

Escuela de Gobierno

Tipo de documento: Tesis de maestría



Maestría en Economía Urbana

Análisis empírico sobre el impacto del arbolado urbano en la valoración del suelo de la ciudad de Buenos Aires

Autoría: Ostojic, Matías

Año: 2015

¿Cómo citar este trabajo?

Ostojic, M. (2015) "*Análisis empírico sobre el impacto del arbolado urbano en la valoración del suelo de la ciudad de Buenos Aires*". [Tesis de maestría. Universidad Torcuato Di Tella]. Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella

<https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/13906>

El presente documento se encuentra alojado en el Repositorio Digital de la Universidad Torcuato Di Tella bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional
Dirección: <https://repositorio.utdt.edu>



ANÁLISIS EMPÍRICO SOBRE EL IMPACTO DEL ARBOLADO URBANO EN LA VALORACIÓN DEL SUELO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Utilizando el método de web scraping se obtiene, durante el primer mes del año 2015, una muestra de 4800 inmuebles de la Ciudad de Buenos Aires. Por medio de enriquecimiento de variables a través del uso de datos abiertos georreferenciados para su análisis GIS y STATA, se midió por medio de un modelo de precios hedónicos, el impacto de los efectos del arbolado localizado en la vía pública y sus atributos en el precio de venta de los inmuebles. Se evidencia empíricamente un impacto positivo asociado a la incorporación de arbolado en la vía pública en función de un radio de 75 metros respecto de la oferta; así mismo la presencia de atributos de heterogeneidad asociados a la riqueza florística muestra ser desfavorables a la valorización de los bienes privados. Adicionando el impacto en relación a la interacción entre este atributo paisajístico y otras variables del inmueble y de su entorno, refuerzan la necesidad de un abordaje multidisciplinario a la hora de establecer políticas públicas enfocadas a remediar aquellas problemáticas asociadas al paisaje urbano de la Ciudad.

TESIS DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA URBANA - UTDT

Alumno: Matias Ostojic

Tutor: Ricardo A. Pasquini

Lugar: Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Fecha: 21/10/2015

INDICE

1. Introducción.....	3
2. Origen y tratamiento de datos.....	5
3. Secuencia de análisis.....	7
3.1 Resultados estadísticos	7
3.2 Construcción ecuación de precios hedónicos.....	11
3.3 Resultados empíricos obtenidos.....	13
4. Conclusiones.....	17
5. Bibliografía.....	20
6. Anexos.....	21

1. INTRODUCCIÓN

La silvicultura urbana, como disciplina que procura la producción de productos forestales no maderables, cuenta con poco más de 130 años de historia en la Ciudad de Buenos Aires. A partir de 1880 la Ciudad fue separada de la Provincia de Buenos Aires y transformada en Capital Federal, durante esta década surgen las primeras tareas sistemáticas en las que el estado interviene el arbolado urbano. Para el censo de 1885 se registran 1.100 árboles, los cuales fueron implantados por sus propios vecinos. La necesidad desde la nueva municipalidad en mantener una estrategia urbana integral en la elección de ejemplares adecuados a las necesidades de una ciudad en crecimiento, así como el mantener determinadas características paisajísticas y métodos de implantación; da origen a la Dirección de Parques y Paseos la cual logra, durante el periodo comprendido entre 1890 a 1950, mantener un mismo lineamiento de manejo y administración registrando al fin de vigencia la suma de 450.000 ejemplares, siendo al día de hoy valor máximo registrado en la historia de la Ciudad.

A partir de la década de los 50's la Ciudad carece de continuidad en el manejo de su arbolado, perdiendo los lineamientos de la Dirección de Parques, manifestando la pérdida gradual de características paisajísticas originales. Tras el censo realizado a principios de los 90's, se observa una disminución significativa a 328.000 ejemplares. Políticas de reforestación realizadas a partir de esa misma década recuperan parte de la cobertura forestal, según los datos del censo 2011, la ciudad cuenta con un patrimonio de 380.423 árboles, de los cuales un 87% se encuentran distribuidos en su vía pública y el 13% restante en los distintos espacios verdes de la Ciudad.

De los últimos datos censales de arbolado urbano, se observa la predominancia de un género específico (*Fraxinus* 46,84 %), identificando así la presencia dominante de un ejemplar en la vía pública de la Ciudad. Su utilización se encuentra asociada a su alta adaptabilidad a cambios ambientales y a su fácil reproducción, lo cual favorece su implementación de forma masiva pudiendo así cumplir con bajos requisitos la función paisajística buscada. En contraste, se observa en los espacios verdes públicos una mayor riqueza florística, donde la predominancia no está ejercida por ninguna especie en particular, dando mayor peso a la heterogeneidad como atributo buscado. (*Anexos Gráficos I & II*). Respecto a la distribución, se observan asimetrías en distintas áreas de la ciudad; condiciones propias de la localización como centralidad, usos del suelo, polos de alto desarrollo inmobiliario en propiedad horizontal, afectan el peso de este elemento en el espacio (*Anexos Gráfico III*).

La necesidad de determinar los beneficios de la silvicultura urbana se considera complejo ya que sus costos, en función de cada árbol, son en magnitud más altas que la silvicultura no urbana (Maco y McPherson, 2003). Es recurrente observar en los trabajos de investigación la utilización del método de precios hedónicos para determinar los efectos de los servicios

ambientales en los precios de la vivienda; sin embargo son pocos los estudios que han observado los efectos del arbolado urbano sobre el mercado inmobiliario y casi ninguno se han centrado de forma explícita en los árboles localizados en la vía pública. Entre los escasos estudios que consideraron al arbolado urbano localizado en la vía pública se encuentran el realizado por Anderson y Cordell (1988), quienes consideraron el número de ejemplares, y Donovan y Buttr (2009), quienes complementaron los estudios mostrando la influencia del arbolado en la velocidad de venta tanto para el frentista directo como a sus vecinos gracias a características de los ejemplares.

La ampliación de trabajos y programas ambientales propositivos impulsados por el gobierno local ponen de manifiesto la importancia del material vegetal de las ciudades como instrumento capaz de mejorar las condiciones de habitabilidad en ella. Si bien se utilizan parámetros estandarizados para aproximar los efectos de remediación asociada a la incorporación de material vegetal, se omite el potencial impacto económico en la valoración del suelo por posibles cambios en la disposición de este recurso en la vía pública.

Considerando el carácter natural y cultural del arbolado público de la Ciudad (LEY N° 1556/04) y los antecedentes descriptos anteriormente, se presumen posibles vinculaciones entre valorización del suelo privado y este bien público; sin embargo la sola condición de tenencia de arbolado no es suficiente en asignar valor al suelo, la presencia de parámetros de homogeneidad o heterogeneidad de ejemplares influyen de distinta manera su potencial la valorización debido a posibles lineamientos paisajísticos. Por otro lado las diferentes formas de uso del suelo no solo condicionan su uso, sino también la topología constructiva determinantes y el peso de los atributos vegetales.

