

# Análisis de la influencia de los atributos ambientales en el valor de los predios de la vereda El Salto

John Fredy Velandia Castillo, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia  
Diego Fernando Trujillo González, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia  
Daniel Esteban Sáenz Restrepo, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

**Resumen:** La falta de un mercado de bienes transables para los bienes y servicios ambientales, ocasiona que no posean un valor dentro de las dinámicas mercadeables para dichos bienes; Buscando explicar cómo las variables ambientales, afectan el valor de los predios en la vereda El Salto, municipio de Lenguazaque – Cundinamarca, se usó: la matriz de Vester, la matriz de evaluación de métodos de valoración económica y herramientas de predicción espacial. Con los resultados obtenidos, se espera modificar el conocimiento frente a las variables ambientales de la comunidad, para enfrentar los pasivos ocasionados por la actividad minera que degradan la calidad de vida de los pobladores de la vereda y de su entorno.

**Palabras clave:** econometría espacial, precios hedónicos, bienes mercadeables, demanda

**Abstract:** The absence of a goods market for tradable environmental goods and services, causes not having a value within of the marketable dynamic to such goods; looking for explaining how environmental variables affect the property's value on the El Salto's path, Lenguazaquetownship – Cundinamarca, it was used: The Vester matrix, the matrix of evaluation of economic assessment and spatial prediction tools. With the obtained results, it is expected modify the knowledge about the environmental variables of the community, to confront the environmental liabilities caused for the mining activity that degrade the life's quality of the path's people and their surrounding environment.

**Keywords:** Spatial Econometrics, Hedonic Prices, Real Marketable, Demand

## Introducción

La minería en su contexto histórico ha delineado una de las actividades más influyentes en el marco actual de la civilización, fundamentado en la necesidad económica, política y social para la creación y satisfacción de modelos sociales mediante parámetros comportacionales. Es decir, que la misma se plantea como una sociedad de dependencia hacia los factores económicos; lo que ha influenciado que esta se lleve a cabo bajo la sapiencia de crecimiento desmesurado. Debido a esto, en Colombia la minería a socavón se ha fundamentado como una de las actividades mineras más influyentes bajo escala de poblaciones delimitadas, en donde pequeños grupos sociales ven una posibilidad de lucro sin tener en cuenta el pasaje natural bajo aspectos bióticos y abióticos.

En el actual periodo presidencial colombiano, se denota la importancia que tiene la actividad minera en la economía nacional, en donde la ley 1450 de 2011 le da el estatus de locomotora para el desarrollo; aspecto que ha aumentado los niveles de concesiones por minería en el país y por ende ha incurrido en un mayor nivel de degradación ambiental, concibiendo con ello que se disminuya la calidad de los bienes y servicios prestados por los ecosistemas y más aún cuando no se posee un precio de mercado que permita una estimación correcta. Dicho factor de estimación, no ha sido posible por su connotación como bienes públicos, por lo que las herramientas de valoración económica y predicción espacial, han permitido plantear estrategias en contra de la degrada-



ción que se vive actualmente en los sistemas naturales, mediante el apoyo de aproximación a un valor cercano al real de los bienes y servicios ambientales dentro de un contexto social.

Es por ello que el presente artículo de investigación se fundamenta en la visión de crecimiento que han creado los municipios por la explotación minera; enfocándose en el contexto ambiental del municipio de Lenguaque, donde su principal actividad económica es la minería, y evidenciando el progresivo efecto de dicha acción en los recursos naturales de los cuales se dispone.

Para poder establecer de forma cuantitativa dichos efectos, se ve la necesidad de utilizar métodos de predicción espacial que contemplen la relación existente entre la actividad minera con la economía de la vereda El salto. La primera aproximación a los valores deseados se presentan a continuación, en el cual se plantea un modelo econométrico que permite establecer la relación entre la actividad minera de la mina el EUCALIPTO con el valor de los predios de la vereda anteriormente nombrada, estableciendo la conservación y protección como componente fundamental y describiendo las diferentes etapas previstas en la modelación a través del método de precios hedónicos por medio de la econometría espacial.

## **Metodología**

Esta es una investigación de tipo explicativo que cuenta con una parte documentada, en donde se recopila toda la información necesaria sobre los casos en los que se aplicó herramientas de predicción espacial, para la complementación en la valoración económica de bienes y servicios ambientales, al igual que el compendio de datos sobre la actividad minera en Colombia.

Por otro lado, en la investigación se determinó la influencia que existe entre los atributos ambientales de los ecosistemas en el área de influencia de la mina EL EUCALIPTO; la afectación que tienen estos por las actividades de explotación de carbón y el cómo inciden en el valor de los predios de la vereda El Salto. Para tal efecto, se estimó el grado de relación que tienen las variables ambientales en términos económicos sobre el precio de las viviendas, para concluir que porcentaje del valor económico de los predios es generado por las características ambientales de los recursos protegidos y conservados por el plan de manejo. Dentro del proceso investigativo, se contó con varias herramientas analíticas y de síntesis que permitieron el análisis de los datos obtenidos y el cumplimiento de los objetivos de la indagación.

## **Resultados**

### ***Estado del arte, la actividad minera y las herramientas de predicción espacial***

Como primer resultado de la investigación, se obtuvo un estado del arte de la actividad minera en Colombia y de las herramientas estadísticas-económicas que se utilizaron en el estudio por existir la necesidad de crear un soporte conceptual adecuado antes de continuar con el proceso metodológico, y así al final, utilizar la matriz de Vester como herramienta para sintetizar la información y obtener aquellos rasgos que podrían ser evaluados en el modelo econométrico posteriormente.

### ***La actividad minera en Colombia***

La minería en Colombia ha representado por muchos años una de las principales actividades de crecimiento económico para el país, por lo cual muchos municipios optaron por hacer uso de los recursos minerales del subsuelo, dejando de lado la visión desde una corriente más ambientalista y sustentable. Por lo cual, se hace imperativo el análisis de las afectaciones causadas a los bienes y servicios ambientales y la causalidad de estos daños sobre la función de bienestar de una sociedad.

