Metodología para la estimación de la tasa de capitalización

Grupo estadístico - Observatorio técnico catastral (UAECD)

Contents

Abstract

Your abstract.

1 Introducción

En la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD) se cuenta con información de ofertas de fuentes secundarias y de fuentes primarias. Las fuentes primarias corresponden a información recolectada en campo por cuenta de la UAECD, mientras que la secundaría corresponde a información que se recolecta a partir de otras fuentes con las cuales se establecen convenios.

Para diferentes procesos de la Unidad se hace uso de la información recolectada con respecto a ofertas de venta de predios en la ciudad, como por ejemplo en la estimación de parámetros de algunos modelos econométricos para estimar el valor integral de predios en propiedad horizontal. Sin embargo dentro de estos procesos no se tiene en cuenta la información recolectada de ofertas de arriendo, por lo cual este documento tiene como objetivo estimar la tasa de renta inmobiliaria que establezca una relación entre los valores de arriendo y los valores comerciales de los predios en la ciudad de Bogotá, de tal forma que se pueda utilizar la información de ofertas de arriendo en procesos donde se requieren valores comerciales totales de los predios.

Denotando como Z_i y X_i al valor comercial y el valor de arriendo del i-ésimo predio, respectivamente, se busca obtener un coeficiente β, tal que se pueda obtener una ecuación que relacione a Z_i y X_i como se muestra en la ecuación (1). De esta manera, de una forma natural se puede pensar en el uso de los rudimientos correspondientes a las metodologías de modelos lineales [Melo et al., 2007] que permitan estimar el coeficiente β. Este ejercicio se debe realizar para diferentes desagregaciones de predios en la ciudad, tales como usos, estratos y/o desagregaciones geográficas (localidad, upz, sectores catastrales, entre otros). El nivel de desagregación depende de la cantidad de registros correspondiente a cada caso.

$$Z_i = \beta X_i + \epsilon_i \tag{1}$$

En la información disponible para la realización de este documento, se encuentran las ofertas recolectadas por la UAECD tanto de fuentes primarias como secundarias en los años, 2017, 2018, 2019 y 2020. Una

limitante que se debe tener en cuenta es que los predios no tienen información de arriendo y venta de manera simultánea, lo que quiere decir que para cada oferta solamente se tiene una de las dos mediciones.

Dentro de la literatura se encuentran diversos ejemplos de este tipo de datos donde se hacen mediciones o encuestas a grupos de individuos periódicamente, pero no necesariamente a las mismas personas, lo cual imposibilita hacer seguimientos sobre unidades en particular. Deaton [1985] propone un modelo para una muestra *"pseudo-panel"*, que se construye con lo que denomina como cohortes, las cuales representan grupos de individuos con características similares, con la condición que cada individuo pertenezca únicamente a una cohorte durante todo el análisis y mediante estos grupos se ajustan efectos fijos correspondientes a cada una de las diferentes cohortes. El ejemplo que se trabaja allí es la creación de las agrupaciones mediante la fecha de nacimiento de las personas, de tal forma que cada uno pertenece únicamente a un grupo en el análisis realizado. Muchas publicaciones que abordan diferentes contextos se han elaborado a partir del modelo propuesto por Deaton [1985] (Ver Tsai et al. [2014], Tovar et al. [2012], Sprietsma [2012], Antman and McKenzie [2007], entre otros).

A partir de la propuesta de Deaton [1985] se particiona la población en las cohortes mencionadas y considerando que dichos segmentos abarcan todo el conjunto, los efectos incluidos en los modelos lineales de regresión son efectos fijos, a diferencia del caso que se trabaja en este documento donde se utiliza el modelo propuesto allí, pero además se incluyen efectos aleatorios asociados a las diferentes cohortes, debido a que generalmente se trabaja únicamente con un subconjunto de UE pertenecientes a la población objetivo y no la totalidad de unidades.

Por ende, dado que no se tienen mediciones de arriendo y venta sobre los mismos predios, se propone el uso de un modelo lineal, agregando de acuerdo a "cohortes", de tal manera que se pueda emular la propuesta de Deaton [1985]. En este caso, la propuesta es agrupar por agregaciones geográficas tales como sectores catastrales, considerando que desagregar a nivel de lote puede llegar a ser demasiado fino y pueda presentar problemas a la hora de hacer la estimación de parámetros en el modelo lineal, y por otro lado a nivel de agregaciones como localidad puede generar agrupaciones muy grandes, considerando los objetivos del estudio.

El presente documento contiene en la sección 1 la introducción, seguido de la sección 2 donde se presentan los objetivos del estudio. En la sección 3 se hace una revisión metodológica de los procedimientos estadísticos a utilizar. Por otro lado, la sección 5 muestra una breve revisión de la base de datos.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Estimar un índice que permita relacionar los valores de arriendo de un inmueble con su valor comercial para las diferentes zonas, usos y estratos de la ciudad.