Ante lo expuesto surge como **hipótesis que el impacto en la valoración inmobiliaria asociada al arbolado urbano será distinto en función de la localización de los inmuebles, a su vez, factores de cantidad y riqueza florística afectarán de diferente manera su valoración.**

La presente investigación es un trabajo original en la forma en la cual se abordará desde lo metodológico el tratamiento de datos en la búsqueda de aportar dada la ausencia de trabajos enfocados en develar empíricamente el impacto del arbolado urbano así como otros atributos asociados a este sobre la oferta inmobiliaria. Posibilitando la inclusión de nuevos elementos omitidos que mejoren la capacidad de toma de decisiones a la hora de elaborar políticas públicas esperando no sean solo enfocadas a los posibles efectos paliativos o de remediación ambiental, sino también comprender aquellos potenciales efectos monetarios asociados a la utilización de este recurso paisajístico en el suelo urbano y optimizar su instrumentación futura.

2. ORIGEN Y TRATAMIENTO DE DATOS

Debido a la ausencia de antecedentes locales en los cuales se trate metodológicamente a el arbolado como variable en la contribución de valor, se procedió a partir como lineamiento general la base metodológica de trabajos de similares realizados en la ciudad de Portland, EUA (Donovan & Buttrick, 2009). En primera instancia, se partió utilizando como fuente de suministro de datos aquellos provistos libremente por el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, los cuales en su mayoría se encuentran georreferenciados, posibilitando su cruzamiento y generación de nuevas variables. Para este trabajo se utilizaron datos de elementos físicos (censo arbolado urbano, calles, espacios verdes, estaciones de FFCC y subterráneos, etc.) sociales (censo 2010), normativas de uso del suelo (Código de Planeamiento Urbano); debido a que los datos referidos a la oferta inmobiliaria publicados por el Gobierno de la Ciudad son incompletos para realizar una mejor apreciación de las características de los inmuebles, se procedió a crear una base de datos propia.

Durante el mes de enero 2015 se procedió a obtener bajo el método de extracción de datos web (mejor conocido como *web scraping* o *raspado de datos*), aquella oferta inmobiliaria publicada en sitios web especializados para la Ciudad de Buenos Aires durante ese mes, permitiendo obtener una base georeferenciable superior a los 4.800 datos de oferta inmobiliaria de la Ciudad diferenciando tipología de oferta (departamento, casa, oficina, galpón), cantidad de ambientes, superficie (m²), valor total (USD) y dirección (calle y altura). La elección de los sitios web abarca aquellos que cuentan con una base de datos actualizable de forma periódica y minimizando de esta manera la presencia de registros antiguos. El *web scraping* facilita como método sistemático la obtención de dato web a partir de la vinculación de base de datos HTML por medio de un programa de uso libre, facilitando su almacenaje y posterior transformación en un formato de hoja de cálculo para su utilización. Su implementación en este trabajo no solo facilito la obtención de una base de datos actualizada y georeferenciables de la oferta inmobiliaria, sino también amplía la incorporación de nuevas potenciales fuentes de información para la recolección de datos de la Ciudad.

Para realizar el análisis de las variables del arbolado, se procedió a trabajar con la base de datos del censo de arbolado urbano de GCBA, la cual cuenta con una descripción detallada de los ejemplares existentes en la ciudad (localización, altura, diámetro de tronco, nombre de familia botánica, nombre de género, nombre científico), para el presente trabajo se enfocó el análisis en la cantidad de especies lindantes a la oferta inmobiliaria y la riqueza florística que cuenta. Para determinar la distancia del arbolado a la oferta generada, se consideraron las distancias en un radio de 25, 50, 75 y 100 metros. La elección de estas distancias se encuentra asociado a la localización de la oferta, la misma se encuentra mayoritariamente georeferenciada en la intersección de calles, por lo tanto es imposible determinar con precisión los ejemplares más próximos a la oferta; desde el punto de vista paisajístico mejora

la apreciación del análisis conjunta de la masa arbórea sobre el análisis del individuo, especialmente al considerar el carácter patrimonial que este representa para la Ciudad, por lo tanto se procederá a analizar el impacto de esta variable para cada radio de distancia. Otro aspecto relevante, considerando la ausencia de antecedentes similares en el análisis, se realizara el análisis de datos con todos los radios pero solo se tomará aquel cuyo radio que permita mejorar el coeficiente de determinación (R^2) del modelo de precios hedónicos.

Para obtener el factor de riqueza florística se determinó utilizar el índice de Shannon como método para medir la biodiversidad específica a partir los datos de los censales de arbolado urbano. El índice de Shannon o índice de Shannon-Wiener (1949) es un método de análisis basado en la teoría de la comunicación, el cual ha sido probado y utilizado tanto en las ciencias de la ecología como en otras ciencias biológicas para medir la biodiversidad específica (Thompson, Hanna, Noel & Piirto, 1999). La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^r (p_i) (\log p_i)$$

Dónde:

r : número de especies (riqueza de especies)

p_i : proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i), n_i/N

n_i : Número de individuos de la especie i

N : Número de todos los individuos de todas las especies

El índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia). En los ecosistemas naturales este índice varía entre "0" y no tiene límite superior. Si $H'=0$, solamente cuando hay una sola especie en la muestra y H' es máxima cuando las especies están representadas por el mismo número de individuos. El valor máximo suele estar cerca de 5 para los ambientes naturales (pudiendo ser superior para aquellos ambientes excepcionalmente ricos en variabilidad biológica), en el caso de ambientes urbanizados los valores máximos en estudios de diversidad florística sobre arbolado en espacios verdes públicos suelen rondar dentro de rangos de 3 y 3.5 (Gustavo Enrique Re y otros, 2011). La incorporación del índice de Shannon al modelo de precios facilitará comprender como se comportan los factores de heterogeneidad / homogeneidad en la implantación de este recurso paisajístico; por otro lado la interacción de esta variable con otras mejora la compleja asociación de elementos que hacen la determinación de precios en la Ciudad.

En ocasiones es posible identificar que el efecto de la variable dependiente respecto de una variable explicativa depende de la magnitud de otra. Wooldrige (2006) hace referencia a los

efectos de interacciones multiplicativas entre variables las cuales pueden tener importantes implicaciones para la interpretación de modelos estadísticos. Desde el campo de las ciencias políticas, Friedrich (1982) refuerza la importancia de la multiplicación de variables aludiendo el efecto de condicionantes propias del entorno implican variaciones en los servicios que disponen los inmuebles afectando la valuación del mismo. En este caso se analizarán las interacciones entre las variables relevantes en este trabajo de investigación (arbolado y riqueza florística) respecto variables continuas (en este caso la cantidad de ambientes y la proximidad del subterráneo) y variables dummies (zonificación y tipología de oferta inmobiliaria) la elección de estas se vincula directamente a la hipótesis original del presente trabajo, así como la posibilidad mejorar la capacidad explicativa del modelo de precios hedónicos.

Finalmente, para minimizar errores de especificación del modelo, se buscó incluir variables consideradas relevantes que permiten mejorar la capacidad explicativa del mismo. Partiendo bajo la premisa del sesgo de variable omitida (una variable omitida en el modelo que puede tener una relación con la variable dependiente y una o más de las variables independientes) se fueron incluyendo al modelo aquellos atributos propios y externos asociados a los inmuebles que contribuyen a la formación de valor del suelo, así como elementos asociados al arbolado urbano y calidad de vida de la población próxima a este; para esto último se utilizaron variables socioeconómicas, las cuales surgen en base al censo nacional del año 2010; por medio de asociación espacial entre los radios censales y los puntos de oferta georreferenciados, se obtuvo una aproximación de variables socioeconómicas (en este caso las necesidades básicas insatisfechas según radio censal) que permitirán mejorar el modelo de precios hedónicos.

