



Artículo original. Revista Killkana Sociales. Vol. 9, No. 1, pp. **57-78**, enero-abril, 2025.
p-ISSN 2528-8008 / e-ISSN 2588-087X. Universidad Católica de Cuenca

Costos de contaminación ambiental en la valoración de inmuebles en la ciudad de Cuenca: estudio de la depreciación en sectores de alta contaminación

Environmental Pollution Costs in Real Estate Valuation in the City of Cuenca: Study of Depreciation in High Pollution Areas

Recepción: 6 de noviembre de 2024 | **Publicación:** 30 de enero de 2025

Wilson Fernando Cueva Vera

wilson.cueva@ucuenca.edu.ec

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas – Grupo de Investigación en Economía Regional (GIER), Universidad de Cuenca – Ecuador

Fanny Narcisa Cabrera Barbecho

fanny.cabrera16@ucuenca.edu.ec

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas – Grupo de Investigación en Economía Regional (GIER), Universidad de Cuenca – Ecuador

Juan Pablo Sarmiento Jara

juan.sarmiento@ucuenca.edu.ec

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Cuenca – Ecuador,

Jorge L. Palacios Riquetti

jorge.palacios@ucuenca.edu.ec

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas – Grupo de Investigación en Economía Regional (GIER), Universidad de Cuenca – Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.26871/killkanasocial.v9i1.1581>

Resumen

En las metrópolis modernas, la contaminación ambiental, especialmente la generada por el tráfico vehicular, emerge como un problema crítico. Este trabajo se enfoca en la ciudad de Cuenca y explora cómo la contaminación, específicamente las emisiones de dióxido de nitrógeno (NO₂), afecta el valor de las propiedades inmobiliarias, especialmente cuando se utiliza el enfoque de precios hedónicos. Este enfoque se basa en la premisa de que el precio de una vivienda está determinado por sus características y las condiciones del entorno, y se puede descomponer en sus atributos, incluyendo la proximidad al tráfico vehicular. Adoptando el modelo de precios hedónicos, se utilizó un enfoque integrado para el análisis, combinando datos sobre las características estructurales de las viviendas, aspectos del entorno vecinal, y mediciones específicas de emisiones de NO₂. Los resultados revelan una relación negativa y significativa entre la contaminación atmosférica y el valor de las propiedades por metro cuadrado. Asimismo, se destaca que el impacto de la contaminación varía considerablemente entre diferentes tipos de viviendas, las cuales se categorizan según su tipo, el costo del suelo y el nivel de exposición a la contaminación. Este análisis proporciona un marco para entender cómo la contaminación ambiental no solo degrada la calidad de vida, sino que también influye en el valor del mercado inmobiliario, sugiriendo la necesidad de políticas enfocadas en la mitigación de la contaminación y la protección del valor de las propiedades en zonas urbanas. Examinar las variaciones geográficas y las características específicas de cada ubicación permitiría capturar las complejidades del mercado inmobiliario y la forma en que factores ambientales locales influyen en la percepción y el valor de los inmuebles. En resumen, el tráfico vehicular no solo afecta la calidad del ambiente urbano, sino que también tiene un impacto en el valor de las viviendas.

Palabras clave: contaminación del aire; penalización; precios hedónicos; ruido; tráfico vehicular; zonas urbanas.

Abstract

Environmental pollution, particularly caused by vehicular traffic, is becoming a major issue in modern metropolises. This work focuses on Cuenca and how pollution, specifically nitrogen dioxide (NO₂) emissions, affects the value of real estate. An integrated approach was used to analyze using the hedonic pricing model, combining data on home structural characteristics, neighborhood environment aspects, and specific measurements of NO₂ emissions. The results reveal a negative and significant relationship between air pollution and the value of properties per square meter. The impact of pollution can vary significantly between different types of dwellings, which are classified based on their type, soil cost, and level of

exposure to pollution. This analysis offers a framework for comprehending the impact of environmental pollution on both the quality of life and the value of the housing market, suggesting the need for policies focused on minimizing pollution and protecting property values in urban areas. Examining the geographical variations and specific characteristics of each location would capture the complexities of the real estate market and how local environmental factors influence the perception and value of real estate. To summarize, vehicular traffic significantly impacts both the quality of the urban environment and the worth of housing.

Keywords: air pollution; hedonic prices; noise; penalty; urban areas; vehicular traffic.

Introducción

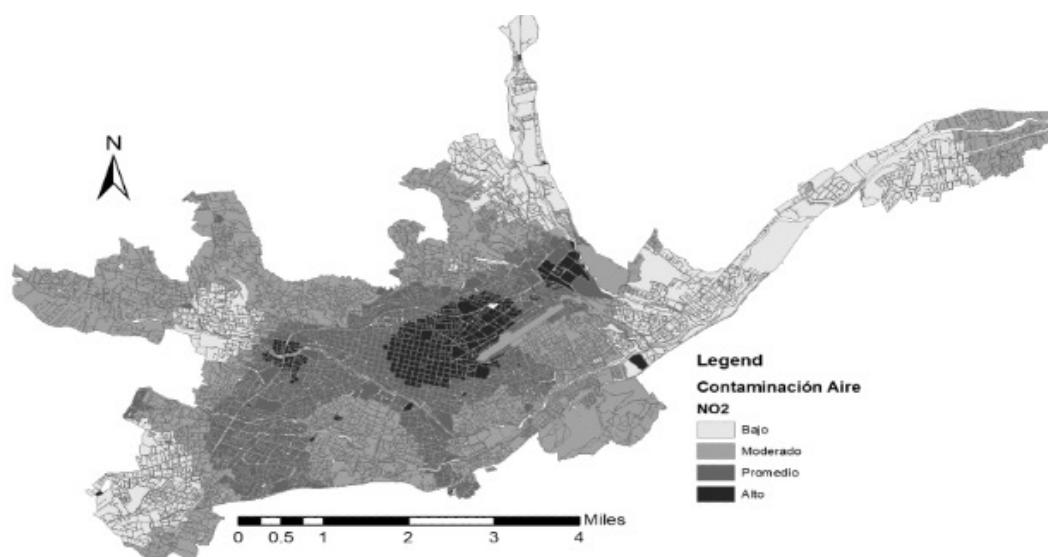
Este estudio aborda la problemática de la contaminación ambiental, enfocándose en la relación entre la calidad del aire y el valor inmobiliario en la ciudad de Cuenca, Ecuador. La contaminación atmosférica, caracterizada por la presencia de partículas finas (PM), ozono (O₃), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x), se ha relacionado con numerosos problemas de salud, incluyendo enfermedades respiratorias y cardiovasculares, e incluso muertes prematuras (Corbett et al., 2007) (Shaw et al., 2022). En 2016, Ecuador registró alrededor de 24 muertes por cada 100,000 habitantes debido a la contaminación del aire (World Health Organization, 2019). En la ciudad de Cuenca, la circulación vehicular representa la mayor causa de polución atmosférica y acústica. Se ha detectado que en zonas con alta densidad de población, los niveles de dióxido de nitrógeno (NO₂) y de ruido exceden las normativas establecidas.(EMOV EP, 2017) (Martínez et al., 2017).

