

Jimmy_Carrillo_Trabajo_Final

Jimmy Carrillo Novoa

14/7/2021

TITULO Y AUTOR.

Titulo del Proyecto: Evaluación del efecto de la densidad de cultivo y el tamaño del estanque sobre la intensidad de luz (watt/sq2) mediante el análisis de modelos lineales de efectos fijos-aleatorios y modelos lineales generalizados.

PROBLEMATICA A RESOLVER

El cultivo del Salmon en tierra en sistema RAS (Recirculation Aquaculture Systems) a aumentado notablemente en los últimos años como una solución a los problemas ambientales que el sistema tradicional de cultivo en jaulas de mar ha generado desde el inicio de la industria y como una alternativa de bioseguridad para la especie cultivada.

Debido a los altos niveles de peces maduros en los sistemas RAS que se han documentado en varios sistemas de RAS existe la necesidad de conocer la relación y el comportamiento de la intensidad de luz en el fondo del estanque de un sistema RAS de cultivo con respecto a la densidad de cultivo y el tamaño del estanque

DESCRIPCION DETALLADA DE LOS DATOS ORIGINALES

El set de datos corresponde a una granja peces cultivados en un sistema de cultivo RAS con dos Módulos de estanques Mod A-Mod B. Cada modulo de cultivo tiene una configuración de estanques de 50m³ y 200m³. El set de datos tiene un total de 272 mediciones de intensidad de luz asociado a diferentes densidades de cultivo y relacionado a los dos módulos de cultivo. La toma de muestras de intensidad de luz se realizó durante un año en donde cada mes se realizaron varias mediciones a diferentes estanques con distinto volumen y densidad. Las muestras fueron tomadas mediante LI-1500 light sensor logger. El detalle de los datos recolectados se presenta en light_intensity.xlsx.

La intensidad de luz fue medida en watt/m², el volumen de los estanques esta relacionado a los metros cúbicos de agua y la densidad de cultivo fue medida por la biomasa total en el estanque al momento de la medición sobre el volumen de agua en el estanque en la unidad de medición correspondiente a kg/m³.

ANALISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS

ANALISIS PARTE 1

ANALISIS DE MODELOS LINEALES MIXTOS DE EFECTOS FIJOS Y EFECTOS ALEATORIOS PARA EL ANALISIS DEL EFECTO DE LA DENSIDAD DE CULTIVO, EL VOLUMEN DEL ESTANQUE SOBRE LA INTENSIDAD DE LUZ

Exploratorio del Set de Datos "Light_intensity". Medida de la intensidad de luz en watt/m² de diferentes estanques a diferentes densidades de cultivo en dos Modulos de cultivo diferentes en un sistema RAS.

Exploratorio de las avriables a analizar

```
## tibble [272 x 5] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
```

```
## $ Density : num [1:272] 35 42 55 55 55 55 55 68 79 70 ...
## $ Volume_m3: chr [1:272] "50m3" "50m3" "50m3" "50m3" ...
## $ Tank      : chr [1:272] "1A1" "1A2" "1A4" "2A1" ...
## $ Module    : chr [1:272] "A" "A" "A" "A" ...
## $ watt_sq2  : num [1:272] 0.155 0.087 0.0975 0.1595 0.105 ...
```

Ajuste de las variables para el analisis y Resumen de las variables.

```
## tibble [272 x 5] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
## $ Density : num [1:272] 35 42 55 55 55 55 55 68 79 70 ...
## $ Volume_m3: Factor w/ 2 levels "200m3","50m3": 2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 ...
## $ Tank      : Factor w/ 18 levels "1A1","1A2","1A3",...: 1 2 4 6 7 8 9 11 13 15 ...
## $ Module    : Factor w/ 2 levels "A","B": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
## $ watt_sq2  : num [1:272] 0.155 0.087 0.0975 0.1595 0.105 ...
```

RESUMEN ESTADISTICO DE LAS VARIABLES

	Density	Volume_m3	Tank	Module	watt_sq2
## Min. :	17.00	200m3:154	1A4 : 16	A:181	Min. :0.00100
## 1st Qu.:	55.00	50m3 :118	2A2 : 16	B: 91	1st Qu.:0.05175
## Median :	71.00		2A3 : 16		Median :0.11000
## Mean :	70.47		2A4 : 16		Mean :0.13058
## 3rd Qu.:	84.12		2B : 16		3rd Qu.:0.17525
## Max. :	116.00		3A : 16		Max. :0.80000
##			(Other):176		

ANALISIS ESTADISTICO Y EXPLORATORIO DE LAS VARIABLES
BOX-PLOT INTENSIDAD DE LUZ watt/sqr 2 MODULO A y MODULO B

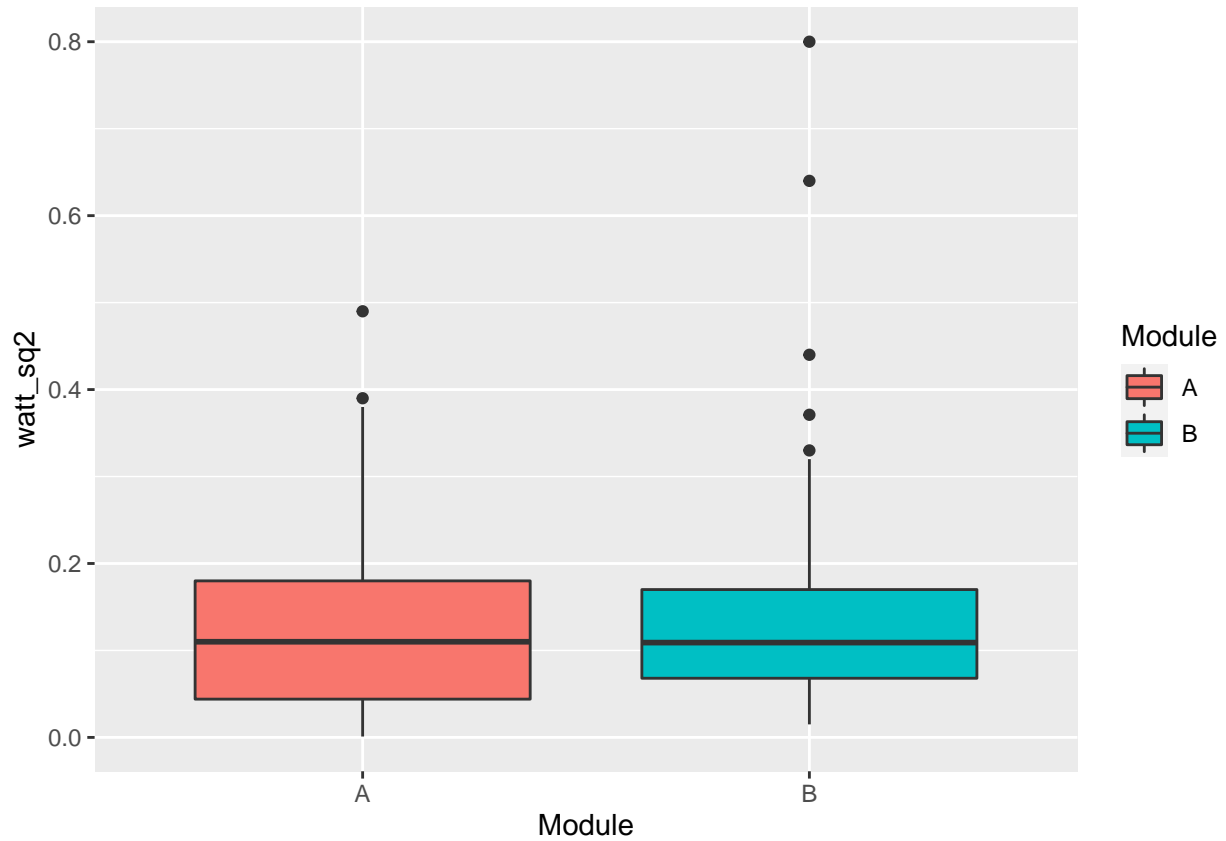


Figura 1. Box-Plot de la intensidad de luz en ambos modulos de cultivo. La medida de intensidad de luz es similar para ambos modulos sin diferenciar el volumen del estanque.

