

PRA2: Residus Catalunya

Genís Bosch, Bernat Armengol

5/10/2021

1. Descripció del dataset

Treballarem amb el dataset d'estadístiques de residus municipals proporcionat per la Generalitat de Catalunya a través del portal “dades obertes Catalunya”. Aquest dataset recull les estadístiques de residus municipals de Catalunya. Incorpora les quantitats de recollida selectiva per a les diferents fraccions de residus, i també els totals de recollides en termes absoluts i per càpita.

Complementari a aquest dataset hi haurà la taula de municipis participants en el model de recollida selectiva porta a porta, que ens permetrà separar en dos grups les dades de residus municipals, obtenint així per una banda els municipis amb servei porta a porta i per altre els municipis amb servei de recollida selectiva a vorera.

Amb aquests datasets podrem investigar l'eficiència del mètode porta a porta i avaluar si aquest aporta una clara millora sobre la tradicional recollida selectiva de vorera.

2-3. Integració, neteja i selecció de dades d'interès a analitzar

Hem obtingut dos datasets: Un des de la pàgina web de dades obertes de Catalunya, en el que apareixen les dades de la recollida selectiva de tots els pobles de Catalunya. Aquest es pot trobar a l'enllaç: <https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Medi-Ambient/Estad-stiques-de-residus-municipals/69zu-w48s>

L'altre, obtingut a partir d'una taula HTML a la web de Porta a Porta (<https://www.portaaporta.cat/ca/municipis.php>), la qual hem copiat i enganxat en un full de càlcul Excel, per a després passar a CSV i obrir amb R.

En fusionar les dues taules per nom de municipi, hem trobat una quarantena de municipis escrits diferents, que hem hagut d'editar manualment en el fitxer origen. Com que les dades del fitxer “Estadístiques de residus municipals” contenen vàries entrades per a cada poble (tantes com anys registrats), hem editat el fitxer “PortaAPorta.csv”, on només apareixen els domicilis que participen en la iniciativa Porta a Porta i solament ho fan un cop.

```
library(stringr)
residus <- read.csv("./Estad_stiques_de_residus_municipals.csv", encoding = "UTF-8")
portaAporta <- read.csv("./PortaAPorta.csv", encoding = "UTF-8")

portaAporta$Municipis <- tolower(portaAporta$Municipis)
residus$Municipi <- tolower(residus$Municipi)

residusR <- merge(x = residus, y = portaAporta, by.x = "Municipi", by.y="Municipis", all.x = TRUE)
pap <- residusR[!is.na(residusR$població.servida.amb.el.PaP),]
```

```

residusR$Municipi <- str_to_title(residusR$Municipi)

con<-file('./residus_catalunya.csv',encoding="UTF-8")
write.csv(residusR,file=con)

data <- read.csv("./residus_catalunya.csv", encoding = "UTF-8")
#head(data)

```

Ja amb els datasets fusionats, veiem que totes les poblacions que no es troben en la llista de porta a porta han obtingut NAs per a les noves columnes. Aquest resultat ens és convenient, a excepció de la columna que conté el percentatge de població coberta pel mètode de recollida selectiva porta a porta. Així doncs, canviem les files les quals aquesta columna està en NA amb un 0, indicant així que no hi ha porta a porta per a ningú.

Per altra banda, per als pobles que pertanyen a la iniciativa porta a porta, a partir de la data d'inici de recollida porta a porta (que és diferent per cada municipi) avaluem si l'any en qüestió el municipi estava utilitzant la recollida selectiva de vorera o la porta a porta, i li assignem el seu percentatge de població coberta en cas de porta a porta, un 0 en cas de vorera i un NA en cas del mateix any, ja que les dades són anuals i no podríem determinar les porcions de residus que s'han tractat amb un mètode i l'altre dins l'any de canvi de mètode. Aquestes entrades amb NA no les tindrem en compte per a l'anàlisi.

Aprofitem també per a reduir la informació de la fracció de residus que es recullen en el porta a porta, quedant-nos només amb el nombre de materials diferents que es recullen i obtenint així una columna de tipus enter que pot variar entre 0 i 5.

```

library(stringr)
library(dplyr)

## 
## Attaching package: 'dplyr'

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

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

data$X..població.servida.amb.el.PaP <- as.numeric(data$X..població.servida.amb.el.PaP)

for (i in 1:nrow(data)) {
  if(is.na(data$X..població.servida.amb.el.PaP[i]) || data$X..població.servida.amb.el.PaP[i] == 'NA'){
    data$X..població.servida.amb.el.PaP[i] = 0
  }
  else {
    if (as.integer(str_sub(data$X.U.FEFF.Data.d.inici[i], -4, -1)) > data$Any[i]){
      data$X..població.servida.amb.el.PaP[i] = 0
    }
    else if (as.integer(str_sub(data$X.U.FEFF.Data.d.inici[i], -4, -1)) == data$Any[i]){
      data$X..població.servida.amb.el.PaP[i] = NA
    }
  }
}

```

```

}

data <- data[which(!is.na(data$X..població.servida.amb.el.PaP)),]

for (i in 1:nrow(data)) {
  if (!is.na(data$Fraccions.recollides.PaP[i])){
    data$Fraccions.recollides.PaP[i] = as.integer(str_sub(data$Fraccions.recollides.PaP[i], 1, 2))
  }
}

data$Piles <- as.numeric(gsub(",",".", data$Piles))

glimpse(data)

## Rows: 18,739
## Columns: 40
## $ X                               <int> 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, ...
## $ Municipi                         <chr> "Abella De La Conca",...
## $ Any                                <int> 2000, 2001, 2002, 200...
## $ Codi.municipi                     <int> 250019, 250019, 25001...
## $ Comarca                           <chr> "Pallars Jussà", "Pal...
## $ Població                          <int> 186, 186, 179, 183, 1...
## $ Autocompostatge                  <chr> NA, NA, NA, NA, NA, N...
## $ Matèria.orgànica                 <dbl> 0.00, 0.00, 0.00, 0.0...
## $ Poda.i.jardineria               <dbl> 0.01, 0.21, 0.26, 0.2...
## $ Paper.i.cartró                  <dbl> 6.16, 3.40, 5.21, 6.7...
## $ Vidre                             <dbl> 6.32, 4.96, 4.02, 1.2...
## $ Envasos.lleugers                <dbl> 0.60, 0.57, 0.64, 0.9...
## $ Residus.voluminosos...fusta    <dbl> 1.19, 1.60, 4.67, 4.4...
## $ RAEE                             <chr> NA, NA, NA, NA, NA, N...
## $ Ferralla                          <chr> NA, NA, NA, NA, NA, N...
## $ Olis.vegetals                   <chr> NA, NA, NA, NA, NA, N...
## $ Tèxtil                            <chr> NA, NA, "0,03", "0,02...
## $ Runes                            <chr> NA, NA, NA, NA, NA, N...
## $ Residus.Especials.en.petites.quantitats..REPQ <chr> NA, NA, NA, NA, N...
## $ Piles                            <dbl> 0.01, 0.01, 0.01, 0.0...
## $ Medicaments                      <chr> "0,01", "0,01", "0,01...
## $ Altres.recollides.selectives   <chr> "0,5", "1,22", "1,88"...
## $ Total.Recollida.Selectiva      <dbl> 14.79, 11.98, 16.73, ...
## $ R.S....R.M....total            <dbl> 13.65, 15.14, 19.33, ...
## $ Kg.hab.any.recollida.selectiva <dbl> 79.53, 64.42, 93.48, ...
## $ Resta.a.Dipòsit               <chr> NA, NA, NA, NA, "65,1...
## $ Resta.a.Incineració             <chr> NA, NA, NA, NA, "0", ...
## $ Resta.a.Tractament.Mecànic.Biològic <chr> NA, NA, NA, NA, "0", ...
## $ Resta..sense.desglossar.       <chr> "93,59", "67,18", "69...
## $ Suma.Fracció.Resta             <dbl> 93.59, 67.18, 69.82, ...
## $ F.R....R.M...                  <dbl> 86.35, 84.86, 80.67, ...
## $ Generació.Residus.Municipal.Totals <dbl> 108.38, 79.16, 86.55, ...
## $ Kg...hab...dia                 <dbl> 1.60, 1.17, 1.32, 1.2...
## $ Kg...hab...any                  <dbl> 582.69, 425.58, 483.5...
## $ X.U.FEFF.Data.d.inici         <chr> NA, NA, NA, NA, NA, N...
## $ Àmbit.Territorial              <chr> NA, NA, NA, NA, NA, N...
## $ Cens.2019                        <dbl> NA, NA, NA, NA, NA, N...

```

```

## $ Model.RS.FORM.domiciliaria          <chr> NA, NA, NA, NA, NA, N...
## $ X..població.servida.amb.el.PaP      <dbl> 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, ...
## $ Fraccions.recollides.PaP            <chr> NA, NA, NA, NA, NA, N...

```

Decidim utilitzar les dimensions Municipi, Any, Comarca, Població i Percentatge de Població amb Porta a Porta (PaP) per a descriure les files i poder fer les seleccions dels grups, i com a mètriques d'interès ens quedem amb les tones de residus de paper i cartró, vidre, envasos i piles obtingudes anualment, així com els kg de residus per habitant i per any de recollida selectiva, els kg de residus per habitant i per any totals, la proporció de residus de recollida selectiva sobre recollida total, el total en tones de residus restants no recollits selectivament, el model de recollida selectiva i les fraccions (materials) que es recullen amb el servei Porta a Porta(en cas de tenir-lo).

```

interestData <- subset(data, select = c(Municipi, Any, Comarca, Població, Paper.i.cartró, Vidre,
                                         Envasos.lleugers,Piles, Kg.hab.any.recollida.selectiva,
                                         R.S....R.M....total, Suma.Fracció.Resta,
                                         Kg...hab...any, Model.RS.FORM.domiciliaria,
                                         X..població.servida.amb.el.PaP,   Fraccions.recollides.PaP))

colnames(interestData) <- c("Municipi", "Any", "Comarca", "Població", "paper_carstro", "vidre",
                            "envasos", "piles", "kg_hab_any_recollida", "rs_rm", "suma_fraccio_resta",
                            "kg_hab_any", "model_rs", "percentatge_poblacio_pap", "fraccions_pap" )

con<-file('./residus_catalunya_net.csv',encoding="UTF-8")
write.csv(interestData,file=con)

data <- read.csv("./residus_catalunya_net.csv", encoding = "UTF-8")
#(data)

```

Per a poder tenir una comparació entre municipis, decidim obtenir les variables quantitatives per càpita en comptes de totals, pel que aquestes les dividim entre el nombre d'habitants.

A més, en aquesta etapa veiem que apareixen entrades “No Territorialitzables”, que decidim no tenir en compte per a l'anàlisi.

Finalment, hem creat una variable nova ‘proporcio’ que representa la proporció de kgs de recollida respecte els kgs de rebuig total per càpita i any, en la qual fem la neteja de les dades corresponent. Aquesta variable tindrà un paper molt important en l'estudi.

```

data$paper_carstro <- data$paper_carstro * 1000/data$Població
data$vidre <- data$vidre * 1000/data$Població
data$envasos <- data$envasos * 1000/data$Població
data$piles <- data$piles * 1000/data$Població
data$suma_fraccio_resta <- data$suma_fraccio_resta * 1000/data$Població

data <- data[which(!is.na(data$Municipi)),]
data <- data[which(!(data$Municipi == "No Territorializable")),]

data$proporcio <- data$kg_hab_any_recollida/data$kg_hab_any
data <- data[which(!is.na(data$proporcio)),]

str(data)

## 'data.frame': 18718 obs. of 17 variables:
##   $ X : int 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...

