

## **Capitalización de externalidades causadas por rellenos sanitarios en el precio de las casas: un análisis con precios hedónicos**

César Augusto Rivera de Jesús

### **Resumen**

Este trabajo proporciona una evaluación empírica sobre el impacto negativo que generan los rellenos sanitarios “El milagro” y “La cañada” ubicados en el municipio de Ixtapaluca, Estado de México, en el precio de las viviendas que se encuentran cercanas a dichos sitios de disposición final. Se hizo uso del método de precios hedónicos que forma parte de la familia de los métodos indirectos de valorización económica, el cual es usado en estudios relacionados con la calidad ambiental y el precio de inmuebles. Los resultados de este trabajo muestran que las viviendas que se encuentran localizadas a una distancia entre 0-6 km de distancia a los rellenos sanitarios tienen un efecto negativo sobre el precio de estas, y cuyo valor es menor en un 15.80% en comparación con las viviendas que se encuentran a una distancia mayor de 6 km.

**Palabras clave:** Precios hedónicos, residuos sólidos urbanos, relleno sanitario, precio de la vivienda.

**Clasificación JEL (Journal of Economical Literature):** C13, Q2, Q5.

### **Abstract**

This paper provides an empirical assessment on the negative impact generated by the "El milagro" and "La cañada" sanitary landfills (located in the municipality of Ixtapaluca, State of Mexico) on the house's price that are close to these sites. The hedonic price method was applied, which is part of the family of indirect economic valuation methods, which is used in studies related to environmental quality and property prices. The results from this paper show that the houses that are located at a distance between 0-6km from the sanitary

landfills have a negative effect on the price of these, and whose value is lower by 15.80% compared to the houses that are at a distance greater than 6 km.

**Keywords:** Hedonic price, solid waste, sanitary landfill, Price of housing.

**JEL (*Journal of Economical Literature*) Code:** C13, Q2, Q5.

## **Introducción**

La actividad humana ha generado impactos ambientales negativos en el aire, suelo, agua y biodiversidad desde siempre, sin embargo, hoy en día los impactos son mayores que hace tiempo, un ejemplo de esto es el aumento en la generación de residuos derivados de las actividades humanas, las cuales se han visto influenciadas por la urbanización, el crecimiento de grandes conurbaciones y el estilo de vida (Giusti, 2009). Tan solo a nivel mundial en 2010 se generaron 1,300 millones de toneladas diarias de residuos y en 2025 se estima que la cifra ascienda a 2, 200 millones. En México, en 2017 se generaron 44.6 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU), los cuales están asociados a la urbanización y a los patrones de consumo (SEMARNAT, 2018).

Dichos RSU tienen diferentes destinos, los cuales puede ser la calle, un río o hasta el océano, derivado de malas prácticas en su disposición. Por otro lado, los RSU pueden tener como destino final un tiradero a cielo abierto, sitios no controlados y/o rellenos sanitarios (RS). En 2012 en la república mexicana se contaba con 1,264 tiraderos a cielo abierto, 121 sitios controlados y 216 rellenos sanitarios (SNIARN, 2020). Los datos relacionados con el número de sitios de disposición final en México demuestra el trabajo que falta por hacer, en relación con las políticas públicas que tiene como objeto los RSU y los sitios de disposición final.

Ante esto, es necesario resaltar la localización de los sitios de disposición final de los residuos sólidos urbanos, ya que estos sitios en su mayoría se encuentran localizados a las afueras de las ciudades. Como ejemplo de este argumento tenemos los sitios de disposición

final “Prados de la Montaña” cuya localización era la salida México- Toluca, “Santa Catarina” ubicado en la salida México-Puebla y “Bordo Poniente etapa I, II, III y IV” en la salida México-Texcoco.

Estas características de localización, toman relevancia cuando se analizan desde una perspectiva socio-económica, toda vez que puede generar asentamientos irregulares o en su defecto puede perjudicar de manera negativa a las viviendas que ya se encuentran establecidas y que ahora tendrán que tener cerca de sus hogares un sitio de disposición final de RSU que genera impactos ambientales y paisajísticos negativos.

Descrito lo previo, surge el interés de analizar el caso de los rellenos sanitarios “El milagro” y “La cañada”, localizados en el municipio de Ixtapaluca, Estado de México, toda vez que iniciaron sus operaciones en el periodo 2010-2011 en una zona aledaña a unidades habitacionales que en ese momento ya se encontraban edificadas y entre las cuales se encuentra la unidad habitacional “San Buenaventura”, la cual en algún momento fue considerada la más grande de Latinoamérica. Además, es importante mencionar que dichos RS en la actualidad funcionan como receptores de RSU del propio municipio, Chalco, Valle de Chalco Solidaridad y la Ciudad de México, siendo esta última la mayor contribuidora en la disposición final de RSU por la clausura de los RS situados en dicha entidad.

Por tal razón, el presente trabajo tiene como objetivo analizar las externalidades negativas generadas por los rellenos sanitarios “El milagro” y “La cañada” en el precio de las viviendas aledañas a estos. Para esto se hará uso de una técnica de la rama de la economía ambiental, la cual es denominada como “Precios hedónicos” y que forma parte de la valorización de preferencias reveladas, en la cual, según las distintas características de un bien (en este caso, una vivienda), estas conforman a su precio.

La presente investigación está estructurada en cuatro secciones, en la primera sección se ubica de manera geográfica los rellenos sanitarios a estudiar, junto con una breve descripción de su importancia y su actual capacidad en la recepción de RSU, a la vez que

describen los daños ambientales, de salud pública y económicos que generan los RS; en la segunda sección se realiza una revisión cronológica de la literatura relacionada con el método de precios hedónicos y su aplicación en materia ambiental; en la penúltima sección se realiza una aplicación empírica en la cual se describe la metodología y datos, y los resultados de dicha aplicación; para finalmente en la cuarta sección presentar las propuestas de política pública que se podrían hacer uso, derivado de los resultados obtenidos en la sección previa.

## 1. RELLENOS SANITARIOS

### 1.1. Rellenos sanitarios de Ixtapaluca

En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se generan aproximadamente 23 mil toneladas diarias<sup>1</sup> de Residuos Sólidos Urbanos (INEGI, 2015; SEDEMA, 2020; CMM, 2015) de las cuales son depositadas en los Rellenos Sanitarios “El Milagro” y “La Cañada”, (localizados en el municipio de Ixtapaluca, Estado de México) aproximadamente 5,904 toneladas diarias provenientes de la Ciudad de México, Valle de Chalco Solidaridad y Chalco, lo que representa el 25% de los RSU totales generados en la ZMVM. Tan solo 5,041 toneladas corresponden a la Ciudad de México, es decir, el 38% aproximadamente del total de los RSU generados en la capital mexicana (SEDEMA, 2020). Por otra parte, los municipios de Valle de Chalco Solidaridad, Chalco y el propio Ixtapaluca depositan en el RS “El Milagro” 863 toneladas diarias, lo que representa el 3.75% de los RSU generados en la ZMVM (CMM, 2015). Ver tabla 1.

**Tabla 1. Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos en la ZMVM**

ZMVM	Generación de RSU(t/día)	Disposición Final de RSU en
------	--------------------------	-----------------------------

<sup>1</sup> Cifra estimada a partir de la suma de datos encontrados en el anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2015, Inventario de residuos sólidos urbanos de la Ciudad de México 2019 y estudio de valorización y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos en el Estado de México.

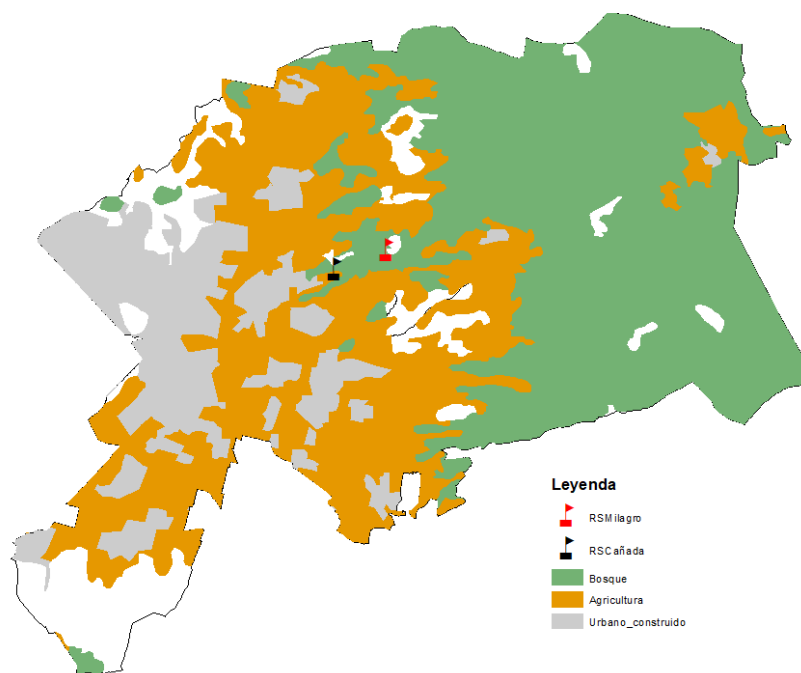
		Ixtapaluca (t/día)
CDMX	13,000	5,041
ESTADO DE MÉXICO	9,500	863*
TIZAYUCA	190	0
TOTAL	22,690	5,094

Nota: \*La cifra corresponde a los RSU depositados por los municipios Valle de Chalco Solidaridad, Chalco e Ixtapaluca

Fuente: Elaboración propia con datos del anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2015, inventario de residuos sólidos urbanos de la Ciudad de México 2019 y estudio de valorización y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos en el Estado de México.

