

Influencia de la interaccion salinidad y aumento ATPasa branquial,  
sobre iones plasmaticos ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) en smolt *Salmon salar*.

Karla Castro M

27/7/2021

## *Planteamiento del problema*

Variada bibliografía habla de lo crítico que es identificar en forma precisa y oportuna cuando un salmón esta smoltificado y puede ser llevado al mar, lo anterior es para evitar peces desadaptados o rezagados que son muy susceptibles a enfermedades y de muy mal crecimiento.

Muchos profesionales con años de producción de smolt, nunca han realizado análisis de smoltificación a sus peces con excelentes resultados en mar, sólo se guían por las características morfológicas (externas) del pez y su comportamiento natatorio; además de un estricto control en la aplicación de fotoperiodo. Sin embargo no son para nada la media de profesionales, y la gran mayoría se ayudan con técnicas muy conocidas para tener la certeza de que la smoltificación esta correcta para iniciar los traslados.

En la industria existen a lo menos 2 metodologías y que son excelentes herramientas a usar.

Test de Agua de Mar o de regulación de iones, mas conocido como análisis de electrolitos : Este análisis consiste en someter a un grupo de peces (muestra) a una cantidad de salinidad conocida a través de un protocolo (temperatura, salinidad y duración de la prueba). Para determinar la cantidad de iones de Sodio ( $\text{Na}^+$ ) y Cloro ( $\text{Cl}^-$ ) existentes en la sangre a medida que transcurre la prueba.

Test de Enzimas o ATPasa branquial: “la  $\text{Na}^+\text{K}^+\text{ATPasa}$  es la fuerza motriz más importante para la secreción de iones monovalentes en agua salada. La actividad de esta enzima aumenta en los smolts como una pre-adaptación para la regulación de iones en agua de mar”.

Para todos los salmónidos anádromos, la tolerancia a la salinidad y otros aspectos del desarrollo, que ocurren durante esmoltificación, se pierden si los peces permanecen en agua dulce . Por lo tanto, la esmoltificación es un proceso reversible, y hay un período limitado de tiempo durante el cual los peces se encuentran preparados para la entrada a agua de mar, conocida como la “ventana fisiológica de esmoltificación”. Los límites temporales de la ventana de esmoltificación están determinados por factores ambientales que controlan tanto la estimulación como la pérdida de caracteres de individuos parr.

Al igual, el aumento de la ATPasa branquial denota que los peces estan listo para ser trasladados al mar, por ende en este estudio tiene como objetivo general evaluar si las variables salinidad en interaccion con el aumento de la ATPasa branquial, inciden sobre el aumento de los electrolitos plasmaticos disponibles para el desafio.

$H_0$ :

*La interaccion salinidad y ATPasa branquial no afecta en la cantidad de electrolitos plasmaticos disponibles en S.salar*

$H_1$ :

*La interaccion salinidad y ATPasa branquial si afecta en la cantidad de electrolitos plasmaticos disponibles en S.salar*

## *Descripcion de los datos*

Para este estudio se utilizaron 50 ejemplares de *Salmon Salar*, provenientes desde el sur. Los peces fueron mantenidos en estanques de 500 L con agua dulce en las dependencias de La Universidad de Los Lagos, Osorno. Se tomaron muestras de ATPasa branquial y sangre, para evaluar el nivel basal (T0) de las muestras.

Luego a los estanques se les recambio el agua, por agua de mar 32 psu.

Los peces fueron mantenidos a una temperatura constante del agua de aprox. 14°C, y con un fotoperiodo de 24 horas luz.

La salinidad tambien fue constante de 32psu.

Los niveles de oxigeno en los estanques fue de aproximadamente entre 90-100% saturacion y 9-11 de concentracion de oxigeno disuelto por litro.

Los muestreo de ATPasa branquial y sangre, para analisis de electrolitos plasmaticos fueron a 24(T1), 48(T2), 72(T3) y 96(T4) horas de puestos en agua de mar.

Tambien se considero el peso, la longitud, el factor K y las observaciones fenotipicas en cuanto a las marcas y coloracion de estos.

Las muestra de ATPasa branquial se analizaron siguiendo el protocolo PL-1, del laboratotio de la Universidad de los Lagos. Donde se extrae el primer arco branquial y se preserva en nitrogeno liquido para su posterior analisis.

Las muestras de sanngre, para los electroitos se tomaron con un corte diagonal proximo a la aleta caudal y mediante un capilar heparinizado se extrajo la sangre depositandola en tubos eppendorf. Luego se llevaron en un cooler a 4°C al laboratorio para su posterior analisis.

Para los analisis estadistico, se considero como variables predictoras ATPasa branquial y Tiempo, y nuestras variables respuestas son Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> y K<sup>+</sup>

## *Analisis exploratorio de datos*

Se cargo la carpeta de los datos resultados de nuestros analisis, con 50 observaciones de 10 variables.

Se realizo un resumen de los datos.

```
##      Tiempo              N              Obs              Peso
## Length:50      Min.    : 1.00      Length:50      Min.    : 54.0
## Class :character 1st Qu.:13.25      Class :character 1st Qu.:108.5
## Mode  :character Median :25.50      Mode  :character Median :121.5
##                      Mean  :25.50                      Mean  :127.4
##                      3rd Qu.:37.75                      3rd Qu.:140.2
##                      Max.   :50.00                      Max.   :222.0
##      Longitud          K          ATPasa          K+
## Min.    :16.00      Min.    :0.8079      Min.    :13.01      Min.    : 1.010
## 1st Qu.:20.00      1st Qu.:1.0686      1st Qu.:13.32      1st Qu.: 5.136
## Median :21.00      Median :1.2351      Median :13.87      Median :11.143
## Mean    :21.81      Mean    :1.2367      Mean    :14.35      Mean    : 9.914
## 3rd Qu.:23.38      3rd Qu.:1.3491      3rd Qu.:15.12      3rd Qu.:13.365
## Max.    :28.50      Max.    :2.1590      Max.    :17.28      Max.    :23.740
##      Na+          Cl-
## Min.    :115.9      Min.    :111.5
## 1st Qu.:149.8      1st Qu.:145.9
## Median :178.0      Median :183.9
## Mean    :185.1      Mean    :173.7
## 3rd Qu.:215.3      3rd Qu.:202.7
## Max.    :285.6      Max.    :238.3
```

Luego se realizo un compilado de los datos y se transformo las variables de caracteres a factor.