```

```

## $ Municipi : chr "Abella De La Conca" "Abella De La Conca" "Abella De La Conca" "Ab...
## $ Any : int 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2015 ...
## $ Comarca : chr "Pallars Jussà" "Pallars Jussà" "Pallars Jussà" "Pallars Jussà" ...
## $ Població : int 186 186 179 183 187 183 186 188 183 170 ...
## $ paper_cartro : num 33.1 18.3 29.1 36.7 29.6 ...
## $ vidre : num 33.98 26.67 22.46 6.94 25.83 ...
## $ envasos : num 3.23 3.06 3.58 4.97 4.87 ...
## $ piles : num 0.0538 0.0538 0.0559 0.0546 0.107 ...
## $ kg_hab_any_recollida : num 79.5 64.4 93.5 77.8 127.8 ...
## $ rs_rm : num 13.6 15.1 19.3 17.6 26.8 ...
## $ suma_fraccio_resta : num 503 361 390 365 348 ...
## $ kg_hab_any : num 583 426 484 442 476 ...
## $ model_rs : chr NA NA NA NA ...
## $ percentatge_poblacio_pap: int 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...
## $ fraccions_pap : int NA NA NA NA NA NA NA NA NA ...
## $ proporcio : num 0.136 0.151 0.193 0.176 0.268 ...

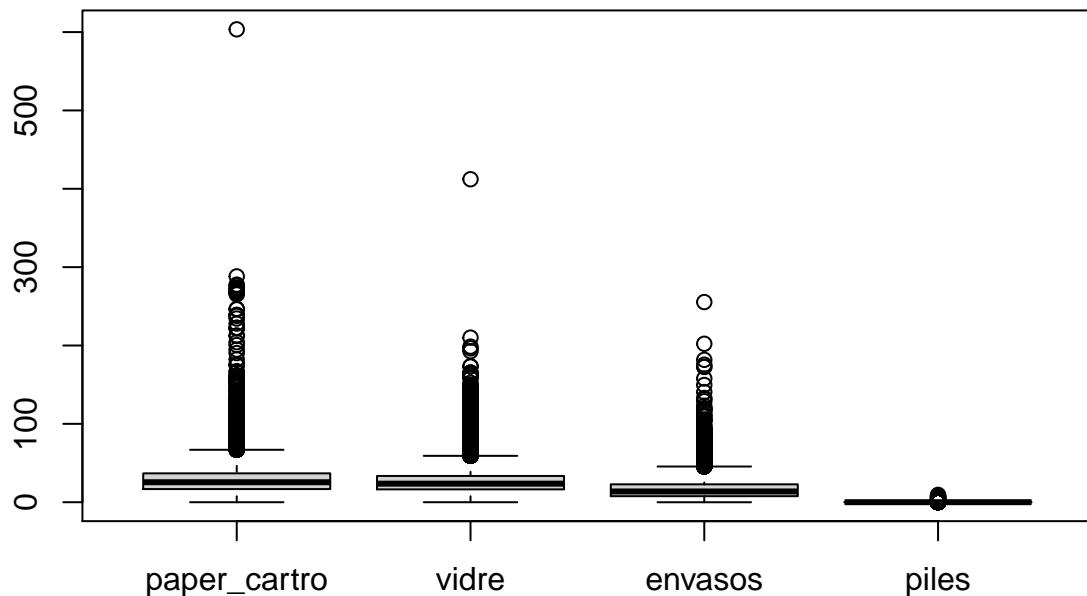
```

3.2 Identificació i tractament de valors extrems

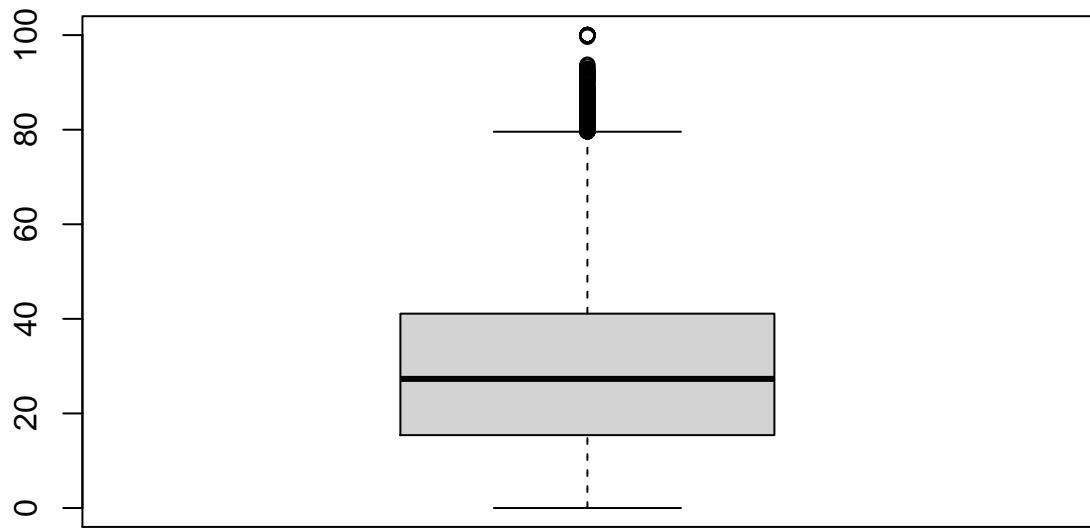
En aquest apartat, primerament analitzarem totes les mètriques d'interès quantitatives mitjançant el gràfic boxplot. D'aquesta manera, podem fer un primer anàlisi visual per identificar valors extrems.

A més a més, mitjançant la funció summary fem un breu anàlisi de les principals característiques descriptives per cada una d'elles.

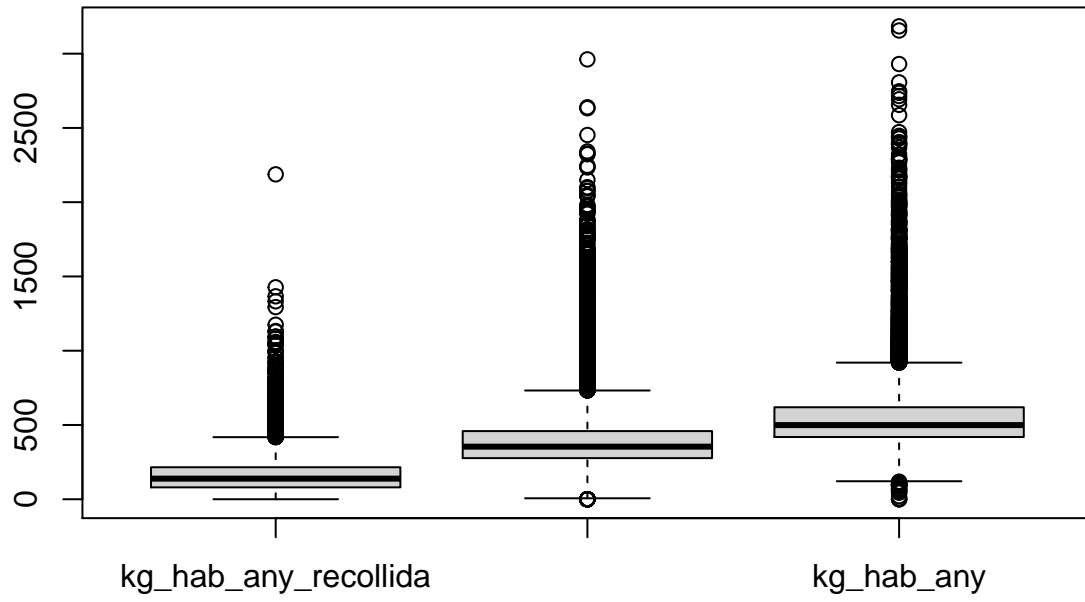
```
boxplot(x = subset(data, select = c("paper_cartro", "vidre", "envasos", "piles")))
```



```
boxplot(x = data$rs_rm)
```



```
boxplot(x = subset(data, select = c("kg_hab_any_recollida", "suma_fraccio_resta", "kg_hab_any")))
```



```
summary(data)
```

```

##      X          Municipi          Any          Comarca
##  Min.   : 1   Length:18718   Min.   :2000   Length:18718
##  1st Qu.:4732  Class  :character  1st Qu.:2004   Class  :character
##  Median :9466   Mode   :character  Median :2009   Mode   :character
##  Mean   :9476                   Mean   :2009
##  3rd Qu.:14215                  3rd Qu.:2014
##  Max.   :18946                  Max.   :2019
##
##      Població      paper_cartro      vidre      envasos
##  Min.   : 19   Min.   : 0.00   Min.   : 0.00   Min.   : -0.03808
##  1st Qu.: 311  1st Qu.: 16.76  1st Qu.: 16.38  1st Qu.:  7.68300
##  Median : 905  Median : 25.50  Median : 23.64  Median : 13.69229
##  Mean   : 7653  Mean   : 29.78  Mean   : 27.69  Mean   : 16.52489
##  3rd Qu.: 3499  3rd Qu.: 36.84  3rd Qu.: 33.50  3rd Qu.: 22.82721
##  Max.   :1636762 Max.   :603.49  Max.   :412.20  Max.   :255.42857
##
##      piles      kg_hab_any_recollida      rs_rm      suma_fraccio_resta
##  Min.   :0.00000  Min.   : 0.0   Min.   : 0.00   Min.   :  0.0
##  1st Qu.:0.00000  1st Qu.: 80.1  1st Qu.: 15.41  1st Qu.: 276.7
##  Median :0.03472  Median :138.7  Median : 27.31  Median : 354.1
##  Mean   :0.06296  Mean   :161.4  Mean   : 30.12  Mean   : 397.9
##  3rd Qu.:0.08047  3rd Qu.:215.3  3rd Qu.: 41.10  3rd Qu.: 458.9
##  Max.   :9.37143  Max.   :2187.4 Max.   :100.00  Max.   :2961.6

```

```

##          kg_hab_any      model_rs      percentatge_poblacio_pap fraccions_pap
##  Min.   : 0.01  Length:18718      Min.   : 0.000      Min.   :2.00
##  1st Qu.: 419.03 Class  :character  1st Qu.: 0.000      1st Qu.:4.00
##  Median : 499.27 Mode   :character  Median : 0.000      Median :4.00
##  Mean   : 559.27                   Mean   : 7.416      Mean   :4.09
##  3rd Qu.: 619.32                   3rd Qu.: 0.000      3rd Qu.:5.00
##  Max.   :3183.92                   Max.   :100.000     Max.   :5.00
##                                         NA's    :14526

##          proporcio
##  Min.   :0.0000
##  1st Qu.:0.1541
##  Median :0.2731
##  Mean   :0.3012
##  3rd Qu.:0.4110
##  Max.   :1.0000
##


out <- boxplot.stats(data$envasos)$out
negatiu <- min(data$envasos)
if (negatiu %in% out) {
  print("Fora del boxplot")
} else {
  print("Dins el boxplot")
}

## [1] "Dins el boxplot"

#Eliminem el negatiu
data <- data[which(data$envasos >= 0), ]

maxs <- data[data$paper_cartro == max(data$paper_cartro),]
maxs <- rbind(maxs, data[data$envasos == max(data$envasos),])
maxs <- rbind(maxs, data[data$vidre == max(data$vidre),])
maxs <- rbind(maxs, data[data$piles == max(data$piles),])
maxs <- rbind(maxs, data[data$kg_hab_any_recollida == max(data$kg_hab_any_recollida),])
maxs

##          X           Municipi Any      Comarca Població paper_cartro
##  13982 14138 Sant Martí D'albars 2011 Osona      109  603.48624
##  10973 11095 Pobla De Cérvoles, La 2008 Garrigues    245  17.75510
##  14318 14476 Sant Pere Pescador 2009 Alt Empordà    2029  49.67472
##  10558 10678 Pedret I Marzà 2011 Alt Empordà      175  29.94286
##  10557 10677 Pedret I Marzà 2010 Alt Empordà      173  38.84393
##          vidre   envasos      piles kg_hab_any_recollida rs_rm
##  13982 14.77064 29.54128 0.000000000 662.02 66.22
##  10973 30.24490 255.42857 0.000000000 304.13 46.09
##  14318 412.20306 65.76639 0.004928536 527.94 27.51
##  10558 40.51429 19.42857 9.371428571 102.81 19.79
##  10557 23.64162 17.34104 1.676300578 2187.45 69.31
##          suma_fraccio_resta kg_hab_any model_rs percentatge_poblacio_pap
##  13982            337.7064    999.72    <NA>          0
##  10973            355.7551    659.89    <NA>          0

```

```

## 14318      1390.8379    1918.78    <NA>      0
## 10558      416.8000     519.63    <NA>      0
## 10557      968.5549    3156.01    <NA>      0
##       fraccions_pap proporcio
## 13982      NA 0.6622054
## 10973      NA 0.4608798
## 14318      NA 0.2751436
## 10558      NA 0.1978523
## 10557      NA 0.6931062

```

Primer de tot, hem agrupat les variables quantitatives segons les seves unitats de mesura, així no només comprovem outliers sinó que també podem fer estudis comparatius entre elles.