Una reducción de los niveles de contaminación podría tener implicaciones económicas significativas, especialmente en el ámbito de la salud. Este escenario plantea un efecto directo en las preferencias habitacionales y en el valor de las propiedades. Por lo tanto, es previsible que los ciudadanos opten por viviendas en áreas con una calidad ambiental superior. Estas preferencias se reflejan en el impacto de la contaminación sobre los precios de los inmuebles (Chakraborti et al., 2016)(Liu et al., 2018)(Mei et al., 2020).

La distribución espacial de la contaminación por NO₂ en la ciudad de Cuenca revela un patrón de concentración variable, como se muestra en la Figura 1. El año 2018 marcó una diferencia notable entre las zonas céntricas y las periféricas en términos de calidad del aire. El centro de Cuenca, caracterizado por su alta densidad de tráfico y actividades comerciales e industriales, presenta los niveles más elevados de NO₂, señalados con intensos tonos oscuros en el mapa. Estas áreas centrales reflejan una contaminación 'alta' contrastando significativamente

con las zonas periféricas, donde el mapa indica con tonalidades claras una contaminación que varía de 'baja' a 'moderada'. Este gradiente de contaminación resalta una división ambiental dentro de la urbe, lo que subraya la urgencia de abordar la calidad del aire urbano con enfoques diferenciados que consideren la heterogeneidad espacial de la contaminación. La Figura 1 muestra que las zonas céntricas de Cuenca, con alta actividad vehicular, comercial e industrial, tienen los niveles más altos de contaminación por NO₂, lo cual se podría asociar con una depreciación en el valor inmobiliario debido a las preocupaciones de salud y bienestar.

Figura 1. Distribución especial del promedio de la concentración de NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Fuente: Elaborado por los autores

Investigaciones anteriores han demostrado que las altas concentraciones de contaminantes como el NO₂ en centros urbanos, exacerbadas por la densidad de tráfico y la actividad industrial, pueden tener un impacto negativo en el valor de las propiedades inmobiliarias debido a las crecientes preocupaciones sobre la salud y el bienestar (Höhne et al., 2023); (Smith & Johnson, 2021).

Este estudio postula que las áreas con mayores niveles de contaminación, ilustradas con tonos oscuros y claros, son zonas en donde proliferan más negocios y las viviendas han ido disminuyendo por afectar la calidad de vida.. Los compradores están dispuestos a pagar más por propiedades en zonas más claras, donde la contaminación es menor, reflejando preferencias habitacionales por una mejor calidad ambiental.

La estructura del artículo se divide en varias secciones. La segunda sección describe el modelo de precios hedónicos empleado en la estimación de la penalización. Las secciones finales presentan los resultados y conclusiones derivadas de este análisis.

Fundamento teórico

La intersección entre la contaminación ambiental y la economía inmobiliaria ha sido un foco de investigación significativo, revelando que la calidad del aire es un factor determinante en la valoración de propiedades. La presente revisión sintetiza estudios que han aplicado el modelo de precios hedónicos para cuantificar cómo diferentes contaminantes aéreos afectan el valor de los inmuebles. Varias investigaciones han reportado consistentemente una correlación negativa entre la presencia de contaminantes, como CO, NO₂, PM2.5, PM10, O₃ y SO₂, y el precio de los inmuebles, destacando que la penalización varía no solo con el tipo de contaminante sino también con la intensidad de su concentración (Chen et al., 2017) (Freeman et al., 2019).

Por ejemplo, Mei et al. (Mei et al., 2020) identificaron un decremento en el valor inmobiliario en Beijing correlacionado con el incremento en la concentración de partículas y gases contaminantes, sugiriendo penalizaciones monetarias significativas por cada microgramo adicional por metro cúbico al año. Estos resultados se corroboran y expanden en diferentes contextos geográficos y contaminantes por Liu et al. (Liu et al., 2018) en Chengdu y Hitaj et al. (Hitaj et al., 2018) en Los Ángeles, entre otros. Cabe destacar que la metodología hedónica se ha adaptado mediante diversos estimadores estadísticos para abordar problemáticas específicas en la estimación de estos valores.

El bienestar humano se compone de múltiples contribuciones ambientales, tanto por su aprovechamiento directo como por los beneficios legados a futuras generaciones. El valor económico total (TEV) encapsula la totalidad de estos beneficios, tanto presentes como proyectados, y se desglosa en valores de uso, que incluyen interacciones directas e indirectas con los recursos, y valores de no uso, que se relacionan con el legado y la existencia, lo que hace que su medición sea compleja según la literatura (Bolt et al., 2005).

Para la cuantificación del TEV se aplican métodos tanto directos como indirectos. Los primeros, como la valoración contingente, simulan mercados para bienes ambientales que no se comercializan tradicionalmente, permitiendo estimar el valor asignado por los individuos a la reparación de daños ambientales. Los métodos indirectos, por otro lado, infieren el valor de los recursos ambientales a través de su asociación con bienes y servicios comercializables, como lo hacen los modelos

de precios hedónicos y el método de costo de reparación (Azqueta Oyarzun et al., 2007).

El modelo de precios hedónicos, en particular, es relevante para este estudio, ya que sugiere que las variaciones en la calidad del aire se reflejan directamente en los precios de las propiedades (Mei et al., 2020). Por lo tanto, es útil para determinar cuánto valoran las personas una reducción en la contaminación del aire a través del análisis de las propiedades.

Utilizando el método de precios hedónicos, este estudio busca cuantificar el valor monetario que las personas están dispuestas a pagar por vivir en áreas menos contaminadas, y de esta manera estimar la depreciación económica en áreas de alta contaminación en Cuenca. Las preguntas de investigación se centran en cómo la contaminación del aire afecta los precios de los inmuebles y cómo varía esta afectación entre diferentes tipos de propiedades y grados de exposición a la contaminación. Los resultados de este análisis pueden ser cruciales para la planificación urbana y la promoción de políticas de vivienda y transporte que favorezcan la sostenibilidad y la salud pública en la ciudad de Cuenca. (Borja, Rodríguez, Luna, & Toulkeridis, 2021)

Metodología

El presente análisis se lleva a cabo en la ciudad de Cuenca, que es la tercera urbe más grande de Ecuador y sirve como el núcleo urbano del cantón Cuenca dentro de la provincia de Azuay. La elección de Cuenca como área de estudio radica en su creciente desafío de tráfico vehicular, particularmente en el centro de la ciudad, que es el epicentro de la actividad comercial y de negocios.

Datos

Se ha llevado a cabo un exhaustivo análisis de valoración de propiedades en Cuenca, abarcando un total de 135,884 inmuebles, con datos proporcionados por el Departamento de Avalúos de la administración local, actualizados hasta el año 2018. Este estudio incluye una amplia gama de variables relacionadas con las propiedades, tales como dimensiones del área construida, valor de mercado, especificaciones constructivas, antigüedad de los edificios, número de instalaciones sanitarias y niveles o pisos del inmueble.