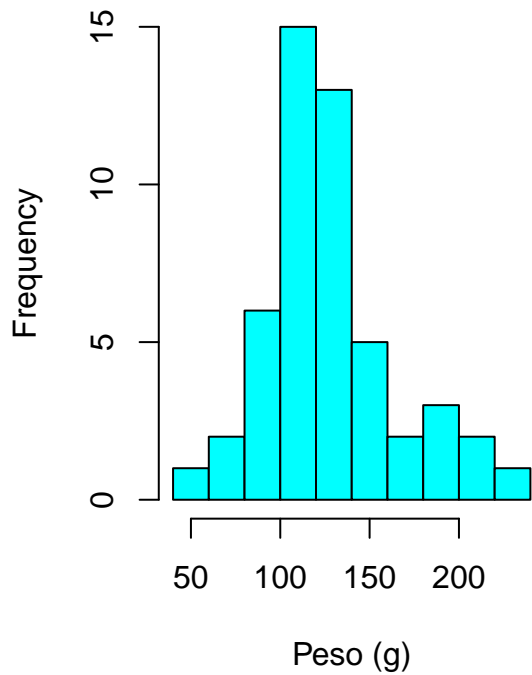
```
## tibble [50 x 10] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
## $ Tiempo : chr [1:50] "T0" "T0" "T0" "T0" ...
## $ N       : num [1:50] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
## $ Obs     : chr [1:50] "P" "P" "P" "P" ...
## $ Peso    : num [1:50] 122 132 108 100 114 ...
## $ Longitud: num [1:50] 20 22.5 20 20.5 21 20.5 21.5 21.5 23.5 24.5 ...
## $ K       : num [1:50] 1.52 1.16 1.35 1.16 1.23 ...
## $ ATPasa  : num [1:50] 13.3 15.7 13.7 13.4 14.8 ...
## $ K+      : num [1:50] 12 15.4 11.8 11.1 15.7 ...
## $ Na+     : num [1:50] 146 150 130 141 140 ...
## $ Cl-     : num [1:50] 145 124 112 118 120 ...

## tibble [50 x 10] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
## $ Tiempo : Factor w/ 5 levels "T0","T1","T2",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
## $ N       : num [1:50] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
## $ Obs     : Factor w/ 2 levels "LMP","P": 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 ...
## $ Peso    : num [1:50] 122 132 108 100 114 ...
## $ Longitud: num [1:50] 20 22.5 20 20.5 21 20.5 21.5 21.5 23.5 24.5 ...
## $ K       : num [1:50] 1.52 1.16 1.35 1.16 1.23 ...
## $ ATPasa  : num [1:50] 13.3 15.7 13.7 13.4 14.8 ...
## $ K+      : num [1:50] 12 15.4 11.8 11.1 15.7 ...
## $ Na+     : num [1:50] 146 150 130 141 140 ...
```

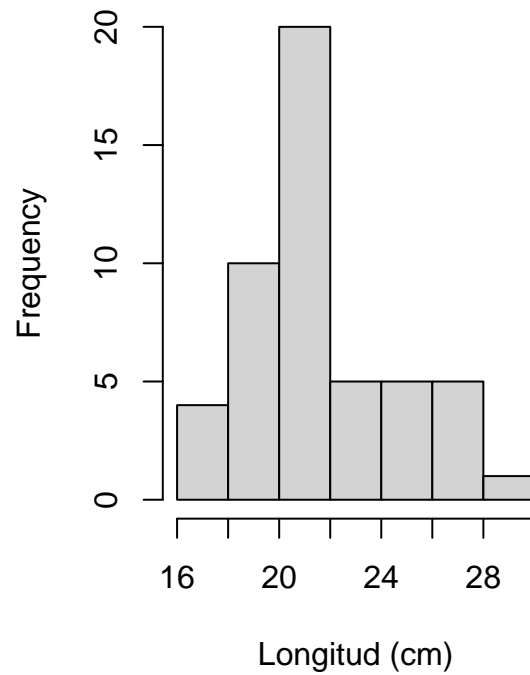
```
## $ Cl- : num [1:50] 145 124 112 118 120 ...
```

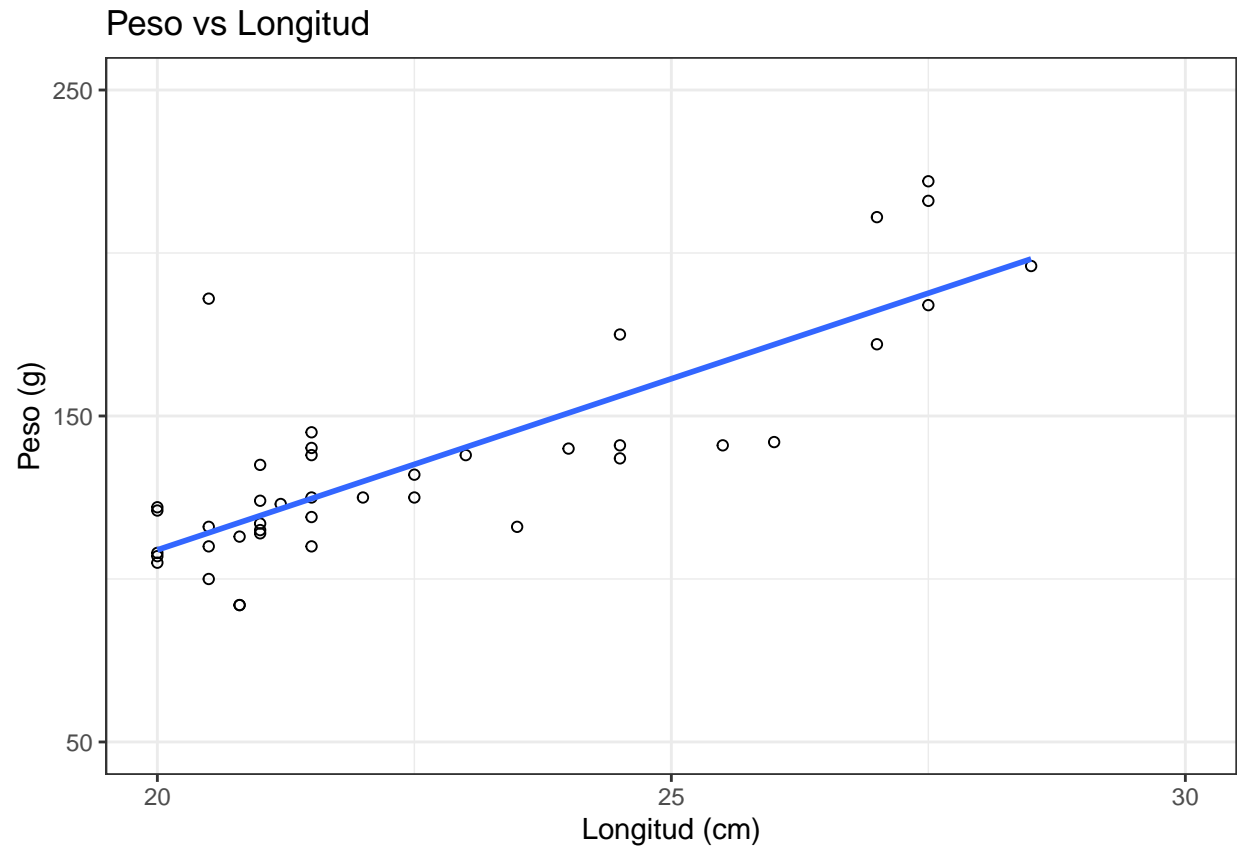
Luego se realizo un histograma y grafico de correlacion para las variables peso-longitud. Solamente para evaluar la correlacion entre estas, obteniendo los intervalos de confianza.