Generalment, totes les variables es comporten de forma semblant, tenen el bigot superior més allargat que l'inferior i només tenen valors extrems en el costat superior de la caixa, exceptuant la mètrica kg_hab_any.

Addicionalment, hem detectat en diferents variables un valor màxim significativament alt comparant amb la resta de registres, així doncs, hem mostrat aquests registres per poder detectar si es tractava d'un error o eren dades legítimes. Finalment, hem conclòs que aquests registres tenien sentit i els contemplarem dins la mostra a estudiar.

Per altra banda, hem vist un valor mínim negatiu de tones d'envasos anuals per càpita, la qual cosa no té sentit, considerem aquest registre com a valor perdut i no el tindrem en compte en l'estudi.

4. Anàlisi de les dades

4.1 Selecció dels grups de dades que es volen analitzar/comparar (planificació dels anàlisis a aplicar)

Com ja hem comentat en el primer apartat ‘Descripció del dataset’, un dels objectius d'aquest estudi és avaluar l'eficàcia del mètode porta a porta. Per fer-ho, hem dividit la mostra en dos subgrups: Pobles PaP, utilitzen el mètode de recollida porta a porta en tot el municipi, i Pobles No Pap, no utilitzen cap recollida porta a porta. En aquests subgrups realitzarem un test sobre la mitjana de proporció de recollida selectiva respecte la total.

Per altra banda, dividirem la mostra en dos subgrups diferents: pobles petits i pobles grans. Per aquests subgrups farem un contrast de mitjanes sobre quins tipus de poble generen més residus de recollida selectiva per càpita i any. A més a més, crearem models de regressió lineal multidimensional per explicar la variable ‘kg_hab_any_recollida’ i finalment, veurem gràficament quins tipus de residus generen més els pobles petits i els pobles grans de forma comparativa.

```

poblesPetits <- data[which(data$Població < 5000),]
poblesGrans <- data[which(data$Població >= 5000),]

poblesPaP <- data[which(data$percentatge_poblacio_pap == 100 ),]
poblesNoPaP <- data[which(data$percentatge_poblacio_pap == 0 ),]

c(nrow(poblesPetits),nrow(poblesGrans),nrow(poblesPaP),nrow(poblesNoPaP))

## [1] 14808 3909 1037 17221

```

4.2 Comprovació de la normalitat i homogeneïtat de la variància.

En aquest apartat, hem de comprovar la normalitat i la homogeneïtat de la variància per les dues variables d'interès: 'kg_hab_any_recollida' i 'proporcio' per tots els grups que hem generat en l'apartat anterior.

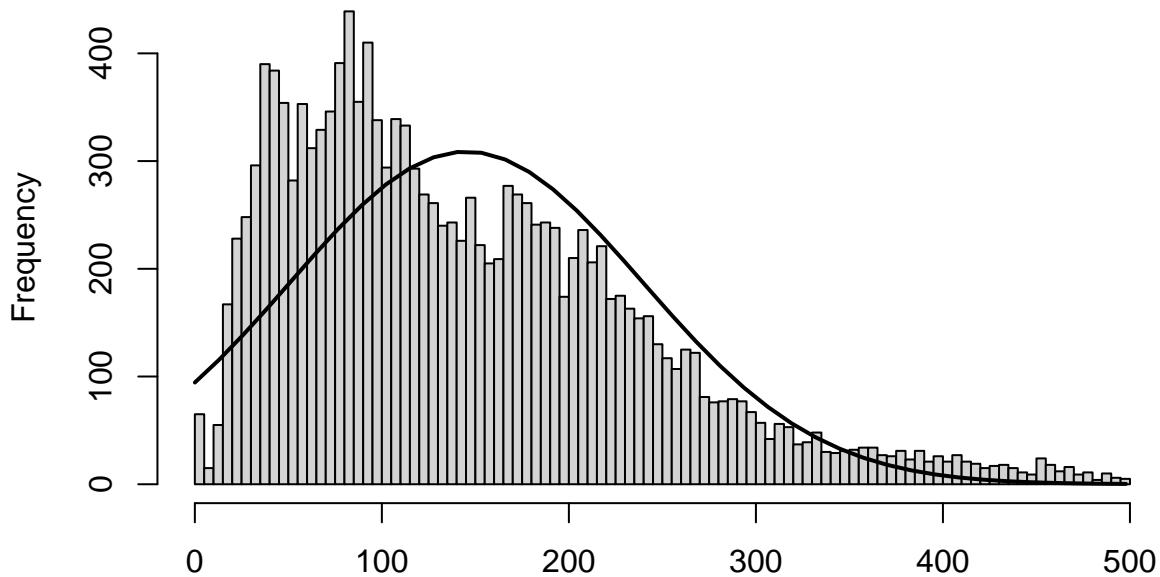
Per tant, hem creat una funció per analitzar la normalitat visualment i seguidament hem aplicat els tests per poder comprovar aquestes propietats numèricament. A més a més, hem creat unes gràfiques tipus QQ-plot per a visualitzar les diferències respecte la distribució normal.

```
library(normtest)
library(nortest)

histogramaNormalitat <- function(r, h) {
  xfit <- seq(min(r), max(r), length = 40)
  yfit <- dnorm(xfit, mean = mean(r), sd = sd(r))
  yfit <- yfit * diff(h$mid[1:2]) * length(r)
  return (lines(xfit, yfit, col = "black", lwd = 2))
}

histogramaNormalitat(poblesPetits$kg_hab_any_recollida[poblesPetits$kg_hab_any_recollida < 500],
                      hist(poblesPetits$kg_hab_any_recollida[poblesPetits$kg_hab_any_recollida < 500],
                            breaks = 100, main = "Histograma de kg_hab_any_recollida en pobles petits"))
```

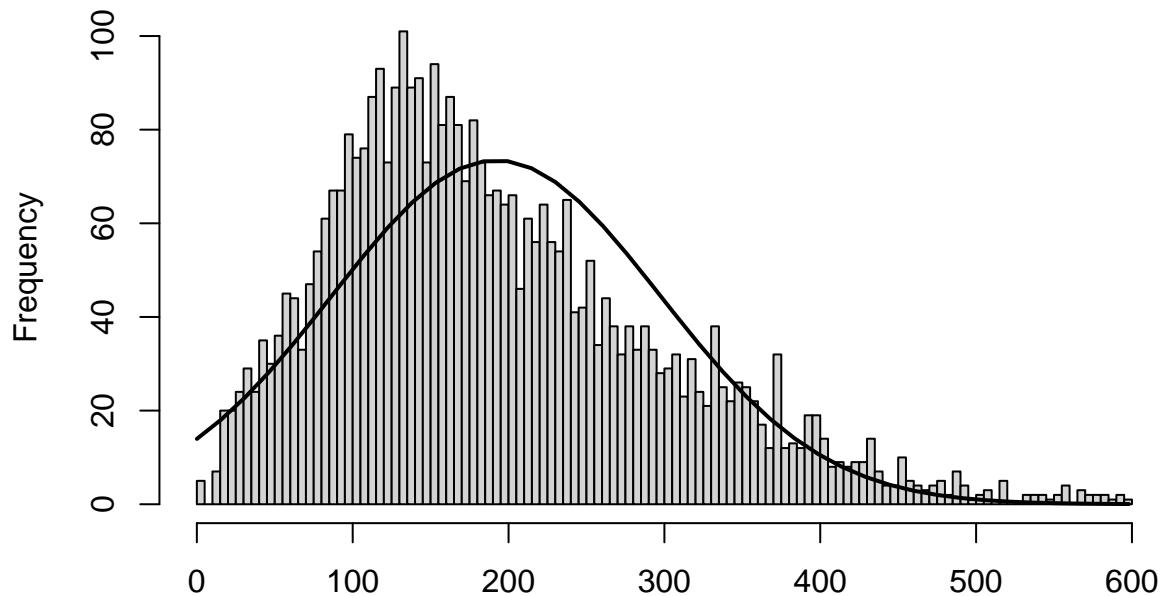
Histograma de kg_hab_any_recollida en pobles petits



poblesPetits\$kg_hab_any_recollida[poblesPetits\$kg_hab_any_recollida < 500]

```
histogramaNormalitat(poblesGrans$kg_hab_any_recollida[poblesGrans$kg_hab_any_recollida < 600],
                      hist(poblesGrans$kg_hab_any_recollida[poblesGrans$kg_hab_any_recollida < 600],
                            breaks = 100, main = "Histograma de kg_hab_any_recollida en pobles grans"))
```

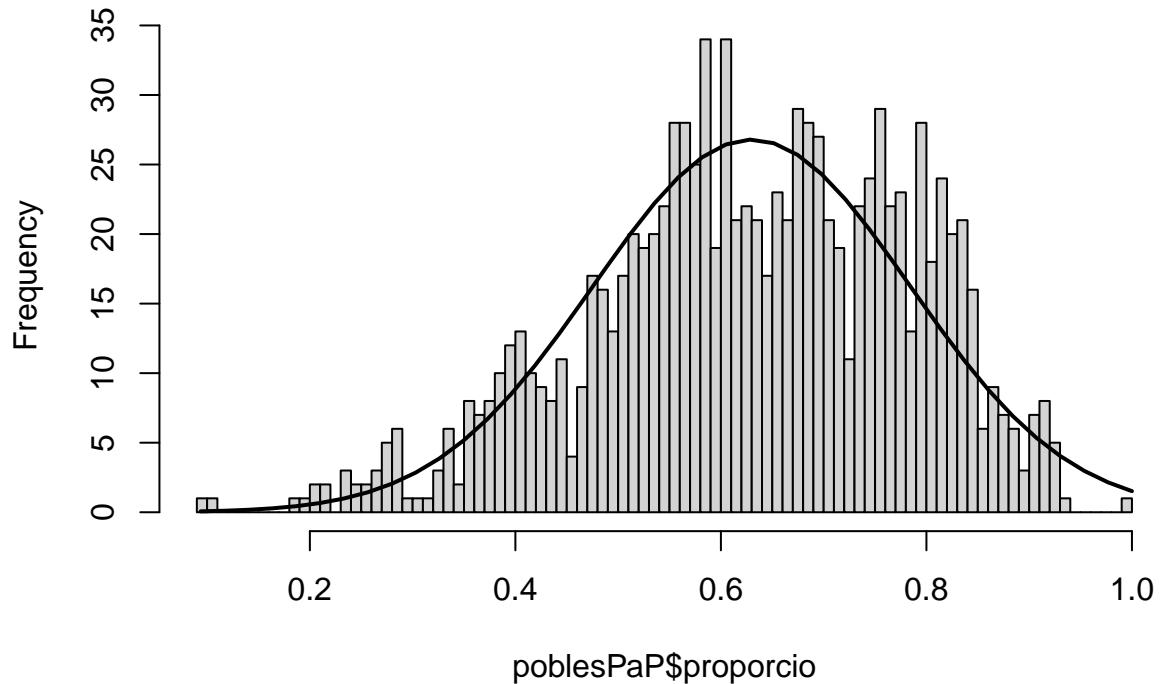
Histograma de kg_hab_any_recollida en pobles grans



poblesGrans\$kg_hab_any_recollida[poblesGrans\$kg_hab_any_recollida < 600]