2.2 Objetivos especificos

1. Hacer una revisión de la literatura para obtener un estado del arte, con el objetivo de tener en cuenta posibles metodologías que puedan ayudar a completar los otros objetivos específicos y/o puedan servir como metodologías de referencia a la hora de realizar una comparación dentro del mismo estudio.
2. Realizar un análisis descriptivo de la base de datos disponible para la realización del ejercicio.
3. Realizar una validación de las ofertas contenidas dentro de la base de datos, con el objetivo de detectar aquellas ofertas atípicas que puedan sesgar los resultados del estudio.
4. Depurar la base de datos compartida por el OTC.
5. Realizar el cálculo de las tasas de renta para diferentes desagregaciones de los predios en la ciudad (Uso-Estrato-Localidad/UPZ/Sector).
6. Presentación y documentación metodológica de resultados.
7. Evaluar la consistencia de los resultados para calcular cifras en vigencias futuras.

3 Marco teórico

4 Modelo lineal mixto

Los modelos lineales son una forma de explicar la dispersión de una o más respuestas aleatorias en términos de una serie de variables independientes (también conocidas como exógenas). En West et al. [2014, p. 5] se encuentra un recuento histórico referente a los modelos lineales desde sus inicios en 1861 hasta la actualidad, desde una perspectiva teórica, mencionando al igual avances importantes en cuanto a la implementación de las diferentes metodologías a nivel de paquetes estadísticos. Éstos tienen en cuenta una serie de supuestos lo que hace posible su planteamiento, estimación, interpretación y su respectiva evaluación. Las variables independientes pueden ser clasificadas como efectos fijos o efectos aleatorios. Acorde con Melo et al. [2007, p. 6], cuando al finalizar el experimento las conclusiones se formulan sobre un número preestablecido de tratamientos el modelo se denomina de efectos fijos y en este caso la inferencia estadística se hace sobre los efectos medios de los tratamientos, por lo cual aquellas situaciones en que se desean realizar comparaciones o contrastes entre niveles de un factor en búsqueda de diferencias, éste se considera como fijo. Si los niveles de un atributo son una muestra aleatoria de una población de posibles selecciones, es decir, las conclusiones se formulan sobre un número mayor de tratamientos a los usados en el experimento, el modelo se dice de efectos aleatorios, y en este caso, la inferencia estadística se hace sobre las varianzas de los mismos. Los modelos que incluyen ambos se denominan de efectos mixtos (MLM).

En términos matriciales, según Pinheiro and Bates [2006, p. 58], el modelo lineal general con efectos mixtos viene dado de la forma

$$\boldsymbol{y}_i = \boldsymbol{X}_i\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{Z}_i\boldsymbol{b}_i + \boldsymbol{\epsilon}_i, \;\; \text{con} \;\; i = 1, \cdots, n \;\; \text{y} \;\; n = r \times a \tag{2}$$

donde $\boldsymbol{y}_i$ es el vector de respuestas, $\boldsymbol{X}_i$ y $\boldsymbol{Z}_i$ son las matrices de diseño de los efectos fijos y aleatorios asociadas al i-ésimo individuo, respectivamente. Los vectores $\boldsymbol{\beta}$ y $\boldsymbol{b}_i$ de dimensiones a y q, que contienen los coeficientes asociados a los efectos fijos y aleatorios considerados en la i-ésima UE, respectivamente, mientras que $\boldsymbol{\epsilon}_i$ es el vector de errores de mediciones dentro de cada UE. Como supuestos distribucionales sobre este modelo se asume que $\boldsymbol{b}_i \sim \boldsymbol{N}_q(\boldsymbol{0}_q, \boldsymbol{\Psi}_{q\times q})$ y $\boldsymbol{\epsilon}_i \sim \boldsymbol{N}_t(\boldsymbol{0}_t, \boldsymbol{\Sigma}_{t\times t})$. A su vez los vectores $\boldsymbol{\epsilon}_i$ y $\boldsymbol{b}_i$ se asumen independientes, es decir $Cov(\boldsymbol{\epsilon}_i, \boldsymbol{b}_i) = 0$. La matriz $\boldsymbol{\Sigma}$ asociada a los residuales dentro de las mediciones de la misma unidad puede considerar diferentes situaciones, es decir que se puede asociar a procesos autocorrelacionados, por ejemplo los que se encuentran en la literatura relacionada con series de tiempo, como los modelos *ARIMA* [Wei, 2006], o como los que se estudian en la estadística espacial, que se caracterizan mediante su función de variograma [Schabenberger and Gotway, 2017]. En este documento únicamente aborda el contexto de datos longitudinales o datos panel, por lo cual únicamente se tendrán en cuenta aquellos procesos relacionados con series temporales en cuanto a la matriz de errores $\boldsymbol{\Sigma}$.

