

REPÚBLICA DE COLOMBIA
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
DIRECCION DE POSGRADOS FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE
LOS RECURSOS NATURALES

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PRECIOS HEDÓNICOS, PARA
DETERMINAR LA INFLUENCIA DE AMENAZAS AMBIENTALES EN EL VALOR
DEL SUELO RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIA, CUNDINAMARCA. ESTUDIO DE
CASO.

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al grado de Especialista en
Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales

ANDREA CATALINA PRIETO CHAVES
Ingeniera Catastral y Geodesta, Especialista en Avalúos

Tutor: FERNANDO ORTIZ CARDENAS

BOGOTA D.C., JUNIO DE 2016

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PRECIOS HEDÓNICOS, PARA DETERMINAR LA INFLUENCIA DE AMENAZAS AMBIENTALES EN EL VALOR DEL SUELO RURAL DEL MUNICIPIO DE CHIA, CUNDINAMARCA. ESTUDIO DE CASO.

APPLICATION OF THE METHODOLOGY HEDONIC PRICES TO DETERMINE THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL THREATS ON VALUE OF RURAL LAND OF THE MUNICIPALITY OF CHIA, CUNDINAMARCA. CASE STUDY.

Andrea Catalina Prieto Chaves
Ingeniera Catastral y Geodesta, Especialista en Avalúos
Bogotá, Colombia
andreac_prieto@hotmail.com

RESUMEN

En el presente documento se aplica la metodología de precios hedónicos como método de valoración ambiental, con el fin de analizar la influencia de variables ambientales relacionadas con la condición de amenazas naturales, específicamente generadas por inundaciones, incendios y deslizamientos por remoción en masa, en los valores del suelo rural del Municipio de Chía, mediante un modelo econométrico. Se tuvo en cuenta la zonificación delimitada por la Alcaldía en cabeza del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo, de acuerdo a la normatividad vigente.

El valor del suelo está compuesto por diferentes variables físicas propias del inmueble, características socioeconómicas y ambientales del entorno. Como resultado del modelo econométrico se observa que, mientras las variables físicas y socioeconómicas aportan un incremento positivo en el valor final de los predios, las condiciones de amenaza por remoción en masa e inundaciones afectan negativamente el precio de la tierra, siendo casi 4 veces más impactante las zonas con amenaza por inundación.

Palabras clave: Precios Hedónicos, Amenazas Ambientales, Modelo Econométrico, Valor Terreno, Valoración Ambiental.

ABSTRACT

In this document the methodology of hedonic pricing as a method of environmental valuation applies, in order to analyze the influence of environmental variables

related to the condition of natural hazards, specifically generated by floods, fires and landslides caused by landslides in the rural land values in the Municipality of Chia, using an econometric model. zoning bounded by the City Council headed by the Municipal Risk Management, according to regulations are taken into account.

The land value is composed of different physical variables own the building, socio-economic and environmental characteristics of the environment. As a result of the econometric model it shows that, while physical and socioeconomic variables provide a positive increase in the final value of the properties, the conditions of threat by landslides and floods negatively affect the price of land, being almost 4 times more striking areas with flood threat.

Keywords: Hedonic prices, Environmental Threats, Econometric Model, Land Value, Environmental Assessment.

INTRODUCCIÓN

Cada año a nivel mundial numerosas comunidades resultan afectadas por fenómenos naturales de origen geológico, hidrológico y atmosférico [1], tales como inundaciones, terremotos, erupciones volcánicas, movimientos en masa, incendios forestales, etc. Los fenómenos naturales pueden desencadenar en catástrofes o desastres, que hacen referencia a enormes pérdidas humanas, perdidas de recursos naturales y económicos.

Los desastres naturales no sólo causan efectos devastadores en el momento en que se producen, sino que afectan el desarrollo humano-económico de la región, generando pobreza, destrucción de infraestructuras, disminución en la producción agrícola, afectando a la seguridad alimentaria, la salud y a la educación, generando estancamiento tecnológico, económico y social [2].

En los últimos 30 años, Colombia ha sido uno de los países más vulnerables a desastres naturales en América. Un informe presentado en septiembre de 2011 por la Dirección Nacional de Planeación DNP, revela que en promedio cada año ocurren 597 desastres naturales en Colombia, superando a Perú con 585, México con 241 y a Argentina con 213 [3].

El Municipio de Chía, se encuentra ubicado a 31 km de la Ciudad de Bogotá y es uno de los 116 municipios del Departamento de Cundinamarca. Tiene una extensión aproximada de 7923 Has y se encuentra a 2.562 m sobre el nivel del mar. Es un municipio con gran importancia regional debido a su influencia y ubicación estratégica frente a la ciudad de Bogotá. Esta característica se ve reflejada en el aumento poblacional que ha tenido Chía en la última década, mostrando un promedio de crecimiento del 2,59% anual, para un total de 126.647 habitantes en el 2015 (Ilustración 1) [4].

Ilustración 1. Población estimada año 2000 y proyectada año 2015

	Población 2000	Población 2015	Tasa de Crecimiento 2000 vs 2015
Colombia	42,321,386	48,202,617	13.90%
Cundinamarca	2,142,260	2,680,041	25.10%
Bogotá	6,437,842	7,878,783	22.38%
Medellín	1,980,917	2,464,322	24.40%
Cali	2,161,130	2,369,829	9.66%
Chía	61,783	126,647	104.99%

Fuente: DANE Censos años 1993 y 2005 [4].

La influencia generada por la Capital de la República ha tenido como consecuencia un desarrollo exponencial en el municipio de Chía debido a la correlación de bienes y servicios regionales y por ende, un aumento en los valores de la tierra. Sin embargo, el precio de bienes privados está en función no solo de la ubicación, sino del conjunto de características que dicho bien posee, las cuales pueden ser físicas, del sector y ambientales del entorno [5]. Chía, por su ubicación geográfica, características geológicas e hídricas, es un territorio expuesto a amenazas ambientales como incendios, inundaciones y remociones en masa, por lo que la ley 1523 de 2012 estableció una serie de obligaciones a las entidades territoriales en la Gestión del Riesgo [6]. Las variables ambientales tienen influencia en el valor del suelo y se hace necesario identificar la sensibilidad del precio a las fluctuaciones de las mismas.

Los precios hedónicos intentan, precisamente, descubrir todos los atributos del bien que explican su precio, y averiguar la importancia cuantitativa de cada uno de ellos [7]. En este contexto, es la metodología idónea para analizar la influencia de las variables ambientales relacionadas con la zonificación de amenazas naturales, específicamente inundaciones, incendios y deslizamientos por remoción en masa, en los valores del suelo rural del Municipio de Chía, Cundinamarca.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 MARCO NORMATIVO

En Colombia, según lo establecido en la Guía Metodológica para Incorporar la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial [8], las normas a tener en cuenta para adelantar este proceso se encuentran en la (Tabla 1).