## *La minería en Colombia*

El surgimiento de la minería en Colombia no es un tema nuevo, por el contrario, ha sentado las bases para el actual modelo de desarrollo económico. Su mayor importancia dentro de las decisiones económicas estatales, se evidenciaron a principios del nuevo siglo, más específicamente en el año 2001, cuando surgió el auge de la actividad minera en Colombia, logrado mediante transformaciones jurídicas y políticas<sup>1</sup>, permitiendo con ello, dar mayor preeminencia al capital corporativo de las multinacionales y a la inversión extranjera, hecho que se adelantó principalmente en el siglo XXI.

Desde entonces la minería es un factor determinante en la economía actual colombiana, reflejado en las finanzas públicas “mediante impuestos de renta y el impuesto al valor agregado (IVA)”, aumentos del producto interno bruto (PIB), generación de regalías (a pesar que hoy en día no superan el valor de las exenciones concedidas), generación de empleo formal<sup>2</sup>, entre otros beneficios que han hecho de la minería un atractivo económico para el gobierno colombiano frente al panorama extranjero. De acuerdo a lo anterior, la influencia de la minería es tal que ha sido contemplada dentro del plan nacional de desarrollo como “*actividad pública y de interés social*” mediante ley 1450 del 2011, además de ser una de las cinco estrategias económicas para el desarrollo de la nación.

## **Minería y ambiente**

### *Influencia de la minería en los aspectos naturales*

Una parte importante en la estabilidad económica de todo país, es la disponibilidad de recursos naturales para garantizar la disponibilidad de bienes y servicios que satisfagan las necesidades e impulsen el desarrollo socio-económico de la nación, para esto, las naciones han optado en medidas de preservación y compensación con el fin de evitar una sobre explotación de los ecosistemas y acatar acuerdos internacionales, aspectos que garantizan el aprovechamiento actual y futuro y por ende, una estabilidad en los componentes estructurales del país.

Los recursos naturales no solo brindan bienestar al ser humano o son para el usufructo del mismo, su papel es muy importante para todas las demás formas de vida, brindando el cubrimiento de las necesidades físicas, químicas y biológicas de la humanidad, en este contexto, su afectación provoca un desequilibrio natural que conlleva al deterioro ambiental, por lo que se hace evidente reconocer las causas y motivos de afectación a tan importantes recursos.

En este contexto, la minería siendo considerada una de las actividades de mayor contaminación en el mundo (Parodi, 2010), genera inestabilidad al equilibrio natural que en consecuencia, interfiere en las funciones básicas que se perciben de los recursos naturales. Entre los impactos más relevantes de la extracción de los recursos mineros, localizamos los generados en el suelo, el agua y la atmosfera, impactos que van desde la contaminación de las fuentes hídricas cercanas, la erosión del suelo, destrucción de la capa vegetal, ruido, vibraciones, material particulado, entre otros; en donde se utilizan químicos altamente contaminantes (por ejemplo el cianuro) y en donde se destruye constantemente la mena y la roca (Moran, 2009).

Dado lo anterior, se describe a continuación algunas de las funciones básicas de los recursos naturales afectadas por la actividad económica:

- **Son soporte fundamental de la vida y de los procesos fructíferos.** El ser humano por sus características depende de los procesos naturales esenciales en el mantenimiento del entorno, en donde se incluyen funciones tales como: la fotosíntesis y respiración, el mantenimiento de los equilibrios atmosféricos y climáticos, el mantenimiento de la diversidad biológica y genética, entre otros. Cabe señalar la importancia que tiene el paisaje y el patrimonio natural

<sup>1</sup> Un ejemplo de ello fue la contra reforma a la ley 99 de 1993 adecuándola a las exigencias del capital minero.

<sup>2</sup> Aspectos de alto interés en el Informe Final de desarrollo. “La minería en Colombia: impacto socioeconómico y Fiscal” 2008, por la repercusión en las finanzas públicas en los mecanismos de desarrollo económico y social del país.

ya que son considerados como bienes y servicios "naturales" de carácter intangible, que contribuyen a la calidad de la vida, haciéndola agradable y plena. Por ejemplo, la belleza del paisaje, el aire puro, la ausencia de ruidos artificiales, etc. (UNAL, 2011).

- **Esenciales para el consumo.** Brinda los alimentos y son fundamentales en la generación de materias primas para su posterior transformación en bienes y servicios.
- **Capacidad de asimilador los desechos.** El uso de los recursos con lleva a la producción de residuos, en donde las actividades humanas juegan un papel importante ya que las mismas crean una serie de desechos complejos y de difícil eliminación; donde la naturaleza tiene la capacidad de asimilación basándose en la dispersión, adsorción y almacenamiento (Barzev, 2002).

### *Influencia de la minería en los aspectos sociales*

#### *Influencia positiva*

**Permite el Abastecimiento de productos:** Los minerales sustraídos mediante esta práctica, garantizan la disponibilidad de materia prima para el sector industrial y por ende la satisfacción de necesidades humanas<sup>3</sup>. **Generación de empleo:** La mano de obra requerida en la actividad minera ha presenciado un gran aumento, aspecto que se ha radicado como un principal fuente de empleo; en Colombia esta actividad crece cada día más y la cantidad de concesiones en el territorio nacional son una prueba de ello, por lo que la generación de empleo (gracias a este sector), es bastante significativo en la economía colombiana. **Regalías:** Las regalías se constituyen como un factor social, debido a que las mismas equivalen a un aumento en el presupuesto nacional, que repercute en un incremento del bienestar social. Una muestra de esto, es que en Colombia las regalías generadas por la explotación minera para el 2002 fueron de USD 83 millones y para el 2010 aumentaron a USD 708 millones (ministerio de minas y energía, 2010), generando mayores beneficios en la implementación y el cumplimiento de planes de desarrollo, especialmente en obras de infraestructura estatal.