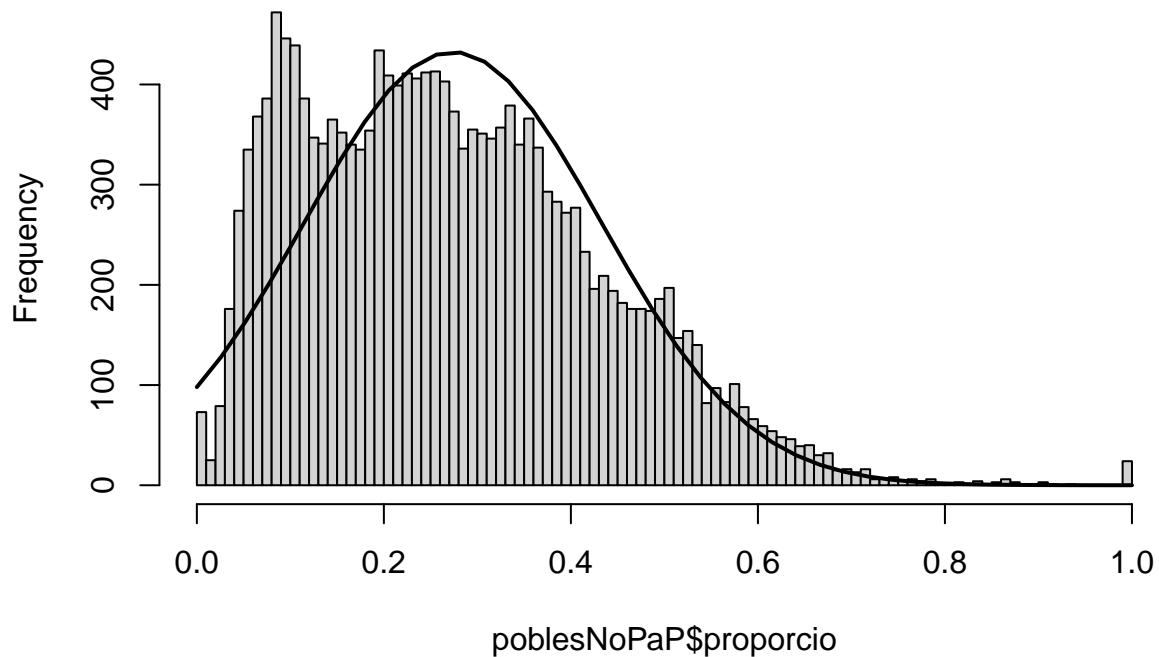
```
histogramaNormalitat(poblesPaP$proporcio,
                      hist(poblesPaP$proporcio,
                            breaks = 100, main = "Histograma de kg_hab_any_recollida en pobles PaP"))
```

Histograma de kg_hab_any_recollida en pobles PaP



```
histogramaNormalitat(poblesNoPaP$proporcio,
                      hist(poblesNoPaP$proporcio,
                            breaks = 100, main = "Histograma de kg_hab_any_recollida en pobles No Pap"))
```

Histograma de kg_hab_any_recollida en pobles No Pap



```
lillie.test(poblesPetits$kg_hab_any_recollida)
```

```
##  
## Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test  
##  
## data: poblesPetits$kg_hab_any_recollida  
## D = 0.1029, p-value < 2.2e-16
```

```
lillie.test(poblesGrans$kg_hab_any_recollida)
```

```
##  
## Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test  
##  
## data: poblesGrans$kg_hab_any_recollida  
## D = 0.089381, p-value < 2.2e-16
```

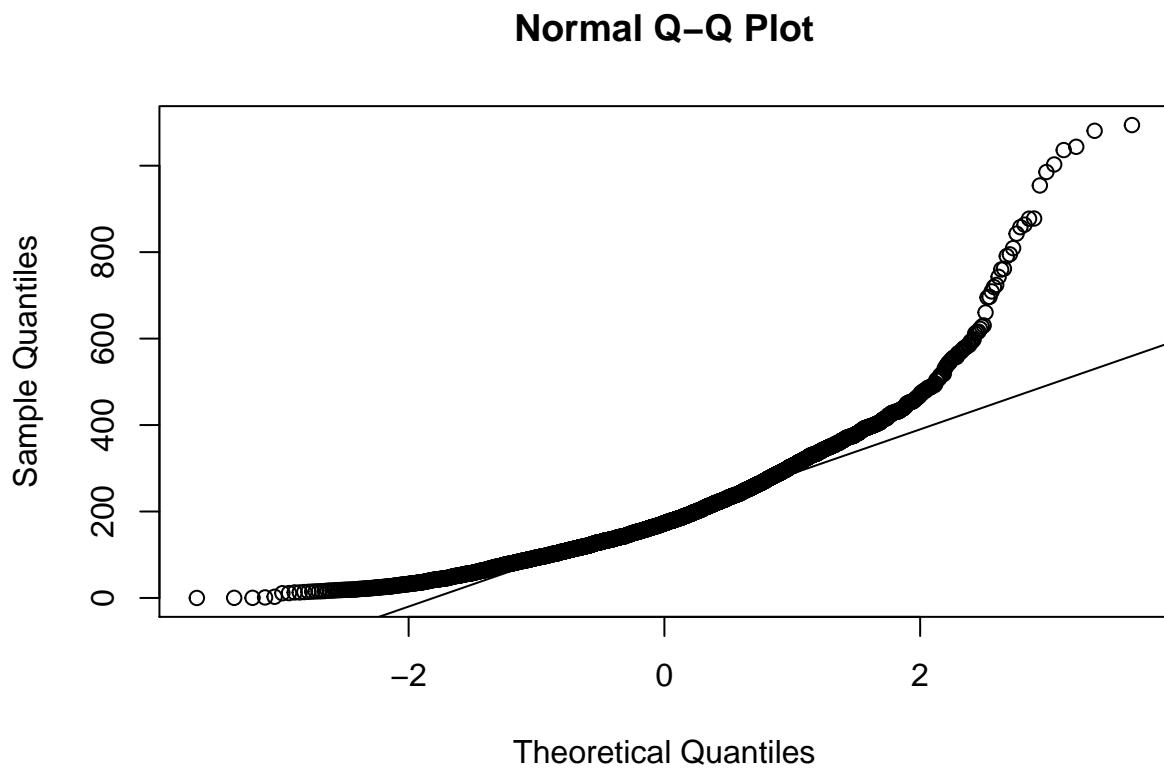
```
lillie.test(poblesPaP$proporcio)
```

```
##  
## Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test  
##  
## data: poblesPaP$proporcio  
## D = 0.047997, p-value = 7.115e-06
```

```
lillie.test(poblesNoPaP$proporcio)
```

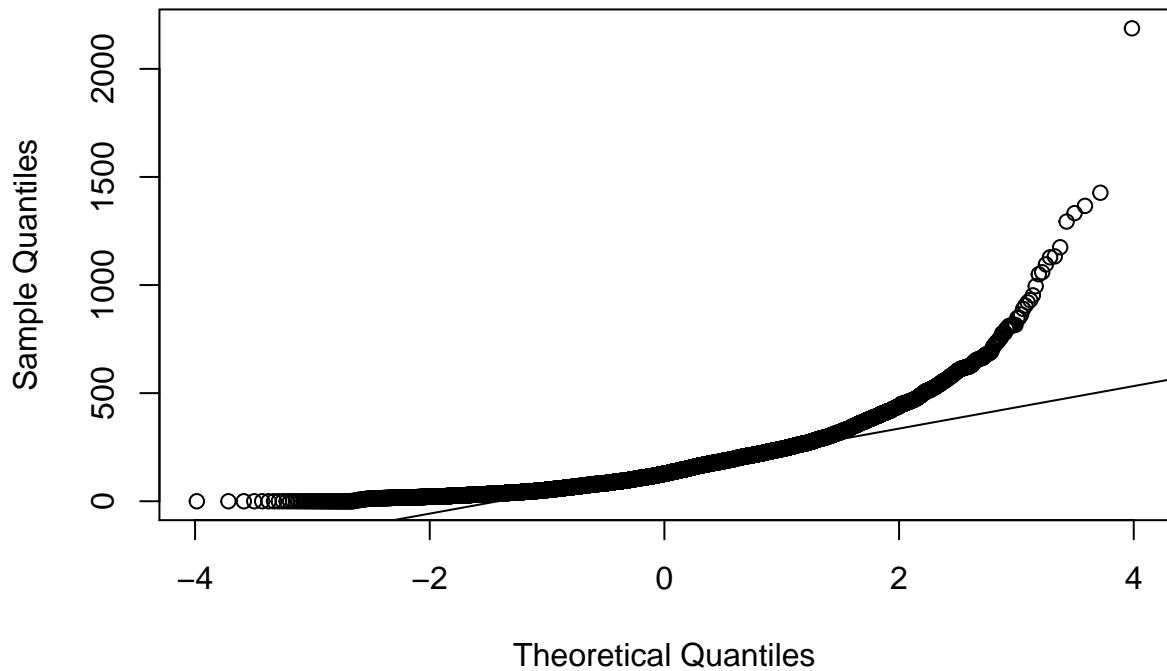
```
##  
## Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test  
##  
## data: poblesNoPaP$proporcio  
## D = 0.052343, p-value < 2.2e-16
```

```
#QQ plots  
qqnorm(poblesGrans$kg_hab_any_recollida)  
qqline(poblesGrans$kg_hab_any_recollida)
```



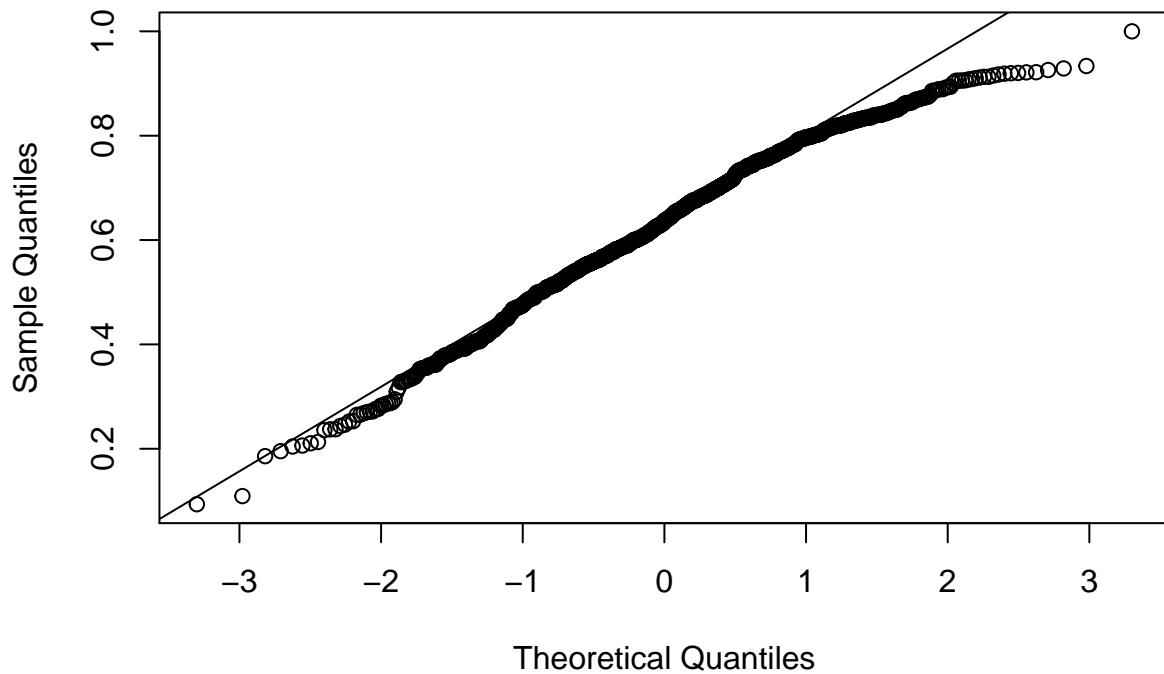
```
qqnorm(poblesPetits$kg_hab_any_recollida)  
qqline(poblesPetits$kg_hab_any_recollida)
```