La ley 1523 de 2012 estableció una serie de obligaciones a las entidades territoriales en la Gestión del Riesgo [6], en consecuencia en el año 2014, la Administración Municipal de Chía realizó un análisis del Riesgo cuyo enfoque

contempla la Identificación y Evaluación del riesgo, mediante la elaboración de mapas de zonificación de amenazas por inundación, remoción en masa, avenidas torrenciales e incendios.

Tabla 1. Marco Normativo

Objetivo	Ley / Decreto / Norma
Norma de Normas	Constitución Política de 1991
En cuanto al Riesgo	Ley 46 de 1988
	Decreto Ley 919 de 1989
	Decreto 93 de 1998
	CONPES 3146 CONPES 3318
	La ley 1523 de 2012
En cuanto al Desarrollo y el Ordenamiento Territorial	Ley 09 de 1989 de Reforma Urbana
	Ley 02 de 1991
	La Ley 152 de 1994
	Ley 388 de 1997
	Ley 812 de 2003
	Decreto 879 de 1998
	Decreto 2015 de 2001
Decreto 4002 de 2004	
En cuanto al Medio Ambiente	Ley 99 de 1993 (Ley del Medio Ambiente)
En cuanto a Avalúos	Decreto 1420 de 1998
	Resolución 620 de 2008 del IGAC

Fuente: [9]

1.2 CARACTERIZACIÓN MUNICIPIO DE CHÍA

1.2.1 ASPECTOS GENERALES

El municipio de Chía se encuentra ubicado en el Departamento de Cundinamarca, en la zona agroecológica del altiplano Cundiboyacense, en la región de Sabana centro, a 31 kilómetros de Bogotá, Distrito Capital, a una altura de 2.562 metros sobre el nivel del mar. El Municipio está ubicado entre las cordilleras del Zaque en el oriente y la cordillera de los Monos en el occidente. La mayor parte de su territorio es plano, destacándose algunas elevaciones como el cerro de la Cruz, el Santuario y las cordilleras del Zanjón y el Zaque [10].

Su cabecera está localizada en las siguientes coordenadas geográficas: 4° 52' de latitud norte y 74° 04' de longitud al oeste de Greenwich, limitando al occidente con los municipios de Cota, Tabio y Tenjo, al oriente con los municipios de Sopó y Chía, al sur con las localidades de Usaquén y Suba de Bogotá y al norte con los municipios de Cajicá y Sopó. Tiene una

extensión territorial de 79 kilómetros cuadrados (7.923 hectáreas), de los cuales 608.28 hectáreas corresponden al área urbana y 7314.72 hectáreas al área rural [9].

Predomina el clima de templado a frío, temperatura promedio de 13,4°C, humedad relativa cercana al 77% y precipitación total anual de unos 770mm. El régimen de precipitación es bimodal con dos temporadas de lluvia durante los meses de septiembre-noviembre y abril-junio. La temperatura media mensual multianual del aire es igual a 13.4°C, con un máximo promedio de 14.0°C para el mes de abril y un mínimo promedio de 13.1°C para los mes de enero. El sistema hidrográfico del municipio está definido en su parte oriental por la cuenca del Río Bogotá y en su parte occidental por la subcuenca del Río Frío [9].

1.2.2 ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS

El documento Análisis del Riesgo del Municipio de Chía, realizado por la Alcaldía en cabeza del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo del Municipio [11], contiene la identificación, tipificación y caracterización de las amenazas. El énfasis está en los peligros asociados a inundaciones, remoción en masa, avenidas torrenciales e incendios.

El documento define amenaza, como el peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdidas de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también los daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales [9].

El nivel de amenaza se cuantificó a través de un análisis, identificación y evaluación de fenómenos hidrológicos, estabilidad geotécnica y probabilidad de incendios forestales que afectan al Municipio de Chía. En la evaluación cuantitativa, la amenaza en un sitio específico se caracterizó, determinando para cada evento posible la magnitud (mi), definida por la profundidad, velocidad, volumen y/o energía, y la frecuencia o probabilidad $p(mi)$ de ocurrencia del evento en porcentaje al año.

Con estos datos las amenazas se clasificaron en Zona de Amenaza Alta, Media y Baja (Tabla 2).

La amenaza por Avenidas Torrenciales no se tiene en cuenta como variable para el modelo econométrico, debido a q a la fecha, en el municipio de Chía no se encuentran registros históricos de eventos torrenciales [9].

Tabla 2. Clasificación de Tipos de Amenaza

TIPO DE AMENAZA	mi: magnitud del evento	p(mi): frecuencia o probabilidad
ZONA DE AMENAZA ALTA	ALTO	ALTA
	ALTO	MEDIA
	MEDIO	ALTA
ZONA DE AMENAZA MEDIA	ALTO	BAJA
	MEDIO	MEDIO
	MEDIO	BAJA
	BAJO	ALTA
ZONA DE AMENAZA BAJA	BAJO	MEDIA
	BAJO	BAJA

Fuente: [9]

1.2.2.1 Amenaza por Inundación

Las inundaciones son uno de los eventos más amenazantes que tiene en el municipio de Chía, particularmente en las rondas del Río Frío y Río Bogotá, siendo esta zona clasificada como de amenaza alta. La amenaza se intensifica cuando las lluvias son intensas y prolongadas, formándose así represamientos e inundaciones que ocasionan daños en las viviendas, enseres, bienes de producción y enfermedades a la población.

De acuerdo al análisis del Departamento Administrativo de Planeación Municipal, durante la temporada del fenómeno de la Niña (2010-2011), el área de inundación generada por el Río Frío y Río Bogotá, en el municipio es de 1.033 Ha, de los cuales el 85% fue en zona rural y el 15% en zona urbana [12].

De los 27.847 predios identificados en el catastro municipal en el 2011, 1.845 predios se vieron afectados por el evento natural, 1.455 urbanos y 390 rurales que corresponden a un 6,63% del total de predios. De igual manera, se realizó un cálculo aproximado del volumen que correspondió al agua desbordada de los dos ríos. Esto se hizo con base en el Modelo Digital de Terreno del municipio y al polígono de la huella de inundación, teniendo en cuenta la cota de altura de la superficie del agua y las cotas de altura encontradas en los lechos de los ríos [12].