Los rellenos sanitarios “El Milagro” y “La Cañada” iniciaron sus operaciones formalmente en noviembre del 2010 y diciembre del 2011 respectivamente. Dichos RS fungieron como respuesta a la clausura de los RS situados dentro en la Ciudad de México, los cuales se vieron rebasados desde 1994 con la clausura del sitio de disposición final “Prados de la montaña” y finalmente con el “Bordo Poniente etapa IV” en diciembre del 2011, el cual fue el último sitio de disposición final en funcionamiento cercano a la ciudad (SEDEMA, 2020).

**Mapa 1. Ubicación de Rellenos Sanitarios “El Milagro y “La Cañada”**



Fuente: elaboración propia con base en el Marco geoestadístico y uso de suelo, Serie IV, INEGI.

Es importante resaltar que los RS se encuentran localizados cercanos a zonas donde el uso de suelo es considerado como bosque y de uso agrícola. Los RS mencionados, se encuentran localizados en Km. 33 Carr. Fed. México-Puebla ejido de Ixtapaluca mina "La cañada", operado por Reciclados Integrales Ambientales, S.A. de C.V. y Carr. Fed. México-Puebla Km. 37.5 loma ancha "El milagro" ex hacienda de Zoquiapan operado por Tecnosilicatos de México S.A. de C.V. (Mapa 1).

### **1.2. Externalidades generadas por los rellenos sanitarios.**

Dentro de un sitio de disposición final se generan procesos de descomposición aerobia<sup>2</sup>, anaeróbica<sup>3</sup> y lixiviación<sup>4</sup>, los cuales tienen como productos la generación de H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>(amoníaco), H<sub>2</sub>S (sulfuro de hidrógeno), lixiviados, CO<sub>2</sub> (bióxido de carbono), CH<sub>4</sub>(metano), entre otros. Dichos procesos y productos dan como resultado la formación de biogás el cual tiene una composición variada de componentes entre los que sobresalen el CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> los cuales tienen un mayor potencial de contaminación. Sin embargo, también se presentan en cantidades bajas gases como el H<sub>2</sub>S, mercaptano, componentes orgánicos volátiles, los cuales son las principales fuentes de malos olores en los sitios de disposición final (Kiss y Encarnación,2006).

La disposición final de RSU en los RS generan externalidades negativas en términos ambientales, de salud pública y económicos derivados de los procesos de descomposición microbiana y liberación de componentes contaminantes de los residuos, que ya se mencionaron en el párrafo anterior (Kiss y Encarnación,2006; Jaramillo,2002; Giusti,2009).

---

<sup>2</sup> Descomposición biológica de la materia en presencia de oxígeno

<sup>3</sup> Proceso biológico, que tiene lugar en ausencia de oxígeno

<sup>4</sup> Proceso en el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido.

### **1.2.1 Externalidades ambientales**

Las externalidades ambientales negativas provocadas por los sitios de disposición final están vinculadas a la contaminación del suelo, agua y aire. Por un lado, el suelo se ve afectado por la circulación de contaminantes hacia el manto acuífero (en caso de no contar con un subsuelo impermeable u obras de ingeniería) de este modo genera un impacto en la contaminación del agua, la cual en caso de ser extraída para el uso de la población ocasiona daños en la salud (Kiss y Encarnación, 2006; Jaramillo,2002). En lo que respecta al aire, existe la posibilidad de la generación de incendios derivados del descuido humano o en su defecto, ser provocados de manera intencional. No obstante, en los rellenos sanitarios se genera la emisión de gases de efecto invernadero como el CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> los cuales contribuyen al aumento de la temperatura global (SEMARNAT, 2016). Tan solo en 2015 el sector residuos generó 6.6% del total de emisiones del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de los cuales el 47.7% correspondió solo a la subcategoría Disposición final de residuos sólidos urbanos, es decir 21,920.61 Gg de CO<sub>2</sub>e (SEMARNAT, INECC, 2018).

### **1.2.2 Externalidades en Salud**

En lo que concierne a la salud pública, como se mencionó en el párrafo anterior el problema ocasionado por la filtración de contaminantes hacia los mantos acuíferos genera daños a la salud de los pobladores que hacen uso de ese recurso de forma indirecta. Sin embargo, existen otras externalidades negativas a la salud pública tanto de forma indirecta como de forma directa, entre las que destaca la proliferación de animales que transmiten enfermedades (moscas, cucarachas, roedores, entre otros) tanto a trabajadores de los sitios de disposición final como a la población que se encuentra aledaña a los sitios (Kiss y Encarnación, 2006; Jaramillo,2002). Por otro lado Giusti (2009), expone que algunos estudios asocian la mala salud a la cercanía de un vertedero por ejemplo la exposición a enfermedades congénitas o algunos cánceres sin embargo, menciona que los estudios

carecen de datos que contengan la exposición directa, por lo que esta asociación es insuficiente.

### **1.2.3 Externalidades económicas**

Finalmente se encuentran las externalidades negativas relacionadas a términos económicos, las cuales se derivan del impacto negativo que sufre el paisaje aledaño dando como resultado un impacto negativo en la plusvalía socio-económica de la región (Kiss y Encarnación, 2006). Es importante mencionar que si bien en muchos artículos, libros y estudios se menciona los efectos negativos que generan los rellenos sanitarios en el precio de las casas, en México no se ha aplicado un estudio de este tipo.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

A lo largo de su historia, el método de precios hedónicos ha sido aplicado en múltiples casos. El uso de este método se remonta a 1929 con Waugh quien ha sido adjudicado como el pionero en el uso del análisis de precios hedónicos, con su tesis doctoral titulada “Quality as a Determinant of Vegetable Prices: A Statistical study of Quality Factors Influencing Vegetable Prices in the Boston Wholesale Market” (Nerlove, 1995; Rose,1999). Sin embargo, en los primeros años se hizo uso de este en la industria automotriz (Riera, et al., 2016) por Court (1939) en el cual analiza las características de los automóviles en función de sus piezas, las cuales influyen en su valoración.

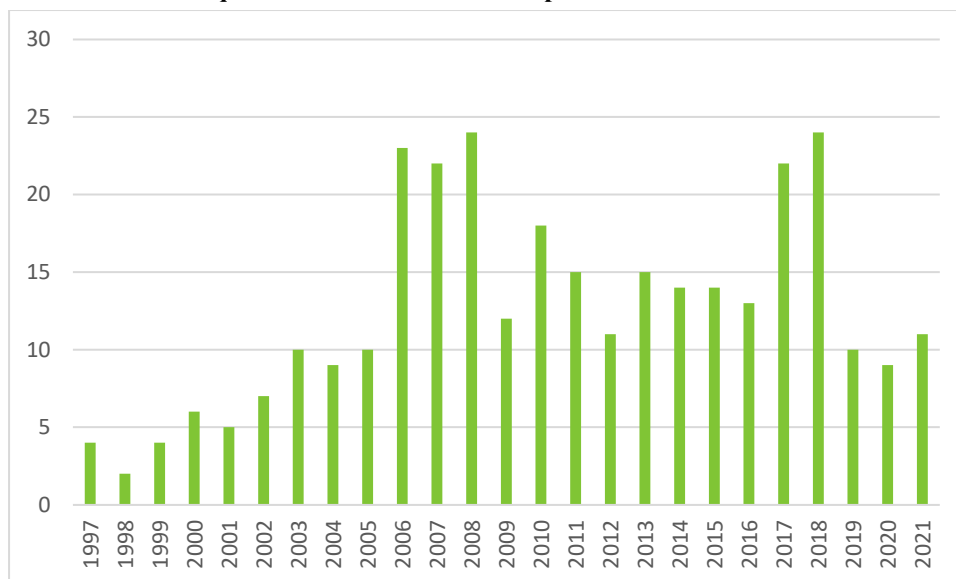
Con el paso del tiempo, el método de precios hedónicos adquirió relevancia en estudios relacionados con el mercado inmobiliario, no obstante, fue hasta 1967 cuando Ridker y Henning hicieron uso de este método para valorar bienes ambientales (Perman et al., 2011). Es importante mencionar que Rosen (1974) establece de forma sólida la metodología para la teoría de los precios hedónicos (Moreno y Alvarado, 2011) junto con Griliches (1967,



1971) y Freeman (1974). Como evidencia de los aportes, derivados de los estudios realizados por Ridker y Henning, y Rosen, se tiene el trabajo de Smith y Huang (1995) en el cual hacen uso de más de 100 estudios con modelos hedónicos realizados en el periodo 1967-1988, para estimar la disposición marginal a pagar para reducir partículas en suspensión a través de la metodología Meta-análisis.