Normal Q-Q Plot



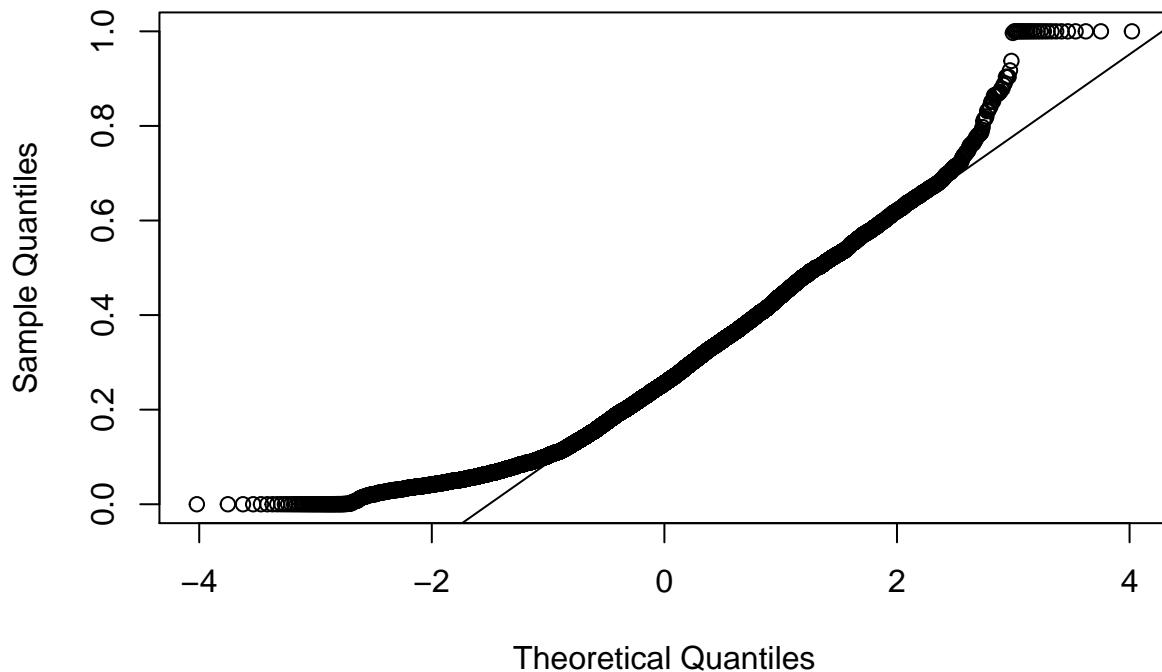
```
qqnorm(poblesPaP$proporcio)
qqline(poblesPaP$proporcio)
```

Normal Q-Q Plot



```
qqnorm(poblesNoPaP$proporcio)
qqline(poblesNoPaP$proporcio)
```

Normal Q–Q Plot



Tot i que a primera vista algun histograma podia semblar que seguia una distribució normal, ho refutem mitjançant el test de Lilliefors ja que el p-value és inferior a 0.05 per tant rebutgem la hipòtesi nul·la de normalitat. Addicionalment, en les gràfiques QQ-plot podem apreciar suficient desviació respecte la normalitat i per tant, conculoure que no es tracta de distribució normal.

No obstant, en conseqüència de la grandària de la mostra, podem aplicar el Teorema del Límit Central i suposa normalitat.

```
# Test de Homoscedasticitat de la variància
var.test(poblesPetits$kg_hab_any_recollida, poblesGrans$kg_hab_any_recollida)
```

```
##
## F test to compare two variances
##
## data: poblesPetits$kg_hab_any_recollida and poblesGrans$kg_hab_any_recollida
## F = 0.90452, num df = 14807, denom df = 3908, p-value = 6.639e-05
## alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
## 95 percent confidence interval:
##  0.8602132 0.9504044
## sample estimates:
## ratio of variances
## 0.9045166
```

```
var.test(poblesPaP$propocio, poblesNoPaP$propocio)
```

```
##
```

```

## F test to compare two variances
##
## data: poblesPaP$proporcio and poblesNoPaP$proporcio
## F = 0.94466, num df = 1036, denom df = 17220, p-value = 0.2171
## alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
## 95 percent confidence interval:
## 0.8660031 1.0341206
## sample estimates:
## ratio of variances
## 0.9446649

```

Seguidament, hem aplicat el test de homoscedasticitat de la variància i hem arribat a diferents conclusions:

Primer de tot, en la divisió de la mostra en pobles petits i pobles grans, el test per la variable ‘kg_hab_any_recollida’ concloem que hi ha heteroscedasticitat ja que el p-value és inferior a 0.05 i per tant rebutgem la hipòtesi nul · la d’igualtat de variàncies.

En canvi, en la divisió de la mostra en pobles porta a porta i pobles no porta a porta, el test per la variable ‘proporcio’ concloem que hi ha homoscedasticitat ja que el p-value és superior a 0.05 i no podem rebutjar la hipòtesi nul · la.

Aquests resultats son necessaris per poder aplicar els tests estadístics correctament.

4.3 Aplicació de proves estadístiques per comparar els grups de dades.

En aquest apartat, primerament volem contrastar les nostres suposicions inicials.

Per un banda, pensem que els pobles amb la gestió de recollida selectiva porta a porta és més eficaç que la recollida selectiva de vorera tradicional.

$$H_0 : \mu_{\text{PaP}} = \mu_{\text{NoPaP}}$$

$$H_1 : \mu_{\text{PaP}} > \mu_{\text{NoPaP}}$$

Per realitzar aquest contrast, aplicarem el test de la t-Student a la variable ‘proporcio’ comentada anteriorment ja que la variància és desconeguda, com hem definit les hipòtesis l’alternative és “greater” i finalment, com podem veure en l’apartat anterior hi ha homoscedasticitat.

```
t.test(x=poblesPaP$proporcio, y=poblesNoPaP$proporcio, alternative= "greater",
       var.equal = TRUE)
```

```

##
## Two Sample t-test
##
## data: poblesPaP$proporcio and poblesNoPaP$proporcio
## t = 70.218, df = 18256, p-value < 2.2e-16
## alternative hypothesis: true difference in means is greater than 0
## 95 percent confidence interval:
## 0.3477822      Inf
## sample estimates:
## mean of x mean of y
## 0.6298926 0.2737677

```

Com que p-value és inferior a 0.05, hem de rebutjar la hipòtesi nul · la i per tant, la nostra suposició era correcta perquè acabem de veure que la mitjana de proporcio de recollida selectiva respecte el total en els pobles amb mètode porta a porta és superior que en els pobles amb el mètode tradicional.

Per altra banda, com ja hem comentat en l'apartat 4.1, trobem interessant la comparativa de ‘kg_hab_any_recollida’ entre pobles grans i pobles petits. Així doncs, definim aquest contrast d'hipòtesis on creiem que es genera més residus de recollida selectiva per càpita i any en pobles grans que en els pobles petits:

$$H_0 : \mu_{\text{grans}} = \mu_{\text{petits}}$$

$$H_1 : \mu_{\text{grans}} > \mu_{\text{petits}}$$

Per poder realitzar aquest contrast, aplicarem el test t-Student ja que la variància és desconeguda, l'alternativa serà “greater” per definició del contrast d'hipòtesis i finalment, com hem pogut veure en l'apartat anterior, hi ha heteroscedasticitat.

```
t.test(x=poblesGrans$kg_hab_any_recollida, y=poblesPetits$kg_hab_any_recollida, alternative = "greater"
       var.equal = FALSE)
```

```
##
##  Welch Two Sample t-test
##
## data:  poblesGrans$kg_hab_any_recollida and poblesPetits$kg_hab_any_recollida
## t = 21.168, df = 5908.2, p-value < 2.2e-16
## alternative hypothesis: true difference in means is greater than 0
## 95 percent confidence interval:
##  41.16253      Inf
## sample estimates:
## mean of x mean of y
## 196.6960 152.0648
```

Com que p-value és inferior a 0.05, hem de rebutjar la hipòtesi nul·la i per tant, la nostra suposició era correcta perquè acabem de veure que la mitjana de residus de recollida per habitant i any és superior en pobles grans que en pobles petits.

Així doncs, obtenint aquest resultat, trobem interessant intentar explicar la variable ‘kg_hab_any_recollida’ mitjançant models de regressió lineal multidimensionals.

Per fer-ho, crearem 3 models: el primer estudiarem totes les poblacions de la mostra, en el segon estudiarem el subgrup de poblacions petites i en el darrer estudiarem el subgrup de poblacions grans.

Com ja hem dit, ho hem cregut oportú en conseqüència dels resultats del contrast d'hipòtesis de les mitjanes.

