



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ANÁLISIS MULTIVARIANTE, GRADO EN ESTADÍSTICA Y EMPRESA

## Práctica I: Inferencia multivariante aplicada a datos de Airbnb en Madrid

*Jorge Salas y Marc Pastor*

# Índice

<b>1 Conjunto de Datos</b>	<b>3</b>
<b>2 Limpieza de Datos</b>	<b>7</b>
<b>3 Lectura de Datos</b>	<b>15</b>
<b>4 Variables numéricas</b>	<b>16</b>
<b>5 Mapas</b>	<b>22</b>
5.1 Mapa de precios por barrios . . . . .	22
5.2 Mapa del tipo de propiedades ofertadas . . . . .	23
5.3 Transformaciones de Box-Cox . . . . .	23
5.3.1 Teoría . . . . .	23
5.3.2 Aplicación . . . . .	25
<b>6 Contrastes T<sup>2</sup> de Hotelling</b>	<b>29</b>
6.1 Conceptos teóricos (apuntes de Aurea Grané) . . . . .	29
6.2 Aplicación . . . . .	30
<b>7 Contrastes de hipótesis de lambda de Wilks</b>	<b>32</b>
7.1 Conceptos teóricos (apuntes de Aurea Grané) . . . . .	32
7.2 Aplicación . . . . .	33
<b>8 Bibliografía</b>	<b>38</b>

# 1 Conjunto de Datos

Para esta tarea hemos escogido una base de datos relativa a apartamentos Airbnb de Madrid procedentes de la plataforma [Inside Airbnb](#). Se trata de un portal en el que mensualmente se publican datos actualizados sobre dichos apartamentos. Nuestros datos proceden de una muestra publicada el **8 de diciembre de 2021**, por lo que son bastante recientes.

Nuestro conjunto de datos partía de una muestra de tamaño  $n = 17831$  apartamentos, habitaciones y anuncios del portal Airbnb, y de más de  $p = 80$  variables categóricas (multi-estado y binarias) y numéricas (continuas y discretas). Hemos descartado aquellas variables con más porcentaje de datos faltantes (*NA*) y finalmente nos hemos quedado con una tamaño muestral de  $n = 5362$  y un total de  $p = 81$  variables.

Las variables de nuestra base de datos son: (ver siguiente página)

Variable	Tipo	Descripción
host_acceptance_rate	Numérica continua	Porcentaje de ofertas que acepta el propietario.
host_total_listings_count	Numérica discreta	Número total de propiedades distintas ofertadas por el propietario en Airbnb.
latitude	Numérica continua	Latitud del apartamento.
accomodates	Numérica discreta	Capacidad (personas) del apartamento.
bathrooms	Numérica discreta	Número de baños.
bedrooms	Numérica discreta	Número de habitaciones.
beds	Numérica discreta	Número de camas.
price	Numérica continua	Precio por noche (en \$).
minimum_nights	Numérica discreta	Número mínimo de noches.
maximum_nights	Numérica discreta	Número máximo de noches.
availability_30	Numérica discreta	Número de días disponibles en los 30 días siguientes.
availability_90	Numérica discreta	Número de días disponibles en los 90 días siguientes.
number_of_reviews	Numérica discreta	Número de reseñas.
number_of_reviews_ltm	Numérica discreta	Número de reseñas en el último mes.
review_scores_rating	Numérica continua	Puntuación media general del apartamento.
review_scores_accuracy	Numérica continua	Puntuación media de la exactitud y detalle del anuncio.
review_scores_cleanliness	Numérica continua	Puntuación media de la limpieza del apartamento.
review_scores_checkin	Numérica continua	Puntuación media del checkin del apartamento.
review_scores_communication	Numérica continua	Puntuación media de la comunicación con el propietario.
review_scores_location	Numérica continua	Puntuación media de la ubicación del apartamento.
review_scores_value	Numérica continua	Puntuación media de la calidad/precio del apartamento.
reviews_per_month	Numérica discreta	Número de reseñas por mes.
host_has_profile_pic	Categoría binaria	Indica si el propietario tiene foto de perfil (true) o no (false)
host_identity_verified	Categoría binaria	Indica si el propietario está verificado o no.
neighbourhood_cleansed	Categoría multiestado	Indica el distrito en el que se encuentra el apto.
neighbourhood_group_cleansed	Categoría multiestado	Indica el barrio en el que se encuentra el apto.
property_type	Categoría multiestado	Indica si se trata de un apartamento, habitación compartida, una villa, etc.
room_type	Categoría binaria	Indica el tipo de habitación.
instant_bookable	Categoría binaria	Indica si se puede reservar instantáneamente o no.
facebook	Categoría binaria	Indica si el apartamento aparece en facebook.

Variable	Tipo	Descripción
reviews	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene reseñas o no.
selfie	Categórica binaria	Indica si el propietario tiene selfies suyos o no.
government_id	Categórica binaria	Indica si el apartamento está registrado oficialmente.
Washer	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene lavadora.
Stove	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene cocina.
FireExtinguisher	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene extintor de fuegos.
Dryer	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene secadora.
Shampoo	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene champú.
PaidParkingOffPremises	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene opción de parking privado fuera de las instalaciones.
DishesandSilverware	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene platos y cubiertos.
FirstAidKit	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene kit de primeros auxilios.
HotWater	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene agua caliente.
ShowerGel	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene gel de ducha.
FreeStreetParking	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene parking gratuito en la calle.
AirConditioning	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene aire acondicionado.
Heating	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene calefacción.
Toaster	Categórica binaria	Indica si el apartamento tiene tostadora.
HostGreetsYou	Categórica binaria	Indica si el propietario te enseña el apartamento.
LuggageDropoffAllocation	Categórica binaria	Indica si se incluye servicio para guardar el equipaje.
SmokeAlarm	Categórica binaria	Indica si hay alarma de humo.
PocketWifi	Categórica binaria	Indica si hay wifi portable.
DedicatedWorkspace	Categórica binaria	Indica si hay zona de trabajo.
DryingRackForClothes	Categórica binaria	Indica si hay tendedor.
Freezer	Categórica binaria	Indica si hay congelador.
Room_darkeningShades	Categórica binaria	Indica si hay persianas.
Microwave	Categórica binaria	Indica si tiene microondas.
Iron	Categórica binaria	Indica si hay plancha.
WineGlasses	Categórica binaria	Indica si hay copas de vino.
CoffeeMaker	Categórica binaria	Indica si hay cafetera.
BedLinens	Categórica binaria	Indica si hay sábanas, fundas de cojines, etc.

Variable	Tipo	Descripción
Hangers	Categórica binaria	Indica si hay perchas.
Wifi	Categórica binaria	Indica si hay Wifi.
Essentials	Categórica binaria	Indica si hay productos esenciales.
DiningTable	Categórica binaria	Indica si hay mesa de comedor.
EthernetConnection	Categórica binaria.	Indica si hay conexión ethernet.
LockOnBedroomDoor	Categórica binaria	Indica si hay pestillo en la puerta del dormitorio.
CleaningProducts	Categórica binaria	Indica si hay productos de limpieza.
CookingBasics	Categórica binaria	Indica si hay utensilios básicos de cocina.
CableTV	Categórica binaria	Indica si hay televisión por cable.
Bathtub	Categórica binaria	Indica si hay bañera.
Refrigerator	Categórica binaria	Indica si hay nevera.
Elevator	Categórica binaria	Indica si hay ascensor.
PaidParkingOnPremises	Categórica binaria	Indica si hay parking privado en el mismo edificio.
Breakfast	Categórica binaria	Indica si se sirve desayuno.
Oven	Categórica binaria	Indica si hay horno.
CarbonMonoxideAlarm	Categórica binaria	Indica si hay alarma de monóxido de carbono.
LongTermStaysAllowed	Categórica binaria	Indica si se permiten estancias largas.
Hairdryer	Categórica binaria	Indica si hay secador
Kitchen	Categórica binaria	Indica si hay cocina.

## 2 Limpieza de Datos

Para realizar la mayor parte de la limpieza hemos usado R. Hemos descartado aquellas variables que contenían mayor proporción de *NA*'s y convertido algunas variables como *amenities*. Esta variable, que tomaremos como ejemplo, devolvía para cada apartamento, un string con las amenidades del apartamento en este formato:

```
"[\"Hot water\", \"Iron\", \"Washer\", \"Air conditioning\", \"Cable TV\", ..."]
```

Hemos convertido cada valor de todos los strings en variables binarias (true o false), siendo true si la palabra aparecía en el string de dicho apartamento y false si no, ya que no había otra manera de extraer información. Posteriormente hemos eliminado aquellas variables binarias que tenían una proporción muy alta de un tipo de respuesta (por ejemplo 99.93% true, 0.07 false).