3. SECUENCIA DE ANÁLISIS:

La Sección 1 es un análisis de los estadísticos obtenidos.

La Sección 2 se realizara la explicación de la construcción del modelo de precios hedónicos para explicar el impacto de las variables en estudio.

La Sección 3 se expresara la regresión realizada y se procederá a explicar los resultados obtenidos para sus variables.

Finalmente se procederá a realizar una serie de conclusiones sobre los resultados obtenidos.

3.1 RESULTADOS ESTADÍSTICOS:

Por el método de *web scraping* se obtuvo una base total de 4803 datos, siendo según tipología: 3599 como oferta de departamentos a la venta, 709 PH a la venta, 272 oficinas y consultorios, 185 casas y 38 depósitos/ galpones. La oferta inmobiliaria obtenida cuenta una distribución en todos los barrios y comunas de la ciudad, permitiendo mejorar una caracterización de su oferta. Se observa una oferta muy concentrada en los barrios de la

comuna 13 (601 datos) seguida por la 12(455), 6(416) y 1(416), en contraposición las comunas 8 (60) y 4 (100) son las que cuentan con menor número de datos, probablemente asociado a que gran parte de su territorio se encuentra ocupado por espacios verdes y asentamientos informales. (Tablas I, II y III)

comuna	sum(casas)	sum(depar~s)	sum(depos~s)	sum(ofici~s)	sum(ph)
1	6	270	1	124	15
2	0	151	0	5	3
3	8	324	1	34	28
4	9	51	9	8	23
5	5	235	0	12	33
6	9	378	1	8	20
7	16	308	2	3	74
8	7	32	4	0	17
9	26	127	6	2	149
10	23	150	2	0	74
11	19	155	2	3	65
12	30	322	3	5	95
13	12	527	0	36	26
14	8	316	1	26	21
15	7	253	6	6	66

Tabla I. Resumen de datos muestra oferta inmobiliaria según comuna

```

tipo
-----
type: string (str30)
unique values: 5          missing ***: 0/4803

tabulation: Freq. Value
             185  "Casa en Venta"
             3599 "Departamento en Venta"
              38  "Depositos y Galpones en Venta"
             272  "Oficina y Consultorio en Venta"
             709  "PH en Venta"

```

Tabla II. Resumen de datos muestra oferta inmobiliaria según tipo

tipo	mean(usdm2)
Casa en Venta	1515.35
Departamento en Venta	2364.44
Depositos y Galpones en Venta	835.711
Oficina y Consultorio en Venta	2052.71
PH en Venta	1830.86

Tabla III. Resumen de datos muestra oferta inmobiliaria según valor medio

Los valores medios medidos en dólares por metro cuadrado (usd/m2) para cada tipología de oferta inmobiliaria ponderan a los Departamentos (2364 usd/m2), seguido por Oficinas y Consultorios (2052 usd/m2), PH (1830 usd/m2), Casas (1515 usd/m2) y por ultimo a los Depósitos y Galpones (835 usd/m2) con el menor valor (Tabla IV). Trabajos académicos realizados en para analizar el mercado inmobiliario de la Ciudad de Buenos Aires (Fuks, Senderovsky & Suez, 2012) refuerzan la importancia de entender que el impacto de las unidades de departamentos con baja superficie, las cuales tienden a ser más demandadas en el mercado debido a que su mercado su mercado es mayor. Tomando en cuenta que dentro

de la base de datos obtenida los departamentos representan el 75% de la oferta, se tomará en consideración este factor en el tratamiento de datos del modelo hedónico, debido a que influirá el modelo generando valores negativos en el beta.

Categoría	% del mercado	Precio Promedio anual (usd/m2)	Precio max (usd/m2)	Precio min (usd/m2)	% participacion por tipologia				
					casa	ph	departamentos	depositos& galpones	oficinas& consultorios
Menos de 30 m2	6%	2653	1300	1400	0%	6%	89%	0%	6%
31 m2 a 50 m2	34%	2324	16364	860	0%	10%	85%	0%	5%
51 m2 a 80 m2	30%	2206	10333	590	0%	17%	80%	0%	3%
81 m2 a 120 m2	15%	2154	9000	600	3%	25%	68%	0%	4%
121 m2 a 200 m2	9%	2108	7308	375	15%	20%	58%	0%	7%
Mas de 200 m2	6%	1611	6549	320	37%	7%	18%	13%	25%

Tabla IV. Distribución oferta inmobiliaria web scraping enero 2015

Los datos asociados a la cantidad de arbolado a distintos radios de distancia respecto la oferta inmobiliaria reflejan en promedio una menor cantidad de árboles y un bajo índice de Shannon para las comunas 1, 3 y 8 en todos casi todos los radios de distancia; en contraste las comunas 9, 10, 11 y 12 concentran altos valores medios de arbolado y diversidad. En el caso particular de la comuna 1, una baja oferta de arbolado para este sector de la ciudad se encuentra particularmente asociada a las condiciones históricas del sector, así como las condicionantes morfológicas de áreas centrales, el tipo de uso asignado a este sector de la ciudad (principalmente institucional a nivel nacional y municipal), la oferta inmobiliaria refuerza esta tendencia al ser el sector con mayor número de oficinas ofertadas concentrando el 46% del mercado. (Tabla V.)

comuna	25 m	S - 25M	50 m	S-50M	75 m	S- 75M	100 m	S-100M
1	2,35	0,14	9,02	0,39	16,52	0,47	26,31	0,58
2	6,72	0,65	21,06	0,91	37,11	0,97	57,81	1,07
3	5,87	0,43	19,40	0,75	32,80	0,80	49,32	0,89
4	6,63	0,55	22,44	0,78	40,57	0,99	61,95	1,07
5	5,80	0,56	21,78	0,91	37,66	1,01	55,81	1,05
6	6,84	0,78	22,67	1,10	40,84	1,26	64,36	1,43
7	7,20	0,93	22,38	1,26	38,30	1,39	58,96	1,47
8	6,38	0,64	17,40	0,79	30,01	0,94	48,63	1,02
9	8,21	0,98	26,24	1,34	48,32	1,50	77,44	1,61
10	7,45	0,86	23,87	1,28	41,85	1,41	66,20	1,52
11	7,75	0,95	23,67	1,30	41,65	1,45	66,95	1,59
12	8,82	1,05	24,45	1,31	41,86	1,39	66,18	1,52
13	6,81	0,68	22,06	1,00	38,55	1,16	59,53	1,28
14	8,07	0,74	24,92	1,01	41,67	1,08	63,97	1,18
15	6,05	0,64	21,9	1,04	38,38	1,18	62,25	1,28

	valores bajos
	valores altos

Tabla V. Arbolado e índice de Shannon por comuna según radio de oferta inmobiliaria

