

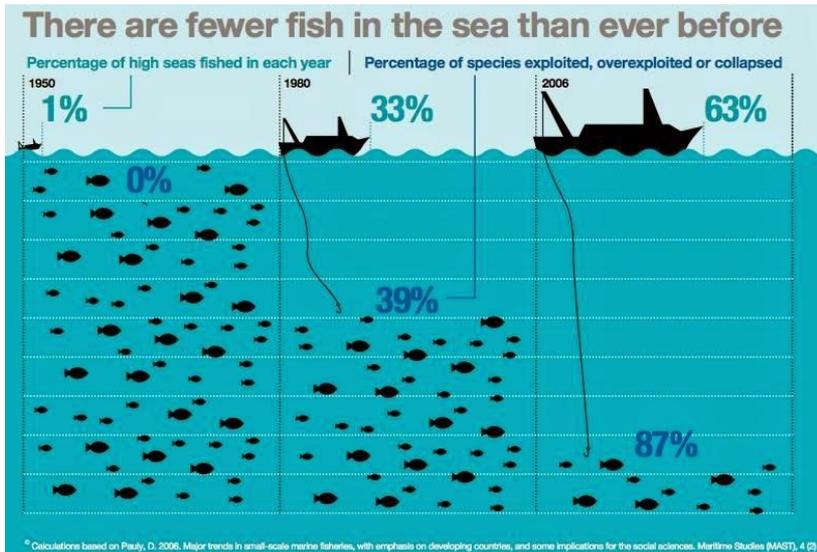
**Efecto de las Áreas Marinas Protegidas sobre las
poblaciones de peces:
Aplicación de modelos lineales generalizados mixtos
(GLMMs) mediante las funciones
glmer() y glmmTMB() en R**

Irene Rojo Moreno

Grupo de Ecología y Conservación Marina. Departamento de Ecología e Hidrología.
Universidad de Murcia

INTRODUCCIÓN

- La excesiva presión pesquera, la destrucción de hábitats o el cambio climático, han hecho que actualmente muchas especies de peces se encuentren amenazadas.
- Las áreas marinas protegidas son herramientas útiles para la gestión de la pesca y la conservación de la biodiversidad, que ofrecen protección a las poblaciones para permitir su recuperación.



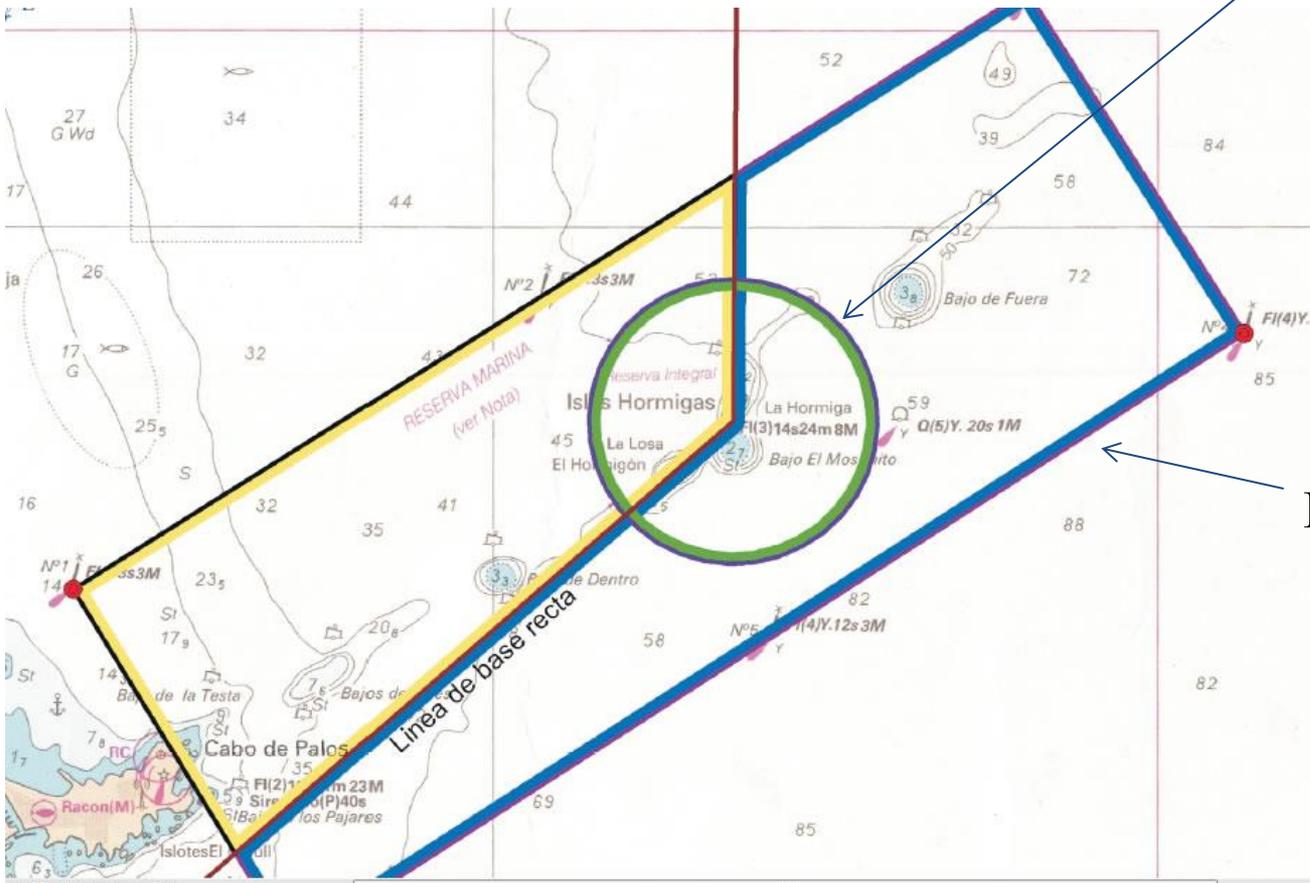
ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS

RESERVA INTEGRAL

- ⊘ Pesca profesional
- ⊘ Pesca recreativa
- ⊘ Buceo recreativo

RESERVA PARCIAL

- ⊘ Pesca (arrastre, etc.)
- ⊘ Pesca recreativa
- ✓ Pesca artesanal
- ✓ Buceo recreativo



OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de

- la producción primaria
- la protección ofrecida por las áreas marinas protegidas

sobre la

- riqueza
- densidad
- biomasa

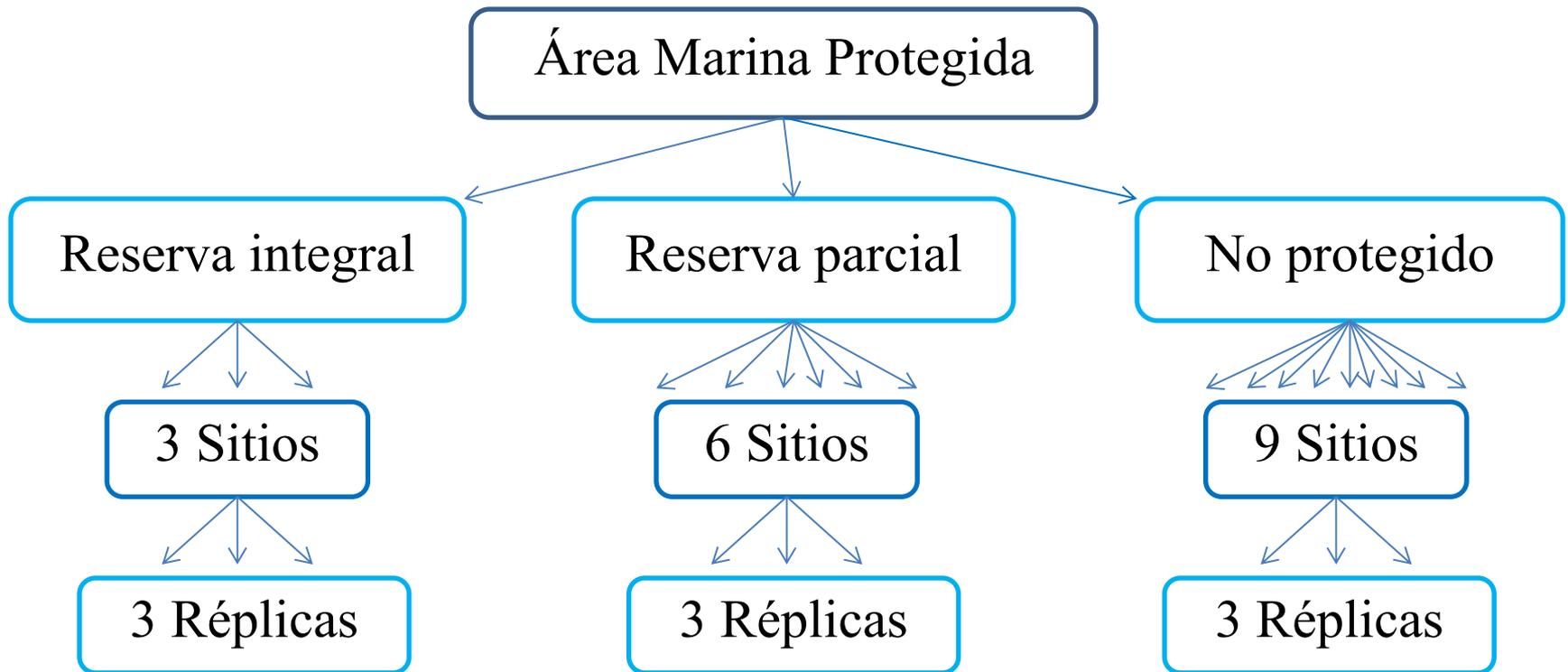
de peces mediterráneos.