4.1 Modelos para datos pseudo-panel

Muchos tipos de modelos pueden ser estimados a partir del supuesto de independencia de los modelos de regresión estándar, mientras que otros consideran datos de tipo panel, generando la necesidad de inclusión de efectos que permitan incluir los efectos individuales como variables independientes adicionales. De acuerdo con Verbeek [2008] la mayor limitación de datos con secciones transversales repetidas es que la totalidad de los individuos no son seguidos en el tiempo, por lo cual las historias individuales no están disponibles para su inclusión en un modelo estadístico, la construcción de instrumentos o para transformar un modelo a uno que considere desviaciones sobre efectos grupales. Según Deaton [1985] si hay una relación entre dos variables (una explicativa y una respuesta) entre los individuos de una población, existirá una versión grupal de esta relación del mismo tipo al caso individual. Esto quiere decir que por ejemplo considerando el modelo dado en la ecuación (1), calculando los promedios por UE, se mantendrá la misma relación lineal, es decir mediante el modelo descrito en la ecuación (3).

$$\bar{Z}_{k.} = \beta\bar{X}_{k.} + \bar{\epsilon}_{k.}. \tag{3}$$

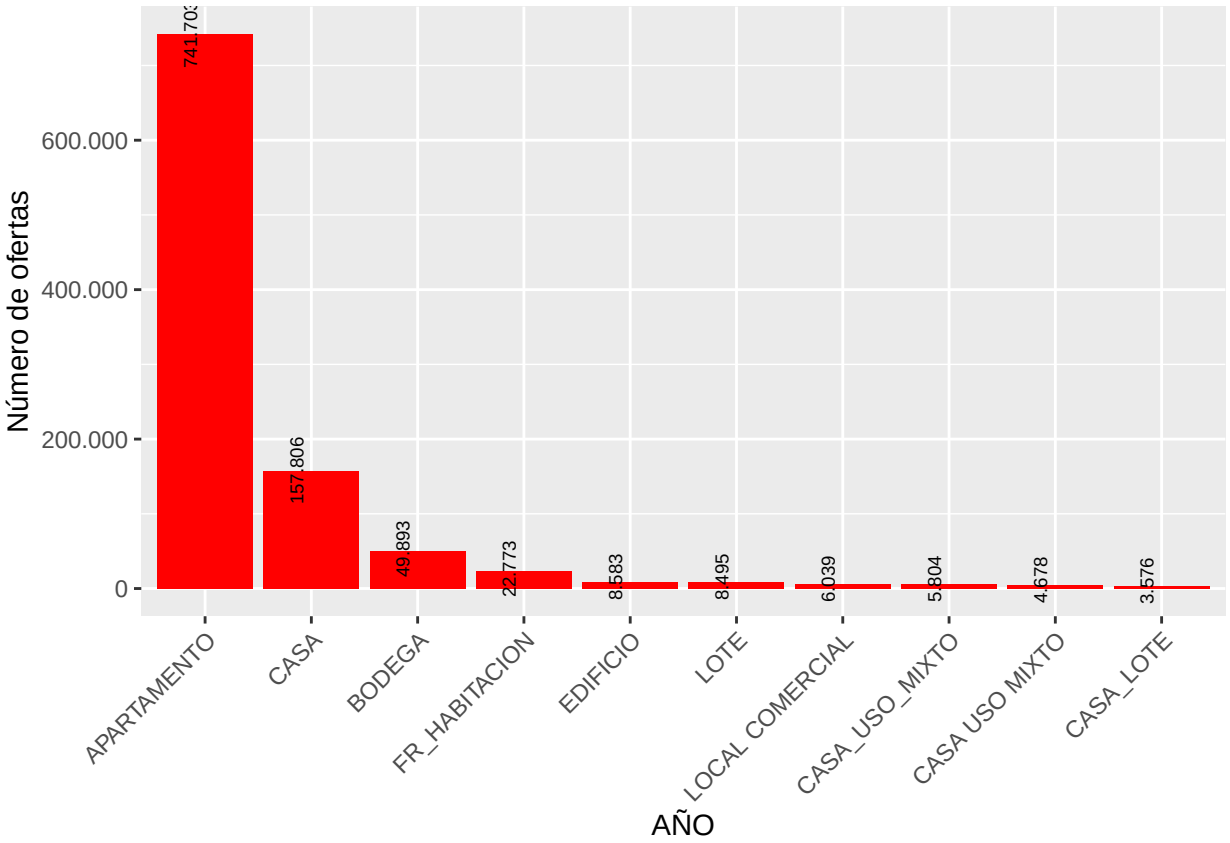
El modelo usado por Deaton [1985] es usado en la literatura, construyendo grupos de individuos de manera adecuada los cuales denominan *"cohortes"*, donde cada individuo solo puede pertenecer a una de éstas. Un ejemplo de estas agrupaciones es a partir del año de nacimiento de los individuos, de esta manera las cohortes pueden ser los nacidos en los 70's, en los 80's, en los 90's y así sucesivamente. Propper et al. [2001] realiza un análisis que examina los factores principales que determinan la demanda de los seguros de salud privados en el Reino Unido desde 1978 hasta 1996 mediante un modelo lineal que incluye una muestra que denominan de pseudo-panel. Gardes et al. [2005] investiga los sesgos en las elasticidades de ingresos y gastos estimados a partir de metodologías utilizadas sobre diferentes tipos de muestra dentro de las cuales consideran datos de pseudo-panel, datos transversales y paneles verdaderos. Verbeek [2008] hace una revisión exhaustiva de modelos lineales, su identificación y estimación desde una aproximación a datos de tipo panel a partir de mediciones repetidas en secciones transversales, adicionando rezagos de la variable respuesta a las variables explicativas como es usual en metodologías de series temporales. Sprietsma [2012] realiza una revisión de la influencia del acceso a centros de computo y al internet en los efectos como herramientas pedagogicas para la adquisición de habilidades en matemáticas a partir de muestras que consisten en secciones transversales de estudiantes de colegio en los años 1999, 2001 y 2003 en Brasil. La estimación del modelo se lleva a cabo mediante el estimador propuesto por Deaton [1985] junto con una corrección propuesta por Verbeek and Nijman [1993] para el caso en que se tiene un número pequeño de tiempos de medición. De manera análoga a los contextos anteriores Tovar et al. [2012] considera el caso en que las muestras seleccionadas en diferentes tiempos comparten algunos individuos, es decir que las diferentes secciones transversales tienen personas en común, por lo cual el modelo ajustado es el considerado por Deaton [1985] incluyendo una autocorrelación temporal en los residuales al tener mediciones provenientes sobre algunos individuos, lo que se realiza para modelar la fuerza laboral en el país Vasco desde 1993 hasta 1999. En la literatura se pueden encontrar numerosos casos adicionales a los mencionados previamente donde a partir de efectos fijos asociados a cohortes modelan el comportamiento de una variable respuesta medida en diferentes tiempos (ver Himaz and Aturupane [2016], Canavire-Bacarreza and Robles [2017], Urdinola and Ospino [2015], entre otros).