BOX-PLOT INTENSIDAD DE LUZ luz- watt/sqr 2 MODULO A y MODULO B

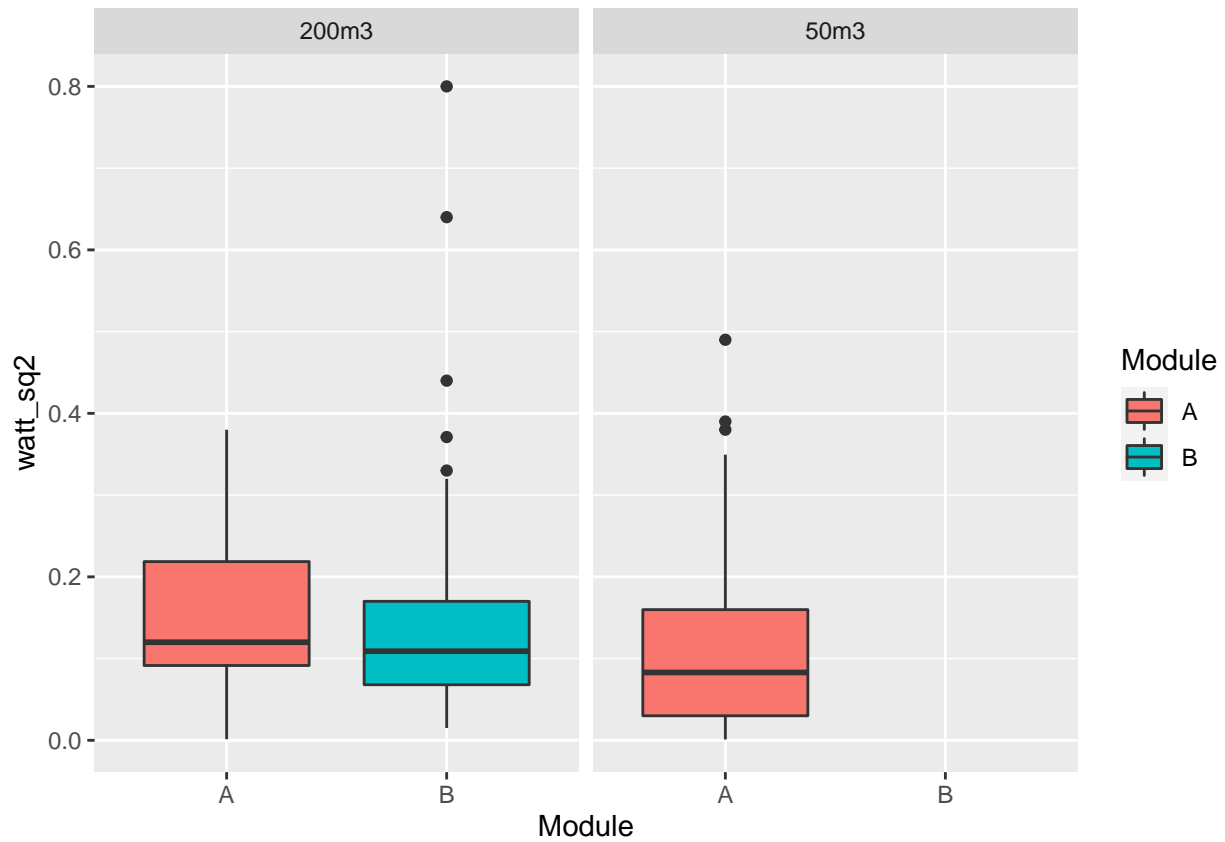


Figura 2. Box-Plot de la intensidad de luz en ambos módulos de cultivo y en estanques de 50m3 y 200m3. La medida de intensidad de luz es similar para ambos módulos para estanques de 200m3 y levemente menor en estanques de 50m3 en el módulo A..

EXPLORATORIO DE NORMALIDAD DE LA VARIABLE RESPUESTA light
HISTOGRAMA DE LA VARIABLE RESPUESTA light watt/m2

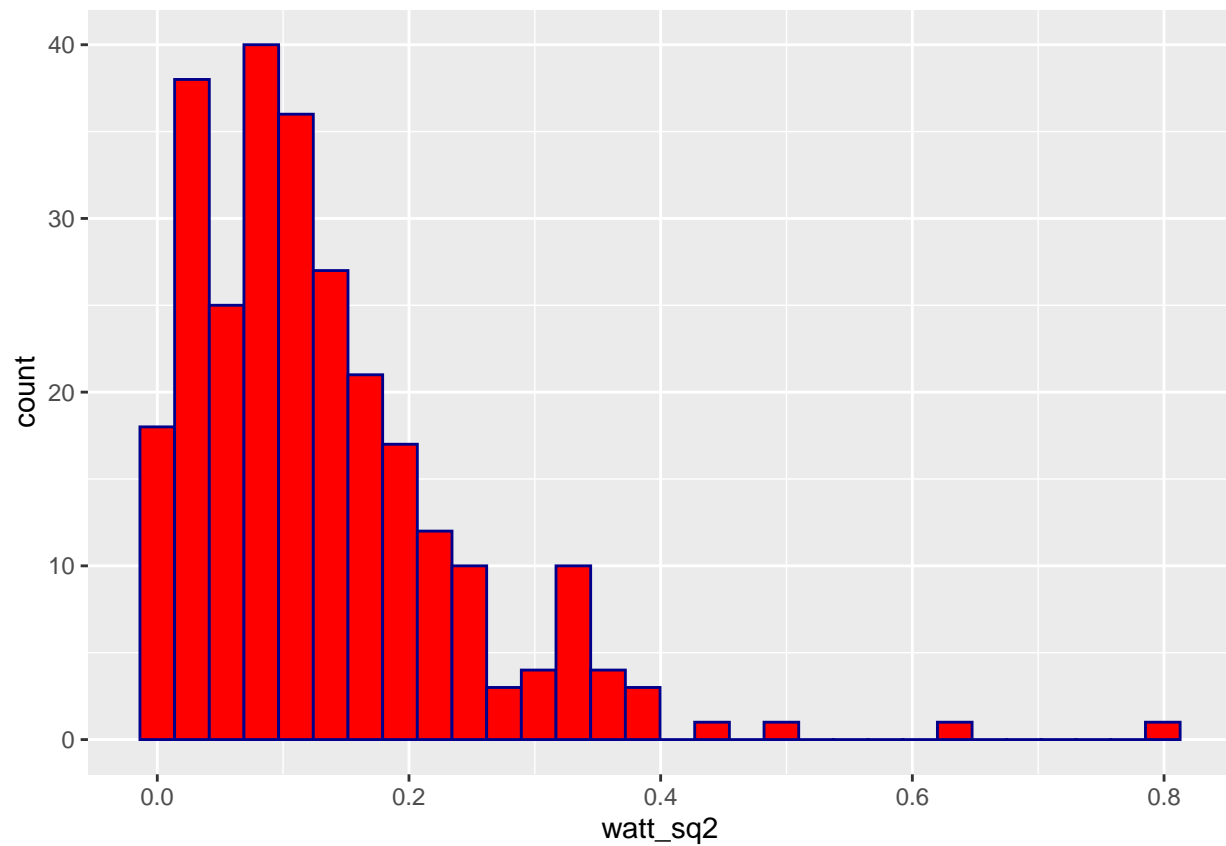


Figura 3. Histograma de la variable respuesta light. Curva con una distribucion positivamente sesgada hacia la derecha.

