  0.203278 -0.08968  0.26404 1.118 1.75e-02 0.0863
## 19  0.268051 -0.06087 -0.017937 -0.04918  0.26942 0.944 1.77e-02 0.0329
## 20  0.197518  0.03595 -0.060583 -0.02930  0.24278 0.889 1.42e-02 0.0211
## 21 -0.030911  0.00432  0.006855  0.00159 -0.03181 1.119 2.58e-04 0.0324
## 22 -0.052783  0.00940  0.001515  0.01032 -0.05511 1.103 7.73e-04 0.0252
## 23 -0.122204  0.01528  0.040693 -0.03176 -0.14141 1.064 5.04e-03 0.0311
## 24  0.058190 -0.03705  0.001675  0.04215  0.08185 1.120 1.70e-03 0.0425
## 25 -0.249601  0.03884  0.015308  0.08053 -0.25395 0.956 1.58e-02 0.0318
## 26  0.020025  0.00299 -0.007356  0.00132  0.02538 1.107 1.64e-04 0.0215
## 27 -0.010863 -0.02630  0.024816  0.00358 -0.03446 1.140 3.03e-04 0.0495
## 28  0.090883 -0.02778 -0.002940 -0.00800  0.09201 1.102 2.15e-03 0.0341
```

```
## 29 -0.115528  0.02872  0.021206 -0.01434 -0.12326 1.084 3.84e-03 0.0338
## 30 -0.278097  0.04597  0.027058  0.07899 -0.27978 0.943 1.91e-02 0.0349
## 31  0.004002  0.07299 -0.125312 -0.02624 -0.16750 1.139 7.11e-03 0.0740
## 32 -0.068435 -0.01467  0.047262 -0.04320 -0.10944 1.084 3.03e-03 0.0298
## 33  0.120124 -0.01556 -0.021264 -0.02504  0.12102 1.088 3.71e-03 0.0348
## 34 -0.110458  0.01698  0.018111  0.02124 -0.11104 1.095 3.13e-03 0.0355
## 35 -0.015672  0.16987 -0.108245 -0.07402  0.18390 1.383 8.61e-03 0.2223   *
## 36 -0.120720  0.00731  0.086380 -0.16680 -0.25421 1.015 1.60e-02 0.0448
## 37  0.065182  0.06774 -0.313523  0.17655 -0.45503 1.289 5.20e-02 0.2102   *
## 38  0.061805  0.16772 -0.086795 -0.40496 -0.42728 1.899 4.64e-02 0.4391   *
## 39 -0.113188  0.01743  0.026472 -0.00363 -0.11885 1.082 3.57e-03 0.0316
## 40 -0.110028 -0.49826  1.135482 -0.38357  1.38433 0.745 4.21e-01 0.1985   *
## 41  0.031899 -0.08908 -0.059832  0.15064 -0.25298 1.259 1.62e-02 0.1608   *
## 42  0.000794 -0.20023  0.071853  0.16526 -0.27777 1.170 1.95e-02 0.1160
## 43 -0.184014  0.18795 -0.188752  0.07401 -0.27905 1.037 1.94e-02 0.0574
## 44  0.000190 -0.00378  0.004500 -0.00640 -0.00995 1.175 2.53e-05 0.0756
## 45  0.054380 -0.14636  0.150082  0.01941  0.17037 1.215 7.38e-03 0.1216
## 46 -0.173793  0.23206 -0.208028  0.01075 -0.28623 1.066 2.04e-02 0.0696
## 47  0.045465 -0.00424 -0.012677  0.01864  0.06040 1.099 9.28e-04 0.0240
## 48 -0.001014 -0.00801  0.006119  0.00361 -0.00881 1.252 1.98e-05 0.1328   *
## 49  0.158099 -0.05348 -0.002747 -0.01164  0.16034 1.065 6.47e-03 0.0365
## 50 -0.083993 -0.04831  0.045527  0.05603 -0.11580 1.084 3.39e-03 0.0316
## 51 -0.110028  0.00368  0.036853 -0.00788 -0.12129 1.071 3.71e-03 0.0279
## 52 -0.257310 -0.06797  0.124997  0.09761 -0.28953 0.933 2.04e-02 0.0350
## 53 -0.017163 -0.07863  0.059160  0.04006 -0.09064 1.191 2.09e-03 0.0944
```



```
##       StudRes        Hat      CookD
## 2   2.4809441 0.03564225 0.05145857
## 3   1.1173717 0.29494242 0.12991250
## 38 -0.4829154 0.43910418 0.04636791
## 40  2.7817319 0.19849694 0.42117600
```

El diagrama anterior muestra gráficamente los datos influyentes del modelo. Los círculos grandes son los que tienen una mayor distancia y los más pequeños un menor valor en la distancia de Cook.

Conclusión

Para el modelo de ANOVA se contestó de primera instancia la pregunta de si existe diferencia significativa entre la concentración de mercurio y la edad de los peces. Por lo tanto, se utilizaron las variables de X12 (indicador de la edad de peces) y X7 (concentración media de mercurio en el tejido muscular de los peces). Sin embargo, se obtuvo que el valor de p = 0.438 era mayor al establecido (0.05). En consecuencia, no se contaba con la información suficiente para detectar una diferencia significativa. Así que se utilizaron nuevas variables (X7 y una variable que indica si la concentración promedio de mercurio supera los 0.5mg de Hg/kg) para realizar el modelo de ANOVA y contestar la pregunta que indica si existe evidencia para suponer que la concentración promedio de mercurio en los lagos es dañino para la salud humana. En este modelo se obtuvo un valor p = 9.68e-15; una distribución normal ideal y simétrica; una dispersión de los residuos constante y una autocorrelación negativa. Por lo tanto, se concluyó que la concentración media de mercurio si es relevante y puede afectar la salud humana. Para el modelo de regresión lineal múltiple se utilizaron las variables X3 (alcalinidad), X4 (PH), X5 (calcio), X6 (clorofila) y X7 (concentración media de mercurio) para contestar la pregunta de si las concentraciones de alcalinidad, clorofila, calcio en el agua del lago influyen en la concentración de mercurio de los peces. Se obtuvo que la correlación entre las variables era buena pero no muy alta y se realizó el modelo con método mixto y criterio de información de Akaike (AIC). Al final so obtuvo que la variabilidad explicada por el modelo, es decir, el coeficiente de determinación es de 0.4394 entonces la variable predicadora explica el 43.94% de la variación. La significancia del modelo, es decir el valor de p es de 2.676e-06. Además, no existen datos atípicos ni datos que influyan en el modelo. Por lo tanto, se puede concluir los datos de alcalinidad, calcio y clorofila si influyen en la concentración de mercurio de los peces. Por último, para contestar la pregunta principal de la investigación se obtuvo que después de la implementación de los modelos de ANOVA y regresión lineal múltiple los principales factores que influyen en el nivel de contaminación por mercurio en los peces de los lagos de Florida son la alcalinidad, calcio, clorofila, concentración media de mercurio y la variable que indica si la concentración promedio de mercurio es mayor, menor o igual a 0.5 mg de Hg/kg.

Anexos

Liga de repositorio: https://github.com/A01750185/MomRetroImplementacionM1P2.git