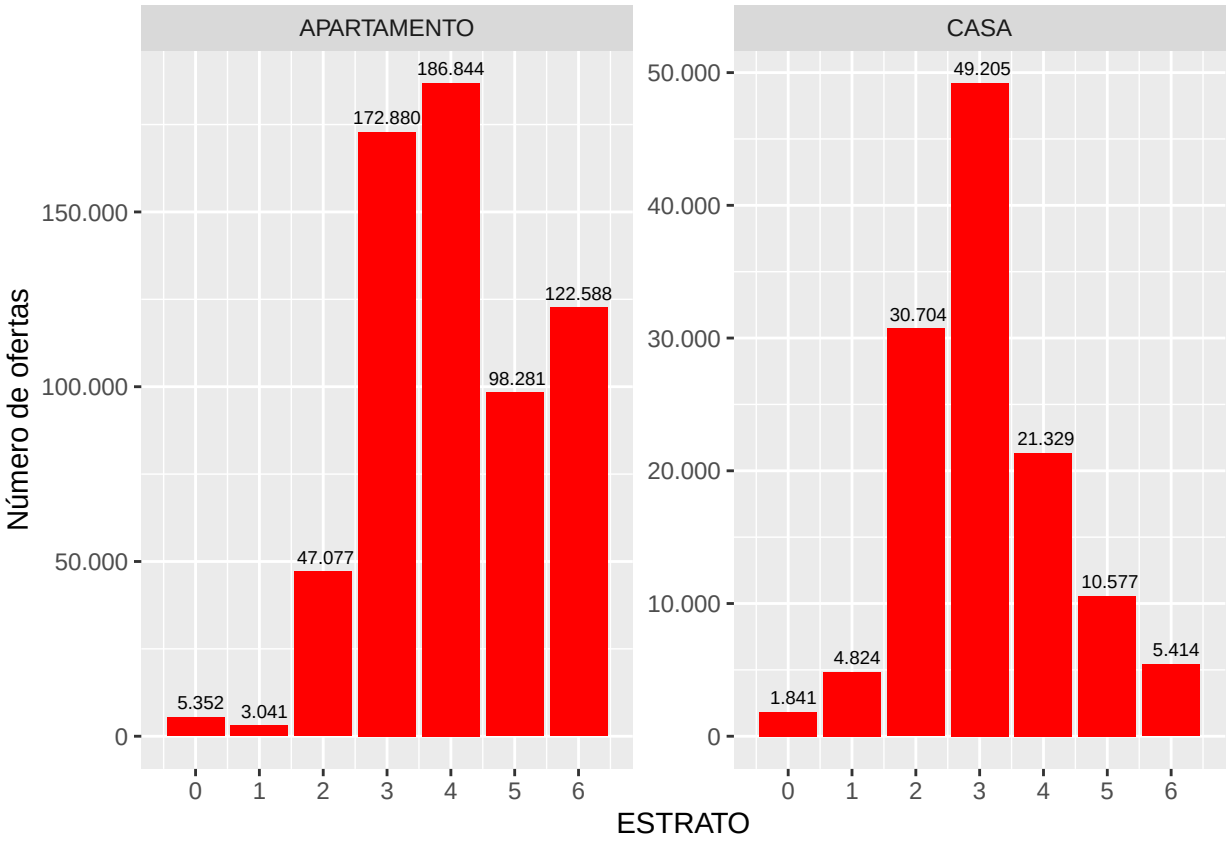
5 Revisión de la base de ofertas

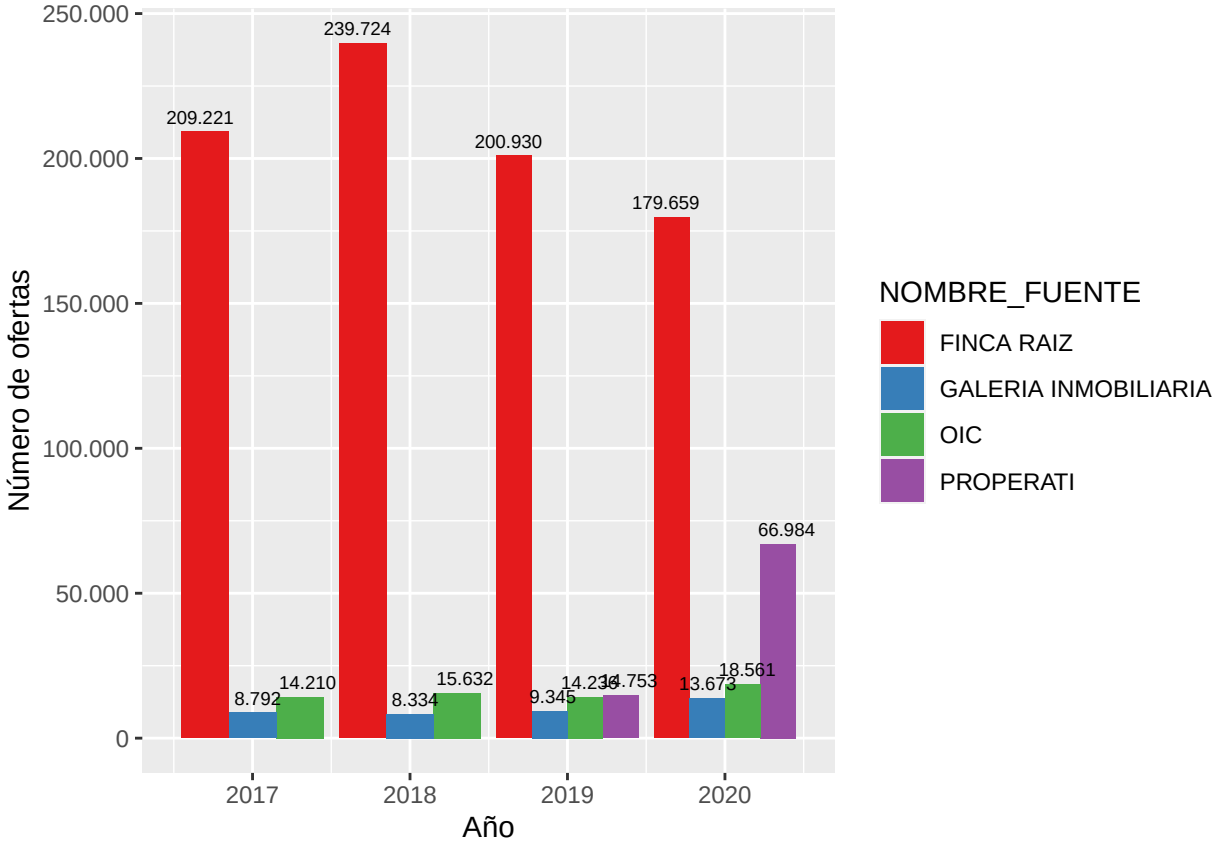
La base de datos consta originalmente con 1.390.326 registros. El resumen del número de registros, antes de realizar ciertas exclusiones se presenta en la siguiente tabla, la cual muestra el número de ofertas por fuente.