HISTOGRAMA DE LA VARIABLE RESPUESTA watt/m2 CON LA CURVA NORMAL TEORICA

Histograma de light + Curva normal teórica

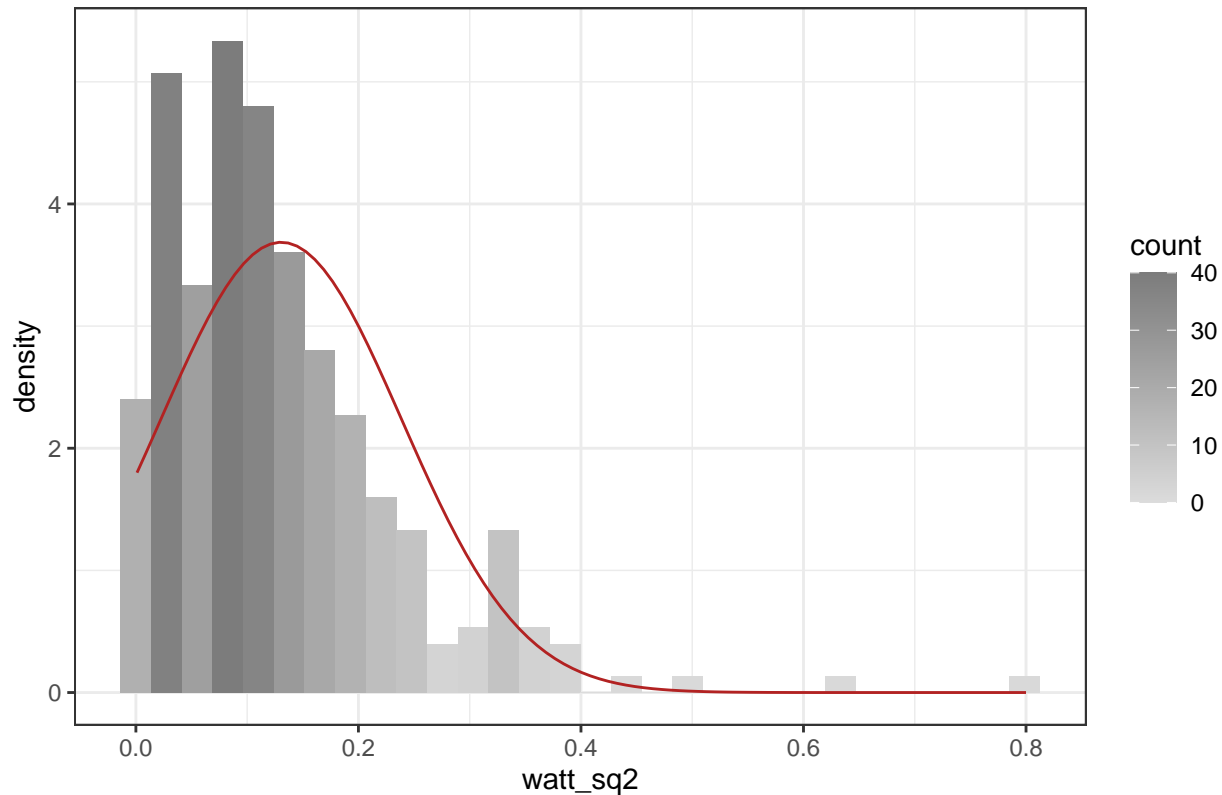


Figura 4. Histograma de la variable respuesta Light en donde se muestra la curva normal teorica.

TEST DE NORMALIDAD PARA LA VARIABLE RESPUESTA light watt_sq2

```
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: light$watt_sq2
## W = 0.86139, p-value = 6.459e-15
```

De acuerdo al analisis de Shapiro-Wilk test de normalidad, la variable respuesta light no presenta normalidad. Se rechaza la Hipotesis Nula.

ANALISIS DE MODELOS LINEALES MIXTOS

MODELOS DE EFECTOS FIJOS.

Ajuste de un modelo de efectos fijos donde la variable respuesta es light intensity y como efectos fijos del modelo las variables Density y Volumen de estanque. Density y Volumen como variables predictoras.

MODELO 1 DE EFECTOS FIJOS

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.3079	0.02108	14.61	5.3e-36

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
Density	-0.002516	0.0002876	-8.749	2.375e-16

Table 2: Tabla 2 Modelo 1 de efectos fijos de la variable respuesta light y la interaccion de las variable predictora Density mas volume_m3

Observations	Residual Std. Error	R^2	Adjusted R^2
272	0.09569	0.2209	0.218

```
##
## Call:
## lm(formula = watt_sq2 ~ Density, data = light)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.19582 -0.06262 -0.01919  0.04097  0.56107
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)  0.3078758  0.0210796  14.605 < 2e-16 ***
## Density      -0.0025158  0.0002876  -8.749 2.37e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.09569 on 270 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.2209, Adjusted R-squared:  0.218
## F-statistic: 76.54 on 1 and 270 DF,  p-value: 2.375e-16
```

Tabla 2: Modelo de efectos fijos 1. Intensidad de luz y densidad de cultivo. Los valores de Pr para las variables regresoras son menores al nivel de significancia del 5% lo cual son estadisticamente significativos. El ajuste del modelo es de 0.218. El p-value del modelo es menor al 5% por lo tanto tiene capacidad predictora.

PLOT DEL MODELO 1 DE EFECTOS FIJOS

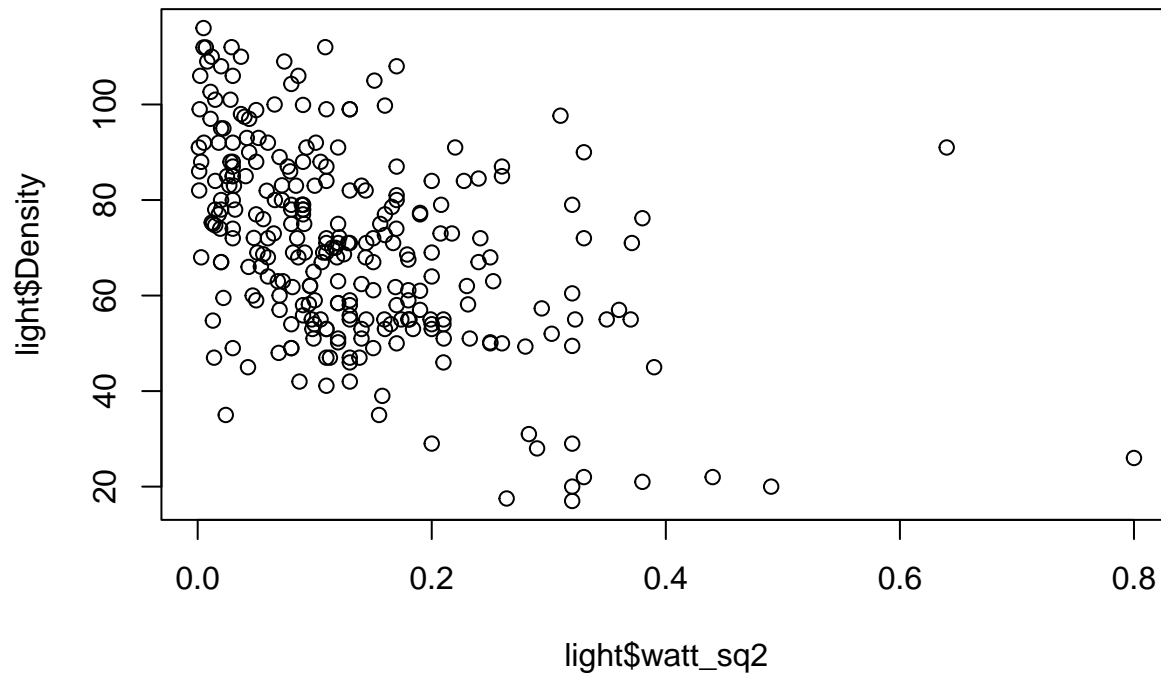


Figura 5. Plot del modelo 1. Intensidad de luz y densidad de cultivo.

MODELO 2 DE EFECTOS FIJOS

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.3482	0.02199	15.83	2.469e-40
Density	-0.002753	0.0002813	-9.789	1.495e-19
Volume_m350m3	-0.05429	0.01145	-4.741	3.446e-06

Table 4: Modelo de efectos fijos de la variable respuesta light y la interaccion de las variable predictora Density mas volume_m3