1.2.2.2 Amenaza por Remoción en Masa y Deslizamientos

Los fenómenos de remoción en masa y deslizamiento se han presentado históricamente en eventos de magnitudes menores, particularmente en las áreas de los cerros orientales y occidentales, se

hacen más frecuentes cuando los periodos de lluvia son intensos y prolongados, causando saturación de agua en los suelos y a su vez inestabilidad en los taludes, muchas veces desprovistos de vegetación producto de las prácticas agrícolas tradicionales, la deforestación, el sobrepastoreo, la pendiente de los suelos entre otros factores [13].

Otra zona que presenta un gran riesgo de remoción en masa es la que corresponde al Resguardo Indígena, donde se han identificado construcciones en riesgo alto y medio.

El Mapa de Susceptibilidad para delimitar las zonas con amenaza por remoción en masa, de acuerdo a la metodología del SGC tiene en cuenta las variables: Geología en un 25%, Pendiente en un 25%, Geomorfología en un 25% y Cobertura y Uso del Suelo en el 25% restante [13].

1.2.2.3 Amenaza por Incendios Forestales

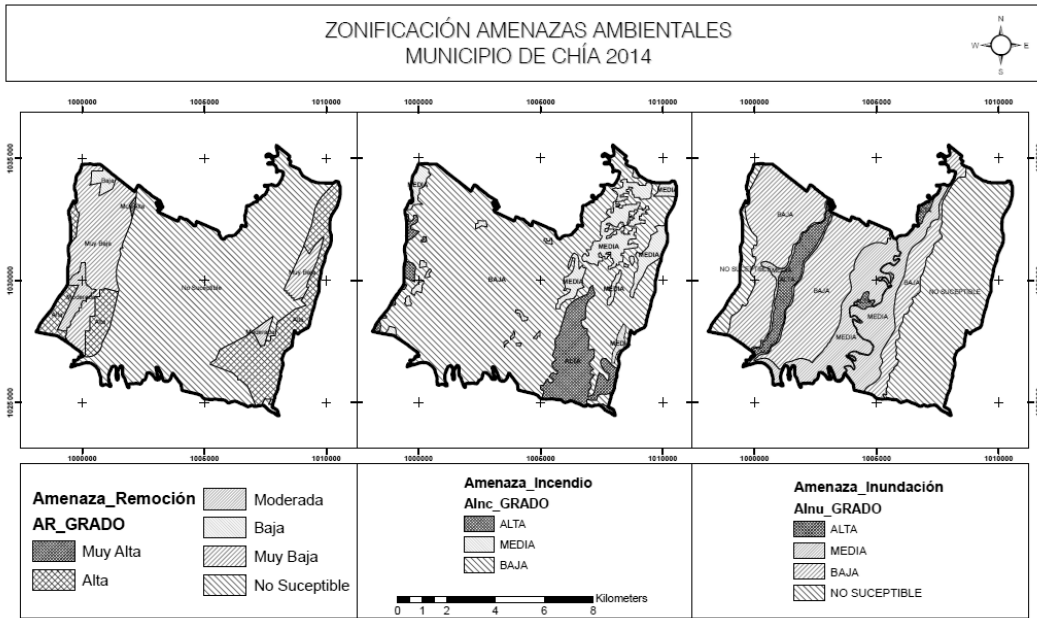
Las áreas de incendios forestales son determinadas a partir del mapa de cobertura vegetal y los mapas de isoyetas, ya que además del factor antrópico como desencadenante, las estaciones secas juegan un papel importante en la generación de incendios.

De acuerdo a lo establecido en el Parágrafo 4 del artículo 3 del decreto 1807 de 2014, para la determinación de las Zonas con condición de riesgo y Condición de amenaza, por fenómeno de incendios, se debe partir de la definición de amenaza por incendio forestal, establecida en el POMCA del Río Bogotá. Ésta indica que las zonas que presentan alto grado de amenazas por incendios forestales, se ubican principalmente en la parte baja de la cuenca y dentro de ellas, en aquellas zonas con alta pendiente y coberturas predominantemente boscosas [14].

La mayor probabilidad de ocurrencia de los incendios se presenta entre los meses de diciembre y marzo y julio y agosto, lo cual corresponde a las dos épocas conocidas como “verano” y que se ajustan muy bien a los datos de lluvias mensuales multianuales mínimas. Adicionalmente, como amenaza de incendios se tienen los ductos de derivados del petróleo con una amenaza media en una franja de 100 m a cada lado de las tuberías y amenaza alta en los cruces con vías [9].

A continuación se encuentra los mapas de Zonificación de Amenazas Ambientales del Municipio de Chía (Ilustración 2) definidos en el documento “Análisis del Riesgo” para el año 2014.

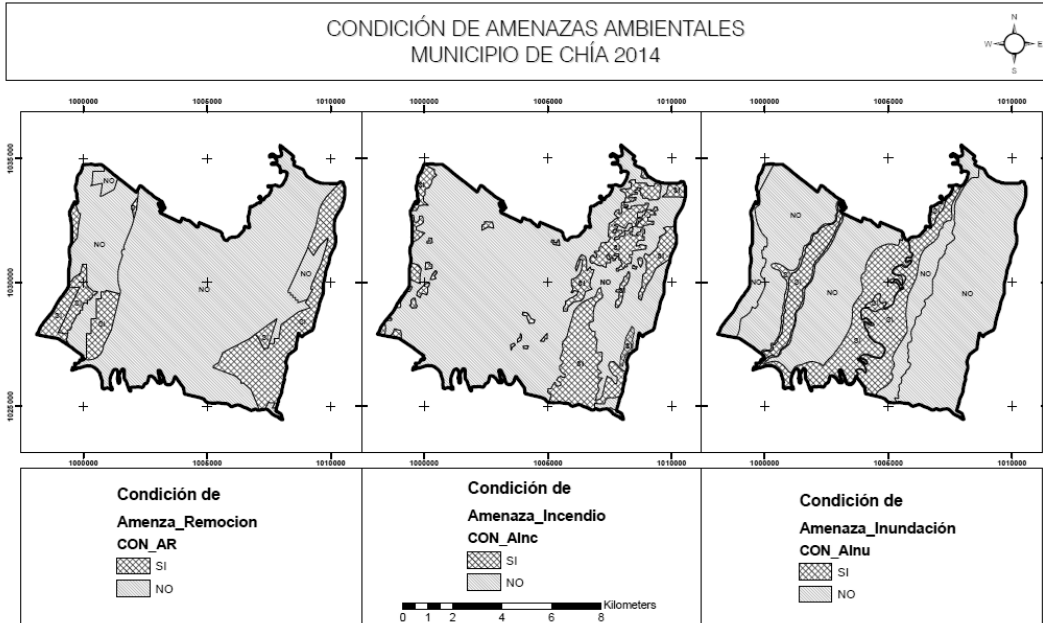
Ilustración 2. Mapas de Zonificación de Amenazas Ambientales del Municipio de Chía



Fuente: Elaboración propia

1.2.3 CONDICIÓN DE AMENAZAS

Ilustración 3. Mapas de Condición de Amenaza del Municipio de Chía



Fuente: Elaboración propia

Las áreas con condición de amenaza según lo define el Decreto 1807 de 2014, son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establece en la revisión o expedición de un nuevo POT, la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales para permitir su desarrollo (Ilustración 3).