A continuación el código para la limpieza de datos:

```
library(tidyverse)
library(lubridate)
airbnb_data <- read.csv("./listings2.csv", encoding = "UTF-8")
```

Eliminamos la columna calendar, porque no nos sirve de nada:

```
airbnb_data$calendar_updated <- NULL

## Eliminamos aquellos apartamentos donde aparecen valores no numéricos
no_numericos <- c("", "Half-bath", "Private half-bath", "Shared
    ↳ half-bath")
`%notin%` <- Negate(`%in%`)

airbnb_data <- filter(airbnb_data, bathrooms_text %notin% no_numericos)

airbnb_data$bathrooms <-
    ↳ as.numeric(unlist(regmatches(airbnb_data$bathrooms_text,
        gregexpr("[[:digit:]]+\\.*[[[:digit:]]]*",
        ↳ airbnb_data$bathrooms_text)))))

## Eliminamos las columnas innecesarias
variables_descartadas_apriori <- c("name", "listing_url", "last_scraped",
    ↳ "description", "neighborhood_overview",
        ↳ "picture_url", "host_id", "host_url",
        ↳ "host_name",
        ↳ "host_location", "host_about",
        ↳ "host_is_superhost",
        ↳ "host_thumbnail_url", "host_picture_url",
        ↳ "neighbourhood",
        ↳ "bathrooms_text", "minimum_minimum_nights",
        ↳ "maximum_minimum_nights",
        ↳ "minimum_maximum_nights",
        ↳ "maximum_maximum_nights",
        ↳ "minimum_nights_avg_ntm",
        ↳ "maximum_nights_avg_ntm",
        ↳ "calendar_last_scraped", "license")
```

```

airbnb_data <- select(airbnb_data, -variables_descartadas_apriori)

# First we substitute the strange values with NA's
patterns <- c("N/A", "-", "*", "[no name]", ".", "")

for(j in 1:ncol(airbnb_data)){
  for(i in 1:nrow(airbnb_data)){
    for(k in 1:length(patterns)){
      if(airbnb_data[i, j] == patterns[k] &
         !is.na(airbnb_data[i, j])){
        airbnb_data[i, j] <- NA
      }
    }
  }
}

## Eliminamos los NA's, ya que seguimos quedandonos con un tamaño muestral
## grande
airbnb_data <- airbnb_data[complete.cases(airbnb_data), ]

## Ahora formateamos los datos
## Convertimos las variables categoricas en factor
lista_factores <- vector(mode = "list", length = ncol(airbnb_data))
for(j in 1:ncol(airbnb_data)){
  lista_factores[[j]] <- levels(as.factor(airbnb_data[, j]))
}

## Podemos comprobar que no hay na's ni valores raras
## Modificamos las variables amenities y host verifications para que sus
## atributos sean binarios

library(mgsub)
library(stringr)

host_verifications <- as.data.frame(mgsub(airbnb_data$host_verifications,
  c("\\[", "\\]", "\\,", "\\\""), c("", "", "", "")))
amenities <- as.data.frame(mgsub(airbnb_data$amenities, c("\\{", "\\}"),
  "\\,", "\\\"", "\\[", "\\]", "\\\"", "\\/", c("", "", " ", "", "", "")))

output_list_verifications <- list()
output_list_verifications_count <- list()
output_list_amenities <- list()
output_list_amenities_count <- list()
for(i in 1:nrow(host_verifications)){
  output_list_verifications[i] <- str_split(host_verifications[i, ],
  "")[1]
  output_list_verifications_count[i] <-
  length(output_list_verifications[[i]])
}

```

```

    output_list_amenities[i] <- str_split(amenities[i, ], " ")[[1]]
    output_list_amenities_count[i] <- length(output_list_amenities[[i]])
}

dummy_host_verifications_cols <-
  output_list_verifications[[which.max(output_list_verifications_count)]]
  # here we have the row with the most number of amenities, which we
  will use to create some dummy variables
dummy_host_verifications_df <- matrix(nrow = nrow(airbnb_data), ncol =
  length(dummy_host_verifications_cols)) %>% as.data.frame()
colnames(dummy_host_verifications_df) <- dummy_host_verifications_cols

dummy_amenities_cols <-
  output_list_amenities[[which.max(output_list_amenities_count)]] # here
  we have the row with the most number of amenities, which we will use
  to create some dummy variables
dummy_amenities_df <- matrix(nrow = nrow(airbnb_data), ncol =
  length(dummy_amenities_cols)) %>% as.data.frame()
colnames(dummy_amenities_df) <- dummy_amenities_cols

# Now we merge the new columns with the airbnb dataset and we fill them
# with Yes (1) or No (0)
airbnb_data <- cbind(airbnb_data, dummy_host_verifications_df,
  dummy_amenities_df)

# Ahora sustituimos por 1 si el apartamento tiene dicha amenidad o
# verificacion y por 0 si no la tiene
# Now we susbtitute the NA's with Yes(if the apartment has that
# verification or amenitie, and no if it doesn't)
for(l in 1:length(output_list_verifications)){
  for(j in 50:60){
    if(colnames(airbnb_data)[j] %in%
      output_list_verifications[[l]]){
      airbnb_data[l, j] <- "true"
    } else{
      airbnb_data[l, j] <- "false"
    }
  }
}

for(l in 1:length(output_list_amenities)){
  for(k in 61:ncol(airbnb_data)){
    if(colnames(airbnb_data)[k] %in% output_list_amenities[[l]]){
      airbnb_data[l, k] <- "true"
    } else{
      airbnb_data[l, k] <- "false"
    }
  }
}

```

```

airbnb_data$amenities <- NULL
airbnb_data$host_verifications <- NULL
airbnb_data$has_availability <- NULL
airbnb_data$is_business_travel_ready <- NULL
# Now I create variables that count the days since the host started, the
→ days from the first review, and the days from the last review
airbnb_data$days_since_host <- (today() - as.Date(airbnb_data$host_since))
→ %>% as.numeric()
airbnb_data$days_since_first_review <- (today() -
→ as.Date(airbnb_data$first_review)) %>% as.numeric()
airbnb_data$days_since_last_review <- (today() -
→ as.Date(airbnb_data$last_review)) %>% as.numeric()
airbnb_data$host_since <- NULL
airbnb_data$first_review <- NULL
airbnb_data$last_review <- NULL
airbnb_data$host_response_time <- NULL
airbnb_data$host_listings_count <- NULL
airbnb_data$host_neighbourhood <- NULL
airbnb_data$scrape_id <- NULL

# Numeric columns with percentages
for(i in c(2, 3)){
  airbnb_data[, i] <- as.numeric(gsub("%", "", airbnb_data[, i])) / 100
}

# Numeric columns with dollar sign
airbnb_data[, "price"] <- gsub("\\$", "", airbnb_data[, "price"]) # the
→ dollar is a regular expression
airbnb_data[, "price"] <- gsub(", ", "", airbnb_data[, "price"]) %>%
  as.numeric()

# Boolean columns
for(i in c("host_has_profile_pic", "host_identity_verified",
  "instant_bookable")){
  airbnb_data[, i] <- gsub("t", "true", airbnb_data[, i])
  airbnb_data[, i] <- gsub("f", "false", airbnb_data[, i])
}

# Agrupamos categorías en la variable tipo de propiedad (property_type)
airbnb_data$property_type <- as.factor(airbnb_data$property_type)
categorias_iniciales_property_type <- levels(airbnb_data$property_type)
property_type_ordered <- airbnb_data %>% count(property_type, sort = TRUE)
top7_categorias <- as.character(property_type_ordered[c(1:7), 1])
vector_booleano <- vector(length = length(top7_categorias))
categorias_finales_property_type <- vector(length =
  length(categorias_iniciales_property_type))

for(i in 1:length(categorias_iniciales_property_type)){

```



```

    "days_since_last_review", "days_since_host",
    ↪ "days_since_first_review",
    "host_response_rate", "availability_60",
    "availability_365", "number_of_reviews_130d",
    ↪ "calculated_host_listings_count")

airbnb_data <- select(airbnb_data, -eliminar_variables)
head(airbnb_data)

##   host_acceptance_rate host_total_listings_count host_has_profile_pic
## 1                  0.72                      1             true
## 2                  0.00                      2             true
## 5                  0.65                      1             true
## 7                  0.98                     12            true
## 8                  0.57                      1             true
## 9                  1.00                      2             true
##   host_identity_verified neighbourhood_cleansed neighbourhood_group_cleansed
## 1                 true      Hispanoamérica           Chamartín
## 2                 true          Cármenes            Latina
## 5                 true          Legazpi           Arganzuela
## 7                 true          Justicia           Centro
## 8                 true          Goya              Salamanca
## 9                 true          Justicia           Centro
##   latitude longitude               property_type       room_type
## 1 40.45724  -3.67688 Private room in rental unit Private room
## 2 40.40381  -3.74130 Private room in rental unit Private room
## 5 40.38975  -3.69018 Private room in residential home Private room
## 7 40.41969  -3.69736        Entire rental unit Entire home/apt
## 8 40.42792  -3.67682        Entire condominium (condo) Entire home/apt
## 9 40.41884  -3.69655 Private room in rental unit Private room
##   accommodates bathrooms bedrooms beds price minimum_nights maximum_nights
## 1          2      1.0      1     1    59            1         1125
## 2          1      1.0      1     1    31            4            40
## 5          1      1.0      1     1    29            2         1125
## 7          4      1.0      1     2    83            2            500
## 8          3      2.0      2     2    82            10          999
## 9          3      1.5      1     2    52            1            90
##   availability_30 availability_90 number_of_reviews number_of_reviews_ltm
## 1          10          59          81            3
## 2           0           1          33            0
## 5          11          69          154            5
## 7           9           69          120            2
## 8           0            7           55            0
## 9          15          75          113           34
##   review_scores_rating review_scores_accuracy review_scores_cleanliness
## 1          4.88          4.91          4.82
## 2          4.58          4.72          4.56
## 5          4.68          4.81          4.92
## 7          4.61          4.72          4.68

```

```

## 8          4.83          4.88          4.86
## 9          4.60          4.83          4.40
##   review_scores_checkin review_scores_communication review_scores_location
## 1          4.80          4.89          4.78
## 2          4.75          4.82          4.21
## 5          4.79          4.71          4.71
## 7          4.55          4.86          4.95
## 8          4.86          4.82          4.90
## 9          4.80          4.88          4.96
##   review_scores_value instant_bookable calculated_host_listings_count
## 1          4.85          false          1
## 2          4.67          false          2
## 5          4.72          false          1
## 7          4.68          true           9
## 8          4.78          false          2
## 9          4.50          true           2
##   reviews_per_month facebook reviews selfie government_id Washer Stove
## 1          0.57          false          true  false          true  true  false
## 2          0.38          false          true  false          true  true  false
## 5          1.09          false          true  false          true  false  false
## 7          0.87          false          true  false          true  true  false
## 8          0.41          false          true  false          true  true  false
## 9          2.59          true           true  true          true  true  false
##   Fire extinguisher Dryer Shampoo Paid parking off premises
## 1          false          false          true           false
## 2          true           false          true           false
## 5          false          false          true           false
## 7          false          false          true           true
## 8          false          false          true           false
## 9          false          true           true           false
##   Dishes and silverware First aid kit Hot water Shower gel
## 1          true           false          true           false
## 2          true           true           true           false
## 5          true           false          false           false
## 7          true           false          true           true
## 8          false          false          false           false
## 9          true           true           true           false
##   Free street parking Air conditioning Heating Toaster Host greets you
## 1          false          true           true           false           false
## 2          false          true           true           false           false
## 5          false          false          true           false           true
## 7          false          true           true           false           false
## 8          false          true           true           false           true
## 9          false          false          true           false           false
##   Luggage dropoff allowed Smoke alarm Pocket wifi Dedicated workspace
## 1          false          false          true           false
## 2          false          false          true           true
## 5          false          false          false           false
## 7          true           false          false           true