Observations	Residual Std. Error	R^2	Adjusted R^2
272	0.0921	0.281	0.2756

```
##
## Call:
## lm(formula = watt_sq2 ~ Density + Volume_m3, data = light)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.17350 -0.05827 -0.01324  0.03965  0.54238
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   0.3481524  0.0219947  15.829 < 2e-16 ***
## Density       -0.0027531  0.0002813  -9.789 < 2e-16 ***
## Volume_m350m3 -0.0542924  0.0114508  -4.741 3.45e-06 ***
```



```
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.0921 on 269 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.281, Adjusted R-squared:  0.2756
## F-statistic: 52.56 on 2 and 269 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Modelo de efectos fijos 2. Intensidad de luz y densidad de cultivo. Los valores de Pr para las variables regresoras son menores al nivel de significancia del 5% lo cual son significativas. El ajuste del modelo es de 0.2756 y tiene capacidad predictora.

PLOT DEL MODELO 2 AJUSTADO DE EFECTOS FIJOS

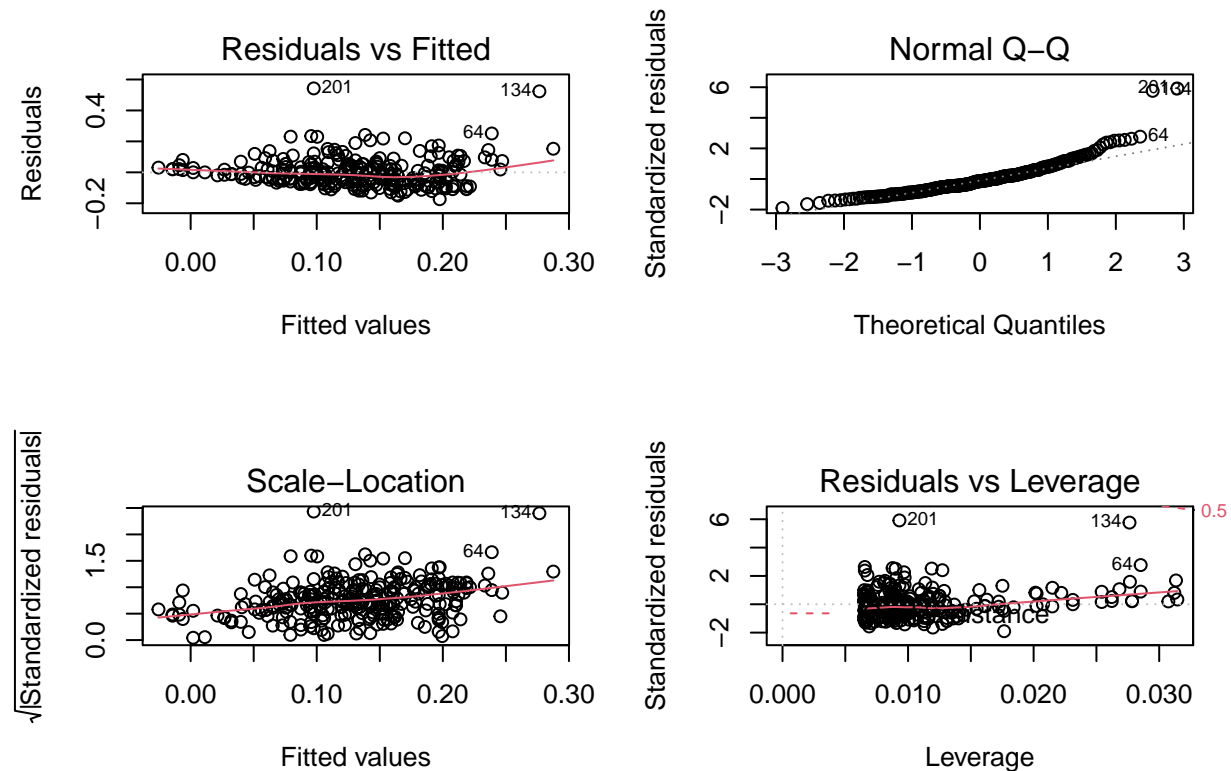


Figura 6. Plot del modelo 2 ajustado. Variable respuesta light y como efectos fijos densidad de cultivo y volumen del estanque.

TEST DE NORMALIDAD MODELOS EFECTOS FIJOS

```
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  residuals(mod.1a)
## W = 0.87095, p-value = 2.356e-14
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  residuals(mod.1b)
## W = 0.87704, p-value = 5.568e-14
```

Los modelos de efectos fijos no presentan normalidad.

MODELOS INTEGRADOS.

MODELO LINEAL INTEGRADO 1

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.3163	0.02033	15.56	2.247e-39
Density:Volume_m3200m3	-0.002326	0.000279	-8.336	4.01e-15
Density:Volume_m350m3	-0.003083	3e-04	-10.28	4.113e-21

Table 6: Modelo de efectos fijos integrado de la variable respuesta light y el efecto de interaccion entre variable predictora Density y volume_m3

Observations	Residual Std. Error	R^2	Adjusted R^2
272	0.09194	0.2835	0.2782

Modelo 2 de efectos fijos integrado .Intensidad de luz, y el efecto integrado entre la densidad de cultivo y el volumen del estanque. Los valores de Pr del modelo es menor al nivel de significancia del 5% lo cual el modelo tiene capacidad predictora. El ajuste del modelo es de 0.2782.

PLOT DE MODELO 1 DE EFECTOS FIJOS INTEGRADO

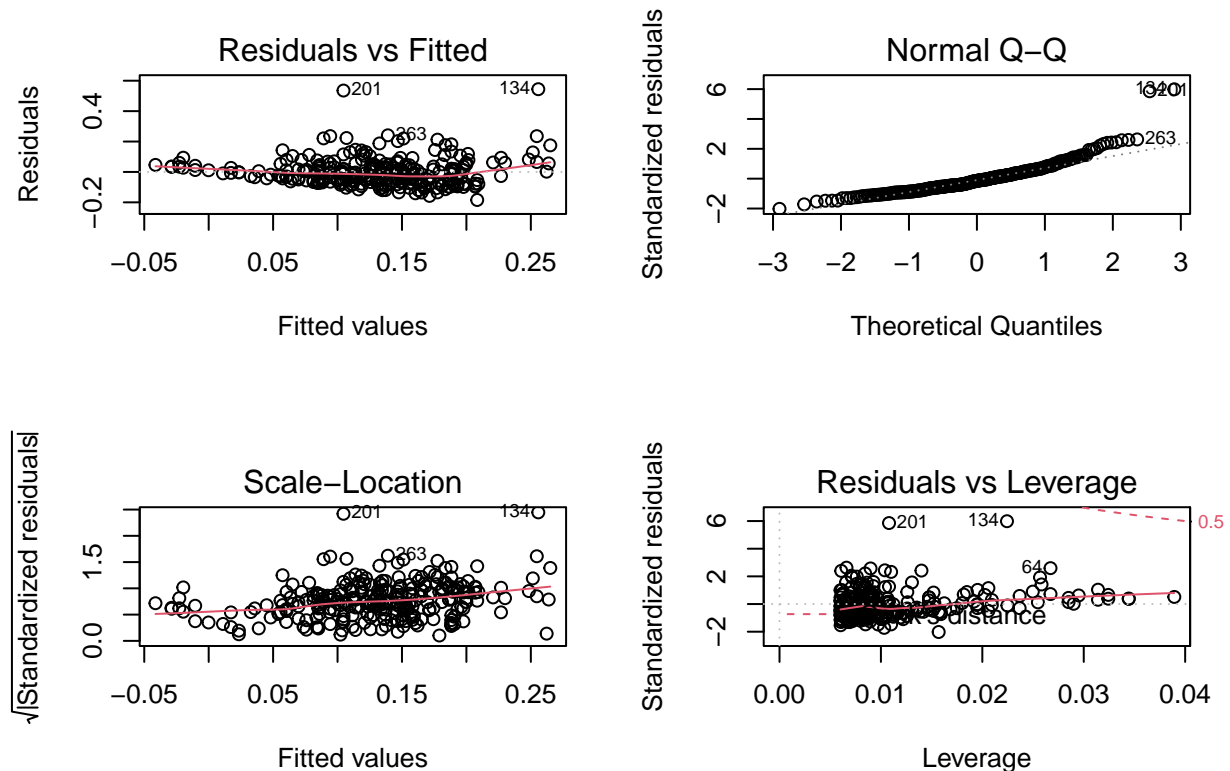


Figura 7. Plot del modelo 1 de efectos fijos integrado. Variable respuesta light y como efectos fijos densidad de cultivo y volumen del estanque.

MODELO LINEAL INTEGRADO 2

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.3242	0.03204	10.12	1.353e-20
Density	-0.002427	0.0004233	-5.734	2.64e-08
Volume_m350m3	-0.01325	0.04149	-0.3193	0.7498
Density:Volume_m350m3	-0.0005829	0.0005664	-1.029	0.3044

Table 8: Modelo 2 de efectos fijos integrados de la variable respuesta light y el efecto de interaccion de las variable predictora Density y volume_m3 mas el efecto entre Density y Volume_m3

Observations	Residual Std. Error	R^2	Adjusted R^2
272	0.09209	0.2838	0.2758