En América Latina se han realizado estudios que hacen uso de este método, por ejemplo Mardones (2006) hace uso de este para estimar el impacto de la contaminación del aire asociado a la industria productora de harina de pescado, sobre el precio de las viviendas en Concepción-Talcahuano, Chile. En su trabajo destaca la valoración subjetiva de la variable “Malos olores”, para la cual fue necesario realizar una encuesta en los sectores afectados por la contaminación de aire.

**Gráfico 1. Estudios que hacen uso del método de precios hedonicos en temas ambientales**



Fuente: elaboración propia con datos de ScienceDirect

De acuerdo con datos de ScienceDirect en su registro de artículos publicados en los que hacen uso del método de precios hedónicos aplicados a temas ambientales, muestran el aumento del uso de éste (Ver Gráfico 1). Sin embargo, en México existen pocos estudios

que tengan ese enfoque. La mayoría de los estudios se enfocan en el sector inmobiliario sin denotar variables ambientales, por ejemplo Moreno et al. (2011) presenta en su estudio la deficiencia en la planeación en las ciudades del país, por consecuencia estudia las características de la vivienda en el Área Metropolitana de Monterrey según su espacio geográfico, sus características socioeconómicas y su entorno físico de acuerdo con las preferencias del individuo. Como resultado obtiene que las viviendas que cuentan con un parque, una vialidad importante cerca y éstas además cuentan con 3 recámaras y una cochera, son mayormente preferidas. Por otro lado Lara et al.(2017) valoró el costo de la expansión urbana en la Zona Metropolitana del Valle de México, en el cual si bien hace mención sobre los impactos sociales, económicos y ambientales derivadas de dicha expansión, el autor estima la pérdida de productividad tomando como base el costo de tiempo de un individuo que realiza el traslado de su hogar que se encuentra en la periferia hacia su centro de trabajo localizado dentro de la ciudad. Como resultado se estimó que una persona que vive en la periferia destinará durante su vida productiva a desplazarse USD 6,674.

**Tabla 2. Variables consideradas en estudios de Precios Hedónicos para México**

Título	Autor	Función aplicada	Variable Dependiente	Variables Independientes
El entorno social y su impacto en el precio de la vivienda: Un análisis de precios hedónicos en el Área Metropolitana de Monterrey	Moreno M., Ramsés E. y Alvarado L. Elías	$\log(\text{precio}) = \beta_0 + \beta_1 + (\text{Construcción}) + \beta_2 \text{recámaras} + \beta_3 \text{recámaras} + \beta_4 \text{Cochera} + \beta_5 \text{Plantas} + \beta_6 \text{DHospitales} + \beta_7 \text{DParque} + \beta_8 \text{DTemplo} + \beta_9 \text{DVialidad} + \beta_{10} \log(\text{Menores}) + \beta_{11} \text{Densidad} + \beta_{12} \text{Escolaridad} + \beta_{13} \text{Densidad} * \text{DParque} + \beta_{14} \text{Escolaridad} * \text{DVialidad} + \beta_{15} \text{DMunicipio} + \beta_{16} \text{SanN} + \beta_{17} \text{Gpe} + \mu$	Precio de viviendas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M2 de construcción</li> <li>• M2 de terreno</li> <li>• #Baños</li> <li>• #Recámaras</li> <li>• #Plantas</li> <li>• Cochera</li> <li>• Proporción menores 12 años</li> <li>• Densidad</li> <li>• Escolaridad</li> <li>• Contaminación (PM10)</li> <li>• Localidad</li> </ul> <p>Distancia en metros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cementerio-Vivienda</li> <li>• Hospital-Vivienda</li> <li>• Templo-vivienda</li> <li>• Escuela vivienda</li> </ul>

Tabla 2 . Continuación ...

Los costos de la expansión urbana: aproximación a partir de un modelo de precios hedónicos en la Zona Metropolitana del Valle de México	Lara Pulido, J. A., Estrada Díaz, G., Zentella Gómez, J. C., & Guevara Sanginés, A.	$\log(\text{precio}) = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{Distancia}) + \beta_2 \text{Localidad} + \beta_3 \text{Edad} + \beta_4 \text{AreaHab} + \beta_5 \text{AreaTo} + \beta_6 \text{Baños} + \beta_7 \text{Estacionamiento} + \beta_8 \text{Niveles} + \beta_9 \log(\text{velocidad})$	Precio de viviendas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro comercial-vivienda</li> <li>• Vialidad importante-vivienda</li> <li>• Distancia</li> <li>• Localidad</li> <li>• Edad</li> <li>• Área habitable</li> <li>• Área Total</li> <li>• #Baños</li> <li>• #Estacionamientos</li> <li>• #Niveles</li> <li>• Velocidad</li> </ul>
Impacto del ruido en el precio de la vivienda en la zona poniente de la Ciudad de México	De la Torre López, Rodolfo	$\text{Log\_valor} = \beta_i + \beta_i A_{2007} + \beta_i A_{2008} + \beta_i \text{Clase\_mb}_i + \text{Clase\_m}_i + \text{Clase\_ma}_i + \text{Clase\_a}_i + C_{\text{supcat}2_i} + C_{\text{supcat}3_i} + C_{\text{supcat}4_i} + \text{Localiza}_i + \text{Sect}7172_i + Ql_{e16ymas_i} + A_{\text{verde}_i} + L50_{C_i} + \epsilon_i$	Precio por m2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Año</li> <li>• Superficie en m2</li> <li>• Clase de vivienda</li> <li>• Localización</li> <li>• Segregación socioeconómica</li> <li>• Amenidades urbanas</li> <li>• Áreas verdes</li> <li>• Índice de Ruido</li> </ul>
Are land value related to ambient air pollution levels? Hedonic evidence from Mexico City	Chakrabarti, L., R. Here, D., & Hernández, D. C. (2019)	$LV_{t,z} = \alpha_z + \beta_1 \text{Poll}_{C,z} + \beta_2 \text{SSC}_{C,z} + \beta_3 \text{EUEC}_{C,z} + \delta_Q + \rho_Y + \mu_{t,z}$	Valor promedio trimestral de la tierra de acuerdo con el código postal en el periodo 2006-2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código postal</li> <li>• Nivel promedio de contaminación</li> <li>• Control socioeconómico</li> <li>• Control socioeconómico local</li> <li>• Efectos fijos trimestrales</li> <li>• Efectos fijos anuales</li> </ul>
Do Mexican care about air pollution?	Rodriguez S. José I.	$\theta_j + 0.20 \ln p_j = \beta_{PM} \ln PM_j + \beta_Z Z_j + \xi_j$	Calidad de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad del aire</li> <li>• Crimen per cápita</li> <li>• Tasa de empleo</li> <li>• Gasto de gobierno per cápita</li> <li>• Población</li> <li>• Esperanza de vida</li> <li>• Número de empresas en locación</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

Respecto a los estudios en México relacionados con los bienes ambientales De la Torre (2017), estima el impacto negativo de la exposición de ruido sobre el precio de las viviendas en la Ciudad de México, clasificadas en 5 submercados Cuajimalpa, las Lomas, Tacubaya-Escandón, Polanco y Pensil. Los submercados Cuajimalpa y Tacubaya-Escandón presentan un efecto positivo en el Índice de Depreciación por Ruido (NSDI), mientras que para los submercados las Lomas, Polanco y Pensil presentan un efecto negativo con valores -1.30, -0.71 y -1.90 respectivamente.

Entre los estudios relacionados con la percepción de la calidad del aire en México encontramos Chakraborti et al., (2019) quien estimó la disposición a pagar por el aumento de la calidad del aire (considerando los contaminantes O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) en la Ciudad de México a través de un modelo de precios hedónicos para el periodo 2005-2014. En el cual fueron obtenidas las características de los inmuebles para las 16 alcaldías de la Ciudad de México con el propósito de relacionarlos de manera espacial. Por otro lado, fueron consideradas las actividades económicas realizadas en la Ciudad de México en relación con su código postal. Como resultado obtuvo, que cuando incrementa un microgramo por metro cúbico de PM<sub>10</sub> disminuye el valor del inmueble en 0.7%, mientras que la Disposición Marginal a Pagar (DMP) por disminuir la contaminación del mismo fue de 41.5 pesos; el incremento de un microgramo por metro cúbico de PM<sub>2.5</sub> disminuye el valor del inmueble en promedio 2.2% del código postal y la DMP por disminuir la contaminación es de 130.4 pesos; el incremento de una parte por millón de SO<sub>2</sub>, disminuye el valor de los inmuebles del código postal en promedio 2.6% con una DMP de 154 pesos; mientras que el O<sub>3</sub> es estadísticamente no significativo. Al considerar la importancia espacial, realizó una corrección espacial en la cual obtuvo una DMP de 53.3 pesos para PM<sub>10</sub>, 142.3 pesos para PM<sub>2.5</sub>, 178 pesos para SO<sub>2</sub> mientras que para O<sub>3</sub> es de nuevo estadísticamente no significativa.