1.3 PRECIOS HEDÓNICOS

A diferencia de la mayoría de los bienes económicos, los inmuebles se caracterizan por ser bienes heterogéneos que poseen una diversidad de atributos físicos, funcionales, de localización y de durabilidad, a la vez que proveen una gama de servicios, como confort, seguridad, proximidad al empleo y medios de transporte, etc [15].

Según Rosen (1974) los Precios Hedónicos se definen como los precios implícitos de los atributos y que revelan a agentes económicos de los precios observados de aquellos productos diferenciados y las características específicas asociadas a ellos. Además, la metodología estándar proporciona una ecuación hedónica de precios que capta el efecto de los distintos tributos individuales de un inmueble en la determinación de su valor de mercado [16]. La metodología de precios hedónicos se basa fundamentalmente en que algunos bienes no son homogéneos y difieren en algunas características.

En la literatura se han encontrado diversos artículos donde se han realizado análisis utilizando Modelos de Precios Hedónicos, ésta técnica la desarrolló Rosen (1974), y consiste en analizar mercados donde existen bienes heterogéneos, como la vivienda. Así, el precio ($P(z)$) de un predio está determinado por el valor de cada una de las particularidades del inmueble, atributos y externalidades. En otras palabras, es una función (f) de sus características propias y atributos externos que lo circundan (z_1, \dots, z_n). Igualmente, este método es usado para estimar los costos de bienes y servicios no transados en un mercado (externalidades). Así, Rosen describe formalmente el equilibrio hedónico en función de los atributos externos, tal como lo expresa la ecuación (1) [17]:

$$P(z) = f(z_1, \dots, z_n) \quad (1)$$

Generándose así la postura o disponibilidad a pagar (DAP) por los consumidores de vivienda e igualándola a la disponibilidad a aceptar (DAA) de los productores [17].

Esta metodología intenta averiguar todas las características de un bien que pueden llegar a explicar el precio de este y a la vez que trata de diferenciar la

importancia cuantitativa para cada uno de estos. Adicionalmente, define los precios implícitos que posee cada una de las características, obteniendo entonces, la disposición marginal a pagar por una unidad adicional de dicha característica. Finalmente evalúa las implicaciones de diversos factores sobre el precio de una construcción. Por ejemplo debido a externalidades [18].

Algunos supuestos de esta metodología indican que el consumidor maximiza su utilidad fija a la restricción del ingreso y que hay un mercado donde tanto compradores como vendedores transan dicho bien. También se asume que el precio de mercado mostrará el vector de características que estará sujeto al número de compradores como de vendedores y de dichas características que porte el bien. Otro supuesto de esta metodología señala que hay una complementariedad frágil entre el bien privado y sus características [18].

1.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

Para desarrollar este estudio se cuenta con información física y socioeconómica predial del IGAC, vigencia 2015 del Municipio de Chía Cundinamarca. Dentro de la información geográfica está la espacialización de la capa predial del municipio que contiene 28.462 predios, de los cuales 13.528 se encuentran en suelo rural y 14.934 en el suelo urbano [19]. La información temática contiene atributos como: Áreas de terreno, áreas construidas, avalúo, destinación económica, entre otras. Adicionalmente se cuenta con el estudio “Análisis del Riesgo Municipio de Chía 2014”, que hace parte del Ajuste al Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio 2000. Como anexos de este documento, se cuenta con la cartografía temática rural que incluye las capas: Vías, Drenajes, Zonificación de Amenaza por Remoción en Masa, Incendios e Inundaciones.

Se consultó la Información Espacial del Sistema de Información Geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial SIGOT – IGAC, disponible en la página web principal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, y de la cual se descargaron las capas: Vías, Drenajes, Amenaza por Remoción en Masa y Cobertura actual de la tierra. El IGAC, al ser la entidad encargada de producir la cartografía oficial de Colombia y coordinar la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE), es la fuente principal de la información necesaria para ejecutar el modelo.

Las variables utilizadas en el estudio de caso corresponden a la capa rural, la cual se consolida en una base de datos detallada que cuenta con las siguientes variables:

- 1.4.1 CODIGO_ANT (Código Catastral): Ésta es una variable cualitativa nominal. Identifica el número del predio en la base de datos. Inicialmente

se evaluaron 13.528 predios, los cuales disminuyeron con la depuración de los datos.

1.4.2 DIRECCIÓN: Es una variable de tipo nominal, que indica cual es la dirección donde se encuentra ubicado predio objeto del avalúo.

1.4.3 DESTINO_EC (Destino Económico): Es una variable cualitativa nominal definida como Dummy, que indica la vocación económica que tiene el predio.

DEST_A1 = 1, si es Habitacional
DEST_A1 = 0, si no es Habitacional

DEST_D2 = 1, si es Agropecuario
DEST_D2 = 0, si no es Agropecuario

DEST_G3 = 1, si es Recreacional
DEST_G3 = 0, si no es Recreacional

1.4.4 AREA_TERRE (Área de Terreno): Es una variable cuantitativa continua, por lo tanto puede clasificarse como variable de razón. Indica el área del terreno del lote en (m²).

1.4.5 AREA_CONST (Área Construida): Es una variable cuantitativa continua. Indica el área del inmueble que se encuentra construida.

1.4.6 PUNTAJE: Es una variable cuantitativa continua, indica la calificación que obtiene el predio teniendo en cuenta los acabados de construcción, toma valores desde 0 hasta 100, siendo 0 el puntaje más bajo.

1.4.7 AVALÚO: Es una variable cuantitativa continua. Indica el valor total en que fue avaluado el inmueble.

1.4.8 LN_AV (Logaritmo Avalúo). Es una variable cuantitativa continua que representa el logaritmo natural del valor del suelo.

1.4.9 V_CATEG (Categoría Vías): Es una variable cualitativa ordinal definida como Dummy, que indica la influencia o cercanía del predio a vías principales. Esta información fue analizada con la base cartográfica del SIGOT.