Per altra banda, a l'hora d'escollir les variables explicatives hem intentat prevenir la col·linealitat. Per això, hem desestimat explicar la variable en qüestió mitjançant les mètriques: ‘paper_cartro’, ‘vidre’, ‘envasos’, ‘piles’, ‘rs_rm’, ‘suma_fraccio_resta’ i ‘kg_hab_any’.

```
data$Any <- as.factor(data$Any)
poblesPetits$Any <- as.factor(poblesPetits$Any)
poblesGrans$Any <- as.factor(poblesGrans$Any)

lineal <- lm(kg_hab_any_recollida ~ Any + Població + Comarca + percentatge_poblacio_pap, data = data)
lineal.summary <- summary(lineal)
lineal.summary

##
## Call:
## lm(formula = kg_hab_any_recollida ~ Any + Població + Comarca +
```

```

##      percentatge_poblacio_pap, data = data)
##
## Residuals:
##   Min     1Q Median     3Q    Max
## -244.23 -50.06 -13.08 29.40 2002.82
##
## Coefficients:
##                               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)                2.990e+01  5.203e+00  5.746 9.29e-09 ***
## Any2001                   7.286e+00  4.155e+00  1.753 0.079550 .
## Any2002                   1.463e+01  4.165e+00  3.511 0.000447 ***
## Any2003                   2.224e+01  4.158e+00  5.349 8.92e-08 ***
## Any2004                   4.158e+01  4.168e+00  9.976 < 2e-16 ***
## Any2005                   5.515e+01  4.176e+00 13.207 < 2e-16 ***
## Any2006                   7.635e+01  4.172e+00 18.299 < 2e-16 ***
## Any2007                   8.774e+01  4.159e+00 21.098 < 2e-16 ***
## Any2008                   9.808e+01  4.168e+00 23.532 < 2e-16 ***
## Any2009                   1.102e+02  4.180e+00 26.356 < 2e-16 ***
## Any2010                   1.232e+02  4.171e+00 29.530 < 2e-16 ***
## Any2011                   1.175e+02  4.166e+00 28.205 < 2e-16 ***
## Any2012                   1.174e+02  4.167e+00 28.180 < 2e-16 ***
## Any2013                   1.124e+02  4.169e+00 26.956 < 2e-16 ***
## Any2014                   1.188e+02  4.173e+00 28.480 < 2e-16 ***
## Any2015                   1.276e+02  4.183e+00 30.491 < 2e-16 ***
## Any2016                   1.312e+02  4.174e+00 31.421 < 2e-16 ***
## Any2017                   1.441e+02  4.181e+00 34.456 < 2e-16 ***
## Any2018                   1.638e+02  4.250e+00 38.538 < 2e-16 ***
## Any2019                   1.773e+02  4.204e+00 42.168 < 2e-16 ***
## Població                  5.387e-06  1.478e-05  0.364 0.715529
## ComarcaAlt Empordà        3.156e+01  5.014e+00  6.295 3.14e-10 ***
## ComarcaAlt Penedès        2.557e+01  5.842e+00  4.377 1.21e-05 ***
## ComarcaAlt Urgell         4.536e+01  6.381e+00  7.109 1.21e-12 ***
## ComarcaAlta Ribagorça    3.297e+01  1.245e+01  2.648 0.008113 **
## ComarcaAnoia              -2.096e+01  5.633e+00 -3.721 0.000199 ***
## ComarcaBages              3.625e+01  5.587e+00  6.488 8.91e-11 ***
## ComarcaBaix Camp          7.850e+01  5.807e+00 13.519 < 2e-16 ***
## ComarcaBaix Ebre           5.020e+01  6.956e+00  7.217 5.53e-13 ***
## ComarcaBaix Empordà       9.003e+01  5.536e+00 16.264 < 2e-16 ***
## ComarcaBaix Llobregat     4.411e+01  5.728e+00  7.700 1.42e-14 ***
## ComarcaBaix Penedès       1.475e+01  6.948e+00  2.122 0.033844 *
## ComarcaBarcelonès         -1.756e+01  1.197e+01 -1.467 0.142358
## ComarcaBerguedà           2.680e+01  5.706e+00  4.697 2.66e-06 ***
## ComarcaCerdanya           -2.692e+00  6.576e+00 -0.409 0.682234
## ComarcaConca de Barberà   7.518e+01  6.153e+00 12.219 < 2e-16 ***
## ComarcaGarraf              1.031e+02  9.342e+00 11.035 < 2e-16 ***
## ComarcaGarrigues          -5.080e+01  6.021e+00 -8.436 < 2e-16 ***
## ComarcaGarrotxa            3.787e+01  6.222e+00  6.086 1.18e-09 ***
## ComarcaGironès             4.605e+01  5.847e+00  7.876 3.55e-15 ***
## ComarcaMaresme             1.095e+02  5.698e+00 19.212 < 2e-16 ***
## ComarcaMoianès              7.924e+01  1.389e+01  5.704 1.19e-08 ***
## ComarcaMontsià              6.408e+01  7.296e+00  8.783 < 2e-16 ***
## ComarcaNoguera              -3.408e+01  5.734e+00 -5.944 2.83e-09 ***
## ComarcaOsuna                 6.711e+01  5.164e+00 12.998 < 2e-16 ***
## ComarcaPallars Jussà        1.244e+01  6.956e+00  1.788 0.073718 .

```

```

## ComarcaPallars Sobirà      7.334e+01  6.845e+00 10.714 < 2e-16 ***
## ComarcaPla d'Urgell       1.534e+01  6.689e+00  2.294 0.021804 *
## ComarcaPla de l'Estany    3.110e+01  7.525e+00  4.133 3.59e-05 ***
## ComarcaPriorat           -1.682e+01  6.060e+00 -2.776 0.005510 **
## ComarcaRibera d'Ebre     3.130e+01  6.938e+00  4.511 6.48e-06 ***
## ComarcaRipollès          5.002e+01  6.370e+00  7.853 4.29e-15 ***
## ComarcaSegarra            3.523e+01  6.183e+00  5.697 1.24e-08 ***
## ComarcaSegrià             -4.391e+01  5.483e+00 -8.008 1.23e-15 ***
## ComarcaSelva              4.435e+01  5.917e+00  7.496 6.87e-14 ***
## ComarcaSolsonès          -1.490e+01  6.817e+00 -2.186 0.028840 *
## ComarcaTarragonès        5.670e+01  6.201e+00  9.144 < 2e-16 ***
## ComarcaTerra Alta         -3.887e+01  7.387e+00 -5.262 1.44e-07 ***
## ComarcaUrgell             -9.493e-01  6.284e+00 -0.151 0.879930
## ComarcaVal d'Aran        8.034e+01  8.034e+00  9.999 < 2e-16 ***
## ComarcaVallès Occidental 5.075e+01  6.087e+00  8.337 < 2e-16 ***
## ComarcaVallès Oriental   6.823e+01  5.342e+00 12.771 < 2e-16 ***
## percentatge_poblacio_pap 9.087e-01  2.922e-02 31.098 < 2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 90.28 on 18654 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.3891, Adjusted R-squared:  0.3871
## F-statistic: 191.6 on 62 and 18654 DF,  p-value: < 2.2e-16

lineal_petits <- lm(kg_hab_any_recollida ~ Any + Població + Comarca + percentatge_poblacio_pap,
                      data = poblesPetits)

lineal_petits.summary <- summary(lineal_petits)
lineal_petits.summary

##
## Call:
## lm(formula = kg_hab_any_recollida ~ Any + Població + Comarca +
##     percentatge_poblacio_pap, data = poblesPetits)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max 
## -221.05  -46.61  -12.21   27.42 2023.56 
##
## Coefficients:
## (Intercept) 2.979e+01  5.299e+00  5.621 1.93e-08 ***
## Any2001      5.271e+00  4.357e+00  1.210 0.226380
## Any2002      1.239e+01  4.390e+00  2.822 0.004784 ** 
## Any2003      1.912e+01  4.392e+00  4.355 1.34e-05 ***
## Any2004      3.782e+01  4.405e+00  8.585 < 2e-16 ***
## Any2005      4.845e+01  4.426e+00 10.948 < 2e-16 ***
## Any2006      6.905e+01  4.437e+00 15.562 < 2e-16 ***
## Any2007      8.085e+01  4.423e+00 18.278 < 2e-16 ***
## Any2008      9.167e+01  4.440e+00 20.648 < 2e-16 ***
## Any2009      1.052e+02  4.460e+00 23.585 < 2e-16 ***
## Any2010      1.191e+02  4.451e+00 26.754 < 2e-16 ***
## Any2011      1.139e+02  4.446e+00 25.614 < 2e-16 ***
## Any2012      1.167e+02  4.448e+00 26.236 < 2e-16 ***

```

```

## Any2013      1.133e+02  4.451e+00 25.459 < 2e-16 ***
## Any2014      1.205e+02  4.452e+00 27.069 < 2e-16 ***
## Any2015      1.294e+02  4.471e+00 28.947 < 2e-16 ***
## Any2016      1.334e+02  4.460e+00 29.916 < 2e-16 ***
## Any2017      1.470e+02  4.465e+00 32.918 < 2e-16 ***
## Any2018      1.692e+02  4.557e+00 37.139 < 2e-16 ***
## Any2019      1.829e+02  4.501e+00 40.633 < 2e-16 ***
## Població     1.745e-03  7.365e-04 2.369 0.017867 *
## ComarcaAlt Empordà   1.472e+01  5.019e+00 2.932 0.003374 **
## ComarcaAlt Penedès   1.614e+01  5.988e+00 2.695 0.007042 **
## ComarcaAlt Urgell    4.166e+01  6.344e+00 6.567 5.32e-11 ***
## ComarcaAlta Ribagorça 3.235e+01  1.202e+01 2.692 0.007104 **
## ComarcaAnoia     -2.217e+01  5.781e+00 -3.836 0.000126 ***
## ComarcaBages      2.393e+01  6.015e+00 3.979 6.95e-05 ***
## ComarcaBaix Camp    6.136e+01  5.989e+00 10.245 < 2e-16 ***
## ComarcaBaix Ebre     4.068e+01  7.571e+00 5.373 7.86e-08 ***
## ComarcaBaix Empordà   8.280e+01  5.715e+00 14.489 < 2e-16 ***
## ComarcaBaix Llobregat   4.690e+01  9.383e+00 4.999 5.82e-07 ***
## ComarcaBaix Penedès   8.150e+00  7.497e+00 1.087 0.276988
## ComarcaBerguedà     2.869e+01  5.672e+00 5.059 4.27e-07 ***
## ComarcaCerdanya    -3.717e+00  6.545e+00 -0.568 0.570119
## ComarcaConca de Barberà 7.549e+01  6.107e+00 12.362 < 2e-16 ***
## ComarcaGarraf      8.276e+01  1.420e+01 5.829 5.69e-09 ***
## ComarcaGarrigues   -5.076e+01  5.977e+00 -8.492 < 2e-16 ***
## ComarcaGarrotxa    3.710e+01  6.190e+00 5.994 2.09e-09 ***
## ComarcaGironès     4.707e+01  6.033e+00 7.803 6.46e-15 ***
## ComarcaMaresme     1.410e+02  8.413e+00 16.755 < 2e-16 ***
## ComarcaMoianès     7.023e+01  1.406e+01 4.995 5.95e-07 ***
## ComarcaMontsià      6.049e+01  8.567e+00 7.061 1.73e-12 ***
## ComarcaNoguera     -3.361e+01  5.692e+00 -5.905 3.60e-09 ***
## ComarcaOsuna       6.657e+01  5.224e+00 12.745 < 2e-16 ***
## ComarcaPallars Jussà 1.022e+01  6.944e+00 1.471 0.141258
## ComarcaPallars Sobirà 7.632e+01  6.667e+00 11.447 < 2e-16 ***
## ComarcaPla d'Urgell   1.568e+01  6.693e+00 2.342 0.019185 *
## ComarcaPla de l'Estany 3.170e+01  7.573e+00 4.186 2.85e-05 ***
## ComarcaPriorat     -1.109e+01  5.915e+00 -1.875 0.060782 .
## ComarcaRibera d'Ebre 2.817e+01  6.877e+00 4.096 4.23e-05 ***
## ComarcaRipollès     4.919e+01  6.328e+00 7.772 8.21e-15 ***
## ComarcaSegarra      4.184e+01  6.201e+00 6.747 1.56e-11 ***
## ComarcaSegrià      -4.263e+01  5.531e+00 -7.707 1.37e-14 ***
## ComarcaSelva        3.651e+01  6.576e+00 5.552 2.88e-08 ***
## ComarcaSolsonès    -1.633e+01  6.796e+00 -2.402 0.016306 *
## ComarcaTarragonès   3.962e+01  6.736e+00 5.883 4.12e-09 ***
## ComarcaTerra Alta    -3.215e+01  7.169e+00 -4.485 7.34e-06 ***
## ComarcaUrgell       -1.763e+00  6.331e+00 -0.278 0.780691
## ComarcaVal d'Aran    6.773e+01  8.048e+00 8.416 < 2e-16 ***
## ComarcaVallès Occidental 6.731e+01  1.015e+01 6.633 3.40e-11 ***
## ComarcaVallès Oriental 9.939e+01  6.218e+00 15.985 < 2e-16 ***
## percentatge_poblacio_pap 7.902e-01  3.275e-02 24.132 < 2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 86.48 on 14746 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.4131, Adjusted R-squared:  0.4106