```
##
## Call:
## lm(formula = watt_sq2 ~ Density + Volume_m3 + Density:Volume_m3,
##     data = light)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.18157 -0.05829 -0.01257  0.04063  0.53894
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)    0.3241790  0.0320363  10.119 < 2e-16 ***
## Density        -0.0024275  0.0004233  -5.734 2.64e-08 ***
## Volume_m350m3  -0.0132485  0.0414936  -0.319  0.750
## Density:Volume_m350m3 -0.0005829  0.0005664  -1.029  0.304
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.09209 on 268 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.2838, Adjusted R-squared:  0.2758
## F-statistic: 35.4 on 3 and 268 DF, p-value: < 2.2e-16
```

Modelo 2 de efectos integrado .Intensidad de luz, y el efecto integrado entre la densidad de cultivo y el volumen del estanque mas el efecto de la densidad y el volumen del estanque. Los valores de Pr para las variables explicativas Volume_m350m3 y Density:Volume_m350m3 son menores al nivel de significancia del 5% lo cual esas variables de modelo son estadisticamente significativas. El ajuste del modelo es de 0.2782.

PLOT DEL MODELO

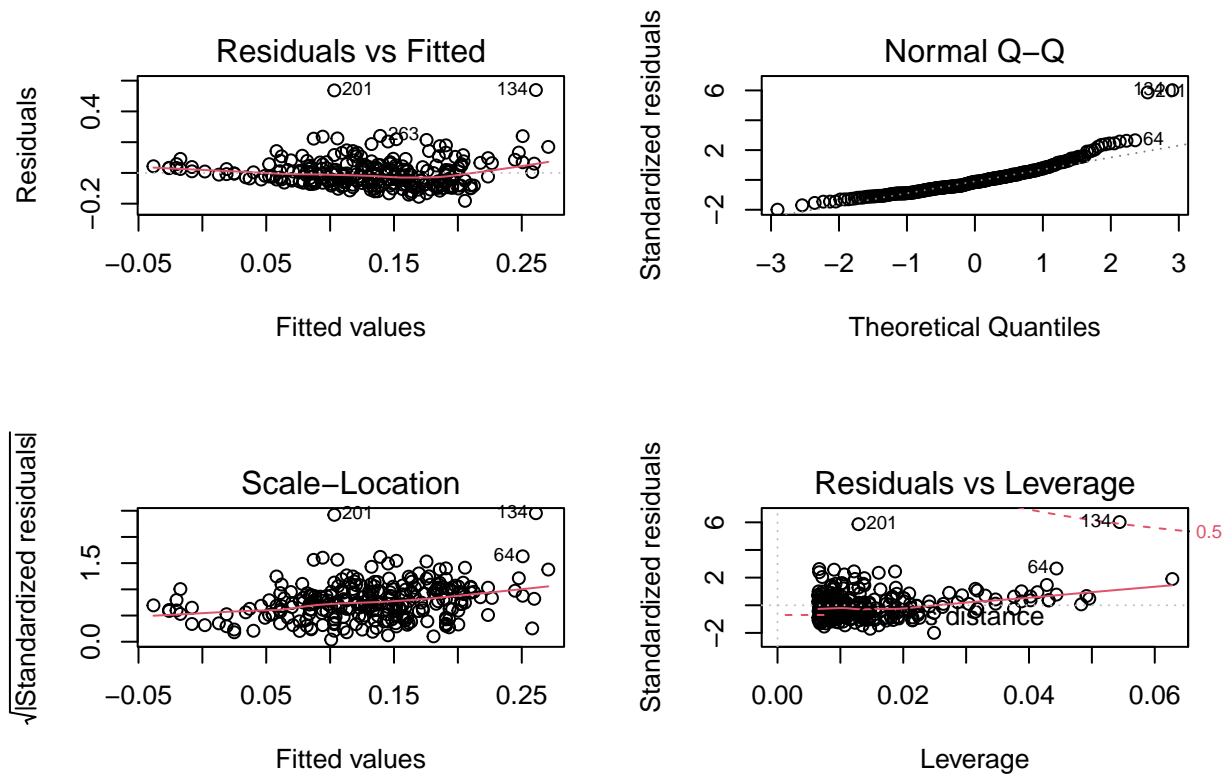


Figura 8. Plot del modelo 2 integrado . Variable respuesta light y como efectos fijos densidad de cultivo y volumen del estanque mas la interaccion entre la densidad de cultivo y el volumen del estanque.

TEST DE NORMALIDAD PARA LOS MODELOS INTEGRADOS

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  residuals(mod.1.int)
## W = 0.87391, p-value = 3.563e-14

##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  residuals(mod.2.int)
## W = 0.87474, p-value = 4.01e-14
```

Los modelo integrados no presentan normalidad

El valor de p-value es menor a 0.05 por lo tanto los modelo no presenta una distribucion normal.

MODELOS CON EFECTOS ALEATORIOS

MODELOS 1 CON EFECTOS ALEATORIOS

```
## Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']
## Formula: watt_sq2 ~ Density + Volume_m3 + (1 | Module)
## Data: light
##
```

```
## REML criterion at convergence: -498.3
##
## Scaled residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1.8838 -0.6327 -0.1438  0.4305  5.8890
##
## Random effects:
##   Groups   Name                Variance Std.Dev.
##   Module   (Intercept) 0.000000 0.0000
##   Residual                  0.008483 0.0921
## Number of obs: 272, groups:  Module, 2
##
## Fixed effects:
##              Estimate Std. Error t value
## (Intercept)   0.3481524  0.0219947  15.829
## Density       -0.0027531  0.0002813  -9.789
## Volume_m350m3 -0.0542924  0.0114508  -4.741
##
## Correlation of Fixed Effects:
##              (Intr) Densty
## Density       -0.941
## Volm_m350m3  -0.386  0.178
## optimizer (nloptwrap) convergence code: 0 (OK)
## boundary (singular) fit: see ?isSingular
```

Modelo 1 de efectos aleatorios. Variable respuesta intensidad de luz y como variables regresoras densidad del estanque mas el volumen y como efecto aleatorio el modulo de cultivo.

MODELO 2 DE EFECTO ALEATORIO

```
## Linear mixed model fit by REML ['lmerMod']
## Formula: watt_sq2 ~ Density + Volume_m3 + Density:Volume_m3 + (1 | Module)
##   Data: light
##
## REML criterion at convergence: -486.2
##
## Scaled residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1.9716 -0.6329 -0.1365  0.4412  5.8522
##
## Random effects:
##   Groups   Name                Variance Std.Dev.
##   Module   (Intercept) 0.000000 0.00000
##   Residual                  0.008481 0.09209
## Number of obs: 272, groups:  Module, 2
##
## Fixed effects:
##              Estimate Std. Error t value
## (Intercept)   0.3241790  0.0320363  10.119
## Density       -0.0024275  0.0004233  -5.734
## Volume_m350m3 -0.0132485  0.0414936  -0.319
## Density:Volume_m350m3 -0.0005829  0.0005664  -1.029
##
## Correlation of Fixed Effects:
##              (Intr) Densty V_3503
```

```
## Density      -0.973
## Volm_m350m3 -0.772  0.751
## Dnst:V_3503  0.727 -0.747 -0.961
## optimizer (nloptwrap) convergence code: 0 (OK)
## boundary (singular) fit: see ?isSingular
```

Modelo 2 de efectos aleatorios. Variable respuesta intensidad de luz y como variables regresoras densidad del estanque mas el volumen mas la interaccion entre la densidad y el volumen y como efecto aleatorio el modulo de cultivo.

TEST DE NORMALIDAD MODELOS EFECTOS ALEATORIOS

```
##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  residuals(mod.A.1)
## W = 0.87704, p-value = 5.568e-14

##
##  Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  residuals(mod.A.2)
## W = 0.87474, p-value = 4.01e-14
```

Los modelos aleatorios no presentan normalidad

CONCLUSION ANALISIS 1:

Los modelos lineales modelados anteriormente asi como la variable respuesta Watt_sq2 no presentan una distribucion normal, por lo tanto no se cumplen con los supuestos de los Modelos Lineales Mixtos.

La variable predictora Volume_m3 presenta solo dos niveles (binomial) 50m3 y 200 m3 por lo tanto no pueden ser considerado como un efecto aleatorio.

De los analisis de normalidad de los modelos lineales fijos, efectos fijos integrados y efectos aleatorios se observa que no presentan normalidad por lo tanto el analisis no se puede llevar a cabo mediante los modelos lineales antes descritos.

No se puede determinar mediante un analisis de modelos lineales de efectos fijos y efectos aleatorios el efecto de la densidad y el volumen en la intensidad de la luz medida en los estanques. La variable respuesta intensidad de luz: watt_sq2 No tiene distribucion normal y la variable predictora Volume_m3 es categorica binomial.

ANALISIS PARTE 2

ANALISIS DE MODELOS LINEALES GENERALIZADOS PARA EL ANALISIS DEL EFECTO DE LA DENSIDAD DE CULTIVO, EL VOLUMEN DEL ESTANQUE SOBRE LA INTENSIDAD DE LUZ

MODELOS GENERALIZADOS (Bernoulli).