```

```

## 8           false      false      false      true
## 9           false      false      true       true
## Drying rack for clothing Freezer Room-darkening shades Microwave Iron
## 1           false      false      false      false      false  true
## 2           false      false      false      false      true   true
## 5           false      false      false      false      false  false
## 7           false      false      false      false      true   true
## 8           false      false      false      false      false  true
## 9           false      false      false      false      false  true
## Wine glasses Coffee maker Bed linens Hangers Wifi Essentials
## 1           false      false      true       true      true   true
## 2           false      true       true       true      true   true
## 5           false      false      true       true      true   true
## 7           false      true       true       true      true   true
## 8           false      true       false      true      true   true
## 9           false      false      false      true      true   true
## Dining table Ethernet connection Lock on bedroom door Cleaning products
## 1           false      false      false      false      false  false
## 2           false      false      false      true       true  false
## 5           false      false      false      false      false  false
## 7           false      false      false      false      false  false
## 8           false      false      false      false      false  false
## 9           false      false      false      false      false  false
## Cooking basics Cable TV Bathtub Refrigerator Elevator
## 1           true       false      false      false      true
## 2           true       false      false      true       true
## 5           false      false      false      true       true
## 7           true       false      false      true       true
## 8           false      false      false      false      true
## 9           false      false      false      true       false
## Paid parking on premises Breakfast Oven Carbon monoxide alarm
## 1           false      false      false      false      false
## 2           false      false      true       false      false
## 5           false      false      false      false      false
## 7           false      false      false      false      false
## 8           true       false      false      false      false
## 9           false      false      false      false      false
## Long term stays allowed Hair dryer Kitchen
## 1           true       true       true
## 2           true       true       true
## 5           true       true       false
## 7           true       true       true
## 8           true       true       true
## 9           true       true       true

# Guardamos los datos en un csv
write_csv(airbnb_data, file = "datos_limpios.csv")

```

### 3 Lectura de Datos

Hemos usado R para la limpieza de datos, pero de aquí en adelante todo el código se ha realizado mediante MATLAB. Primero leemos los datos que hemos limpiado previamente, MATLAB, nos convierte los nombres de columnas a nombres válidos directamente.

Separamos variables numéricas y categóricas:

```
airbnb_data = readtable('datos_limpios.csv');
```

Separamos variables numéricas y categóricas

```
variables_numericas = airbnb_data(:, vartype('numeric'));
```

Convertimos las variables tipo *cell* en *categorical*, ya que nos facilitará el trabajo posteriormente.

```
variables_cell = airbnb_data(:, vartype("cell"));
variables_categoricas = array2table(zeros(size(variables_cell)));
variables_categoricas.Properties.VariableNames =
    ↳ variables_cell.Properties.VariableNames;
variables_categoricas = convertvars(variables_cell,
    ↳ variables_categoricas.Properties.VariableNames, 'categorical');
```

Convertimos la tabla que contiene las variables numéricas en una matriz, y extraemos los nombres de las correspondientes variables:

```
X = table2array(variables_numericas);
nombres_variables_numericas =
    ↳ categorical(variables_numericas.Properties.VariableNames);
```

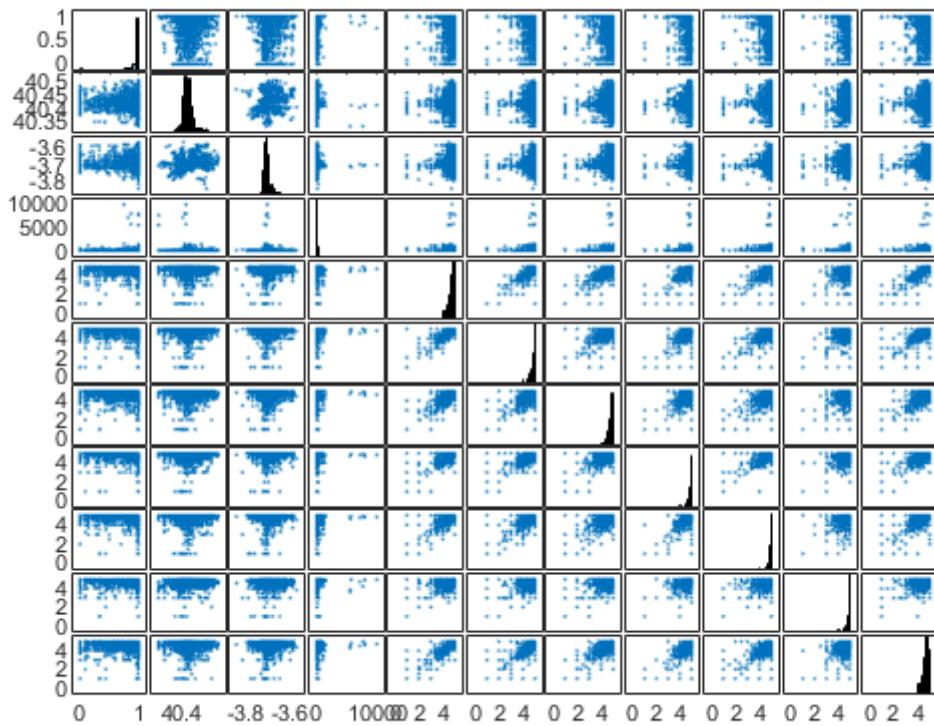
## 4 Variables numéricas

Primeramente dividimos entre variables continuas y discretas:

```
continuas = [1, 3, 4, 9, 16:22];
discretas = setdiff(1:size(X, 2), continuas);
X_continuas = X(:, continuas);
nombres_variables_continuas = nombres_variables_numericas(continuas);
X_discretas = X(:, discretas);
nombres_variables_discretas = nombres_variables_numericas(discretas);
```

Ahora nos centraremos únicamente en variables continuas, ya que los métodos que usaremos requieren suponer una hipótesis de **normalidad**. Realizamos un *gplotmatrix()* para ver qué aspecto tienen las variables continuas:

```
%plot inline
figure
plotmatrix(X_continuas)
```



Según lo que podemos ver, los datos no parecen que sigan una normal multivariante, ya que vemos que hay fuertes asimetrías. Obtenemos el vector de medias muestrales, la matriz de covarianzas muestral y de correlaciones:

Usamos la función *plot\_map* que nos permite ver la matriz de correlaciones de manera más visual:

```

%%file plot_map.m
function fig_h = plot_map(map,label,int,ind)
% Plot color map.
%
% plot_map(map) % minimum call
% plot_map(map,label) % complete call
%
%
% INPUTS:
%
% map: (MxM) matrix with values in the [0,1] interval.
%
% label: (Mx1) name of the variables (numbers are used by default)
%
% int: (2x1) color interval ([-1;1] by default)
%
% ind: (Lx1) color distribution ([0:.2:0.79 0.8:0.04:1]' by default);
%
% OUTPUTS:
%
% fig_h: (1x1) figure handle.
%
%
% EXAMPLE OF USE: Random data
%
% X = simuleMV(20,10,8);
% plot_map(corr(X));
%
%
% coded by: Jose Camacho Paez (josecamacho@ugr.es)
%           Alejandro Perez Villegas (alextoni@gmail.com)
% last modification: 08/Apr/20
%
% Copyright (C) 2020 University of Granada, Granada
% Copyright (C) 2020 Jose Camacho Paez, Alejandro Perez Villegas
%
% This program is free software: you can redistribute it and/or modify
% it under the terms of the GNU General Public License as published by
% the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
% (at your option) any later version.
%
% This program is distributed in the hope that it will be useful,
% but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
% MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
% GNU General Public License for more details.
%
% You should have received a copy of the GNU General Public License
% along with this program. If not, see <http://www.gnu.org/licenses/>.
%% Parameters checking

```

```

% Set default values
routine=dbstack;
assert (nargin >= 1, 'Error in the number of arguments. Type ''help %s''
        ↪ for more info.', routine(1).name);
M = size(map,2);
if nargin < 2 || isempty(label), label= 1:M; end
if nargin < 3 || isempty(int), int = [-1;1]; end;
if nargin < 4 || isempty(ind), ind = [0:.2:0.79 0.8:0.04:1]; end;
% Convert row arrays to column arrays
if size(label,1) == 1, label = label'; end;
% Convert int arrays to str
if ~isempty(label) && isnumeric(label),
    vecn = label;
    veci = 1:length(vecn);
    if length(label)>2,
        max_lab = 30; % limit the number of labels displayed
        ini = 2;
        stepN = [];
        while isempty(stepN),
            lenv = length(vecn(ini:end));
            div = 1:(lenv-1);
            div = div(rem(lenv,div)==0);
            stepN = div(find(div>lenv/max_lab,1));
            ini = ini+1;
        end
        veci = 1:(lenv+ini-2);
        veci = veci(round([1 (ini-2+stepN):stepN:end]));
    end
    for i=veci,
        labele{i} = num2str(vecn(i));
    end
    label=labele';
end
% Convert char arrays to cell
if ischar(label), label = cellstr(label); end;
%% Main code
fig_h=figure;
map3 = [map map(:,end);map(end,:);map(end,end)];
sur_h=surface((1:M+1)'*ones(1,M+1),ones(M+1,1)*(1:M+1),map3);
if M < 100
    set(sur_h,'EdgeColor',[0.95 0.95 0.95]);
else
    set(sur_h,'EdgeColor','none');
end
% Label font size
axes_h = get(sur_h,'Parent');
if ~isempty(label)
    label_length = max(cellfun('length', label));
    label_size = 300/(length(find(~cellfun('isempty',
        ↪ label))))*label_length;