```

```

## F-statistic: 170.1 on 61 and 14746 DF, p-value: < 2.2e-16

lineal_grans <- lm(kg_hab_any_recollida ~ Any + Població + Comarca + percentatge_poblacio_pap,
                     data = poblesGrans)

lineal_grans <- summary(lineal_grans)
lineal_grans

##
## Call:
## lm(formula = kg_hab_any_recollida ~ Any + Població + Comarca +
##     percentatge_poblacio_pap, data = poblesGrans)
##
## Residuals:
##    Min      1Q  Median      3Q     Max 
## -343.83  -50.76   -9.67   36.57  691.00 
##
## Coefficients:
##                               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
## (Intercept)               9.094e+01  1.768e+01  5.145 2.81e-07 ***
## Any2001                  1.721e+01  1.019e+01  1.690 0.091153 .  
## Any2002                  2.448e+01  9.979e+00  2.453 0.014203 *  
## Any2003                  3.566e+01  9.873e+00  3.611 0.000309 *** 
## Any2004                  5.740e+01  9.875e+00  5.813 6.64e-09 *** 
## Any2005                  7.963e+01  9.794e+00  8.131 5.70e-16 *** 
## Any2006                  1.005e+02  9.674e+00 10.386 < 2e-16 *** 
## Any2007                  1.104e+02  9.643e+00 11.444 < 2e-16 *** 
## Any2008                  1.175e+02  9.623e+00 12.215 < 2e-16 *** 
## Any2009                  1.244e+02  9.605e+00 12.948 < 2e-16 *** 
## Any2010                  1.343e+02  9.578e+00 14.018 < 2e-16 *** 
## Any2011                  1.269e+02  9.568e+00 13.263 < 2e-16 *** 
## Any2012                  1.170e+02  9.559e+00 12.239 < 2e-16 *** 
## Any2013                  1.061e+02  9.561e+00 11.101 < 2e-16 *** 
## Any2014                  1.106e+02  9.590e+00 11.537 < 2e-16 *** 
## Any2015                  1.199e+02  9.566e+00 12.530 < 2e-16 *** 
## Any2016                  1.227e+02  9.555e+00 12.842 < 2e-16 *** 
## Any2017                  1.335e+02  9.586e+00 13.924 < 2e-16 *** 
## Any2018                  1.448e+02  9.626e+00 15.044 < 2e-16 *** 
## Any2019                  1.587e+02  9.579e+00 16.570 < 2e-16 *** 
## Població                 -1.030e-05 1.491e-05 -0.691 0.489673  
## ComarcaAlt Empordà       1.923e+02  1.854e+01 10.373 < 2e-16 *** 
## ComarcaAlt Penedès      7.825e+00  1.932e+01  0.405 0.685517  
## ComarcaAlt Urgell       6.160e+01  2.580e+01  2.387 0.017025 *  
## ComarcaAnoia             -7.998e+01 1.819e+01 -4.396 1.13e-05 *** 
## ComarcaBages              -9.799e+00 1.731e+01 -0.566 0.571286  
## ComarcaBaix Camp        8.766e+01  1.833e+01  4.782 1.80e-06 *** 
## ComarcaBaix Ebre         5.432e+00  1.910e+01  0.284 0.776165  
## ComarcaBaix Empordà      5.381e+01  1.776e+01  3.030 0.002465 ** 
## ComarcaBaix Llobregat    -2.346e+01 1.667e+01 -1.407 0.159476  
## ComarcaBaix Penedès      -4.003e+01 1.943e+01 -2.060 0.039474 *  
## ComarcaBarcelonès        -7.641e+01 1.956e+01 -3.906 9.53e-05 *** 
## ComarcaBerguedà          -6.831e+01 2.394e+01 -2.854 0.004342 ** 
## ComarcaCerdanya          -4.035e+01 2.580e+01 -1.564 0.117907  
## ComarcaConca de Barberà  1.258e+01  2.622e+01  0.480 0.631498 

```

```

## ComarcaGarraf      4.652e+01  1.910e+01  2.435  0.014927 *
## ComarcaGarrigues -1.032e+02  2.580e+01 -4.000  6.44e-05 ***
## ComarcaGarrotxa   -1.480e+01  2.580e+01 -0.573  0.566365
## ComarcaGironès    -3.413e+01  1.881e+01 -1.815  0.069636 .
## ComarcaMaresme    2.516e+01  1.675e+01  1.502  0.133109
## ComarcaMoianès    1.045e+02  4.341e+01  2.407  0.016115 *
## ComarcaMontsià    2.030e+00  1.850e+01  0.110  0.912620
## ComarcaNoguera   -1.042e+02  2.580e+01 -4.037  5.51e-05 ***
## ComarcaOsuna      -1.347e+00  1.807e+01 -0.075  0.940598
## ComarcaPallars Jussà -1.550e+01  2.580e+01 -0.601  0.547944
## ComarcaPla d'Urgell -6.789e+01  2.580e+01 -2.631  0.008545 **
## ComarcaPla de l'Estany -4.190e+01  2.580e+01 -1.624  0.104483
## ComarcaRibera d'Ebre 7.460e+01  2.830e+01  2.636  0.008422 **
## ComarcaRipollès    1.097e+01  2.580e+01  0.425  0.670801
## ComarcaSegarra     -1.247e+02  2.325e+01 -5.361  8.79e-08 ***
## ComarcaSegrià      -1.208e+02  1.946e+01 -6.208  5.92e-10 ***
## ComarcaSelva       -1.077e+01  1.745e+01 -0.617  0.537038
## ComarcaSolsonès    -3.995e+01  2.580e+01 -1.548  0.121682
## ComarcaTarragonès  3.032e+01  1.807e+01  1.678  0.093433 .
## ComarcaUrgell      -4.939e+01  2.130e+01 -2.319  0.020471 *
## ComarcaVal d'Aran   1.611e+02  2.830e+01  5.694  1.33e-08 ***
## ComarcaVallès Occidental -2.190e+01  1.684e+01 -1.300  0.193557
## ComarcaVallès Oriental -2.771e+01  1.673e+01 -1.657  0.097635 .
## percentatge_poblacio_pap 1.379e+00  6.255e-02 22.053 < 2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 89.95 on 3850 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.4318, Adjusted R-squared:  0.4232
## F-statistic: 50.44 on 58 and 3850 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

La primera gran conclusió que podem extreure és que la qualitat del model és millor quan separen els pobles petits i grans comparat amb tota la mostra conjunta, ja que el coeficient de determinació ajustat és més elevat en els dos models separats, la qual cosa coincideix amb les conclusions extretes anteriorment.

En segon lloc, veiem que hi ha variables explicatives que no són significatives ja que el p-value és superior al nivell de significació $\alpha = 0.05$, per tant, no podríem extreure conclusions dels coeficients estimats d'aquestes variables. Per exemple, la Comarca Urgell o la Població en el model conjunt.

No obstant, hi ha altres variables que ens aporten conclusions molt visiblement les quals són molt esperançadores: la variable categòrica 'Any' en els 3 models podem apreciar com a mesura que han avançat els anys, els kgs de recollida selectiva per càpita i any també augmenten.

Finalment, ens agradaria recalcar que per fer un estudi més exhaustiu, s'analitzaria model per model veient les variables explicatives significatives i s'aniria ajustant el nombre de variables, d'aquesta manera s'aconseguiria models més bondadosos que ens permetrien fer prediccions més acurades.

5. Representació dels resultats a partir de taules i gràfiques

Ens proposem ara mostrar, amb diferents gràfiques, una síntesi de l'estudi realitzat. Per a representar la comparació de les mitjanes entre dos grups, com és el cas de dos dels estudis que hem realitzat, mostrem un boxplot en el que apareixen dues columnes, una per cada grup estudiat.

Així, podem veure la primera comparació de mitjanes entre els municipis petits (de menys de 5000 habitants) i els municipis grans, de més de 5000 habitats, per a la variable kg_hab_any_recollida.

```

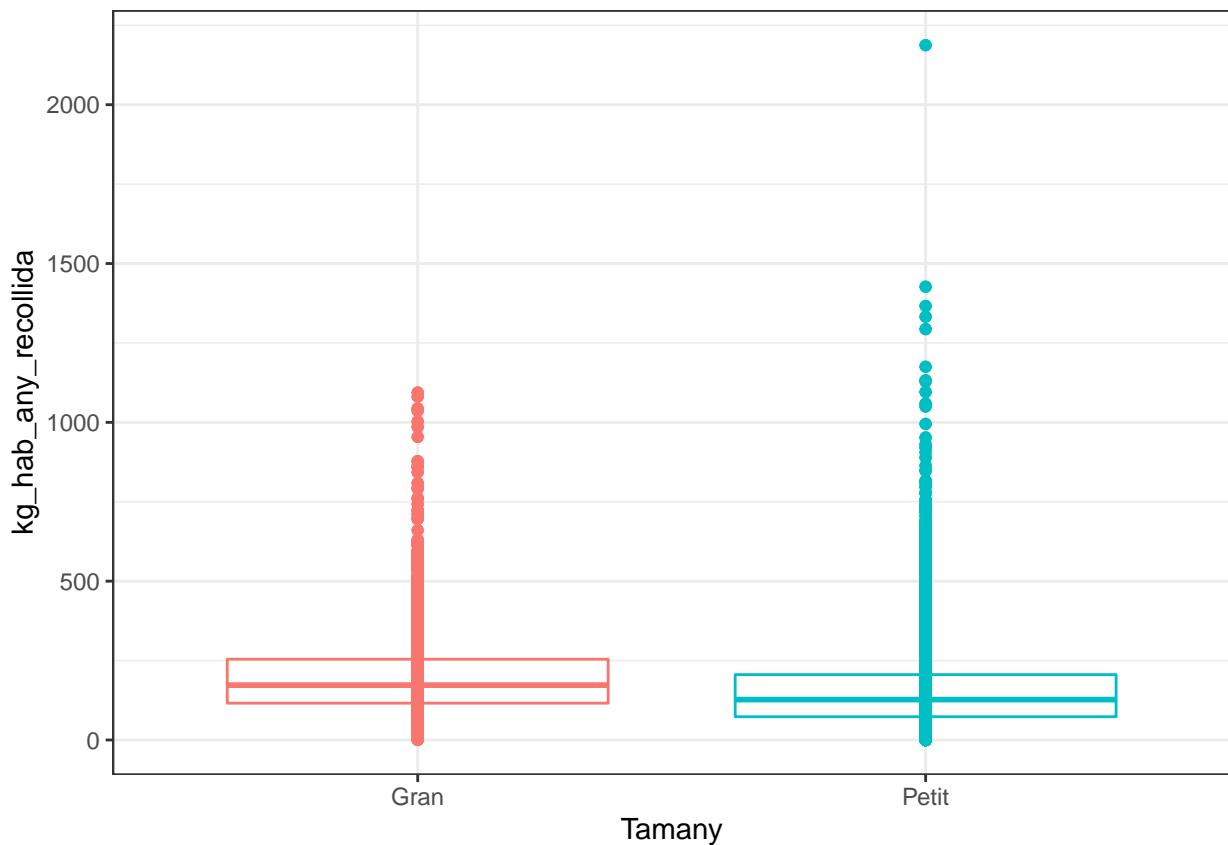
library(ggplot2)

dataPlotTamanys <- rbind(poblesPetits, poblesGrans)

tamany <- (dataPlotTamanys$Població >= 5000)
dataPlotTamanys$Tamany <- as.factor(ifelse(tamany==TRUE, "Gran", "Petit"))

ggplot(data = dataPlotTamanys, aes(x = Tamany, y = kg_hab_any_recollida, colour = Tamany)) +
  geom_boxplot() +
  geom_point() +
  theme_bw() +
  theme(legend.position = "none")

```



Veiem que aquests resultats demostren, de forma visual i per tant no amb la precisió de l'estudi previ, que els municipis petits i els municipis grans tenen una mitjana semblant de quilograms per habitant i per any de recollida selectiva.

Així mateix, amb un boxplot molt semblant, podem intentar apreciar les diferències (o igualtats) entre les mitjanes de proporció, que determina quin percentatge dels residus totals de cada municipi provenen de recollida selectiva, per als pobles amb mètode de recollida Porta a Porta i els que no.