Rodríguez (2014) estima la disposición marginal a pagar por reducir la contaminación en el aire con el propósito de conocer cuánto valoran su salud los ciudadanos mexicanos, haciendo uso del modelo de segregación residencial en el que incorporar los costos de

migración y el modelo de precios hedónicos con el precio de las casas, los ingresos y las emisiones de PM<sub>10</sub>. Como resultado obtiene una relación negativa entre la calidad de vida y las emisiones de PM<sub>10</sub>, con una DMP por mejorar la calidad del aire mayor a \$443.66 y menor a \$2,682.92.

En los estudios que hacen uso de una variable relacionada con calidad del aire, se toman como valores de estas variables, el registro histórico del índice de calidad aire de los contaminantes criterio<sup>5</sup> obtenidas de las estaciones de monitoreo establecidas en las localidades o entidades. No obstante, no todas las localidades cuentan con una estación que pueda registrar los contaminantes criterio o en su defecto, se generan contaminantes que no son considerados como contaminantes criterios, como es el caso del CH<sub>4</sub> y los malos olores generados en alguna proporción por los rellenos sanitarios, en consecuencia pareciera complicado capitalizar las externalidades por los rellenos sanitarios, sin embargo Nelson et al. (1992) muestra como resultado de su estudio que las viviendas que se encuentran a dos millas del tiradero que se localiza en Ramsey, Minnesota, se ven afectadas de manera negativa en su valor, mientras que las que se encuentran a una distancia mayor de dos millas no presentan este efecto o en su defecto este es mínimo. Dicha afectación está estimada en la reducción del 12% del valor de la vivienda a través del método de precios hedónicos.

Los rellenos sanitarios situados en el municipio de Ixtapaluca perteneciente al Estado de México comienzan a generar estragos sobre la calidad del aire de la entidad no obstante presenta las características relacionadas con los contaminantes mencionadas en el párrafo anterior. Por lo cual, el objetivo será capitalizar las externalidades causadas por dichos rellenos sanitarios en el precio de las viviendas por medio del uso del método de precios hedónicos como Nelson et al., 1992.

---

<sup>5</sup> Aquellos contaminantes normados a los que se les ha establecido un límite máximo de concentración en el aire ambiente, con la finalidad de proteger la salud humana y asegurar el bienestar de la población. Estos son el ozono (O<sub>3</sub>), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el plomo (Pb), las partículas suspendidas iguales o menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) y las partículas suspendidas iguales o menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>)...

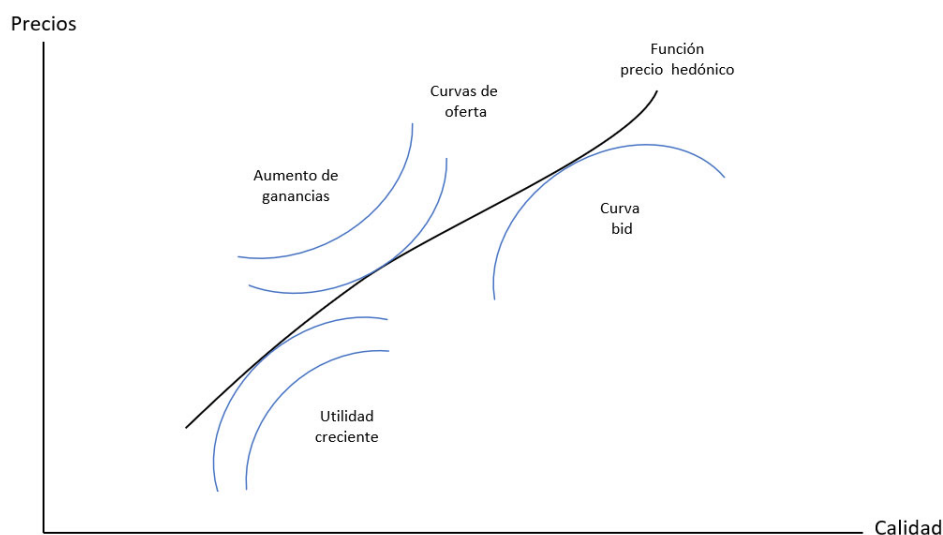
### 3. MODELO EMPÍRICO

#### 3.1. Metodología y datos

##### 3.1.1 Metodología

Perman et al. (2011) describe la función de precio hedónico como el precio de un bien diferenciado por calidad en términos de la calidad de sus atributos. Por lo que la función de precios hedónicos es una doble envolvente de la función de indiferencia de los compradores y las curvas de oferta de los vendedores, por lo que depende de la oferta y demanda de la calidad de los atributos dentro del mercado (Ver imagen 1). Por un lado la curva de indiferencia muestra las combinaciones de precios y la calidad de los atributos que sitúa al comprador en el mismo nivel de utilidad. Mientras tanto la pendiente de la función de indiferencia representa la cantidad máxima de dinero que está dispuesta a pagar el individuo por unidad adicional de la calidad del atributo. Y las curvas de oferta muestran las combinaciones de precios y la calidad de los atributos que sitúa al vendedor en el mismo nivel de utilidad.

**Imagen 1. Función de precios hedónicos como doble envolvente de funciones bid y curvas de oferta**



Fuente: Perman et al. (2011)

Sea  $h$  el precio de la vivienda. Sea  $q_n$  el vector de características de  $h$ , y  $\varepsilon$  como el término de error aleatorio, denotan dicha función de precios hedónicos como:

$$h = h(q_1, q_2, \dots, q_n) + \varepsilon$$

La derivada de la función de precio hedónico con respecto a la  $j$ -ésima característica, tiene como resultado la función de precio implícita para esa característica, siendo  $p_j$ :

$$p_j = \frac{\partial h(q_1, q_2, \dots, q_n)}{\partial q_j}$$

Permitiendo al hogar maximizar su utilidad ( $u$ ), el cual depende del consumo de un bien compuesto no-vivienda ( $x$ ) y del vector de características ( $q$ ). Dicha maximización se enfrenta a una restricción presupuestaria la cual contempla el ingreso del hogar ( $y$ ), el consumo del bien compuesto y el precio de la vivienda ( $h$ ). Cuyo lagrangiano relacionado con el problema de maximización es:

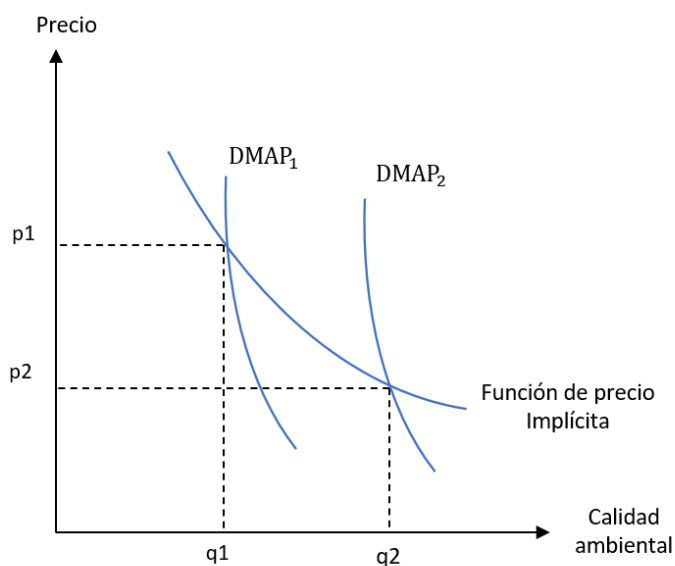
$$u(x, q_1, q_2, \dots, q_n) + \lambda(y - x - h(q_1, q_2, \dots, q_n))$$

La disposición marginal a pagar (DMAP) por parte del hogar por el atributo ambiental se obtiene con las condiciones de primer orden, que deben de ser igual a la derivada de la función de precio hedónico evaluada en la ubicación elegida por el hogar.

$$\frac{\partial u / q_j}{\lambda} = \frac{\partial h(q_1, q_2, \dots, q_n)}{\partial q_j}$$

La imagen 2 ilustra como los hogares se mueven a lo largo de sus curvas de demanda del producto ambiental hasta que el precio unitario  $p_j$  de la calidad ambiental sea exactamente igual a la DMAP. Es decir, que el efecto marginal en el precio de mercado refleja las preferencias de los individuos (Mendieta, 1999).

**Imagen 2. Función de precio implícita**



Fuente: Perman et al.(2011)

El método de precios hedónicos se conforma por dos etapas, la previamente desarrolla es conocida como la primera etapa y será hasta donde se desarrollará en el presente trabajo. La segunda etapa intenta identificar la curva de demanda del hogar para la calidad de la vivienda, sin embargo, el método no permite conocer la función de esta última, toda vez que es necesario obtener las observaciones de los hogares con las mismas características socio-económicas que enfrentan los diferentes precios implícitos (Perman et al. 2011).

### 3.1.1.1 Forma Funcional

Respecto a la elección de la forma funcional a la que se debe recurrir al hacer uso del método de precio hedónico Cruz (2005) y Azqueta (1994) mencionan que el problema de la especificación se resuelve desde un criterio empírico. Sin embargo, Perman et al. 2011 menciona que sería un error considerar la solución a la elección de la adecuada forma funcional solo desde un punto de vista empírico, toda vez que en ocasiones lo estudios



realizan la transformación de sus variables dependiente e independientes a logarítmicos y en términos interactivos o cuadráticos con el fin de incluirse en los rezagos. Rosen (1974) identifica el problema de la especificación de la forma funcional, en el cual evidencia que no es posible hacer uso siempre de una función lineal. El ejemplo de la discrepancia sobre la elección de la mejor forma funcional se observa en la Tabla 2 en la cual cada estudio de acuerdo con sus características aplicó la función que más se adecuaba.

Las formas funcionales usualmente aplicadas en los modelos hedónicos son lineales, semilog, y log-lineal. La forma funcional Box-Cox tomó interés en los años 80's ya que en esta no es necesaria la preselección de transformaciones a priori, lo que permite estimar de manera simultáneamente los parámetros con las variables independientes que se presentan en la ecuación (Wunder & Gutierrez, 1992). Por tal razón en este trabajo haremos uso de esta última, en la cual la transformación Box-Cox ajusta el modelo con la variable dependiente transformada

$$g(y_i, \theta) = \frac{y_i^\theta - 1}{\theta} = x_i^1 \beta + u_1$$

Donde  $\theta$  y  $\beta$  son estimados bajo el supuesto  $u_1 \sim N(0, \sigma^2)$  y cuyos casos principales son:

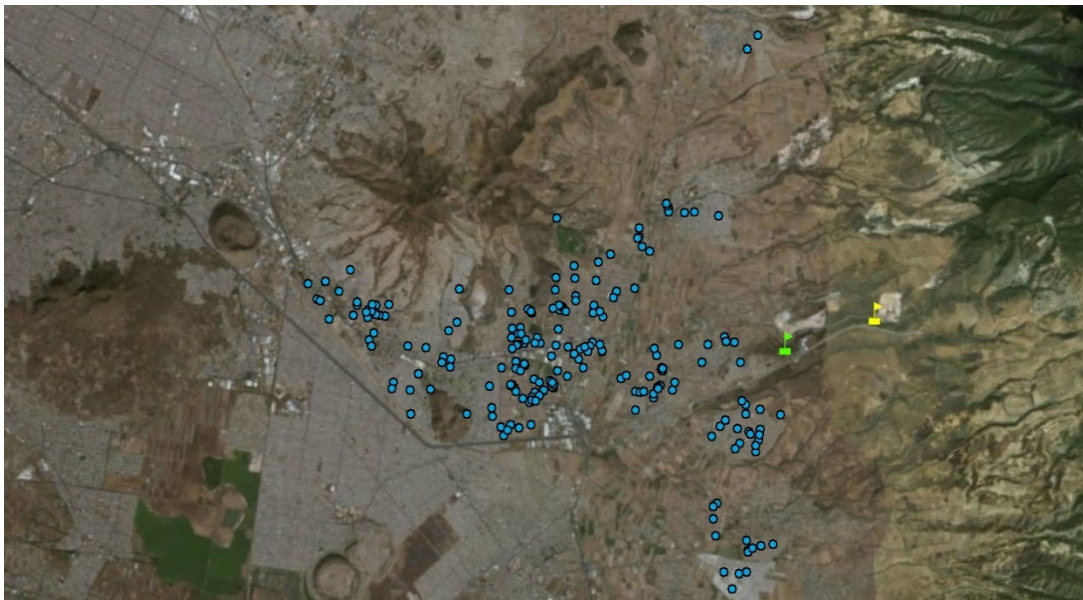
- 1)  $g(y_i, \theta) = y - 1$  si  $\theta=1$ ;
- 2)  $g(y_i, \theta) = \ln y$  si  $\theta = 0$ ;
- y 3)  $g(y_i, \theta) = 1 - \frac{1}{y}$  si  $\theta = -1$

De tal manera que el modelo log-lineal es aplicado si  $\hat{\theta}$  es cercano a 0 y el modelo línea si  $\hat{\theta}$  es igual a 1. Cabe mencionar que el modelo lineal y log-lineal son casos especiales de la transformación Box-Cox ( Colin Cameron & K Trivedi, 2009)

### 3.1.2 Datos

Como se mencionó previamente, los RS se encuentran localizados dentro del municipio de Ixtapaluca sin embargo también se hallan cercanos al municipio Chalco, por lo tanto en el estudio se consideraron las viviendas que se encuentran cercanas a los RS en ambos municipios. Los datos corresponden a 215 viviendas las cuales 201 se encuentran localizadas en el municipio Ixtapaluca y 14 en Chalco, distribuidos en 49 colonias. Es importante mencionar que una fracción del área correspondiente al municipio de Chalco fue omitida toda vez que en medio del área se localiza un cerro que impide a las viviendas estar en las mismas circunstancias que las demás (Ver mapa 2).

**Mapa 2. Localización de viviendas en imagen satelital**



Fuente: elaboración propia con imagen satelital tomada de google maps

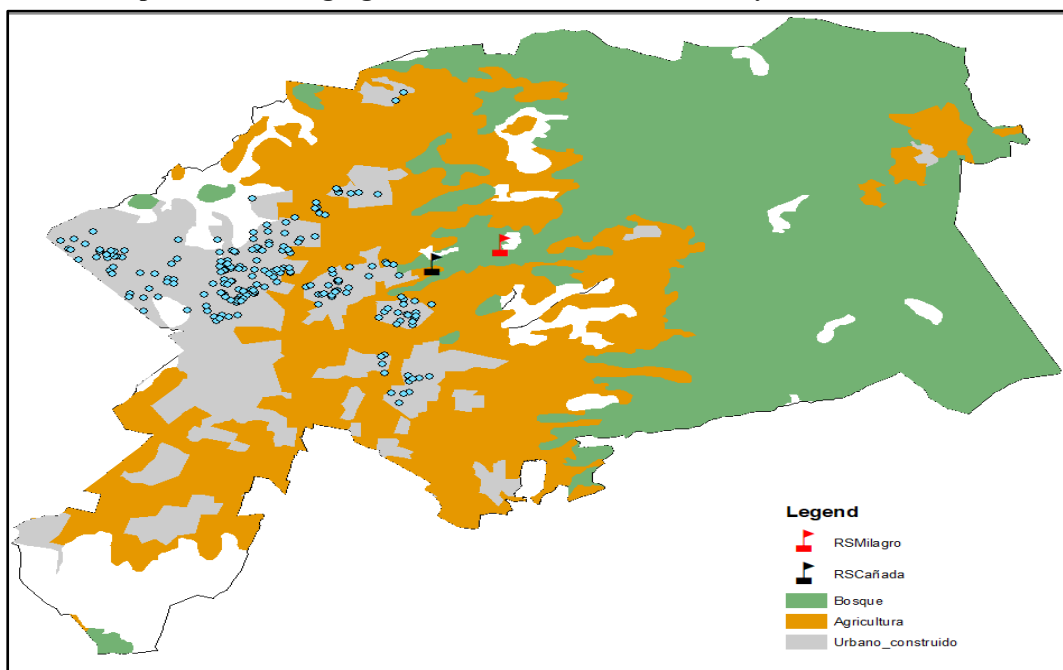
**Tabla 3. Descripción de variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Valores</b>
<b>Precio</b>	Precio de la vivienda	Pesos mexicanos corrientes 2021
<b>Características de la vivienda</b>		
<b>Casa</b>	Tipo de propiedad (Casa, casa tipo duplex y departamento)	1 = Casa 0=Casa tipo duplex y departamento
<b>Baños</b>	Número total de baños en la vivienda	Números naturales
<b>Cuartos</b>	Número total de cuartos en la vivienda	Números naturales
<b>Jardín</b>	Área de sección	1=Sí 0=No
<b>Metros_Cua</b>	Tamaño de la vivienda en relación a la construcción	Metros cuadrados
<b>Metros_C_Terr</b>	Extensión del terreno donde se encuentra la vivienda	Metros cuadrados
<b>Características de localización</b>		
<b>DisKM</b>	Distancia entre la vivienda y el relleno sanitario más cercano a su localización	Kilómetros

Fuente: elaboración propia

Los datos relacionados con el precio, la ubicación y las características de las viviendas fueron obtenidos de las páginas web “MercadoLibre” (la cual se encuentra respaldada por la plataforma MetrosCúbicos), “Imbuebles24”, “Lamudi” y “Century 21”, los cuales fueron consultados en el periodo enero-febrero del 2021. Dichos datos fueron ubicados haciendo uso del Sistema de Información Geográfica ArcMap 10.1 (Mapa 3).

**Mapa 3. Ubicación geográfica de la muestra de viviendas y rellenos sanitarios**



Fuente: elaboración propia con base en el Marco geoestadístico, la ubicación de los rellenos sanitarios y la muestra de los datos

Las variables usadas en este trabajo se clasifican en tres secciones, la primera corresponde al precio de las viviendas, seguido de variables relacionadas con las características de las viviendas mientras que la tercera y última sección corresponde las características de localización. Las variables que corresponden a las características de las viviendas, se encuentran tipo de propiedad (Casa), número de baños y cuartos, si cuenta con jardín, metros cuadrados de terreno y metros cuadrados de construcción, mientras que la sección características de localización se encuentra la variable correspondiente a la distancia de las viviendas respecto al relleno sanitario más cercano a su localización (Tabla 3).

### 3.1.2.1 Descripción de datos

De los datos obtenidos tenemos como resultados que el precio promedio de las viviendas de la muestra tienen un precio de \$1,085,006.00, las cuales están en terrenos de 110 m<sup>2</sup> con

103 m<sup>2</sup> de construcción en promedio. Sin embargo, el valor mínimo de las vivienda es de \$180,000 la cual se encuentra localizada en la zona más cercana a los rellenos sanitarios en contraste con la propiedad de \$9,000,000 que se encuentra más alejada de estos. Por lo que estos resultados podrían ser un indicio a los resultados esperados en la investigación. Por otro lado, en relación con las características de la vivienda tienen en promedio un baño y dos cuartos.

**Tabla 4. Estadísticas descriptivas**

Variable	(1) N	(2) Media	(3) Desviación Estándar	(4) Mínimo	(5) Máximo
Precio	215	1.085e+06	923,966	180,000	9.000e+06
Casa	215	0.586	0.494	0	1
Baños	215	1.698	0.835	1	5
Cuartos	215	2.540	0.951	1	9
Jardín	215	0.144	0.352	0	1
Metros_Cua	215	102.8	99.52	39	1,154
Metros_C_Terr	215	110.0	116.0	0	1,134
DisKm	215	6.200	2.630	1.302	12.65
DDist	215	0.479	0.501	0	1

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la distancia promedio de las viviendas respecto al relleno sanitario más cercano es de aproximadamente 6 km, no obstante la vivienda más cercana al relleno sanitarios se encuentra a poco más de un kilómetro de distancia y la vivienda más lejana se encuentra a más de 12 km. Por tal razón, se creó la variable Dummy “DDist” cuyo valor a 1 representa las viviendas que se encuentran a una distancia de entre 0 y 6 Kilómetros de distancia de los RS y 0 para las viviendas que se encuentran a una distancia mayor de 6km. El precio promedio de las viviendas que se encuentran entre 0-6 km de distancia es de \$966,531 mientras que las viviendas que se encuentran a una distancia mayor a los 6 km presentan un valor promedio de \$1,193,060 (Tabla 4).

### 3.2. Resultados

Como se mencionó en el apartado “forma funcional” se hizo uso de la transformación Box-Cox, de tal forma que se incluye en la función lineal a estimar:

$$\begin{aligned} \text{Precio} = & B_0 + B_1 \text{DisKm} + B_2 \text{Metros\_Cua} + B_3 \text{Metros\_C\_Terr} + B_4 \text{Baños} \\ & + B_5 \text{Cuartos} + B_6 \text{Casa} + B_7 \text{Jardin} \end{aligned}$$

Haciendo uso del programa estadístico Stata 14.0 y por medio del estimador de máxima verosimilitud se obtuvo como resultado  $-.0845584$  para el valor de theta el cual a estar cercano a 0 nos permite hacer uso de la función log-lineal, que es un caso especial de la familia de transformaciones Box-Cox **Fuente especificada no válida..** De tal forma que la ecuación a estimar toma la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \ln \text{precio} = & B_0 + B_1 \text{DisKm} + B_2 \text{Metros\_Cua} + B_3 \text{Metros\_C\_Terr} + B_4 \text{Baños} \\ & + B_5 \text{Cuartos} + B_6 \text{Casa} + B_7 \text{Jardin} \end{aligned}$$

La estimación (1) muestra que cuando incrementa la distancia entre la vivienda y los RS en una unidad, es decir en 1 km, el precio de las viviendas incrementa en 3.81%. (Ver tabla 5). Sin embargo, para observar de mejor manera los efectos de los RS sobre el precio de las viviendas, se transformó la variable DisKm en una variable dummy que tomó el valor de 1 cuando la distancia entre el RS más cercano a la vivienda es menor a 6 km (DDist), dicho parámetro se tomó en base a la distancia promedio entre las viviendas y los RS. Los resultados de la estimación del modelo (2) se presentan a continuación:

**Tabla 5. Resultados de la estimación del modelo**

VARIABLES	(1) lprecio	(2) lprecio	(3) lprecio
DisKm	0.0378*** (0.0117)		
Metros_Cua	0.00118*** (0.000372)	0.00121*** (0.000376)	0.00111*** (0.000374)
Metros_C_Terr	0.00108*** (0.000316)	0.00116*** (0.000317)	0.00125*** (0.000317)
Baños	0.128*** (0.0402)	0.124*** (0.0405)	0.124*** (0.0404)
Cuartos	0.137*** (0.0339)	0.136*** (0.0342)	0.139*** (0.0340)
Casa	0.00480 (0.0625)	0.0423 (0.0604)	0.0444 (0.0599)
Jardín	0.272*** (0.0915)	0.271*** (0.0925)	0.294*** (0.0912)
DDist		-0.158*** (0.0587)	
Dis3			-0.267*** (0.0908)
Constant	12.61*** (0.102)	12.89*** (0.0980)	12.84*** (0.0898)
Observations	215	215	215
R-squared	0.550	0.543	0.546

Errores estándar en paréntesis  
 \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

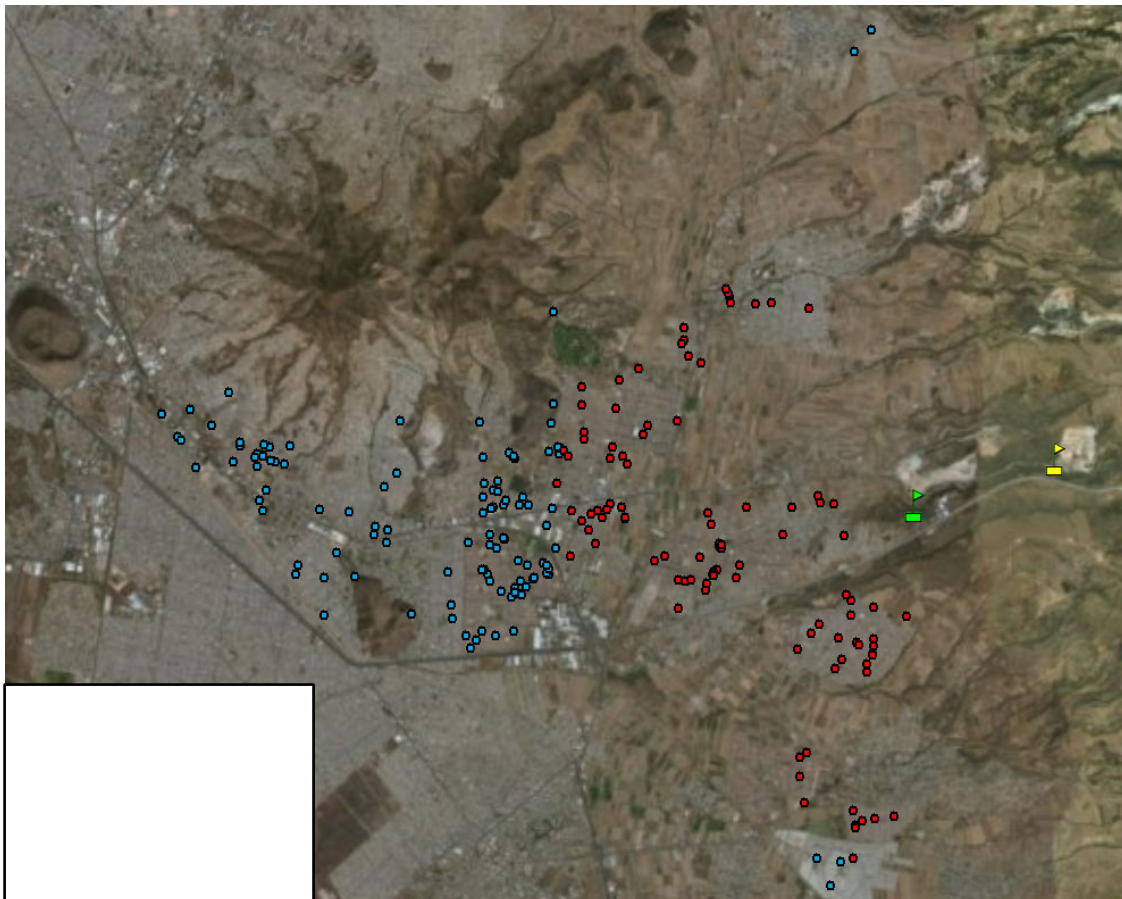
Fuente: elaboración propia

El modelo en conjunto muestra resultados representativos mientras que de manera individual los resultados muestran signos lógicos para las variables de los cuales solo para DDist el signo es negativo mientras que para el resto de las variables es positivo (Metros\_Cua, Metros\_C\_Terr, Baños, Cuartos, Jardín y Casa). Sin embargo, la variable Casa no es representativas en el modelo en comparación con DDist, Metros\_Cua, Metros\_C\_Terr, Baños, Cuartos y jardín las cuales son significativas al 95%.

Las variables significativas del modelo que corresponden a las características de la vivienda muestran el aumento del precio de la vivienda en un 0.11% cuando incrementa en un metro

el tamaño de la vivienda en relación a los m<sup>2</sup> de construcción, de la misma manera que cuando incrementa en un metro el tamaño del terreno. Mientras que las variables correspondientes a los m<sup>2</sup> de construcción y del tamaño del terreno muestran incrementos mínimos en el precio de la vivienda, cuando ésta presenta un baño adicional existe un incremento en su precio del 12.5% y 13.7% cuando tienen un cuarto más. Por último, cuando una casa tiene un jardín en su terreno se presenta un aumento del 26.94%.

**Mapa 4. Viviendas afectadas en su precio por la cercanía a los rellenos sanitarios**



Fuente: elaboración propia

Finalmente, la variable correspondiente a la característica de localización presenta resultados importantes y que son necesarios resaltar, ya que se observa de mejor manera los efectos negativos en el valor de las viviendas que mostró desde un principio la estimación (1) del modelo. Cuando una vivienda se encuentra localizada entre 0 y 6 km a la redonda



del RS más cercano a su localización, presentan un valor de 15.80% menor en comparación con las viviendas que se encuentran a más de 6 km. Esto demuestra que de alguna forma los RS están cercanos a su localización (en concreto, las que se encuentran entre 0-6 km a la redonda). Es decir, que de la base de datos utilizada para este análisis, las colonias que presentan este problema de un menor valor en su vivienda por encontrarse cercanas a los RS de los municipios correspondientes a Ixtapaluca y Chalco son: Ampliación Acozac, Centro, Cuatro Vientos, Geovillas Jesús María, Jorge Jiménez Cantú, José de la Palma, La Era, La Venta, La capilla III y IV, Las palmas III, Los Héroes, Los Héroes Chalco (Chalco), Pueblo Nuevo (Chalco), San Buenaventura, San Francisco, San José de la Palma, San Marcos, San Martín Cuautlalpan (Chalco), Santa Bárbara , Villas de San Martín (Chalco) y Zoquiapan (Ver mapa 4).

En la estimación (3), se hizo uso nuevamente de una dummy referente a la distancia entre las viviendas y los RS sin embargo en esta cambio el parámetro en el cual toma el valor de 1, las viviendas que se encuentran localizadas a una distancia entre 0-3 km del relleno sanitario más cercanos a ellos y 0 las viviendas alejadas a más de 3 km (Diskm3). Dicha estimación muestra que las viviendas que se encuentran a una distancia entre los 0-3 km de distancia presentan una disminución en el precio de sus viviendas en un 26.7% en comparación con las viviendas que se encuentran a más de 3 km. (Ver tabla 5)

**Tabla 6. Efectos marginales del precio de las viviendas respecto a la distancia de los RS**

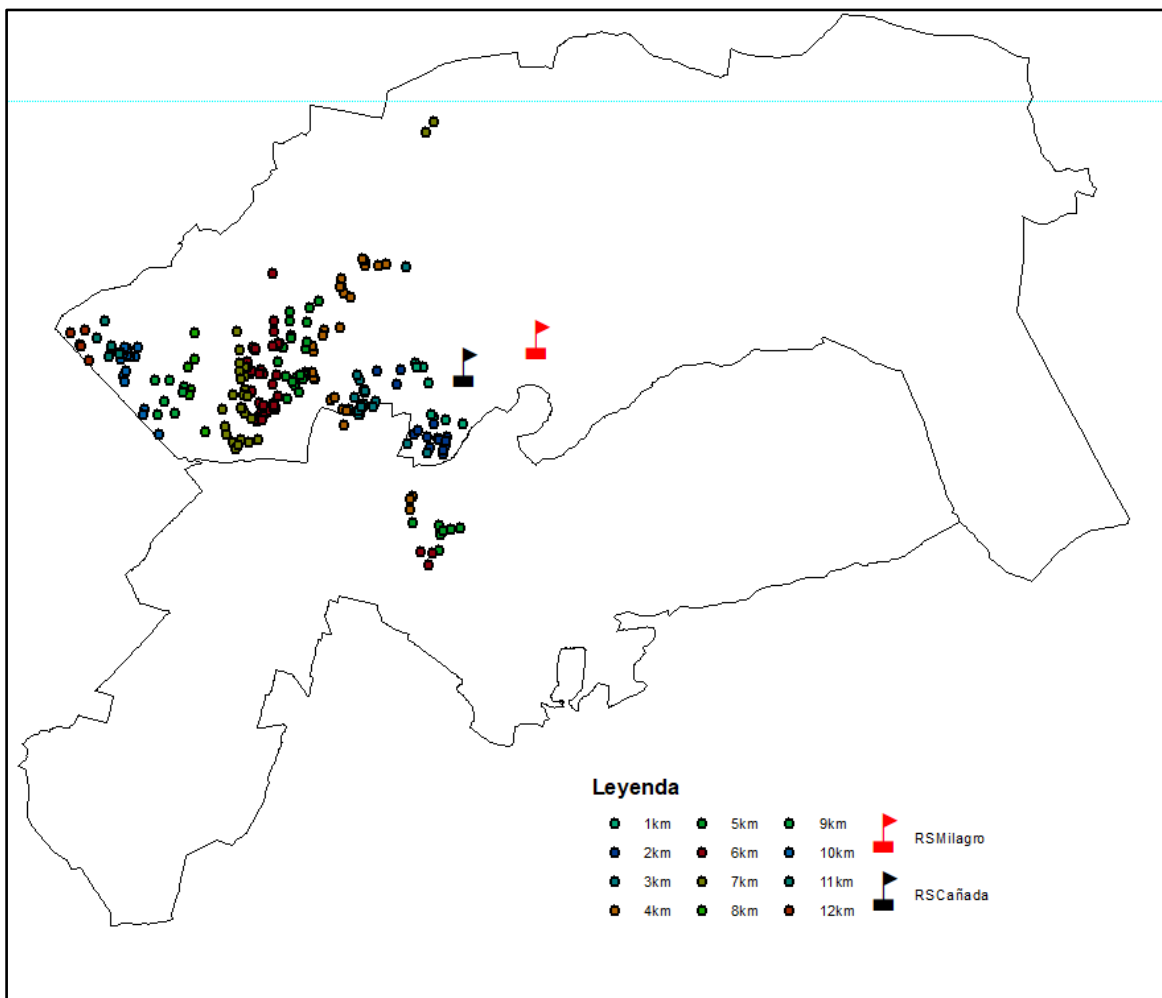
Distancia a RS	Efecto Marginal Precio de viviendas
0	57.232
1	57.678
2	58.124
3	58.57
4	59.016
5	59.462
6	59.908
7	60.354

Tabla 6. Continuación

8	60.8
9	61.246
10	61.692
11	62.138
12	62.584

Fuente: elaboración propia

Mapa 5. Localización de viviendas según el efecto marginal



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, se hizo uso del análisis de efectos marginales en el cual se visualiza el cambio en el precio de las viviendas según su distancia al relleno sanitario cercano a su localización. Dichos efectos marginales muestran que las viviendas que se encuentran a una distancia de 12 km de los RS, son 62.6% más caras respecto a las viviendas que se encuentran a 0 km de distancia, mientras que las viviendas que se encuentran a 6 km de distancia son 59.9% más caras respecto de las viviendas aledañas a los RS (Ver tabla 6 y Mapa 5.)

#### **4. CONSIDERACIONES FINALES**

Previo a la presentación de las consideraciones finales, es importante mencionar que el método de precios hedónicos suele presentar cuestionamientos en sus resultados y en la forma en como fue aplicado. Por ejemplo, en relación con los resultados estos pueden generar una sobreestimación en los beneficios que derivan de una mejora en el atributo estudiando. Por otro lado, los cuestionamientos relacionados con la manera en cómo se realizan, se centran en la estimación econométrica, en las que se suelen dejar de lado variables importantes o en su defecto la inclusión de variables que no lo son tanto, inapropiada especificación y la forma funcional aplicada. Sin embargo, estos cuestionamientos son los mismo o la diferencia es mínima en comparación con otros que reúnen las mismas características (Cruz ,2005; Desormeaux & Piguillem, 2013). Por lo que los resultados son la entrada al camino a futuras líneas de investigación y/o a las propuestas de políticas públicas.

La presente investigación hizo uso del método de precios hedónicos con el objetivo de determinar la capitalización de las externalidades negativas generadas por los rellenos sanitarios en el precio de las viviendas, los cuales se encuentran en el municipio de Ixtapaluca, Estado de México, y cuya colindancia es con el municipio de Chalco del mismo Estado. Para lograr el objetivo se hizo uso de una función log-lineal, la cual fue

determinada por el uso de la transformación Box-Cox, cuyos resultados nos permiten realizar propuestas de políticas públicas.

La primera y la más importante conclusión por dar pie a la propuesta de política pública, es la concerniente a la relación que existe entre la distancia en la que se encuentra una vivienda respecto de los rellenos sanitarios aledaños. Los resultados demuestran que las viviendas que se encuentran localizadas a una distancia en el rango 0-6 km a la redonda de los rellenos sanitarios, ya sea “El milagro ” o “La cañada”, presentan un valor 15.80% menor respecto a las viviendas que se localizan a una distancia mayor de los 6km a la redonda.

Dicho esto, se puede concluir que la cercanía a los rellenos sanitarios está generando externalidades negativas sobre el precio de la viviendas que se encuentran localizadas en las colonias Ampliación Acozac, Centro, Cuatro Vientos, Geovillas Jesús María, Jorge Jiménez Cantú, José de la Palma, La Era, La Venta, La capilla III y IV, Las palmas III, Los Héroes, San Buenaventura, San Francisco, San José de la Palma, San Marcos, Santa Barbara y Zoquiapan, las cuales corresponden al municipio de Ixtapaluca. Sin embargo, es importante mencionar que no sólo están siendo afectadas las colonias del Estado donde se encuentran los rellenos sanitarios, sino también las colonias Los Héroes Chalco, Pueblo Nuevo, San Martin Cuautlalpan, y Villas de San Martin correspondientes al municipio de Chalco.

Es importante mencionar que estos resultados fueron estimados con valores extraídos en el periodo enero-febrero 2021, por lo que los valores podrían ser cuestionables toda vez que los rellenos sanitarios comenzaron sus operaciones entre los años 2010 y 2011. En consecuencia, se podría asumir que estos valores inferiores que presentan las viviendas que se encuentran en el rango antes mencionado de 0 a 6 km de los rellenos sanitarios, tuvieron estos valores previos al inicio de las operaciones de estos. A pesar de ello, esto queda en cuestionamientos toda vez que no se encuentran bases que tengan datos previos al inicio de las operaciones de los rellenos sanitarios.

Por otro lado, y derivado de la externalidad generada por los rellenos sanitarios en el precio de la vivienda queda el cuestionamiento sobre el que hacer para resolver esta problemática. Las razones de este efecto negativo pueden ser múltiples, las cuales pueden estar asociadas al aspecto estético (por el hecho de estar situadas de manera cercana a los rellenos sanitarios) o en su defecto pueden ser provocadas por los malos olores que se generan dentro de las instalaciones de estos y que son percibidas por las personas que viven en el área afectada.

Para estas posibles causas se proponen dos propuestas que en conjunto podrían generar un impacto positivo en las áreas afectadas, la primera relacionada con el efecto negativo generado por la estética en el cual para contrarrestar esto, se propone una idea que ha sido empleada en un lugar con características similar a las que presentan los RS “El milagro” y “La cañada” actualmente. La propuesta es la construcción de un proyecto con las características que tiene el parque “La mexicana” que se encuentra situado en Santa fe, Ciudad de México y que en los años 80’s el sitio fungió como vertedero de basura. Si bien la propuesta no fuera factible que se desarrollará al cien por cierto como la idea original, sería necesario valorar las características que desempeñaron un papel importante en la valorización de un espacio público.

Como segunda propuesta se combate lo relacionado con los malos olores generados en los rellenos sanitarios y que son percibidos por los habitantes aledaños a estos. La propuesta es la promoción del co-procesamiento el cual está definido como “Uso de materiales de desecho adecuados en los procesos de fabricación con el propósito de recuperar energía y recursos y reducir en consecuencia el uso de combustibles y materias primas convencionales mediante su sustitución” **Fuente especificada no válida.** o en su defecto el aprovechamiento del biogás generado en los rellenos sanitarios, lo que permitiría además del aprovechamiento energético de los residuos depositados en el RS, beneficios económicos y ambientales derivados de la reducción de las emisiones de bióxido de carbono. Como ejemplo de esta propuesta está el relleno sanitario que se localiza en Salinas Victoria, Nuevo León, que tiene una capacidad instalada de 16.96 megawatts que es usada

para el alumbrado público y el bombeo de agua potable en la Zona Metropolitana de Monterrey **Fuente especificada no válida.**

Es importante mencionar que con anterioridad este tipo de proyectos eran impulsados por el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) promovido por el Protocolo de Kioto sin embargo hoy en día este mecanismo ha estado en desuso por la caída en el precio de los bonos y su poca demanda. De acuerdo con el periódico “Milenio” existe un proyecto en puerta relacionado con el aprovechamiento energético de los residuos en los RS estudiados en el presente trabajo, el cual es impulsado por el sector privado. Esto es importante ya que en caso de llevarse a cabo permitiría abrir camino a una futura línea de investigación, la cual resolvería los cuestionamientos relacionados con el precio de las viviendas y se analizaría si está afectada aún más los precios de las viviendas o en su defecto las revaloriza.

## **Bibliografía**

- Chakraborti, L., R. Here, D., & Hernández, D. C. (2019). Are land value related to ambient air pollution levels? Hedonic evidence from Mexico City. *Environment and Development Economics*, 24(3), 252-270. doi:10.1017/S1355770X18000542
- CMM. (2015). *Estudio de valorización y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos en el Estado de México. Producto 6. Integración de todos los estudios y propuestas.*
- Colin Cameron, A., & K Trivedi, P. (2009). *Microeconometrics Using Stata*. Texas: Stata Press
- Court, A. T. (1939). Hedonic price indexes with automotive examples. *The Dynamics of Automobile Demand*, 99-119.
- Cruz Cerón, G. (2005). *Economía aplicada a la valoración de impactos Ambientales*. Manizales: Universidad de Caldas .
- De la Torre López, R. (2017). *Impacto del ruido en el precio de la vivienda en la zona poniente de la Ciudad de México*. Colegio de México.

- Desormeaux, D., & Piguillem, F. (2013). *Precios Hedónicos e índices de precios de viviendas*. Cámara Chilena de la Construcción.
- DOF. (2019). *NORMA Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud*. SEMARNAT, México: Diario Oficial de la Federación del 20 de Noviembre del 2019.
- Giusti, L. (2009). A review of waste management practices and their impact on human health. *Waste Management*, 29(8), 2227-2239.
- Gujarati, D. N. (2010). *Econometría*. México: Mc Graw Hill.
- INEGI. (2015). *Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2015*.
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Una solución para la disposición de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones*. Colombia: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Kiss Köfalusi, G., & Encarnación Aguilar, G. (2006). *Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final* (Vol. 79). Distrito Federal, México: Gaceta Ecológica.
- Lara Pulido, J. A., Estrada Díaz, G., Zentella Gómez, J. C., & Guevara Sanginés, A. (2017). Los costos de la expansión urbana: aproximación a partir de un modelo de precios hedónicos en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(1), 37-63.
- Mardones, C. (2006). Impacto de la percepción de la calidad del aire sobre el precio de las viviendas en Concepción-Talcahuano, Chile. *Cuadernos de Economía*, 43, 301-329. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/cecon/v43n128/art04.pdf>
- Mendieta López, J. C. (1999). *Manual de valoración económica de bienes no mercadeables : aplicaciones de las técnicas de valoración no mercadeables y el análisis costo beneficio y medio ambiente*. Bogotá: CEDE.
- Moreno Murrieta, R. E., & Alvarado Lagunas, E. (2011). El entorno social y su impacto en el precio de la vivienda: Un análisis de precios hedónicos en el Área Metropolitana de Monterrey. *Trayectorias*, 131-147.

- Nelson, A., Genereux, J., & Genereux, M. (1992). Price Effects of Landfills on House Values. *Land Economics*, 68(4), 358-565. doi:10.2307/3146693
- Perman, R., Ma, Y., Common, M., Maddison, D., & McGilvray, J. (2011). *Natural Resource and Environmental Economics*. Pearson.
- Perman, R., Ma, Y., Common, M., Maddison, D., & McGilvray, J. (2011). *Natural Resource and Environmental Economics*. Harlow: Pearson Education Limited.
- PNUMA. (2011). *Directrices técnicas sobre el coprocesamiento ambientalmente racional de los desechos peligrosos en hornos de cemento*. Cartagena: Naciones Unidas.
- Riera, P., García, D., Kriström, B., & Brännlund, R. (2016). *Manual de economía ambiental y de los recursos naturales*. España: Paraninfo.
- Rodríguez Sánchez, J. I. (2014). Do mexicans care about air pollution? *Latin American Economic Review*, 23(9), 1-24.
- Rose, S. K. (1999). *Non-Market Valuation Techniques: The State of the Art*. Cornell University.
- SEDEMA. (2020). *Inventario de residuos sólidos urbanos de la Ciudad de México 2019*.
- SEMARNAT. (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y Crecimiento Verde*. México: Semarnat.
- SEMARNAT. (2018). *Informe de la situación del medio ambiente en México 2018*. México: SEMARNAT.
- SEMARNAT, INECC. (2018). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015*. México: Semarnat.
- Smith, V. &. (1995). Can Markets Value Air Quality? A Meta-Analysis of Hedonic Property Value Models. *Journal of Political Economy*, 103(1), 209-227. Recuperado el 20 de 09 de 2020, de <http://www.jstor.org/stable/2138724>
- SNIARN. (2020). *Compendio de Estadísticas Ambientales 2020*. México: SEMARNAT.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. México: CENGAGE Learning.
- Wunder, D., & Gutierrez, H. (1992). Modelos tipo Box-Cox:Proposición de una estrategia de estimación. *Revista de Análisis Económico*, 7(2), 79-102.