Además, se ha enriquecido este análisis con información adicional sobre elementos externos que afectan la valoración inmobiliaria. Entre estos se encuentran las estadísticas de incidentes delictivos y accidentes, proveniente del Consejo de Seguridad Ciudadana. También se ha considerado la proximidad al centro urbano

y la clasificación del uso del suelo, utilizando para ello datos catastrales proporcionados por el gobierno local.

En un esfuerzo por incorporar aspectos medioambientales, se han integrado datos obtenidos de una red de monitoreo ambiental compuesta por 20 estaciones distribuidas por toda la ciudad. Estas estaciones registran niveles de varios contaminantes, incluyendo dióxido de azufre (SO₂), ozono (O₃), dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas sedimentables y material particulado (PM). Es relevante destacar que en Cuenca, las emisiones más significativas de contaminantes primarios, como el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), se deben principalmente al tráfico vehicular.

Para garantizar la integridad y uniformidad de los datos utilizados en el análisis subsiguiente, se implementó un riguroso proceso de depuración del conjunto de datos. Este proceso de limpieza incluyó cuatro pasos esenciales fundamentales para garantizar la precisión y la relevancia de los hallazgos y conclusiones del estudio: (1) exclusión de propiedades que no disponen de área construida, propiedades cuya tasación de construcción resultó ser negativa o inexistente, propiedades que presentaban años de construcción fuera del rango aceptable, es decir, antes de 1650 o después de 2019, se identificaron y removieron valores atípicos, definidos como aquellos que se desvían en más o menos 2.5 desviaciones estándar del valor logarítmico del precio por metro cuadrado. Esta medida previene la distorsión de los resultados debido a valores extremos. En consecuencia se utilizaron 101,598 propiedades para el análisis posterior.

Estrategia de estimación

El enfoque de precios hedónicos se utiliza para analizar cómo las variaciones en la calidad del medio ambiente influyen en el valor de mercado de las propiedades. Según la literatura especializada, este enfoque es efectivo para cuantificar el valor económico que las personas atribuyen a factores como la mejora de la calidad del aire (Freeman et al., 2019). (Freeman et al., 2019). Los modelos hedónicos permiten estimar el valor de una propiedad basándose en sus características, que incluyen aspectos estructurales, elementos del entorno y factores medioambientales.

La fórmula estándar del modelo hedónico (Li et al., 2011) expresado en la fórmula logarítmica se presenta en (1).

$$\ln Pv_i = \beta_0 + \beta_1 aire_i + \beta_2 ruido_i + \beta_3 CF + \beta_4 FE + u_i \quad (1)$$

En esta ecuación, $\ln P_{Vi}$: Denota el logaritmo natural del precio por metro cuadrado de la propiedad i y representa la variable de respuesta. Esta transformación matemática es clave para normalizar la distribución de los precios de las propiedades, contribuyendo a una mayor estabilidad en la variabilidad de los errores. Variables ambientales (Aire): Esta variable representan, las concentraciones de dióxido de nitrógeno, en las inmediaciones de la propiedad i . Son indicadores cruciales del impacto ambiental sobre el valor de la propiedad. CF (Características físicas): Incluye aspectos fundamentales de la propiedad, como el tamaño del área construida, los materiales utilizados en la construcción y la antigüedad del inmueble. FE (Factores Externos): Comprende elementos externos a la propiedad que pueden influir en su valor, como la cercanía a servicios esenciales, zonas comerciales, industriales y las tasas de criminalidad en el área. Finalmente, u_i es el término de error en la ecuación, que encapsula todas aquellas variables y factores no observados o medidos que podrían influir en el precio de la propiedad. Los coeficientes β representan la influencia marginal de estas variables sobre el valor logarítmico por metro cuadrado de cada vivienda i . Las variables empleadas en el modelo de precios hedónicos se seleccionan en función de la evidencia empírica y otras variables disponibles en la base de datos construida. Las variables y su forma de medición se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las variables explicativas

	Variables	Descripción
Medio ambiente	Aire	Niveles de dióxido de nitrógeno NO2
	Ruido	Número de decibels en el día o en la noche
Características	Edad	Logaritmo de edad de la construcción
	Terreno	Logaritmo natural del área del terreno
Propiedad	Frentes	Logaritmo natural del frente de la propiedad
	Número de pisos	Logaritmo natural del número de pisos
	Baños	Logaritmo natural del número de baños
	Tipo-Piso	0. Normal, 1. Mezanine, 2. Subsuelo, 3. Ático
	Estado de la construcción	0. Buena, 1. Regular, 2. Mala
	Columnas	0. No tiene, 1. Madera, 2. Hierro, hormigón armado
	Vigas	0. No tiene, 1. Madera, 2. Hierro, hormigón armado
	Mezanine	0. No tiene, 1. Madera, 2. Concreto reforzado, simple
	Paredes	0. No tiene, 1. Madera, bahareque, 2. Adobe, tierra apisonada, 3. Hormigón armado, bloque, ladrillo
	Cubierta	0. No tiene paja, 1. Teja, 2. Zinc, madera, ladrillo, 3. Hormigón armado, asbesto
	Piso	0. No tiene, 1. Ladrillo, madera, piedra 2. Cerámica, parquet, vinilo, carpel, azulejo, mármol

Puertas	0. No tiene, 1. Madera, 2. Hierro, aluminio
Ventanas	0. No tiene, 1. Madera, 2. Hierro, aluminio
Enlucido	0. No tiene, 1. Barro, 2. Arena, cal, cemento, granito
Techo	0. No tiene, 1. Barro, latón, cartón, 2. Fundido, madera, fibra mineral, 3. Arena, cal, cemento
Factores externos o del vecindario	Accidentes Accidentes automovilísticos en una escala de -3 a 3, donde -3 significa menos frecuente, y 3 significa muy frecuente
	Robos (robo de personas + robo de casas) / 2. Toma valores de -3 a 3, donde -3 significa menos frecuente, y 3 significa muy frecuente.
	Distancia Centro Distancia al centro histórico en miles de metros
	Río 1. Si está al frente del río. En caso contrario, 0
	Edificios 1. Si se trata de un edificio, En caso contrario 0
	RMO Número de registros municipales en la zona donde se encuentra el inmueble
	Industrial 1. Si la propiedad se encuentra en una zona industrial, En caso contrario 0
	Servicios 250 Número de servicios disponibles 250 metros alrededor de la propiedad
	Tipo de entrada 1. Pavimentado de hormigón, 2. adoquín de piedra, 3. Hormigón asfáltico, 4. Hormigón hidráulico, 5. Lastre, 6. Piedra, 7. Tierra
	Centro Histórico 1. Si el inmueble está ubicado en la zona centro de la ciudad, 0 en caso contrario

Fuente: Departamento de Avalúos y Catastros de la ciudad de Cuenca, Consejo de Seguridad Ciudadana, EMOV, CGA

El coeficiente de interés β_1 indican específicamente el impacto de un incremento unitario en la contaminación por NO₂, en la valoración logarítmica de la propiedad. Este parámetro refleja el valor que la sociedad asigna a la calidad del entorno ambiental en el que se encuentra cada propiedad. Para la estimación de la ecuación 1 se utiliza el método de mínimos cuadrados ordinarios, con estimación consistente de White para evitar problemas de heterocedasticidad en los residuos.