Analizando la oferta respecto a los distritos de uso del suelo se observa una concentración mayoritaria en distritos de uso residencial (54%) seguido por uso central (28%); respecto a la tipología de oferta según usos el 70% de la oferta de casas y PH se localiza en uso residencial, seguidos por departamentos y depósitos con un 52% y 45% respectivamente dentro de este sector. En contraste en distrito de uso central se concentra el 43% de la oferta de oficinas y el 30% de departamentos, este último dato es relevante debido a que implicaría la posibilidad de un uso profesional de esta oferta. (Tabla VI)

tipo	APH	C	E	R	U
Casa en Venta	3	18	19	132	13
Departamento en	128	1088	325	1889	169
Depositos y Galp	1	9	7	18	3
Oficina y Consul	49	118	20	72	13
PH en Venta	11	93	82	497	26
Total	192	1326	453	2608	224

Tabla VI. Oferta y usos del suelo

Realizando un análisis de correlación donde se incluyen usos del suelo y la cantidad de árboles con sus respectivos índices de riqueza florística, se encuentra con mayor claridad la importancia de la normativa de usos sobre la disposición del arbolado en la vía pública. Se observa una correlación negativa entre el arbolado y aquellos distritos centrales (C) y de protección histórica (APH) con valores promedio de -36% y -26% ; contrastando respecto a distritos de uso residencial (R) donde la correlación positiva cuenta con valores promedio de $+37\%$. Como se expresó anteriormente, el peso en la valoración del atributo arbolado impactará de distinta manera dependiendo de las características de su entorno, en este caso la normativa de uso refleja este efecto. (Tabla VIII)

	APH	C	E	R	U
APH	1.0000				
C	-0.1260	1.0000			
E	-0.0659	-0.1993	1.0000		
R	-0.2220	-0.6717	-0.3510	1.0000	
U	-0.0451	-0.1366	-0.0714	-0.2406	1.0000
arbolado_25m	-0.1669	-0.3676	0.0498	0.3649	0.0070
SHAN_ARB25	-0.1418	-0.3231	0.0093	0.3733	-0.0733
arbolado_50m	-0.2304	-0.3245	0.0381	0.3735	-0.0282
SHAN_ARB50	-0.1873	-0.2753	0.0140	0.3627	-0.1122
arbolado_75m	-0.2357	-0.3144	0.0276	0.3692	-0.0190
SHAN_ARB75	-0.2017	-0.2722	0.0148	0.3610	-0.1018
arbolad-100m	-0.2237	-0.3144	0.0128	0.3683	-0.0072
SHAN_ARB100	-0.2132	-0.2632	0.0198	0.3547	-0.1043

Tabla VIII. Correlación entre arbolado / riqueza y usos del suelo.

En resumen, los datos de la muestra reflejan parte de lo postulado en la hipótesis del trabajo; se observa una oferta inmobiliaria mayoritariamente concentrada hacia el uso residencial del suelo y una tipología de oferta principalmente asociada a una mayor densificación (departamentos) del suelo respecto a las viviendas unifamiliares (ph y casa); finalmente otro aspecto relevante de los datos, al correlacionar las tipologías de uso sobre la oferta vegetal y su respectiva riqueza florística, se observa un reforzado efecto variabilidad en el peso hacia valoración del atributo paisajístico según cada sitio. Al considerar estas condiciones de habitar y/o utilizar el espacio privado es presumible múltiples percepciones y valorizaciones de aquellos elementos que forman al paisaje urbano (Chatterjee, 2009).

3.2 CONSTRUCCION ECUACIÓN DE PRECIOS HEDÓNICOS:

El método de los precios hedónicos es una manera de expresar la valuación del bien en estudio, considerando que su valor está compuesto por los distintos atributos que forman parte del mismo. No obstante, estos atributos que hacen al bien no se pueden valorar separadamente, ya que no existe un mercado explícito para ellos en forma aislada, sino que entre todos conforman el bien en particular. El método de precios hedónicos se ha utilizado para estimar el valor de una amplia gama de servicios ambientales y amenidades. El precio de la vivienda es típicamente una regresión contra variables que la describen (número de ambientes, por ejemplo), las variables que describen el entorno (proximidad a determinados servicios públicos, por ejemplo), y las variables que describen la amenidad ambiental objeto de estudio: en este caso, el número y riqueza florística del arbolado en la vía pública.

Tomando en cuenta los efectos asociados a sesgo de variable omitida y considerando los modelos de precios hedónicos con mayor similitud (Donovan & Buttr, 2009) al presente trabajo de investigación, se incorporaron variables asociadas a condiciones particulares de la oferta inmobiliaria permitiendo mejorar la capacidad explicativa del modelo y minimizar los errores que este pudiera arrojar.

La función de precios hedónicos creada para estimar el impacto del arbolado en el valor del precio de metro cuadrado fue estructurada de la siguiente manera:

- La variable dependiente es el logaritmo natural del precio del metro cuadrado en dólares del inmueble $\ln(\text{precio m}^2/\text{usd})$
- Las variables independientes son:
 - I. La sumatoria de las características intrínsecas de la propiedad (\ln superficie, cantidad de ambientes)

- II. La sumatoria de las características amenidades asociadas a la localización de la propiedad (proximidad a estaciones de subterráneo, ferrocarril y proximidad a espacios verdes).
- III. La sumatoria de las características socioeconómicas según el radio censal donde se localiza la oferta inmobiliaria (NBI).
- IV. Variables dummy para la tipología de propiedad (casa, ph, departamento, galpón y oficina, respectivamente).
- V. Variables dummy para el uso normado del suelo donde se localiza la propiedad según estipula el código de planeamiento urbano (central, residencial, especial, área de protección histórica, equipamiento, y de urbanizaciones determinadas, respectivamente).
- VI. La sumatoria de las características intrínsecas referidas al arbolado que permitirán determinar el impacto acorde a la hipótesis planteada (cantidad de árboles próximos a la oferta inmobiliaria según radio censal y su respectivo índice de riqueza florística; la interacción del arbolado y riqueza florística respecto a la cantidad de ambientes y proximidad a servicios públicos; variables dummy de interacción entre arbolado y riqueza florística respecto a variables de usos de suelo y tipología de oferta inmobiliaria).

La función se expresaría sintéticamente de la siguiente manera:

$$\begin{array}{c}
 \text{Variables de control} \qquad \qquad \qquad \text{Variables relevantes para explicar la hipótesis} \\
 \underbrace{\hspace{10em}} \\
 \text{Ln (precio m2/usd)} = \alpha + \sum_a \beta_a + [\dots] + \sum_j \beta_j Arb_c + \sum_k \beta_k Arb_r + \sum_l \beta_l Arb_c^{*ic} + \sum_t \beta_t Arb_r^{*ic} + \sum_u \beta_u Arb_c^{*id} + \sum_v \beta_v Arb_r^{*id} + \mu_i
 \end{array}$$

Dónde:

α = constante.

Arb_c = cantidad de arbolado urbano.

Arb_{ra} = riqueza florística (índice de Shannon).

Arb_{c*ic} = interacciones continuas relacionadas a la cantidad de arbolado urbano.

Arb_{ra*ic} = interacciones continuas relacionadas a la riqueza florística (índice de Shannon).

Arb_{c*id} = interacciones dummy relacionadas a la cantidad de arbolado urbano.