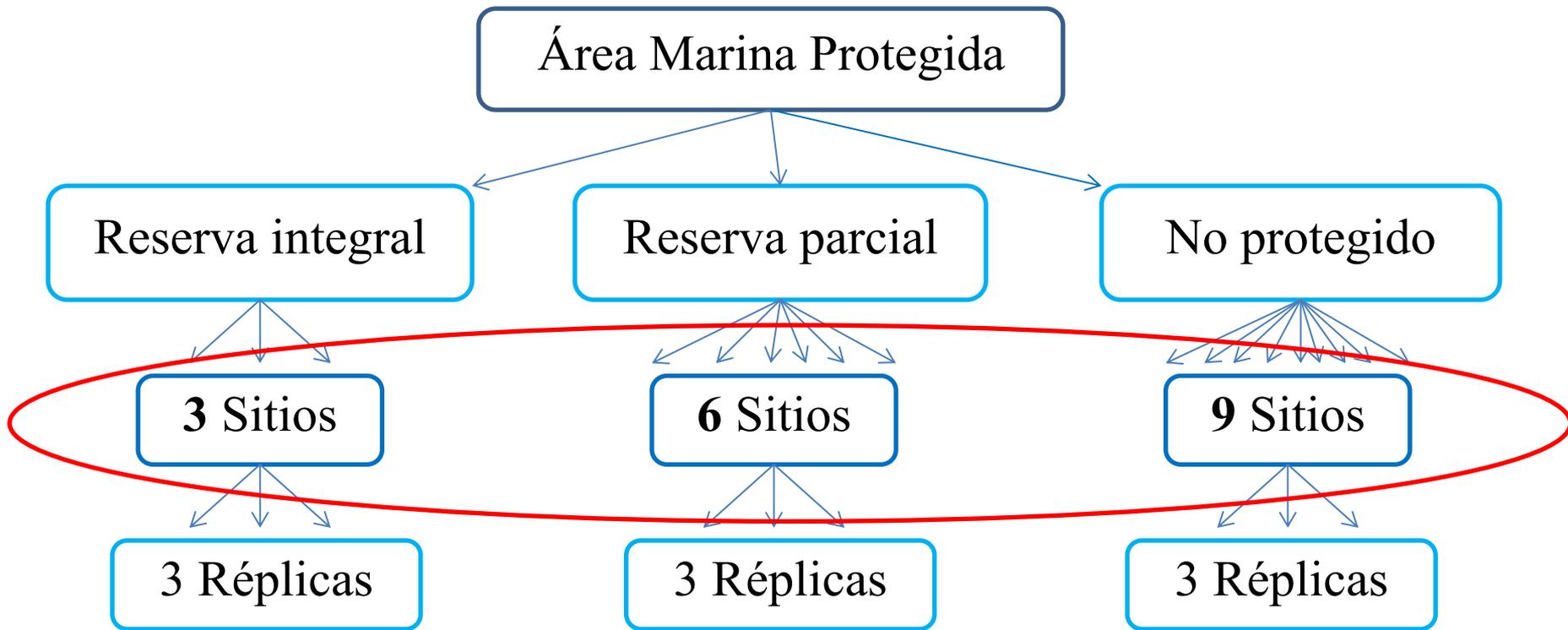
DISEÑO DEL MUESTREO



DISEÑO DEL MUESTREO



DISEÑO DEL MUESTREO



- No balanceado
- Factor aleatorio

Modelos lineales generalizados mixtos (GLMM)

ANÁLISIS DE LOS DATOS:

1. RIQUEZA- Paquete lme4

- Zona: factor fijo, con 5 niveles (Cabo de Gata, Cabo de Palos, Tabarca, Es Freus, Menorca)
- Nivel de protección: factor fijo, con 3 niveles (reserva integral, reserva parcial, no protegido)
- Sitio: factor aleatorio

```
library(lme4)
```

```
m0 <- glm ( n ~ ZN * PL + ZN + PL ,  
           data = riq,  
           family = poisson(link = "log")  
         )
```

```
m1 <- glmer ( n ~ ZN * PL + ZN + PL +  
             (1|ST),  
             data = riq,  
             family = poisson(link = "log")  
           )
```

```
m2 <- glmer ( n ~ ZN + PL + (1|ST),  
             data = riq,  
             family = poisson(link = "log")  
           )
```

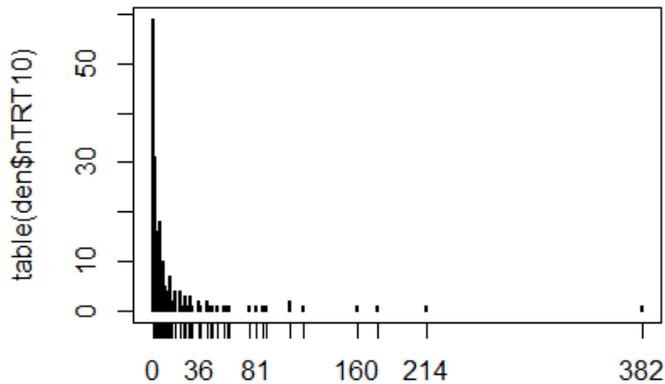
ANÁLISIS DE LOS DATOS:

2. DENSIDAD Y BIOMASA

- Zona: factor fijo, con 5 niveles (Cabo de Gata, Cabo de Palos, Tabarca, Es Freus, Menorca)
- Nivel de protección: factor fijo, con 3 niveles (reserva integral, reserva parcial, no protegido)
- Sitio: factor aleatorio

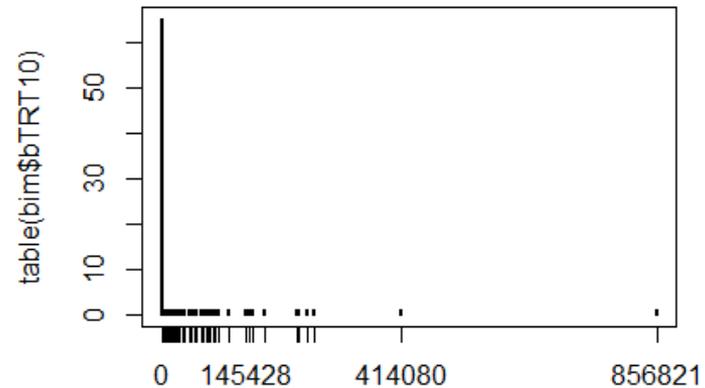
```
plot(table(den$nTRT10), main="Densidad")
```

Densidad



```
plot(table(bim$bTRT10), main="Biomasa")
```

Biomasa

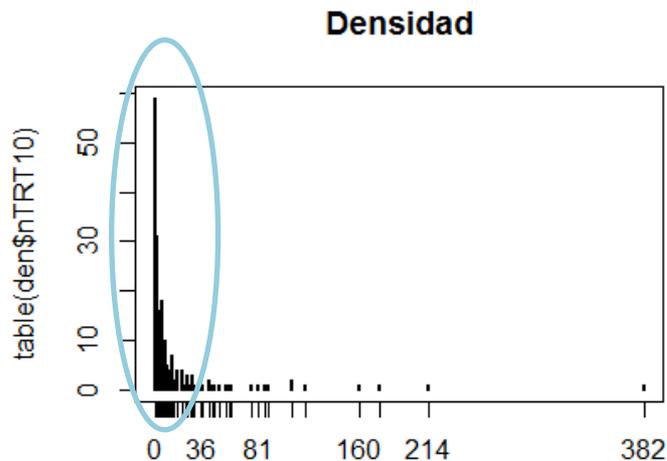


ANÁLISIS DE LOS DATOS:

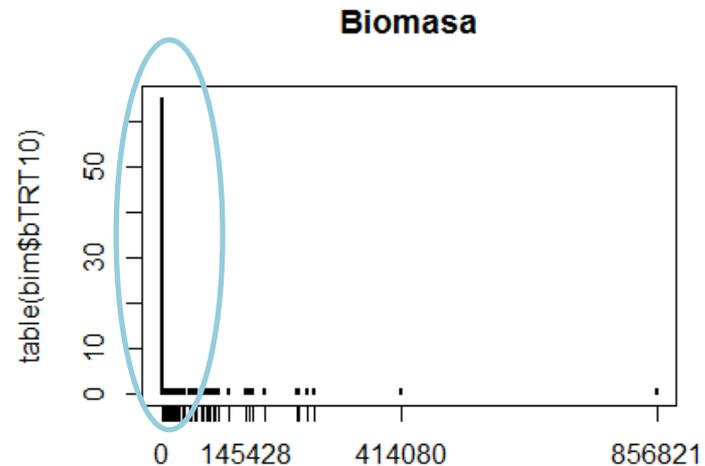
2. DENSIDAD Y BIOMASA

- Zona: factor fijo, con 5 niveles (Cabo de Gata, Cabo de Palos, Tabarca, Es Freus, Menorca)
- Nivel de protección: factor fijo, con 3 niveles (reserva integral, reserva parcial, no protegido)
- Sitio: factor aleatorio

```
plot(table(den$nTRT10), main="Densidad")
```



```
plot(table(bim$bTRT10), main="Biomasa")
```

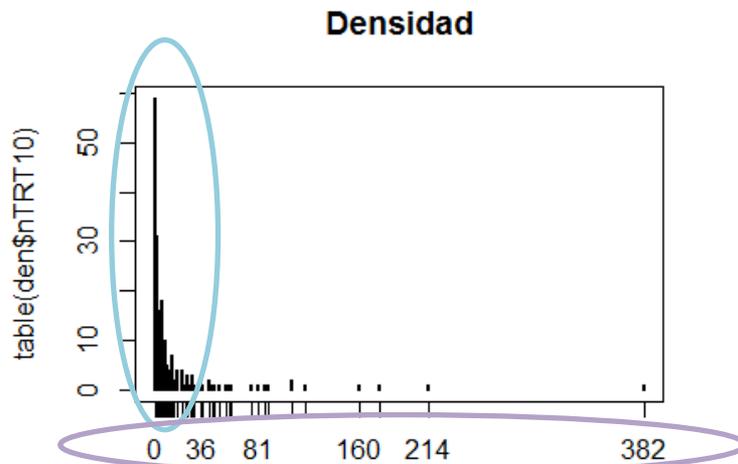


ANÁLISIS DE LOS DATOS:

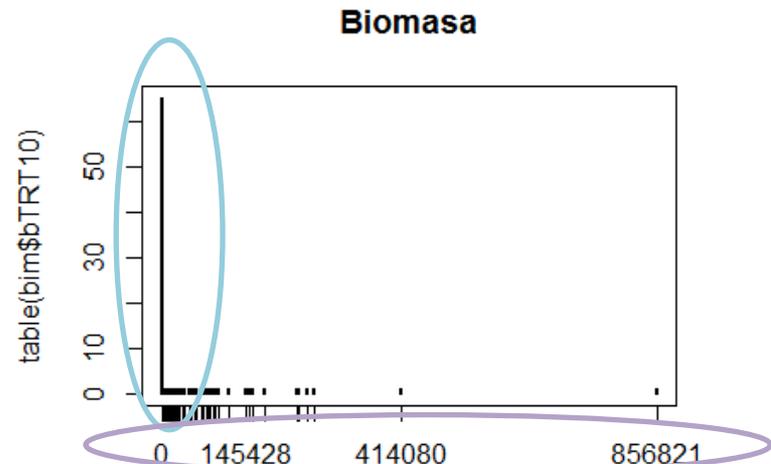
2. DENSIDAD Y BIOMASA

- Zona: factor fijo, con 5 niveles (Cabo de Gata, Cabo de Palos, Tabarca, Es Freus, Menorca)
- Nivel de protección: factor fijo, con 3 niveles (reserva integral, reserva parcial, no protegido)
- Sitio: factor aleatorio

```
plot(table(den$nTRT10), main="Densidad")
```



```
plot(table(bim$bTRT10), main="Biomasa")
```

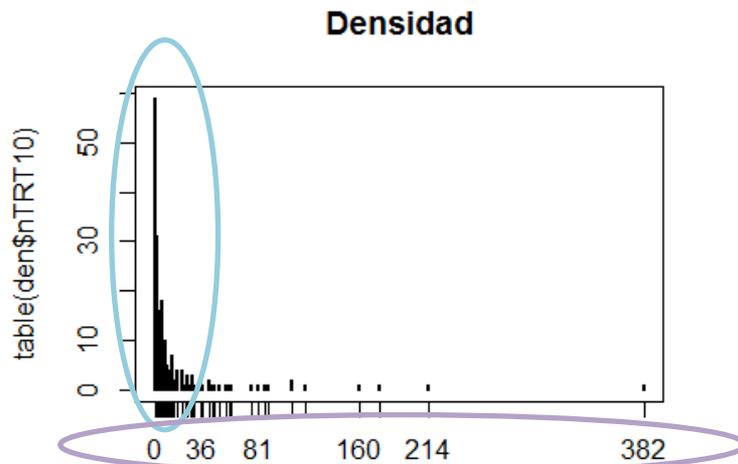


ANÁLISIS DE LOS DATOS:

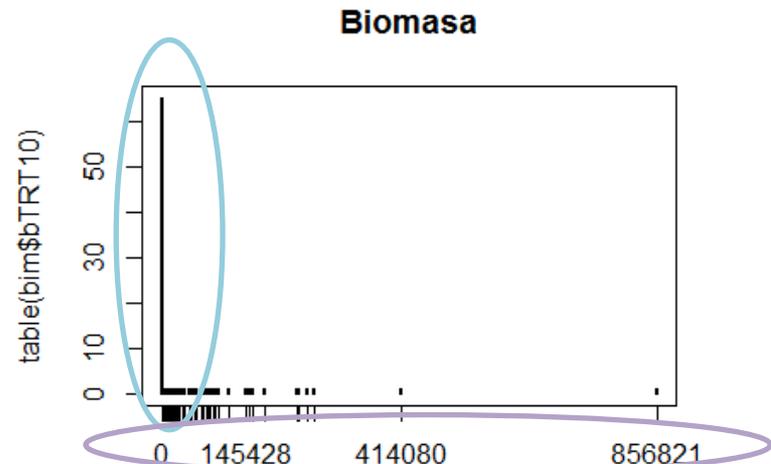
2. DENSIDAD Y BIOMASA

- Zona: factor fijo, con 5 niveles (Cabo de Gata, Cabo de Palos, Tabarca, Es Freus, Menorca)
- Nivel de protección: factor fijo, con 3 niveles (reserva integral, reserva parcial, no protegido)
- Sitio: factor aleatorio

```
plot(table(den$nTRT10), main="Densidad")
```



```
plot(table(bim$bTRT10), main="Biomasa")
```



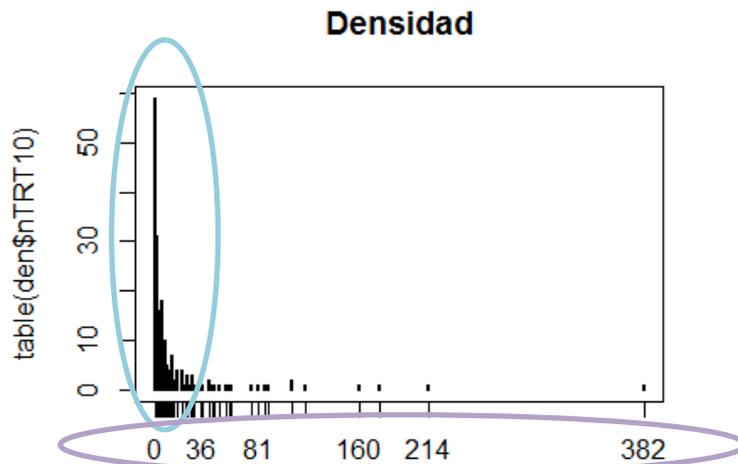
glmer() **X**

ANÁLISIS DE LOS DATOS:

2. DENSIDAD Y BIOMASA

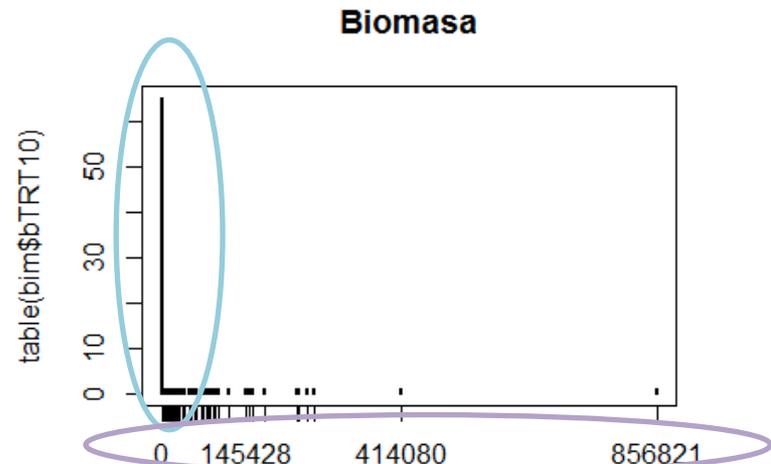
- Zona: factor fijo, con 5 niveles (Cabo de Gata, Cabo de Palos, Tabarca, Es Freus, Menorca)
- Nivel de protección: factor fijo, con 3 niveles (reserva integral, reserva parcial, no protegido)
- Sitio: factor aleatorio

```
plot(table(den$nTRT10), main="Densidad")
```



glmer() **X**

```
plot(table(bim$bTRT10), main="Biomasa")
```



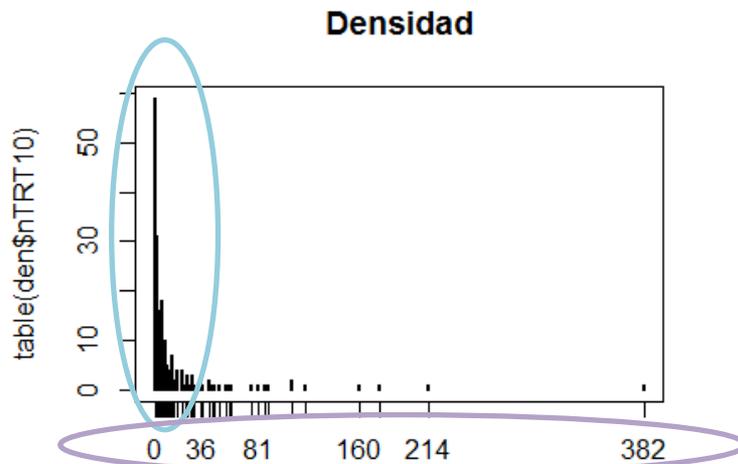
zeroinfl()

ANÁLISIS DE LOS DATOS:

2. DENSIDAD Y BIOMASA

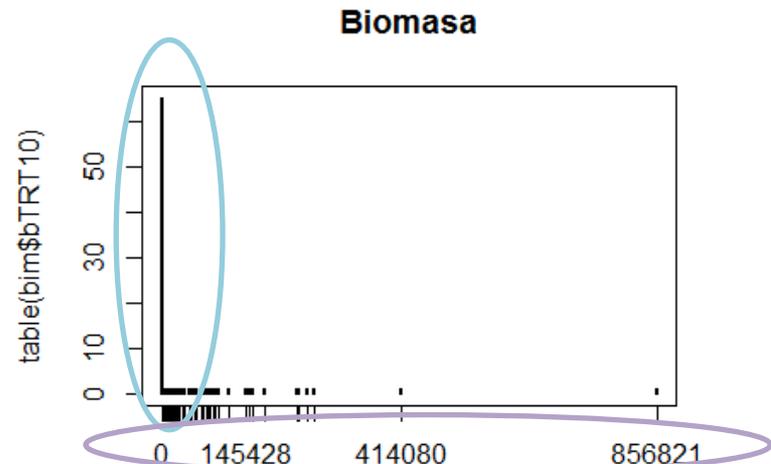
- Zona: factor fijo, con 5 niveles (Cabo de Gata, Cabo de Palos, Tabarca, Es Freus, Menorca)
- Nivel de protección: factor fijo, con 3 niveles (reserva integral, reserva parcial, no protegido)
- Sitio: factor aleatorio

```
plot(table(den$nTRT10), main="Densidad")
```



glmer() **X**

```
plot(table(bim$bTRT10), main="Biomasa")
```



zeroinfl() **X**

ANÁLISIS DE LOS DATOS:

2. DENSIDAD Y BIOMASA- Paquete glmmTMB

- Datos inflados en ceros
- Sobredispersión en los datos positivos
- Factores aleatorios

```
m0<- glmmTMB(d ~ ZN * PL + ZN + PL +  
  offset(log(area))  
  + ( 1 | ST),  
  data = den,  
  zi=~ 1,  
  family = nbinom2,  
  dispformula = ~ ZN + PL)
```

```
m2<- glmmTMB(d ~ ZN * PL + ZN + PL +  
  offset(log(area))  
  + ( 1 | ST),  
  data = den,  
  zi=~ PL,  
  family = nbinom2,  
  dispformula = ~ ZN + PL)
```

```
m1<- glmmTMB(d ~ ZN * PL + ZN + PL +  
  offset(log(area))  
  + ( 1 | ST),  
  data = den,  
  zi=~ ZN,  
  family = nbinom2,  
  dispformula = ~ ZN + PL)
```

```
m3<- glmmTMB(d ~ ZN * PL + ZN + PL +  
  offset(log(area))  
  + ( 1 | ST),  
  data = den,  
  zi=~ ZN + PL,  
  family = nbinom2,  
  dispformula = ~ 1)
```

ANÁLISIS DE LOS DATOS:

3. SELECCIÓN DEL MODELO Y VALIDACIÓN

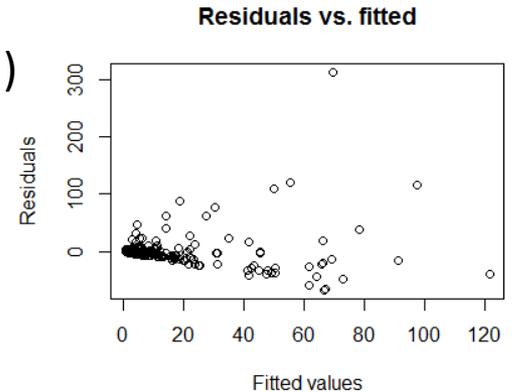
- Selección del modelo: AIC

AIC (m0, m1, m2, m3)

	df	AIC
m0	15	663.6969
m1	16	665.6969
m2	16	640.3545
m3	16	628.3875

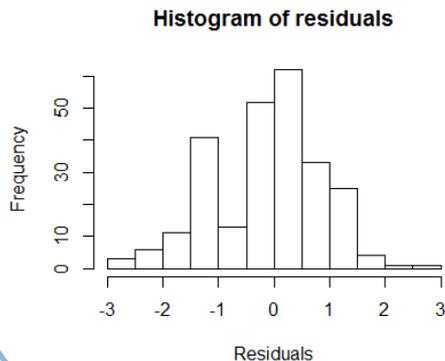
- Homogeneidad de varianzas

```
Res <- residuals( m3 )  
Fit <- fitted( m3 )  
plot(Res~Fit)
```

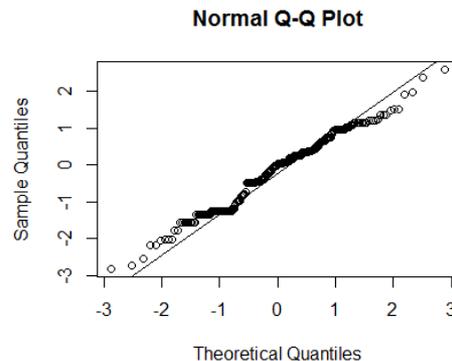


- Normalidad

```
hist(Res )
```



```
qqnorm(Res)  
qqline(Res)
```



- Outliers

```
order(Res, decreasing =  
TRUE)[1]  
[1] 175  
den[175, ]  
#compruebo si puedo eliminarlo  
y repito el análisis  
denOut <- den[-c(175), ]
```

CONCLUSIONES

- El paquete glmmTMB es más flexible que otros paquetes para el análisis de datos inflados en ceros y que presentan sobredispersión.
- Los resultados muestran que as reservas más efectivas para la conservación de peces fueron Cabo de Palos y Es Freus, y la menos efectiva fue Menorca.
- Estos resultados no concuerdan con los niveles del gradiente de producción primaria, por lo que otros factores pueden estar explicando los patrones encontrados.
- Las reservas integrales son las más eficaces para las tres variables respuesta, aunque cuando las reservas fueron analizadas una a una fue la zona de reserva parcial la que mostró valores positivos y estadísticamente significativos.

¡MUCHAS GRACIAS!