**Histograma Peso**



**Histograma Longitud**



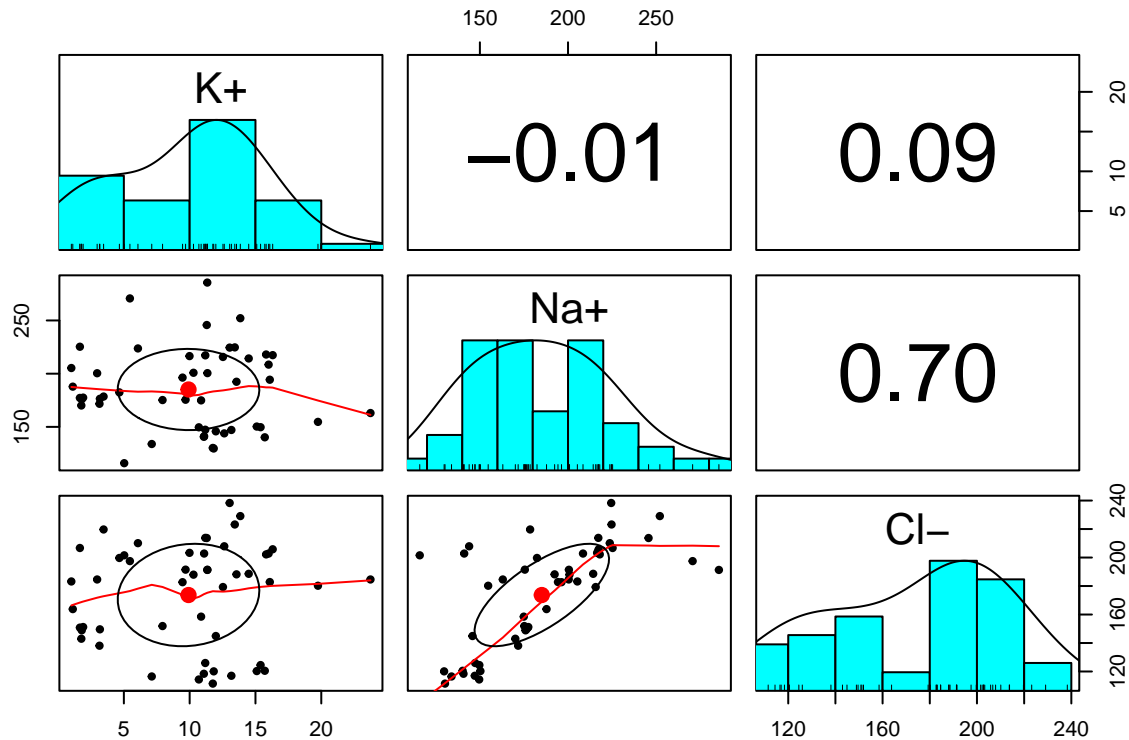


```
## [1] 0.8640919
##
## Pearson's product-moment correlation
##
## data: Datos_1$Longitud and Datos_1$Peso
## t = 11.894, df = 48, p-value = 6.437e-16
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
##  0.7712418 0.9209376
## sample estimates:
##      cor
## 0.8640919
## [1] 0.7712418 0.9209376
## attr("conf.level")
## [1] 0.95
```

Table 1: Prueba de hipotesis para el coeficiente de relacion Longitud y Peso

Test statistic	df	P value	Alternative hypothesis	cor
11.89	48	6.437e-16 * * *	two.sided	0.8641

Luego realizamos una grafica decorrelacion para las variables respuestas



Se realizo un analisis de componentes principales con nuestras variables respuestas

```
##      K+   Na+   Cl-
## 1 11.99 145.8 144.9
## 2 15.39 149.7 124.5
## 3 11.76 130.2 111.5
## 4 11.08 140.7 118.4
## 5 15.71 140.2 120.5
## 6 10.70 149.6 114.4

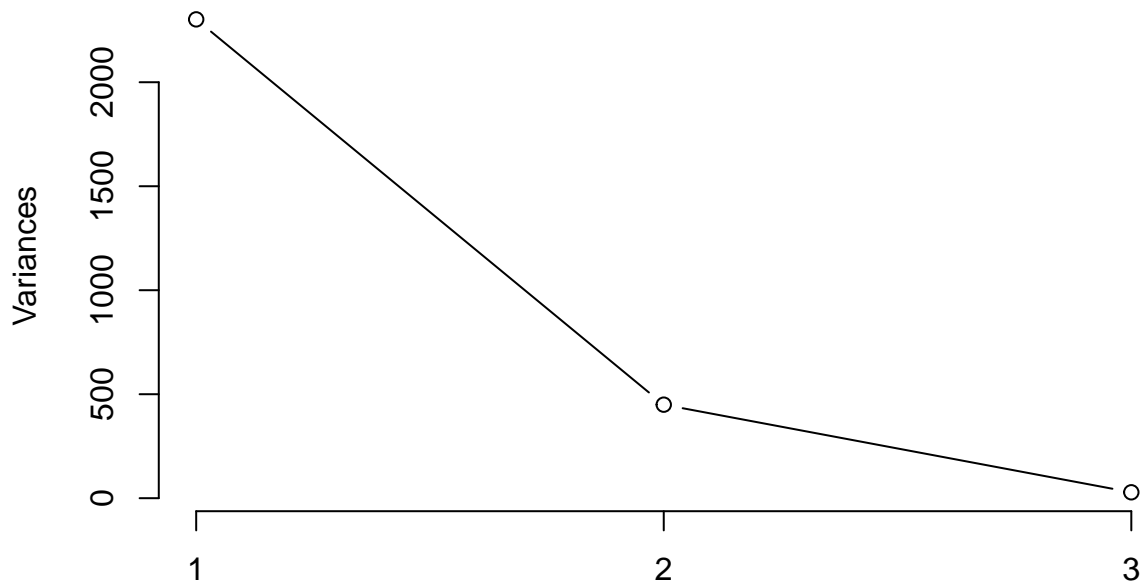
##      K+      Na+      Cl-
## 28.96286 1456.95341 1294.40496

## $multivariateNormality
##      Test      HZ      p value MVN
## 1 Henze-Zirkler 1.982795 1.468524e-07 NO
##
## $univariateNormality
##      Test Variable Statistic p value Normality
## 1 Shapiro-Wilk K+      0.9439 0.0193 NO
## 2 Shapiro-Wilk Na+      0.9694 0.2182 YES
## 3 Shapiro-Wilk Cl-      0.9289 0.0050 NO
##
## $Descriptives
##      n      Mean Std.Dev Median   Min   Max 25th 75th      Skew
## K+  50  9.9138 5.381715 11.143  1.01 23.74  5.136 13.365 -0.04373961
## Na+  50 185.1220 38.170059 177.990 115.88 285.60 149.850 215.345 0.41095680
## Cl-  50 173.6880 35.977840 183.900 111.50 238.30 145.900 202.650 -0.30460893
##
##      Kurtosis
## K+ -0.6069976
```

```
## Na+ -0.3545583
## Cl- -1.2045139

## Standard deviations (1, ..., p=3):
## [1] 47.981508 21.205337 5.331963
##
## Rotation (n x k) = (3 x 3):
##           PC1      PC2      PC3
## K+  0.0007529091 -0.03552926 -0.99936835
## Na+  0.7374634989  0.67498008 -0.02344111
## Cl-  0.6753865714 -0.73698003  0.02670973
```

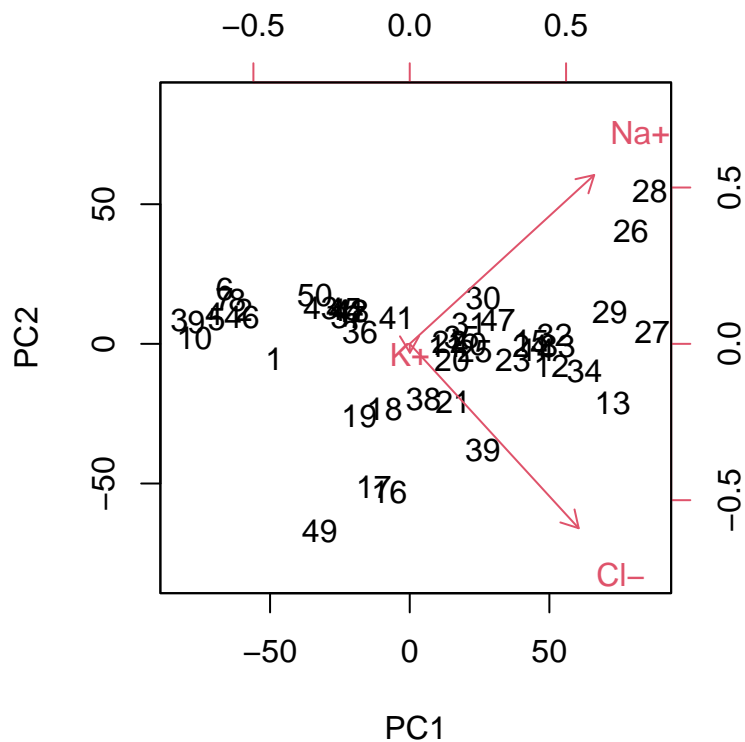
## Datos\_New\_2



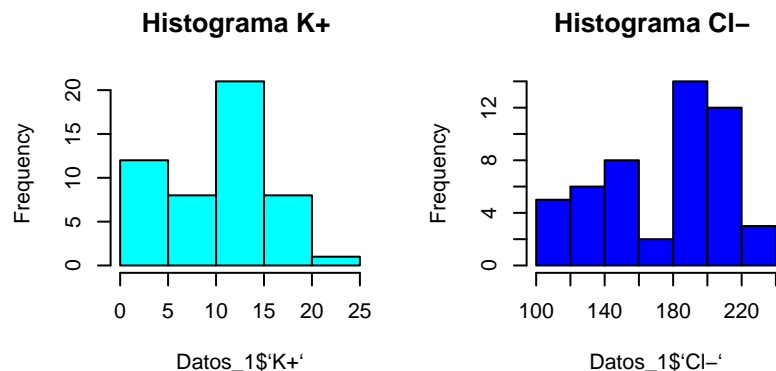
ccc

```
## Importance of components:
##           PC1      PC2      PC3
## Standard deviation  47.982 21.2053 5.33196
## Proportion of Variance 0.828 0.1617 0.01023
## Cumulative Proportion 0.828 0.9898 1.00000
```





De las variables respuestas a utilizar, se les realizo un histograma



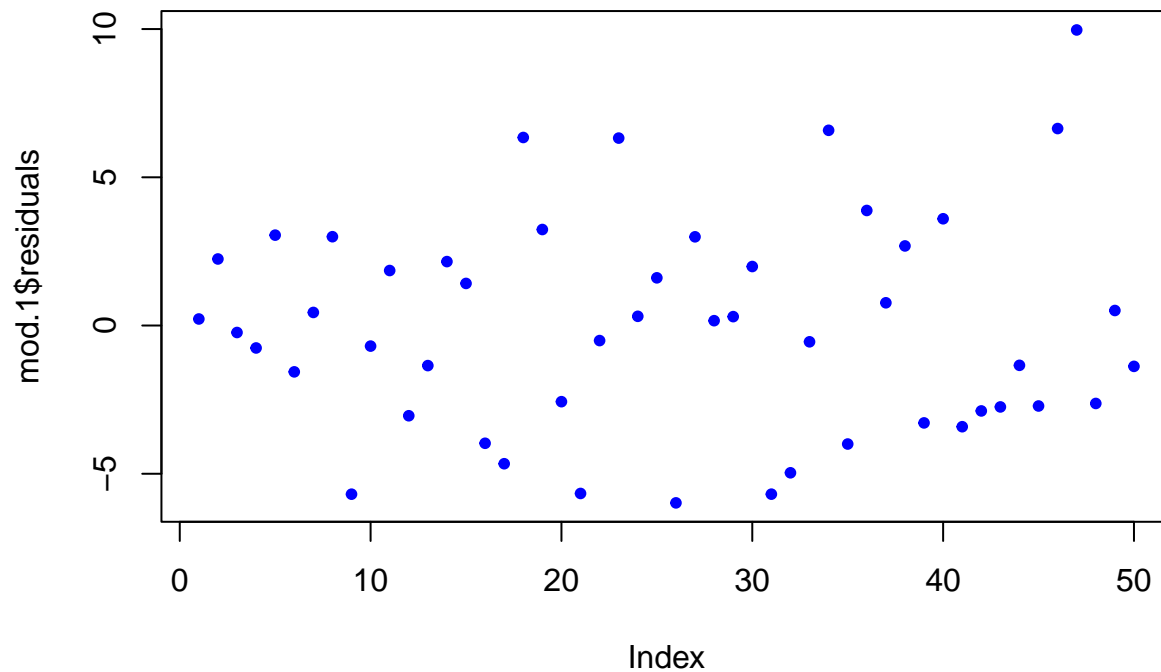
Se realizo un modelo lienal para cada variable respuesta, considerando la interaccion de nuestras variables predictoras.

```
##
## Call:
## lm(formula = Datos_1$`K+` ~ Datos_1$Tiempo:Datos_1$ATPasa)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -5.9824 -2.7385 -0.0362  2.2225  9.9695
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      4.20792     7.12486   0.591   0.558
## Datos_1$TiempoT0:Datos_1$ATPasa  0.56961     0.50217   1.134   0.263
## Datos_1$TiempoT1:Datos_1$ATPasa  0.76417     0.48911   1.562   0.125
```

```
## Datos_1$TiempoT2:Datos_1$ATPasa 0.41878 0.48085 0.871 0.389
## Datos_1$TiempoT3:Datos_1$ATPasa 0.18340 0.50204 0.365 0.717
## Datos_1$TiempoT4:Datos_1$ATPasa 0.02356 0.53269 0.044 0.965
##
## Residual standard error: 3.849 on 44 degrees of freedom
## Multiple R-squared: 0.5407, Adjusted R-squared: 0.4885
## F-statistic: 10.36 on 5 and 44 DF, p-value: 1.307e-06
```