```

```

    set(axes_h, 'FontSize', max(min(18,round(label_size)), 14));
end
% Set axis properties
set(axes_h,'Box','on');
set(axes_h,'XAxisLocation','top');
set(axes_h,'YDir','reverse');
if ~isempty(label)
    stepY = ceil(0.05*M/label_size);
    stepX = ceil(0.2*M/label_size);
    if stepX==1,
        set(axes_h,'XTick',(1:M)+0.5);
        set(axes_h,'XTickLabel',label);
    else
        set(axes_h,'XTickLabel','');
    end
    if stepY==1,
        set(axes_h,'YTick',(1:M)+0.5);
        set(axes_h,'YTickLabel',label);
    else
        set(axes_h,'YTickMode','auto');
    end
end
% Resize axes position
pos = get(axes_h, 'Position');
set(axes_h,'Position',[pos(1) pos(2)/2 pos(3) pos(4)])
% Set colors
if int(1)<0,
    set(fig_h,'Colormap',[ [ind;ones(length(ind),1)] [ind;flipud(ind)]
    ↪ [ones(length(ind),1);flipud(ind)]])
else
    set(fig_h,'Colormap',[ [ones(length(ind),1)] [flipud(ind)]
    ↪ [flipud(ind)]] )
end
caxis(int);
if find(map>0 & map<=1)
    c_h=colorbar;
    set(c_h,'FontSize',14);
end
axis([1,M+1,1,M+1]);

```

Created file 'C:\Users\marct\Documents\UNI\_ESTADISTICA\3o\SEGUNDO CUATRIMESTRE\ANÁLISIS M  
m = mean(X\_continuas)  
S = cov(X\_continuas, 1)  
R = corr(X\_continuas)  
plot\_map(R, char(nombres\_variables\_continuas.'))

m =

```
0.8741 40.4203 -3.6954 119.3581 4.6562 4.7429 4.6990 4.8045 4.800
```

S =

1.0e+05 \*

0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.0000	-0.0000	-0.0000	1.0428	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

R =

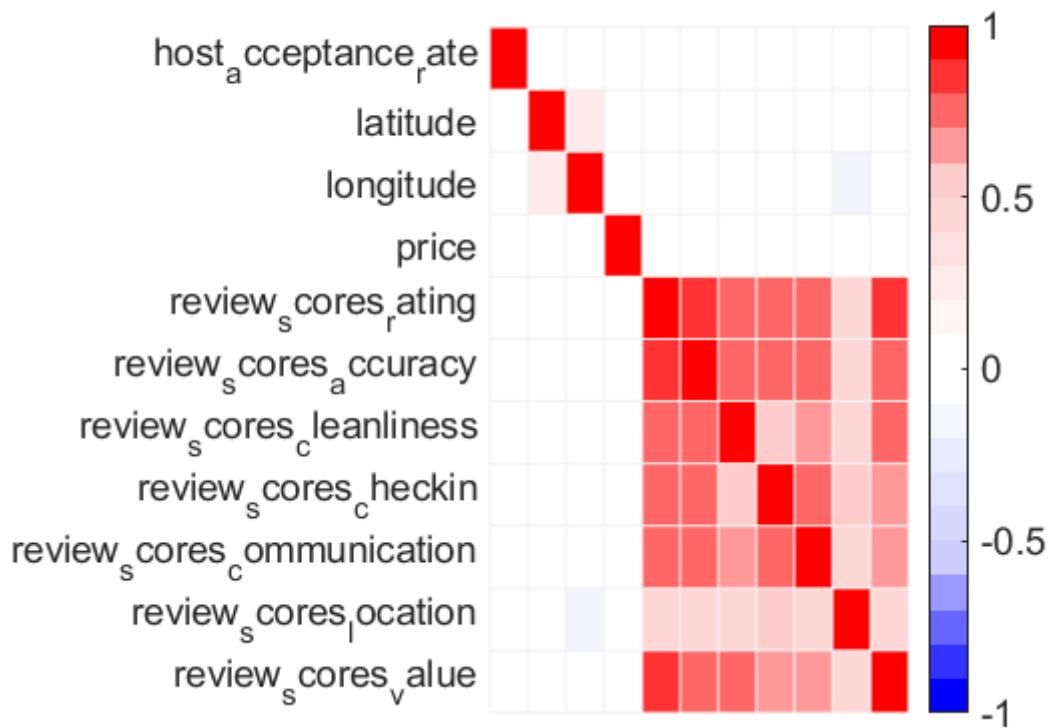
1.0000	-0.0320	-0.0629	-0.0106	0.0113	0.0344	0.0553	-0.0016	0.005
-0.0320	1.0000	0.2889	-0.0500	0.0513	0.0407	0.0379	0.0394	0.036
-0.0629	0.2889	1.0000	-0.0324	0.0591	0.0495	0.0384	0.0397	0.045
-0.0106	-0.0500	-0.0324	1.0000	-0.0146	-0.0051	-0.0032	-0.0109	-0.020
0.0113	0.0513	0.0591	-0.0146	1.0000	0.8323	0.7846	0.7017	0.765
0.0344	0.0407	0.0495	-0.0051	0.8323	1.0000	0.7202	0.7071	0.735
0.0553	0.0379	0.0384	-0.0032	0.7846	0.7202	1.0000	0.5984	0.625
-0.0016	0.0394	0.0397	-0.0109	0.7017	0.7071	0.5984	1.0000	0.771
0.0050	0.0365	0.0451	-0.0207	0.7655	0.7355	0.6252	0.7711	1.000
0.0682	0.0788	-0.1120	0.0101	0.4916	0.4895	0.4500	0.5022	0.481
0.0373	0.0165	0.0358	-0.0132	0.8478	0.7670	0.7498	0.6548	0.683

ans =

Figure (1) with properties:

Number: 1  
Name: ''  
Color: [0.9400 0.9400 0.9400]  
Position: [488 342 560 420]  
Units: 'pixels'

Use GET to show all properties

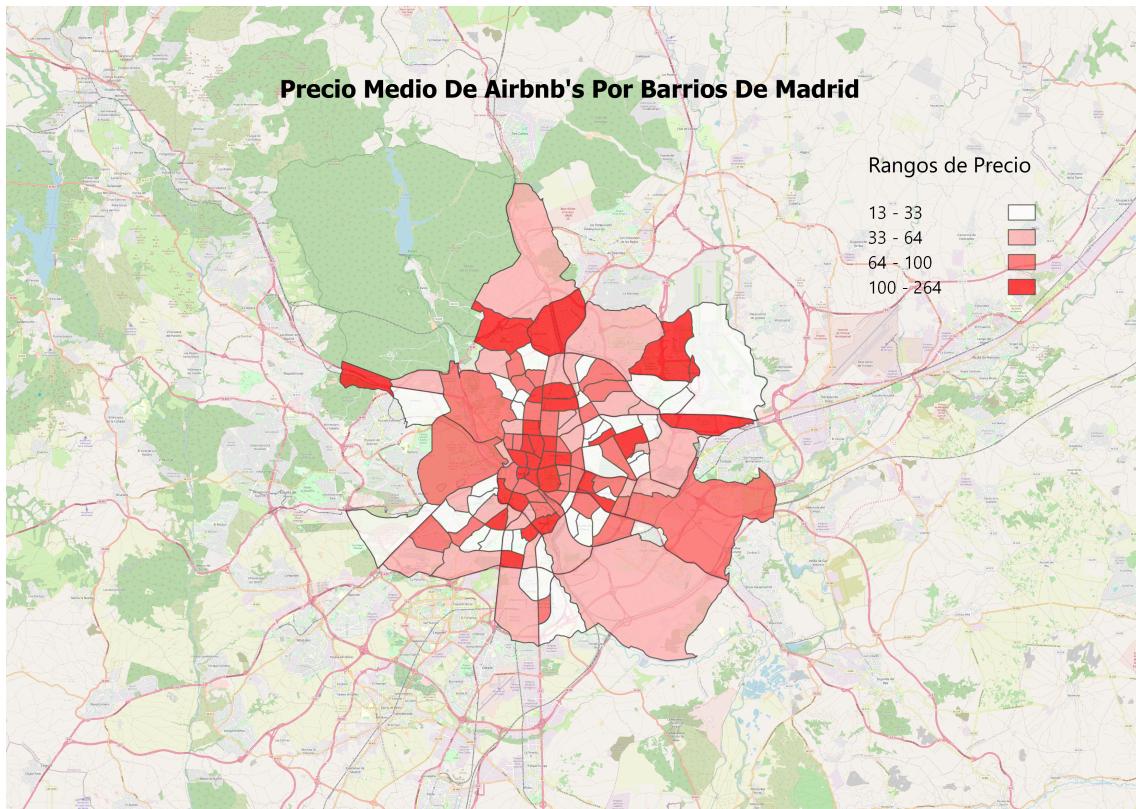


Podemos ver claramente que las variables relacionadas con la puntuación del apartamento (*ratings*), tienen una gran asimetría a la izquierda, es decir que en general el consumidor suele poner buenas reseñas. Además, podemos ver que las variables más correlacionadas son aquellas relacionadas con el rating del apartamento.