Por otro lado, es crucial tener en cuenta que el precio y las características de una vivienda pueden variar significativamente dependiendo de si se trata de una villa independiente o de un apartamento en un edificio. Por ello, el análisis se efectúa tanto de manera integral como de forma específica para cada tipo de vivienda. Adicionalmente, con el objetivo de determinar si la influencia de la contaminación ambiental difiere en función de los diferentes grupos según el costo del terreno y la intensidad de la contaminación ambiental, se procede a realizar una estimación separada de la ecuación para cada uno de estos grupos o clusters específicos.

Costos de la contaminación

Para calcular el impacto financiero en dólares que el mercado impone como sanción al valor de un inmueble debido a la presencia de dióxido de nitrógeno, se siguen estos pasos:

1. Determinación del Valor del metro cuadrado penalizado (VMCP) en dólares, por cada unidad de contaminación de NO₂ (2).

$$VMCP = \text{valor } m^2 * (1 - \beta_1) \quad (2)$$

Aquí, el *valor m²* representa el costo o valor inicial por metro cuadrado construido en dólares, y indica la proporción de la reducción del valor debido a cada unidad adicional de contaminación de NO₂. Por lo que, VMCP considera la reducción que sufre una propiedad en la valoración del metro cuadrado construido por la contaminación.

2. Cálculo de la reducción en dólares del valor por metro cuadrado (RMC), por cada unidad adicional de NO₂ (3).

$$RMC = VMCP - \text{valor } m^2 \quad (3)$$

RMC muestra la cantidad de dólares que cada metro cuadrado de la propiedad se deprecia por cada unidad de contaminante.

3. Estimación del Costo Total de Penalización para la Propiedad (CPP) en dólares (4).

$$CPP = RMC * \text{área} \quad (4)$$

Donde el área representa los metros cuadrados construidos del inmueble. CPP calcula la cantidad de dólares que toda la propiedad se deprecia por cada unidad de contaminante.

4. Cálculo de la Penalización Anual por Propiedad (PPA) en dólares (5).

$$PPA = CPP * 0.07 \quad (5)$$

Partiendo de CPP, se anualiza el costo de la depreciación por contaminación, para ello, se considera el costo de oportunidad del capital anual, reflejando la tasa de interés que el sector financiero ofrece por invertir el valor del inmueble en lugar de comprarlo, esto es un 7% anual.

Costos de la contaminación por grupos

Con el fin de identificar los costos de penalización en diferentes grupos, se genera clusters utilizando el método de agrupamiento jerárquico, basado en (1) costo del terreno y (2) nivel de contaminación a la que se encuentran expuestas los inmuebles. Se analizó la calidad de los clústeres previo al cálculo de la penalización por grupos, por medio del coeficiente silhouette, la cual es una métrica que mide si un determinado dato o punto se ajusta bien a un cluster (cohesión) y que tan distante está de los otros clusters (separación). El resultado de la calidad de los clusters fue superior a 0.5 lo cual indica que la calidad de los clusters es buena.

Resultados

La Tabla 2 presenta un análisis detallado del valor promedio por metro cuadrado en dólares, así como de los niveles promedio de dióxido de nitrógeno (NO₂). La información se desglosa para proporcionar una comparativa entre el total general y los valores específicos para distintos tipos de vivienda, como villas y edificios. Para el conjunto total de la muestra, el costo medio por metro cuadrado construido asciende a \$192.14. Un análisis detallado por categorías de vivienda muestra una tendencia clara: el valor promedio por metro cuadrado en edificios supera en un 70% al valor medio global, mientras que en las villas, este precio es un 30% inferior a la media. Por otro lado, el nivel promedio de dióxido de nitrógeno se sitúa en 24.36 unidades.

Tabla 2. Valor Promedio del Metro Cuadrado en Dólares, Nivel de NO₂

Variables	Total	Villa	Edificios
Valor promedio del metro cuadrado	192,14	133,82	326,47
NO ₂	24,36	24,35	24,38

Fuente: EMOV, CGA-**Elaboración:** Autores

Determinantes del valor por metro cuadrado de construcción

La Tabla 3 detalla cómo ciertos elementos influyen en el logaritmo del precio por metro cuadrado construido. Esta tabla divide su análisis en dos modelos principales, 1 y 2, cada uno con diferentes especificaciones. Además, se realiza una diferenciación en las estimaciones basadas en el tipo de vivienda, abarcando tanto casas individuales (villa) como edificios. Se consideran las características residenciales como factores influyentes en estos modelos. Los detalles complementarios y los datos de las variables relacionadas se encuentran en la Tabla A 1 del Anexo.

Uno de los hallazgos más relevantes de este análisis es el impacto negativo significativo de la contaminación del aire en el precio por metro cuadrado. El Modelo 1 indica que un incremento en una unidad de NO₂ conlleva una disminución del 0.79% en el valor de la propiedad, un efecto estadísticamente significativo al nivel del 1%. Al desglosar este impacto por tipo de vivienda, se observa que en las casas unifamiliares, la reducción en el valor es más moderada, con una caída del 0.14%, aunque sigue siendo estadísticamente significativa al nivel del 10%. Por otro lado, en los edificios, la influencia de la contaminación del aire es más severa, evidenciando una disminución del 2.43% en el precio por cada unidad adicional de NO₂, un efecto notablemente marcado y estadísticamente significativo al 1%.

Además, la Tabla A 1 muestra que las características específicas de las propiedades tienen un impacto considerable en su valor. Una tendencia clara es que aquellas viviendas construidas con materiales de alta calidad en toda su estructura suelen tener un precio más elevado por metro cuadrado. Por otro lado, la antigüedad de la propiedad tiene un impacto inverso en su valoración; es decir, a medida que aumenta la antigüedad, se observa una disminución significativa en el valor por metro cuadrado. Este efecto negativo de la antigüedad sobre el valor inmobiliario es estadísticamente significativo en un nivel del 1%.

Los resultados presentados en la Tabla 3 también destacan la influencia de otros factores en el valor de las propiedades inmobiliarias. Un aspecto notable es el efecto de los accidentes, que muestran una correlación negativa significativa con los valores de construcción. Este vínculo, con un p-valor de 0.00, sugiere que una mayor frecuencia de accidentes en una zona conlleva a una disminución en el precio por metro cuadrado de las propiedades.

La relación entre los robos y el valor inmobiliario, sin embargo, presenta un patrón más complejo. Mientras que los robos parecen tener un impacto negativo en el valor de las casas individuales, sin embargo, se observa un incremento en los precios de los edificios en áreas con mayor frecuencia de robos. Esta particularidad puede deberse a una variedad de factores socioeconómicos y de seguridad no explorados en detalle en el estudio.

La ubicación geográfica de la propiedad también es un factor crítico. Aquellas propiedades situadas más lejos del centro urbano o en zonas industriales tienden a tener un valor por metro cuadrado más bajo. En contraste, las viviendas cercanas a ríos o aquellas clasificadas como edificios disfrutan de una mayor valoración. Interesantemente, la proximidad a un gran número de negocios registrados en las cercanías parece aumentar el valor por metro cuadrado, mientras que la cercanía a servicios en un radio de 250 metros tiene el efecto contrario, reduciendo el valor de las propiedades.