```

dataPlot <- rbind(poblesPaP, poblesNoPaP)

Mètode <- (dataPlot$percentatge_poblacio_pap == 100)
dataPlot$Mètode <- as.factor(ifelse(Mètode==TRUE, "PaP", "No PaP"))

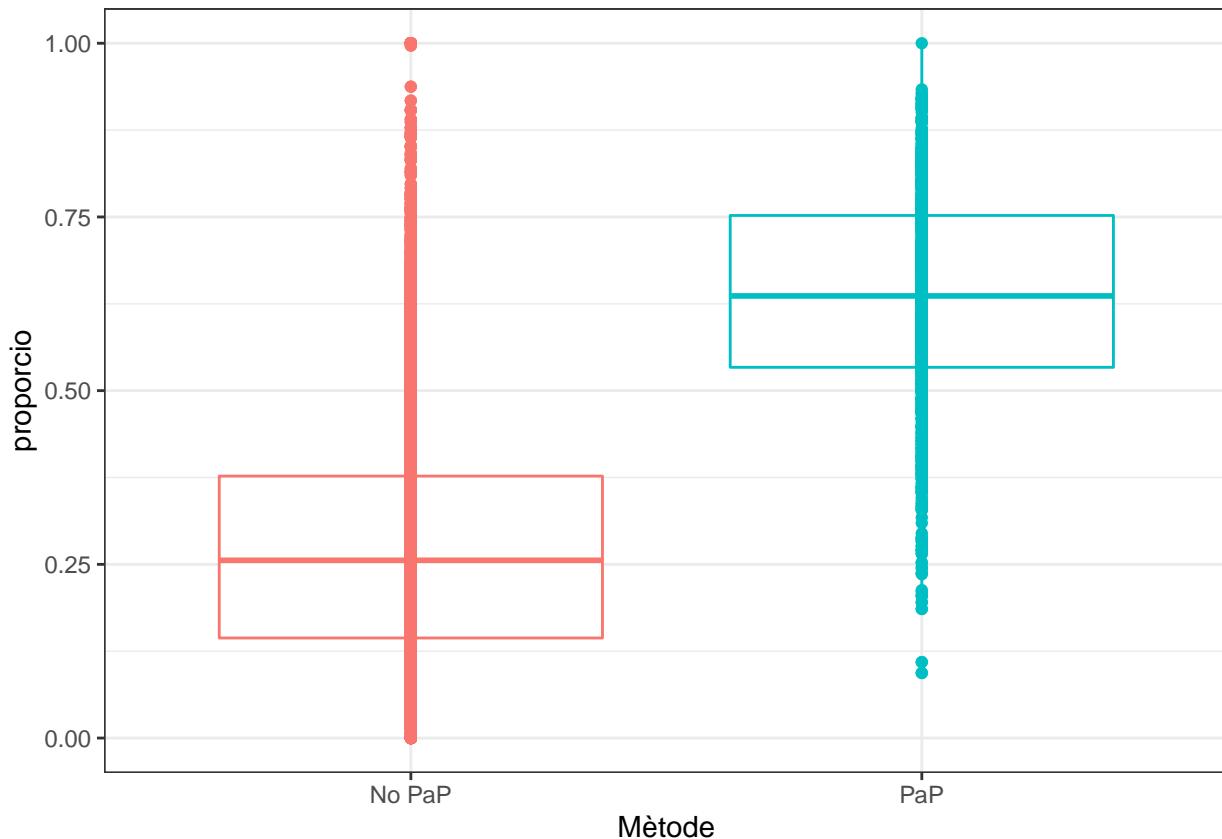
ggplot(data = dataPlot, aes(x = Mètode, y = proporcio, colour = Mètode)) +

```

```

geom_boxplot() +
geom_point() +
theme_bw() +
theme(legend.position = "none")

```



En aquest boxplot podem apreciar una diferència més substancial entre les mitjanes de les proporcions de residus que son recollits de forma selectiva entre els pobles amb recollida Porta a Porta i els que no, ja com ja probavem de forma més precisa en l'estudi.

Finalment, per a tenir una idea de la distribució dels tipus de residus en municipis grans i petits, i veure si hi ha diferències, decidim mostrar un gràfic tipus “stacked percent bar chart” amb dues columnes, i en cada una d’elles, les distribucions de vidre, paper i cartró i envasos.

```

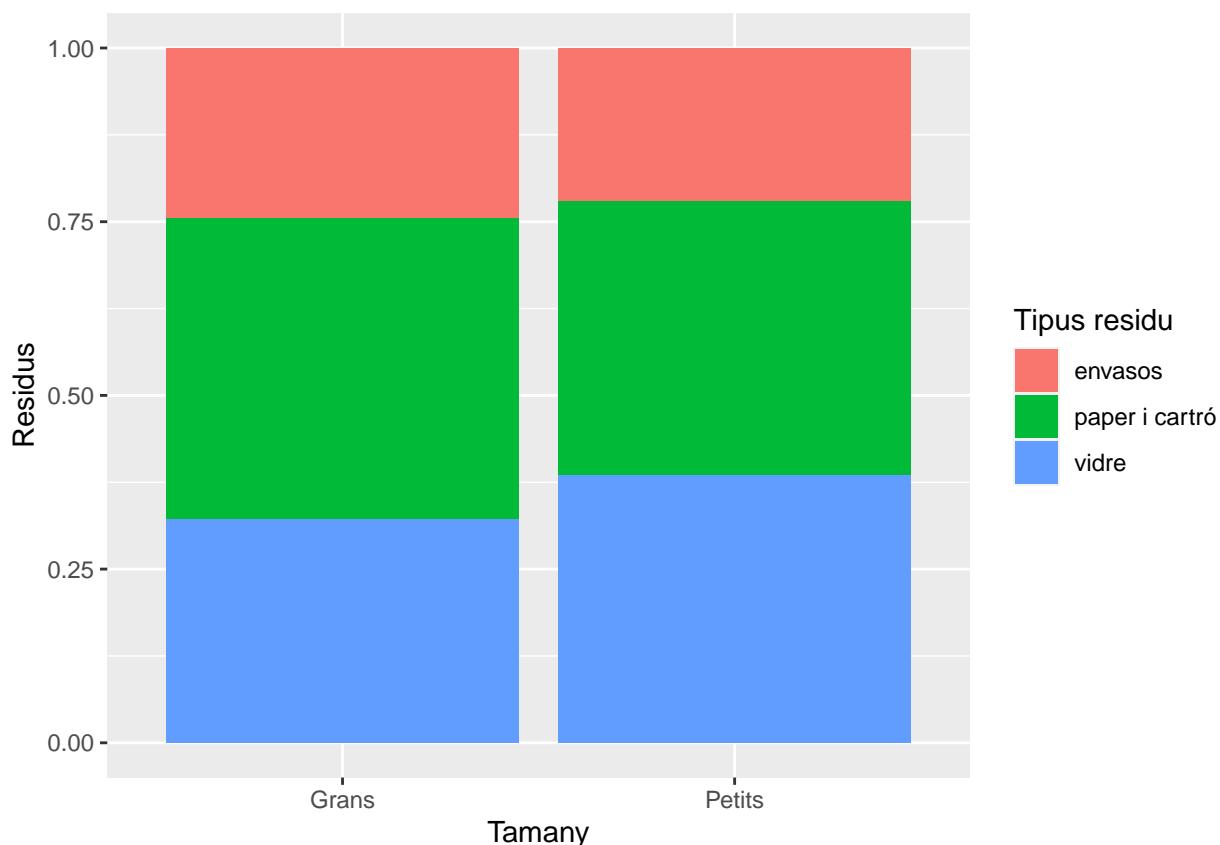
# create a dataset
specie <- c(rep("Petits" , 3) , rep("Grans" , 3) )
condition <- rep(c("vidre" , "paper i cartró" , "envasos") , 2)
value <- c(mean(poblesPetits$vidre) , mean(poblesPetits$papper_cartro) ,
          mean(poblesPetits$envasos) ,
          mean(poblesGrans$vidre) , mean(poblesGrans$papper_cartro) ,
          mean(poblesGrans$envasos))

dataToPlot <- data.frame(specie,condition,value)

# Stacked + percent
ggplot(dataToPlot, aes(fill=condition, y=value, x=specie)) +
  geom_bar(position="fill", stat="identity") +
  xlab("Tamany")

```

```
ylab("Residus") +
  labs(fill = "Tipus residu")
```



En aquesta gràfica, veiem lleugeres diferències entre els municipis grans i petits, com en la proporció de vidre dins dels residus o la d'envasos. Ens fixem que els pobles petits tenen un consum inferior d'envasos, que pot ser explicat per l'existència de menys supermercats i més comerç pròxim, que no utilitza tants envasos, mentre que hi ha més proporció de vidre respecte als pobles grans.

Per a veure les xifres exactes, podem calcular les proporcions amb prop.table.

Taula de percentages (vidre, paper i cartró, envasos)

Pobles petits:

```
prop.table(c(mean(poblesPetits$vidre), mean(poblesPetits$paper_cartro),
            mean(poblesPetits$envasos)))
```

```
## [1] 0.3857475 0.3953890 0.2188636
```

Pobles grans:

```
prop.table(c(mean(poblesGrans$vidre), mean(poblesGrans$paper_cartro),
            mean(poblesGrans$envasos)))
```

```
## [1] 0.3218574 0.4345222 0.2436203
```

6. Resolució del problema

Les principals preguntes que volíem respondre bàsicament son: si el mètode porta a porta era més efectiu en la recollida selectiva que el mètode tradicional de vorera i, per altre costat, fer un anàlisi comparatiu entre la recollida selectiva en pobles petits i pobles grans.

En primer lloc, hem conclòs que el mètode porta a porta era millor mètode que el tradicional mitjançant un test sobre la mitjana de la variable ‘proporcio’ de les dues mostres independents i, addicionalment, ho hem corroborat gràficament amb el boxplot en l’exercici 5.

Per altra banda, per dur a terme l’estudi entre pobles petits i pobles grans, primerament hem realitzat un test sobre la mitjana de la variable ‘kg_hab_any_recollida’ entre aquestes mostres on hem pogut conoure que es generen de mitjana més kgs de recollida selectiva per càpita any en pobles grans que en pobles petits. A més a més, aquest fet l’hem corroborat mitjançant el boxplot de l’exercici 5 i amb els 3 models de regressió lineal creats en l’exercici 4, on també hem pogut conoure que en qualsevol tipus de poble, és a dir, independentment de grans i petits, cada any s’ha generat més residus de recollida selectiva per habitant any.

D’aquest resultat hem tret dos conclusions: cada vegada generem més residus per habitant però també, al mateix temps, cada vegada reciclem més.

Finalment, per acabar aquest estudi entre pobles grans i petits, hem creat un gràfic de barres i les corresponents taules on mostravem les diferències entre les proporcions dels tipus de residus. Veiem que en els pobles petits hi ha un ús més gran del vidre, mentre que en pobles grans és l’envas el predominant. Pel que fa al paper i cartró, les proporcions eren molt semblants, pel que podem entendre que el reciclatge que s’en fa és semblant en pobles petits i grans, i per tant, aquest tipus de residu no depèn del tamany del poble sinó d’altres possibles factors.

7. Contribucions

En la següent taula apareixen les firmes dels participants conforme han contribuït en tots els àmbits del projecte.

Contribucions	Firma
Investigació prèvia	GB, BA
Redacció de les respostes	GB, BA
Desenvolupament codi	GB, BA