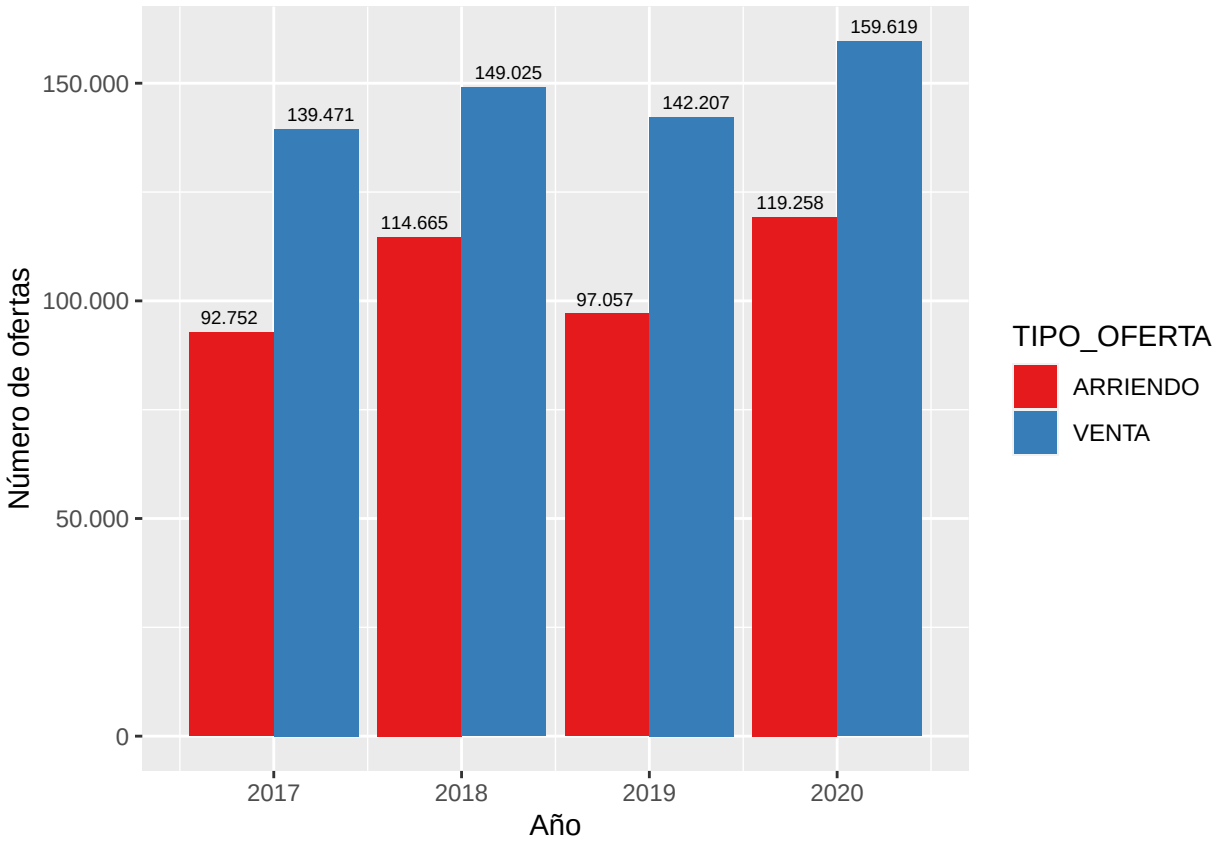
NOMBRE_FUENTE	**N**
FINCA RAIZ	1,112,410
PROPERATI	158,297
OIC	72,767
GALERIA INMOBILIARIA	46,852

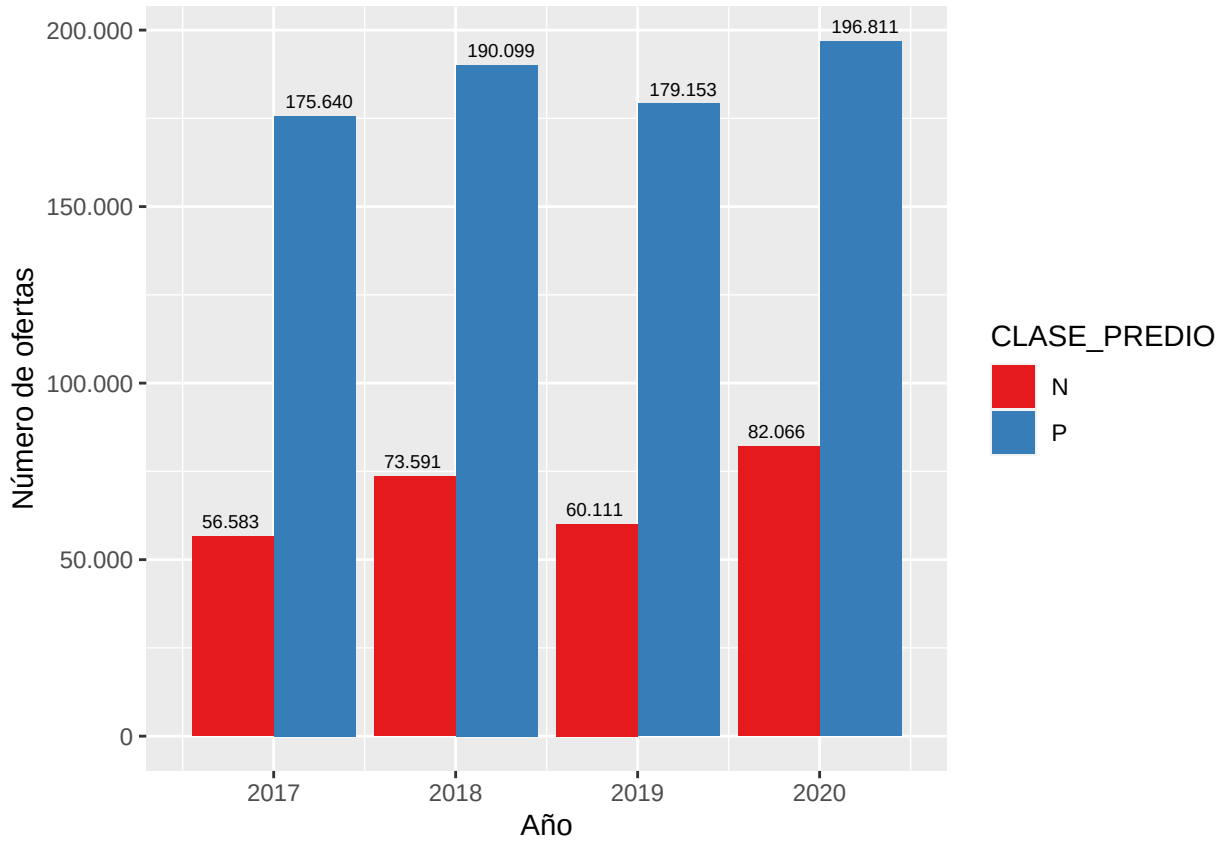
Inicialmente se filtraron aquellos registros que no cuentan con identificador, precio o barmanpre. El número de ofertas sin asignación de barmapre es (81.918). Posterior a esta revisión se excluyeron los registros que no tenían área construida (73.557) y aquellos casos que no tenían área de terreno cuando el tipo de inmueble es diferente a apartamentos (245.823). A partir de esta base depurada se realizaron los siguientes conteos y gráficos de tipo descriptivo. Luego de estas exclusiones, se tiene un restante de 1.014.054 ofertas, las cuales son tenidas en cuenta dentro de los siguientes gráficos y tablas descriptivas.