VIA_P1 = 1, si está cerca de vías de Primer Orden
VIA_P1 = 0, si no está cerca de vías de Primer Orden

VIA_S2 = 1, si está cerca de vías de Segundo Orden
VIA_S2 = 0, si no está cerca de vías de Segundo Orden

VIA_T3 = 1, si está cerca de vías de Tercer Orden

VIA_T3 = 0, si no está cerca de vías de Tercer Orden

También se definió una variable general denominada Condición de Vías, que establece una Categoría SI/NO en cuanto a la accesibilidad de Vías, siendo positiva cuando existe influencia o cercanía a vías Primarias o Secundarias y negativa cuando no.

VIA_SNF = 1, si tiene buena accesibilidad a Vías

VIA_SNF = 0, si no tiene buena accesibilidad a Vías

1.4.10 D_ACCESIBI (Acceso a cuerpos de agua): Es una variable cualitativa ordinal definida como Dummy, que se refiere a la accesibilidad que tienen los predios a los Cuerpos de Agua. Se clasifica en tres categorías: accesibilidad buena, regular y mala, dependiendo de la disponibilidad del recurso de los afluentes principales, el Río Bogotá y el Río Frio, y de otros afluentes secundarios. Esta información fue analizada con la base cartográfica del POT [20].

DRENAJ_B1 = 1, si la accesibilidad a Cuerpos de Agua es buena.

DRENAJ_B1 = 0, si la accesibilidad a Cuerpos de Agua no es buena.

DRENAJ_R2 = 1, si la accesibilidad a Cuerpos de Agua es regular.

DRENAJ_R2 = 0, si la accesibilidad a Cuerpos de Agua no es regular.

DRENAJ_M3 = 1, si la accesibilidad a Cuerpos de Agua es mala.

DRENAJ_M3 = 0, si la accesibilidad a Cuerpos de Agua no es mala.

También se definió una variable general denominada Condición de accesibilidad a cuerpos de agua, que establece una Categoría SI/NO en cuanto a la disponibilidad de Fuentes Hídricas, siendo positiva cuando existe Buena o Regular influencia de afluentes al predio y negativa cuando no.

DRENAJ_SNF=1, si tiene buena accesibilidad a Cuerpos de Agua

DRENAJ_SNF=0, si no tiene buena accesibilidad a Cuerpos de Agua

1.4.11 AR_GRADO (Amenaza por Remoción en masa): Es una variable cualitativa ordinal definida como Dummy, que se refiere al grado de Amenaza por Remoción en Masa que tienen los predios. Se clasifica en seis categorías y fue definida teniendo en cuenta variables como pendiente, geología, geomorfología y cobertura y uso del suelo. Esta información fue analizada con la base cartográfica del Análisis de Riesgo del Municipio de Chía [9].

AR_NS1 = 1, si el grado de amenaza por Remoción en Masa es “No Susceptible”.

AR_NS1 = 0, si el grado de amenaza por Remoción en Masa no es “No Susceptible”.

AR_MB2 = 1, si el grado de amenaza por Remoción en Masa es “Muy Bajo”.

AR_MB2 = 0, si el grado de amenaza por Remoción en Masa no es “Muy Bajo”.

AR_B3 = 1, si el grado de amenaza por Remoción en Masa es “Bajo”.
AR_B3 = 0, si el grado de amenaza por Remoción en Masa no es “Bajo”.

AR_M4 = 1, si el grado de amenaza por Remoción en Masa es “Moderado”.
AR_M4 = 0, si el grado de amenaza por Remoción en Masa no es “Moderado”.

AR_A5 = 1, si el grado de amenaza por Remoción en Masa es “Alto”.
AR_A5 = 0, si el grado de amenaza por Remoción en Masa no es “Alto”.

AR_MA5 = 1, si el grado de amenaza por Remoción en Masa es “Muy Alto”.
AR_MA5 = 0, si el grado de amenaza por Remoción en Masa no es “Muy Alto”.

También se definió una variable general denominada Condición de Amenaza por Remoción en Masa, que establece una Categoría SI/NO en cuanto a la existencia de Amenaza, siendo positiva cuando existe un grado Muy Alto, Alto o Moderado de Riesgo y negativa cuando existe un grado Bajo, Muy Bajo o No Susceptible de Riesgo.

AR_SNF = 1, si existe condición de amenaza por Remoción en Masa.
AR_SNF = 0, si no existe condición de amenaza por Remoción en Masa.

1.4.12 Alnc_GRADO (Amenaza por Incendio): Es una variable cualitativa ordinal definida como Dummy, que se refiere al grado de Amenaza por Incendio que tienen los predios. Se clasifica en tres categorías: Grado Alto, Medio y Bajo. Esta información fue analizada con la base cartográfica del Análisis de Riesgo del Municipio de Chía [9].

Alnc_B1 = 1, si el grado de amenaza por Incendio es “Bajo”.
Alnc_B1 = 0, si el grado de amenaza por Incendio no es “Bajo”.

Alnc_M2 = 1, si el grado de amenaza por Incendio es “Medio”.
Alnc_M2 = 0, si el grado de amenaza por Incendio no es “Medio”.

Alnc_A3 = 1, si el grado de amenaza por Incendio es “Alto”.
Alnc_A3 = 0, si el grado de amenaza por Incendio no es “Alto”.

También se definió una variable general denominada Condición de Amenaza por Incendio, que establece una Categoría SI/NO en cuanto a la existencia de Amenaza, siendo positiva cuando existe un grado Alto o Medio de Riesgo y negativa cuando existe un grado Bajo de Riesgo.

Alnc_SNF = 1, si existe condición de amenaza por Incendio.
Alnc_SNF = 0, si no existe condición de amenaza por Incendio.

1.4.13 Alnu_GRADO (Amenaza por Inundación): Es una variable cualitativa ordinal definida como Dummy, que se refiere al grado de Amenaza por Inundación que tienen los predios. Se clasifica en cuatro categorías:

Grado Alto, Medio, Bajo y Nulo. Esta información fue analizada con la base cartográfica del Análisis de Riesgo del Municipio de Chía [9].

Alnu _N1 = 1, si el grado de amenaza por Inundación es “Nulo”.
Alnu _N1 = 0, si el grado de amenaza por Inundación no es “Nulo”.

Alnu _B2 = 1, si el grado de amenaza por Inundación es “Bajo”.
Alnu _B2 = 0, si el grado de amenaza por Inundación no es “Bajo”.