#### *Influencia negativa*

**Conflictos:** Con los años la búsqueda de nuevas reservas para explotación se ha incrementado, sin embargo, dichas reservas se han venido hallando en zonas sensibles por su importancia ecológica o por ser territorio de determinados grupos sociales; estos aspectos han incidido que se formen conflictos entre los interesados de llevar proyectos de extracción minera y entre a aquellas sociedades que no están de acuerdo con la extracción, por no contar con las garantías necesarias o por no hallar un interés específico en el desarrollo de los proyectos, es decir, cuando los intereses personales y los supuestos beneficios, se enmarcan por encima del bien social. **Seguridad alimentaria:** La minería requiere de amplias áreas para ser llevada a cabo, lo que lleva a que los territorios utilizados para dicho fin sufran cambios que impiden el uso agrícola o afectan los comportamientos naturales de los ecosistemas; aspecto que ha influenciado negativamente en la seguridad alimentaria de las naciones, debido a que cada vez son más las zonas aptas para minería, limitando los lugares aptos para realizar agricultura. **Enfermedades:** La minería es un actividad que conlleva altos riesgos para los trabajadores y para las sociedades aledañas a esta, causando enfermedades por diversos aspectos, un ejemplo de esto es el uso de químicos como el cianuro, fundamental para eliminar la roca o mena del mineral, que al entrar en contacto con alimentos o con determinados individuos, ocasionan intoxicaciones o secuelas adversas a largo plazo además de otras importantes enfermedades. El ruido, el gran aumento de

---

<sup>3</sup> La pirámide de Maslow (1908-1970), brinda una clasificación de las diferentes necesidades del ser humano, abarcándolas desde 5 grupos o niveles y catalogándolas mediante jerarquía.

material particulado, las vibraciones, etc. son otras fuentes de enfermedades que hacen de la minería una actividad de gran incidencia en el detrimento de la salud de las personas.

## La econometría espacial y herramientas de predicción espacial

El uso de herramientas de predicción espacial y de modelos econométricos, nos permiten formular una ecuación del modelo positivista para lograr explicar el efecto que tienen las variables ambientales y geográficas sobre la función de bienestar social de la vereda. Los modelos de econometría espacial nos permiten la inclusión de parámetros geográficos y de las características propias de estos datos que puedan perturbar la confiabilidad del modelo y pongan en duda la certeza científica del mismo.

Las herramientas de predicción son aquellas que por medio de diferentes disciplinas como la estadística, la matemática y la economía, permiten estimar valores cuantitativos que determinan la verosimilitud de acontecimientos futuros (Pinilla y Gallego, 2012). Por ende, los ejercicios de predicción se pueden aplicar a diferentes áreas según desee la persona, permitiendo así aplicarlos a la minería con el fin de predecir la eficiencia energética de la extracción de hidrocarburos, y si se desea saber cómo las actividades del plan de manejo ambiental afectan el valor del suelo de la mina, o el crecimiento que se podría tener en el producto interno bruto de la nación al intensificar la extracción de minerales.

Pero en cualquier área en que se desee realizar ejercicios de predicción, siempre será indispensable contar con la información adecuada, ya que esta será la que nos proporcione la base para nuestra actividad. Es por ello, que las herramientas de predicción se clasifican según las características de la información que se posea.

Se puede clasificar dichas herramientas en diferentes tipos, según: los enfoques que posea la información, el tipo de información que se tenga y las relaciones que pueden existir entre los datos.

Dicho lo anterior, las herramientas de predicción se pueden clasificar de la siguiente forma: Primero, cuando la información que se posea sea subjetiva, es decir provenga de las opiniones y/o apreciaciones de personas; Segundo, cuando la información que se tiene sean de datos históricos; Tercero, según las relaciones que existan entre las variables; y cuarto, cuando no se posea información histórica, es decir, cuando son temas nuevos o poco estudiados.

Conociendo de antemano el tipo de enfoque o información que se posee, se podrá de esta manera seleccionar uno de los diferentes métodos con los que cuenta cada uno de las cuatro herramientas de predicción. Para el estudio de la presente investigación se seleccionó como herramienta los modelos econométricos, los cuales son un método que se usa en los instrumentos de predicción cuando se quieren analizar las relaciones entre variables. El objetivo de la investigación es analizar la relación entre las medidas de conservación y protección en la mina El EUCALIPTO, las cuales contemplan a su vez otros atributos ambientales como variables, con la variación en el valor de los predios cercanos a la mina; lo cual se llevó a cabo por medio de herramientas de predicción y métodos de valoración económica, las cuales se profundizaran más adelante.

La econometría es una ciencia social que permite el análisis cuantitativo de fenómenos y teorías, a través de herramientas matemáticas y estadísticas, usando de tal manera supuestos que permitan el aprovechamiento adecuado de la información que se tenga, para la construcción de modelos que explique de forma simplificada las relaciones existentes en la realidad.

Dentro de cualquier análisis econométrico se plantean modelos que buscan por medio de la inclusión de diferentes variables, aproximarse lo más que se pueda a la complejidad de los escenarios reales. Existe diferentes tipos de modelos econométricos que usan distintas metodologías para el ejercicio de la predicción, permitiéndole a las personas seleccionar aquel modelo que más se ajuste a las características del ejercicio; entre los modelos econométricos más representativos encontramos el Probit, Logit y el modelo que se usó para la presente investigación, la econometría espacial.

Los modelos econométricos presentan diferentes características que permiten que cada uno de ellos se pueda usar para diferentes análisis de dependencia del estudio de caso, de esta manera, los 3 modelos mencionados anteriormente presentan diferentes particularidades, por ejemplo, los

modelos Probit y Logit son modelos que utilizan variables cualitativas, en cambio la econometría espacial establece variables cuantitativas.

Los modelos Probit y Logit trabajan con valores dicotómicos, lo que los hace similares y les otorga unas limitantes que para la presente investigación no son de utilidad. Es por dicha razón y por la inclusión de variables espaciales dentro de un modelo y todo lo que esto involucre como los efectos espaciales, que para el presente trabajo de investigación se decide trabajar todo lo referente a la modelación econométrica con la econometría espacial y no con otros modelos.

## La Matriz de Vester

En la elaboración de la matriz de Vester se analizaron los parámetros catastrales, econométricos y geográficos que según la recopilación de la información bibliográfica hecha con anterioridad, se determinaron que serían los que podrían tener una influencia sobre el precio de los predios cercanos a la mina El Eucalipto en la vereda El Salto, municipio de Lenguazaque.