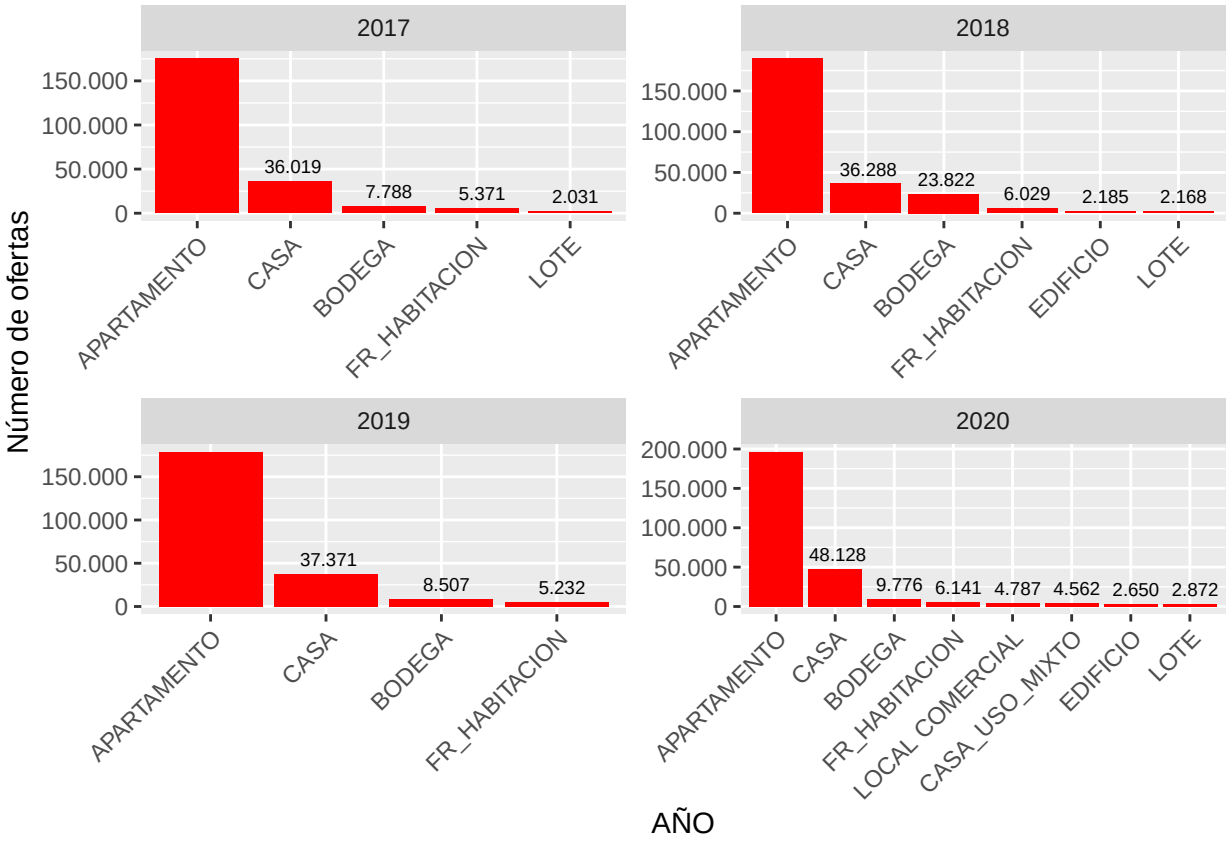

Número de ofertas
600.000
400.000
200.000
0
741.703
157.806
49.893
22.773
8.583
8.495
6.039
5.804
4.678
3.576
APARTAMENTO
CASA
BODEGA
FR_HABITACION
EDIFICIO
LOTE
LOCAL COMERCIAL
CASA_USO_MIXTO
CASA USO MIXTO
CASA_LOTE
AÑO


APARTAMENTO
CASA
Número de ofertas
ESTRATO
0
50.000
100.000
150.000
10.000
20.000
30.000
40.000
50.000
0
1
2
3
4
5
6
5.352
3.041
47.077
172.880
186.844
98.281
122.588
1.841
4.824
30.704
49.205
21.329
10.577
5.414


250.000
200.000
150.000
100.000
50.000
0
Número de ofertas
209.221
239.724
200.930
179.659
66.984
8.792
14.210
8.334
15.632
9.345
14.236
14.753
13.673
18.561
2017
2018
2019
2020
Año
NOMBRE_FUENTE
FINCA RAIZ
GALERIA INMOBILIARIA
OIC
PROPERATI


150.000
100.000
50.000
0
Número de ofertas
92.752
139.471
114.665
149.025
97.057
142.207
119.258
159.619
2017
2018
2019
2020
Año
TIPO_OFERTA
ARRIENDO
VENTA


200.000
150.000
100.000
50.000
0
Número de ofertas
56.583
175.640
73.591
190.099
60.111
179.153
82.066
196.811
2017
2018
2019
2020
Año
CLASE_PREDIO
N
P



References

Francisca Antman and David J McKenzie. Earnings mobility and measurement error: A pseudo-panel approach. *Economic Development and Cultural Change*, 56(1):125–161, 2007.

Gustavo Canavire-Bacarreza and Marcos Robles. Non-parametric analysis of poverty duration using repeated cross section: an application for Peru. *Applied Economics*, 49(22):2141–2152, 2017.

Angus Deaton. Panel data from time series of cross-sections. *Journal of Econometrics*, 30(1-2):109–126, 1985.

François Gardes, Greg J Duncan, Patrice Gaubert, Marc Gurgand, and Christophe Starzec. Panel and pseudo-panel estimation of cross-sectional and time series elasticities of food consumption: The case of US and polish data. *Journal of Business and Economic Statistics*, 23(2):242–253, 2005.

Rozana Himaz and Harsha Aturupane. Returns to education in Sri Lanka: a pseudo-panel approach. *Education Economics*, 24(3):300–311, 2016.