MODELO 1 LINEAL GENERALIZADO

Sobre la variable respuesta Intensidad de luz

```
##
## Call:
## glm(formula = watt_sq2 ~ 1, family = binomial, data = light)
```

```
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.51753  -0.26231  -0.06254   0.12697   1.52066
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept)   -1.896      0.180  -10.54  <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 25.999  on 271  degrees of freedom
## Residual deviance: 25.999  on 271  degrees of freedom
## AIC: 85.704
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

El valor de p-values para el intercepto es menor que 0.05 por lo tanto el modelo tiene capacidad predictora. El intercepto del modelo es estadísticamente significativo.

MODELO 2 GENERALIZADO.

sobre la variable respuesta watt_sq2 y como variable predictora Density

```
##
## Call:
## glm(formula = watt_sq2 ~ Density, family = binomial, data = light)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.6050  -0.2157  -0.0637   0.1119   1.4028
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept) -0.401345   0.609089  -0.659   0.5099
## Density      -0.022248   0.009081  -2.450   0.0143 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 25.999  on 271  degrees of freedom
## Residual deviance: 19.837  on 270  degrees of freedom
## AIC: 87.956
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

El valor de p-values para el intercepto es mayor que el nivel de significancia 0.05 por lo tanto no es estadísticamente significativo

El valor de p-values para el B1 es menor que el nivel de significancia 5% por lo tanto es estadísticamente significativo

PLOT DEL MODELO 2 GENERALIZADO

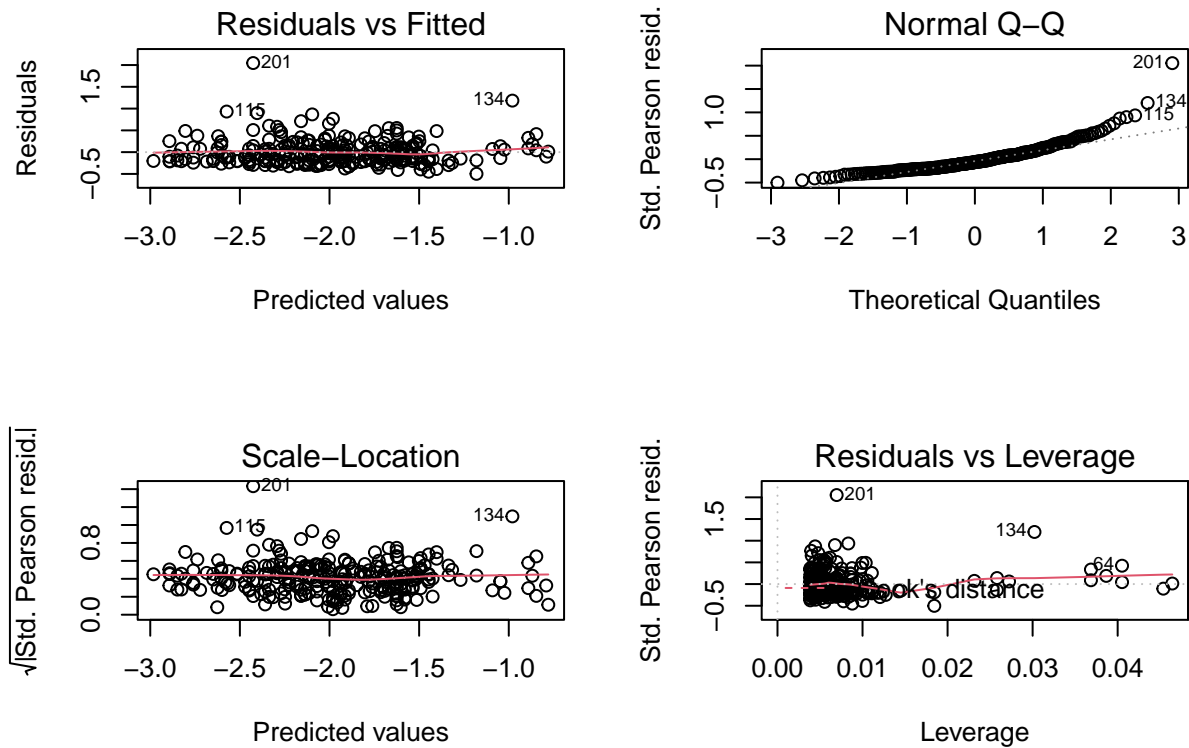


Figura 9. Plot del Modelo 2 Generalizado. Efecto de la variable regresora intensidad de luz y la interaccion de la densidad de cultivo.

MODELO 3 GENERALIZADO

sobre la variable respuesta watt_sq2 y como variable predictora Density usando el enlace canonico complemento "loglog"

```
##
## Call:
## glm(formula = watt_sq2 ~ Density, family = binomial(link = "cloglog"),
##      data = light)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.60924 -0.21406 -0.06157  0.11368  1.40167
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept) -0.581776   0.540661  -1.076   0.2819
## Density      -0.020705   0.008209  -2.522   0.0117 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 25.999  on 271  degrees of freedom
## Residual deviance: 19.783  on 270  degrees of freedom
## AIC: 87.984
##
```



```
## Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

El valor de p-values para el intercepto es mayor que el nivel de significancia 0.05 por lo tanto no es estadísticamente significativo

El valor de p-values para el B1 es menor que el nivel de significancia 5% por lo tanto es estadísticamente significativo

PLOT DEL MODELO 3 GENERALIZADO

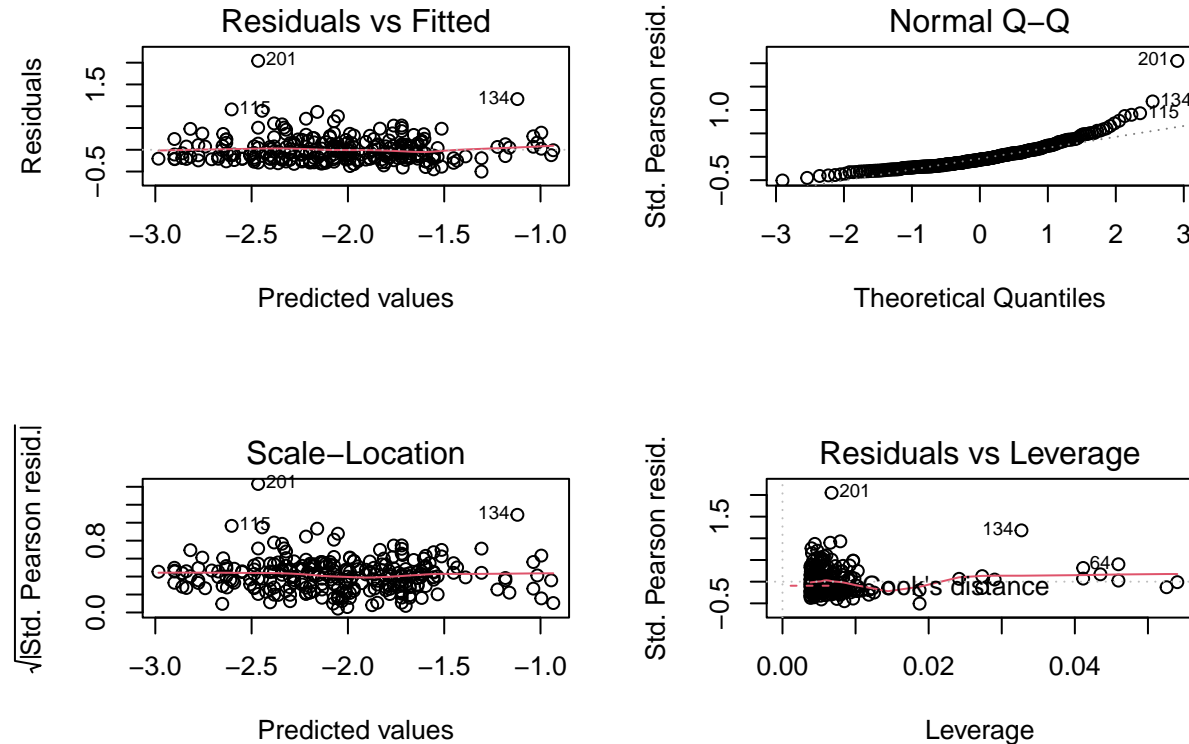


Figura 10. Plot del Modelo 3 Generalizado. Efecto de la variable regresora intensidad de luz y la interacción de la densidad de cultivo usando el enlace canónico cloglog

MODELO GENERALIZADO 4

Sobre la variable respuesta `watt_sq2` y el efecto de las variables predictoras `Density` y `Module` usando el enlace canónico complemento “loglog”

```
##
## Call:
## glm(formula = watt_sq2 ~ Density + Module, family = binomial(link = "cloglog"),
##      data = light)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.5886  -0.2163  -0.0518   0.1077   1.3376
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept) -0.584320   0.540681  -1.081  0.27983
## Density     -0.022129   0.008412  -2.631  0.00852 **
## ModuleB      0.283861   0.360185   0.788  0.43064
```

```
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
## Null deviance: 25.999  on 271  degrees of freedom
## Residual deviance: 19.181  on 269  degrees of freedom
## AIC: 89.203
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

El valor de p-values para el intercepto es mayor que el nivel de significancia 0.05 por lo tanto no es estadísticamente significativo

El valor de p-values para el B1 es menor que el nivel de significancia 5% por lo tanto es estadísticamente significativo

El valor de p-values para el B2 es mayor que el nivel de significancia 5% por lo tanto no es estadísticamente significativo