Alnu _M3 = 1, si el grado de amenaza por Inundación es “Medio”.
Alnu _M3 = 0, si el grado de amenaza por Inundación no es “Medio”.

Alnu _A4 = 1, si el grado de amenaza por Inundación es “Alto”.
Alnu _A4 = 0, si el grado de amenaza por Inundación no es “Alto”.

También se definió una variable general denominada Condición de Amenaza por Inundación, que establece una Categoría SI/NO en cuanto a la existencia de Amenaza, siendo positiva cuando existe un grado Alto o Medio de Riesgo y negativa cuando existe un grado Bajo o Nulo de Riesgo.

Alnu _SNF = 1, si existe condición de amenaza por Inundación.
Alnu _SNF = 0, si no existe condición de amenaza por Inundación.

1.4.14 COBERTURA (Cobertura actual): Es una variable cualitativa nominal definida como Dummy, que indica la cobertura y uso actual del inmueble.

COB_PA1 = 1, si la cobertura son Pastos
COB_PA1 = 0, si la cobertura no son Pastos

COB_CU2 = 1, si la cobertura es Cultivos anuales o transitorios
COB_CU2 = 0, si la cobertura no es Cultivos anuales o transitorios

COB_AG3 = 1, si la cobertura es Áreas agrícolas heterogéneas
COB_AG3 = 0, si la cobertura no es Áreas agrícolas heterogéneas

COB_VS4 = 1, si la cobertura es Vegetación Secundaria
COB_VS4 = 0, si la cobertura no es Vegetación Secundaria

1.5 SELECCIÓN DE VARIABLES

Al tener consolidada la base de datos con las variables descritas anteriormente, es necesario homogeneizar la muestra, descartando datos atípicos y variables irrelevantes para el presente estudio. La información original contaba con 13.528 predios en la zona rural. Inicialmente se descartaron 396 predios por no contar con información en las variables físicas y socioeconómicas básicas, quedando una muestra de 13.132 datos.

En el área rural del Municipio de Chía la vocación de los predios está ligada al uso Habitacional, Agropecuario y Recreacional, refiriéndose éste último a los condominios. Por lo tanto, los predios con Destinación Económica diferente a esta clasificación, se asume están por fuera del mercado inmobiliario o se consideran datos atípicos. En busca de homogeneizar la muestra, los Destinos Económicos Comercial, Cultural, Educativo, Industrial, Minero, Religioso, Uso Público, Servicios Especiales y Lotes en mayor extensión, entre otros, fueron removidos de la base de datos al no ser objeto del estudio. Con este parámetro la muestra se reduce a 8.946 inmuebles.

Finalmente, la normatividad y el uso actual del predio también son variables que influyen en el valor de la tierra, por lo tanto, se considera otro factor relevante para normalizar la muestra. Los predios con cobertura actual "Urbano", son predios localizados en suelo rural pero por las condiciones del entorno y proximidad con el Casco Urbano tienen un comportamiento en el valor del suelo como Urbano. Así mismo los predios con cobertura "Bosque", son predios con restricciones normativas que afectan negativamente el valor del suelo. Estas dos categorías son eliminadas en la muestra, para concluir con una base de datos final de 6.827 predios.

El objetivo principal de las variables seleccionadas es ver la relación existente entre el precio del suelo rural, las características tanto estructurales como Socioeconómicas y la influencia de predios en Condición de Amenaza, y de esa forma identificar qué factores son determinantes en el valor de la tierra rural en el Municipio de Chía.

2. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

2.1 MODELO ECONOMÉTRICO

El modelo econométrico estándar fue basado en las características Físicas, Socioeconómicas y Ambientales, como se muestra en la Ecuación (2), donde:

$$\text{AVALUO} = \text{Ln}(\text{AVALUO}) \quad (2)$$

Se especifica una forma logarítmica que capta la relación no lineal entre el precio y la superficie y demás variables, consiguiendo una sencilla interpretación de los coeficientes estimados [18].

El valor del suelo rural se fija en función de variables de localización y entorno, donde el precio del terreno aumenta en la medida que sus características y atributos mejoran.

Para la selección de las variables significativas, se elige el mejor modelo por el método de selección de variables Stepwise, con un umbral probabilístico del 15% (Ilustración 4), tomando como variable dependiente o variable respuesta el Logaritmo Natural del Avalúo, y como variables independientes o explicativas el Destino Económico, Área de Terreno, Área Construida, puntaje, Categoría de las Vías, Acceso a cuerpos de agua, Condición de Amenaza por Remoción en masa, Condición de Amenaza por Incendios, Condición de Amenaza por Inundaciones y Cobertura actual.

Ilustración 4. Selección de modelo Stepwise.

The screenshot shows a dialog box titled "Control de la regresión paso a paso". It contains the following settings:

- Regla de detención: Umbral del valor p
- Prob. que introducir: 0,15
- Prob. que dejar: 0,15
- Dirección: Adelante
- Reglas: Combinar

 At the bottom, there are three buttons: "Ir", "Detener", and "Paso".

Fuente: Elaboración Propia. Software JMP.

Se explica el valor del inmueble según sus características. El modelo general para determinar el Avalúo es el siguiente:

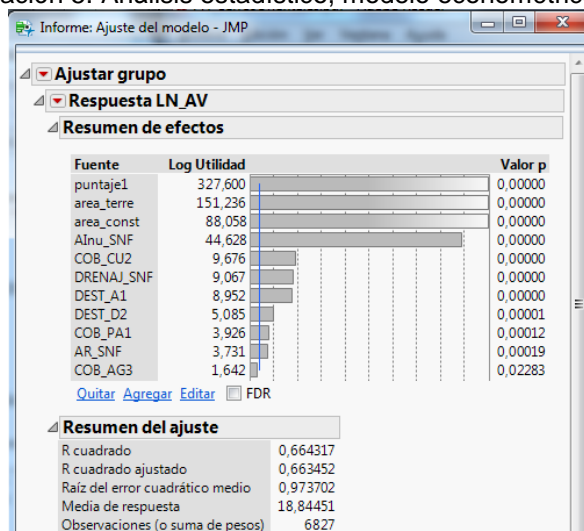
$$AV = \beta_0 + \beta_1(\text{Destino Económico}) + \beta_2(\text{Área Terreno}) + \beta_3(\text{Área Construida}) + \beta_4(\text{Puntaje}) + \beta_5(\text{Categoría Vías}) + \beta_6(\text{Accesibilidad a Cuerpos de agua}) + \beta_7(\text{Condición de Amenaza por Remoción en Masa}) + \beta_8(\text{Condición de Amenaza por Inundación}) + \beta_9(\text{Condición de Amenaza por Incendio}) + \beta_{10}(\text{Cobertura}).$$

El objetivo del presente estudio es identificar la incidencia de las variables de amenaza ambiental en el precio final de los inmuebles, para así demostrar que las variables naturales se pueden valorar económicamente mediante la metodología de valoración ambiental conocida como precios hedónicos.