Arb_{ra*id} = interacciones dummy relacionadas a la riqueza florística (índice de Shannon).

μ_i = término de error.

3.3 RESULTADOS EMPÍRICOS OBTENIDOS

A continuación se realizara una descripción de los resultados obtenidos del modelo de precios hedónicos, el cual permitirá observar las particularidades de los efectos marginales de cada variable en el precio del metro cuadrado.

Source	SS	df	MS				
Model	208.962356	37	5.64763124	Number of obs = 4803			
Residual	482.697145	4765	.101300555	F(37, 4765) = 55.75			
				Prob > F = 0.0000			
				R-squared = 0.3021			
				Adj R-squared = 0.2967			
Total	691.659501	4802	.144035714	Root MSE = .31828			

ln_usdm2	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ln_superficie	-.1924158	.0107697	-17.87	0.000	-.2135294	-.1713022
FOT	.0291658	.0066787	4.37	0.000	.0160724	.0422593
Ambientes	.0404869	.014745	2.75	0.006	.0115799	.069394
prox_e_subte	-.0001389	.0000142	-9.77	0.000	-.0001667	-.000111
prox_e_ffcc	-.000038	9.05e-06	-4.20	0.000	-.0000557	-.0000203
prox_espacios_verdes_todos	-.0001863	.0000307	-6.07	0.000	-.0002465	-.0001261
nbi10_rad_sensal	-.0011841	.000208	-5.69	0.000	-.0015918	-.0007764
casas	-.0382829	.1027242	-0.37	0.709	-.2396698	.163104
depositos	-.9580592	.1592838	-6.01	0.000	-1.270329	-.6457894
oficinas	.0157303	.0567934	0.28	0.782	-.095611	.1270715
ph	-.174334	.055193	-3.16	0.002	-.2825378	-.0661302
APH	.1064711	.0551378	1.93	0.054	-.0016244	.2145666
E	.0031056	.0466873	0.07	0.947	-.0884232	.0946344
R	.2261521	.0423132	5.34	0.000	.1431987	.3091055
U	.7400869	.0648216	11.42	0.000	.6130066	.8671672
arbolado_75m	.0050787	.0011137	4.56	0.000	.0028954	.007262
SHAN_ARB75	-.1475672	.0362079	-4.08	0.000	-.2185515	-.0765829
arbxamb	-.0012059	.0003498	-3.45	0.001	-.0018916	-.0005202
riqxamb	.0535601	.0104346	5.13	0.000	.0331034	.0740167
riqxsubte	.0000658	9.55e-06	6.88	0.000	.000047	.0000845
arbxsubte	-4.12e-08	2.81e-07	-0.15	0.883	-5.92e-07	5.10e-07
arbxAPH	.0020522	.00193	1.06	0.288	-.0017315	.0058358
arbxE	-.0145655	.0050473	-2.89	0.004	-.0244605	-.0046706
arbxR	-.0024009	.0008864	-2.71	0.007	-.0041386	-.0006632
arbxU	-.0022932	.0014961	-1.53	0.125	-.0052262	.0006399
riqxAPH	-.0154679	.0625261	-0.25	0.805	-.138048	.1071122
riqxE	.0056846	.0382226	0.15	0.882	-.0692493	.0806185
riqxR	-.0155261	.0279388	-0.56	0.578	-.0702992	.0392469
riqxU	-.2600051	.0501859	-5.18	0.000	-.3583926	-.1616176
arbxcasa	.0010415	.0019798	0.53	0.599	-.0028398	.0049227
arbxdepositos	.0000449	.0043943	0.01	0.992	-.0085698	.0086597
arbxoficinas	-.0061021	.0017563	-3.47	0.001	-.0095452	-.002659
arbxph	-.0000311	.0011591	-0.03	0.979	-.0023035	.0022412
riqxcasa	-.2038912	.0578878	-3.52	0.000	-.3173781	-.0904044
riqxdepositos	.4425097	.1295705	3.42	0.001	.1884915	.6965278
riqxoficinas	.3412383	.0629148	5.42	0.000	.2178962	.4645805
riqxph	-.0225037	.0324375	-0.69	0.488	-.0860961	.0410888
_cons	8.325745	.066095	125.97	0.000	8.196168	8.455322

Acorde a lo expresado anteriormente, se procedió a realizar el análisis de precios hedónicos sobre aquel modelo cuyo coeficiente de determinación cumpliera la condición de mejorar en conjunto la capacidad explicativa del modelo, en este caso se procedió utilizar aquel cuyo radio de arbolado se encuentra en un radio de 75 metros respecto de la oferta inmobiliaria.

Con 4803 observaciones por un lado, un coeficiente de determinación (R^2) expresando que el 30.21% de la variabilidad del logaritmo del precio de venta por metro cuadrado se encuentra explicado por el modelo y analizando el test de bondad del ajuste (estadístico "F"), el cual determina un p-valor del 0.0000, menor al 0.05, que es el nivel de significatividad elegido para este ejercicio. **En consecuencia se puede afirmar que el modelo tiene capacidad de explicar la variabilidad del precio de venta por metro cuadrado de la oferta inmobiliaria.**

Con un nivel de confianza del 95%, hay evidencia empírica para afirmar que todas las variables independientes son significativas para explicar la variabilidad del logaritmo del precio de venta. Este resultado surge luego de analizar los resultados de los Test de Significatividad Individual de las variables analizadas. Para la mayoría de las variables (salvo para algunas variables dummy de tipología y distrito como las interacción de algunas variables con arbolado y riqueza, las cuales entran en área de rechazo), los p_valores son menores al nivel de significatividad considerado ($\alpha = 0,05$). Dicho de otro modo, las variables son significativas para explicar la variación del precio de venta por metro cuadrado de la oferta inmobiliaria.

La explicación del significado de las variables debe realizarse tomando en cuenta las categorías de comparación. En este caso se toman como categorías la tipología "departamentos" y de usos del suelo "distrito central", puesto que las mismas cuentan con una cantidad significativa de datos, y esto hace más preciso el estimador de las categorías incluidas. Por lo tanto la explicación de los resultados obtenidos en la regresión para estas variables serán en contraste respecto a la dummy excluida leyéndose en este caso de la siguiente manera "respecto a los departamentos/ áreas de distrito central, el valor del metro cuadrado".

- Arbolado y riqueza

El arbolado dentro de un radio de 75mts respecto a la oferta inmobiliaria (*arbolado_75m*) refleja un incremento de valor en un orden del 0.5% sobre el metro cuadrado ofertado por cada árbol que incorpore.

Por otro lado los índices de riqueza florística (*SHAN_ARB75*) reflejan valores negativos (-14%) lo cual implicaría marcado el efecto negativo de la heterogeneidad arbórea en la valoración del suelo urbano.

- Interacciones continuas

Los resultados muestran que las interacciones entre arbolado variables continuas como el número de ambientes o la distancia al subte refleja valores significativos. Lo mismo ocurre con interacción de riqueza florística con estas variables. Los resultados de la interacción deben de interpretarse con precaución a fin de no caer en una lectura incorrecta de los efectos que estos conllevan.