PLOT DEL MODELO 4 GENERALIZADO

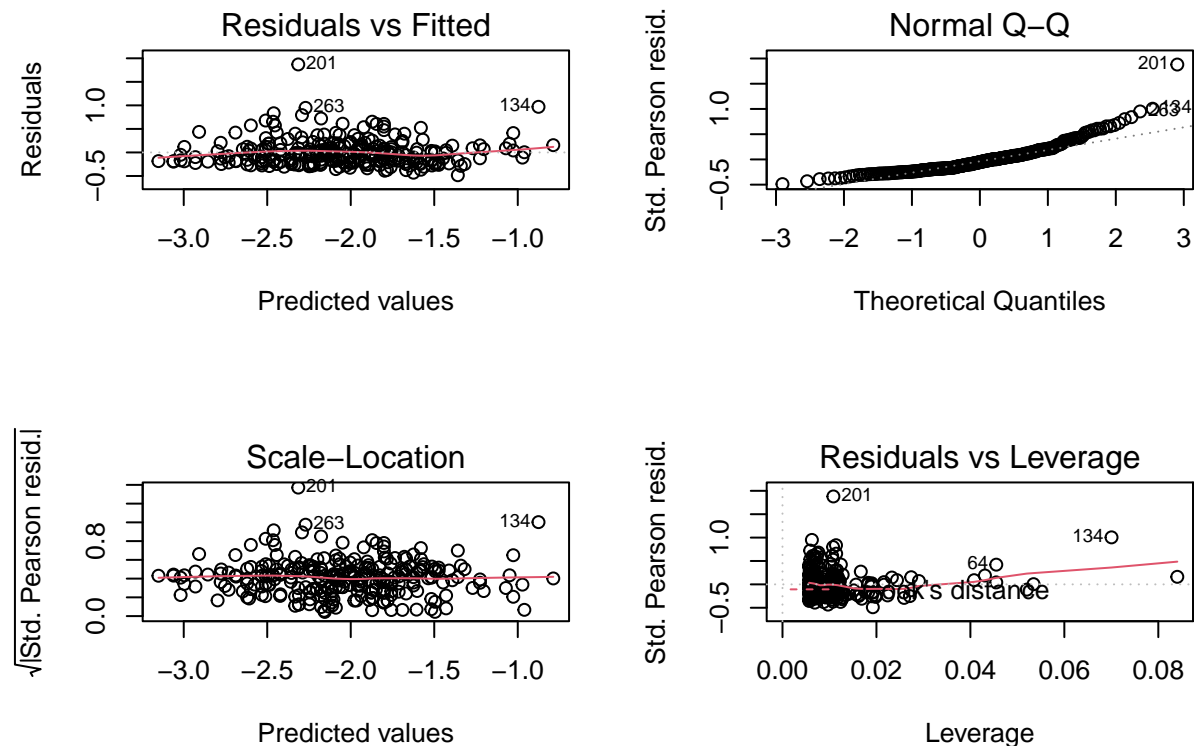


Figura 11. Plot del Modelo 4 Generalizado. Efecto de la variable regresora intensidad de luz y la interacción entre la densidad de cultivo y el módulo del sistema RAS, usando el enlace canónico cloglog

MODELO 5 GENERALIZADO.

Sobre la variable respuesta `watt_sq2` y el efecto de las variables predictoras `Density` usando el enlace canónico complemento "probit"

```
##
## Call:
## glm(formula = watt_sq2 ~ Density, family = binomial(link = probit),
```

```
##      data = light)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.59728  -0.21709  -0.06775   0.11314   1.40362
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept) -0.321250   0.339233  -0.947   0.3436
## Density      -0.011832   0.004896  -2.417   0.0157 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 25.999  on 271  degrees of freedom
## Residual deviance: 19.918  on 270  degrees of freedom
## AIC: 88.023
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

El valor de p-values para el intercepto es mayor que el nivel de significancia 0.05 por lo tanto no es estadísticamente significativo

El valor de p-values para el B1 es menor que el nivel de significancia 5% por lo tanto es estadísticamente significativo

PLOT DEL MODELO 5 GENERALIZADO

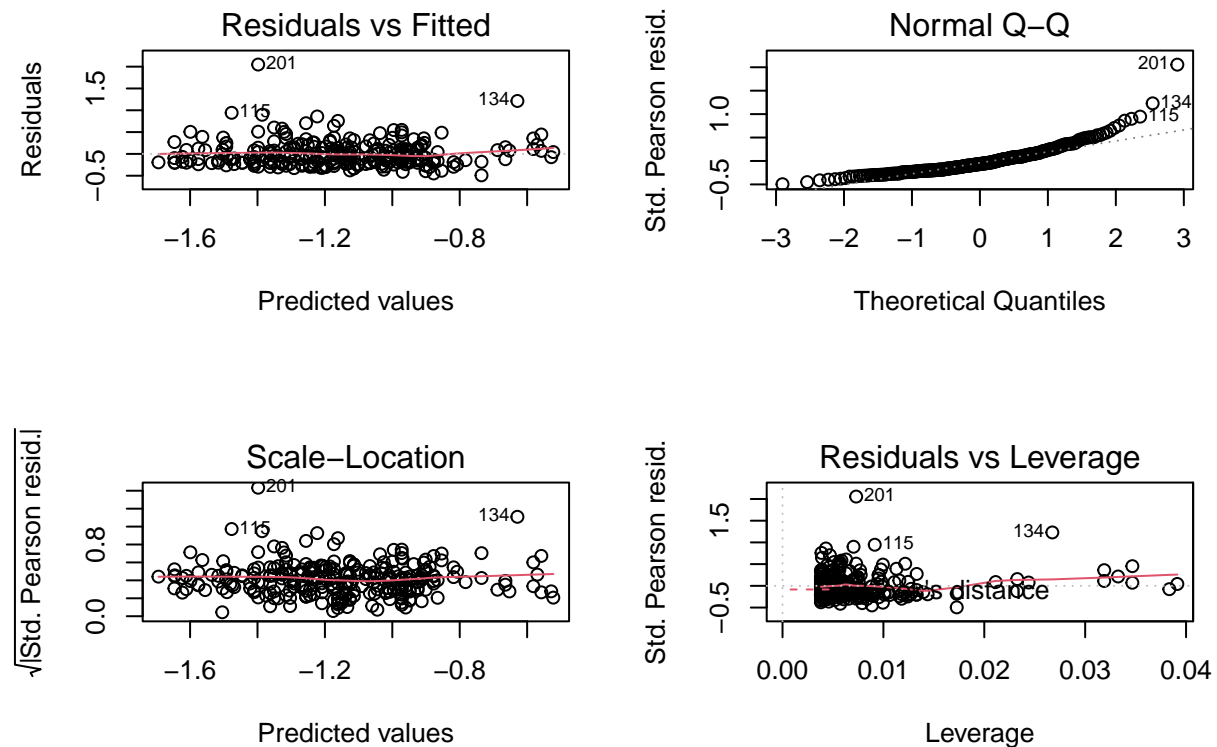


Figura 12. Plot del Modelo 5 Generalizado. Efecto de la variable regresora intensidad de luz y la interacción de la densidad de cultivo, usando el enlace canónico probit

MODELO GENERALIZADO 6

Sobre la variable respuesta `watt_sq2` y el efecto entre variables predictoras `Density` y `Module` usando el enlace canonico complemento “probit”

```
##
## Call:
## glm(formula = watt_sq2 ~ Density:Module, family = binomial(link = probit),
##      data = light)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.59306  -0.21003  -0.05179   0.09986   1.30535
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept)   -0.268614   0.345252  -0.778    0.437
## Density:ModuleA -0.013539   0.005325  -2.543    0.011 *
## Density:ModuleB -0.011066   0.004970  -2.227    0.026 *
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 25.999  on 271  degrees of freedom
## Residual deviance: 19.206  on 269  degrees of freedom
## AIC: 89.412
##
## Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

El valor de p-values para el intercepto es mayor que el nivel de significancia 0.05 por lo tanto no es estadisticamente significativo

El valor de p-values para el B1 es menor que el nivel de significancia 5% por lo tanto es estadisticamente significativo

El valor de p-values para el B2 es menor que el nivel de significancia 5% por lo tanto es estadisticamente significativo