Se obtuvo la estimación de un modelo hedónico que explica el logaritmo natural del precio del inmueble, un modelo que explique dicho precio de acuerdo a las características propias de las viviendas y a las características del entorno.

El valor obtenido para el $R^2 = 0,6634$ ajustado, indica la bondad del ajuste del modelo, donde el avalúo de un inmueble es explicado en aproximadamente un 66% por las variables independientes utilizadas en el modelo (Ilustración 5).

Ilustración 5. Análisis estadístico, modelo econométrico.



Fuente: Elaboración Propia. Software JMP.

2.2 ANALISIS Y RESULTADOS DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS

Los coeficientes de las variables explicativas del modelo econométrico final, se muestran a continuación (Ilustración 6):

Ilustración 6. Estimación de los parámetros de las variables explicativas.

Término	Error		Razón t	Prob > t
	Estimación	estándar		
Constante del modelo	17,967728	0,057748	311,14	<,0001*
DEST_A1[0]	0,1543408	0,025301	6,10	<,0001*
DEST_D2[0]	0,1223405	0,027413	4,46	<,0001*
area_terre	1,3889e-5	5,156e-7	26,94	<,0001*
area_const	0,0007953	3,923e-5	20,27	<,0001*
puntaje1	0,0185887	0,000454	40,98	<,0001*
DRENAJ_SNF[1-0]	0,1726007	0,028098	6,14	<,0001*
AR_SNF[1-0]	-0,125092	0,033453	-3,74	0,0002*
AInu_SNF[1-0]	-0,4641706	0,0326	14,24	<,0001*
COB_PA1[0]	-0,120423	0,03127	-3,85	0,0001*
COB_CU2[0]	0,1462204	0,02298	6,36	<,0001*
COB_AG3[0]	-0,107603	0,04726	-2,28	0,0228*

Fuente: Elaboración Propia. Software JMP

$$\begin{aligned}
 AV = & 17,9677 + 0,1543*(DEST_A1) + 0,1223*(DEST_D2) + \\
 & 0,0013*(\text{Área_Terreno}) + 0,0007*(\text{Área_Construida}) + \\
 & 0,0185*(\text{Puntaje}) + 0*(\text{Categoría_Vías}) + 0,1726*(DRENAJ_SNF) - \\
 & 0,1250*(AR_SNF) + 0*(AInc_SNF) - 0,4641*(AInu_SNF) - \\
 & 0,1204*(COB_PA1) + 0,1462*(COB_CU2) - 0,1076*(COB_AG3).
 \end{aligned}$$

El análisis de cada variable explicativa es el siguiente:

- 2.2.1 DEST_A1: El coeficiente de esta variable es 0,1543. Este valor indica que la existencia del Destino Económico Habitacional incrementa el precio del inmueble en un 15,43%, en el Municipio de Chía. Esto se puede explicar debido a la vocación de los predios rurales como Viviendas.
- 2.2.2 DEST_D2: El coeficiente de esta variable es 0,1223. Este valor indica que la existencia del Destino Económico Agropecuario incrementa el precio del inmueble en un 12,23%, en el Municipio de Chía. Comparando esta variable con el Destino Económico Habitacional se puede concluir que tiene un menor impacto en el valor del suelo que los predios rurales destinados a Vivienda.
- 2.2.3 AREA_TERRE (Área de Terreno): Dentro de las variables no relacionadas con el entorno, es decir variables de características estructurales propias de la vivienda, la variable área de terreno es positiva, lo que indica a medida que esta aumenta el precio del inmueble será cada vez mayor.
- 2.2.4 AREA_CONST (Área Construida): Dentro de las variables de características físicas propias de la vivienda, la variable área construida es positiva, lo que indica a medida que esta aumenta el precio del inmueble también.
- 2.2.5 PUNTAJE: Es otra variable cuantitativa que refleja una de las características físicas del inmueble. Al ser su resultado positivo, indica que a mayor puntaje de calificación de la construcción el predio aumenta su valor.
- 2.2.6 V_CATEG (Categoría Vías): La variable Condición de Vías no es significativa en el modelo, lo que implica que en el Municipio de Chía las condiciones viales no reflejan una influencia directa en el valor del suelo rural.
- 2.2.7 D_ACCESIBI (Acceso a cuerpos de agua): El coeficiente de esta variable es de 0,1726. Este parámetro indica que entre más cerca esté el predio de la zona de influencia de Cuerpos de Agua principales, el precio del valor del inmueble aumentara un 17,26%.
- 2.2.8 AR_GRADO (Amenaza por Remoción en masa): Como era de esperarse, el coeficiente de esta variable es negativo. Lo que indica un impacto desfavorable en el valor del suelo en predios que se encuentren en Condición de Amenaza por Remoción en Masa. La disminución en el avalúo sería de aproximadamente 12,5%.

- 2.2.9 Alnc_GRADO (Amenaza por Incendio): Según el modelo econométrico, ésta variable no es representativa en el cálculo del avalúo de predios ubicados en la zona rural del Municipio de Chía.
- 2.2.10 Alnu_GRADO (Amenaza por Inundación): El coeficiente de esta variable es negativo, lo que indica un impacto desfavorable en el valor del suelo en predios que se encuentren en Condición de Amenaza por Inundación. El impacto de esta variable en el avalúo es de aproximadamente 46,41%, un valor mayor al generado por la Condición de Amenaza por Remoción en Masa. Esta variable es la más sensible de las tres variables ambientales analizadas.
- 2.2.11 COB_PA1 (Cobertura Pastos): El coeficiente de esta variable es de -0,1294. Este parámetro indica que los predios con cobertura actual en pastos tiene un menor valor hasta en un 12,04% que predios con otra cobertura.
- 2.2.12 COB_CU2 (Cobertura en Cultivos anuales o transitorios): El coeficiente de esta variable es de 0,1462. Este parámetro indica que los predios con cobertura actual en Cultivos anuales o transitorios, tiene un crecimiento de 14,62% en el valor del avalúo. Al comparar esta variable con la Cobertura actual en pastos, representa un mayor valor en el precio de la tierra.
- 2.2.13 COB_AG3 (Cobertura en Áreas agrícolas heterogéneas): El coeficiente de esta variable es de -0,1076. Este parámetro indica que los predios con cobertura actual en Áreas agrícolas heterogéneas tiene un menor valor hasta en un 10,76% que predios con Cobertura en Cultivos.