O Melo, L López, and S Melo. Diseño de experimentos: métodos y aplicaciones. *Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá*, 2007.

José Pinheiro and Douglas Bates. *Mixed-effects models in S and S-PLUS*. Springer Science & Business Media, New York, 2006.

Carol Propper, Hedley Rees, and Katherine Green. The demand for private medical insurance in the UK: a cohort analysis. *The Economic Journal*, 111(471):180–200, 2001.

Oliver Schabenberger and Carol A Gotway. *Statistical methods for spatial data analysis*. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, 2017.

Maresa Sprietsma. Computers as pedagogical tools in Brazil: a pseudo-panel analysis. *Education Economics*, 20(1):19–32, 2012.

Ainhoa Oguiza Tovar, Inmaculada Gallastegui Zulaica, and Vicente Núñez-Antón. Analysis of pseudo-panel data with dependent samples. *Journal of Applied Statistics*, 39(9):1921–1937, 2012.

Chi-Hong Tsai, Corinne Mulley, and Geoffrey Clifton. A review of pseudo panel data approach in estimating short-run and long-run public transport demand elasticities. *Transport Reviews*, 34(1):102–121, 2014.

B Piedad Urdinola and Carlos Ospino. Long-term consequences of adolescent fertility: The colombian case. *Demographic Research*, 32:1487–1518, 2015.

Marno Verbeek. Pseudo-panels and repeated cross-sections. In *The econometrics of panel data*, pages 369–383. Springer, 2008.

Marno Verbeek and Theo Nijman. Minimum mse estimation of a regression model with fixed effects from a series of cross-sections. *Journal of Econometrics*, 59(1-2):125–136, 1993.

William WS Wei. Time series analysis. In *The Oxford Handbook of Quantitative Methods in Psychology: Vol. 2*. 2006.

Brady T West, Kathleen B Welch, and Andrzej T Galecki. *Linear mixed models: a practical guide using Statistical Software*. CRC Press, Boca Raton, 2014.