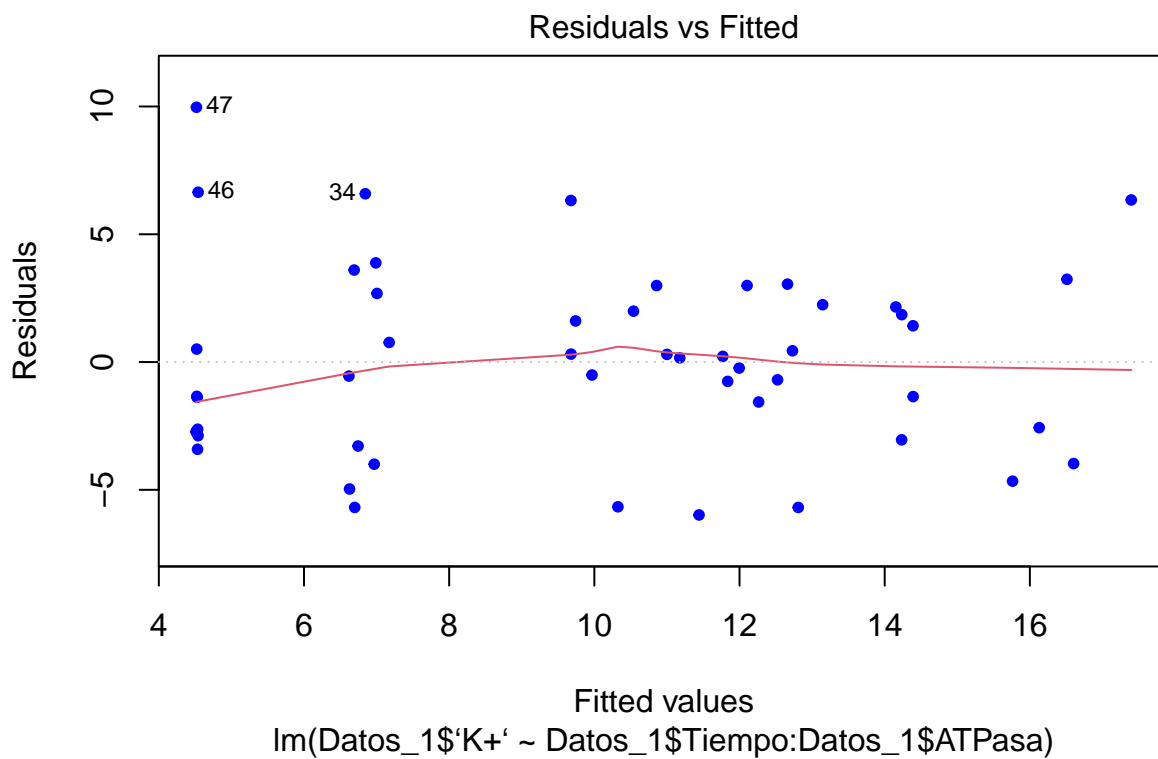
Analisis de supuestos

## Independencia



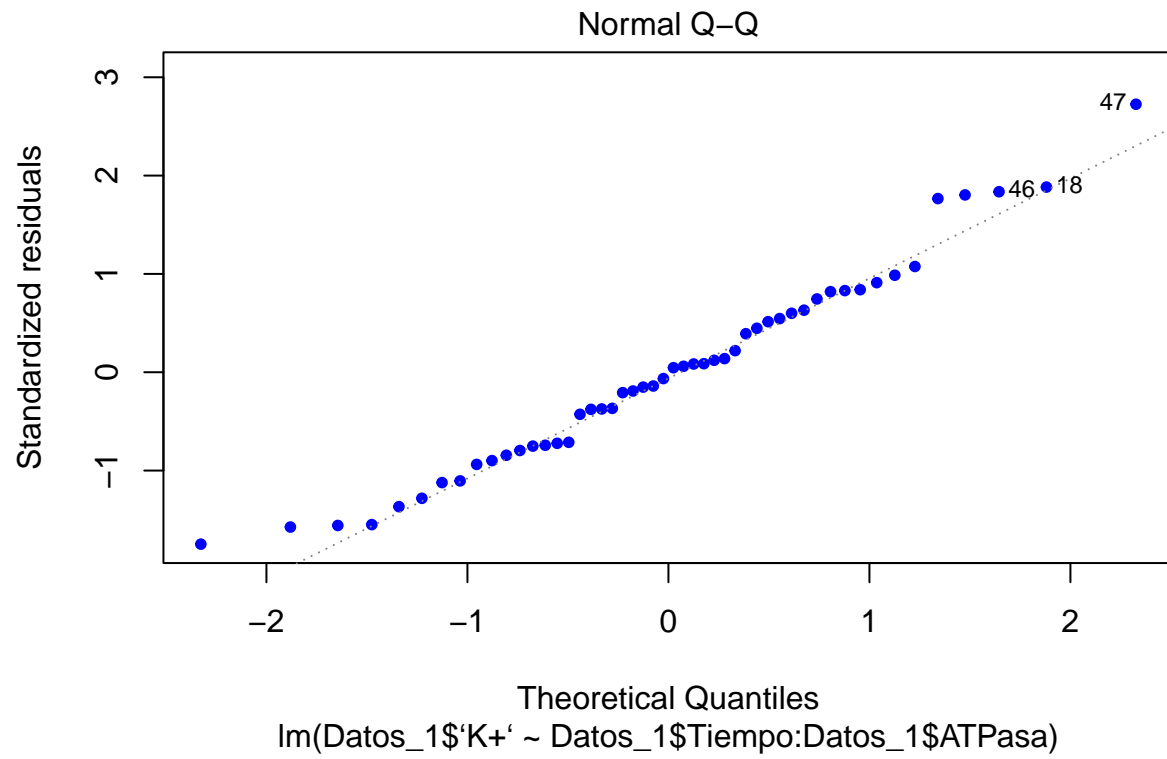
```
##
## Durbin-Watson test
##
## data: Datos_1$`K+` ~ Datos_1$Tiempo + Datos_1$ATPasa
## DW = 2.1597, p-value = 0.9244
## alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0
```

## Homogeneidad de varianzas



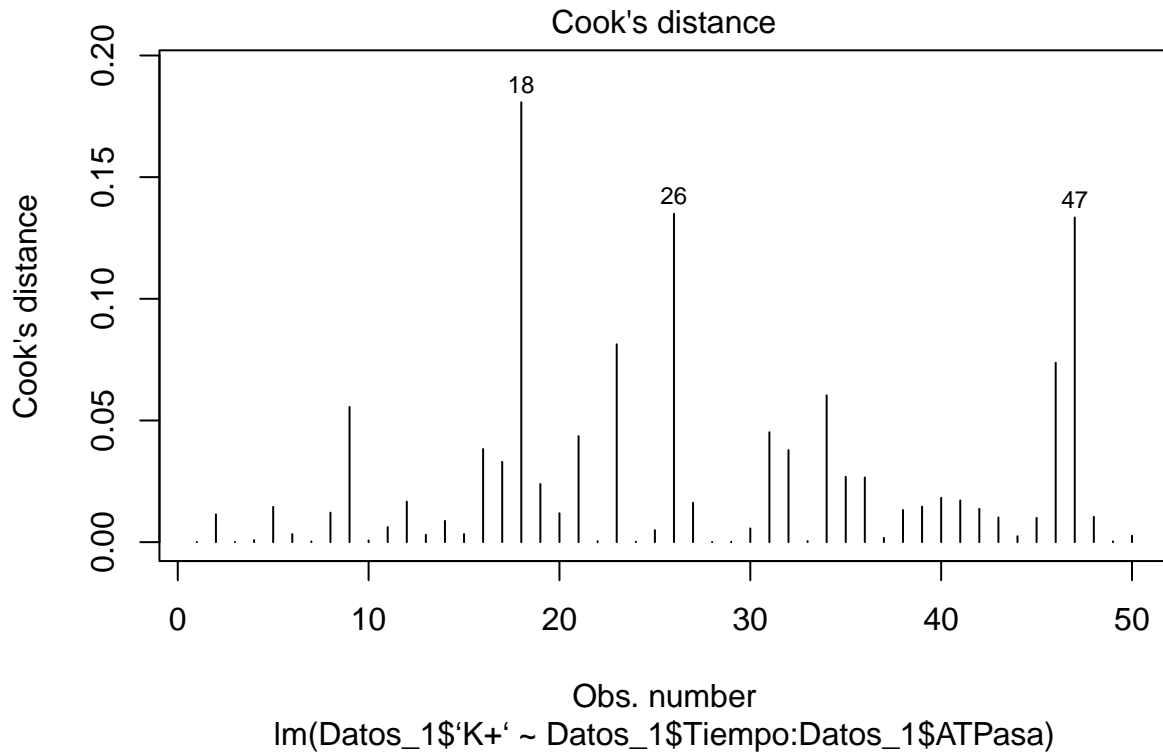
```
## Non-constant Variance Score Test
## Variance formula: ~ fitted.values
## Chisquare = 1.200943, Df = 1, p = 0.27313
```

## Normalidad



```
##  
## Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data: residuals(mod.1)  
## W = 0.97166, p-value = 0.2701
```

## Deteccion de valores atipicos



## Elinacion de los valores atipicos

```
## # A tibble: 47 x 10
##   Tiempo      N Obs   Peso Longitud      K ATPasa `K+` `Na+` `Cl-`
##   <fct>    <dbl> <fct> <dbl>    <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
## 1 T0         1 P    122      20  1.52   13.3 12.0  146. 145.
## 2 T0         2 P    132     22.5 1.16   15.7 15.4  150. 124.
## 3 T0         3 P    108      20  1.35   13.7 11.8  130. 112.
## 4 T0         4 P    100     20.5 1.16   13.4 11.1  141. 118.
## 5 T0         5 P    114      21  1.23   14.8 15.7  140. 120.
## 6 T0         6 P    186     20.5 2.16   14.1 10.7  150. 114.
## 7 T0         7 P    138     21.5 1.39   15.0 13.2  147. 117.
## 8 T0         8 P    140.     21.5 1.41   13.9 15.1  150. 120.
## 9 T0         9 P    116     23.5 0.894  15.1  7.12  134. 116.
## 10 T0        10 P    141     24.5 0.959  14.6 11.8  130. 120.
## # ... with 37 more rows
```

## Analisis de nuestro modelo sin los outliers

```
##
## Call:
## lm(formula = Datos1$`K+` ~ Datos1$Tiempo:Datos1$ATPasa)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -6.4389 -1.6927 -0.3318  2.2207  7.7428
##
## Coefficients:
```

```
##               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      3.73739    6.89937   0.542   0.591
## Datos1$TiempoT0:Datos1$ATPasa 0.60230    0.48487   1.242   0.221
## Datos1$TiempoT1:Datos1$ATPasa 0.73798    0.48370   1.526   0.135
## Datos1$TiempoT2:Datos1$ATPasa 0.50400    0.47414   1.063   0.294
## Datos1$TiempoT3:Datos1$ATPasa 0.21608    0.48475   0.446   0.658
## Datos1$TiempoT4:Datos1$ATPasa -0.02076    0.51341  -0.040   0.968
##
## Residual standard error: 3.328 on 41 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.6162, Adjusted R-squared:  0.5694
## F-statistic: 13.16 on 5 and 41 DF,  p-value: 1.15e-07
```

#### Intervalos de confianza de nuestro modelo

```
##               Estimate      2.5 %      97.5 %
## (Intercept)      3.73739226 -10.1961592  17.670944
## Datos1$TiempoT0:Datos1$ATPasa 0.60230064 -0.3769133  1.581515
## Datos1$TiempoT1:Datos1$ATPasa 0.73797620 -0.2388704  1.714823
## Datos1$TiempoT2:Datos1$ATPasa 0.50399669 -0.4535490  1.461542
## Datos1$TiempoT3:Datos1$ATPasa 0.21608065 -0.7628911  1.195052
## Datos1$TiempoT4:Datos1$ATPasa -0.02075865 -1.0576181  1.016101
```

Se realizo el modelo para cada variable perdictora de forma independiente.

```
##
## Call:
## lm(formula = Datos1$`K+` ~ Datos1$Tiempo)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -6.504  -1.695  -0.395   1.813   7.764
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      12.385      1.037  11.938 4.38e-15 ***
## Datos1$TiempoT1      2.002      1.507   1.328 0.191360
## Datos1$TiempoT2     -1.221      1.507  -0.810 0.422644
## Datos1$TiempoT3     -5.646      1.467  -3.848 0.000399 ***
## Datos1$TiempoT4     -8.963      1.507  -5.946 4.75e-07 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 3.281 on 42 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.618, Adjusted R-squared:  0.5816
## F-statistic: 16.98 on 4 and 42 DF,  p-value: 2.343e-08
##
## Call:
## lm(formula = Datos1$`K+` ~ Datos1$ATPasa)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -7.928  -4.723   1.224   3.062   8.301
##
## Coefficients:
```

```
##               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   -8.9317      9.5932  -0.931  0.3568
## Datos1$ATPasa  1.3017      0.6713   1.939  0.0588 .
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 4.926 on 45 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.07711,    Adjusted R-squared:  0.0566
## F-statistic:  3.76 on 1 and 45 DF,  p-value: 0.05879
```

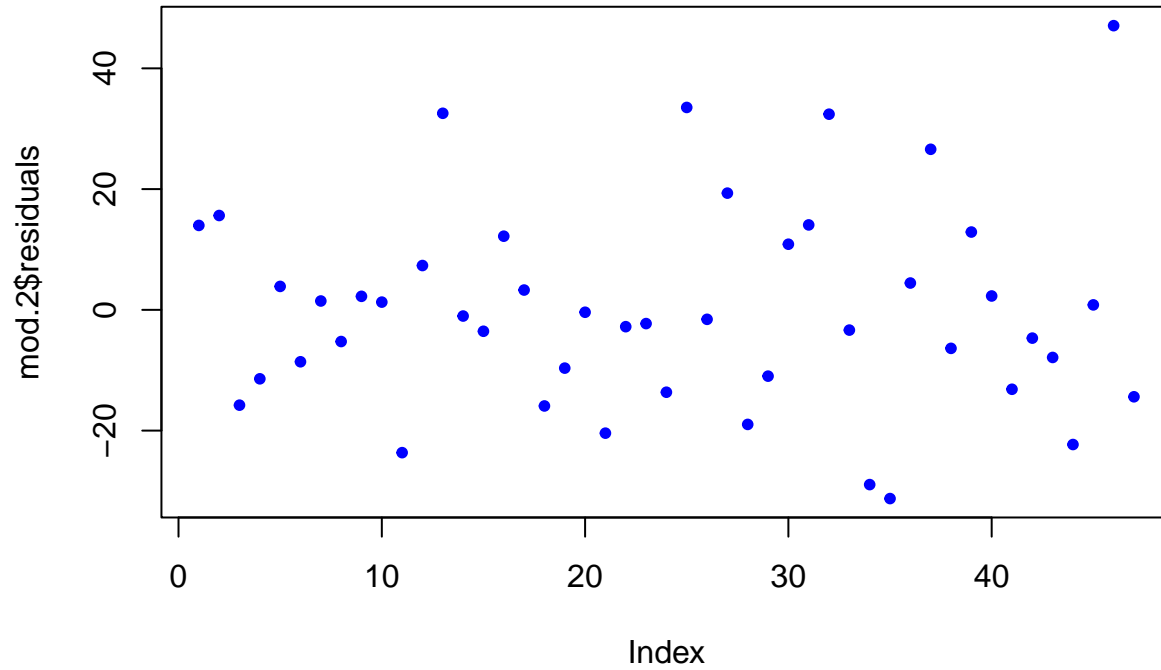
El modelo dos, es para la segunda variable respuesta a estudiar.

```
##
## Call:
## lm(formula = Datos1$`Cl-` ~ Datos1$Tiempo:Datos1$ATPasa)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -31.256 -11.199  -1.568   9.107  47.072
##
## Coefficients:
##               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)         251.990      36.978   6.815 3.01e-08 ***
## Datos1$TiempoT0:Datos1$ATPasa  -9.121       2.599  -3.510  0.0011 **
## Datos1$TiempoT1:Datos1$ATPasa  -3.470       2.592  -1.339  0.1881
## Datos1$TiempoT2:Datos1$ATPasa  -3.553       2.541  -1.398  0.1696
## Datos1$TiempoT3:Datos1$ATPasa  -4.256       2.598  -1.638  0.1090
## Datos1$TiempoT4:Datos1$ATPasa  -7.318       2.752  -2.659  0.0111 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 17.84 on 41 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.7912, Adjusted R-squared:  0.7657
## F-statistic: 31.07 on 5 and 41 DF,  p-value: 6.219e-13
```

Se siguió el mismo orden de los análisis anteriores

Evaluación de supuestos

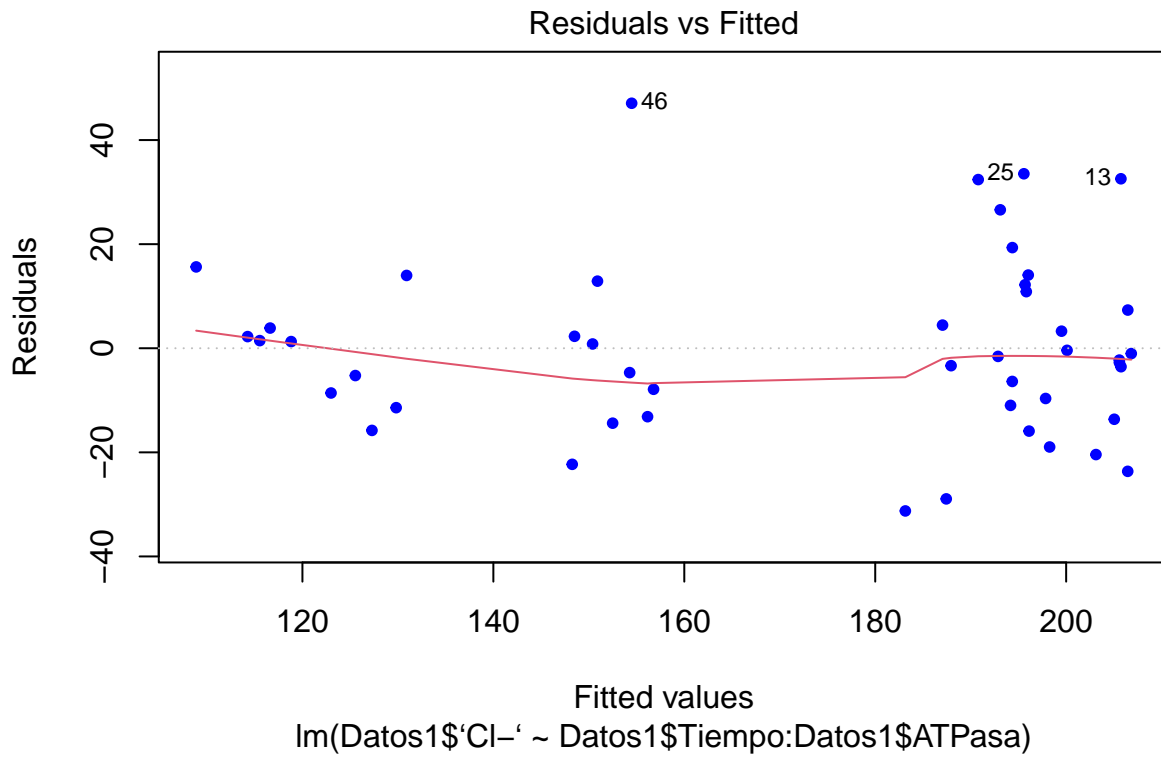
## Independencia



```
##
## Durbin-Watson test
##
## data: Datos1$`Cl-` ~ Datos1$Tiempo + Datos1$ATPasa
## DW = 1.9179, p-value = 0.326
## alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0
```

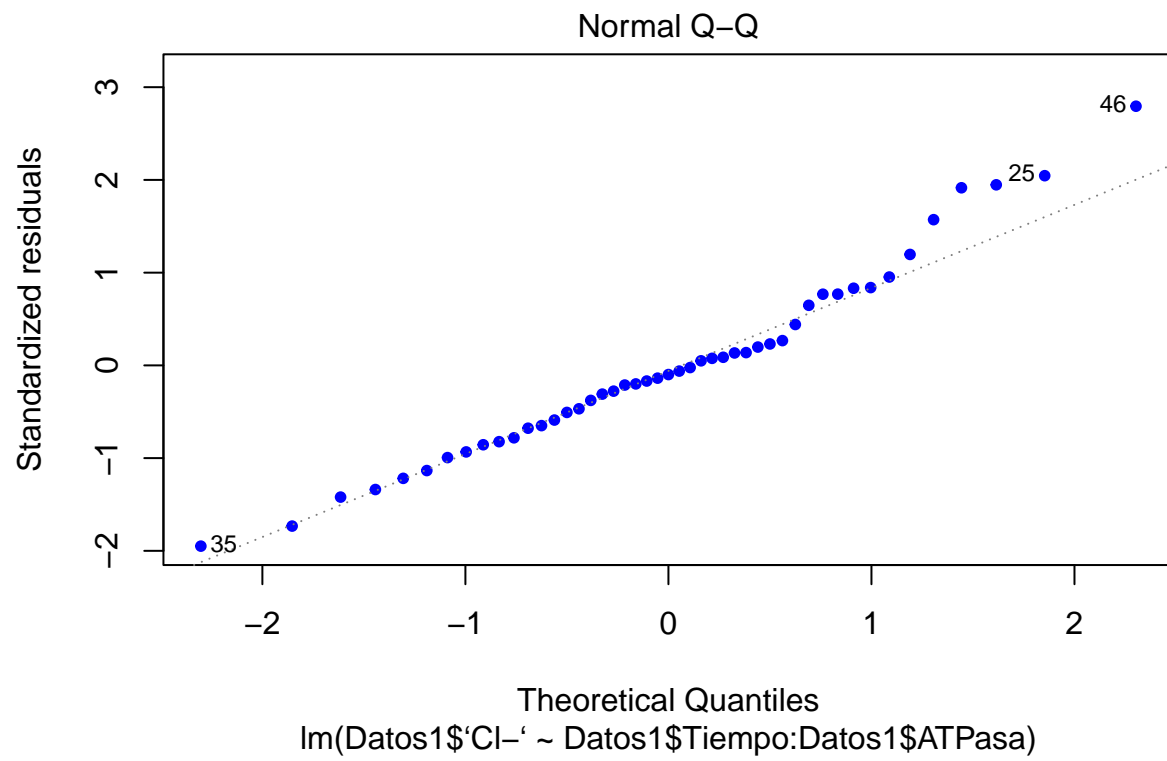


## Homogeneidad de varianzas



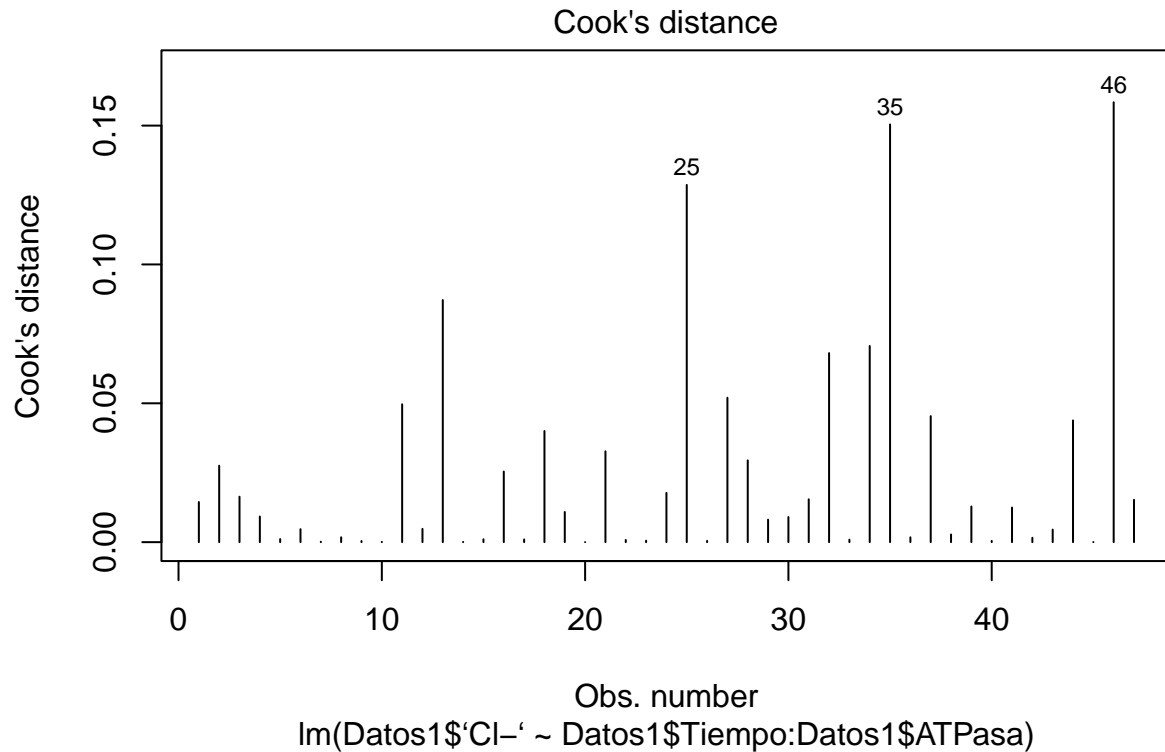
```
## Non-constant Variance Score Test
## Variance formula: ~ fitted.values
## Chisquare = 0.9898164, Df = 1, p = 0.31979
```