Como el problema central de investigación del primer objetivo es la búsqueda de las variables catastrales, ambientales y/o econométricas que de alguna manera afectan el valor catastral, se determinó el análisis de causalidad de los parámetros dependiendo de cuál de estos parámetros podría al final afectar la función de la demanda de los hogares de estudio.

Las variables econométricas analizadas fueron la autocorrelación espacial y la heterogeneidad espacial:

En la autocorrelación espacial se analizó cuáles de todos los parámetros elegidos podrían causar autocorrelación en los datos que conformaran la base de datos de la vereda. Se encontró que cinco de las doce variables contrastadas darían como consecuencia autocorrelación en el modelo econométrico y con niveles de causalidad fuertes, la clasificación que se le dio, según la matriz, es de problema activo, por la gran influencia que tendrá la aparición de autocorrelación espacial en el modelo econométrico.

La heterogeneidad espacial entendida como aquella inestabilidad en los datos observados, ocasionada por la variación en la relación entre ellos, conlleva a obtener heterocedasticidad en el modelo a realizar (Casetti, 1995), para ello, se analizó como los demás parámetros podrían causar esta inestabilidad, con lo cual se pudo determinar como problema pasivo, ya que la medida de la heterogeneidad espacial será un indicador de eficiencia del modelo econométrico.

Las variables catastrales analizadas fueron: valor catastral actual, área del predio, área construida, cantidad de construcciones, número de habitaciones, número de baños, número de pisos y el uso actual del suelo:

En el valor catastral actual se analizó los niveles de causalidad que las demás variables podrían tener en la formación actual del predio, y se encontró que todas las demás variables catastrales (área del predio, área construida, cantidad de construcciones, número de habitaciones, número de baños, número de pisos y el uso actual del suelo) y geográficas (cercanía a un cuerpo de agua, proximidad a un ecosistema y la distancia a la mina) podrían afectar el valor del predio, por lo cual, se caracterizó como problema activo, ya que esta va a ser la principal variable a evaluar en el trabajo de investigación.

El área del predio es una manera de determinar la certeza científica del modelo, ya que esta variable junto con la del uso del suelo actual, determinan la valorización total de cada predio, por lo cual fueron catalogados como problemas pasivos.

El área construida se catalogó como un problema crítico, el único dentro de toda la matriz, ya que dependiendo del índice de construcción de un predio, el uso que se le dé a este, el valor predial y las demás variables, se verán afectadas, por lo cual se considera este parámetro como causa y consecuencia de muchas otras variables.

El número de construcciones, término siendo un agregado causal de los parámetros: número de pisos, número de habitaciones y número de baños, por lo cual estos parámetros son considerados como indiferentes por lo cual no se consideran importantes dentro del modelo econométrico, dejando solo el número de construcciones como una variable representativa, como un problema activo.

Y por último las variables geográficas que se analizaron son la distancia a la mina del predio, la proximidad a un ecosistema y la proximidad a un cuerpo de agua. Todas estas variables son consideradas y clasificadas de gran importancia ya que aunque no son causadas por los demás parámetros, si influyen mucho sobre las otras por lo cual se podrían tomar como índices de cantidad o calidad de parámetros ambientales que hacen parte de la función de demanda de la población de El Salto.

La autocorrelación espacial y la heterogeneidad espacial son comportamientos dentro de los modelos econométricos (Baronio, 2012), y como son dependientes de los datos, se tuvieron en cuenta en la realización de la matriz de Vester por ser fundamentales para determinar la confiabilidad del modelo que se obtiene. Por otro lado, el valor catastral actual no se incluirá en la función de demanda, ya que el propósito investigativo es el de utilizar ese mercado de bienes inmuebles para determinar el imperio de las variables ambientales sobre el valor catastral, por lo cual, no es posible que esta sea una variable a evaluar, pero se integró en la matriz para examinar de forma sencilla las relaciones de causalidad de las demás variables.

Tabla 1: Niveles de causalidad Matriz De Vester

NIVEL DE CAUSALIDAD	
No hay Causalidad	0
Causalidad Débil	1
Causalidad Media	2
Causalidad Fuerte	3
Causalidad muy Fuerte	4

Fuente: Información Adaptada de Sáenz, Trujillo y Velandia, 2014.

Tabla 2: Matriz de Vester

MATRIZ DE VESTER														
Variables activas	AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL	HETEROGENEIDAD ESPACIAL	VALOR CATASTRAL ACTUAL	AREA DEL PREDIO	AREA CONSTRUIDA	CANTIDAD DE CONSTRUCCIONES	DISTANCIA A LA MINA	NUMERO DE BAÑOS	NUMERO DE HABITACIONES	NUMERO DE PISOS	PROXIMIDAD A ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS	PROXIMIDAD A UN CUERPO DE AGUA	USO ACTUAL DEL SUELO	TOTAL CAUSAS
Variables pasivas														
AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL		1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
HETEROGENEIDAD ESPACIAL	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VALOR CATASTRAL ACTUAL	2	2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
AREA DEL PREDIO	3	3	4		3	3	0	2	2	2	2	2	3	29
AREA CONSTRUIDA	1	4	4	0		2	0	2	2	2	0	0	2	19
CANTIDAD DE CONSTRUCCIONES	1	1	3	0	3		0	2	2	1	0	0	2	15
DISTANCIA A LA MINA	4	1	4	1	1	2		0	0	0	1	1	2	17
NUMERO DE BAÑOS	0	0	2	0	2	2	0		1	1	0	0	0	8
NUMERO DE HABITACIONES	0	0	2	0	2	2	0	2		1	0	0	0	9
NUMERO DE PISOS	0	0	2	0	2	2	0	2	2		0	0	0	10
PROXIMIDAD A ECOSISTEMAS ESTRATEGICOS	3	2	3	2	2	2	2	0	0	0		2	3	21
PROXIMIDAD A UN CUERPO DE AGUA	3	2	3	2	2	2	2	0	0	0	0		3	19
USO ACTUAL DEL SUELO	1	0	3	0	3	3	2	0	0	0	1	3		16
TOTAL CONSECUENCIAS	18	16	33	5	20	20	6	10	9	7	4	8	15	

Fuente: Información Adaptada de Sáenz, Trujillo y Velandia, 2014.