## 5 Mapas

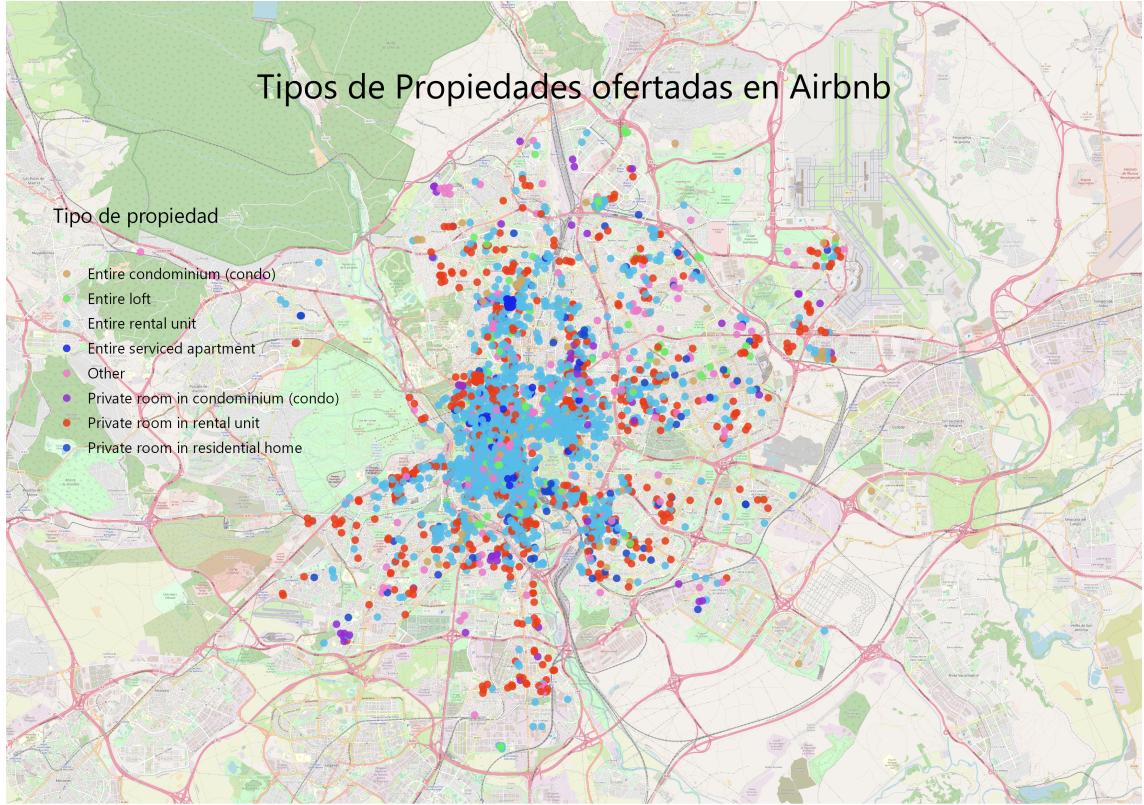
### 5.1 Mapa de precios por barrios

Hemos realizado algunos mapas, mediante la herramienta *QGIS*, para analizar visualmente los datos, puesto que se trata de datos geográficos:



Podemos ver que los barrios más caros se sitúan en la zona centro y norte de la capital principalmente, así que podríamos esperar que hubiera relación entre el precio y la ubicación (longitud, latitud) de los pisos.

## 5.2 Mapa del tipo de propiedades ofertadas



Podemos ver que la mayoría de anuncios de Airbnb de Madrid, tienen que ver con apartamentos enteros (azul) y habitaciones privadas.

## 5.3 Transformaciones de Box-Cox

### 5.3.1 Teoría

Dada una variable aleatoria  $y$  el objetivo de la transformación de Box-Cox es conseguir la hipótesis habitual de normalidad, esto es  $\mathbf{y} \sim N(\mathbf{X}\boldsymbol{\beta}, \sigma^2 \mathbf{I}_n)$ . Para ello se propone la siguiente transformación:

$$y(\lambda) = \begin{cases} \frac{y^\lambda - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \log y & \text{si } \lambda = 0 \end{cases}$$

Para ello es necesario que la variable de interés sea positiva, es decir:  $y > 0$ . Por ello consideraremos la fórmula extendida, en la que se incorpora  $\lambda_2$  conocido, como aquél número tal que  $y + \lambda_2 > 0$  y  $\lambda_1$  sigue siendo el único parámetro del modelo.:

$$y(\boldsymbol{\lambda}) = \begin{cases} \frac{(y+\lambda_2)^{\lambda_1} - 1}{\lambda_1} & \text{si } \lambda_1 \neq 0 \\ \log(y + \lambda_2) & \text{si } \lambda_1 = 0 \end{cases}$$

donde  $\boldsymbol{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2)'$

Esta transformación no asegura la normalidad, pero aun en casos en que no exista transformación potencial que lleve a la normal, las estimaciones de  $\lambda$  llevan a una distribución generalmente simétrica.

## Estimación de $\lambda$

El enfoque clásico consiste en usar Máxima Verosimilitud para estimar el parámetro de transformación  $\lambda$ . Este método se usa habitualmente ya que la función de verosimilitud es sencilla y además es fácil realizar inferencia sobre  $\lambda$  debido a las propiedades asintóticas del estimador máximo verosímil.

Supongamos que las variables transformadas  $\mathbf{y}(\lambda) \sim N(\mathbf{X}\beta, \sigma^2 \mathbf{I}_n)$ , donde  $\mathbf{X}$  es la matriz de diseño,  $\mathbf{y} = (y_1, \dots, y_n)'$  la muestra de la variable  $y$ ,  $\mathbf{y}(\lambda) = (y_1(\lambda), \dots, y_n(\lambda))'$  el vector transformado y los parámetros del modelo son  $(\lambda, \beta, \sigma^2)$ .

La función de densidad de  $\mathbf{y}(\lambda)$  es:

$$f(\mathbf{y}(\lambda)) = \frac{\exp(-\frac{1}{2\sigma^2}(\mathbf{y}(\lambda) - \mathbf{X}\beta)'(\mathbf{y}(\lambda) - \mathbf{X}\beta))}{(2\pi\sigma^2)^{\frac{n}{2}}}$$

Sea  $J(\lambda, \mathbf{y}) = \prod_{i=1}^n y_i^{\lambda-1}$  el jacobiano de la transformación de  $\mathbf{y}$  a  $\mathbf{y}(\lambda)$ , entonces la función de densidad de la muestra  $\mathbf{y}$  (o función de verosimilitud) es:

$$f(\mathbf{y}) = L(\lambda, \beta, \sigma^2 | \mathbf{y}, \mathbf{X}) = \frac{\exp(-\frac{1}{2\sigma^2}(\mathbf{y}(\lambda) - \mathbf{X}\beta)'(\mathbf{y}(\lambda) - \mathbf{X}\beta))}{(2\pi\sigma^2)^{\frac{n}{2}}} J(\lambda, \mathbf{y})$$

Para obtener la estimación máximo verosímil, observemos que para cada  $\lambda$  fijo, la ecuación de verosimilitud es proporcional a la que usamos para estimar  $(\beta, \sigma^2)$  para el vector observado  $\mathbf{y}(\lambda)$ . Entonces las estimaciones máximo verosímiles para  $(\beta, \sigma^2)$  son:

$$\begin{aligned}\hat{\beta}(\lambda) &= (X'X)^{-1}X'y(\lambda) \\ \hat{\sigma}^2(\lambda) &= \frac{y(\lambda)'(\mathbf{I}_n - \mathbf{G})y(\lambda)}{n}\end{aligned}$$

donde  $\mathbf{G} = X(X'X)^{-1}X'$ .

Sustituyendo  $\hat{\beta}(\lambda)$  y  $\hat{\sigma}^2(\lambda)$ , en la función de verosimilitud  $L(\lambda, \beta, \sigma^2 | \mathbf{y}, \mathbf{X})$  y tomando el logaritmo (función log-verosimilitud):

$$\begin{aligned}l_P(\lambda) &= \log(L(\lambda, \beta, \sigma^2 | \mathbf{y}, \mathbf{X})) \\ &= l(\lambda | \mathbf{y}, \mathbf{X}, \hat{\beta}(\lambda), \hat{\sigma}^2(\lambda)) \\ &= C - \frac{n}{2} \log(\hat{\sigma}^2(\lambda)) + (\lambda - 1) \sum_{i=1}^n \log(y_i)\end{aligned}$$

podemos ver que la función log-verosimilitud se puede maximizar en función de un solo parámetro  $\lambda$ .

Sea  $g = (\prod_{i=1}^n y_i)^{1/n}$  la media geométrica de la variable respuesta y sea  $\mathbf{y}(\lambda, g) = \frac{\mathbf{y}(\lambda)}{g^{\lambda-1}}$ . Entonces, se puede demostrar que:

$$l_P(\lambda) = C - \frac{n}{2} \log(s_\lambda^2)$$

donde  $s_\lambda^2$  es la suma residual de cuadrados dividida entre  $n$  al ajustar el modelo  $\mathbf{y}(\lambda, g) \sim N(\mathbf{X}\beta, \sigma^2 \mathbf{I}_n)$ . Entonces para encontrar el  $\lambda$  que maximiza la función log-verosimilitud ( $l_P(\lambda)$ ) tan solo debemos encontrar el  $\lambda$  que minimiza:

$$s_\lambda^2 = \frac{\mathbf{y}(\lambda, g)'(\mathbf{I}_n - \mathbf{G})\mathbf{y}(\lambda, g)}{n}$$

En la práctica, cuando usamos transformaciones de Box-Cox, primero se suele estimar  $\lambda$  mediante métodos iterativos: fijando un rango de posibles de valores de  $\lambda$ , llevando a cabo la estimación para cada valor y escogiendo el mejor  $\lambda$ . Entonces el valor estimado de  $\lambda$  se toma como *conocido* y se hace inferencia sobre  $(\beta, \sigma)$  condicionado a  $\lambda = \hat{\lambda}$

### 5.3.2 Aplicación

Creamos una función que aplica el algoritmo de Box-Cox a nuestra matriz de variables continuas (aplica el algoritmo anterior a cada una de las variables continuas), y nos devuelve una matriz transformada, así como los valores de  $\lambda_1$  (*lambda*) y  $\lambda_2$  (*negativos\_a\_positivos*) y los p-valores que resultan al realizar a cada variable transformada un test de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors, para contrastar la normalidad.

```
%%file transformar_boxcox.m
function [X_transformada, negativos_a_positivos, lambda, p_valores] =
    transformar_boxcox(X, nombres_variables_numericas, plot)
X_transformada = zeros(size(X));
lambda = zeros(size(X_transformada, 2), 1);
minimo_variable = zeros(1, size(X_transformada, 2));
p_valores = zeros(1, size(X_transformada, 2));
negativos_a_positivos = zeros(1, size(X_transformada, 2));
for i = 1:size(X, 2)
    minimo_variable(i) = min(X(:, i));
    variable_desplazada = X(:, i); % en este caso no desplazamos
    negativos_a_positivos(i) = 0;
    if minimo_variable(i) <= 0
        % valor de lambda_2, que hace que la variable sea positiva
        negativos_a_positivos(i) = abs(minimo_variable(i)) + 0.001;
        variable_desplazada = X(:, i) + negativos_a_positivos(i);
    end
    [variable_transformada, lambda(i)] = boxcox(variable_desplazada);
    X_transformada(:, i) = variable_transformada;

    % Realizamos contraste de Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors
    [h, p_valores(i)] = lillietest(variable_transformada);

    % Graficamos
    if plot == true
        figure
        hist(variable_transformada)
        xlabel(char(nombres_variables_numericas(i)))
    end
end
end
```

```
Created file 'C:\Users\marct\Documents\UNI_ESTADISTICA\3o\SEGUNDO CUATRIMESTRE\ANÁLISIS M
warning('off','all') % para evitar que nos de warning al ser los pvalores
    muy pequeños
[X_continuas_transformada, negativos_a_positivos, lambda, p_valores] =
    transformar_boxcox(X_continuas, nombres_variables_numericas, false); %
    para que no se impriman los histogramas
```



Podemos ver que rechazamos la hipótesis de normalidad en todas las variables transformadas, aunque se observa una mejora en cuanto a la simetría de las mismas. Aun así, supondremos **normalidad en los datos**.