Para el caso de la interacción del arbolado respecto al número de ambientes (*arbxamb*) el coeficiente estimado es de -0.12%. Es decir, el arbolado tenderá a incrementar el valor relativamente menos cuando las propiedades tengan mayor número de ambientes. Si consideramos una propiedad de número de ambientes promedio (2.5), entonces el efecto total de un árbol adicional será: $0.5\% + 2.5 * -0.12\% = 0.2\%$ ^{*1}. Para el caso de la riqueza florística (*riqxabmb*), el coeficiente de interacción con el número de ambientes estimado es 5%. Es decir, el efecto de un incremento en la riqueza florística será mayor cuanto más grandes sean las propiedades. Siguiendo el ejemplo anterior, el efecto total de un incremento de un punto en la riqueza florística es $-14\% + 2.5 * 5\% = -1.5\%$. De incrementarse el número de ambientes la interacción de la riqueza adicional genera mayor valor, mientras que el número de árboles genera una leve disminución.

Por otro lado se observa que la interacción entre arbolado y riqueza florística respecto a la distancia del subterráneo los resultados obtenidos son solo significativos para el caso de riqueza (*riqxsabte*), siendo su coeficiente estimado de +0.01%; es decir el efecto de un incremento en la riqueza florística es mayor cuando mayor sea la distancia al subterráneo. Considerando la distancia medias las estaciones de subterráneos (1151mts), el efecto total en relación a la riqueza florística es $-14\% + 1151 * 0.01\% = -2.5\%$.

- Interacciones Dummies

A diferencia de las interacciones continuas, los resultados de interacciones entre arbolado y riqueza respecto a variables dummy de atributos de normativa de uso del suelo y tipología de construcción ofertada, reflejan menor cantidad de variables con nivel de confianza del 95% observándose resultados con valores p mayores al 0.05, perdiendo estos significatividad individual para explicar su efecto en el modelo. Aquellas interacciones con significatividad individual con de p-valores menores a 0.05 serán descriptas a continuación. Tomando en cuenta que la interacción será efectiva bajo presencia del atributo dummy activo, es importante analizar con cuidado los resultados de los coeficientes de la interacción.

- *Interacciones & zonificación*

El coeficiente que acompaña la interacción entre arbolado y uso especial del suelo (*arbxse*) refleja un coeficiente (β_2) de -1.4%. Esto implica que los árboles adicionales incrementan menos el valor en estos distritos especiales (en términos relativos). Dijimos previamente que añadir un árbol incrementaba el valor en un 0.5% en la muestra en general. Al considerar la interacción encontramos que el impacto total de un árbol adicional será de $0.5\% * -1.4\% = -0.90\%$ para

^{*1} Notar que 0.5% se obtuvo previamente como coeficiente del arbolado al ser incorporado como variable independiente.

propiedades de uso especial. En el caso de la interacción del arbolado y uso residencial (*arbxr*) se

encuentra un coeficiente de -0.24% (por lo tanto un efecto total del arbolado de +0.26% en estos distritos). Por otro lado las interacciones de riqueza florística y los distritos de urbanizaciones (*riqXu*) refleja un coeficiente (β_2) de -26% (el impacto total de la riqueza estimado es de -40%.)

- *Interacciones & tipología*

Las interacciones entre la riqueza florística y las distintas tipologías reflejan una mayor cantidad de variables con significatividad individual respecto de aquellas relaciones con el arbolado. Para el caso de riqueza florística y tipología casa (*riqxcasa*) los resultados obtenidos (β_2) son de -20% (el efecto total de la riqueza es de -34% en esta tipología); en contraposición los depósitos (*riqxdeposito*) y oficina (*riqxoficina*) refleja un coeficiente (β_2) de +44% y +34% (por lo tanto el efecto de la riqueza es +30% y +20 % respectivamente). Por otro lado se observa la interacción entre arbolado y tipología de oficina (*arbxoficina*) los resultados obtenidos (β_2) son de -0.60% (el impacto total de la riqueza estimado es de -0.10%.)

• Variables de control

La elección de variables de control utilizadas en el presente modelo fue utilizada en función de poder analizar las variables asociadas a características propias de la oferta inmobiliaria así como las interacciones que pueden surgir de estas en relación a los atributos vegetales en discusión. A continuación se procederá a realizar una breve descripción de los resultados obtenidos para cada una de estas variables.

- *In_superficie*: podemos observar que el beta es negativo. Esto implica que a mayor cantidad de metros cuadrados menor será el precio de cada uno. Este resultado, refleja un valor decreciente del -19% a medida que el metraje aumenta. Habiéndose explicado anteriormente las razones por la cual no es posible tomar en cuenta el valor de esta variable fue incluida para mejorar la capacidad explicativa del modelo.
- *FOT*: se evidencia un incremento de +2.9% en el valor del metro cuadrado ante un mayor factor de ocupación del terreno.
- *Ambientes*: impacta positivamente al incorporar un mayor número de ambientes adicionando +4% el valor del suelo.
- *Proximidad estaciones de subterráneo*: un incremento en la distancia a las estaciones de subterráneo tienen un efecto marginal negativo sobre el valor del inmueble reduciendo su valor -6.95% por cada 500 mts que la oferta se aleja de las estaciones de subterráneo.
- *Proximidad estaciones de tren*: de la misma manera que la variable anterior, el efecto marginal del incrementar la distancia a las estaciones de ferrocarril es negativa con un

- impacto de -1.90% por cada 500mts que la oferta se aleja de las estaciones de ferrocarril.
- *Proximidad espacios verdes*: el beta que el modelo le asignó al incremento en la lejanía a los espacios verdes es de -9.32% por cada 500mts que la oferta se aleja de este bien público.
 - *NBI radio censal*: mayores condiciones de necesidades básicas insatisfechas, incrementará el perjuicio en la valoración del metro cuadrado en -1.1% por cada 10 hogares con NBI próximos a la oferta inmobiliaria.
 - *Casas*: respecto a los departamentos la tenencia de vivienda tipo casa reduce el valor en -3.8%.
 - *Depósitos*: respecto a los departamentos la tenencia de oferta tipo depósitos reduce la valoración del m2 en -95%.
 - *Oficinas*: respecto a los departamentos la tenencia de oficinas incrementa el valor del suelo en +1.5%.
 - *PH*: respecto a los departamentos la tenencia de PH reduce el valor de oferta del m2 en -17%.
 - *APH*: respecto a la los distritos de uso central, localizarse en distritos amparados bajo protección histórica incrementa la valoración del suelo +10%.
 - *E*: respecto a la los distritos de uso central, localizarse en distritos de equipamiento incrementa el valor del suelo en +0.3%.
 - *R*: respecto a la los distritos de uso central, localizarse en distritos de uso residencial incrementa la valoración en +22%.
 - *U*: respecto a la los distritos de uso central, localizarse en distritos de urbanizaciones determinadas aumentan el valor en +74%.

4. CONCLUSIONES

Por medio del modelo de precios hedónicos se pudo estimar el impacto en la valoración del suelo privado en función del arbolado urbano y sus atributos para la Ciudad de Buenos Aires. En primera instancia se observó un impacto positivo asociado a la cantidad de árboles en el espacio público circundantes en un radio de 75 metros agregando medio punto porcentual al valor total del metro cuadrado por cada árbol adicional incorporado a la vía pública; sin embargo una mayor heterogeneidad en la vía pública implica una significativa pérdida de valor por el incremento de variabilidad vegetal reforzando así la impronta de la planificación paisajística en la precepción del entorno y su valor.