El efecto significativo de las variables explicativas sobre el valor del precio de los inmuebles, obtenidos en esta investigación son concordantes en comparación con otros estudios realizados sobre modelos econométricos de valoración de tierras rurales, en los que se determina que el precio está fuertemente influenciado por la región natural o zonificación donde se ubican las fincas, el área o superficie de los predios, Distancia a cuerpos de agua, como condición de accesibilidad e infraestructura vial de acceso a las fincas [21].

En definitiva, el modelo evidencia que la influencia de los predios ubicados en zonas con Condición de Amenaza, ya sea por Remoción en Masa o Inundación, en el valor total del suelo rural es negativa, para los inmuebles analizados en la zona rural del Municipio de Chía.

3. CONCLUSIONES

Normalmente los bienes ambientales no son tenidos en cuenta en el valor de los precios de terrenos ya que no tienen mercado directo, sin embargo es claro que influyen en el precio global del inmueble, ya sea de forma positiva o negativa.

Existen diversas metodologías de valoración ambiental que permiten medir económicamente el impacto de los bienes y servicios ambientales, en el precio final de un inmueble. Una de estas metodologías es el modelo de Precio Hedónicos. A medida que los bienes ambientales se vuelven más escasos, aumenta su valor, debido a que los beneficios naturales que prestan se vuelven insuficientes y la disposición a pagar por parte de las personas aumenta. Funciona como la dinámica de oferta y demanda en economía.

Teniendo en cuenta que los bienes ambientales son públicos, se dificulta establecer un mercado de los mismos, ya que las personas no están dispuestas a pagar por algo que obtienen permanentemente de forma gratuita.

Los bienes ambientales generalmente influyen de forma positiva en el valor del suelo debido a los bienes y servicios que prestan, sin embargo, en el presente estudio se concluye que las condiciones de amenaza por remoción en masa, inundaciones e incendios existentes en el Municipio de Chía, tiene un impacto negativo en el valor del suelo rural.

Las variables físicas de los predios influyen positivamente en el valor de los terrenos, es decir que a mayor área de terreno, área construida, puntaje en la calificación y accesibilidad a cuerpos de agua, el valor del predio es mayor.

El modelo econométrico indicó que en el Municipio de Chía, la variable “cercanía a vías principales” no es significativa en la estimación del valor del suelo. Esto se debe a que Chía es un municipio desarrollado con buena infraestructura vial y homogénea en todo el territorio.

La condición de amenaza por Inundación es la variable más influyente en el valor del suelo, ya que afecta negativamente un 46% del valor de los predios que se encuentran dentro de esta zona. Corresponden a los predios cercanos a las rondas del Rio Bogotá y Rio Frio.

El modelo de los precios hedónicos es una herramienta útil que explica el precio de inmuebles e identifica las variables más importantes que lo explican y determinan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] O. D. Cardona, Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo, Bogotá: Tercer Mundo, 1993, p. 3.
- [2] FAO, «Experiencias Exitosas de Gestion del Riesgo de Desastres en el Sector Agropecuario para la Adaptación al Cambio Climatico,» Punto de Encuentro, La Paz, Bolivia, 2011.
- [3] D. E. Rangel Marentes y J. Rodríguez Garzón, «Importancia de la administración del riesgo en la mitigación del impacto de los fenómenos ambientales,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2011.
- [4] O. H. Cholo, «Caracterización Poblacional de Chía,» Alcaldía Municipal de Chía , Chía, Cundinamarca, 2015.
- [5] D. Azqueta Oyarzun, Valoración Económica de la Calidad Ambiental, Aravaca, Madrid: Mc Graw Hill, 1994.
- [6] *Ley 1523*, 2012.
- [7] D. Azqueta, Introducción a la Economía Ambiental, Aravaca, Madrid: Mc Graw Hill, 2002.
- [8] V. y. D. T. Ministerio de Ambiente, «La Gestión de Riesgos, un tema de Ordenamiento Territorial,» Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C., 2005.
- [9] S. d. Planeación, «Análisis del Riesgo, Ajuste al POT,» Alcaldía Municipal de Chía, Chía Cundinamarca, 2014.
- [10] A. d. Chía, «Documento base para la implementación del Plan de atención Integral del Municipio de Chía,» Chía Cundinamarca, 2010.
- [11] *Decreto 030*, 2012.
- [12] C. M. p. I. G. d. R. d. D. CMGRD, «Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres PMGRD,» Municipio de Chía, Chía Cundinamarca, 2015.
- [13] A. Campos G., N. Holm-Nielsen, C. Díaz G, D. M. Rubiano V., C. R. Costa P., F. Ramírez C. y E. Dickson, Análisis de la Gestión del Riesgo de desastres en Colombia, Bogotá, Colombia: Banco Mundial, 2012.
- [14] C. P. E. ECOFOREST LTDA, «Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá,» Corporación Autónoma Regional CAR, Bogotá D.C., 2006.
- [15] D. Desormeaux y F. Piguillem, «Precios Hedónicos e Índices de Precios de Viviendas,» *Cámara Chilena de la Construcción*, pp. 1-33, 2003.
- [16] D. Botero Ruiz, «Modelo de Precios Hedónicos para vel el impacto de la cercanía de los Cerros de Suba en el precio de las viviendas en Suba,» Universidad de La Sabana, Chía, Cundinamarca, 2014.
- [17] J. A. Perdomo, «Una propuesta metodológica para estimar los cambios sobre el valor de la propiedad: estudio de caso para Bogotá aplicando Propensity

Score Matching y Precios Hedónicos Espaciales,» *Lecturas de Economía*, vol. 73, nº 1, pp. 49-65, 2010.

- [18] J. V. Nieto Amaya, «Valoración Económica de los Cerros Orientales de Bogotá D.C., una aplicación de la metodología de Precios Hedónicos,» Universidad de La Sabana, Chía Cundinamarca, 2015.
- [19] Instituto Geográfico Agustín Codazzi, «IGAC,» [En línea]. Available: <http://www.igac.gov.co/igac>. [Último acceso: 08 05 2016].
- [20] Alcaldía Municipal de Chía , «Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Chía POT,» Municipio de Chía , Chía Cundinamarca, 2000.
- [21] M. E. Díaz Visquerra, E. A. Vanegas Chacónn y J. Camacho Sandoval, «Determinación de modelos econométricos para la valoración de tierras rurales en Guatemala,» *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 23, nº 1, pp. 47-52, 2014.