Obtenemos los vectores de medias, matriz de covarianzas y correlaciones muestrales de las variables transformadas:

```

m_transformada = mean(X_continuas_transformada)
S_transformada = cov(X_continuas_transformada, 1)
R_transformada = corr(X_continuas_transformada)
plot_map(R_transformada, char(nombres_variables_continuas.'))

m_transformada =
1.0e+09 *

```

```
-0.0000 0.0000 -0.0000 0.0000 0.0000 0.0060 0.0004 1.3287 0.874
```

S\_transformada =

1.0e+18 \*

0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	0.3131	0.147	
-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.1479	0.134	
0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.0001	0.5114	0.339	
-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

R\_transformada =

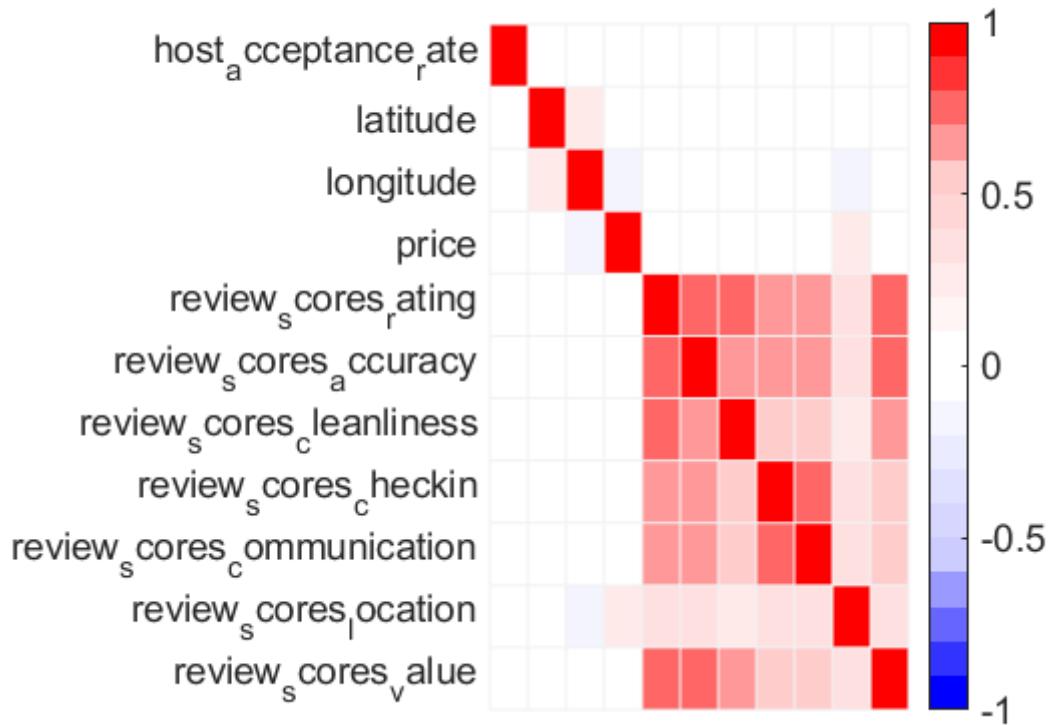
1.0000	-0.0409	-0.0655	0.0920	-0.0495	-0.0233	0.0020	-0.0908	-0.070	
-0.0409	1.0000	0.2735	0.0426	0.0610	0.0510	0.0406	0.0580	0.054	
-0.0655	0.2735	1.0000	-0.1046	0.0497	0.0444	0.0254	0.0382	0.033	
0.0920	0.0426	-0.1046	1.0000	0.0054	0.0251	0.0509	-0.0218	-0.005	
-0.0495	0.0610	0.0497	0.0054	1.0000	0.7842	0.7296	0.6252	0.683	
-0.0233	0.0510	0.0444	0.0251	0.7842	1.0000	0.6888	0.6266	0.635	
0.0020	0.0406	0.0254	0.0509	0.7296	0.6888	1.0000	0.5291	0.534	
-0.0908	0.0580	0.0382	-0.0218	0.6252	0.6266	0.5291	1.0000	0.720	
-0.0702	0.0540	0.0331	-0.0058	0.6835	0.6353	0.5340	0.7204	1.000	
0.0281	0.0437	-0.1425	0.2104	0.3383	0.3260	0.2832	0.3299	0.333	
-0.0213	0.0243	0.0304	-0.0504	0.7946	0.7162	0.6715	0.5563	0.591	

ans =

Figure (1) with properties:

Number: 1  
Name: ''  
Color: [0.9400 0.9400 0.9400]  
Position: [488 342 560 420]  
Units: 'pixels'

Use GET to show all properties



Podemos ver que se han reducido las correlaciones entre las variables de tipo *review* y han aumentado las demás ligeramente.

A continuación, obtenemos medidas escalares de dispersión: variación total, variación generalizada y  $\eta^2$  para las variables originales y para las variables transformadas

```
eta_cuadrado = 1 - det(R) % próximo a 1, es decir, existen relaciones
                   lineales entre variables
```

```
varianza_generalizada = det(S)
```

```
variacion_total = trace(S)
```

```
eta_cuadrado_transformada = 1 - det(R_transformada) % próximo a 1, es
                           decir, existen relaciones lineales entre variables
```

```
varianza_generalizada_transformada = det(S_transformada)
```

```
variacion_total_transformada = trace(S_transformada)
```

```
eta_cuadrado =
```

```
0.9977
```

```
varianza_generalizada =
```

```
1.3593e-12
```

```

variacion_total =
1.0428e+05

eta_cuadrado_transformada =
0.9919

varianza_generalizada_transformada =
7.9940e+58

variacion_total_transformada =
8.1253e+18

```

Podemos ver que el  $\eta^2$  no disminuye en exceso, con lo cuál existen variables altamente correladas, mientras que la varianza generalizada  $\det(\mathbf{S})$  y la variación total  $tr(\mathbf{S})$  aumentan considerablemente.

## 6 Contrastes $T^2$ de Hotelling

### 6.1 Conceptos teóricos (apuntes de Aurea Grané)

Consideremos dos matrices de datos  $\mathcal{X}$  e  $\mathcal{Y}$ :

$$\begin{aligned}\mathcal{X}, \quad n_1 \times p, & \text{ proveniente de una ley } N_p(\boldsymbol{\mu}_1, \Sigma), \\ \mathcal{Y}, \quad n_1 \times p, & \text{ proveniente de una ley } N_p(\boldsymbol{\mu}_2, \Sigma),\end{aligned}$$

Consideraremos el siguiente contraste de hipótesis:

$$\begin{aligned}H_0: \quad \boldsymbol{\mu}_1 &= \boldsymbol{\mu}_2 \\ H_1: \quad \boldsymbol{\mu}_1 &\neq \boldsymbol{\mu}_2\end{aligned}$$

Cuando  $H_0$  sea cierta, el estadístico:

$$\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{y}})' \mathbf{S}_P^{-1} (\bar{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{y}}) \sim T^2(p, n_1 + n_2 - 2)$$

donde  $S_p = \frac{1}{n_1 + n_2} (n_1 S_1 + n_2 S_2)$ .

Equivalentemente, usando la propiedad 2 de la ley  $T^2$  de Hotelling, el estadístico:

$$\frac{n_1 + n_2 - p - 1}{(n_1 + n_2 - 2)p} \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{y}})' \mathbf{S}_P^{-1} (\bar{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{y}}) \sim F(p, n_1 + n_2 - p - 1)$$

y podremos obtener una región crítica para el nivel de significación deseado.

## 6.2 Aplicación

Para esta segunda parte vamos a hacer un contraste **T<sup>2</sup> de Hotelling**, y para ello antes vamos a eliminar de nuestros datos las variables de latitud y longitud, ya que no nos aportan mucho a la hora de calcular las diferencias de medias.

```
X_analisis =
    X_continuas_transformada(:,setdiff(1:size(X_continuas_transformada,
    2), [2,3]));
nombres_variables_continuas_interes =
    nombres_variables_continuas(setdiff(1:size(X_continuas_transformada,
    2), [2,3]));
nombres_variables_categoricas =
    categorical(variables_categoricas.Properties.VariableNames);
```

Ahora que ya sólo tenemos variables cuantitativas continuas a las que tiene sentido calcularles la media, separaremos los datos que tenemos con respecto a una variable binaria, en este caso usaremos la variable referente a si el anfitrón está verificado en la web o no.

```
%%file t2hot_test.m
function [tabla_resultados] = t2hot_test(X_analisis,
    variables_categoricas, nombre_variable_categorica_intro,
    nombres_variables_continuas_interes, graficar, alpha)
nombres_variables_categoricas =
    categorical(variables_categoricas.Properties.VariableNames);
variable_categorica = variables_categoricas{:,%
    find(nombres_variables_categoricas ==
        char(nombre_variable_categorica_intro))};
categoria1 = find(variable_categorica=='true');
categoria2 = find(variable_categorica=='false');

datos_T = X_analisis(categoria1,:);
datos_F = X_analisis(categoria2);

n1 = size(datos_T,1);
n2 = size(datos_F,1);
p = size(datos_T,2);

if graficar == true
    group = variable_categorica;
    color = lines(length(categories(group))); % color =
        lines(length(categories(variables_categoricas{:, j})));
    xnames = char(nombres_variables_continuas_interes);
        %nombres_variables_numericas_transformadas
    figure
    gplotmatrix(X_analisis, [], group, color, [], [], [], 'grpbars', xnames)
    title(strcat('Variables numéricas transformadas por', " ",
        char(nombre_variable_categorica_intro)), 'fontsize', 14);
    [h,icons] = legend('FontSize', 12);
    set(icons,'MarkerSize',12);
end
```

```

xbar = (1/n1)*datos_T'*ones(n1,1);
ybar = (1/n2)*datos_F'*ones(n2,1);

Sp = (1/(n1+n2))*(n1*cov(datos_T, 1) + n2*cov(datos_F, 1));

T2 = (n1*n2/(n1+n2))*(xbar - ybar)'*inv(Sp)*(xbar - ybar);
n = n1 + n2 - 2;

F_exp = (n-p+1)/(n*p)*T2;

F_critico = finv(1-alpha, p,n-p+1);
pvalor = 1 - fcdf(F_exp, p,n-p+1);

% Tabla resultados
tabla_resultados = table(T2, F_exp, F_critico,pvalor);

end

```

Created file 'C:\Users\marct\Documents\UNI\_ESTADISTICA\3o\SEGUNDO CUATRIMESTRE\ANÁLISIS M...

Una vez cargada la función a utilizar sólo queda hacer los cálculos. Sabemos que nuestros datos, al tener 5362 datos y 9 variables, el estadístico **inserta la formula del estadistico**, que en nuestro caso es una  $T^2(9, 5360)$ .

Los valores de esta distribución no están tabulados, así que basándonos en la propiedad siguiente de la ley  $T^2$  de Hotelling la convertiremos en una distribución **F de Fisher**:

$$\frac{n_1 + n_2 - p - 1}{(n_1 + n_2 - 2)p} \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{y}})' \mathbf{S}_P^{-1} (\bar{\mathbf{x}} - \bar{\mathbf{y}}) \sim F(p, n_1 + n_2 - p - 1)$$

y seguirá una  $F(9, 5354)$ .

```

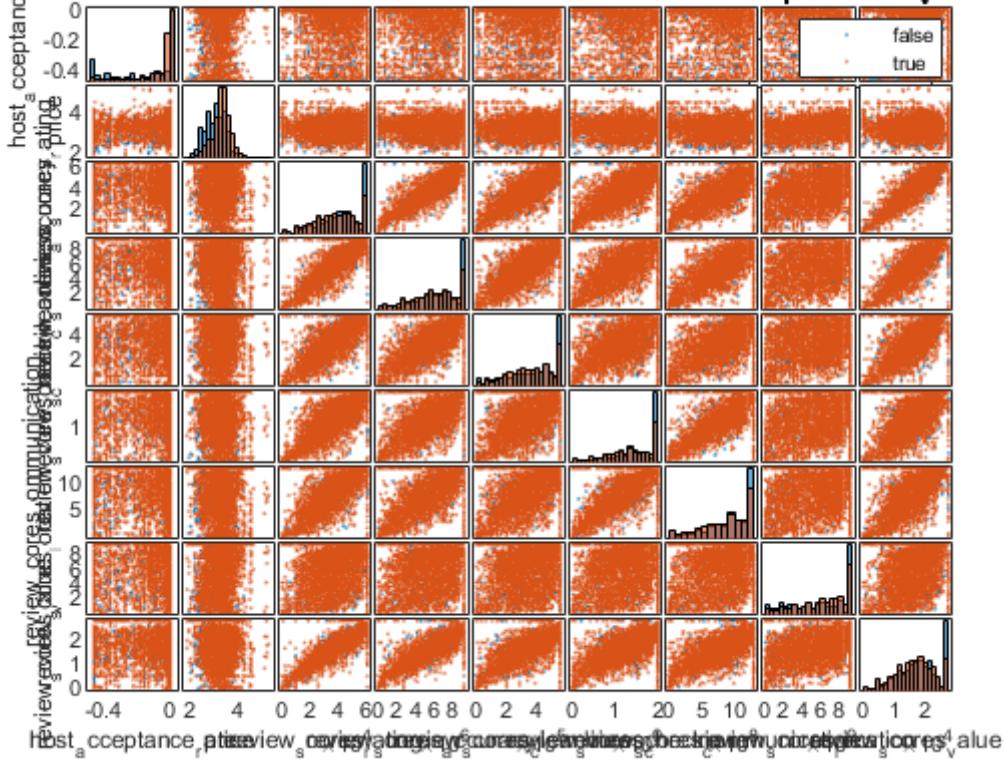
warning('off','all') %quitamos los warnings ya que las variables tienen
% mucha correlación y puede dar problemas
t2hot_test(X_analisis, variables_categoricas, "host_identity_verified",
% nombres_variables_continuas_interes, true, 0.05)
warning('on','all')

```

ans =

T2	F_exp	F_critico	pvalor
433.43	48.087	1.8816	0

## Variables numéricas transformadas por host\_identity\_verified



Como vemos, los vectores de medias no son iguales, ya que  $pvalor < \alpha = 0.05$ .

## 7 Contrastes de hipótesis de lambda de Wilks

### 7.1 Conceptos teóricos (apuntes de Aurea Grané)

Consideremos  $g$  matrices de datos  $\mathcal{X}_1, \dots, \mathcal{X}_g$  provenientes de  $g$  distribuciones multivariantes independientes. Cada matriz  $\mathcal{X}_i$  tiene tamaño  $n_i \times p$ , vector de medias muestral  $\bar{\mathbf{x}}_i$ , matriz de covarianzas muestral  $\mathbf{S}_i$  y procede de una ley  $N(\boldsymbol{\mu}_i, \boldsymbol{\Sigma}) \quad \forall i = 1, \dots, g$ .

La estimación muestral del vector de medias global y la matriz de covarianzas común son:

$$\begin{aligned}\bar{\mathbf{x}} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^g n_i \bar{\mathbf{x}}_i \\ \mathbf{S} &= \frac{1}{n-g} \sum_{i=1}^g n_i \mathbf{S}_i\end{aligned}$$

donde  $n = \sum_{i=1}^g n_i$

Queremos contrastar la hipótesis:

$$\begin{aligned}H_0 : \boldsymbol{\mu}_1 &= \dots = \boldsymbol{\mu}_g \\ H_1 : \exists i \neq j : \boldsymbol{\mu}_i &\neq \boldsymbol{\mu}_j \quad \forall i, j = 1, \dots, g\end{aligned}$$

Para ello introducimos las siguientes matrices:

$$\mathbf{B} = \sum_{i=1}^g n_i (\bar{\mathbf{x}}_i - \bar{\mathbf{x}})(\bar{\mathbf{x}}_i - \bar{\mathbf{x}})' \quad (\text{dispersión entre grupos})$$

$$\mathbf{W} = \sum_{i=1}^g n_i \mathbf{S}_i \quad (\text{dispersión dentro de los grupos})$$

$$\mathbf{T} = \mathbf{B} + \mathbf{W}$$

Si  $H_0$  es cierta,  $\mathbf{B} \sim W_p(\Sigma, g-1)$ ,  $\mathbf{W} \sim W_p(\Sigma, n-g)$  son independientes y  $\mathbf{T} \sim W_p(\Sigma, n-1)$ . Para resolver este contraste utilizaremos el estadístico:

$$\Lambda = \frac{\det(\mathbf{W})}{\det(\mathbf{W} + \mathbf{B})} \sim \Lambda(p, n-g, g-1)$$

que se aproxima a una ley  $F$  de Fisher mediante la aproximación asintótica de Rao:

$$\Lambda \sim \Lambda(p, a, b) \Rightarrow \frac{1 - \Lambda^{1/\beta}}{\Lambda^{1/\beta}} \frac{\alpha\beta - 2\gamma}{pb} \sim F(pb, \alpha\beta - 2\gamma)$$

donde  $\alpha = a + b - (p + b + 1)/2$ ,  $\beta^2 = (p^2 b^2 - 4)/(p^2 + b^2 - 5)$ ,  $\gamma = (pb - 2)/4$

## 7.2 Aplicación

Consideramos todas las transformaciones de variables numéricas, excepto las de latitud y longitud, ya que priorizamos poder interpretar los datos.

```
X_analisis =
    X_continuas_transformada(:, setdiff(1:size(X_continuas_transformada,
    2), [2,3]));
nombres_variables_continuas_interes =
    nombres_variables_continuas(setdiff(1:size(X_continuas_transformada,
    2), [2,3]));
nombres_variables_categoricas =
    categorical(variables_categoricas.Properties.VariableNames);
```

Creamos una función que nos da el plotmatrix en función de las categorías de una variable categórica, y realiza un contraste lambda de wilks entre los vectores de medias de las muestras  $i = 1, \dots, g$ , definidas por las  $g$  categorías de la variable categórica

```
%%file contraste_lambda_wilks.m
function [tabla_resultados] = contraste_lambda_wilks(X_analisis,
    variables_categoricas, nombre_variable_categorica_intro,
    nombres_variables_continuas_interes, graficar, nivel_significacion)
nombres_variables_categoricas =
    categorical(variables_categoricas.Properties.VariableNames);
variable_categorica = variables_categoricas(:, find(nombres_variables_categoricas ==
    char(nombre_variable_categorica_intro)));
categorias_variable_categorica = (categories(variable_categorica));
num_categorias = length(categorias_variable_categorica);
g = num_categorias;
```

```

n = size(X_analisis, 1);
p = size(X_analisis, 2);

% Gráfico
if graficar == true
    group = variable_categorica;
    color = lines(length(categories(group))); % color =
    ↪ lines(length(categories(variables_categoricas(:, j))));
    xnames = char(nombres_variables_continuas_interes);
    ↪ %nombres_variables_numericas_transformadas
    figure
    gplotmatrix(X_analisis, [], group, color, [], [], [], 'grpbars', xnames)
    title(strcat('Variables numéricas transformadas por', " ",
    ↪ char(nombre_variable_categorica_intro)), 'fontsize', 14);
    [h,icons] = legend('FontSize', 12);
    set(icons, 'MarkerSize', 12);
end

% Un cell es como una lista, un objeto que puede contener objetos de
% distinto tipo y dimension, entonces creo una lista (cell) vacía y le
→ voy
% añadiendo las submatrices X_i, i = 1, \dots, g
cell_submatrices_muestras = {zeros(g)};
array_vectores_medias_muestras = zeros(1, p);
array_matrices_covarianzas_muestras = zeros(p);
array_tamano_muestral_muestras = zeros(1, g);

% usar cells como listas
for i = 1:g
    % filtramos la submatriz y la asignamos al elemento i del cell (i =
    → 1,
    % ..., g)
    submatriz = X_analisis(find(variable_categorica ==
    → categorias_variable_categorica{i,:}), :);
    cell_submatrices_muestras{i} = submatriz;

    % Calculamos el vector de medias de la submatriz y lo guardamos en el
    % elemento i-ésimo del array_vectores_medias_muestras
    array_vectores_medias_muestras(:, :, i) = mean(submatriz);

    % Calculamos la matriz de covarianzas de la muestra i = 1, ..., g
    array_matrices_covarianzas_muestras(:, :, i) = cov(submatriz);

    % Obtenemos el tamaño muestral de la muestra i-ésima i = 1, ..., g
    array_tamano_muestral_muestras(i) = size(submatriz, 1);
end

% Obtenemos el vector de medias global y la matriz de covarianzas común
vector_medias_muestrales_global = zeros(1, p);