## Calificación de los métodos de valoración económica ambiental

Como segundo resultado importante en la investigación se obtuvo la calificación de algunos métodos de valoración económica con el fin de evaluar cual se ajustaría más a las necesidades investigativas.

### *Valoración económica*

La medida de bienestar de una población se puede determinar por medio de la función de demanda de la misma, ya que una población demandara los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades o simplemente ser feliz, pero hay elementos dentro de la demanda total poblacional que no poseen un precio y por lo tanto no es posible su simple inclusión al modelo cuantitativo del bienestar, por lo cual, la valoración económica puede entenderse como “El proceso en el cual se hace una sumatoria de todas las demandas individuales, o de los valores que asignan cada uno de los individuos que hacen uso del bien ambiental”(Moreno, 2004).

Entonces se puede entender que la valoración económica de bienes y servicios ambientales es la acción de concederle un valor económico diferente al precio, ya que estos bienes y servicios no poseen un mercado definido, de acuerdo con el uso que le dan los individuos al igual que el valor por la simple existencia o posibilidad de uso futuro del bien y servicio.

Así que para someter a evaluación los distintos métodos de valoración económica ambiental existentes, se determinaron una serie de preguntas que permitieran evaluar la capacidad de cada uno de los métodos en la obtención de un modelo confiable y el manejo de las variables ambientales, dentro de la formación del precio de las viviendas y la correspondiente distinción de las cualidades de los ecosistemas dentro de la generación de valor dentro de la comunidad.

Para la construcción de la matriz se generaron ocho preguntas específicas, con el fin de que cada una responda a los intereses de la investigación; las preguntas escogidas fueron las siguientes:

1. *¿Qué permita distinguir el valor de la cantidad y calidad ambiental del bien?*

Se requiere que el método de valoración a utilizar, permita discriminar los diferentes valores generados por los atributos de calidad y cantidad de los bienes y servicios eco-sistémicos.

2. *¿Qué Permita conocer la Variación en los Precios?*

El método de valoración a escoger debe permitir conocer la variación de los precios entre las viviendas, con el fin de evaluar el comportamiento de los datos obtenidos.

3. *¿Qué permita calcular el Valor Económico Total?*

Aunque el conocimiento del valor económico total de un bien o servicio ambiental sería lo óptimo, es decir, la agregación de los valores de uso directo, indirecto y de opción, así como los valores de existencia del bien y servicio, hay que tener en cuenta que para la investigación solo es necesario el cálculo del valor de uso.

4. *¿Qué Permita la inclusión de Variables ambientales en el modelo?*

El método de valoración económica ambiental, por obvias razones, debe permitir la inclusión de variables ambientales, pues son estas las que al final se van a valorar.

5. *¿Existencia de Antecedentes del Uso de la econometría espacial en la metodología?*

Por medio de la recopilación bibliográfica, es posible determinar si hubo estudios en los que se usó econometría espacial con algún método de valoración, para que así, se identifique la factibilidad de usar uno u otro método para la investigación.

6. *¿Permite establecer valores objetivos del recurso a valorar?*

La mayoría de bienes y servicios ambientales no poseen un precio y al otorgarles un valor se debe ser lo más objetivo posible, ya que las perspectivas del investigador o del grupo de estudio que haga la evaluación, podría desviar la valuación y por lo tanto alejar el modelo de los fenómenos de la realidad.

7. *¿El método exige la presencia de un mercado específico?*



El mercado a superponer en la investigación es el de bienes inmuebles, por ello se requiere que el método de valoración permita la inclusión de mercados existentes.

8. ¿Requiere alta cantidad de información?

Los instrumentos para el proyecto de investigación se basan en su mayoría de la disponibilidad de la información, por lo cual la credibilidad del modelo y el uso de la metodología de valoración dependerán de la cantidad de información disponible.

9. ¿Se basa en datos Observados?

La necesidad de poseer una base de datos de información primaria (datos observados), para poder dar seguimiento al modelamiento econométrico.

Tabla 3: Calificación Matriz Valoración

Puntaje	Característica	
	No Permite	No
0	Permite	Si
1	No Permite	No

Fuente: Información Adaptada de Sáenz, Trujillo y Velandia, 2014.

Tabla 4: Matriz Valoración

METODOLOGÍAS	¿Qué permita distinguir el valor de la cantidad y calidad ambiental del bien?	¿Qué Permite conocer la Variación en los Precios?	¿Qué permita calcular el Valor Económico Total?	¿Qué Permite la inclusión de Variables ambientales en el modelo?	Existencia de Antecedentes del Uso de la econometría espacial en la metodología	¿Permite establecer valores objetivos del recurso a valorar?	¿El método exige la presencia de un mercado específico?	¿Requiere alta cantidad de información?	¿Se basa en datos Observados?	Total
Valoración Contingente	0	1	1	1	0	0	1	1	0	5
Con Joint	0	1	1	1	0	0	2	1	0	5
Costo de Viaje	0	1	0	1	0	1	3	1	1	6
<b>Precios Hedónicos</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8</b>
Precios de Mercado	0	1	0	1	0	1	5	1	1	6
Bienes Afines	0	1	0	1	0	1	6	0	1	4
Función de Producción	1	1	0	1	0	1	7	1	1	7
Precios Sombra	0	1	0	1	0	1	8	1	1	6
Total	2	8	2	8	1	6	9	7	6	47

Fuente: Información Adaptada de Sáenz, Trujillo y Velandia, 2014.

Por medio de la matriz, se obtuvo que el método de valoración económica ambiental más adecuado para implementar en la investigación es el de precios hedónicos, ya que se ajusta de forma más precisa a las variables que se requieren en el estudio. Dicho método es el único con el que se cuenta con referencias anteriores de su utilización en estudios similares con la agregación de las variables geográficas en investigaciones sobre la función de demanda de los hogares, obtenida por medio de la valoración económica ambiental; además, es de los métodos valorados que junto con la función de producción, son los únicos que permiten una desagregación de las características de la función de bienestar con el fin de catalogar la capacidad de generar valor por parte de la calidad y la cantidad de los atributos ambientales, es por ello, que obtuvo la mayor calificación en la matriz y es el método propicio para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos.