Estas variaciones en los precios, que incluyen diferencias por ubicación, accidentes, robos y servicios cercanos, son estadísticamente significativas en los niveles del 1%, 5% y 10%. En conjunto, estas variables ofrecen una explicación del 73.83% del valor logarítmico del precio por metro cuadrado, según se desprende del análisis del modelo 1.

Tabla 3. Determinantes del valor por metro cuadrado construido (logaritmo)

Variable	Muestra total		Villas		Edificios	
	Coeficiente	Std. Error robusto	Coeficiente	Std. Error robusto	Coeficientes	Std. Error robusto
NO2	-0.0079***	(0,0008)	-0.0014*	(0,0008)	-0.0243***	(0,0017)
Ruido	-0.0013**	(0,0006)	0,0000	(0,0006)	-0.0094***	(0,0015)
antigüedad	-0.3089***	(0,0021)	-0.2807***	(0,0024)	-0.3700***	(0,0038)
accidentes	-0.0320***	(0,0013)	-0.0140***	(0,0012)	-0.0977***	(0,0039)
robos	0,0014	(0,0016)	-0.0205***	(0,0015)	0.0624***	(0,0042)
distancia al centro	-0.0126***	(0,0011)	0.0029***	(0,0010)	-0.0149***	(0,0027)
río	0.0442***	(0,0038)	0.0184***	(0,0041)	0.0694***	(0,0068)
edificio	0.0304***	(0,0051)				
registro municipal	0.0046***	(0,0001)	0.0010***	(0,0002)	0.0055***	(0,0001)
Zona industrial	-0.1084***	(0,0142)	-0.1337***	(0,0138)		
Servicios 250	-0.0107***	(0,0010)			-0.0135***	(0,0022)
N. Observaciones	101598		72198		28993	
Test F	4422,6239		2.768,26		961,2478	
R2	0,7385		0,758		0,5837	
R2 ajustado	0,7383		0,7578		0,5831	

Nota: *** p valor<0.01; ** p valor<0.05, * p valor<0.1

Fuente: Departamento de Avalúos y Catastros de la ciudad de Cuenca, Consejo de Seguridad Ciudadana, EMOV, CGA

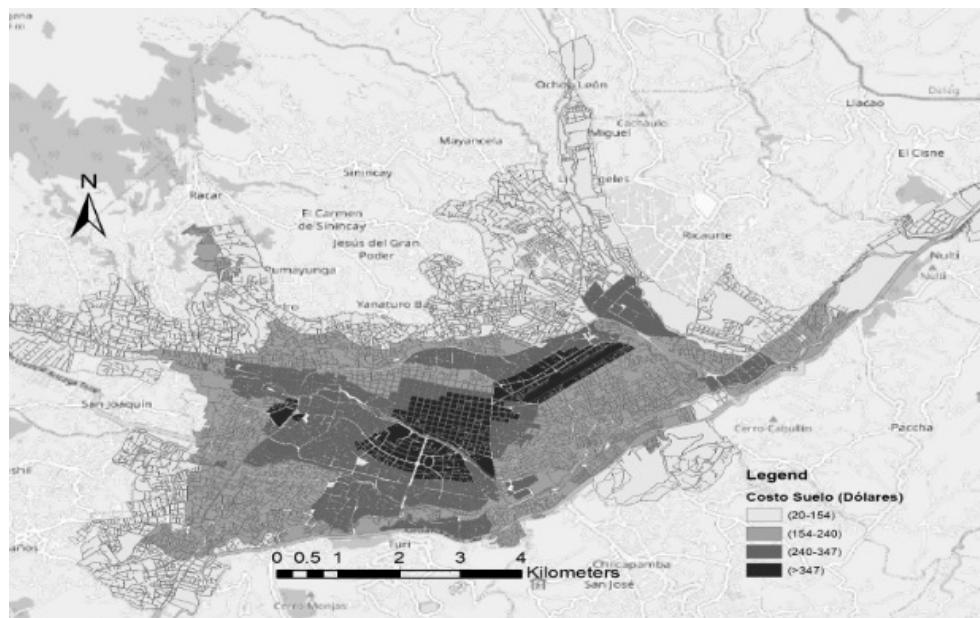
Elaboración: Autores

Costo de la contaminación

Previo al cálculo de los costos de la contaminación se aplicó la técnica de clustering jerárquico para encontrar conglomerados según el nivel del costo de la propiedad así como por el nivel de contaminación. Los cuatro grupos identificados en el estudio se categorizan en niveles de valoración: bajo, medio, moderado y alto, representando el 29.9%, 31.1%, 30.3% y 8.7% del total de las propiedades. Según se observa en la Figura 2, la distribución geográfica de estos grupos sigue

un patrón concéntrico, con las propiedades de menor valor ubicadas en las zonas más distantes del centro urbano.

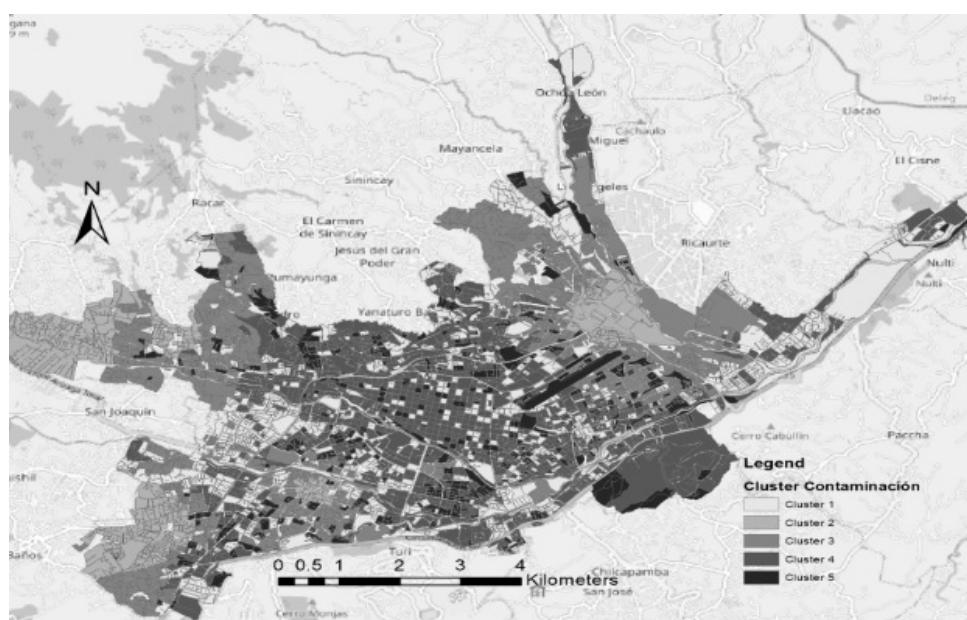
Figura 2. Distribución del valor del terreno en dólares/m² en la ciudad de Cuenca



Fuente: Gobierno autónomo descentralizado de la ciudad de Cuenca

Elaboración: Autores

Figura 3. Grupos de propiedades según el nivel de contaminación



Fuente: EMOV-Elaboración: Autores

Se identificaron cinco grupos en función del nivel de intensidad de la contaminación, cada uno con 34.10%, 25.5%, 20.8%, 11.3% y 8.30% del total de las propiedades respectivamente. Siendo el grupo cuatro el que presenta una mayor concentración de contaminación. De acuerdo a la Figura 3, este grupo contrasta notablemente con la distribución de la contaminación del aire, presentada en la Figura 1. Se nota que las áreas con mayor contaminación, situadas en el centro de la ciudad de Cuenca, coinciden con aquellas donde los precios de los terrenos son más elevados. Este hallazgo sugiere una correlación entre una mayor valoración de las propiedades y una mayor concentración de contaminantes en el aire, ambos concentrados en el centro de la ciudad.

Tras la creación de los grupos de clustering, la Tabla 4 presenta el efecto de la contaminación atmosférica, tanto a nivel de toda la muestra y como en función del tipo de propiedad, grupos o clúster por valor del terreno y nivel de contaminación. Además, en todos los modelos analizados se han incluido variables de control relacionadas tanto con las características específicas de las propiedades como con factores externos, aunque estos últimos no se especifican en la tabla.

Los resultados obtenidos de los modelos analizados indican una tendencia clara: la contaminación atmosférica generalmente tiene un impacto negativo en el valor por metro cuadrado de las propiedades inmobiliarias, manifestándose este efecto con una significativa robustez estadística, evidenciada por niveles de significancia del 1% o del 10%. Este hallazgo es consistente con la literatura existente, que sugiere que la calidad del aire es un factor relevante para los precios de los inmuebles, dado que afecta directamente la calidad de vida de los residentes.

De manera específica, se observa un fenómeno interesante en las propiedades situadas en áreas donde el costo del terreno es relativamente bajo. Contrario a la tendencia general, estos inmuebles experimentan un aumento en su valor a pesar de la presencia de contaminación. Este patrón podría explicarse por el desarrollo de actividades comerciales en dichas zonas. A medida que emergen nuevos comercios y servicios, es posible que la contaminación aumente debido a la mayor actividad económica y al tráfico vehicular asociado. Sin embargo, estos mismos factores pueden contribuir a una revalorización de la zona debido a la mejora en la oferta de servicios y la conveniencia para los residentes y negocios. Así, la dinámica de la valorización inmobiliaria en estos contextos parece estar fuertemente influenciada por el potencial económico emergente, más allá de los efectos negativos de la contaminación atmosférica. Por otro lado, en lugares con bajos niveles de contaminación, no se observa efectos del NO₂ sobre el valor del terreno.

Tabla 4. Efectos de la contaminación de NO₂ sobre el logaritmo del valor del metro cuadrado

Log valor del metro cuadrado			
Modelos	coeficiente		Std. Dev
Total muestra	-0,0079	***	0,0008
Villas	-0,0014	*	0,0008
Edificio	-0,0243	***	0,0017
Clúster por costo del terreno			
Bajo	0,0153	***	0,0018
Medio	-0,0056	***	0,0013
Moderado	-0,0097	***	0,0026
Alto	-0,0204	***	0,0012
Clúster por nivel de contaminación			
Grupo 1	0,0044		0,0027
Grupo 2	-0,0237	***	0,0033
Grupo 3	-0,0107	***	0,0042
Grupo 4	-0,0091	***	0,0033
Grupo 5	-0,0245	***	0,0038

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

Fuente: Departamento de Avalúos y Catastros de la ciudad de Cuenca, Consejo de Seguridad Ciudadana, EMOV, CGA

Elaboración: Autores

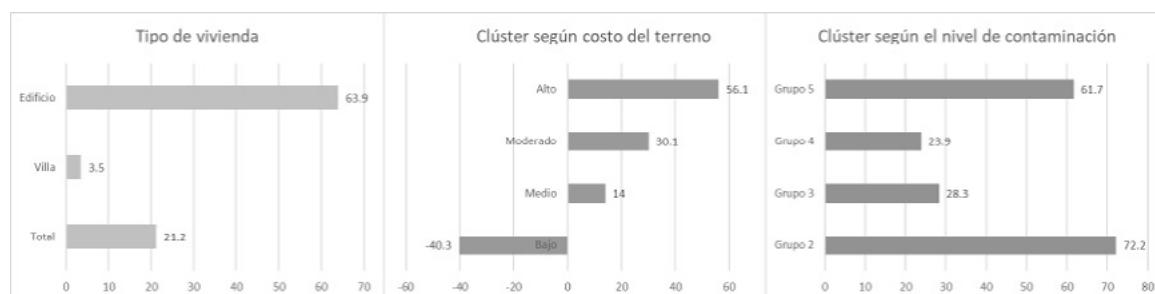
Basándose en la información contenida en la Tabla 4, se ha estimado el coste monetario de las penalizaciones asociadas a cada tipo de contaminante, aplicando el método previamente descrito. Los resultados, que se muestran en la Figura 4, subrayan las repercusiones económicas de la contaminación atmosférica. En promedio, se revela que el mercado reduce el valor de las propiedades en \$21.2 anuales por cada unidad adicional de dióxido de nitrógeno que se genere alrededor de la propiedad.

La severidad de estas penalizaciones varía según el tipo de propiedad y los diferentes clusters de terreno. Por ejemplo, los edificios sufren penalizaciones mucho más elevadas, alcanzando los \$63.9, en contraste con las casas individuales, donde la penalización es de solo \$3.5. En relación con los clusters basados en el valor del suelo, se observa un incremento en la penalización a medida que aumenta el costo del terreno, lo cual se relaciona con su ubicación en zonas de mayor contaminación, como se ilustra en las ilustraciones 2 y 3. Curiosamente, las propiedades en áreas de bajo valor de terreno, localizadas en los límites de la ciudad de Cuenca, donde las emisiones de NO₂ son menores, presentan un fenómeno

inusual: la contaminación atmosférica parece incrementar su valor, en vez de disminuirlo, tal como se indica en la Tabla 6. Este efecto es evidente en la Figura 4, donde se muestra una penalización negativa de -40.3, sugiriendo que niveles más altos de NO₂ en estas zonas pueden aumentar el valor de las propiedades.

Al analizar los clusters basados en el nivel de contaminación, se descubre que los grupos 2 y 5 enfrentan las penalizaciones monetarias más altas, con un promedio anual de \$72.2 y \$61.7 por propiedad, respectivamente. Esto contrasta con penalizaciones más moderadas en los grupos 3 y 4, con \$28.3 y \$23.9, respectivamente. Para las propiedades del grupo 1, no se aplica ninguna penalización, ya que el coeficiente correspondiente no fue estadísticamente significativo.

Figura 4. Costo promedio anual de depreciación por contaminación de NO₂



Fuente: Departamento de Avalúos y Catastros de la ciudad de Cuenca, Consejo de Seguridad Ciudadana, EMOV, CGA

Elaboración: Autores

En conjunto, estos resultados enfatizan la importancia de considerar la calidad del aire como un factor clave en la valoración inmobiliaria y en las políticas urbanas. La evidencia apunta hacia una necesidad de estrategias integrales que aborden la contaminación atmosférica, no solo por su impacto directo en la salud pública sino también por sus implicaciones económicas significativas en el mercado inmobiliario. Este análisis profundiza la comprensión de cómo la contaminación afecta de manera diferenciada según el tipo y ubicación de la propiedad, ofreciendo perspectivas valiosas en la planificación urbana.

Conclusiones

El propósito de este estudio fue determinar el efecto económico que tienen factores como la contaminación por NO₂ sobre el valor inmobiliario en Cuenca. Mediante el uso del modelo de precios hedónicos y la evaluación de variables como las características de los inmuebles, el entorno y aspectos ambientales, se identificó los elementos clave que influyen en el precio por metro cuadrado de las

propiedades. Se encontró que las propiedades en zonas con menor frecuencia de accidentes, cercanía al centro urbano, proximidad a cuerpos de agua como ríos, situadas en edificios y en áreas con abundancia de comercios, tienden a tener un valor más alto por metro cuadrado. Por el contrario, los valores tienden a ser menores en áreas industriales y en viviendas con mayor antigüedad.

Además, el estudio confirmó que la contaminación atmosférica genera una devaluación en los precios de las propiedades, un resultado que concuerda con investigaciones anteriores. Esta reducción en el valor varía dependiendo del tipo de propiedad, la ubicación y el nivel de contaminación. Las penalizaciones más notables se observaron en los edificios y en las áreas centrales de la ciudad, lo que indica implicaciones relevantes para las políticas ambientales.

Frente a estos hallazgos, se sugiere que las autoridades locales podrían implementar intervenciones dirigidas a mejorar la calidad del aire, tales como promover el uso de medios de transporte menos contaminantes. La introducción de sistemas de bicicletas compartidas en áreas céntricas, por ejemplo, no solo podría reducir los niveles de NO₂ derivados del tráfico vehicular, sino que también aportaría beneficios en términos de sostenibilidad ambiental, cohesión social y valoración de las propiedades inmobiliarias. Además, políticas que incentiven el uso del transporte público y desincentiven el uso de vehículos particulares en zonas de alta congestión podrían contribuir significativamente a este objetivo.

Para enriquecer y profundizar en el entendimiento de la dinámica entre la contaminación y el valor inmobiliario, es crucial expandir el ámbito de investigación más allá de los contaminantes tradicionalmente estudiados. En este sentido, futuras investigaciones deberían incluir el análisis del impacto del ruido generado por el tráfico, un factor ambiental significativo que afecta tanto la calidad de vida como el valor de las propiedades, pero que a menudo se ha investigado menos en el contexto inmobiliario. Además, la evaluación de otros contaminantes perjudiciales para la salud humana, tales como partículas finas (PM2.5 y PM10) y dióxido de carbono (CO₂), podría proporcionar una visión más detallada de cómo diferentes tipos de polución atmosférica y acústica afectan los precios de los inmuebles.

Un enfoque en los efectos de la contaminación a lo largo de diferentes cuantiles de la distribución del valor de las propiedades ofrecería una perspectiva más matizada de cómo este impacto varía entre inmuebles de distintos valores, desde las viviendas más asequibles hasta las de lujo. Este análisis permitiría identificar si los efectos de la contaminación son más pronunciados en ciertos segmentos del mercado inmobiliario, lo cual sería de gran relevancia para el diseño de políticas públicas y estrategias de intervención enfocadas en la equidad y el bienestar de diferentes grupos socioeconómicos.

Asimismo, la consideración de la heterogeneidad espacial en el análisis de cómo la contaminación afecta el valor de las propiedades es fundamental. Examinar las variaciones geográficas y las características específicas de cada ubicación permitiría capturar las complejidades del mercado inmobiliario y la forma en que factores ambientales locales influyen en la percepción y el valor de los inmuebles. Esto podría incluir el estudio de cómo la proximidad a fuentes de contaminación o a zonas verdes y espacios abiertos modifica el impacto de la contaminación en el valor inmobiliario.

Incorporar estos elementos en futuras investigaciones no solo ampliaría el conocimiento existente sobre la relación entre contaminación y valor inmobiliario, sino que también facilitaría el desarrollo de intervenciones más efectivas y dirigidas para mejorar la calidad ambiental y, por ende, la calidad de vida urbana y el valor de las propiedades en diversas comunidades.

Anexos

Tabla A 1. Otros determinantes del valor del metro cuadrado construido (continuación Tabla 3)

Variable	Muestra completa		Villas		Edificios	
	coef	Std. Error robusto	coef	Std. Error robusto	coef	Std. Error robusto
Terreno			-0,0234*** (0,0022)			
Frentes			0,0121*** (0,0020)			
Número-pisos	-0,0132*** (0,0037)		0,1020*** (0,0041)		-0,1596*** (0,0071)	
Baños	0,0074*** (0,0006)		0,0196*** (0,0008)		0,0118*** (0,0010)	
Tipo-piso						
1. Mezanine	0,0803*** (0,0198)		0,0256 (0,0183)		0,1643*** (0,0446)	
2. Subsuelo	-0,0353*** (0,0076)		-0,0160** (0,0075)		-0,0994*** (0,0151)	
3. Ático	-0,1202** (0,0488)		-0,0956 (0,0597)		-0,1507* (0,0805)	
Estado construcción						
1. Regular	-0,1481*** (0,0096)		-0,1368*** (0,0090)		-0,3479*** (0,0535)	
2. Malo	-0,1847*** (0,0301)		-0,1208*** (0,0278)		-0,2844* (0,1636)	
Columnas						
1. Madera	0,2212*** (0,0244)		0,1627*** (0,0236)		0,7823** (0,3472)	
2. Hierro, hormigón armado	0,7626*** (0,0053)		0,7326*** (0,0053)		0,8373*** (0,0220)	
Beams						
1. Wood	-0,1350** (0,0631)		-0,1612*** (0,0583)		0,2148 (0,1883)	
2. Hierro, hormigón armado	0,1275** (0,0626)		0,0015 (0,0577)		0,2526** (0,1190)	
Mezanines						
1. Madera	0,2027*** (0,0205)		0,1018*** (0,0167)		0,3019*** (0,0894)	
2. Hormigón armado, simple	0,5772*** (0,0214)		0,2919*** (0,0175)		0,7122*** (0,0889)	