## Normalidad



```
##  
## Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data: residuals(mod.2)  
## W = 0.96671, p-value = 0.1979
```

## Deteccion de valores atipicos



## Eliminacion de los valores atipicos

```
## # A tibble: 44 x 10
##   Tiempo      N Obs   Peso Longitud      K ATPasa `K+` `Na+` `Cl-`
##   <fct>    <dbl> <fct> <dbl>    <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
## 1 T0         1 P    122      20  1.52   13.3 12.0  146.  145.
## 2 T0         2 P    132     22.5 1.16   15.7 15.4  150.  124.
## 3 T0         3 P    108      20  1.35   13.7 11.8  130.  112.
## 4 T0         4 P    100     20.5 1.16   13.4 11.1  141.  118.
## 5 T0         5 P    114      21  1.23   14.8 15.7  140.  120.
## 6 T0         6 P    186     20.5 2.16   14.1 10.7  150.  114.
## 7 T0         7 P    138     21.5 1.39   15.0 13.2  147.  117
## 8 T0         8 P    140.    21.5 1.41   13.9 15.1  150.  120.
## 9 T0         9 P    116     23.5 0.894  15.1  7.12  134.  116.
## 10 T0        10 P    141     24.5 0.959  14.6 11.8  130.  120.
## # ... with 34 more rows
```

## Nuevo modelo sin los outliers

```
##
## Call:
## lm(formula = Datos2$`Cl-` ~ Datos2$Tiempo:Datos2$ATPasa)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -34.051  -8.874   1.047   7.862  33.509
##
## Coefficients:
```

```
##               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      239.771    32.062   7.478 5.59e-09 ***
## Datos2$TiempoT0:Datos2$ATPasa  -8.272     2.251  -3.676 0.000729 ***
## Datos2$TiempoT1:Datos2$ATPasa  -2.625     2.245  -1.169 0.249571
## Datos2$TiempoT2:Datos2$ATPasa  -3.031     2.227  -1.361 0.181619
## Datos2$TiempoT3:Datos2$ATPasa  -3.114     2.288  -1.361 0.181609
## Datos2$TiempoT4:Datos2$ATPasa  -6.844     2.380  -2.876 0.006573 **
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 14.62 on 38 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.8597, Adjusted R-squared:  0.8413
## F-statistic: 46.59 on 5 and 38 DF,  p-value: 3.422e-15
```

#### Intervalos de confianza

```
##               Estimate      2.5 %      97.5 %
## (Intercept)      239.771352 174.864745 304.677959
## Datos2$TiempoT0:Datos2$ATPasa  -8.272491 -12.828426 -3.716556
## Datos2$TiempoT1:Datos2$ATPasa  -2.624772  -7.169061  1.919517
## Datos2$TiempoT2:Datos2$ATPasa  -3.030572  -7.539273  1.478129
## Datos2$TiempoT3:Datos2$ATPasa  -3.113838  -7.746308  1.518632
## Datos2$TiempoT4:Datos2$ATPasa  -6.843940 -11.661842 -2.026037
```

#### Modelos lineales en ambas variables predictoras de forma independiente

```
##
## Call:
## lm(formula = Datos2$`K+` ~ Datos2$Tiempo)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -6.1688 -1.5924 -0.5454  1.7583  7.9645
##
## Coefficients:
##               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)      12.385     1.061  11.668 2.72e-14 ***
## Datos2$TiempoT1      2.002     1.542   1.298 0.201943
## Datos2$TiempoT2     -1.556     1.592  -0.977 0.334370
## Datos2$TiempoT3     -5.779     1.542  -3.747 0.000578 ***
## Datos2$TiempoT4     -9.163     1.592  -5.755 1.13e-06 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 3.357 on 39 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.615, Adjusted R-squared:  0.5755
## F-statistic: 15.57 on 4 and 39 DF,  p-value: 1.073e-07
##
## Call:
## lm(formula = Datos2$`K+` ~ Datos2$ATPasa)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -8.038 -5.410  1.301  3.125  8.222
```

```
##
## Coefficients:
##           Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   -9.3511    10.4731  -0.893   0.3770
## Datos2$ATPasa    1.3400     0.7361   1.820   0.0758 .
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 5.018 on 42 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.07312,    Adjusted R-squared:  0.05105
## F-statistic: 3.313 on 1 and 42 DF,  p-value: 0.07585
```

## *Interpretacion de resultados*

Para la relacion longitud-peso, se encontro una realcion de estas

Los resultados obtenidos de la prueba, se observa que el valor  $p\text{-valor} = 6.437e-16$  es menor al nivel de significacion del 5%; concluyendo que hay evidencia estadisticaente significativa para rechazar  $H_0$ . por lo tanto, la correlacion entre la longitud y el peso es distinta de cero.

El modelo 1 de nuestros analisis nos evidencian que el efecto de la interaccion Tiempo:ATPasa branquial, no son estadisticamente significativas , ya que  $p\text{-valor}$  es mayor al nivel de significancia del 5%. En consecuencia no hay evidencia para rechazar la hipotesis nula. Por lo tanto, no existen influencia de la interaccion ATPasa-Tiempo sobre los valores de  $K^+$  sanguineo de los ejemplares de *S.salar*.

El modelo tiene alta capacidad predictoria, ya que el valor de  $p = 1.307e-06$ , es menor al nivel de significancia, pero la bondad del ,odelo es baja (0.4885), por ende no es bueno el modelo.

Pero cuando se realizo el modelo con las variables predictoras de forma independientes cada una sobre  $K^+$ , si existio diferencia estadisticamente significativas para los tiempos T3 y T4.

A la ves, en el primer modelo no se cumplieron los supuestos, pero una vez ajustado los datos y eliminado los outliers presentes, el modelo tuvo una mejor bondad y una alta capacidad de predecir.

Similarmete ocurrio con el modelo 2 de regresion, la interaccion ATPasa-Tiempo sobre la variable  $Cl^-$  sanguineo, mostro que en la interaccion ATPasa y T0, al igual que ATPasa y T4 tuvo diferencias estadisticamente con respecto al resto de las interacciones.

Tambien nos evidencio que el efecto de la interaccion Tiempo:ATPasa branquial, son estadisticamente significativas, ya que  $p\text{-valor}$  es mayor al nivel de significancia del 5% ( $p = 6.219e-13$ ). En consecuencia si hay evidencia para rechazar la hipotesis nula. Por lo tanto, existe influencia de la interaccion ATPasa-Tiempo sobre los valores de  $Cl^-$  sanguineo de los ejemplares de *S.salar*.

El modelo tiene alta capacidad predictoria, ya que el valor de  $p = 6.219e-13$ , es menor al nivel de significancia y la bondad del modelo es alta (0.7657), por ende es bueno el modelo.

Una vez que se le elimino los outliers al modelo, aumento la bondad del modelo, manteniendo su alta capacidad predictoria y mejorando el modelo.

A la ves, cuando se realizo el modelo con las variables predictoras de forma independientes cada una sobre  $Cl^-$ , si existio diferencia estadisticamente significativas para los tiempos T3 y T4, pero la ATPasa branquial sola, no tuvo efecto sobre el  $Cl^-$ .

## *Conclusion*

Podemos concluir, que los modelos utilizados en este proyecto fueron los apropiados para responder nuestra hipótesis, ya que tuvimos modelos con alta capacidad predictoria y con alta bondad del modelo.

A la vez pudimos responder nuestras hipótesis, concluyendo que la interacción ATPasa y Tiempo de exposición de los ejemplares a la salinidad elevada sí influyen en los electrolitos plasmáticos de  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ , aunque en unos más que en otros, provocando un aumento de estos.

Esto es esencial a la hora del traslado de los smolt al agua de mar, ya que nos asegura una buena chance de tener éxito en la producción.