## Determinación del modelo econométrico

Como tercer resultado, se obtuvo el modelo econométrico que permitió el establecimiento de la función de demanda de la población de la vereda El Salto, para así poder hacer el análisis de que tanto influye la calidad ambiental en la generación de valor en los predios locales.

### Determinación de los métodos de obtención de datos para el modelo econométrico

“La econometría al ser la rama de la estadística que se aplica a los fenómenos económicos” (Kolstad, 2001), se alimenta mediante datos históricos que permitan establecer comportamientos de los eventos económicos de forma más sencilla y cuantitativa, por lo cual, se hizo imprescindible la recopilación y el tratamiento de información que pudiera otorgarle al modelo la suficiente certeza científica que se necesita para ser considerado de utilidad en la investigación.

Para la construcción de la base de datos que admitiera la determinación de un modelo que permitiera explicar la conformación de los avalúos catastrales de la vereda el salto con respecto a múltiples factores escasos, se estableció que era necesario la recolección de datos catastrales y ambientales; los datos de tipo catastral se obtuvieron uno a uno de los registros en las bases del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

De igual manera, teniendo los resultados de la matriz de Vester se consideró la inclusión de variables ambientales y geográficas; para la primera variable se escogió la calidad del aire y la existencia del flujo de un cuerpo hídrico en el predio, para la segunda y teniendo en cuenta las limitaciones de la misma herramienta, se hizo necesario la creación de buffer a 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 y 3500 metros.

### Tratamiento econométrico

Para el tratamiento de los datos se utilizó primero econometría tradicional basándose en la expresión:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_n x_n$$

$Y$  *avaluocatastral*: avalúo de los predios por el total de la superficie expresado en pesos colombianos a 2013.  $\beta_1$  *areatotal*: expresada en metros cuadrados del área total el predio, se espera que el precio aumente a medida que aumenta el área.  $\beta_2$  *Arconstruida*: expresada en metros cuadrados es el área del predio en la que se hizo algún tipo de construcción.  $\beta_3$  *distanciamina*: expresada en metros cuadrados hace referencia a que tan alejado se encuentra el predio a la mina.

Ilustración 1: Modelo Econométrico en Stata

```
. regress avaluocatastral areatotal Arconstruida distanciamina
```

Source	SS	df	MS			
Model	5.0782e+16	3	1.6927e+16	Number of obs =	131	
Residual	1.2575e+16	127	9.9014e+13	F( 3, 127) =	170.96	
				Prob > F =	0.0000	
				R-squared =	0.8015	
				Adj R-squared =	0.7968	
Total	6.3357e+16	130	4.8736e+14	Root MSE =	1.0e+07	

avaluocata-1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
areatotal	1234.009	54.91642	22.47	0.000	1125.339	1342.678
Arconstruida	108758.1	21187.56	5.13	0.000	66831.73	150684.4
distanciam-a	2032.579	932.3488	2.18	0.031	187.6293	3877.529
_cons	-3680767	2266366	-1.62	0.107	-8165497	803962.7

Fuente: Elaboración propia a partir de STATA 9.1.

En el tratamiento econométrico se observa que la variación total de la variable dependiente, el avalúo catastral es explicada en un 80,15% por las tres variables independientes, como se observa en el R<sup>2</sup>.

**Pruebas de Confiabilidad de la Certeza lógica del Modelo**

*Prueba de Heterocedasticidad*

Se corrió la prueba de White para determinar que en el modelo la varianza de los errores de este no es constante, con un resultado de 0,0000 > 0,05 por lo cual, se corrigió con la prueba de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG). Una vez corregida la heterocedasticidad del modelo, se vuelve a determinar con estimadores robustos.

Ilustración 2: Prueba de White

```
. estat imtest, white
white's test for Ho: homoskedasticity
  against Ha: unrestricted heteroskedasticity

      chi2(9)      =      44.28
      Prob > chi2  =      0.0000

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test
```

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	44.28	9	0.0000
Skewness	-5.39e+08	3	1.0000
Kurtosis	.	1	.
Total	.	13	.

Fuente: Elaboración propia a partir de STATA 9.1.

Ilustración 3: Corrección de la Heterocedasticidad

```
. regress avaluocatastral areatotal Arconstruida distanciamina [aweight = Arconstruida]
(sum of wgt is 1.7320e+03)
```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	22
Model	5.3974e+15	3	1.7991e+15	F( 3, 18) =	13.81
Residual	2.3454e+15	18	1.3030e+14	Prob > F =	0.0001
Total	7.7428e+15	21	3.6870e+14	R-squared =	0.6971
				Adj R-squared =	0.6466
				Root MSE =	1.1e+07

avaluocata~1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
areatotal	1487.205	249.3075	5.97	0.000	963.429 2010.98
Arconstruida	117471.3	22921.32	5.12	0.000	69315.39 165627.2
distanciam~a	-329.9122	3126.332	-0.11	0.917	-6898.093 6238.269
_cons	-5969219	8667227	-0.69	0.500	-2.42e+07 1.22e+07

Fuente: Elaboración propia a partir de STATA 9.1

*Prueba de Shapiro-Wilk*

Al correr la prueba de Shapiro-Wilk, indico que la base de datos no presenta una distribución normal, con un resultado de 0,00005. Para ello se aplicó la herramienta Mínimos Cuadrados Generalizados, para que de esta manera se pudiera suavizar dicho efecto.

Ilustración 4: Prueba de Shapiro-Wilk

```
swilk residual
```

Variable	obs	w	V	z	Prob>z
residual	131	0.94529	5.671	3.906	0.00005

Fuente: Elaboración propia a partir de STATA 9.1.

**Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (GEODA)**

*Modelo de Retardo Espacial*

Ilustración 15: Modelo de Retardo Espacial

```
Regression
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set      : Predios
Spatial Weight : Predios.gal
Dependent Variable : AVALUO_CAT  Number of Observations: 131
Mean dependent var : 2.27496e+007  Number of Variables   : 5
S.D. dependent var : 2.30289e+007  Degrees of Freedom    : 127
Lag coeff. (Rho)  : 0.314266
```

R-squared	: 0.887392	Log likelihood	: -2974.06
Sq. Correlation	: -	Akaike info criterion	: 5958.12
Sigma-square	: 5.97196e+013	Schwarz criterion	: 5973.86
S.E of regression	: 7.72785e+006		

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
W_AVALUO_CAT	0.314266	0.04932946	6.370757	0.0000000
CONSTANT	-2833842	1013693	-2.795562	0.0051811
AREA_DE_TE	896.1665	60.19363	14.88806	0.0000000
AREA_CON	82073.78	16296.25	5.036362	0.0000005
DISTANCIA_	1232.713	590.7374	2.086736	0.0369119

```
REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST
Breusch-Pagan test      DF      VALUE      PROB
                        3      38.3515    0.0000000
```

```
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : Predios.gal
TEST      DF      VALUE      PROB
Likelihood Ratio Test  1      33.15921    0.0000000
===== END OF REPORT =====
```

Fuente: Elaboración propia a partir de GeoDa 1.0.1.

$$1. Y = x_1\beta_1 + x_2\beta_2 + x_3\beta_3 + x_4\beta_4 + u$$

$$Y = \lambda W_u + \varepsilon$$

$$\varepsilon = (0, \sigma^2 I)$$

Ilustración 6: Modelo de Retardo Espacial con Error

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

Data set : Predios  
 Spatial Weight : Predios.gal  
 Dependent Variable : AVALUO\_CAT Number of Observations: 131  
 Mean dependent var : 22749551.744186 Number of Variables : 4  
 S.D. dependent var : 23028942.270792 Degrees of Freedom : 127  
 Lag coeff. (Lambda) : 0.439480

R-squared : 0.875707 R-squared (BUSE) : -  
 Sq. Correlation : - Log likelihood : -2984.680039  
 Sigma-square : 6.59167e+013 Akaike info criterion : 5977.36  
 S.E of regression : 8.11891e+006 Schwarz criterion : 5989.95

Variable	Coefficient	Std. Error	z-value	Probability
CONSTANT	226988.7	1546310	0.1467938	0.8832947
AREA_DE_TE	1064.769	52.57012	20.25426	0.0000000
AREA_CON	92746.84	16642.09	5.573029	0.0000000
DISTANCIA_	2098.309	646.1606	3.247349	0.0011650
LAMBDA	0.4394804	0.08699581	5.051742	0.0000004

REGRESSION DIAGNOSTICS  
 DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY  
 RANDOM COEFFICIENTS

TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	3	48.84016	0.0000000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE  
 SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : Predios.gal

TEST	DF	VALUE	PROB
Likelihood Ratio Test	1	11.92069	0.0005551

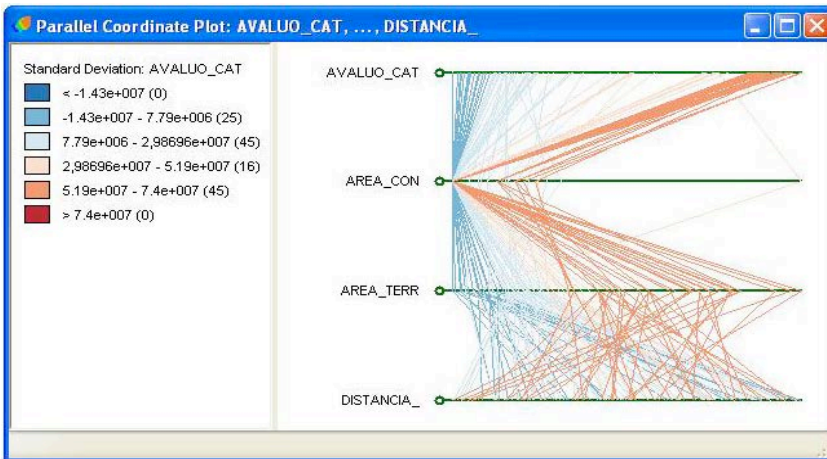
===== END OF REPORT =====

Fuente. Elaboración propia a partir de GeoDa 1.0.1.

Se estimaron dos modelos: el primero, de retardo espacial, *ilustración 16*, y el segundo, de retardo con error espacial, *ilustración 17*. A partir de estos, se identificó que los dos son modelos significativos, pero es el modelo con error espacial el que incluye la autocorrelación espacial como variable, lo que permite que los datos obtengan un mejor ajuste.

Gráfico de Coordenadas Paralelas de Todas las Variables

Ilustración 7: Coordenadas Paralelas de Todas las Variables

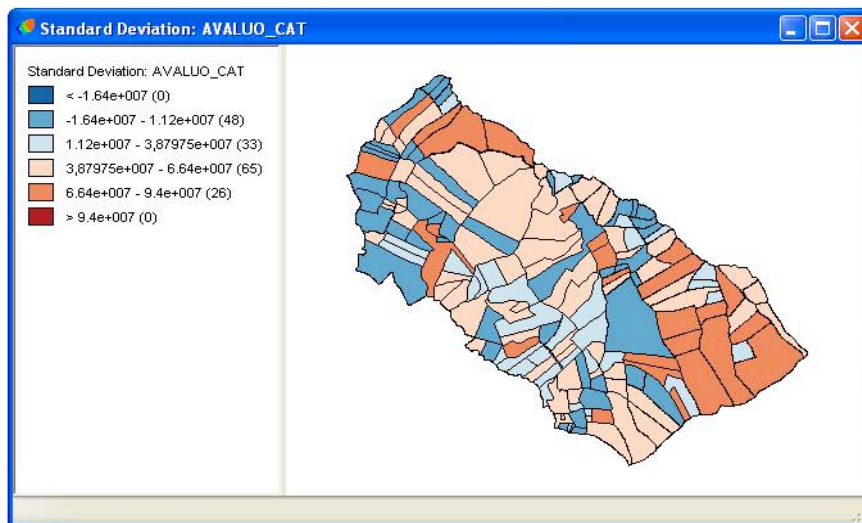


Fuente: Elaboración propia a partir de GeoDa 1.0.1.