Paredes						
1. Madera, bahareque	-0,2604***	(0,0521)	-0,1590***	(0,0511)	0,4258**	(0,1666)
2. Adobe, Tierra apisonada	-0,1672***	(0,0447)	-0,1346***	(0,0442)	-1,0070***	(0,2310)
3. Hormigón armado, bloque, ladrillo	0,0834**	(0,0363)	0,2119***	(0,0355)	-0,1391***	(0,0424)
Cubierta						
1. Teja	0,0148**	(0,0060)	0,0856***	(0,0075)	0,1007***	(0,0117)
2. Zinc, madera, ladrillo	-0,0763***	(0,0189)	0,0528***	(0,0183)	-0,1581	(0,1007)
3. Hormigón armado, asbesto	0,1344***	(0,0031)	0,0758***	(0,0029)	0,3149***	(0,0096)
Piso						
1. Ladrillo, madera, piedra	-0,0564***	(0,0132)	0,0703***	(0,0122)	-0,5387***	(0,0388)
2. Cerámica, parquet, vinilo, moqueta, baldosa, mármol	0,0013	(0,0132)	0,1249***	(0,0122)	-0,4724***	(0,0373)
Puerta						
1. Madera	0,1995***	(0,0190)	0,3527***	(0,0255)	0,5784***	(0,0351)
2. Hierro, aluminio	0,1630***	(0,0192)	0,3292***	(0,0252)	0,5806***	(0,0485)
Ventana						
1. Madera	-0,019	(0,0192)	0,1068***	(0,0252)	-0,2119***	(0,0572)
2. Hierro, aluminio	-0,0057	(0,0160)	0,1266***	(0,0230)	-0,0052	(0,0270)
Enlucido						
1. Barro	0,0872***	(0,0259)	0,1161***	(0,0244)	1,0755***	(0,1930)
2. Arena, cal, cemento, granito	-0,0011	(0,0102)	0,0747***	(0,0097)	-0,0132	(0,0452)
Techo						
1. barro, latón, cartón	0,4513**	(0,2123)	0,4456**	(0,1971)		
2. Fundición, madera, fibra mineral	0,1235***	(0,0102)	0,0894***	(0,0100)	0,1116**	(0,0469)
3. Arena, cal, cemento	0,2264***	(0,0128)	0,1841***	(0,0150)	0,3722***	(0,0454)
Tipo de calzada						
2. Adoquín de piedra	-0,1331***	(0,0122)	-0,1442***	(0,0118)	0,3126***	(0,0349)
3. Hormigón asfáltico	-0,0643***	(0,0101)	-0,0674***	(0,0094)	0,1602***	(0,0304)
4. Hormigón hidráulico	-0,0330***	(0,0101)	-0,0258***	(0,0093)	0,1820***	(0,0303)
5. Lastre	-0,0434***	(0,0103)	-0,0109	(0,0096)	0,2173***	(0,0312)
6. Piedra	-0,0310**	(0,0143)	-0,0582***	(0,0132)	0,1529	(0,1052)
7. Tierra	-0,0664***	(0,0107)	-0,0530***	(0,0098)	0,2046***	(0,0326)
Constante	4,7413***	(0,0860)	4,0652***	(0,0891)	5,6683***	(0,1854)
N. Observaciones	101598		72198		28993	
R square	0,7385		0,7580		0,5837	
R Adjusted square	0,7383		0,7578		0,5831	

* p<0,1, ** p<0,05, *** p<0,01

Fuente: Departamento de Avalúos y Catastros de la ciudad de Cuenca, Consejo de Seguridad Ciudadana, EMOV, CGA

Elaboración: Autores

Bibliografía

- Azqueta Oyarzun, D., Alviar Ramírez, M., Dominguez Villalobos, L., & O'Ryan, R. (2007). *Introducción a la economía ambiental* (McGraw-Hill Interamericana (ed.); 2a ed). Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Bolt, K., Ruta, G., & Sarraf, M. (2005). *Estimating the cost of environmental degradation : a training manual in English, French and Arabic* (pp. 1-86).
- Borja, S., Rodríguez, F., Luna, M., & Toulkeridis, T. (2021). Valuing the Impact of Air Pollution in Urban Residence Using Hedonic Pricing and Geospatial Analysis, Evidence From Quito, Ecuador. *Air, Soil and Water Research*, 14.
- Chakraborti, L., Heres, D. R., & Cortés, D. H. (2016). *Are Land Values Related to Ambient Air Pollution Levels? Hedonic Evidence from Mexico City* (No. 596). Mexico.
- Chen, J., Hao, Q., & Yoon, C. (2017). Measuring the welfare cost of air pollution in Shanghai: evidence from the housing market. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(10), 1744-1757. doi: [10.1080/09640568.2017.1371581](https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1371581)
- Corbett, J. J., Winebrake, J. J., Green, E. H., Kasibhatla, P., Eyring, V., & Lauer, A. (2007). Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment. *Environmental Science & Technology*, 41(24), 8512-8518. doi: [10.1021/es071686z](https://doi.org/10.1021/es071686z)
- EMOV EP. (2017). *Informe de calidad: Aire Cuenca 2017. Comprometidos por una movilidad responsable*. Cuenca. Retrieved from <https://www.emov.gob.ec/>
- Freeman, R., Liang, W., Song, R., & Timmins, C. (2019). Willingness to pay for clean air in China. *Journal of Environmental Economics and Management*, 94, 188-216. doi: [10.1016/j.jeem.2019.01.005](https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.01.005)
- Hitaj, C., Lynch, L., McConnell, K. E., & Tra, C. I. (2018). The Value of Ozone Air Quality Improvements to Renters: Evidence From Apartment Building Transactions in Los Angeles County. *Ecological Economics*, 146, 706-721. doi: [10.1016/j.ecolecon.2017.12.022](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.12.022)
- Höhne, A., Schulte, R. A., Kulicke, M., Huynh, T., Telgmann, M., Frenzel, W., & Held, A. (2023). Assessing the Spatial Distribution of NO₂ and Influencing Factors in Urban Areas—Passive Sampling in a Citizen Science Project in Berlin, Germany. *Atmosphere*, 360.

- Li, W., Kweon, B.-S., Holtan, M. T., Heckert, M., & Donahue, J. D. (2011). Assessing Benefits and Costs of Urban Environmental Attributes in a Hedonic Framework: Three Southern California Case Studies. *ProQuest Dissertations and Theses*.
- Liu, R., Yu, C., Liu, C., Jiang, J., & Xu, J. (2018). Impacts of haze on housing prices: An empirical analysis based on data from Chengdu (China). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6). doi: [10.3390/ijerph15061161](https://doi.org/10.3390/ijerph15061161)
- Martínez, J., & Delgado, O. (2017). Evaluación del ruido en Cuenca a 2015. ACI. *Avances En Ciencias e Ingenierías*, 9(15), 112–121. doi: <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.711>
- Mei, Y., Gao, L., Zhang, J., & Wang, J. (2020). Valuing urban air quality: a hedonic price analysis in Beijing, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(2), 1373–1385. doi: [10.1007/s11356-019-06874-5](https://doi.org/10.1007/s11356-019-06874-5)
- Shaw, S., & Van Heyst, B. (2022). An Evaluation of Risk Ratios on Physical and Mental Health Correlations due to Increases in Ambient Nitrogen Oxide (NO_x) Concentrations. *Atmosphere*, 13(6). doi: [10.3390/atmos13060967](https://doi.org/10.3390/atmos13060967)
- Smith, J., & Johnson, L. (2021). Urban Air Quality and Its Impact on Property Values: A Review. *Journal of Urban Economics*, 47–58.
- World Health Organization. (2019). *World health statistics 2019: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals*. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/world-health-statistics-2019-monitoring-health-for-the-sdgs-sustainable-development-goals>