PLOT DEL MODELO 6 GENERALIZADO

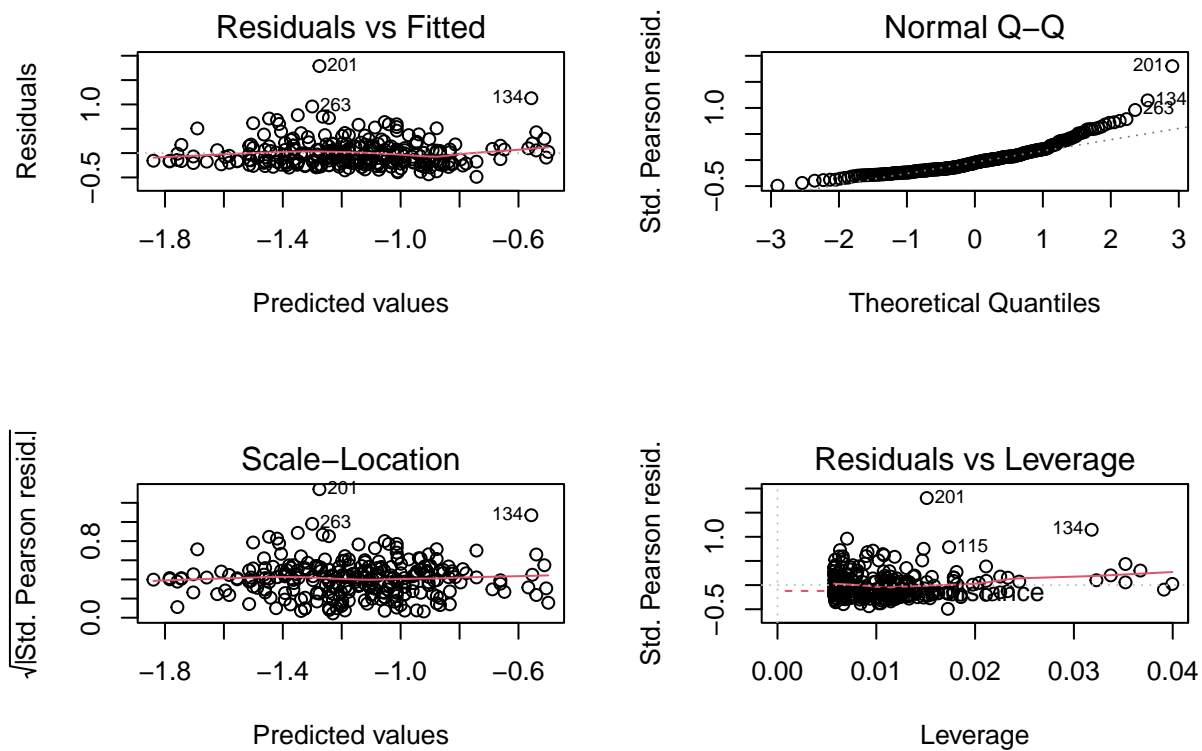


Figura 13. Plot del Modelo 6 Generalizado. Efecto de la variable regresora intensidad de luz y la interacción entre la densidad de cultivo y el módulo del sistema RAS, usando el enlace canónico probit

MODELO 7 GENERALIZADO

Sobre la variable respuesta `watt_sq2` y el efecto de las variables predictoras `Density` y `Volume` usando el enlace canónico complemento "cloglog"

```
##
## Call:
## glm(formula = watt_sq2 ~ Density + Volume_m3, family = binomial(link = "cloglog"),
##      data = light)
##
## Deviance Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -0.53366 -0.20317 -0.06504  0.11514  1.35142
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
## (Intercept)  -0.146795   0.624332  -0.235   0.81411
## Density       -0.024172   0.008777  -2.754   0.00589 **
## Volume_m350m3 -0.511160   0.362761  -1.409   0.15881
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## (Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
##
##      Null deviance: 25.999  on 271  degrees of freedom
## Residual deviance: 17.730  on 269  degrees of freedom
## AIC: 89.219
```

```
##
```

```
## Number of Fisher Scoring iterations: 6
```

El valor de p-values para el intercepto es mayor que el nivel de significancia 0.05 por lo tanto no es estadísticamente significativo

El valor de p-values para el B1 es menor que el nivel de significancia 5% por lo tanto es estadísticamente significativo

El valor de p-values para el B2 es mayor que el nivel de significancia 5% por lo tanto no es estadísticamente significativo

PLOT DEL MODELO 7 GENERALIZADO

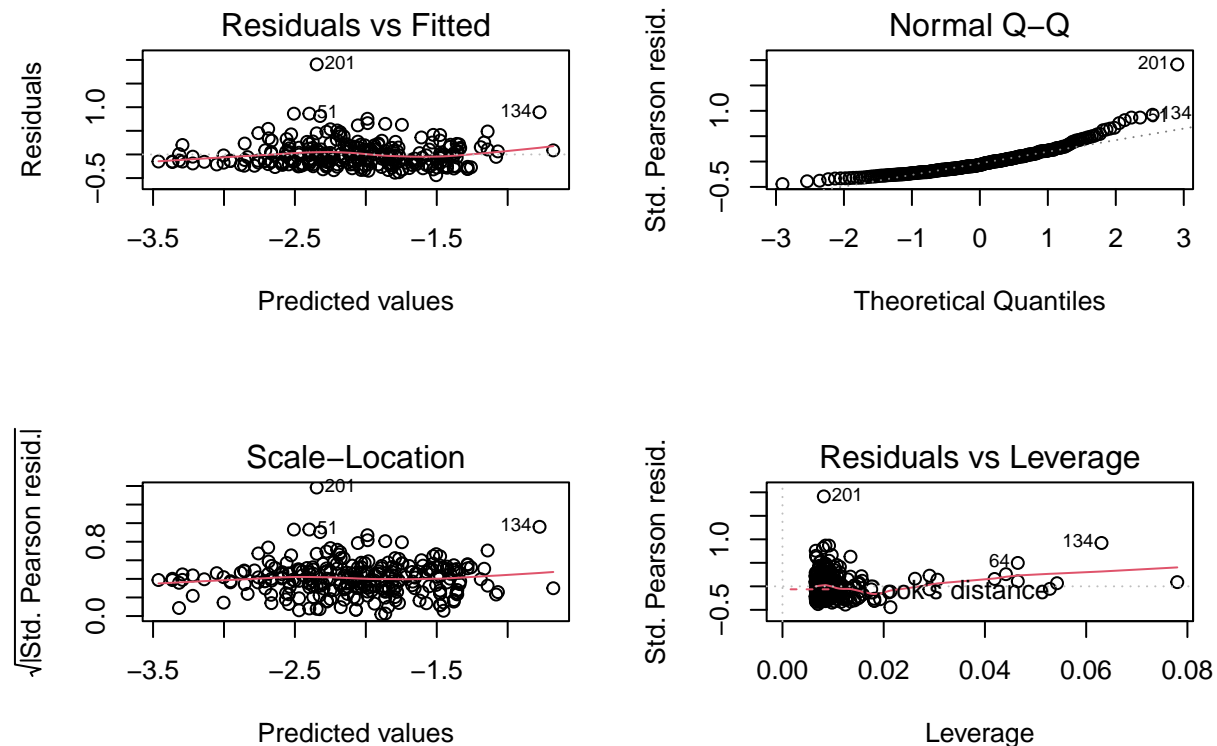


Figura 14. Plot del Modelo 7 Generalizado. Efecto de la variable regresora intensidad de luz y la interacción entre la densidad de cultivo mas la interacción del volumen del estanque, usando el enlace canonico cloglog

COMPARACION DE LOS MODELOS GENERALIZADOS

```
## Analysis of Deviance Table
##
## Model 1: watt_sq2 ~ Density
## Model 2: watt_sq2 ~ Density
## Model 3: watt_sq2 ~ Density
## Model 4: watt_sq2 ~ Density + Module
## Model 5: watt_sq2 ~ Density
## Model 6: watt_sq2 ~ Density:Module
## Model 7: watt_sq2 ~ Density + Volume_m3
##   Resid. Df Resid. Dev Df Deviance
## 1      270      19.837
## 2      270      19.837  0  0.00000
## 3      270      19.783  0  0.05392
```

## 4	269	19.181	1	0.60265
## 5	270	19.918	-1	-0.73694
## 6	269	19.206	1	0.71201
## 7	269	17.730	0	1.47573

De acuerdo al analisis anova la suma de cuadrados residuales de modelo 7 es menor al resto de los modelos, por lo tanto el modelo 7 Model 7: $watt_sq2 \sim Density + Volume_m3$ se ajusta de mejor a los datos analizados.

El ajuste del modelo 7 corrresponde a la variable respuesta intsensidada de luz y la interaccion de las variables regresoras Desnidad de cultivo mas volumen usando el enlace canonico cloglog.

De acuerdo al analisis anova se puede decir que la densidad de cultivo y el volumen del estanque tienen un efecto en la intensidad de luz.

CONCLUSION ANALISIS 2:

Mediante un analisis modelos generales linealizados se puede predecir el efecto de la densidad y del tamano del estanques sobre la intensidad de la luz medida. Los modelos lineales generales empleados en el analisis tienen capacidad predictora del efecto de la densidad de cultivo y el tamano del estanque sobre la intensidad de la luz en el fondo de los estanues, pero los R ajustados de los modelos indican que estos a pesar de tener capacidad predictora de la variable respuesta no tienen buen ajuste en relacion a las variables regresoras.