Otros aspectos analizados son las interacciones de las variables de arbolado y riqueza florística respecto a variables continuas y dummies. En el primer caso se observó efectos positivos asociados al número de ambientes y dichos atributos arbóreos; si bien un mayor número de ambientes refleja un impacto considerable en el valor del suelo, en función al número de árboles, la interacción con la riqueza florística resulta de mayor relevancia. Por otro lado la interacción entre la distancia a las estaciones de subterráneos y los atributos vegetales señalan una interacción negativa, lo cual refleja simultáneamente el peso de otros elementos vinculados específicamente a las áreas próximas a subterráneos, por ejemplo la localización en sectores de alto tránsito donde predomina y valora más la actividad comercial/institucional. Respecto a las interacciones dummy relacionadas a la zonificación y la tipología de vivienda reflejan lo mencionado anteriormente, cambios en las normas de uso y oferta inmobiliaria interactúan de distinta manera con los atributos paisajísticos. Para ambos casos la interacción resultante de las variables dummy con la riqueza florística es donde se refleja el mayor impacto en la valorización del suelo, reforzando el peso de estos recursos paisajísticos.

Los resultados de este estudio validan la hipótesis planteada y refuerzan varias implicaciones relevantes a la hora de esbozar políticas públicas vinculadas al tratamiento del arbolado urbano. Desde la fundación del Gobierno local el arbolado, tanto en su implantación como su mantenimiento, dependió fundamentalmente de la fortaleza institucional y discrecionalidad de recursos asignada por el gobierno de turno; tomando en cuenta la secuencia temporal del arbolado en la evolución de la Ciudad se estima que por lo menos un 70% del actual inventario se encuentra afectado a periodos de ausencia estatal (1950- 1990), por lo tanto no difícil imaginar que gran parte del mismo sea susceptible a problemáticas fitosanitarias con un alto costo de remediación o que conlleven forzosamente a su probable remoción. Considerando el último informe publicado por la Auditoría General de la Ciudad de Buenos Aires (2014), el cual fue realizado sobre la Dirección General de Arbolado, expresa la debilidad de los sistemas de control, planificación e implementación de sus funciones en la administración del patrimonio vegetal de la Ciudad. Esto inevitablemente implica una potencial pérdida futura de este recurso, lo cual es deseable imponga necesarios cambios en las políticas vinculadas a la rehabilitación vegetal de la Ciudad.

Es esperable que a partir de la fundamentación empírica presentada en este trabajo sobre los beneficios económicos vinculados al arbolado urbano y sus atributos, se facilite un nuevo abordaje en la planificación urbana y mejorando la toma de decisiones en aquellos comprometidos en las políticas públicas. El abordaje multidisciplinario de actores intervinientes no solo estarán en condiciones de entender los beneficios de comprender los beneficios asociados de entender el ciclo de vida del arbolado y sus fases, las cuales facilitan predecir la tasa de absorción y asimilación de carbono atmosférico, sino también serán capaces de remediar y mejorar la valorización de aquellos sectores donde se perdió las virtudes de la planificación con un mayor entendimiento del impacto generado.

Finalmente, es importante reforzar que gracias a una mayor comprensión del arbolado urbano como pieza en la Ciudad y el beneficio deseado a las futuras generaciones, solo podrán ser posibles de transferir sabiendo que la probabilidad de éxito de supervivencia de este factor biótico está altamente ligada a la planificación y por ende todos los beneficios ambientales y económicos resultantes solo se podrán amortizar con el tiempo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Arboles Urbanos, Biota Rioplatense, Volumen IV, Editorial L.O.L.A, Hurrel, Julio A. y otros, Buenos Aires, 1era reimpresión. 2005.
- Arboles Urbanos 2, Biota Rioplatense, Volumen VI, Editorial L.O.L.A, Hurrel, Julio A. y otros, Buenos Aires, 1era reimpresión. 2006.
- Des Rosiers, F. "Landscaping and House Values: An Empirical Investigation", 1999.
- Introductory Econometrics: A Modern Approach, Jeffrey M. Wooldridge Michigan State University, 2006.
- In Defense of Multiplicative Terms in Multiple Regression Equations, Robert J, Friedrich, American Journal of Political Science, 1982
- Informe Ejecutivo Auditoría General de la Ciudad de Buenos Aires, Código del Proyecto 1.13.08, emisión 26/03/2014.
- Los Arboles de la Ciudad Universitaria, Diagnóstico de estado y riesgo aparente, Gustavo Enrique Re y otros, Universidad Nacional de Córdoba, 2011.
- La grilla y el parque, Espacio público y cultura urbana en Buenos Aires 1887-1936, Adrian Gorelik, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, 2da. Reimp. , 2010.
- Perception of Housing Environment among High Rise Dwellers, Mohua Chatterjee, Bethune College, Kolkata, Journal of the Indian Academy of Applied Psychology, 2009.
- Trees in the city: Valuing street trees in Portland, Oregon Geoffrey H. Donovan, David T. Butryb, 2009.
- Tesis, Tema: Análisis determinantes del precio de los departamentos CABA, UTDT, Ariel Fuks, Diego Senderovsky Maximiliano Suez, 2012.
- Valuation of tree aesthetics on small urban-interface properties, Richard Thompson, Richard Hanna, Jay Noel & Douglas Piirto, Journal of Arboriculture ,1999.
- Valuing Walkability and Vegetation in Portland, Oregon, Niko Drake-McLaughlina and Noelwah R. Netusil, 2011.
- Secretaría de Planeamiento del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. www.ssplan.buenosaires.gov.ar
- Ministerio de Modernización del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, datos abiertos. www.data.buenosaires.gob.ar
- sitios de extracción de datos web scraping www.mercadolibre.com.ar, www.dueñodirecto.com.ar, www.argenprop.com.ar

6. ANEXOS

Gráfico I. Arbolado vía pública

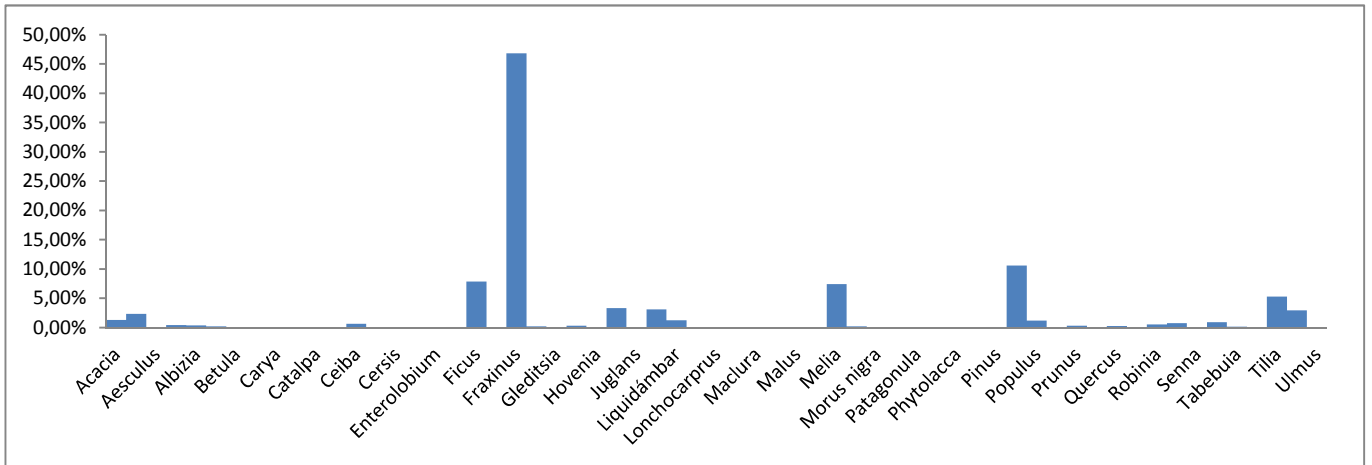


Gráfico II. Arbolado espacios verdes

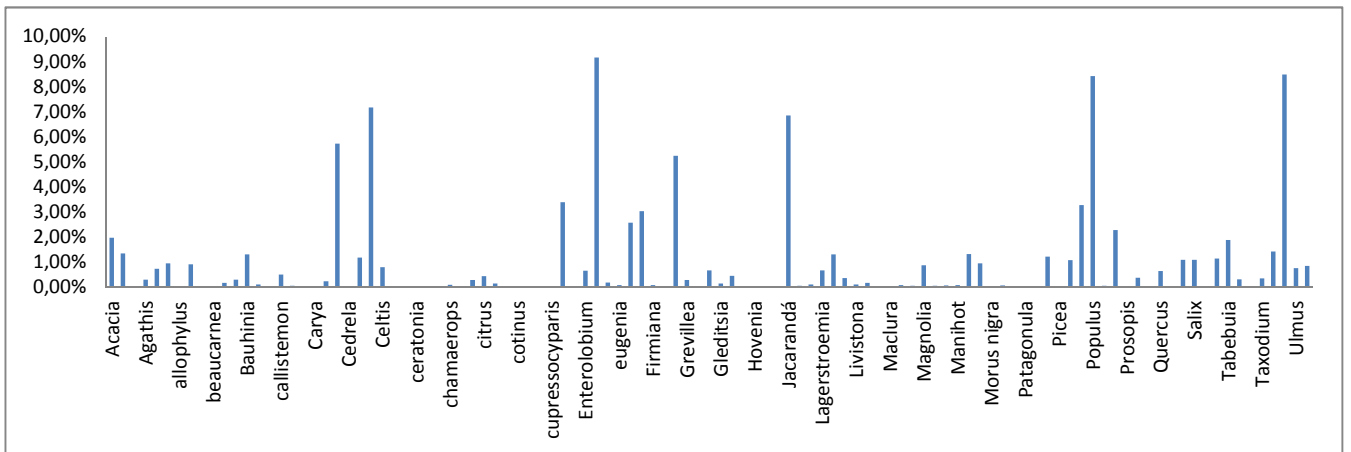
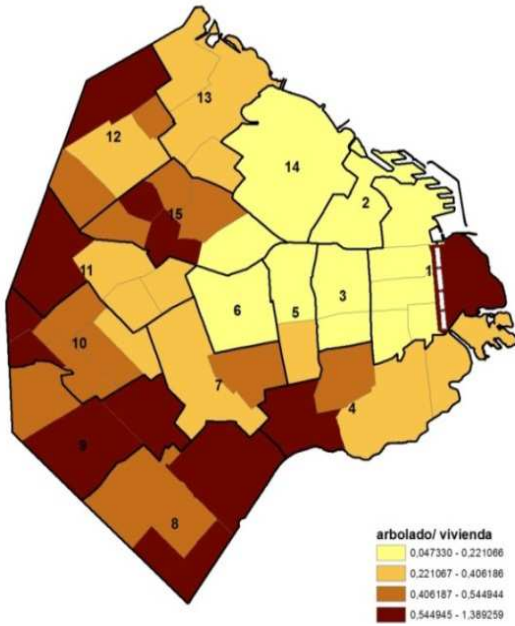
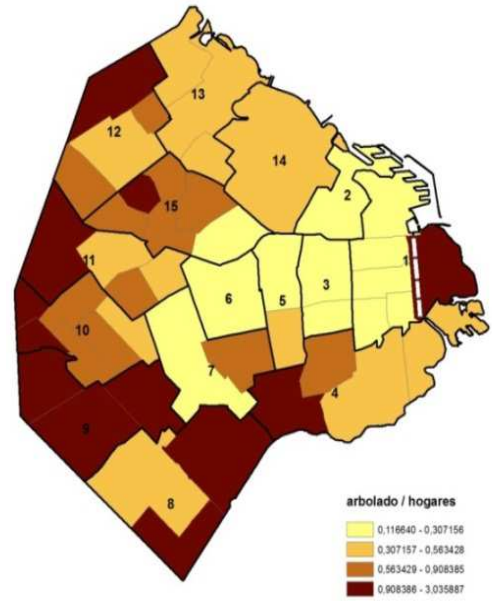


Gráfico III. Arbolado urbano y distribución en la ciudad

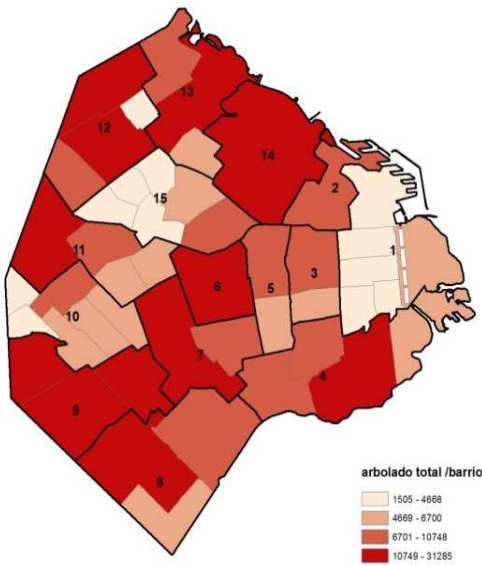
Arbolado total/ barrio



Arbolado total / población



Arbolado total/ vivienda



Arbolado total / hogares

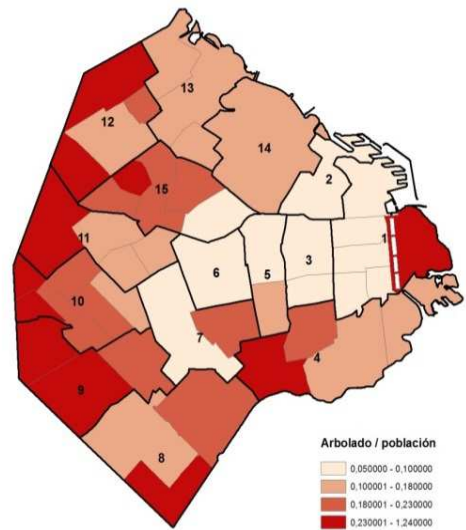


Grafico IV. Oferta inmobiliaria total web scraping enero 2015 filtrada y georreferenciada