```

```

matriz_covarianzas_muestrales_comun = zeros(p);
for i = 1:g
    vector_medias_muestrales_global = vector_medias_muestrales_global +
        → (array_tamano_muestral_muestras(i) *
        → array_vectores_medias_muestras(:, :, i));
    matriz_covarianzas_muestrales_comun =
        → matriz_covarianzas_muestrales_comun +
        → (array_tamano_muestral_muestras(i) *
        → array_matrices_covarianzas_muestras(:, :, i));
end

vector_medias_muestrales_global = (1/n) * vector_medias_muestrales_global;
matriz_covarianzas_muestrales_comun = (1/(n-g)) *
    → matriz_covarianzas_muestrales_comun;

% Obtenemos las matrices B, W, T
B = zeros(p);
W = (n-g)*matriz_covarianzas_muestrales_comun;
for i = 1:g
    B = B + array_tamano_muestral_muestras(i) *
        → transpose(array_vectores_medias_muestras(:, :, i)) -
        → vector_medias_muestrales_global) *
        → (array_vectores_medias_muestras(:, :, i)) -
        → vector_medias_muestrales_global) ;
end

% Contraste de hipótesis de lambda Wilks
lambda = det(W)/det(W + B);
a = n-g;
b = g-1;
alpha = a + b - (p+b+1)/2;
beta = sqrt((p^2 * b^2 - 4)/(p^2 + b^2 - 5));
gamma = (p*b - 2)/4;
df_1 = p*b; % grados de libertad numerador F
df_2 = alpha * beta - 2*gamma; % grados libertad denominador F
F_asintotico = (1 - lambda^(1/beta))/lambda^(1/beta) * (alpha * beta -
    → 2*gamma)/(p*b);
F_critico = finv(1-0.05,df_1,df_2);
pvalor = 1 - fcdf(F_asintotico, df_1,df_2); % podemos rechazar la
    → hipótesis nula y suponer que existen diferencias entre las medias

% Presentamos resultados
tabla_resultados = table(lambda, F_asintotico, F_critico, df_1, df_2,
    → pvalor);
end

```

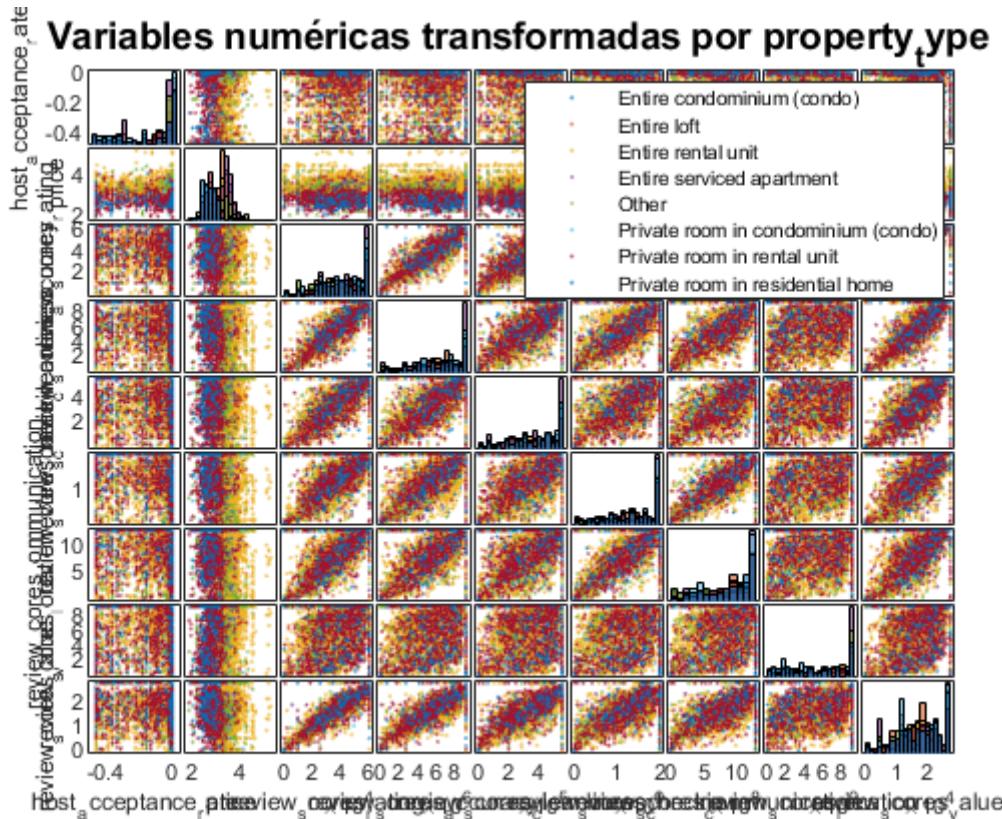
Created file 'C:\Users\marct\Documents\UNI\_ESTADISTICA\3o\SEGUNDO CUATRIMESTRE\ANÁLISIS M...

```
contraste_lambda_wilks(X_analisis, variables_categoricas, "property_type",
    ↵ nombres_variables_continuas_interes, true, 0.05)
```

ans =

1x6 table

lambda	F_asintotico	F_critico	df_1	df_2	pvalor
-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.54893	53.715	1.3104	63	30115	0



Podemos ver que rechazamos la hipótesis nula en todos los casos, por lo que al menos un vector de medias es distinto entre los  $g$  que hay.

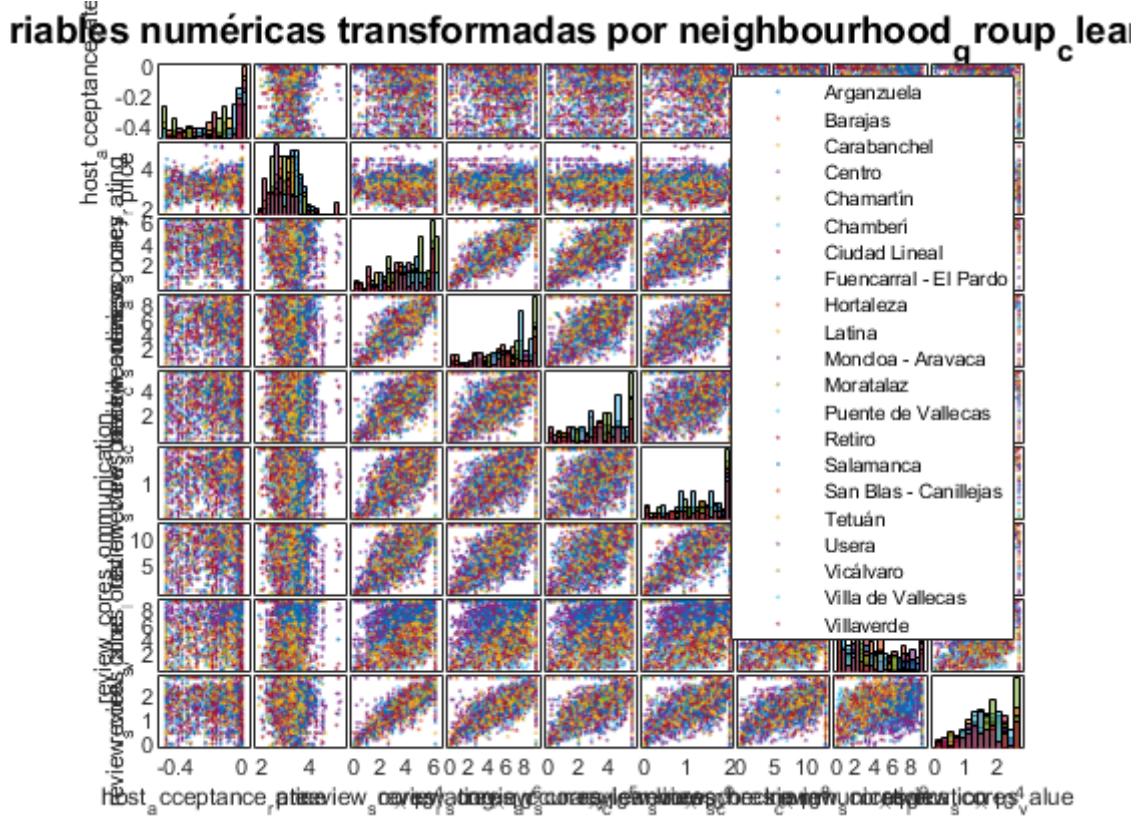
Ahora realizamos un estudio similar respecto los distintos barrios:

```
contraste_lambda_wilks(X_analisis, variables_categoricas,
    ↵ "neighbourhood_group_cleaned", nombres_variables_continuas_interes,
    ↵ true, 0.05)
```

ans =

1x6 table

lambda	F_asintotico	F_critico	df_1	df_2	pvalor
0.52953	19.589	1.1799	180	44014	0



Podemos rechazar la hipótesis nula y suponer que existen al menos dos vectores de medias distintos de entre los  $g$  barrios.

## 8 Bibliografía

Apuntes de Análisis Multivariante. Aurea Grané

Box-Cox Transformations: An Overview, Pengfei Li

Base de datos: Inside Airbnb, recuperado de <http://insideairbnb.com/get-the-data.html>