Todas las variables tienen una relación clara y directa entre sí, aspecto evidenciado dentro del sistema multidimensional de las variables en donde a mayor distancia de la mina mayor también el avalúo catastral de los predios.

*Mapa de Desviaciones Típicas para el Avalúo Catastral*

Ilustración 8: Desviaciones para el Avalúo Catastral



Fuente: *Elaboración propia a partir de GeoDa 1.0.1.*

Al no existir una tendencia clara en los datos, no es posible tampoco identificar una tendencia en las desviaciones estándar, por ello se presenta similitud entre el mapa de Cuartiles del avalúo y el de las desviaciones típicas.

*Análisis de la Función de Demanda Social*

El valor de cada predio en la vereda el Salto se incrementa en \$2.356 aproximadamente por cada metro que se aleja de la mina El Eucalipto, esto teniendo en cuenta el aumento de la calidad del aire y de la percepción paisajística debido al flujo de beneficios que se espera obtener por estos atributos.

Teniendo en cuenta los resultados del modelo, se puede deducir que el aumento en el valor del predio será compensado con un aumento en la calidad ambiental de la vereda El Salto lo que no afecta la utilidad social.

**Conclusiones**

El área construida se consideró un factor indispensable en la determinación de las relaciones consecuenciales para la determinación del modelo econométrico. A través de la matriz se identificó que el método de valoración económica ambiental más adecuado para esta investigación fue el de precios hedónicos, ya que se ajustó de forma precisa a las variables que se requieren en el estudio. Se concluyó que las variables más influyentes para la presente investigación son: el valor catastral de los predios, el área construida, la distancia de la mina a cada predio, la cantidad de contracciones y la cercanía a un cuerpo de agua. Para evaluar la capacidad de cada uno de los métodos, se plantearon preguntas cuyos modelos de precios hedónicos dieron la explicación verificable a los sucesos reales por medio del modelo

matemático. La generación de valor predial dependerá de los beneficios futuros que se esperan obtener por los servicios que se obtendrán del predio, lo que conlleva a la integración de la calidad ambiental ya que esta afectara la percepción de renta.

### **Agradecimientos**

Agradecemos de forma muy especial a nuestra querida directora, profesora, amiga y compañera, Maribel Pinilla Rivera que con su amplio conocimiento y enorme carisma nos apoyó en la realización del presente artículo, que no solo se dedicó a ser nuestra guía sino que recorrió con nosotros gran parte del camino.

## REFERENCIAS

- Baronio, V. (2012). *Introducción a la Econometría Espacial Dependencia y Heterogeneidad*. Obtenido de Econometricos: <http://www.econometricos.com.ar/wp-content/uploads/2012/11/Espacial.pdf>
- Cajal, H. U. (2010). *Salud Madrid*, Comunidad de Madrid. Recuperado el 16 de enero de 2014, de <http://www.hrc.es/bioest/causali.html>
- Casetti, E. (1995). Econometric Models and Spatial Parametric Instability: Relevant Concepts and an Instability Index. En L. Anselin y R. Florax: *New Directions in Spatial Econometrics*.
- Benito López, D. C. (2012). *Geolocalización y Georreferenciación*.
- Española, A. D. (2013). *Real Academia Española*. Recuperado el 16 de enero de 2014, de <http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>
- GaDeR-ALC. (s.f.). <http://www.pdrs.org.pe>. Recuperado el 27 de Enero de 2014, de [http://www.pdrs.org.pe/img\\_upload\\_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/gaderal\\_c\\_programas\\_compensacion.pdf](http://www.pdrs.org.pe/img_upload_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/gaderal_c_programas_compensacion.pdf)
- García, S. P. (1999). *Biblioteca filosofía en español*. Recuperado el 16 de enero de 2014, de <http://filosofia.org/filomat>
- Investigación, G. d. (diciembre de 2003). *Guía Metodológica Para La Valoración Económica De Bienes, Servicios Ambientales Y Recursos Naturales*. Colombia: MAVDT, Ministerio De Ambiente Vivienda Y Desarrollo Territorial.
- Kolstad, C. (2001). *Economía Ambiental*. Mexico D. F., México: Oxford University Press.
- Miguel Bedolla, A. T. (2014). *Valoración Económica del Impacto de la Contaminación Hídrica por la Actividad Minera, Sobre la Salud Humana en el Río Lenguaque, nororiente del departamento de Cundinamarca*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital.
- Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. (2010). *Decreto 2820*. Colombia.
- Moreno, J. A. (2004). Utilización del método del costo de viaje para la valoración económica de los parques recreativos caso práctico: valoración del parque forestal recreativo “Puentes”. *Colombia Forestal*, 161- 179.
- Parodi, P. (2010). *Gestión de los Costos Ambientales en la Actividad Minera*. Buenos Aires, Argentina.
- Pinilla, M. y Gallego, J. (2012). *Modelo econométrico básico teoría y conceptos*. España: Española .
- Silva, E. (2008). *Matriz Vester. Planteamiento y Evaluación del Problema*.
- Territorial, M. D. (5 de agosto de 2010). *Decreto 2820 de 2010*. Recuperado el 21 de enero de 2014, de <http://web.presidencia.gov.co/decretoslinea/2010/agosto/05/dec282005082010.pdf>
- Ucypypfe. (07 de Septiembre de 2011). Recuperado el 27 de enero de 2014, de <http://www.ucypypfe.gov.ar/BirfPIHNG/>
- Velazquez, F. (2008). *Análisis y diagnóstico participativo en sistema de producción con cerdos criollo-cubanos*. Bayamo.
- Yrigoyen, C. C. (2003). *Econometría Espacial Aplicada a la Predicción - Extrapolación de Datos Microterritoriales*. Madrid, España: Consejería de Economía e Innovación Tecnológica.

## SOBRE LOS AUTORES

**Jhon Fredy Velandia Castillo:** Administrador Ambiental, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia.

**Diego Fernando Trujillo González:** Administrador ambiental y técnico en gestión contable y financiera, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia.

**Daniel Esteban Sáenz Restrepo:** Administrador ambiental Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia.