



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

---

# **DINAMICA ESPACIAL DEL PRECIO DEL SUELO EN ZONAS CON PROCESOS DE EXPLOTACIÓN PETROLERA EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA**

**DIANNE PEÑA JIMÉNEZ**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía  
Bogotá, Colombia

2015



# **DINAMICA ESPACIAL DEL PRECIO DEL SUELO EN ZONAS DE EXPLOTACIÓN PETROLERA EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA**

**DIANNE PEÑA JIMENEZ**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Geografía**

Director (a):

Doctora en Ciencias Económicas. Nohora León Rodríguez

Línea de Investigación:

Geografía Económica y Análisis Espacial

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía

Bogotá, Colombia

2015



*A Quienes nunca pierden la esperanza*

*A mi familia y amigos.*

*A Tabata por haber compartido un breve espacio de su existencia conmigo.*

*A todos aquellos quienes de alguna forma han contribuido en esta aventura llamada vida.*



## **Agradecimientos**

Agradezco a las instituciones que facilitaron la información para el desarrollo de esta investigación, especialmente a la oficina de Planeación Municipal de Barrancabermeja, a la Unidad de Servicios Compartidos de Tierras en cabeza de Héctor Sanabria Martínez, Jefe de la unidad, y a Alexander Sierra, profesional de la unidad encargado. Agradezco a la Universidad Nacional de Colombia, a la Agencia Nacional de Hidrocarburos, al Departamento Nacional de Estadística DANE, al Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC y al Banco de la República.

A la profesora Nohra León Rodríguez por sus aportes, paciencia y contribución al desarrollo de este trabajo. A Juan Ricardo Mozo, economista de la Universidad Nacional de Colombia por su ayuda y apreciaciones a esta investigación. Por último a mis compañeros de trabajo Juan Carlos Castellón y Juan Esteban Guarnizo, pues sin su apoyo en otras labores no hubiera culminado esta investigación.





## Resumen

La importancia de los hidrocarburos en la economía colombiana ha sido evidente desde que fueron establecidas las concesiones de explotación a comienzos del siglo XX. Prueba de ello es la participación de las actividades de explotación del recurso y la industria desarrollada en torno a la producción y procesamiento en el PIB. Este trabajo pretende demostrar el efecto que tiene la presencia de la actividad petrolera en el área rural del municipio de Barrancabermeja sobre los precios del suelo, mediante un modelo de precios hedónicos y un análisis espacial, presentando con ello una visión del estado de la distribución del suelo en el municipio. Tras una consideración teórica acerca de las rentas del suelo y los precios hedónicos, se procede a una contextualización económica de la industria del petróleo a nivel departamental y municipal y las posibles repercusiones para sobre el precio de las propiedades para luego, analizar el modelo de precios hedónicos del área rural de Barrancabermeja y contrastarlo con un análisis de correlación espacial. El mecanismo de formación de la renta se manifiesta en la distribución del precio del suelo y por ello la actividad petrolera deriva en una dinámica de mercado en la que la demanda de suelo para actividades económicas relacionadas con el petróleo genera una expectativa en los oferentes del recurso suelo, quienes la materializan a través del precio. Cuando el suelo entra a ser parte de las actividades económicas petroleras, ha sido ocupado y utilizado, reduce su valor al salir de la dinámica del mercado, debido a no encontrarse en competencia con otras actividades económicas mientras haga parte de esta actividad económica. Finalmente se hacen algunas reflexiones sobre los resultados obtenidos del modelo enfatizando el impacto sobre la distribución de las actividades económicas sobre el territorio

**Palabras clave:** Área Rural, Petróleo, Precios Hedónicos, Correlación espacial

## Abstract

The importance of oil in the Colombian economy has been evident since the concessions to exploit it were established in the early twentieth century. Proof of this is the participation of resource exploitation activities and the developed industry around the production and processing in GDP (Gross domestic product). This research intends to demonstrate the effect of the presence of oil activities in the rural area of Barrancabermeja's municipality on the land prices through a hedonic price model and spatial analysis, thereby presenting a vision of the state of land distribution in the township. After a theoretical consideration of land rents and hedonic price models, it proceeds with an economic contextualization of the oil industry at departmental and municipal level and then analyzes the hedonic price model in rural areas of Barrancabermeja and contrasts it with an analysis of spatial correlation. The formation mechanism of income is reflected in land prices distribution and therefore the oil activity leads to a dynamic market where the demand for land for oil-related economic activities generated an expectation on bidder's resource soil that materialize through land prices. When the soil comes to be part of the oil economic activities and has been occupied and used, it reduces its value when it is out in the market dynamics, due not to be in competition with other economic activities whilst it is part of this economic activity. Finally, some thoughts on the results of emphasizing the impact on the distribution of economic activities over the territory model are made.

**Keywords:** Oil, Rural Area, Hedonic Model, spatial correlation

# Contenido

<b>1. Aproximación Teórica.....</b>	<b>5</b>
1.1 Localización de las actividades económicas en el espacio.....	6
1.1.1 Modelo de localización de las actividades económicas en el espacio agrícola.6	
1.1.2 Modelo de Localización espacial de William Alonso – Renta ofertada .....	8
1.2 Localización de la Industria .....	11
1.2.1 Teoría de la localización de la industria .....	11
1.3 Las rentas del suelo .....	12
1.3.1 Rentas Diferenciales.....	12
1.3.2 Rentas Diferenciales. La renta petrolera como caso particular de la renta del suelo 15	
1.3.2.1 Naturaleza de la renta del suelo .....	16
1.3.2.2 Renta de la tierra y precio del suelo.....	17
1.4 Los precios hedónicos.....	24
1.5 Aplicaciones del método de precios hedónicos relacionados con actividades petroleras.....	28
<b>2. Impacto de la actividad en el mercado inmobiliario .....</b>	<b>31</b>
2.1 Caracterización municipal .....	32
2.1.1 Localización del área de estudio.....	32
2.1.2 División Político Administrativa .....	32
2.1.3 Cobertura y uso del suelo .....	33
2.1.4 Áreas de explotación de hidrocarburos en el área rural .....	34
2.1.5 Otros sectores económicos .....	35
2.2 La industria del petróleo: alcance del sector.....	38
2.2.1 Alcance departamental .....	40
2.2.2 Alcance Municipal.....	44
2.2.3 Implicación de las actividades industriales para los valores de la propiedad..	48
2.2.3.1 Impacto del desarrollo industrial en el sector inmobiliario .....	48
<b>3. Distribución espacial y definición del precio del suelo.....</b>	<b>67</b>
3.1 Variables seleccionadas para la construcción del precio del suelo y su distribución espacial en el municipio .....	67
3.2 Descripción y análisis exploratorio de las unidades prediales en términos físicos, de localización y la actividad petrolera .....	75
3.2.1 Análisis Exploratorio .....	75
3.2.1.1 Descripción de variables.....	76
3.2.1.2 Asociación espacial de las variables observadas para la construcción de los precios hedónicos.....	84
3.3 El precio del suelo y las actividades petroleras .....	107

---

3.3.1 Precios hedónicos y actividades económicas petroleras .....	107
3.3.2 El precio del suelo en el área rural de Barrancabermeja y las actividades económicas petroleras .....	108
<b>4. Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>123</b>
4.1 Conclusiones .....	123
4.2 Recomendaciones .....	127
<b>A. Anexo I: Construcción y descripción de variables .....</b>	<b>129</b>
<b>B. Anexo II: Estadísticas descriptivas de las variables seleccionadas para la construcción del precio del suelo mediante el método de precios hedónicos .....</b>	<b>150</b>
<b>C. Anexo II Modelos de precios hedónicos .....</b>	<b>169</b>
<b>D. Bibliografía .....</b>	<b>173</b>

## Lista de figuras

Figura 1-1 Curva de ganancia versus distancia al CDB.....	10
Figura 1-2. Función de precios hedónicos.....	28
Figura 2-1 Mapa de Localización del área de estudio.....	37
Figura 2-2 Mapa de corregimientos de Barrancabermeja.....	38
Figura 2-3 ICA departamento de Santander.....	43
Figura 2-4 Predial departamento de Santander.....	43
Figura 2-5 Población departamento de Santander.....	43
Figura 2-6 Serie de impuesto de industria y comercio municipal.....	47
Figura 2-7 Serie del precio del petróleo 2000-2012.....	47
Figura 2-8 Serie de impuesto predial para el municipio de Barrancabermeja.....	47
Figura 2-9. Proyección de la Población.....	47
Figura 2-10. Evolución del recaudo predial en del 2000 al 2012.....	50
Figura 2-11. Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs número de predios.....	52
Figura 2-12. Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs área predial rural.....	52
Figura 2-13. Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs área construida rural.....	52
Figura 2-14. Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para PZR	53
Figura 2-15. Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para APZR.....	53
Figura 2-16. Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para CZR	54
Figura 2-17. Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs número de predios Zona Urbana.....	56
Figura 2-18. Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs área urbana.....	56
Figura 2-19. Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs área construida urbana.....	56
Figura 2-20. Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para PZU	57
Figura 2-21. Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para AZU	57
Figura 2-22. Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para ACZU.....	57
Figura 2-23. Evolución del recaudo de industria y comercio en años.....	59
Figura 2-24. Diagrama de dispersión para el recaudo predial vs número de predios Zona Rural.....	60

Figura 2-25. Diagrama de dispersión para el recaudo predial vs número de área construida en zona rural.....	60
Figura 2-26. Diagrama de dispersión para el recaudo predial vs área de predios en Zona Rural.....	61
Figura 2-27. Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para PZR	61
Figura 2-28. Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para APZR .....	61
Figura 2-29. Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para CZR	62
Figura 3-20. Leyenda para mapas de outliers .....	79
Figura 3-21. Mapa de Outliers de AV .....	81
Figura 3-22. Mapa de Outliers de AT .....	81
Figura 3-23. Mapa de outliers de ATC .....	81
Figura 3-24. Mapa de outliers de AC.....	81
Figura 3-25. Mapa de outliers DCP .....	82
Figura 3-26. Mapa de outliers DV.....	82
Figura 3-27. Mapa de outliers DD .....	82
Figura 3-28. Mapa de outliers DCCA .....	82
Figura 3-29. Mapa de outliers NPZ .....	83
Figura 3-30. Mapa de outliers NTB .....	83
Figura 3-31. Mapa de outliers SPZ.....	83
Figura 3-32. Mapa de outliers STB.....	83
Figura 3-33. Contigüidad de predios con 1 a 2 vecinos.....	86
Figura 3-34. Contigüidad de predios con 2 a 3 vecinos.....	86
Figura 3-35. Contigüidad de predios con 3 a 4 vecinos.....	87
Figura 3-36. Contigüidad de predios con 4 a 5 vecinos.....	87
Figura 3-37. Diagrama de dispersión de Moran para ATC .....	93
Figura 3-38. Diagrama de dispersión de Moran para DCP .....	93
Figura 3-39. Diagrama de dispersión de Moran para DV .....	93
Figura 3-40. Diagrama de dispersión de Moran para DD .....	93
Figura 3-41. Diagrama de dispersión de Moran para DCCA .....	94
Figura 3-42. Diagrama de dispersión de Moran para NPZ .....	94
Figura 3-43. Diagrama de dispersión de Moran para NTB .....	94
Figura 3-44. Diagrama de dispersión de Moran para SPZ .....	94
Figura 3-45. Diagrama de dispersión de Moran para STB .....	95
Figura 3-46. Diagrama de dispersión de Moran para el VT .....	95
Figura 3-47. Mapa de clusters de la variable ATC.....	99
Figura 3-48. Mapa de clusters para la variable NPZ .....	100
Figura 3-49. Mapa de clusters de la variable NTB.....	101
Figura 3-50. Mapa de cluster de la variable SPZ.....	102
Figura 3-51. Mapa de cluster de la variable STB.....	103
Figura 3-52. Mapa de cluster de la variable Valor Total .....	104
Figura 3-53. Puntos de alto leverage .....	116
Figura 3-54. Observaciones extremas en la respuesta .....	117
Figura 3-55. Observaciones influyentes para las variables ATC, C2 y DCP.....	117

Figura 3-56. Observaciones influyentes para las variables DV, DCCA, NPZ y NTB .....	118
Figura 3-57. Observaciones influyentes de las variables STB y NUS_9 .....	118
Figura A-1. Mapa de zonas homogéneas Físicas de Barrancabermeja .....	134
Figura A-2. Mapa de corregimientos de Barrancabermeja.....	135
Figura A-3. Mapa de distancia a centros poblados .....	136
Figura A-4. Mapa de densidad de vías .....	137
Figura A-5. Mapa de distancia a drenajes dobles .....	138
Figura A-6. Mapa de distancia a ciénagas y cuerpos de agua.....	139
Figura A-7. Mapa de polígonos de explotación en Barrancabermeja .....	140
Figura A-8. Mapa de pozos de Barrancabermeja .....	141
Figura A-9. Mapa de tuberías de Barrancabermeja .....	142
Figura A-10. Mapa de servidumbres de pozos en el área rural de Barrancabermeja.....	143
Figura A-11. Mapa de servidumbre de tuberías.....	144
Figura B-1. Distribución de la variable dependiente AV - AVALÚO.....	155
Figura B-2. Distribución de la variable Área de Terreno AT .....	156
Figura B-3. Distribución de la variable Área de Terreno Calculada ATC.....	157
Figura B-4. Distribución del Área Construida.....	157
Figura B-5. Distribución de la Zona homogénea física 1 (ZHF_1).....	160
Figura B-6. Distribución de la Zona Homogénea Geoeconómica 1 (ZHG_1).....	160
Figura B-7. Distribución de la Zona Homogénea Física 2 (ZHF_2).....	161
Figura B-8. Distribución de la variable Zona Homogénea Geoeconómica (ZHG_2) .....	161
Figura B-9. Distribución de predios por corregimiento .....	162
Figura B-10. Distribución de la variable distancia a centros poblados DCP.....	163
Figura B-11. Distribución de la variable densidad de vías DV.....	163
Figura B-12. Distribución de la variable distancia a drenajes dobles DD .....	164
Figura B-13. Distribución de la variable Distancia a cuerpos de agua DCCA .....	164
Figura B-14. Distribución de los polígonos de explotación PEX.....	166
Figura B-15. Distribución de la variable Número de Pozos NPZ.....	166
Figura B-16. Distribución de la variable Número de tuberías NTB.....	167
Figura B-17. Distribución de la variable Servidumbres de Pozos SPZ.....	167
Figura B-18. Distribución de la variable Servidumbre de tuberías STB.....	168
Figura B-19. Categorías de uso del suelo.....	169

## Lista de tablas

Tabla 2-1 Resumen de coberturas y usos del suelo vigencia 2011.....	33
Tabla 2-2. Resultados análisis de datos panel Predial vs variables rurales.....	50
Tabla 2-3 Comparación entre mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados con variable dummy.....	55
Tabla 2-4 Comparación entre mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados con variable dummy para variables rurales.....	59
Tabla 2-5. Comparación entre mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados con variable dummy para variables urbanas.....	62
Tabla 2-6. Comparación entre mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados con variable dummy para variables rurales, población y petróleo. ....	63
Tabla 3-1 Variables utilizadas para el modelo de precios hedónicos y para la regresión espacial geográfica ponderada .....	73
Tabla 3-2 Características de la zona homogénea 1. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3-3. Resumen de valores del Índice de Moran y valores de significancia .....	89
Tabla 3-4. Tipos de correlación espacial local.....	90
Tabla 3-15. Resumen de variables independientes del modelo .....	110
Tabla 3-16. Correlaciones Simples .....	113
Tabla 3-17. Análisis de AIC.....	114
Tabla B-1. Estadísticas descriptivas Avalúo.....	150
Tabla B-2. Estadísticas descriptivas: Área Terreno.....	151
Tabla B-3. Estadísticas descriptivas del área de terreno calculada.....	151
Tabla B-4. Estadísticas descriptivas del área construida.....	151
Tabla B-5. Estadísticas descriptivas distancia centros poblados.....	151
Tabla B-6. Estadísticas descriptivas Densidad de vías .....	151
Tabla B-7. Estadísticas descriptivas Distancia drenajes dobles .....	152
Tabla B-8. Estadísticas descriptivas Distancia a cuerpos de agua.....	152
Tabla B-9. Estadísticas descriptivas Número de Pozos .....	153
Tabla B-10. Estadísticas descriptivas Número de tuberías .....	153
Tabla B-11. Estadísticas descriptivas Servidumbre Pozos.....	153



# Lista de Símbolos y abreviaturas

## Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
--------------------	----------------

---

CER	Centro de Estudios Regionales del Magdalena Medio
DNP	Departamento Nacional de Planeación
<i>OPMB</i>	Oficina de Planeación Municipal de Barrancabermeja



# Introducción

La industria de los hidrocarburos está en auge y es una de las más importantes para el crecimiento económico del país. Su localización obedece a las necesidades propias de la actividad teniendo en cuenta que debe establecerse cerca a los yacimientos. Pero como menciona López et al en *La economía petrolera en Colombia*, a pesar de su creciente importancia, la reducida información que existe sobre el petróleo y su economía no es muy difundida por fuera de algunos pocos círculos especializados (López, Montes, Garavito, & Collazos, 2013). Por tal razón se realizó el presente trabajo, para estudiar la sinergia que existe entre la dinámica económica y la dinámica espacial en torno a la configuración espacial del precio del suelo. La unidad de análisis de este trabajo es el municipio de Barrancabermeja, que posee uno de los yacimientos históricos de petróleo más importantes del país. La localización de las actividades económicas al servicio de la industria ha reconfigurado el entorno espacial del municipio en términos de la distribución de los usos del suelo, el tamaño de los predios y la distribución de las actividades económicas, entre otros.

Debido a esta nueva configuración del espacio y las nuevas características socioeconómicas que se imponen en este tipo de regiones, el valor del suelo se ve afectado, puesto que la actividad petrolera deriva en una mecánica de mercado en la que la demanda de suelo para actividades económicas relacionadas con el petróleo genera una expectativa en los oferentes del recurso tierra, quienes la materializan a través del precio del suelo. Luego, cuando un predio entra a ser parte de las actividades económicas petroleras y ha sido ocupado y utilizado, reduce su valor al salir de la dinámica del mercado, pues no puede competir por otras actividades económicas mientras haga parte de la actividad actual.

La investigación que se desarrollara a lo largo de este documento tiene como objeto analizar cómo las rentas rurales del suelo se ven afectadas por las actividades económicas relacionadas con el petróleo y de qué forma estas actividades inciden en la

distribución espacial de los precios y usos del suelo. Es necesario aclarar que dentro de lo que se considera actividad petrolera no se hace distinción entre los procesos de extracción, transporte y transformación, dado que la información recolectada para el análisis, la cual solo abarca la localización de infraestructura para extracción y transporte.

Bajo este enfoque, la investigación plantea como objetivos : a) Elaborar un análisis general relacionado con la importancia de la actividad petrolera a nivel departamental y municipal b) Realizar un análisis exploratorio de datos de las diferentes características consideradas en la investigación para la construcción del precio del suelo c) Describir la configuración espacial del área rural del municipio a través de un análisis de correlación espacial global y local d) Establecer relaciones entre los atributos de la localización y su relación con la actividad petrolera mediante la aplicación de un modelo de precios hedónicos que permita demostrar la influencia de la actividad sobre los precios del suelo.

Para responder a los anteriores objetivos, el proceso metodológico seleccionado se dividió en dos secciones: primero, el análisis de correlación espacial ya que dada la configuración predial del área rural, este análisis permite evaluar si las características de los inmuebles hacen que la distribución en el espacio sea conglomerada o dispersa partiendo de la Primera Ley de la geografía de Tobler enunciada en 1970 que dice que “todo está relacionado con todo lo demás, pero que las cosas cercanas están más relacionadas que las cosas distantes”. Segundo, el método de los precios hedónicos que permite hacer la valoración de un bien en función de características particulares del mismo.

Esta investigación se desarrolla en cinco capítulos: inicia con el abordaje teórico, donde se introduce a los modelos de localización de actividades económicas y la localización industrial; continúa con la definición de las rentas del suelo rural, las cuales fundamentan la teoría sobre la cual están soportados los modelos de valoración del suelo; y por último, se describe el contexto teórico de los precios hedónicos. La siguiente sección se divide en dos partes, la primera describe el impacto de la actividad petrolera en el mercado inmobiliario a nivel departamental y municipal y la segunda parte menciona algunos estudios relacionados con la temática abordada, específicamente en lo que tiene que ver con modelos de precios hedónicos y análisis espacial vinculado a actividades económicas petroleras.

El tercer capítulo continua con el desarrollo metodológico, que consta de tres secciones: el análisis exploratorio de datos, que como su nombre lo indica, indaga sobre la forma en que se distribuyen las variables a nivel estadístico y a nivel espacial; la segunda sección corresponde al análisis de correlación espacial que permite evaluar y visualizar el comportamiento de las variables utilizadas para caracterizar a los predios que comparten su uso con actividades económicas petroleras; y por último, el modelo de precios hedónicos para analizar si las variables seleccionadas que están asociadas a la actividad petrolera influyen o no en el valor del precio del suelo rural en el municipio de Barrancabermeja.

El último capítulo contiene las conclusiones de la investigación las cuales se enfocan en responder el objetivo principal del estudio, y algunas recomendaciones acerca de cómo esta investigación puede contribuir a la reflexión acerca del impacto local de este tipo de actividades, en términos de la configuración y los cambios que genera en el territorio.



# 1. Aproximación Teórica

En el marco de la investigación: dinámica espacial del precio del suelo en zonas con actividades petroleras, se parte de la discusión sobre la teoría de la localización de las actividades económicas en el espacio analizadas por Von Thünen, seguido por el planteamiento de David Ricardo de las rentas del suelo en términos de calidad y al trabajo que sobre la tierra se ejerce para maximizar su rendimiento y, por ende, maximizar la renta. A partir de la teoría de la localización de actividades económicas, revisadas desde la perspectiva de la economía espacial, nuevamente es abordado el tema de la localización bajo otros factores como los costos de transporte y los lugares donde encuentran los recursos naturales, para el caso de estudio el petróleo. También se hace mención de la localización industrial desde la teoría formulada por Alfred Weber.

Posterior al tratamiento de los temas sobre localización, la teoría continúa con los planteamientos de Carlos Marx y Samuel Jaramillo respecto a las rentas diferenciales del suelo como producto de condiciones físicas propias del suelo, al esfuerzo ejercido sobre él, y cómo esta combinación tiene efectos sobre la renta del suelo. Analizar estos dos autores permitirá entender cómo se distribuyen espacialmente las actividades económicas en función de las diferentes rentas del suelo.

El recorrido teórico sigue con dos temas importantes: la distinción entre valor y precio, analizados desde la perspectiva del valor de uso y el valor de cambio en el contexto del precio del suelo y cómo se aprecia el valor y la rentabilidad que puede obtenerse del recurso tierra, sin tener en cuenta otros factores que lo caracterizan tales como los ambientales, culturales y patrimoniales. Posteriormente se abordará la relación que puede llegar a establecerse entre las rentas del suelo y las actividades petroleras, y cómo estas actividades pueden llegar a condicionar la distribución de los usos del suelo.

El capítulo finaliza con la definición de los precios hedónicos, método que posibilita comparar bienes de la misma naturaleza a partir de sus propiedades, lo que permitirá

demostrar si existe o no variación en los precios del suelo debido a características particulares como la presencia de instalaciones petroleras.

La finalidad de este capítulo es revisar y analizar cómo las diferentes aproximaciones teóricas permiten entender la formación de renta del suelo cuando hay actividades económicas petroleras.

## **1.1 Localización de las actividades económicas en el espacio**

Esta sección tiene como finalidad ilustrar la manera en que las actividades económicas se distribuyen en el espacio en función a la renta que generan, explicado a través de la teoría de localización de las actividades económicas sobre el espacio, mediante el modelo desarrollado por Von Thünen.

### **1.1.1 Modelo de localización de las actividades económicas en el espacio agrícola.**

Como menciona Mario Polèse en su libro *Economía Urbana y Regional*, los modelos de localización se explican de la siguiente forma:

Tanto para la ciudad como para el campo, se trata de modelos de uso del suelo concebidos para explicar porque los terrenos se destinan a distintas funciones. Los diferentes usos del suelo (agrícolas, industrial y otros) compiten por el espacio. Si una de estas funciones llega a instalarse en un terreno codiciado o anteriormente por otra, esto significa en principio que encuentra en este lugar más ventajas y que por lo tanto está dispuesta a pagar más caro para ubicarse en él. Explicar el uso del suelo es proponer una teoría de la renta del suelo. (Polèse, 1998, pp. 325-326)

Para hablar de localización de las actividades económicas se debe comenzar por mencionar a Johann Heinrich Von Thünen, quien en su libro *Der Isolierte Staat*, abordó el tema de la localización de las actividades agrícolas alrededor de un centro de comercio.



El modelo de Von Thünen trata de explicar cómo a través de la renta se definen las localizaciones para los usos agrícolas. Para describir el modelo se debe partir de los siguientes supuestos:

- Las actividades se realizan en un plano sin accidentes geográficos, es decir en un terreno plano.
- La fertilidad de todos los suelos es la misma en cualquier localización.
- Existe un único mercado que se localiza en el centro del plano, donde se comercian todos los productos.
- La distancia al mercado es lineal y los costos de transporte están en función de la distancia.

Para maximizar la ganancia es conveniente para el agricultor estar más cerca al centro pues los costos de transporte disminuirían. Debido a las condiciones del modelo, sea cual sea la localización en este espacio hipotético, producir un producto siempre tendría el mismo valor y el mismo rendimiento por unidad de área a precio de mercado. Por tal razón, se concluye que para Von Thünen la competencia por la localización está en función de los costos de Transporte: “Hablamos de renta porque los ingresos adicionales obtenidos no se atribuyen a ningún aumento de esfuerzo por parte del productor, se deben únicamente al terreno (renta de localización)” (Polèse, 1998, p. 327)

En el modelo de Von Thünen la localización está en función de los costos de transporte pues a mayor cercanía al centro de comercio, mayor es su ganancia. En este punto surge la siguiente pregunta: ¿Si a medida que nos alejamos del centro la cantidad ofrecida por el terreno es menor, en el modelo de Von Thünen, los productores siempre ganarían lo mismo? Es decir ¿aumentan los costos de transporte pero disminuyen los precios del suelo para obtener la misma ganancia (renta) entre un productor localizado en la periferia y un productor en el centro de mercado?

La analogía de Von Thünen, inicialmente reconoce el espacio como homogéneo en donde se plasman una serie de actividades económicas, está la analogía se debe a que dentro este modelo no se reconocen particularidades ni físicas ni de división del espacio,

con el fin de, para abordar la localización de una manera simple, explicada desde la perspectiva de los costos de transporte y los costos de producción.

Se hace mención al modelo de Von Thünen debido a las teorías de localización de actividades económicas que de allí derivan y aunque la actividad industrial no necesariamente se ajusta a los supuestos de este modelo, algunas teorías de localización de las industrias como la de Weber surgieron a partir del modelo de Thünen.

### **1.1.2 Modelo de Localización espacial de William Alonso – Renta ofertada**

En 1964 William Alonso desarrollo un modelo de localización fundamentado en las rentas ofertadas, este modelo consiste en un modelo de localización similar al planteado por Von Thünen pero visto a partir de la renta ofrecida por un agente para ubicarse en las localizaciones más rentables.

Alonso (1964) plantea la teoría de mercado de uso del suelo y utilizando las herramientas microeconómicas de la teoría neoclásica, muestra el paso de una función de renta explicada por los costos de transporte en función de la distancia, a una función de renta especificada por el ingreso neto y el nivel de utilidad fijo (Fujita, 1989). Alonso no solo plantea las consideraciones de la localización para explicar la distribución residencial, el modelo también puede aplicarse también para el ámbito agrícola y de negocios.

De la misma forma en que fueron planteadas las condiciones para desarrollar el modelo de localización de actividades económicas en el espacio por Von Thünen el modelo de localización de Alonso conserva los supuestos de:

- Un espacio isotrópico
- El centro de comercio, donde los productores comercian sus productos, es reemplazado por un distrito central de negocios (CDB).
- Los costos de producción incluyen los costos de transporte

A diferencia del modelo planteado por Von Thünen, quien asume que la localización de una actividad económica está en función de los costos de transporte, la actividad entonces se localizará hasta donde la renta por unidad de área sea igual a cero, distribuyendo los usos de forma concéntrica en torno al centro de mercado. El modelo de Alonso está fundamentado en la renta ofertada, que se define como una renta unitaria de

equilibrio que una empresa está dispuesta a ofrecer a diferentes distancias del distrito central de negocios (CDB). (Quintana Romero, 2015).

La forma funcional del modelo es:

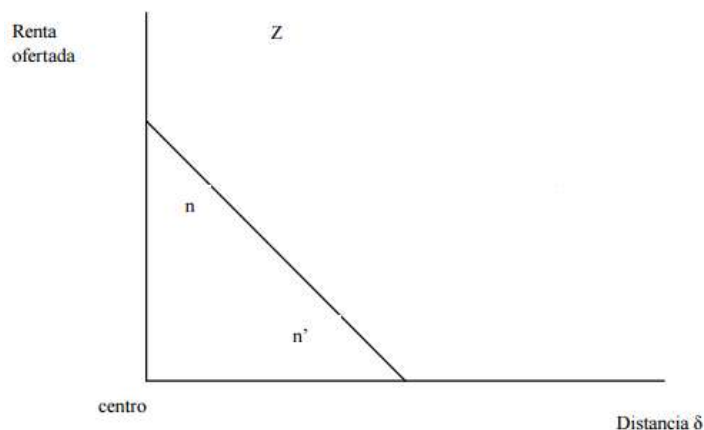
$$r(\theta) = [p_x - z - c_x(\theta)]x(\theta) \quad (1.1)$$

Donde  $p$  es el precio unitario del bien producido,  $c$  es el costo unitario de producción,  $z$  es la ganancia y  $x$  es la cantidad del bien producido.

Como se indicó anteriormente el modelo de Alonso fue desarrollado para explicar la localización de actividades agrícolas, negocios y hogares; para este caso se hace mención a la localización de las actividades agrícolas ya que el caso de estudio se enmarca dentro del contexto rural.

En el artículo titulado: A theory of urban land market en 1960 Alonso explicó los criterios generales del modelo para el contexto agrícola que parte de los mismos supuestos definidos por Von Thünen, donde afirma que:

[...] Los beneficios del agricultor serán compartidos con el propietario de la tierra a través del pago de una renta. Los agricultores ofertaran contra otros por localizaciones más rentables, hasta que sus beneficios sean en cualquier lugar los mismos (beneficios “normales”), lo que hemos llamado ganancias que se convierten en rentas (Alonso, 1960).

**Figura 1-1** Curva de ganancia versus distancia al CDB

Fuente: Tomado del curso de economía regional y urbana del SAREE.  
[http://www.saree.com.mx/unam/sites/default/files/MODELO\\_ALONSO.pdf](http://www.saree.com.mx/unam/sites/default/files/MODELO_ALONSO.pdf)

Esta figura representa la renta ofertada, que están dispuestos a pagar los productores por estar próximos al CDB.

[...] La pendiente de la curva de renta (figura 1-1) será fijada por los costos de transporte sobre el producto. El nivel de la curva se establecerá por el precio del producto en el mercado (Alonso, 1960).

La pendiente expresa la variación en el costo del suelo debido a la variación unitaria en la distancia; si aumenta una unidad la distancia el costo de transporte es mayor, para mantener igual la ganancia es necesario disminuir la renta ofertada.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto por Alonso la localización estará determinada por aquellos productores cuya renta generada sea la más alta después de deducir, del precio de mercado, los costos de producción y la ganancia. En ese sentido los precios de mercado más altos serán los que fijen las curvas de ganancia más altas (Quintana Romero, 2015).

Se hace mención al modelo de localización de Alonso, debido a que este modelo, relaciona el precio del suelo con los usos y mediante este planteamiento; se puede hacer una descripción del contexto espacial de la distribución particular de los usos del suelo del suelo en el municipio de Barrancabermeja, donde la mayor renta ofertada proviene de la actividad económica petrolera y los otros usos del suelo deben someterse a la

localización condicionada por la ocupación de la infraestructura y no, como lo plantea Alonso, en torno a la distancia al CDB.

## **1.2 Localización de la Industria**

### **1.2.1 Teoría de la localización de la industria**

Alfred Weber dice que la localización de una planta de producción industrial está supeditada a minimización de los costos de transporte: “Según Weber, Los costos de transporte entre el sitio de producción, los insumos y el mercado de bienes finales se comparan directamente contra las economías de localización.” (Quintana Romero, 2015).

Los supuestos del modelo de localización de Weber son:

1. Las materias primas pueden ser de 2 tipos: ubicuas, esto es que se pueden encontrar fácilmente en cualquier lugar como el agua, y materias primas localizadas en lugares puntuales como los minerales.
2. Weber asume que los costos de producción son iguales en cualquier localidad.
3. De la misma forma que para Von Thünen, supone un espacio isotrópico, independiente de la topografía, en el cual una fábrica se localiza en función al mercado y al sitio donde se encuentre la materia prima.

Así pues, se puede decir que “La mejor localización de la industria será aquella que reduzca el mínimo coste de transportar materias primas desde sus lugares de extracción hasta la industria, así como los productos acabados desde esta hasta el mercado” (Médez, 1997, p. 266)

El modelo inicial solamente tiene en cuenta los costos de transporte entre el mercado y la localización de las materias primas, en donde se asume que la planta se ubicará en donde los costes sean mínimos. “Estos precios están en función de la pérdida de peso en el proceso de elaboración, de la fragilidad o del aumento del valor añadido”. (Enciclopedia Libre Universal en Español, 2010)

Si se supone que una empresa abastece su factoría a partir de 2 fuentes de recursos naturales y destina toda su producción a un solo centro de consumo, la localización óptima deberá situarse en el interior de un triángulo imaginario con vértices en esos tres

puntos y a una distancia relativa de los mismos relacionada con su capacidad de atracción respectiva (primer modelo). Para poder determinar geoméricamente ese punto a partir de valores estadísticos en situaciones reales, Weber elaboró superficies de costes mediante el cálculo de círculos concéntricos denominados *isodapán* calculados a partir de los isovectores de costo creciente que aumentan con la distancia a los tres vértices, identificando la localización óptima con la isodapán mínima. (Médez, 1997, p. 266)

Para probar este modelo, Weber propone un índice de materiales el cual es una proporción entre el peso de los recursos utilizados y el producto final, cuyo resultado indica la dependencia de localización de la planta.

Además, el segundo modelo tiene en cuenta los costos de la mano de obra, lo cual implica que la localización será seleccionada si los costos de producción son minimizados en mayor proporción que los costos de transporte.

El petróleo, al hallarse en localizaciones específicas, condicionaría la localización de la planta a ubicarse tan cerca del recurso como sea posible para reducir los costos de transporte, esto en el caso del primer modelo. En el segundo modelo, para el caso de uso analizado, la mano de obra no se tiene en cuenta para compensar los gastos por desplazamiento ya que la mayoría de personal al servicio de la industria está localizado en el área urbana donde se encuentra la refinería.

## **1.3 Las rentas del suelo**

### **1.3.1 Rentas Diferenciales**

Antes de abordar el tema de las rentas desde la perspectiva de David Ricardo y Marx es importante señalar la relación entre la renta y la localización de las actividades económicas en el espacio. Anteriormente se explicó la manera en que Von Thünen planteó un modelo donde la localización se hace explícita al afirmar que las tierras se van distribuyendo alrededor de un centro de mercado y son estas tierras quienes perciben más renta en función de mayores rendimientos a menores costos de transporte.

David Ricardo (1959), propone una definición de la renta en función de las condiciones naturales de la tierra (fertilidad) y cómo éstas, en función del capital invertido, producen cierta cantidad de producto. Aunque David Ricardo desarrolla una discusión acerca de cómo las condiciones de la tierra y la demanda de ciertos productos hace que se incorporen más tierras al proceso productivo, en función de la adaptación de tierras y la cantidad de trabajo que generan un aumento en la renta, en ninguna parte de su disertación reconoce cómo las tierras que se van incorporando al proceso productivo se distribuyen en el espacio y cómo compiten por el mismo debido a su actividad. Sin embargo, la definición de renta de David Ricardo es útil para el desarrollo teórico debido a que la discusión de esta investigación se refiere a un producto derivado de las condiciones naturales y cuyos yacimientos condicionan a otro tipo de actividades económicas. En el caso de actividades tales como la extracción de minerales e hidrocarburos no existen fenómenos de aglomeración como en otro tipo de actividades, considerando que en estos casos las actividades tales como la agricultura o la ganadería se fragmentan en función a las actividades extractivas. Para hablar de la inclusión de tierras al proceso productivo es necesario citar la explicación de David Ricardo en la que se establece la disposición, más no la localización, de la tierra en términos de renta que produce.

“La renta es aquella parte del producto de la tierra que se paga al terrateniente por el uso de las energías originarias e indestructibles del suelo” (Ricardo, 1959, pág. 51). Según Ricardo la renta es lo que se paga por aprovechar la calidad que posee la tierra, es decir por las condiciones naturales inherentes a ella que permiten cosechar o extraer un producto. El ejemplo que utiliza para el desarrollo de su teoría se hace en términos de producción agrícola en función a los grados de fertilidad de distintos tipos de suelo:

Únicamente porque la tierra no es ilimitada en cantidad ni uniforme en calidad y porque con el incremento de la población, la tierra de calidad inferior o menos ventajosamente situada tiene que ponerse en cultivo y se paga renta por su uso (Ricardo, 1959, pág. 53).

Quiere decir que se van incorporando tierras a medida que la demanda de alimentos aumenta, sin embargo, la productividad también puede aumentarse sin que necesariamente deban aumentar las áreas de producción.

Supongamos que se tienen 3 tipos de tierra (A, B y C) y cada una de ellas con la misma cantidad de capital y trabajo invertido produce 100, 90 y 80 medidas de trigo respectivamente. Al emplear la tierra de menor grado de fertilidad, con el mismo capital, inmediatamente la tierra de primera calidad comienza a rentar, de la misma forma si se incorpora al proceso productivo la tierra de tercer tipo C; entonces la renta comienza en la tierra de segundo tipo B. Si solo fuera necesaria la producción de las tierras tipo A, no existiría renta pues “el producto neto pertenecerá al agricultor y representara las utilidades del capital que adelanta” (Ricardo, 1959).

La explicación para que las tierras de primera calidad generen más renta se fundamenta en la cantidad de valor en cambio. Para Ricardo, (1959) el valor en cambio de los bienes está determinado en función a la cantidad de trabajo aplicado y al capital invertido para su producción. En ese sentido afirma que:

[...] la tierra más fértil y más favorablemente situada se cultivara en primer lugar y el valor en cambio de su producto se ajustara de la misma manera que el valor en cambio de todos los demás bienes, con referencia a la cantidad total de la mano de obra necesaria en varias formas de la primera a la última, para producirlo y colocarlo en el mercado el cambio del producto primario aumentará ya que requiere más trabajo para producirlo. (Ricardo, 1959, pág. 55).

Esto quiere decir que la renta obtenida se estima en función de la cantidad de trabajo que requiere la tierra de menor calidad.

En el caso de los hidrocarburos, el comportamiento sería el mismo que en el caso de los productos agrícolas. Si utilizamos como ejemplo barriles de petróleo y no medidas de



trigo, entonces podemos afirmar que si un campo<sup>1</sup> que con cierto nivel de capital invertido y una cantidad de trabajo empleada para la extracción del recurso produce 100 barriles, y un segundo campo con la misma cantidad de capital y trabajo produce 80 barriles, el campo que produce 100 barriles obtiene una renta de 20 barriles. A su vez si se van incorporando otros campos al proceso productivo la renta estará determinada por aquellos terrenos cuyo rendimiento en términos de barriles sea menor. Teniendo en cuenta lo anterior Ricardo (1959) afirma que “El ingreso de capital de la mina más pobre, que no pague renta, regularía la renta de todas las demás minas productivas” (Ricardo, 1959, pág. 64) para nuestro caso no nos referiríamos a minas sino a pozos de petróleo los que producirían renta. Lo que define entonces la cantidad de renta generada no es debido al tipo de producto que de la tierra se coseche o se extraiga, sino la cantidad que la calidad de la tierra permita obtener.

### **1.3.2 Rentas Diferenciales. La renta petrolera como caso particular de la renta del suelo**

Marx (1867) en su obra *El Capital*, explica de manera detallada cómo se produce y clasifica la renta de la tierra a partir de diferentes características y condiciones. La renta del petróleo surge de la misma manera que la renta agrícola, pero obedece a condiciones específicas y particulares debido a que el recurso no se deriva de las características superficiales del suelo, pero si produce renta; y a las disposiciones del mercado de este recurso. Para describir las consideraciones que, de la teoría general de la renta del suelo propuesta por Marx (1867), se derivan al caso particular de la renta del petróleo, el texto que se tomó como base para el análisis es el libro de Samuel Jaramillo: “*Hacia una teoría de la renta del suelo urbano*”.

---

<sup>1</sup> Se hace referencia a un campo petrolero y no a un terreno debido a la condición misma del recurso, es decir, un terreno no produce petróleo el yace bajo el suelo de ese terreno. Campo: (Field). Área geográfica en la que un número de pozos de petróleo y gas producen de una misma reserva probada. Un campo puede referirse únicamente a un área superficial o a formaciones subterráneas. Un campo sencillo puede tener reservas separadas a diferentes profundidades (Petróleos Mexicanos PEMEX, 2014)

El objeto de este análisis es incorporar las diferentes modalidades de renta definidas por Marx (1867) y de qué manera estas se contextualizan en el ámbito del petróleo. Más que enunciar la definición de renta, es necesario explicar desde la perspectiva de Marx, cómo y porqué se genera la renta. Cuáles son las condiciones bajo las cuales se produce la renta y a partir de entender lo anterior, identificar cuáles son los tipos de renta derivados.

### **1.3.2.1 Naturaleza de la renta del suelo**

Marx afirma:

[...] la renta es una parte del excedente social y más específicamente de la plusvalía extraída por los capitalistas a los asalariados. Se trata de un mecanismo de desviación de una parte de la plusvalía social, que en lugar de ir a alimentar el fondo de ganancias que se reparten los capitalistas, va a parar a manos de una clase social: los terratenientes. (Jaramillo Gonzalez, 2010).

Entendiéndose por plusvalía como el excedente de trabajo que el asalariado produce por encima del valor de su fuerza de trabajo, que se traduce como beneficio, del cual se apropia el capitalista

La tierra es un medio de producción (objeto y medio de trabajo) que está por fuera del capital como tal. Además de que la tierra no es reproducible a voluntad por el capital, ella puede ser monopolizada, es decir apropiada individualmente. Quien ejerce el dominio sobre la propiedad jurídica de la tierra controla en realidad una condición de la acumulación que es externa al capital. De esta manera el terrateniente, sin participar en la producción, está en capacidad de exigir parte de la ganancia como condición de su autorización al acceso del capitalista a la tierra y por lo tanto, como requisito para que la producción agrícola tenga lugar. Esta participación del terrateniente en la ganancia es la renta.

Los supuestos que soportan la definición de renta de Marx son:

- Completo dominio de la agricultura por el capital.
  - Libre competencia entre capitalistas agrícolas y propietarios de la tierra.
- Marx señala que: la emergencia de un precio para la tierra es un resultado de la operación de las leyes de valor (David Ricardo) bajo determinadas circunstancias. (Jaramillo Gonzalez, 2010)

### 1.3.2.2 Renta de la tierra y precio del suelo

La tierra aparece como un don de la naturaleza y no es producto del trabajo. Para Marx esto no implica una inconsistencia en la teoría del valor del trabajo, y señala que la emergencia de un precio de la tierra es un resultado de la operación de las leyes del valor pero bajo determinadas circunstancias (Jaramillo González, 2010). Entendido el valor del trabajo, desde la exposición de David Ricardo, quien explica que el valor de un bien está dado por la cantidad de trabajo empleada para obtener o producir este bien.

La recepción de la renta por parte del terrateniente obedece a que él ha pagado un precio por la tierra. Marx señala que a pesar de esta representación espontánea, lo que sucede realmente es lo contrario: la tierra, que en sí misma no posee valor, adquiere un precio como resultado de la existencia de la renta. Se trata de la construcción “imaginaria” de precio, la califica él, pero no por eso menos efectiva de un precio a través de un mecanismo que Marx denomina la *capitalización de la renta*. (Jaramillo Gonzalez, 2010)

Para explicar este mecanismo Jaramillo hace alusión a la práctica de préstamo de dinero que se lleva a cabo en una economía capitalista, donde un prestamista obtiene una cantidad adicional de dinero a cambio de prestar a otra persona. La suma extra de dinero que recibe el prestamista periódicamente es denominada interés, el cual obtiene solamente por prestar dinero a una tasa de interés. La tasa de interés general es la relación entre la cantidad prestada y el interés, esta tasa es definida por el mercado de dinero:

$i$ = tasa de interés

$I$ = interés

$K$ = capital

$$K = \frac{I}{i} \quad (1.2)$$

Un terrateniente que posee una porción de tierra, que por lo pronto no posee ningún precio, en virtud de esta propiedad puede recibir una cantidad de valor que es lo que denominamos renta. Es una suma de dinero que para él no se diferencia del interés que recibe un periódicamente un propietario de un capital real. Ante la existencia de una tasa de interés, el terrateniente asimila la posesión de su lote de terreno a la posesión de un capital que le diera como interés la suma que el percibe como renta. De esta manera emerge el precio del suelo. (Jaramillo Gonzalez, 2010)

En realidad lo que se transa en las negociaciones inmobiliarias, más que la misma tierra, es el derecho a percibir una renta. En esos términos, quiere decir que lo que caracteriza a la tierra como tal es la posibilidad de ganar una cantidad de dinero de la misma forma en que un prestamista gana una cantidad extra por hacer préstamo de su dinero, al ganar un pequeño porcentaje por la cantidad prestada. Para el caso de la tierra, lo que se “presta” son las características de la tierra para producir o extraer un producto, cuya producción permite alcanzar una ganancia extra.

Afirma Jaramillo entonces que “no es la magnitud del precio del suelo lo que determina la magnitud de la renta, sino justamente lo contrario. Es decir, es la renta la que define los diferentes precios del suelo”. (Jaramillo Gonzalez, 2010).

### **Condiciones bajo las cuales surge la renta de la tierra**

Supóngase que existe un bien que se produce de manera capitalista en términos normales. Para su producción cada capitalista debe incurrir en una serie de gastos: la compra de un conjunto de mercancías ya producidas (insumos, maquinaria combustible) a lo que Marx denomina *capital constante*, y la compra de determinada cantidad de fuerza de trabajo (que paga como salarios) que denomina *capital variable*. La suma de ambos capitales sería el *capital total*. Pensemos que en esta economía donde existe una competencia plena entre capitalistas rige una tasa de ganancia uniforme, *la tasa de ganancia media*. Esto quiere decir que cada capitalista puede apropiarse de una ganancia, que es una parte de la plusvalía total generada en la economía, proporcional al monto de su capital: la proporción es precisamente la tasa de ganancia. Marx denomina *precio de producción* al precio por el cual los capitalistas están dispuestos a vender el producto, obteniendo la ganancia media: esto sería igual al capital aumentado en una proporción igual a 1 más la tasa de ganancia media:

$$PP = K(1 + g') \quad (1.3)$$

Donde:

PP= precio de producción

$g'$ = tasa de ganancia media

El precio por el cual se intercambian las mercancías, al que Marx denomina *precio de mercado*, en circunstancias de plena competencia tiende a converger cuantitativamente hacia este precio de producción. Si en el corto plazo el precio de mercado difiere del precio de producción, el mecanismo de la competencia a través del flujo de capitales entre las ramas se encarga de hacerlo converger en el mediano plazo. Si el precio de mercado es mayor que el precio de producción, los capitalistas de esa rama estarían haciendo ganancias superiores a la media. Esto sería un atractivo para que los capitalistas que están en otras ramas se trasladen a esta para obtenerlos mismos beneficios, lo cual aumenta la cantidad ofrecida de producto y hace caer su precio. Si por el contrario el precio de mercado es inferior al precio de producción, los capitalistas de esa rama harían ganancias que son inferiores a las que podrán obtener en otras ramas. Esto animaría a algunos

capitales a migrar hacia estas otras ramas buscando mayores ganancias, lo que hace elevar el precio. (Jaramillo Gonzalez, 2010)

Sin embargo, se deben hacer algunas precisiones al respecto de esta condición: esta situación sería ideal en el caso que las otras ramas produjeran una renta equiparable con la renta generada por la extracción de petróleo. En el caso del petróleo los capitalistas de otras ramas que no producen ganancias superiores a la media no pueden pasarse libremente a esta rama debido a que el recurso se encuentra en sitios específicos y obedece a las condiciones específicas del mercado en el que se comercia. Supongamos que se tiene un terreno en donde cada porción de este posee características físicas diferenciadas que permiten que sea posible producir una mercancía agrícola. Uno de los productos tiene un precio de mercado superior al precio de producción, esta condición provocaría que otros capitalistas quisieran producir esta mercancía, para lo cual adaptaría sus tierras de modo que pudieran alcanzar esta ganancia, o se trasladarían a tierras cuyas condiciones físicas fueran las mismas que las de aquellas tierras donde se obtiene el producto de mayor ganancia. Si en este terreno se encuentra un yacimiento de petróleo, la tierra bajo la cual se encuentra el recurso, estará dotada de una condición única, que los demás capitalistas no pueden recrear, esta condición de la naturaleza permite obtener una ganancia adicional debido a que el recurso no se encuentra de manera homogénea en el terreno; dicho beneficio sería ganado por los propietarios de estos terrenos, teniendo en cuenta que el recurso no es del propietario. En el caso colombiano pertenece al estado, pero la condición única de la presencia del recurso otorga un beneficio al propietario que se manifiesta como renta del suelo por disponer de del lugar donde se encuentra el recurso.

La renta surge de la siguiente eventualidad: algunos capitalistas encuentran que en los terrenos que ellos ocupan existe un fenómeno natural afortunado que consiste en que en ellos hay una caída de agua que se puede utilizar para la generación de energía; en otras palabras puede reemplazar a la máquina de vapor. Los capitalistas que operan en esos terrenos pueden entonces producir estos mismos bienes que sus competidores que utilizan terrenos normales, sin incurrir en el gasto del alquiler de la máquina. Para el consumidor el bien es homogéneo, para él no habrá diferencia si los productos son producidos en un lote u otro. Los capitalistas que tienen acceso a los terrenos con caída de agua

tendrán los mismos precios de venta que sus competidores. Pero la presencia de la caída de agua implica que ellos tienen menores costos de producción. (Jaramillo Gonzalez, 2010).

Luego de descontar el costo de producción, los capitalistas cuyos predios que cuentan con la ventaja de tener la caída de agua para la generación de energía cuentan con una ganancia media y una ganancia adicional denominada ganancia extraordinaria.

En este escenario entre los capitalistas se desatará una competencia por localizarse en los terrenos dotados del fenómeno natural. En ese sentido, la ganancia no surge por alguna particularidad del capitalista pues cualquiera que se situó en estos predios puede alcanzarla. El propietario del lote, mediante el dominio jurídico sobre él, controla la disposición de esta circunstancia, de esta manera puede sacar partido de la competencia entre los capitalistas: puede exigir al menos una parte de esta sobreutilidad como requisito para permitir el acceso de algún capitalista a su terreno. Mediante este mecanismo, en el límite, los capitalistas estarán dispuestos a ceder toda la sobreutilidad al terrateniente: para ellos, finalmente, será indiferente invertir en un terreno normal en donde obtengan la ganancia media, o producir en un terreno con caída de agua invirtiendo una menor cantidad de capital conservando las unidades adquiridas como ganancia normal y ceder la utilidad extraordinaria como renta<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>“En el modo capitalista de producción el supuesto es el siguiente: los verdaderos agricultores son asalariados, ocupados por un capitalista, el arrendatario, que sólo se dedica a la agricultura en cuanto campo de explotación en particular del capital como inversión de su capital en una esfera peculiar de la producción. Este arrendatario-capitalista le abona al terrateniente, al propietario de la tierra que explota, en fechas determinadas por ejemplo, en forma anual una suma de dinero fijada por contrato (exactamente de la misma manera que el prestatario de capital dinerario abona un interés determinado) a cambio del permiso para emplear su capital en este campo de la producción en particular. Esta suma de dinero se denomina renta de la tierra, sin que importe si se la abona por tierra cultivable, terreno para construcciones, minas, pesquerías, bosques, etc. Se la abona por todo el tiempo durante el cual el terrateniente ha prestado por contrato el suelo al arrendatario, durante el cual lo ha alquilado. Por lo tanto en este caso la renta del suelo es la forma en la cual se realiza económicamente la propiedad de la tierra, la forma en la cual se valoriza”.(Marx, 2010)

En este sentido, la tierra que inicialmente no tenía valor adquirirá un precio. El elemento que desencadena este hecho es una circunstancia natural, que en principio permite la sobreutilidad. Se trata de un hecho que es literalmente irreproducible, lo cual hace que se trate de una sobreutilidad que tiene características específicas. (Jaramillo González, 2010)

Sin embargo, el mercado del petróleo es uno de los más dinámicos debido a factores como la demanda creciente de las últimas décadas y la situación política de los países en donde existen yacimientos de petróleo, quiere decir que cuando la demanda de petróleo es creciente los propietarios del suelo pueden obtener ganancias adicionales, pues el precio del mercado supera el precio de producción, se integran más tierras a la actividad petrolera.

Actualmente, la cotización de este “commodity” se encuentra en alza. Existen múltiples factores que vienen generando estos aumentos, entre ellos, por el lado de la demanda, el crecimiento económico mundial (EE.UU. y China, y el cambio en la estructura de consumo de combustible, mientras que por el lado de la oferta, los atentados terroristas en Irak, el bajo nivel de reservas de combustibles, la inestabilidad política en Venezuela, los problemas en la producción Rusa y el pequeño margen de capacidad no utilizada de la OPEP, entre otros. (Castellano, 2004)

Como afirma Jaramillo, para Marx el precio de mercado y el precio de producción, de acuerdo al comportamiento del flujo de capitales es hacia la convergencia, haciendo que la ganancia excepcional desaparezca. Sin embargo, para el caso del petróleo esta condición puede ser diferente, debido a las particularidades del mercado anteriormente mencionadas. En el caso de los productos agrícolas, para ilustrar la condición de convergencia entre los precios, hacen referencia a un ejemplo en el cual uno de los productores emplea una mejora tecnológica que en el corto plazo hace que obtenga una ganancia extraordinaria superior a la de los demás capitalistas, pues aumentará su producción, pero cuando esta mejora se difunda entre los capitalistas la ganancia irá desapareciendo paulatinamente, pues el precio de mercado descenderá debido a que la oferta aumentará y por ende el precio de producción. De esta manera Marx asume que la ganancia extraordinaria tiende a desaparecer. Pero en el caso de los recursos minerales



como el petróleo, la ganancia extraordinaria no tiende a desaparecer, pues de la misma forma en que la explicación de los terrenos que dentro de su extensión cuentan con una caída de agua, la renta es generada a partir de una cualidad intrínseca del terreno que no puede ser reproducida a voluntad.

Abordando la propiedad de la tierra, afirma Jaramillo (2010) en su exposición que: la propiedad por sí misma, como fenómeno meramente jurídico, no garantiza la existencia de la renta. La renta surge en los terrenos privilegiados, porque el poder jurídico de sus propietarios les permite a estos controlar la circunstancia que hace emerger la sobreutilidad. Lo que hace la propiedad es transferir este valor, que de otra forma sería apropiado por el mismo capitalista, a las arcas del terrateniente: es decir convertir la ganancia extraordinaria en renta.

Por otro lado la renta implica que los consumidores del bien producido paguen un sobreprecio por él. Es decir los consumidores pagan un valor superior al trabajo correspondiente al que realmente se utilizó (plusvalía). (Jaramillo Gonzalez, 2010)

Así la renta surge por la capacidad de producción de la tierra, es decir que sus condiciones físicas la hacen más productiva porque con cierta cantidad de trabajo se puede obtener una mayor cantidad de producto, y Jaramillo explica que “la renta en este caso surge precisamente porque la tierra con mejores condiciones es limitada”. (Jaramillo González, 2010)

¿Qué sucede entonces cuando la tierra físicamente no posee unas condiciones para producción agrícola excepcionales, sino que es el producto que se obtiene de ella lo que la hace limitada? Este es el caso de las tierras donde yacen minerales como el petróleo, pues las condiciones físicas, como por ejemplo la fertilidad o el tipo de suelo, no son lo que las hace más apetecibles sino el mineral que yace debajo del terreno; en este caso particular la limitación la da el mineral y no las condiciones productivas. La renta surgiría entonces porque las tierras bajo las cuales se encuentra el petróleo son limitadas, sin importar la calidad del suelo, que deriva en una sobreutilidad.

## 1.4 Los precios hedónicos

Los precios hedónicos han sido utilizados para estimar el precio de un bien heterogéneo en función a las características que lo diferencian de otros, atribuyendo a cada una un valor marginal, el cual está incluido dentro del precio del bien en el mercado. Esta metodología tiene un enfoque de valoración indirecta, y es ampliamente usada para estimar el precio de las viviendas y para valoraciones ambientales, entre otras aplicaciones.

Este enfoque fue fundamental para esta investigación debido a que la calidad del suelo, asociado a su significado como un bien, en el municipio de Barrancabermeja, está influenciada por la industria del petróleo, en lo rural por la explotación de petróleo, y en el sector urbano por la actividad industrial realizada en la refinería, lo que hace particular el comportamiento de la propiedad del suelo en el municipio.

De acuerdo con Castaño, Laverde & Yaruri (2013): “Dentro de los primeros estudios se encuentran los de Court (1939) y Griliches (1961), quienes realizan un análisis del mercado de automóviles en Estados Unidos. Estos autores intentaron descontar el efecto de las características de los carros sobre su precio. Posteriormente, Rosen (1974) estableció los fundamentos teóricos de la metodología de precios hedónicos, lo que desencadenó una notable expansión de su estudio y aplicación”. (Castaño, Laverde, Morales, & Yaruro, 2013)

Como se mencionó anteriormente, el método de precios hedónicos se fundamenta en la relación existente entre el precio de mercado y las características diferenciadas de un bien heterogéneo como el suelo o la vivienda.

Como supuestos de un modelo de precios hedónicos, mencionados en el Manual de Bienes no mercadeables publicado en 2001 por el Centro de estudios económicos CEDE (Mendieta López, 2001) están:

- Maximizar la utilidad del consumidor
- Existencia de un mercado competitivo, en donde oferentes y demandantes del bien se ponen de acuerdo a una transacción.
- El precio de mercado reflejará el vector de atributos y este será una relación razonablemente constante, que dependerá del número de compradores y vendedores y de sus características.

- Existe complementariedad débil entre el bien privado y sus características y atributos.

El precio de un bien puede establecerse como una función de un vector de características físicas  $Z$  y un vector de atributos  $A$ :

$$P = P(Z, A) \quad (1.4)$$

Esto es lo que consideramos una función de precios hedónicos. La determinación de los precios hedónicos en el mercado puede ser explicada considerando el comportamiento de los consumidores y las firmas (Mendieta López, 2001).

#### La decisión de consumo

La función del consumidor se construye a partir del supuesto que el bien a “comprar” tiene unas características  $Z$  y unos atributos  $A$  y de acuerdo con Mendieta (2001) obedecen también a unas condiciones socioeconómicas  $\alpha$ . Similar a la función del precio, la función de utilidad está dada por:

$$U(X, Z, A; \alpha) \quad (1.5)$$

En términos del consumidor, la decisión de elegir un bien estará condicionada por la maximización de la utilidad ( $U$ ) del bien diferenciado por las características  $Z$  y los atributos  $A$  y donde  $X$  son todos los otros bienes a consumir. Si se fija el precio de los otros bienes como la unidad de medida del ingreso  $Y$ , entonces la restricción presupuestal esta expresada en términos de  $X$  será:  $Y = X + P(Z, A)$  “La maximización de la utilidad sujeta a las limitaciones presupuestarias no lineales requiere la elección de  $X$  y los vectores de características y atributos ( $Z, A$ ) para satisfacer el presupuesto y las condiciones de primer orden  $\frac{\partial P}{\partial Z_i} = p_i = \frac{U_{Z_i}}{U_x}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . (Rosen, 1974). La maximización de la utilidad del consumidor está dada entonces por:

$$\text{Max}_{Z, A, X} U(Z, A, X; \alpha) \text{ Sujeto a la restricción presupuestal } P(Z, A) + x = Y$$

$$(1.6)$$

La función de postura  $\theta(Z, A, x; \alpha)$  que representa la disponibilidad a pagar de los hogares por unidad del bien con características  $Z$  y atributos  $A$ , dado un ingreso  $y$ , y un nivel de utilidad  $U$  esta implícitamente definida por (Mendieta López, 2001):

$$U(Z, A, y - \theta; \alpha) = U$$

(1.7)

Retomando las condiciones de primer orden:  $\frac{\partial P}{\partial Z_i} = p_i = \frac{U_{Z_i}}{U_x}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  este diferencial corresponde a la variación del precio debido a una variación en el atributo  $Z_i$ . Citando nuevamente a Mendieta (2001): “Estas condiciones requieren que la tasa marginal de sustitución (TMS) entre las características y el bien compuesto (X) sea igual al precio marginal de la característica e igual a la postura marginal por la característica. Matemáticamente tenemos:

$$\frac{U_z(Z, A, x; \alpha)}{U_x(Z, A, x; \alpha)} = P_{z_i}(Z, A) = \theta_{z_i}(Z, A, y, u; \alpha), i = 1, \dots, n$$

(1.8)

Donde  $\theta_{z_i}(Z, A, y, u; \alpha)$  corresponde a la disposición del consumidor a pagar por el bien diferenciado (bid function). La TMS corresponde al precio marginal (precio de consumir una unidad adicional de la característica  $Z_i$  del bien) de  $Z_i$  y los otros bienes de consumo que al final corresponde a la disposición a pagar  $\theta_{z_i}$  por una unidad adicional del atributo  $Z_i$ .

Del lado del productor, la finalidad es maximizar el beneficio el cual se obtiene de la diferencia entre el ingreso y los costos de producción del bien ofrecido. Se tiene que la función de costos está representada por las características  $Z$  y atributos  $A$  del bien acompañados por un vector  $\beta$  que representa las características del productor como por ejemplo las tecnologías utilizadas, la función de costos sería:

$$C(Z, A, N; \beta)$$

(1.9)

De la misma forma que para el consumidor el objetivo del productor es maximizar el beneficio, entonces la función de beneficios está representada por:

$$NP(Z, A) - C(Z, A, N; \beta)$$

**(1.10)**

Donde N es la cantidad de bienes producidos.

La maximización entonces es:

$$MAX_{Z,A;N} NP(Z, A) - C(Z, A, N; \beta)$$

**(1.11)**

$$\frac{\partial P}{\partial Z_i} = p_i = \frac{\partial C}{\partial z_i}, i = 1, 2, \dots, n$$

**(1.12)**

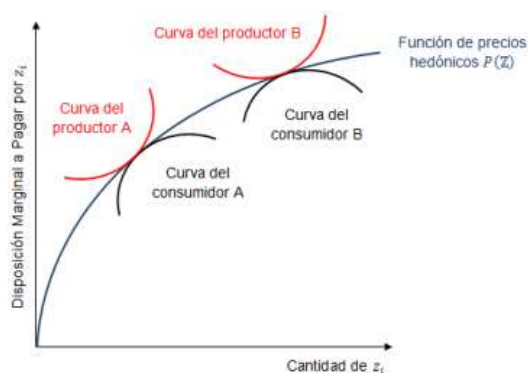
Continuando con la explicación de Mendieta (2011), la función de oferta  $\varphi(Z, A, \pi; \beta)$  es el valor unitario que un consumidor está dispuesto a pagar por una unidad de un bien con un vector de características Z y atributos A para obtener unos beneficios  $\pi$ , los cuales se obtienen resolviendo, según Rosen de la siguiente manera:

$$\pi = N\varphi - C(Z, A, N; \beta) \quad \text{Y} \quad \varphi = C_N(Z, A, N; \beta)$$

**(1.13)**

El productor entonces estará dispuesto a ofrecer un bien hasta que el costo de producir una unidad adicional sea igual al precio del bien, que sería equivalente a la disposición a pagar del consumidor.

Como el objeto de los consumidores es maximizar la función de utilidad y la de los productores maximizar la función de los beneficios y bajo el equilibrio del mercado, las curvas de los consumidores y de los productores son tangentes. Entonces la función de precios hedónicos es la curva que representa la condición de equilibrio del mercado y es también tangente a las curvas de productores y consumidores.

**Figura 1-2.** Función de precios hedónicos.

Fuente: adaptado de (Morales Zurita & Arias Arbelaez, 2005).

## 1.5 Aplicaciones del método de precios hedónicos relacionados con actividades petroleras.

Los precios hedónicos han sido empleados en numerosas investigaciones para explicar los precios de un bien mediante la valoración de las cualidades que lo caracterizan. Las primeras investigaciones fueron realizadas en Estados Unidos para el análisis de los cultivos agrícolas. En el mercado inmobiliario se aplica el método de los precios hedónicos a la vivienda cuyas variables explicativas son las características de la misma.

Son pocos los estudios encontrados que relacionan el precio de la vivienda con las actividades petroleras. El trabajo realizado por Boxall et al (2005) quien examinó el impacto de las instalaciones de gas y petróleo sobre el precio de la propiedad residencial rural en Canadá evidenciando que, bajo el supuesto de proximidad a las instalaciones relacionadas con la industria del petróleo (pozos, tuberías y baterías recolectoras), el precio de la vivienda se vería afectado debido a las potenciales concentraciones de  $H_2S$  provenientes de diferentes infraestructuras suponiendo posibles riesgos para la salud, demostrando que los valores de las viviendas disminuían en función a la cercanía y la intensidad de las estructuras. Los resultados de esta investigación muestran una disminución en el precio de acuerdo al tipo de estructura y al número de éstas dentro del terreno de la vivienda rural.

En Colombia existen algunas investigaciones relacionadas, una de ellas publicada en 2012 por Enríquez et al, en la cual se realiza un análisis espacial que relaciona el precio

del suelo y los ingresos por regalías en municipios con actividades petroleras, con el fin de demostrar que el precio del suelo en estos municipios se incrementa debido a un aumento en la densidad de población, los ingresos y la construcción de instalaciones. Esta investigación se basa en la construcción de un modelo econométrico espacial cuyas variables se dividen entre económicas y de atributos locales, demostrando que un aumento en los ingresos de la población repercute en el precio del suelo.

En 2008 se publicó una investigación acerca de los factores relacionados con el precio del suelo agrícola en la región de Mares en el departamento de Santander (Lozano Botache & Santos Padilla, 2008), en el cual mediante una encuesta se indaga acerca de las formas de transacción de la tierra rural en la región. El aporte de este análisis es la aplicación de componentes principales para describir las prácticas y costumbres comerciales del mercado inmobiliario rural.





## **2. Impacto de la actividad en el mercado inmobiliario**

Esta sección plantea una descripción de la actividad petrolera a distintos niveles (nacional, departamental y municipal), para denotar cómo esta actividad industrial se relaciona con otros sectores de la economía, particularmente el inmobiliario y el fiscal. El contexto empieza con la localización del área de estudio, para describir el territorio en términos de sus características geográficas y político administrativas, continuando con la explicación acerca de la distribución de los usos del suelo en el municipio.

Luego se da paso a la caracterización del sector petrolero a diferentes niveles para resaltar la importancia de la industria, y cómo su desarrollo repercute en otros sectores de la economía. Este análisis se constituye en el punto de partida para un recorrido gradual al caso de estudio, el cual parte de establecer una relación general entre la industria y el mercado inmobiliario, primero a nivel departamental y posteriormente a nivel municipal. Habiendo establecido este vínculo a través de la observación de las tendencias entre los recaudos, sigue con la descripción de hechos estilizados realizados a los mismos datos de recaudo pero relacionados con la distribución predial, empleando datos de número de unidades y tamaños de áreas urbanas y rurales para los tres grupos definidos desde el análisis departamental. En consecuencia este acápite conduce al análisis de estudio de caso, el cual emplea variables de precio del suelo y distribución predial, específicas para el municipio de Barrancabermeja y otras relacionadas con la actividad económica petrolera, con el fin de observar la influencia de esta industria sobre la distribución espacial visto desde las rentas rurales definidas en los modelos de localización de Von Thünen, Alonso y Weber.

## 2.1 Caracterización municipal

Este apartado describe el área de estudio en contextos como localización, división político administrativa, cobertura y uso del suelo, áreas de explotación y otros sectores económicos relevantes para el municipio. La información de la división político administrativa, la cuantificación de cobertura y uso del suelo junto con las áreas destinadas para actividades industriales relacionadas con hidrocarburos fueron calculados a partir de información del POT, y la capa de cobertura y uso del suelo para el año 2011 suministrada por la oficina de Planeación Municipal. También fueron consultados el Plan de Desarrollo 2012-2015 y el tipo de propietarios consignado en el Registro Uno del IGAC con vigencia 2012.

### 2.1.1 Localización del área de estudio

El Municipio de Barrancabermeja se encuentra ubicado en la Provincia de Mares, al occidente del departamento de Santander, en el corazón de Colombia, en la Margen oriental del Río Magdalena, se extiende sobre este gran valle, irrigado por los ríos Sogamoso, La Colorada y Opón, con una latitud Norte de 7° 03" 48"; una longitud Oeste de 73° 51" 50" y con una altitud sobre el nivel del mar de 75.94 Metros. Cuenta con dos sistemas de ciénagas y gran variedad de caños y quebradas, como son entre otros las Ciénagas San Silvestre, El Llanito, Zapatero, Juan Esteban y Opón; las quebradas El Llanito, Cremosa, Zarzal, Vizcaína y los caños El Llanito, San Silvestre y el Tigre, entre otros. **(Plan de Desarrollo Barrancabermeja 2012-2015)**. Ver figura 2-1

### 2.1.2 División Político Administrativa

El suelo clasificado como rural está dividido en 6 corregimientos: San Rafael de Chucuri, Ciénaga del Opón, Meseta de San Rafael, El Llanito, La Fortuna y El Centro. Por su parte, el área urbana está separada en 154 barrios que a su vez hacen parte de 7 comunas de la cabecera municipal. Ver figura 2-2. La mayor presencia de instalaciones dedicadas a la actividad petrolera se encuentran en el corregimiento El Centro donde está el campo la Cira Infantas y el corregimiento El Llanito donde se localiza el campo Galán.

### 2.1.3 Cobertura y uso del suelo

La clasificación de cobertura y uso del suelo para el municipio de Barrancabermeja fue realizada según la leyenda de cobertura y uso nacional Corinne Land Cover, y la capa fue generada a escala 1:10.000 e interpretada del mosaico de fotografías aéreas que cubre toda la extensión del municipio.

**Tabla 2-1** Resumen de coberturas y usos del suelo vigencia 2011.

<b>COBERTURAS</b>	<b>Área en Hectáreas</b>
Aeropuertos	119
Áreas deportivas	43
Áreas turísticas	10
Bosque denso alto de tierra firme	6259
Bosque Denso Alto Inundable Heterogéneo	10997
Bosque Fragmentado con pastos y cultivos	590
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	9833
Bosque ripario	4515
Canales	23
Casco Urbano	3088
Cítricos	6
Cultivos transitorios	269
Estanques para acuicultura continental	20
Explotación de carbón	3
Explotación de hidrocarburos	362
Explotación de materiales de construcción	138
Lagunas de oxidación	9
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	8297
Nubes	1068
Palma de aceite	5478
Parques cementerio	1
Pastos arbolados	5172
Pastos enmalezados	10433
Pastos limpios	28751
Plantación forestal	963
Plátano y banano	42
Ríos	5821
Tejido urbano discontinuo	500
Tierras desnudas y degradadas	3872
Tierras quemadas	899
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	796

Vegetación secundaria alta	4360
Vegetación secundaria baja	4301
Zonas arenosas naturales	1785
Zonas comerciales	218
Zonas industriales	383
Zonas Pantanosas	15517
<b>Total general</b>	134938

Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de cobertura y uso del suelo para el municipio de Barrancabermeja.

Sobresalen las coberturas de pastizales que concentran el 32.8%, seguido de las coberturas pantanosas con el 12%. En cuanto a los usos del suelo relacionados con actividades productivas se destacan las plantaciones de palma de aceite que se extienden a lo largo de 5478 hectáreas y corresponden al 4.06% de extensión del municipio. El área cuyo uso del suelo está destinado a actividades industriales relacionadas con la explotación de hidrocarburos es de 362 hectáreas, sumada a las 383 hectáreas de zonas industriales. La sumatoria de los dos usos no supera la extensión de los cultivos agroindustriales de palma los cuales están dispersos al norte del municipio. Llama la atención la concentración de la actividad industrial y las instalaciones relacionadas con el petróleo en los corregimientos de El Centro, El Llanito y las áreas contiguas a la refinería en la zona urbana del municipio, lo que indica que no existe una centralidad entorno al centro poblado, sino un eje central que conecta las 3 zonas.

#### **2.1.4 Áreas de explotación de hidrocarburos en el área rural**

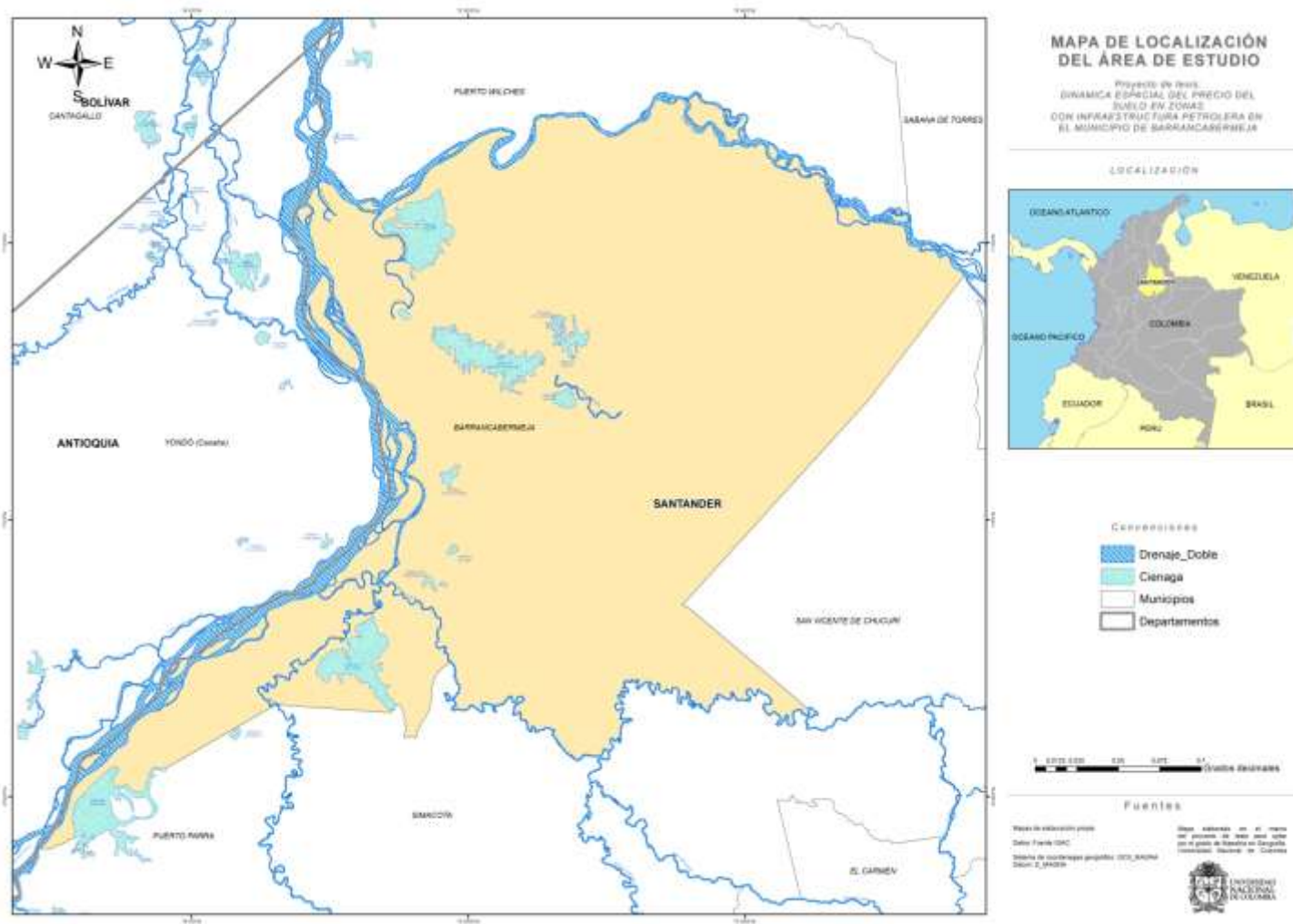
Para el año 2011, de acuerdo con el mapa de cobertura y uso del suelo, el área total dedicada a procesos de explotación de hidrocarburos era de 361,793 Has concentradas en el corregimiento El Centro. Las áreas identificadas con uso destinado a la explotación petrolera se traslaparon con la división predial municipal rural para identificar el tipo de propietarios de estos predios encontrando: 125 predios propiedad de Ecopetrol, 22 a nombre de la Nación, 5 de la Fundación para el desarrollo del Magdalena FUNDESMAG, 2 pertenecientes a la Unidad de Planeación Minero Energética, 1 predio propiedad de Oro Negro S.A. y 1 a nombre de Petromovil S.A. Los predios restantes pertenecen a personas particulares.

### 2.1.5 Otros sectores económicos

Adicional al sector industrial y comercial, en el municipio existen otros cinco sectores importantes para la economía municipal: el agrícola, el pecuario, el pesquero, el forestal y el agroindustrial. Según el programa de aprovechamiento sostenible para el departamento de Santander, aproximadamente el 6% del área rural es empleada en la producción agrícola para autoconsumo, destacándose productos como la yuca, el maíz, el cacao, y los frutales. Por su parte, el sector pecuario sufrió una reducción debido al sacrificio excesivo de vientres y a los conflictos de orden público que limitan el tipo de ganadería en la zona (ganadería extensiva). El sector pesquero ha ido en aumento 2 años de veda después del año 2000, el sector incrementó su producción en 1454,9 toneladas (equivalente a 6 veces la producción antes del año 2000). El sector forestal es reciente, pero es considerado como extractivo y no productivo. Por último, el sector con mayor potencial es el agroindustrial, pues el territorio de Barrancabermeja tiene aptitudes para el establecimiento de plantaciones como la palma africana, caucho, cítricos entre otros. (Unión Temporal UNIMINERIA, 2009)



**Figura 2-1** Mapa de Localización del área de estudio



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos IGAC para el municipio de Barrancabermeja.





y regalías, debido al aumento en la demanda energética nacional. De acuerdo con la Unidad de Planeación Minero Energética

[...]en el año 2011 el crecimiento interno del PIB en Colombia fue de 6,6%, el más elevado desde 2007, destacándose el tercer trimestre de 2011, en el que el aumento del PIB parece haber alcanzado un pico de 7,5% que contrasta con el del último trimestre del mismo año correspondiente a 6,1%. Durante 2011 el PIB experimentó un impulso por sector, por parte del sector petróleo y gas natural del 17,5%, seguido de equipo de transporte y 15,9% de carbón mineral. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2013).

### El petróleo para la economía del municipio y el departamento

Para evidenciar la importancia del sector en la economía departamental y municipal se analizaron las relaciones entre los recursos que reciben, el municipio y el departamento provenientes de las actividades, y la tasa de crecimiento de la población. La información tributaria<sup>3</sup> de industria y comercio, predial y regalías seleccionada para este análisis proviene de los listados de ejecución presupuestal del Departamento Nacional de Planeación y los datos de población fueron tomados del censo nacional de población realizado por el Departamento Nacional de Estadística DANE.

De otro lado, las regalías fueron definidas en la Constitución Nacional colombiana en el artículo 360 de la siguiente manera:

La explotación de un recurso natural no renovable causará a favor del Estado, una contraprestación económica a título de regalía, sin perjuicio de cualquier otro derecho o compensación que se pacte. Los departamentos y municipios en cuyo territorio se adelanten explotaciones de recursos naturales no renovables, así como los puertos marítimos y fluviales por donde se transporten dichos recursos o productos derivados de los mismos, tendrán derecho a participar en las regalías y compensaciones (Presidencia de la República de Colombia, 1991).

---

<sup>3</sup> Según el diccionario integrado contable fiscal, el impuesto de industria y comercio es el gravamen establecido sobre las actividades industriales, comerciales y de servicios a favor de cada uno de los distritos y municipios donde ellas se desarrollan, según la liquidación privada. (Monsalve Tejada, 2002).

### 2.2.1 Alcance departamental

La figura 2-3 resume la evolución del recaudo del impuesto de industria y comercio para todos los municipios del departamento de Santander en los años 2000, 2006 y 2012; el municipio con mayor recaudo es Barrancabermeja, seguido por Bucaramanga y el recaudo del resto de municipios del departamento supera el de Barrancabermeja solo por una diferencia de 50 millones en 2012 aproximadamente. El gráfico también permite ver la tendencia ascendente del impuesto en el umbral de los 12 años, lo que permite deducir que las actividades industriales y comerciales son la principal fuente de ingresos al departamento y que las actividades petroleras son el principal sector de la economía.

Las tres gráficas (figuras 2-3, 2-4 y 2-5) muestran una tendencia creciente en el tiempo tanto para los dos municipios analizados, como para el resto de municipios del departamento. Al comparar el impuesto de industria y comercio versus la tendencia de crecimiento poblacional, estas tasas no han aumentado significativamente como si lo han hecho los dos recaudos analizados.. La capital del departamento, Bucaramanga, presenta una estabilidad en la tasa de crecimiento poblacional pero una tendencia creciente en términos del recaudo predial e industrial sin superar los recaudos obtenidos por el municipio de Barrancabermeja. Para Bucaramanga, en términos del impuesto predial, una de las razones del incremento en el recaudo se debe a fenómenos de urbanización y construcción en el área urbana. El resto de municipios muestra una tendencia similar a la de Bucaramanga.

Partiendo del supuesto de que el aumento del recaudo predial aumenta en el tiempo debido a la integración de nuevas unidades y a la dinamización de la construcción, y suponiendo también que a mayor población el recaudo predial debería aumentar debido a la construcción de nuevas unidades para albergar a la población, las cifras analizadas reflejan resultados diferentes. De una parte, en el municipio de Barrancabermeja la tasa de crecimiento poblacional se ha mantenido casi constante con respecto a Bucaramanga y al resto de municipios, las cuales han aumentado en mayor proporción. Al comparar las tendencias de crecimiento poblacional con el impuesto predial, se observa que en Barrancabermeja la tendencia del recaudo es superior a la de Bucaramanga debido al aumento del área urbana para albergar el personal técnico empleado en actividades industriales desarrolladas en el municipio, que en este caso, obliga a que el municipio adopte medidas para el mantenimiento del personal en términos de oferta de vivienda y

bienes y servicios; lo que contrasta con la tasa de población que se mantiene casi estable a lo largo del periodo analizado (2002-2012). Otra de las causas para el aumento del recaudo es la integración de unidades prediales al proceso industrial, utilizadas para la construcción de infraestructura, esto para el área rural.

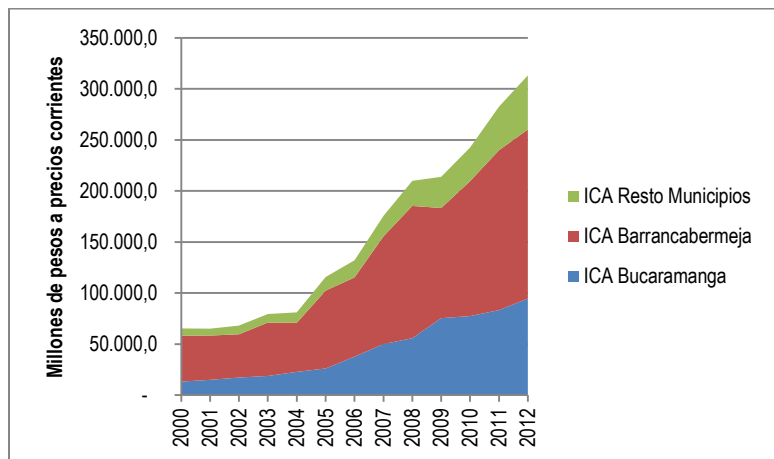
El recaudo de industria y comercio de Barrancabermeja es casi igual al total del resto de municipios del departamento, lo que refleja la relevancia de la actividad petrolera en la economía del departamento. El caso particular de Barrancabermeja sobresale debido a dos condiciones: a) El impuesto de industria y comercio y el impuesto predial no aumentan en la misma proporción b) la población y el impuesto predial no tienen la misma tendencia de crecimiento; Esto implica que la población local no aumenta proporcional al crecimiento económico del municipio, que como se mencionó antes, en Barrancabermeja la demanda de predial es para el sostenimiento de población migrante (personal técnico) vinculada a las actividades industriales relacionadas con el petróleo. En este caso el mercado inmobiliario no refleja la dinámica económica atribuida a las actividades industriales que se desarrollan en el departamento.

Esta aproximación general de la importancia del sector petrolero dentro del contexto económico, comparando las cifras de recaudo de impuesto de industria y comercio y predial, para evaluar como la actividad petrolera influye sobre la actividad inmobiliaria urbana y rural, se realizó partiendo del supuesto que: si aumenta la dinámica industrial, asociada al incremento en el recaudo de industria y comercio, debe aumentar el recaudo predial de forma proporcional. Este supuesto se apoya en dos razones: a) aumento de predios para servir como soporte a las actividades industriales petroleras y b) el aumento de población debido a fenómenos migratorios. Para el caso de estudio las tres cantidades analizadas deberían aumentar en la misma proporción pero los resultados demuestran un crecimiento diferenciado. Las tendencias indican que la actividad económica industrial petrolera de Barrancabermeja y el comportamiento inmobiliario superan las de la capital del departamento, cada una en distinta medida.

A nivel predial, se puede afirmar que la dinámica está condicionada igualmente por la actividad económica y no por el crecimiento del área urbana como si sucede con la capital del departamento y el resto de municipios del departamento. Esto se concluye a partir de las tendencias del crecimiento de la población. Para aproximarse a las

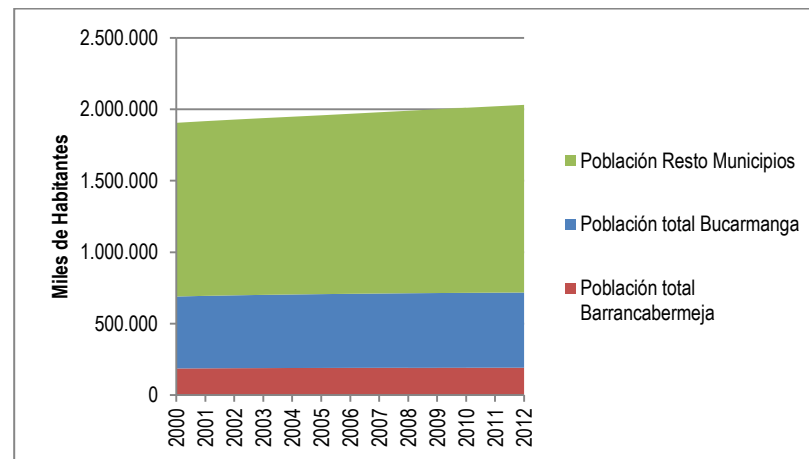
relaciones anteriormente establecidas a continuación se hace una evaluación de estas tendencias a nivel local.

**Figura 2-3** ICA departamento de Santander



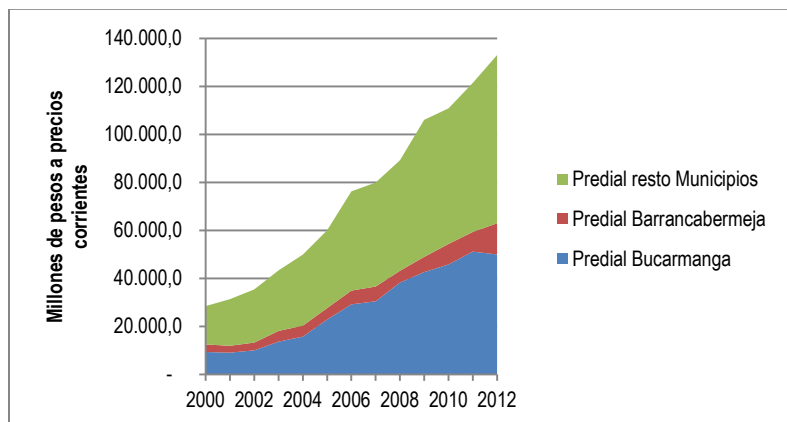
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del DNP.

**Figura 2-5** Población departamento de Santander



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de población DANE

**Figura 2-4** Predial departamento de Santander



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del DNP

## 2.2.2 Alcance Municipal

De acuerdo con la ficha de caracterización territorial para Barrancabermeja, producida por el DNP, los tres sectores económicos de mayor importancia corresponden a la industria manufacturera, que para el caso municipal corresponde a la transformación de petróleo a otro tipo de productos y representa el 64% del valor agregado<sup>4</sup> del municipio; seguido por otras ramas de actividad con el 17% y la explotación de petróleo crudo y gas natural con el 10%. Dicha proporción permite señalar que el mayor peso en la economía municipal lo tiene la transformación de petróleo crudo en combustibles y no la explotación.

Al observar la gráfica de ingresos fiscales, figuras 3-6, un aumento gradual a lo largo de los 12 años con leves descensos, indica la importancia que con el tiempo han tomado las actividades relacionadas con el petróleo y este comportamiento ascendente es similar al que presenta el impuesto predial, lo que indica una relación con el crecimiento de la industria.

El aumento en la tributación del impuesto predial puede deberse a la estructura tributaria definida por el municipio mencionado en el parágrafo segundo del artículo 12 del acuerdo 029 de 2005:

Quando las normas del Municipio sobre el uso de la tierra no permitan aprovechamientos diferentes a los agropecuarios, los avalúos catastrales no podrán tener en cuenta ninguna consideración distinta a la capacidad productiva y a la rentabilidad de los predios, así como sus mejoras, excluyendo, por consiguiente factores de valorización tales como el influjo del desarrollo industrial o turístico, la expansión urbanizadora y otros similares<sup>5</sup>.

Se asume que el aumento similar que sufren los dos tributos evaluados está relacionado con el cobro a predios industriales y el aumento de la población del municipio. Sin

---

<sup>4</sup>Se define el valor agregado como: “el mayor valor creado en el proceso de producción por efecto de la combinación de factores. Se obtiene como diferencia entre el valor de la producción bruta y los consumos intermedios empleados” (DANE - Departamento Nacional de Estadística, 2013).

<sup>5</sup> Acuerdo 029 de 2005. “POR MEDIO DEL CUAL SE ADOPTA EL ESTATUTO TRIBUTARIO, PARA EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA”

embargo, la tasa de crecimiento poblacional del municipio no refleja un aumento sustancial. La tasa, a lo largo del tiempo, tiene una tendencia estable lo que indica que el aumento en el impuesto también está más asociado al desarrollo predial en las áreas urbanas para albergar personal técnico y familias migrantes, no solo de Barrancabermeja si no de municipios vecinos a la cabecera municipal, tal y como se menciona en el análisis poblacional del CER:

Existe un comportamiento atípico en el último periodo intercensal (1993-2005), una variación menor de la población en la cabecera municipal que en el resto. Esta tendencia se explica por el proceso de re potenciación del campo La Cira e Infantas; en septiembre de 2005 se firma el contrato entre Ecopetrol y la Oxy para explotar e incrementar la productividad de estos campos maduros. (Centro de Estudios Regionales del Magdalena Medio CER).

Una aproximación a la importancia del sector petrolero en la economía local y la forma en que incide sobre las cifras de tributación, es comparar las cifras del recaudo con el comportamiento del precio internacional del petróleo, de este modo se puede establecer una relación que muestra la influencia que puede llegar a ejercer el mercado internacional a nivel local. La gráfica 2-7 muestra la evolución del precio del petróleo para el periodo de análisis 2000-2012, en los años de alza como 2006, 2008, 2010, 2011 y 2012 el impuesto de industria y comercio presenta un comportamiento ascendente en términos recaudo; el ejemplo más claro se puede ver entre la caída del precio en el 2009 con la reducción en el recaudo, indicando que el impuesto de industria y comercio es sensible a la dinámica del precio internacional del petróleo. Distinto a lo que sucede con el recaudo del impuesto predial que si bien presenta un comportamiento ascendente, la relación no es evidente entre el precio del barril de petróleo y el recaudo. Sin embargo, puede decirse que si puede existir un efecto viendo la caída entre el año 2008 y 2009 como ejemplo, el recaudo del impuesto predial también mostró una leve disminución.

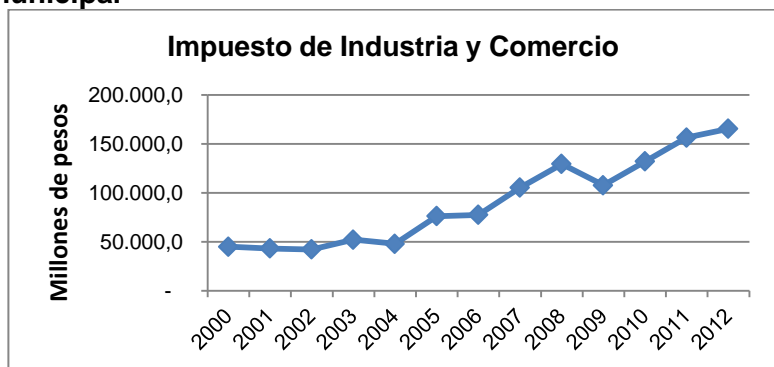
La normatividad restringe el recaudo del impuesto predial, lo que no sucede con el impuesto de industria y comercio. Por tal razón, el impuesto de industria y comercio es sensible al comportamiento del precio internacional del barril de petróleo, pero no sucede lo mismo con el impuesto predial.

La comparación de la variación entre la tributación y los precios del petróleo no son indicios contundentes de si existe o no una influencia del desarrollo de la industria sobre el precio del suelo, pero si son evidencia de la importancia que tiene el sector y como puede llegar a influir sobre el precio y la dinámica espacial de la distribución de los usos del suelo en el municipio.

Para comprobar el efecto de la industria petrolera en el mercado inmobiliario, ya identificado mediante la relación entre los recaudos y las cifras de población, y también en la distribución de los precios y los usos del suelo; la investigación continua con otra aproximación, esta vez mediante hechos estilizados pero vinculando variables prediales. Esto con el fin de verificar si el crecimiento predial de Barrancabermeja se debe al desarrollo industrial y como se diferencia de los otros grupos analizados (Bucaramanga y municipios del resto del departamento). Al comprobarse lo anteriormente expuesto se puede afirmar que los usos del suelo en el municipio estarían sometidos a las disposiciones de las actividades económicas relacionadas con el petróleo y este efecto se reafirma con el análisis espacial y el modelo de precios hedónicos que se verá posteriormente. En ese sentido, si los precios hedónicos permiten establecer la relación existente entre el precio de mercado y las características diferenciadas de un bien, la aproximación antes mencionada permite establecer que hay un efecto de la industria sobre el mercado inmobiliario y este efecto se puede evaluar mediante la caracterización diferenciada de los predios, aquellos localizados en zonas con actividad petrolera, y de qué forma, estas características condicionan el precio de mercado de estos predios.

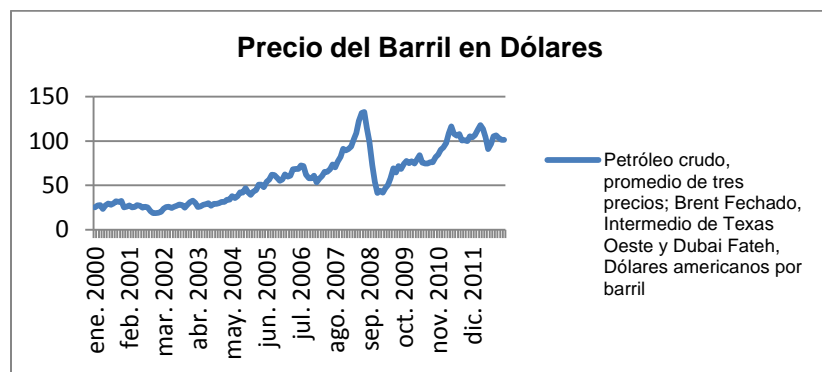


**Figura 2-6 Serie de impuesto de industria y comercio municipal**



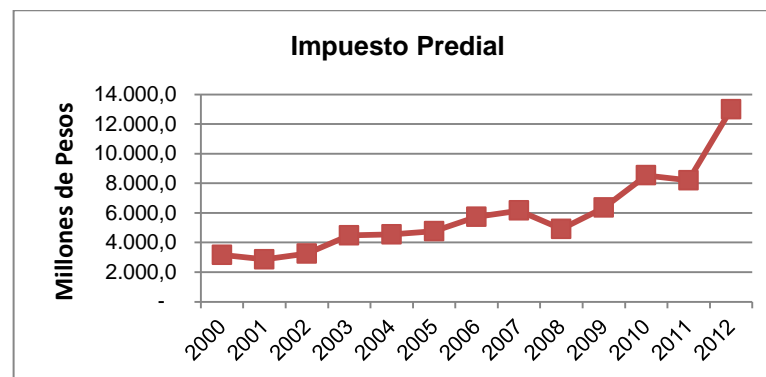
Fuente: Elaboración propia a partir de series anuales tomadas del DNP

**Figura 2-7 Serie del precio del petróleo 2000-2012**



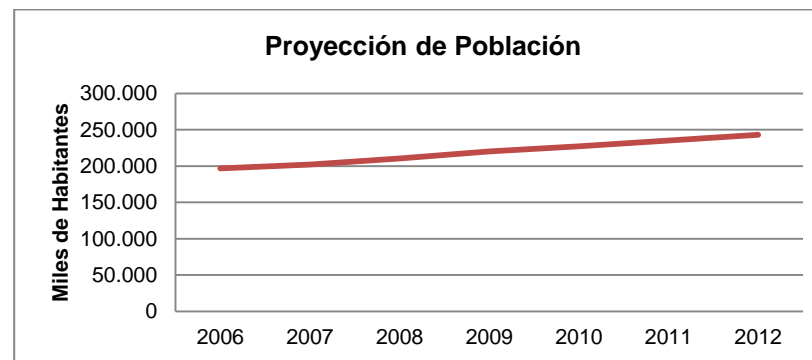
Fuente: Elaboración propia a partir de datos tomados de <http://www.indexmundi.com/>

**Figura 2-8 Serie de impuesto predial para el municipio de Barrancabermeja**



Fuente: Elaboración propia a partir de series anuales tomadas del DNP

**Figura 2-9. Proyección de la Población**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Documento de seguimiento y evaluación del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Barrancabermeja desde el enfoque poblacional.

### **2.2.3 Implicación de las actividades industriales para los valores de la propiedad**

La presente sección inicia con un análisis sobre el efecto en los valores de la propiedad de las actividades industriales, el cual parte de datos generales extraídos para el departamento de Santander, para el municipio de Barrancabermeja, la capital del departamento Bucaramanga, y los demás municipios del departamento, de la misma forma que se presentaron los alcances del sector en el anterior capítulo. División realizada con el fin de enfocar el análisis en el municipio objeto de estudio, examinar las tendencias de los datos y mostrar cómo la actividad petrolera está relacionada con el mercado inmobiliario.

#### **2.2.3.1 Impacto del desarrollo industrial en el sector inmobiliario**

Para comenzar a establecer una relación entre el sector inmobiliario y la industria del petróleo se seleccionaron algunas variables como *proxys* para probar de qué forma la dinámica petrolera incide en el mercado inmobiliario. Con el fin corroborar lo anteriormente expuesto, se presenta a continuación un análisis de hechos estilizados, donde se proponen dos grupos de modelos: el primer grupo tiene como variable respuesta el recaudo del impuesto predial; y el segundo grupo tiene como variable dependiente el recaudo del impuesto de industria y comercio. Como variables respuesta para los dos modelos se utilizaron variables independientes generales divididas en rurales y urbanas.

Este análisis permite también examinar las repercusiones del desarrollo de la industria sobre la renta del suelo mediante la aproximación de dos variables dependientes, el impuesto predial y el impuesto de industria y comercio, mediante el uso de datos longitudinales para tres grupos diferenciados:

A = municipio de Barrancabermeja

B = ciudad de Bucaramanga

C= municipios restantes del departamento de Santander

Con una variación temporal de 13 años (2000-2012) correspondiente al periodo de estudio.

Las variables prediales (número de predios, área rural y urbana, y área construida rural y urbana) fueron extraídas de la base de datos IGAC<sup>6</sup>.

PZR= número de predios rurales.

APZR= área rural del municipio en Ha

CZR= área construida en M<sup>2</sup> en el área rural

PZU= número de predios en el área urbana

APZU= área urbana en el municipio en Ha

CZU= área construida en M<sup>2</sup> en el área rural

El recaudo predial y el de industria y comercio fueron tomados de la base de datos del Departamento Nacional de Planeación (DNP)<sup>7</sup>. Las cifras de ambos tributos están expresadas en millones de pesos a precios corrientes.

PREDIAL= recaudo del impuesto predial promedio anual

ICA= recaudo del impuesto de industria y comercio promedio anual.

Fueron incluidas dentro del análisis 2 variables adicionales, la población municipal total y el precio del petróleo. Los datos de población fueron tomados del Departamento Nacional de Estadística DANE<sup>8</sup>.

POB= número en miles de habitantes.

Los precios del petróleo crudo son promediados a partir de tres precios; Brent Fechado, Intermedio de Texas Oeste y Dubai Fateh<sup>9</sup>.

PET= precio promedio anual del barril de petróleo.

---

<sup>6</sup> Datos tomados de los Anexos Nacionales Catastro IGAC 2000-2012.

<sup>7</sup> Datos tomados del Departamento nacional de planeación DNP: Ejecuciones presupuestales 2000-2012 reportadas por departamento y municipios:

<https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/Paginas/ejecuciones-presupuestales.aspx>

<sup>8</sup> Tomados de: ESTIMACIONES DE POBLACIÓN 1985 - 2005 Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN 2005 - 2020 TOTAL MUNICIPAL POR ÁREA. Actualizadas en 2011.

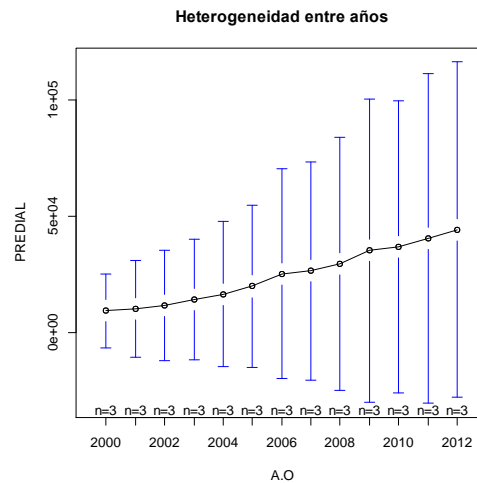
<sup>9</sup> Index Mundi: <http://www.indexmundi.com/>.

La hipótesis a probar es si existe una relación entre el recaudo predial y la incorporación de predios, el aumento del área rural y del área construida, diferenciada entre los municipios de Barrancabermeja, Bucaramanga y los restantes municipios del departamento de Santander.

### Análisis diferenciado entre el recaudo predial y variables prediales rurales

La figura 2-10 muestra la evolución de las medias a lo largo del tiempo para la variable del recaudo predial, donde se puede apreciar la tendencia creciente del recaudo. Esta gráfica agrupa el recaudo de los 3 grupos analizados, donde las variables rurales observadas cambian con el tiempo y coincide con la tendencia ascendente de la figura 2-4.

**Figura 2-10.** Evolución del recaudo predial en del 2000 al 2012



Los resultados del modelo se resumen en la tabla 2-2, solo las variables de número de predios en el área rural y el área en la zona rural son significativas, con un nivel de significancia del 0.001%. Quiere decir que para el primer modelo el recaudo predial aumenta si aumenta la incorporación de predios en el área rural y si aumenta el área rural el recaudo aumentará, es decir, hay una relación directa entre estas variables dependientes y el recaudo, excepto la variable de construcción en el área rural.

**Tabla 2-2.** Resultados análisis de datos panel Predial vs variables rurales

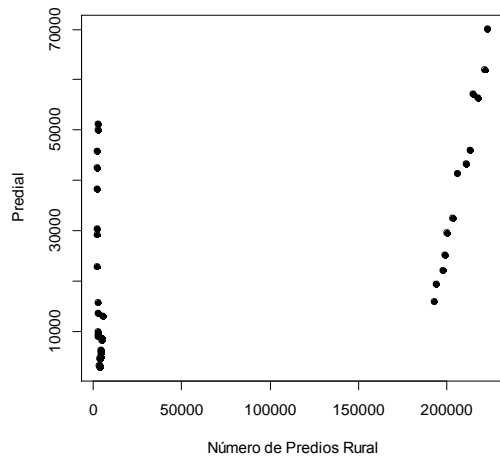
COEFICIENTES	MCO		MC_DUMMY	
Intercepto	2,00E+07	*		
PZR	2,94E+03	*	3,50E+02	

APZR	-1,72E+02	*	-1,39E+02	
CZR	-8,61E+00		1,47E+01	
Factor municipio Barrancabermeja			1,73E+07	
Factor municipio Bucaramanga			2,57E+07	*
Factor resto Santander			2,01E+08	
Número de Observaciones	39		39	
R2	0.7272		0.9188	
R2 Ajustado	0.7039		0.904	
Residuales	10720		9750	
* Indica un nivel de significancia de 0,05				

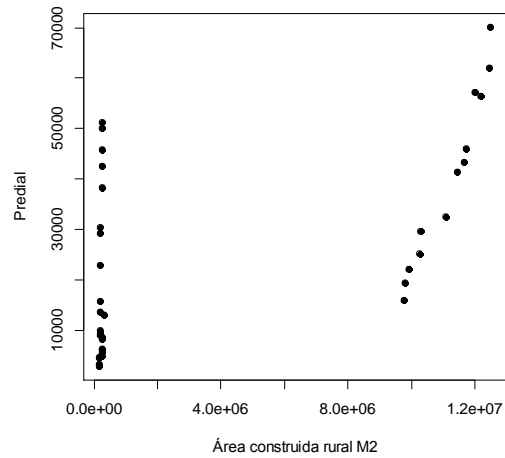
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de recaudo del DNP y datos prediales provenientes del IGAC

Otro producto del modelo de mínimos cuadrados ordinarios son los diagramas de dispersión (Figuras 2-11, 2-12 y 2-13). Estos diagramas muestran la distribución conjunta de las observaciones para las variables analizadas. Si bien el diagrama no hace la diferenciación entre grupos, la distribución de los datos en el diagrama muestra que el comportamiento de las variables es particular para cada agrupación (A, B, C), lo que concuerda con la significancia de las variables PZR y APZR. El municipio que menos predios incluyó en la distribución de predios rurales fue Bucaramanga, cuyas observaciones se localizan en la parte inferior de la figura 2-11; seguido por Barrancabermeja y después por el resto de municipios del departamento. El diagrama 2-12 muestra de manera diferenciada la distribución de observaciones del área de predios rural en hectáreas. La primera fila de observaciones corresponde a Bucaramanga, cuyo recaudo va aumentando pero la variable área rural no. Esto indica que hay un crecimiento en el área urbana que desencadena un aumento del impuesto predial; y en la última fila de observaciones del diagrama se encuentra el resto de municipios del departamento que superan a Barrancabermeja y a Bucaramanga.

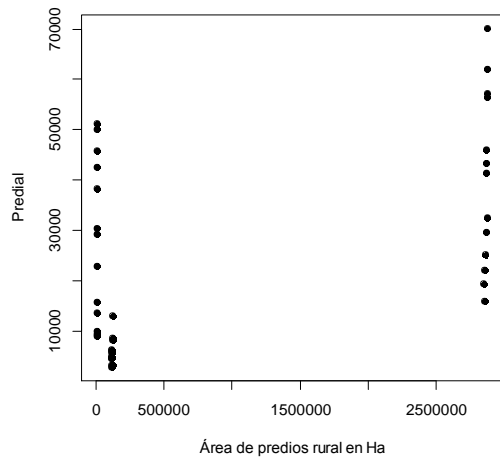
**Figura 2-11.** Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs número de predios



**Figura 2-13.** Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs área construida rural



**Figura 2-12.** Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs área predial rural



El segundo modelo analizado es el que incluye una variable *dummy* que permite separar los datos respecto a cada uno de los grupos analizados, estos resultados se encuentran también resumidos en la tabla 2-2 en la segunda columna. Este modelo tiene en cuenta el efecto de cada variable entre municipios: “agregando la variable *dummy* para cada municipio, se estima el efecto puro de cada variable independiente (mediante el control de la heterogeneidad no observada)” (Torres Reyna, 2007).

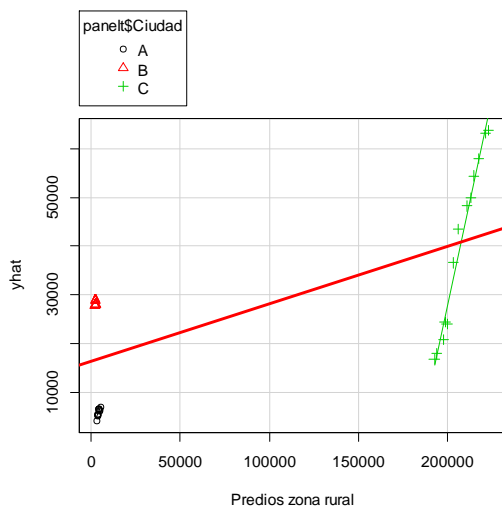
Los resultados del segundo modelo con variable *dummy*, muestran que las variables no son significativas. Quiere decir que la tendencia del recaudo no depende de la

incorporación de unidades en el área rural y permite deducir que la dinámica del impuesto tiene mayor influencia debido al desarrollo urbano en el departamento.

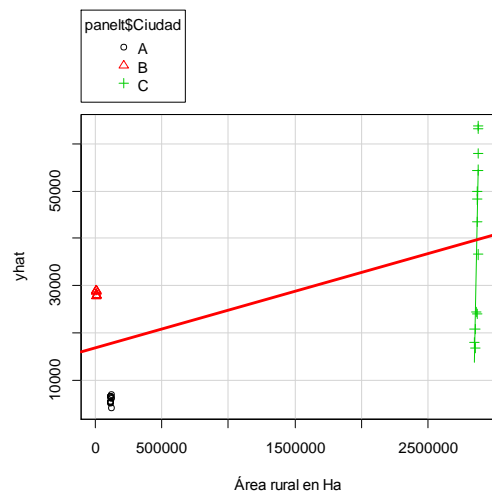
Debido a la generalidad de las variables analizadas, las variaciones de las variables independientes no se asocian entre sí (variables independientes y variable dependiente), lo que indica que este ejercicio no es completamente concluyente para afirmar que si aumenta el área (suelo, construcción o unidades), el recaudo también aumente.

Las gráficas de regresión (figuras 2-14, 2-15 y 2-16) muestran las diferencias de la variable dependiente para cada grupo (A, B y C), estas gráficas permiten ver el efecto puro de las variables con respecto a la variable respuesta (recaudo predial). Teniendo en cuenta los resultados de la regresión, se puede afirmar que no existe un efecto diferenciado entre las variables independientes sobre la dependiente para el área rural, debido a la generalidad de los datos, es decir, que no hay un efecto de las variables independientes para cada uno de los grupos seleccionados de la variable dependiente, lo cual significa que el comportamiento del impuesto predial no se explica por las variables independientes (PZR, APZR, CZR).

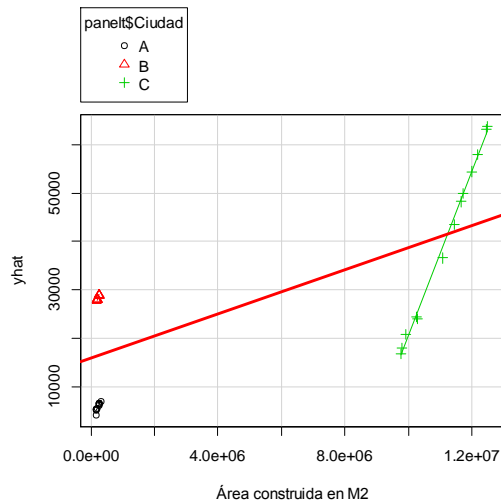
**Figura 2-14.** Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para PZR



**Figura 2-15.** Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para APZR



**Figura 2-16.** Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para CZR



Se prueba nuevamente la regresión de mínimos cuadrados, tomando solamente las variables de área rural y área construida, puesto que existe una relación entre ambas variables. Esto quiere decir que un aumento en el número de predios del área rural implica un aumento en la extensión del área rural, lo que concuerda con una reducción en el área urbana e indica que existe una relación directa entre las áreas.

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t-value	Pr(> t )
APZR	-0.1660542	0.4744002	-0.3500	0.7284756
CZR	0.0183977	0.0046706	3.9391	0.0003855 ***

Según los resultados, los p-valores prueban la hipótesis de que cada coeficiente es diferente de 0. Para rechazar lo anterior, el p-valor debe ser más bajo que 0.05 (95%, podría también seleccionarse un  $\alpha$  de 0.10). Si este es el caso, entonces se puede decir que la variable tiene una influencia significativa sobre la variable dependiente, PREDIAL. El p-valor de la variable referente a la construcción en el área rural es la única significativa y cuyo coeficiente indica que el recaudo predial aumenta en 0.0183977 millones anualmente en promedio por cada municipio cuando la construcción aumenta en un metro cuadrado.

En términos generales, los resultados reflejan que para el conjunto de los datos, el impuesto predial aumenta si aumenta el área o las unidades prediales; pero al calcular el



efecto diferenciado de cada variable por cada grupo observado (Bucaramanga, Barrancabermeja y resto de municipios) el recaudo tiene un comportamiento diferente, lo que no se ve reflejado en los resultados ya que las variables independientes resultan no ser significativas.

Quiere decir entonces, que la dinámica propia del departamento sugiere que las áreas urbanas aumentan en extensión y paulatinamente las áreas rurales se reducen, a medida que los centros urbanos se van desarrollando. Los resultados diferenciados no permiten establecer una relación discriminada para los tres grupos analizados que permita afirmar que el aumento en las variables rurales sean significativas para el recaudo predial, sin embargo cada grupo tiene un comportamiento específico, que no puede ser identificado en los anteriores resultados debido a la generalidad de los datos.

### **Análisis diferenciado entre el recaudo predial y las variables prediales urbanas**

De igual forma que con las variables rurales, se estimaron 2 modelos: uno de mínimos cuadrados ordinarios y otro de mínimos cuadrados ordinarios con variable dummy para estimar los efectos diferenciados de los grupos establecidos anteriormente (A, B, C) en las variables de análisis. Los resultados de ambos modelos se resumen en la tabla 2-3.

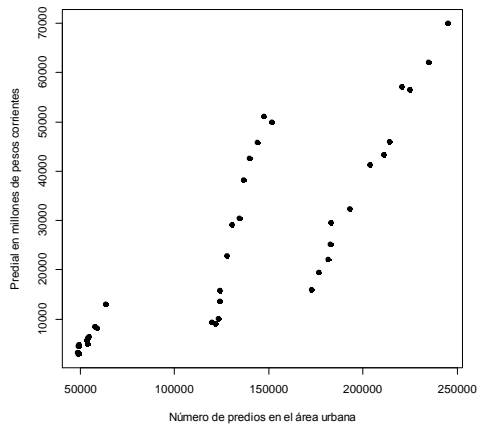
**Tabla 2-3** Comparación entre mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados con variable dummy

<b>Coefficientes</b>	<b>MCO</b>	<b>MC_DUMMY</b>
(Intercepto)		
PZU	0,57 *	0,4 *
APZU	-7,05 *	7,21 *
CZU	0	0,01 *
Factor Ciudad Barrancabermeja		-61544,25 *
Factor Ciudad Bucaramanga		-138566,19 *
Factor Ciudad Resto Santander		-204717,35 *
Numero de observaciones	39	39
R2	0,86	0,99
R2 Ajustado	0,85	0,99
Residuales	7668,52	3310,94
* indica un nivel de significancia al 0,05		

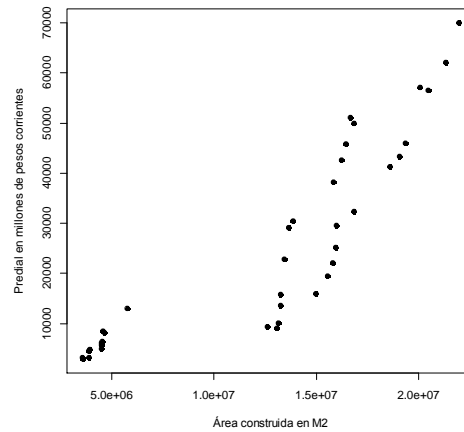
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de recaudo del DNP y datos prediales provenientes del IGAC

De acuerdo con los resultados, para el modelo de mínimos cuadrados solo las variables número de predios en el área urbana y área en la zona urbana son significativas. Los diagramas de dispersión de los mínimos cuadrados ordinarios muestran que existe una distribución diferenciada de los datos y a pesar de no encontrarse explícita dentro del modelo, claramente se ve en los tres diagramas que la dinámica urbana del municipio de Barrancabermeja no se ha desarrollado al mismo ritmo que la ciudad de Bucaramanga y el resto de municipios del departamento de Santander, pues resulta ser la más rezagada.

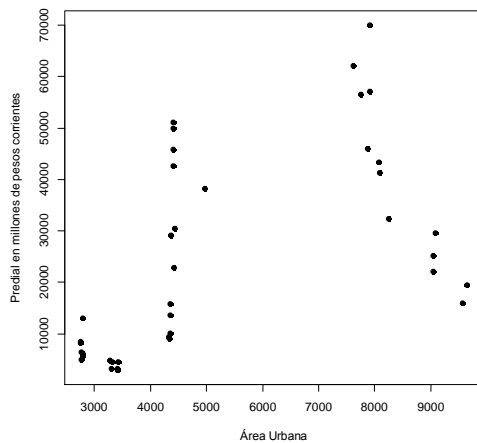
**Figura 2-17.** Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs número de predios Zona Urbana



**Figura 2-19.** Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs área construida urbana

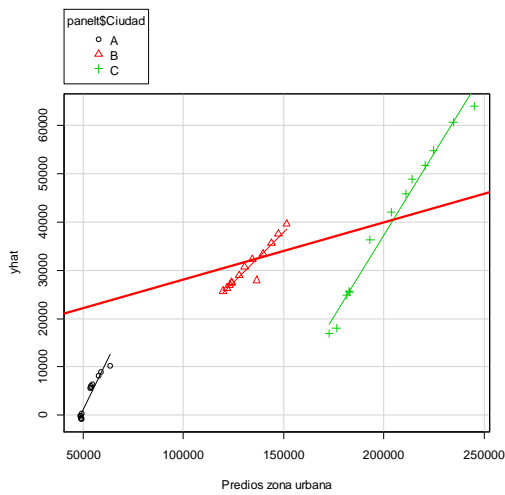


**Figura 2-18.** Diagrama de dispersión de datos diferenciados para el recaudo predial vs área urbana

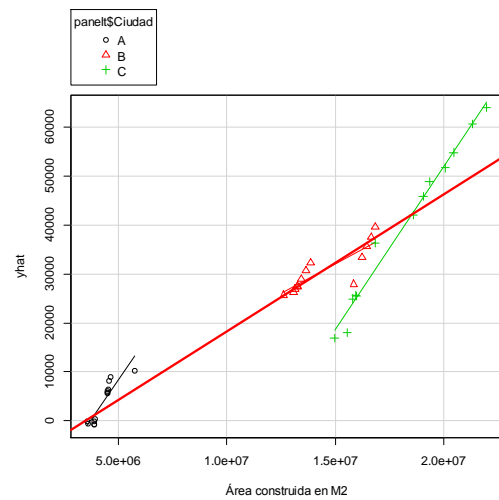


De otro lado, el resultado de la regresión de mínimos cuadrados con variable dummy muestra que todas las variables son significativas para el modelo, esto implica que los parámetros que no son significantes en el modelo de MCO, al incluir la variable dummy que diferencia cada uno de los grupos municipales A, B y C, comienzan a ser significativos. Esto conlleva a que cada variable cambia en proporción al resultado del parámetro en términos del grupo municipal y del tiempo, es decir que aumentan en el tiempo, para cada grupo de forma diferenciada. Es decir que con el tiempo las áreas urbanas del departamento van creciendo en unidades y tamaño con el paso del tiempo.

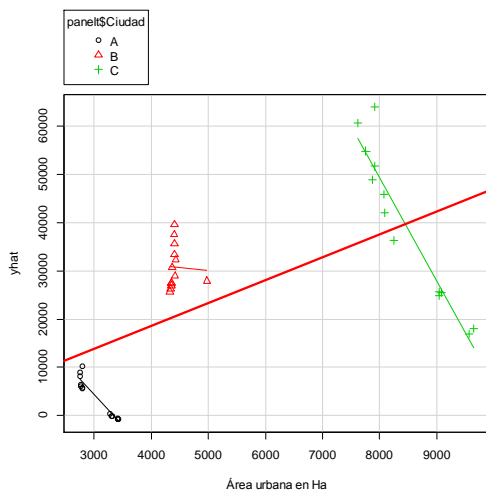
**Figura 2-20.** Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para PZU



**Figura 2-22.** Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para ACZU



**Figura 2-21.** Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para AZU



Estos resultados, junto con las gráficas, muestran la tendencia creciente positiva de las variables para los tres grupos analizados lo cual permite deducir que el comportamiento del recaudo predial en los tres grupos está ligado a la dinámica urbana y no a la rural. Mediante las gráficas se puede ver el efecto puro del comportamiento de las variables mediante el ajuste de las rectas en cada una de ellas, pues se ve el impacto creciente del recaudo donde el menor crecimiento urbano corresponde al municipio de Barrancabermeja con respecto a Bucaramanga y al resto del departamento.

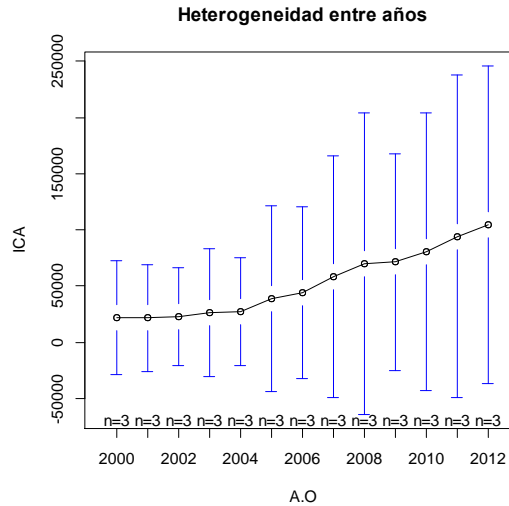
De los anteriores resultados el efecto diferenciado del impuesto predial y las variables rurales resultó no ser significativo, por el contrario las variables urbanas si fueron significativas. Esto implica el desarrollo y crecimiento de las áreas urbanas en todo el departamento de Santander. El municipio de Barrancabermeja, de los tres grupos analizados, es el de menor crecimiento urbano, pero teniendo en cuenta el análisis de las tendencias de los recaudos de la sección anterior, el recaudo predial es superior al de la capital del departamento. Puede decirse entonces que el análisis no refleja la dinámica predial en el municipio, pues para el municipio de Barrancabermeja el aumento en el recaudo tiene una influencia directa en el aumento de construcciones en el área urbana, diferente al aumento de la extensión del área rural, pues el área urbana va aumentando, pero las unidades rurales también aumentan. Este hecho puede estar asociado con la fragmentación del territorio, en el caso de Barrancabermeja como se verá en secciones posteriores, el aumento de la construcción en el área rural está relacionado con actividades industriales y agrícolas.

### **Análisis diferenciado entre el recaudo de industria y comercio y las variables prediales rurales**

Así como fue evaluado el comportamiento del recaudo predial mediante modelos de regresión de mínimos cuadrados ordinarios, se examinó el comportamiento de las mismas variables independientes, pero utilizando como variable respuesta el recaudo de industria y comercio, con el fin de comprobar si existe relación entre la actividad industrial y la dinámica predial. A continuación se presentan los resultados y se analizan como hechos estilizados, para establecer nuevamente la relación entre la industria petrolera y el mercado inmobiliario, mediante las cifras del recaudo y algunas características prediales generales. La figura 2-23 muestra la evolución del recaudo de industria y

comercio con una tendencia ascendente, pero con algunas caídas en los años 2004, 2006 y 2009.

**Figura 2-23.** Evolución del recaudo de industria y comercio en años



Los primeros dos modelos se realizan para las variables independientes relacionadas con el área rural. Los resultados se resumen en la tabla 2-4.

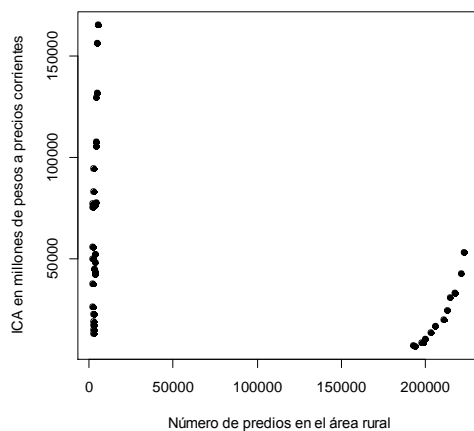
**Tabla 2-4** Comparación entre mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados con variable dummy para variables rurales

COEFICIENTES	MCO		MC_DUMMY
Intercepto			
PZR	-8,37	*	2
APZR	0,24		1
CZR	0,09	*	-0,01
Factor municipio Barrancabermeja			32047,06
Factor municipio Bucaramanga			32493,15
Factor resto Santander			-3114958,26
Número de Observaciones	39		39
R2	0,34		0,81
R2 Ajustado	0,29		0,78
Residuales	36198,78		31812,31
* Indica un nivel de significancia de 0,05			

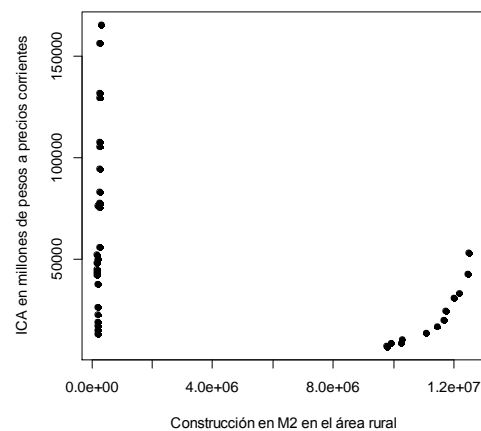
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de recaudo del DNP y datos prediales provenientes del IGAC

De acuerdo con los resultados de los mínimos cuadrados, solo las variables: de número predios en el área rural PZR y construcción en la zona rural CZR son significativas. Esto quiere decir que los resultados no reflejan el efecto diferenciado de las variables pero al ser significativas, indica que las variables PZR, CZR si tienen relación con el recaudo de industria y comercio. Como se ve en los diagramas de dispersión (figuras 2-24, 2-25 y 2-26) hay dos distribuciones, la más cercana al eje vertical (eje *y*) indica que el recaudo aumenta pero la integración de predios PZR y el tamaño área rural APZR aumentan discretamente o se mantienen. Al otro costado del diagrama, borde izquierdo, se ve un aumento menor en el recaudo junto con un aumento discreto en las áreas rurales. Los 3 diagramas permiten ver que el recaudo departamental de industria y comercio está concentrado en Bucaramanga y Barrancabermeja con respecto al resto de municipios de Santander y que la dinámica rural de las tres variables analizadas no es muy significativa. Este resultado es compatible con las gráficas de tendencia del recaudo analizadas en el apartado anterior (figura 2-3). En términos generales, indica que la dinámica de construcción en el área rural está relacionada directamente con el recaudo del impuesto de industria y comercio, lo que implica que hay un impulso en la construcción de instalaciones industriales en todo el departamento.

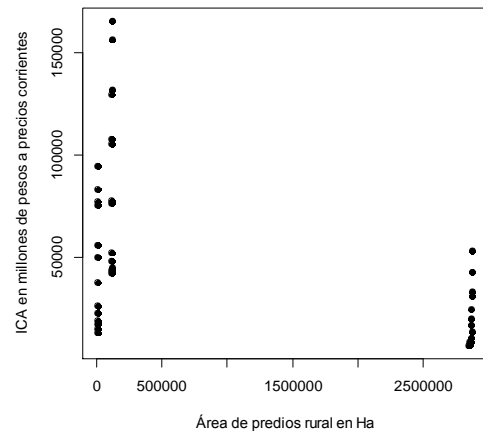
**Figura 2-24.** Diagrama de dispersión para el recaudo predial vs número de predios Zona Rural



**Figura 2-25.** Diagrama de dispersión para el recaudo predial vs número de área construida en zona rural

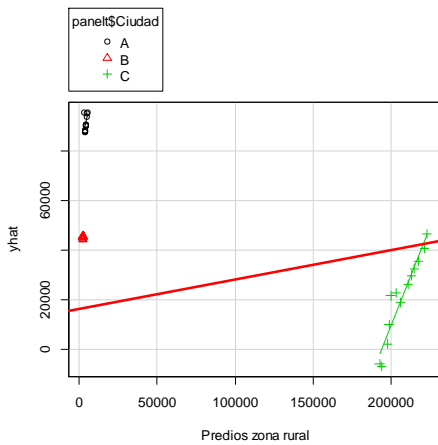


**Figura 2-26.** Diagrama de dispersión para el recaudo predial vs área de predios en Zona Rural

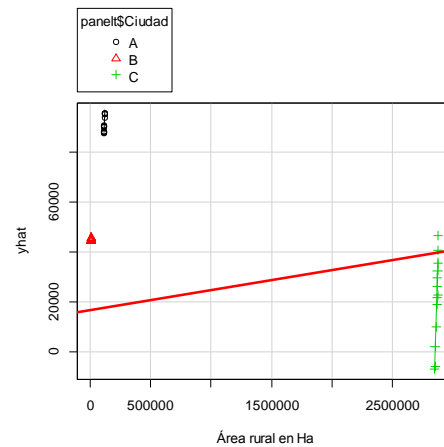


En los resultados de los mínimos cuadrados diferenciados por grupo ninguno de los coeficientes de la regresión son significativos. Lo anterior quiere decir que no hay una asociación evidente de si existen cambios entre las variables observadas (número de predios rurales, área rural y área construida) con respecto a la variable dependiente, en este caso el recaudo de industria y comercio, cuando se analiza el efecto para cada uno de los grupos analizados. Lo anterior indica que no existe una relación significativa diferenciada entre el recaudo de industria y comercio para los tres grupos establecidos, si las unidades o el área rural aumenta el valor del impuesto no varía. Implica entonces que no hay vínculo directo entre el mercado inmobiliario y el recaudo de industria y comercio.

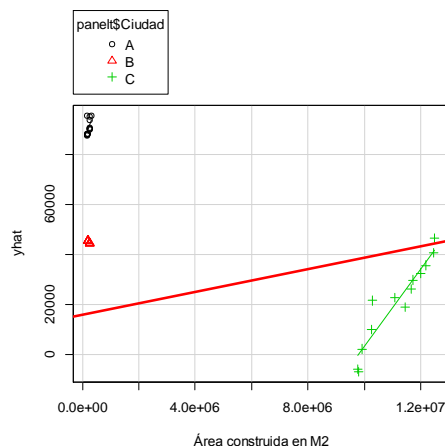
**Figura 2-27.** Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para PZR



**Figura 2-28.** Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para APZR



**Figura 2-29.** Recta de regresión de mínimos cuadrados con variable dummy para CZR



De la misma forma que para el área rural, se estimaron los modelos de mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados con variable categórica para evaluar los efectos diferenciados para las tres agrupaciones: Barrancabermeja, Bucaramanga y resto de municipios de Santander. Los resultados de ambos modelos se resumen en la tabla 2-5

**Tabla 2-5.** Comparación entre mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados con variable dummy para variables urbanas

COEFICIENTES	MCO		MC_DUMMY	
Intercepto	1,27E+08	*		
PZU	1,33E+03	*	-1,87E+03	
APZU	-2,24E+04	*	-1,14E+04	
CZU	-1,04E+01	*	2,58E+01	*
Factor municipio Barrancabermeja			1,14E+08	
Factor municipio Bucaramanga			-3,11E+07	
Factor resto Santander			2,85E+07	
Número de Observaciones	39		39	
R2	0.5087		0.8804	
R2 Ajustado	0.4666		0.8586	
Residuales	31280		25320	
* Indica un nivel de significancia de 0,05				

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de recaudo del DNP y datos prediales provenientes del IGAC



Para el modelo de MCO, acorde con los resultados todas las variables son significativas. Es decir que todas se relacionan con la variable dependiente, pero el resultado no permite ver el efecto diferenciado para cada agrupación (A, B y C). Para ver el efecto diferenciado se realiza el análisis de regresión de mínimos cuadrados ordinarios con variable dummy. Al estimar el modelo con la variable categórica, según los resultados, solamente la construcción en el área urbana es significativa para el recaudo de industria y comercio. Quiere decir que al incrementar el área construida en un metro cuadrado, en la zona urbana, el recaudo se aumentaría en 0.02584 millones de pesos.

Los resultados muestran que Barrancabermeja tiene una baja dinámica urbana con respecto a Bucaramanga y al resto de departamento. La construcción es la única variable significativa diferenciada por agrupación (A, B o C). Esto puede deberse a una creciente dinámica urbana generalizada debido a migraciones producto de las diferentes actividades industriales características del departamento, o a disposiciones propias del ordenamiento territorial de los municipios, los cuales disponen áreas rurales para el desarrollo industrial y comercial.

Debido a que el análisis se concentra en el área rural, se construyó un modelo que relaciona las variables rurales junto con las de población y petróleo. Los resultados se detallan a continuación:

**Tabla 2-6.** Comparación entre mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados con variable dummy para variables rurales, población y petróleo.

COEFICIENTES	MCO		MC_DUMMY	
Intercepto	-2,16E+07	*		
PZR	-1,14E+03	*	-3,71E+03	*
CZR	1,79E+01	*	2,93E+00	
POB	6,41E+01	*	1,58E+03	*
PET	2,66E+05		9,79E+04	*
Factor municipio Barrancabermeja			-2,84E+08	
Factor municipio Bucaramanga			-7,83E+08	
Factor resto Santander			-1,22E+09	
Número de Observaciones	39		39	
R2	0.8875		0.9888	
R2 Ajustado	0.8742		0.9864	
Residuales	31280		25320	
* Indica un nivel de significancia de 0,05				

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de recaudo del DNP y datos prediales provenientes del IGAC

Todas las variables del modelo son significativas con un p-valor menor al 0.05 (con un nivel de confianza mayor al 95%)

$B_0$ = Representa el valor promedio del recaudo predial sin que aumente el número de predios rurales, ni el área construida rural, ni la población, ni el precio promedio del petróleo. Para el caso, el valor promedio del impuesto disminuye en 0.0002162 millones de pesos.

$B_1$ = Dejando fijas las variables CZR, POB y PET por cada unidad adicional en el número de predios del área rural, el recaudo predial disminuye en 1136 millones.

$B_2$ = Fijando el valor del número de predios rurales, la población y el precio promedio del barril de petróleo, el recaudo predial es  $\beta_2$  millones de pesos mayor (o menor si  $\beta_2 < 0$ ). Por cada metro cuadrado que aumente el área rural, el recaudo aumenta 0.01791 millones de pesos.

$B_3$ = Dejando fijo el valor del número de predios rurales y el área urbana, el recaudo industria y comercio es  $\beta_3$  millones de pesos mayor (o menor si  $\beta_3 < 0$ ). Por cada mil habitantes que la población aumenta, el impuesto predial aumenta en 0.06413 millones de pesos.

$B_4$ = Fijando el valor del número de predios rurales, el área construida rural y la población el recaudo predial es  $\beta_4$  millones de pesos mayor (o menor si  $\beta_2 < 0$ ). Por cada dólar que aumente el precio promedio del barril de petróleo, el recaudo aumenta en 2.65900 millones

Las variables significativas en el modelo son el número de predios rurales, la población y el precio promedio de petróleo. Cada uno de los coeficientes calculados indica la cantidad en la que aumenta el recaudo del impuesto predial en un año, controlado por las diferencias entre municipios (A, B y C) cuando cada una se incrementa en una unidad. Quiere decir que el recaudo predial disminuye 3.713 millones de pesos anualmente si el área rural aumenta en una unidad en cada municipio. Si la población aumenta en 1000 habitantes el recaudo aumentaría en 1.157 millones de pesos al año para cada municipio. Por cada dólar que aumente el precio promedio del barril de petróleo al año, el

impuesto predial aumenta en 9.7910 millones de pesos al año. Lo anterior implica que, la dinámica inmobiliaria del departamento está sujeta al comportamiento de la población y el precio del petróleo en todo el departamento, que demuestra la importancia e incidencia de las actividades petroleras para Santander, como se vio en la sección anterior donde se revisó la tendencia de los recaudos predial y de industria y comercio.

Esta aproximación, mediante la explicación de hechos estilizados, señala que los recaudos tienen una relación en diferente medida con la actividad petrolera. Si bien, debido a la generalidad de los datos, el recaudo predial para las áreas rurales parece indicar que la actividad petrolera no tiene una importancia relevante en su comportamiento, lo cual puede estar sujeto a la normatividad que establece cada municipio para el recaudo y que el impuesto predial se estima a partir del avalúo catastral y no a partir del avalúo comercial. El tamaño del área rural para cada uno de los grupos (A, B y C) muestra que el impuesto predial tiene relación directa con la dinámica urbana, pero cada uno de los grupos tiene un crecimiento diferenciado de sus áreas urbanas, siendo Barrancabermeja el de menor desarrollo.

Por otra parte el impuesto de industria y comercio, de la misma forma que el predial, mostró no ser relevante cuando se hace el análisis diferenciado por grupos en los sectores rurales. Para las áreas urbanas, la única variable significativa fue la construcción. Esto indica que el desarrollo urbano de los tres grupos está ligado al aumento en las actividades industriales.

Debido a la influencia diferenciada de la actividad económica petrolera, vista a partir del comportamiento de los recaudos, se puede afirmar que la generalidad de los datos no permite establecer una relación directa entre la actividad petrolera y el mercado inmobiliario particularmente en las áreas rurales cuando se hacen los análisis diferenciados por grupo, pues la actividad petrolera no se desarrolla en todo el departamento y el impuesto de industria y comercio involucra no solo actividades industriales si no también comerciales. Pero los hechos estilizados si permitieron establecer una relación general, en ese sentido, el siguiente capítulo se centra en explorar la correlación entre el mercado inmobiliario y la actividad petrolera mediante la aplicación del análisis espacial y el método de precios hedónicos a nivel local en el municipio de Barrancabermeja mediante el uso de variables que relacionan la actividad

petrolera, como la presencia de infraestructuras, las características generales de las propiedades como el área y vincularlos al mercado mediante el uso de valores comerciales.

### **3. Distribución espacial y definición del precio del suelo.**

El diseño metodológico constituye una estrategia para confirmar si los precios del suelo se ven o no afectados por la presencia de actividades petroleras en el municipio. Para alcanzar este propósito, la metodología utilizada abarca la aplicación de herramientas estadísticas que permiten ver la relación entre los precios del suelo, infraestructura e instalaciones propias de la industria, a través de estadísticas descriptivas. La segunda parte corresponde al análisis espacial de los datos para observar la forma en que se distribuye el precio del suelo de acuerdo a las tendencias y la localización de la industria en el territorio y para finalizar se realizó el modelo de precios hedónicos para establecer el vínculo entre el precio del suelo y las características diferenciadas asociadas a la actividad petrolera.

#### **3.1 Variables seleccionadas para la construcción del precio del suelo y su distribución espacial en el municipio**

Los datos utilizados en este trabajo corresponden a la división predial rural del municipio de Barrancabermeja, sin tener en cuenta las áreas de expansión del área urbana. La información fue suministrada por la Oficina Municipal de Planeación del municipio de Barrancabermeja. Posterior al proceso de depuración de la información espacial, los datos utilizados fueron cruzados con los registros 1 y 2 suministrados por la oficina de planeación, y calculados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Estos registros contienen diferentes atributos tales como: área de terreno, área construida, zonas homogéneas, y valor del avalúo, entre otros. La descripción de los atributos que

fueron usados como variables se describen a continuación: las variables referentes a las características de la localización se calcularon mediante herramientas espaciales (distancias euclidianas); las variables relacionadas con la actividad petrolera incluidas en el análisis fueron tomadas de las bases de datos de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, y espacializadas mediante herramientas para uso de información geográfica. Estas variables independientes seleccionadas, se consideraron relevantes en este estudio para determinar el valor del suelo rural y corresponden a variables generales como el área de terreno, variables de localización (como las distancias a centros poblados, drenajes dobles y cercanía a ciénagas) y la norma de uso del suelo. La selección de las variables asociadas con la actividad petrolera y la incidencia que pueden tener en el precio del suelo rural, parten del supuesto que el precio del suelo está influenciado por las infraestructuras, de forma negativa o positiva, en términos de: impactos visuales, de transporte, ambientales y riesgo a la salud, entre otros. Asumiendo la hipótesis que este tipo de impactos modifican el valor del suelo, se utilizó la información disponible espacializada de instalaciones asociadas con los pozos petroleros y las tuberías que atraviesan el área rural del municipio y llegan hasta la refinería en el área urbana.

Este supuesto se sustenta en el ejercicio realizado por (Boxall, Chang, & McMillan, 2005) quienes examinaron el impacto de las instalaciones de gas y petróleo sobre los valores de la propiedad rural en la provincia de Alberta, Canadá. Donde se parte de la hipótesis que los valores de la propiedad se ven afectados de forma negativa en aquellos predios próximos a las instalaciones industriales debido a riesgos asociados a la salud y el medio ambiente entre otros.

### **Avaluó y Valor de terreno como variables respuesta para la construcción del precio del suelo en Barrancabermeja**

Para las variables dependientes se tuvieron en cuenta dos valores: el valor del avalúo reportado en el registro 1 del IGAC y el valor de terreno calculado a partir de zonas homogéneas geoeconómicas suministradas por la unidad de servicios compartidos inmobiliarios de Ecopetrol. La diferencia entre ambos valores radica en que el valor del registro 1 se utiliza con fines catastrales, mientras que los valores de las zonas homogéneas son calculados a partir de observaciones realizadas en terreno y los valores son ponderados para cada una de las zonas.

Avalúo: corresponde el valor del avalúo en pesos colombianos de los predios del área rural. Este valor fue tomado del registro 1 y corresponde al avalúo catastral de cada unidad (predio).

Valor de terreno: es el valor calculado a partir de la suma del valor de la zona homogénea para cada porción del predio.

### **Atributos del predio y condiciones locales relacionadas con la actividad petrolera para la construcción del precio del suelo**

A continuación se describen las características que fueron seleccionadas como variables dependientes para la construcción del modelo de precios hedónicos. Estos son los atributos del bien heterogéneo, objeto del modelo de los precios hedónicos. Estas cualidades de las unidades analizadas han sido agrupadas de acuerdo a la localización, variables relacionadas con la actividad económica petrolera y normatividad de uso del suelo.

### **Atributos físicos y características de localización de las unidades prediales**

Los atributos físicos de los predios hacen referencia a características de tamaño, y las características de localización se refieren a las propiedades del predio en términos de acceso y proximidad a elementos tales como centros poblados y cuerpos de agua.

#### Atributos físicos

Área de terreno: corresponde al área consignada en el registro uno asociado al polígono que delimita el predio. Se deben registrar 2 áreas: el área del registro y el área espacial, calculada por medio de un programa información geográfica (Arcgis), debido a que el área del registro no es la misma que la calculada.

Área construida: parte edificada que corresponde a la suma de las superficies de los pisos. Excluye azoteas, áreas duras sin cubrir o techar, áreas de las instalaciones mecánicas y puntos fijos, así como el área de los estacionamientos ubicados en semisótanos, sótanos y en un piso como máximo. (Catastro Bogotá, 2015)

Zona homogénea geoeconómica (ver figura A-1 anexo I. Construcción y descripción de variables): espacios geográficos determinados por Zonas Homogéneas Físicas con

valores unitarios similares en cuanto a su precio, según las condiciones del mercado inmobiliario. (Grupo Interno de Trabajo de Gestión de Procesos Catastrales. IGAC, 2010)

Corregimiento al que pertenece (ver figura A-2 anexo I. Construcción y descripción de variables): el municipio de Barrancabermeja está dividido en 6 corregimientos rurales: Corregimiento del Centro, Corregimiento de La Fortuna, Corregimiento de la Ciénaga del Opón, Corregimiento Meseta de San Rafael, Corregimiento el Llanito y Corregimiento San Rafael de Chucuri.

Distancia a centros poblados (ver figura A-3 anexo I. Construcción y descripción de variables): distancia euclidiana a los centros urbanos, del municipio de Barrancabermeja.

Densidad de vías (ver figura A-4 anexo I. Construcción y descripción de variables): se define como el número de vías por unidad de área cuyas unidades están medidas en metros por metro cuadrado.

Distancia a drenajes (ver figura A-5 anexo I. Construcción y descripción de variables): distancia euclidiana calculada a drenajes dobles y sencillos.

Distancia a ciénagas (ver figura A-6 anexo I. Construcción y descripción de variables): distancia euclidiana a ciénagas y cuerpos de agua.

### **Atributos relacionados con las actividades económicas petroleras en el área rural del municipio de Barrancabermeja**

#### Características asociadas a la intensidad de las actividades petroleras en el área rural

La intensidad se define, para el caso de estudio, como el número de instalaciones, áreas de explotación o número de áreas de influencia de instalaciones petroleras dentro de un predio.

Polígonos de Explotación (ver figura A-7 anexo I. Construcción y descripción de variables): esta variable hace referencia a si el predio está, dentro o una parte de su extensión, dentro de uno de los campos de explotación de petróleo.

Número de pozos dentro de la propiedad (ver figura A-8 anexo I. Construcción y descripción de variables): la información de los pozos fue obtenida de la Agencia Nacional de Hidrocarburos y clasificada con respecto a la localización dentro del municipio, y si el pozo es o no de producción.



Número de tuberías y ductos dentro del predio (ver figura A-9 anexo I. Construcción y descripción de variables): debido a la localización de la refinería en el área urbana de Barrancabermeja, diferentes tipos de ductos atraviesan el área rural del municipio. Esta variable hace mención al número de tuberías que atraviesan a un mismo predio.

#### Características asociadas a la proximidad a las actividades petroleras en el área rural

Para esta investigación, la proximidad está asociada a las áreas de influencia de cada generada por cada una de las instalaciones utilizadas para el caso de estudio. Las áreas de influencia utilizadas están descritas por el código nacional de petróleos.

De acuerdo con el Código de Petróleos (Decreto 1053 de 1953) se deben mantener áreas de influencia para las instalaciones relacionadas con la producción de petróleo. Para este ejercicio se consideran las servidumbres para pozos en producción y para oleoductos, poliductos, y combustoleoductos. Para los pozos, la distancia está establecida por el Artículo 96 del Decreto 1053:

En los terrenos que pertenezcan a la Nación, los explotadores de petróleos de propiedad nacional o de propiedad particular, tendrán el derecho de uso superficiario para el ejercicio de la servidumbre o de oleoductos en una zona de treinta (30) metros de ancho a cada lado de la línea principal o de los ramales y líneas de conexión, así como de las áreas necesarias para las dependencias o accesorios del oleoducto, como edificios, estaciones de bombeo, muelles, embarcaderos, etc.” (Presidencia de la República de Colombia, 2015)

Las servidumbres para pozos quedan establecidas por el Artículo 26 del mismo Decreto:

Se entiende que la superficie encerrada dentro de los límites de un contrato de exploración y explotación podrá ser objeto de las aplicaciones que contemplan las leyes sobre baldíos, en cuanto no se estorbe el ejercicio de las servidumbres establecidas a favor de la industria del petróleo, de que trata el artículo 9º. de este Código; y que respecto de cultivadores o colonos establecidos con anterioridad al contrato o a la apertura de los pozos, el contratista deberá pagarles previamente en caso de que ocupe sus mejoras parcialmente para el ejercicio de tales servidumbres, la indemnización de que trata el Código de Minas vigente. Si la ocupación es total, se aplicará lo dispuesto en el artículo 4º del presente Código.

El gobierno, en cada caso de acuerdo con las necesidades de la industria del petróleo, determinará con el contratista el área que no podrá ser ocupada sino con el permiso de este último, pero en ningún caso se ocupará sin el consentimiento del contratista un área de quinientos (500) metros de radio alrededor de los pozos e instalaciones. (Presidencia de la República de Colombia, 2015)

De acuerdo con lo anterior se incluyen las variables de proximidad para aquellos predios cuya extensión este dentro de las servidumbres para pozos o tuberías.

Servidumbre de pozos (ver figura A-10 anexo I. Construcción y descripción de variables): se refiere al número de servidumbres que atraviesan o cruzan parcialmente un predio.

Servidumbre de Tuberías (ver figura A-11 anexo I. Construcción y descripción de variables): es el número de servidumbres de pozos que están dentro o parcialmente en un predio.

### **Atributos asociados a la norma de uso del suelo rural en el municipio de Barrancabermeja.**

El uso de suelo rural está estipulado en el Acuerdo 018 de agosto de 2002, en el Artículo 195 del subtitulo II (USOS DEL SUELO RURAL) dice: Los usos del suelo rural se reglamentan a partir de la Zonificación ambiental, de manera consecuente con sus potencialidades y la significancia ambiental para el territorio.

Quiere decir entonces que la zonificación de los usos del suelo está establecida a partir de la zonificación ambiental y tomando como base estas categorías, el territorio restante se distribuye en otros regímenes de uso del suelo. La zonificación ambiental tiene las siguientes categorías:

- Áreas forestales protectoras.
- Áreas forestales protectoras – productoras
- Áreas de interés público e importancia ambiental para el abastecimiento del recurso hídrico.
- Revegetalización de áreas improductivas.

El Artículo 197 del mismo subtítulo clasifica las demás categorías de la siguiente manera:

- Parcelaciones rurales con fines de construcción de vivienda campestre.
- Áreas agropecuarias
- Áreas susceptibles de actividad minera y de hidrocarburos
- Áreas de restauración morfológica
- Áreas de actividad industrial
- Suelo suburbano
- Áreas de recreación

De este modo la variable de norma de uso del suelo es de tipo categórica, con 11 niveles.

**Tabla 3-1** Variables utilizadas para el modelo de precios hedónicos y para la regresión espacial geográfica ponderada

GRUPO	NOMBRE VARIABLE	SIGLA	DESCRIPCIÓN	TIPO
<i>Localización</i>	Área de Terreno	AT		Continua
	Área Construida	AC		Continua
	Zona Homogénea Física	ZHF		Categórica
	Zona Homogénea Geoeconómica	ZHG		Categórica
	Corregimiento	C		Categórica
	Distancia Centros Poblados	DCP		Continua
	Densidad de vías	DV		Continua
	Distancia a drenajes	DD		Continua
	Distancia a ciénagas	DCCA		Continua
Petróleo	Polígonos de Explotación	PEX		Si/no
	Numero de Pozos	NPZ		Continua
	Numero de Tuberías	NTB		Continua
	Servidumbre Pozos	SPZ		Continua

	Servidumbre Tuberías	STB		Continua
Normatividad	Norma de uso del suelo	NUS		Dummy

Fuente: Elaboración propia

## 3.2 Descripción y análisis exploratorio de las unidades prediales en términos físicos, de localización y la actividad petrolera

La estadística descriptiva es la fase de descripción, organización, síntesis y análisis de la información de interés; es una fase de recolección y organización de información para su examen cuidadoso (Virtual Unal, 2014). De otro lado, El Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), en palabras de Anselin (2015), puede definirse como el conjunto de técnicas que: describen y visualizan distribuciones espaciales, identifican puntos atípicos espaciales (*spatial outliers*), descubren esquemas de asociación espacial, visualizan agrupamientos (clusters) o puntos calientes (*hot spots*) y sugieren estructuras espaciales u otras formas de heterogeneidad espacial. Por tanto, estos métodos tienen un carácter descriptivo, aunque la detección de estructuras espaciales en las variables geográficas hace posible la formulación de hipótesis para la modelación econométrica y posible predicción espacial (Rodríguez Castillo, Modelar la Concentración de la Tierra en Colombia Mediante Modelos Econométricos Espaciales, 2010).

### 3.2.1 Análisis Exploratorio

El primer análisis a los datos se realiza con el fin de examinar la distribución de los valores de cada variable para todo el municipio mediante histogramas, estadísticas descriptivas y distribución de outliers, utilizando como variable dependiente el avalúo (AV) del registro 1 del IGAC y cada una de las variables independientes. Parte del análisis exploratorio se hace en Geoda™<sup>10</sup> y otra parte es realizada en Excel, específicamente las variables categóricas, debido a que las herramientas de Geoda solamente funcionan para variables continuas.

---

<sup>10</sup> Geoda es un software libre que sirve como introducción al análisis espacial, diseñado para implementar técnicas para el análisis exploratorio de datos espaciales tales como las estadísticas de correlación espacial y también funcionalidades básicas de regresión espacial. (Anselin, GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation, 2015)

### **3.2.1.1 Descripción de variables**

Las estadísticas descriptivas calculadas en este apartado, son medidas de tendencia central y de dispersión para observar la distribución de las variables y describir el comportamiento de cada una de ellas. El resumen de estadísticas descriptivas y el análisis exploratorio de datos fueron realizados para todas las variables, producto de la revisión de datos suministrados por la Oficina de Planeación Municipal de Barrancabermeja, y para todos los predios del área rural del municipio excepto para los predios pertenecientes al área de expansión urbana del municipio. La base de datos con la que fue calculada la estadística está compuesta por 3180 predios que hacen parte del área rural de Barrancabermeja.

El primer análisis se realiza con el fin de examinar la distribución de los datos para todo el municipio mediante histogramas, estadísticas descriptivas y distribución de outliers utilizando como variable dependiente el avalúo (AV) del registro uno del IGAC y cada una de las variables independientes descritas anteriormente. El análisis exploratorio es realizado con el fin de identificar la distribución de las diferentes características de los datos como su disposición en el espacio y constatar la forma en que la actividad económica ha condicionado la distribución del suelo en el municipio.

Como se mencionó en la descripción de las variables, estas se agruparon en términos de localización, petróleo y normatividad. De la misma forma en que fueron asociadas se explicarán las estadísticas descriptivas. En este apartado solo se presentan las estadísticas de las variables continuas. El detalle de las estadísticas descriptivas e histogramas graficados, se puede ver en el anexo B.

#### **Estadísticas descriptivas del Avalúo del predio**

El valor promedio del avalúo catastral es de 22.242.109 mientras que el valor más frecuente es de 1.889.000 pesos. En el caso de la mediana (4.968.500) el valor difiere sustancialmente de la media, lo cual indica que el valor promedio está fuertemente afectado por valores extremos, como se vio en la distribución de los predios en los histogramas, donde se evidencia que existen observaciones al norte del municipio cuyos valores exceden de sobremanera el promedio. Igualmente se verá más adelante el efecto de los atípicos cuando se analicen los mapas de distribución espacial del avalúo. Para este caso la mediana sería una medida de tendencia central más apropiada (4.968.500).

En cuanto a las medidas de dispersión esta la varianza, definida como el promedio del cuadrado de las distancias entre cada observación y la media del conjunto de las observaciones (Canavos, 1988), en mayor medida que la media, la varianza del avalúo se afecta principalmente por la presencia de valores extremos; como puede observarse en la tabla B-1 (ver anexo II, tabla B-1), la varianza de la muestra es de  $4.49988E+15$ ; si analizamos la desviación estándar del valor del avalúo catastral, varía con respecto a la media en promedio 67081155 millones de pesos.

### **Estadísticas descriptivas para los atributos del predio y condiciones locales relacionadas con la actividad petrolera para la construcción del precio del suelo**

Las variables de localización que relacionan el tamaño del predio muestran una gran diferencia en términos de área, tanto construida como de terreno. El área de terreno reportada en la en el registro 1, AT (ver anexo II, tabla B-2), muestra como área promedio  $368840.829 \text{ m}^2$ , teniendo en cuenta que los valores del área reportada son heterogéneos y que difiere sustancialmente del valor de la mediana (62500). Esta diferencia es prueba de la presencia de valores atípicos correspondientes a predios de gran extensión con respecto a predios con áreas por debajo de la hectárea que hacen que el promedio no sea la medida de tendencia central más apropiada. De la misma forma, la variable de las áreas calculadas AT tiene un comportamiento similar en términos de promedio el cual difiere sustancialmente del valor de la mediana al estar fuertemente influenciado por valores extremos. En esos términos, el valor más adecuado, el de la mediana, expone que el área de terreno calculada más aproximada al valor central es de  $64101,74 \text{ m}^2$ . Las medidas de tendencia central para el área construida (ver anexo II, tabla B-5), solo presentan un valor promedio de área construida de  $52,17 \text{ m}^2$ .

Las medidas de dispersión para las variables de tamaño indican que la variación de la desviación estándar de la variable AT con respecto a la media, es en promedio, de  $953362.3 \text{ m}^2$ . La desviación del área de terreno calculada es de  $1005367.934$ . Las medidas de estas variables sugieren heterogeneidad en los datos pues los valores se encuentran muy alejados del valor promedio de cada una de las variables.

Las variables de distancia a centros poblados, densidad de vías, distancia a drenajes dobles y distancia a cuerpos de agua y ciénagas son variables calculadas en función a la distancia euclidiana a cada uno de los elementos y los resultados de las estadísticas descriptivas reflejan este comportamiento donde existen un promedio de la distancia a

cada uno de los elementos analizados (centros poblados, vías, drenajes y cuerpos de agua) pero la moda es de 0 y el mínimo corresponde a la mínima distancia lo que indica que a medida que se aleja del elemento la distancia aumenta y no hay un dato que se mas se repita.

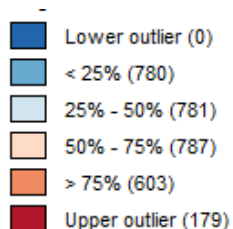
### **Estadísticas descriptivas para los atributos relacionados con las actividades económicas petroleras en el área rural del municipio de Barrancabermeja**

La variable de número de pozos NPZ (ver anexo II, tabla B-10) indica que en promedio habría una proporción casi de un pozo por predio en el área rural de los predios seleccionados para el análisis en el municipio de Barrancabermeja. Sin embargo, hay que considerar que esta proporción no refleja la distribución espacial de estas instalaciones. La variable número de tuberías NTB (ver anexo II, tabla -11) presenta un promedio muy bajo; esta variable fue calculada con el número de tuberías que pasan por un predio, en ese sentido, la proporción es menor a la unidad, y quiere decir entonces que en la mayoría de predios la presencia de tuberías es de menos de la unidad. Las variables de servidumbre de pozos SPZ y servidumbres de tuberías STB (ver anexo II, tabla B-12 y tabla B-13) muestran un comportamiento similar a la de las variables NPZ Y NTB.

### **Distribución espacial de las variables físicas, de localización y relacionadas con la actividad petrolera mediante mapas de valores extremos**

Los mapas de outliers permiten ver la manera en que se distribuye cada una de las variables y permite identificar mediante una escala de colores cuáles de las entidades analizadas están dentro o fuera de los límites. Los mapas de outliers se basan en la misma metodología que los diagramas de caja y pueden ser utilizados para detectar datos atípicos mediante un mapa de percentiles. Los valores de la leyenda del mapa (ver figura 19) se dividen en 6 categorías fijas: cuatro cuartiles (1-25%, 25-50%, 50-75%, and 75-100%), además de 2 categorías de valores atípicos en el extremo alto y bajo de la distribución. Los valores son clasificados como atípicos si son 3.0 veces mayor que el rango intercuartil IQR. IQR es la diferencia entre el percentil 75 (Q3) y el percentil 25 (Q1) o Q3-Q1 en el que se describe el rango de la media de la distribución desde el 25% de los valores de los valores que están por encima del rango intercuartil y 25% debajo de ella. (Center, 2015) .



**Figura 3-1.** Leyenda para mapas de outliers

Con cada una de las variables se produjo el mapa de outliers que permite ver espacialmente la distribución de cada variable y resalta los valores dispersos de acuerdo a la leyenda generada por Geoda.

La figura 3-2 ilustra el mapa de percentiles para la variable AV, con un total de 248 predios como observaciones atípicas en el extremo más alto de la distribución. Esto contrasta con los resultados de la figura 3-3 que muestra la distribución de los predios de acuerdo al área consignada en el registro 1 (179) y la figura 3-4 que registra las áreas de cada predio calculadas (179). Se evidencia una relación directa entre tamaño y precio, las tres figuras muestran además la concentración de predios de menor tamaño y precio en donde se concentran las actividades de explotación, se puede observar que los predios de mayor tamaño se encuentran bordeando la zona actividades petroleras. El mapa de atípicos para el área construida (figura 3-5) muestra una dispersión de los predios con mayores áreas construidas, a diferencia de las áreas de terreno que muestra los predios de gran extensión alrededor del área urbana y los predios dedicados a la actividad petrolera.

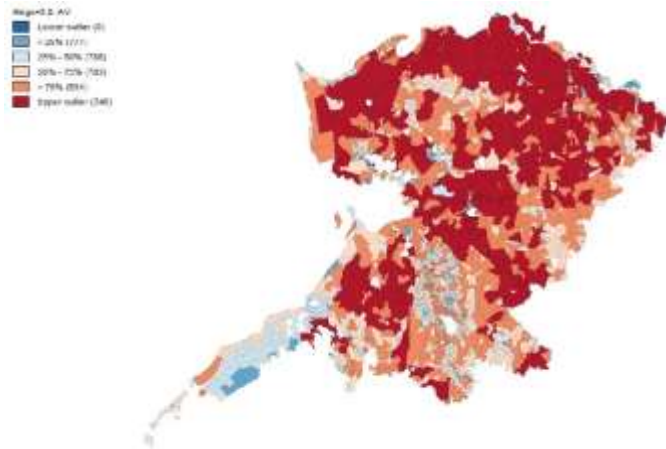
Los mapas de outliers de las variables de localización tales como distancia a centros poblados (figura 3-6), densidad de vías (figura 3-7), distancia a drenajes dobles (figura 3-8) y distancia a cuerpos de agua (figura 3-9) no presentan valores atípicos o fuera del rango intercuartil, y cada mapa muestra la distribución de acuerdo a la distancia a cada uno de los elementos que se tuvieron en cuenta para el cálculo de cada variable.

En cuanto a las variables relacionadas con la actividad petrolera, las que se relacionan con los pozos, número de pozos y las servidumbres de los pozos; ambos mapas (figura 3-10 y figura 3-12) muestran como datos atípicos a aquellos predios con altas concentraciones de instalaciones de pozos. Como es evidente en los dos mapas, en la parte central del municipio donde se localizan los predios de menor tamaño se concentra

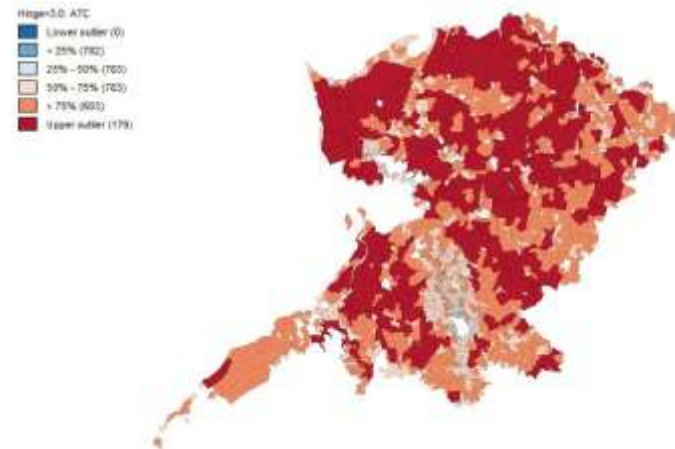
la mayor parte de pozos, sin embargo, en la parte norte los valores atípicos corresponden a predios de gran extensión .

Las variables definidas a partir de tuberías, como número de tuberías NTB y número de servidumbres STB muestran una distribución similar, en este caso datos atípicos son aquellos predios donde hay presencia de este tipo de instalaciones (figura 3-11 y 3-13).

**Figura 3-2.** Mapa de Outliers de AV



**Figura 3-4.** Mapa de outliers de ATC

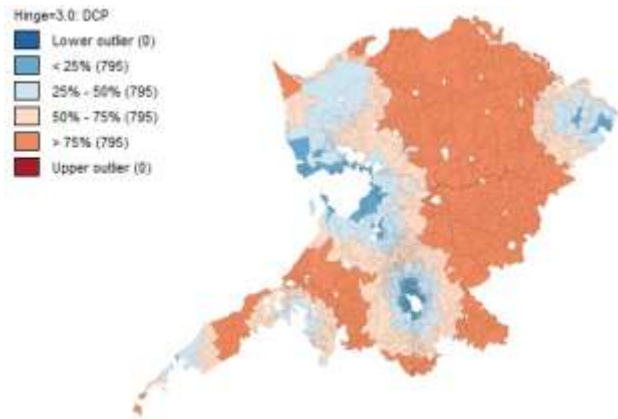
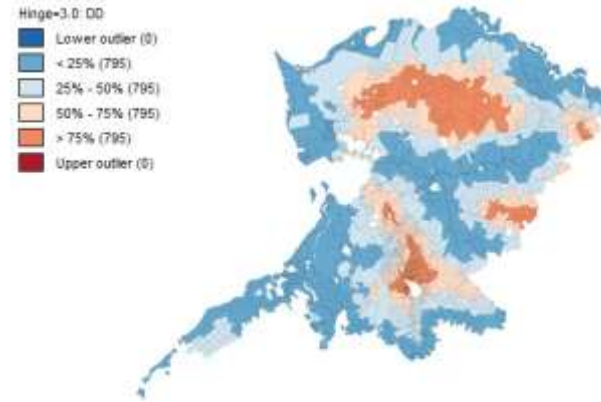
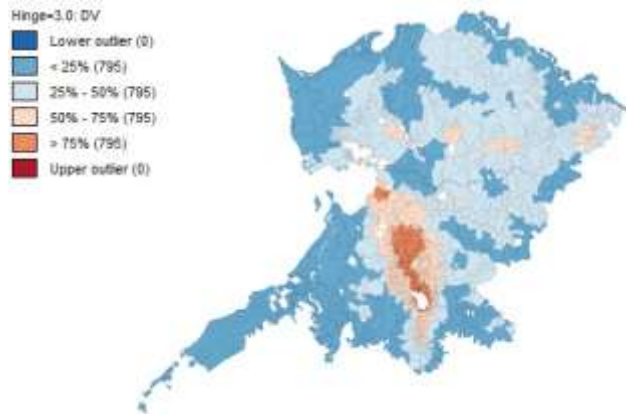
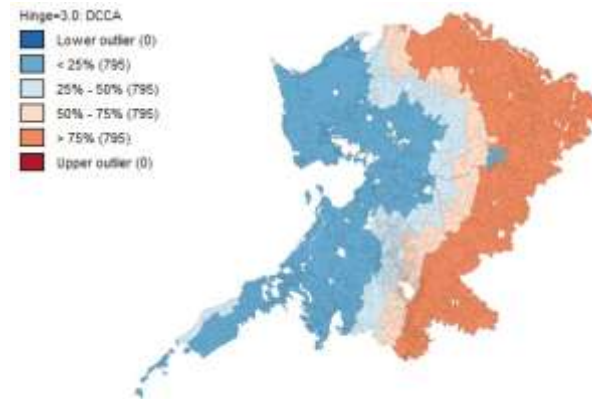


**Figura 3-3.** Mapa de Outliers de AT

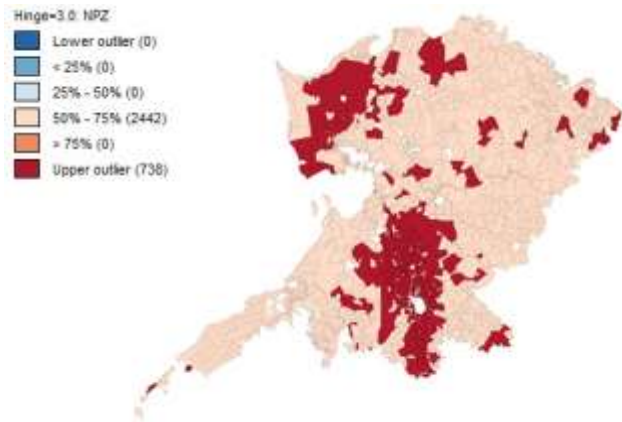


**Figura 3-5.** Mapa de outliers de AC

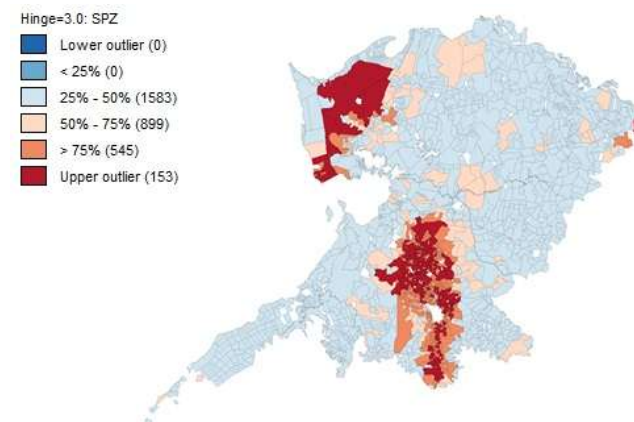


**Figura 3-6.** Mapa de outliers DCP**Figura 3-8.** Mapa de outliers DD**Figura 3-7.** Mapa de outliers DV**Figura 3-9.** Mapa de outliers DCCA

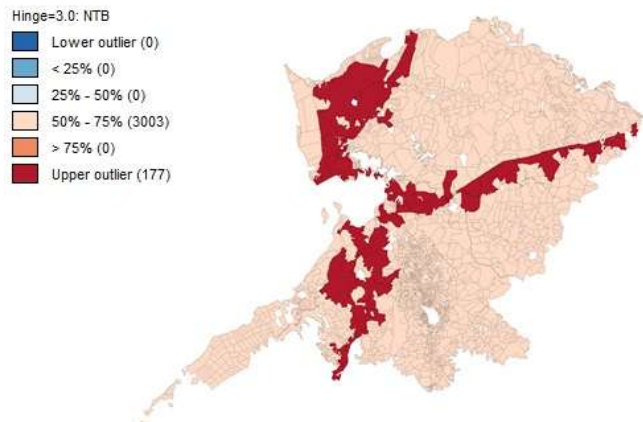
**Figura 3-10.** Mapa de outliers NPZ



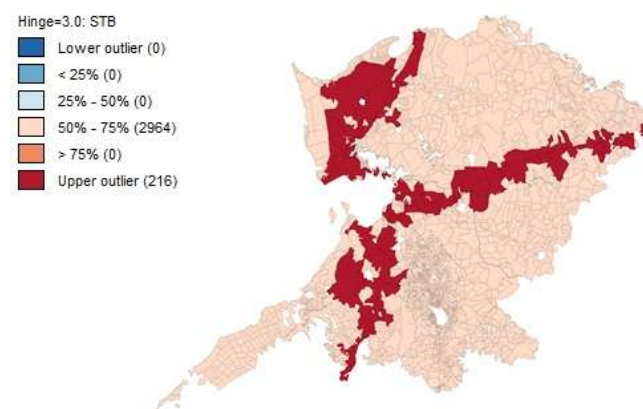
**Figura 3-12.** Mapa de outliers SPZ



**Figura 3-11.** Mapa de outliers NTB



**Figura 3-13.** Mapa de outliers STB



### **3.2.1.2 Asociación espacial de las variables observadas para la construcción de los precios hedónicos**

Según (Goodchild, 1987), la autocorrelación espacial permite entender el grado en el cual un objeto o una actividad son similares a otros objetos o actividades cercanas dentro de una misma unidad geográfica. La autocorrelación espacial puede definirse como la relación entre los valores de una variable que proviene de la disposición geográfica de las áreas en las que se producen estos valores. Se mide la similitud de los objetos dentro de un área y el grado en que un fenómeno espacial se correlaciona a sí mismo en el espacio. (Cliff & Ord, 1983).

Este análisis se realizó con el fin de identificar patrones de asociación espacial de cada una de las variables observadas para evaluar si el valor observado de una variable es similar o independiente de los valores que lo rodean, por ejemplo para establecer si los predios con instalaciones o cercanos a ellas tienen un patrón de asociación espacial particular.

El análisis de correlación espacial fue realizado para una selección de predios localizados en los corregimientos del Centro, Ciénaga del Opón y La Fortuna. Esta selección corresponde con el área cubierta por la información de valores del suelo, suministrada por la unidad de servicios compartidos de tierras de Ecopetrol, quienes actualizan dichos datos mediante puntos de muestreo del precio del suelo y los promedian para definir zonas homogéneas de valores comerciales.

#### **Distribución de vecindades en torno a las unidades prediales mediante contigüidad espacial**

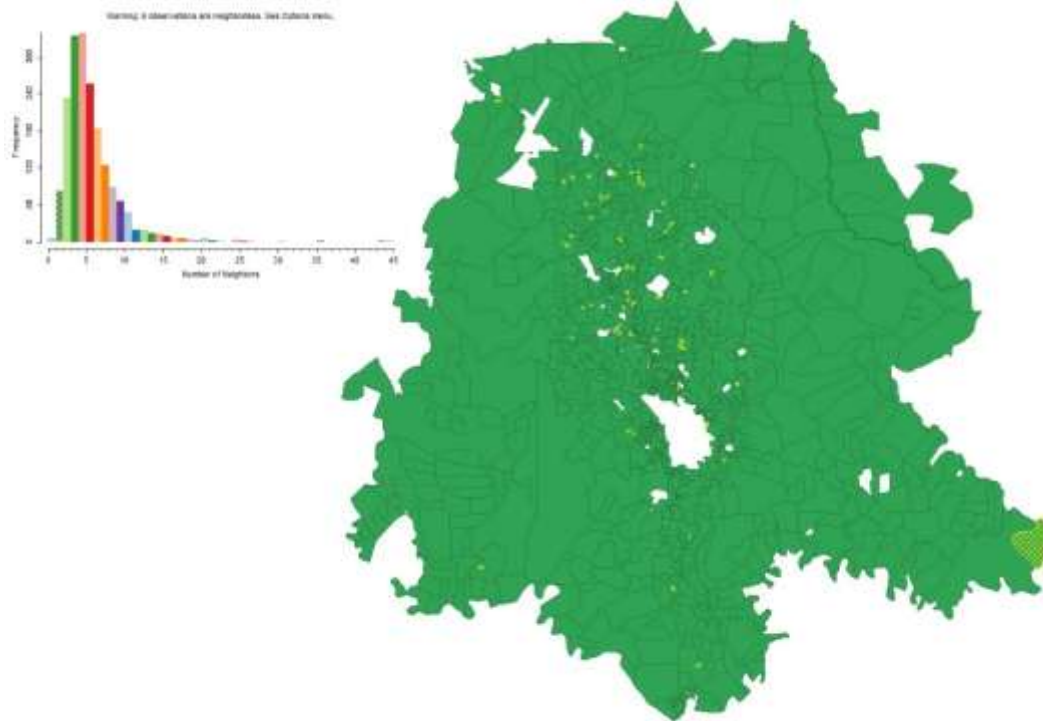
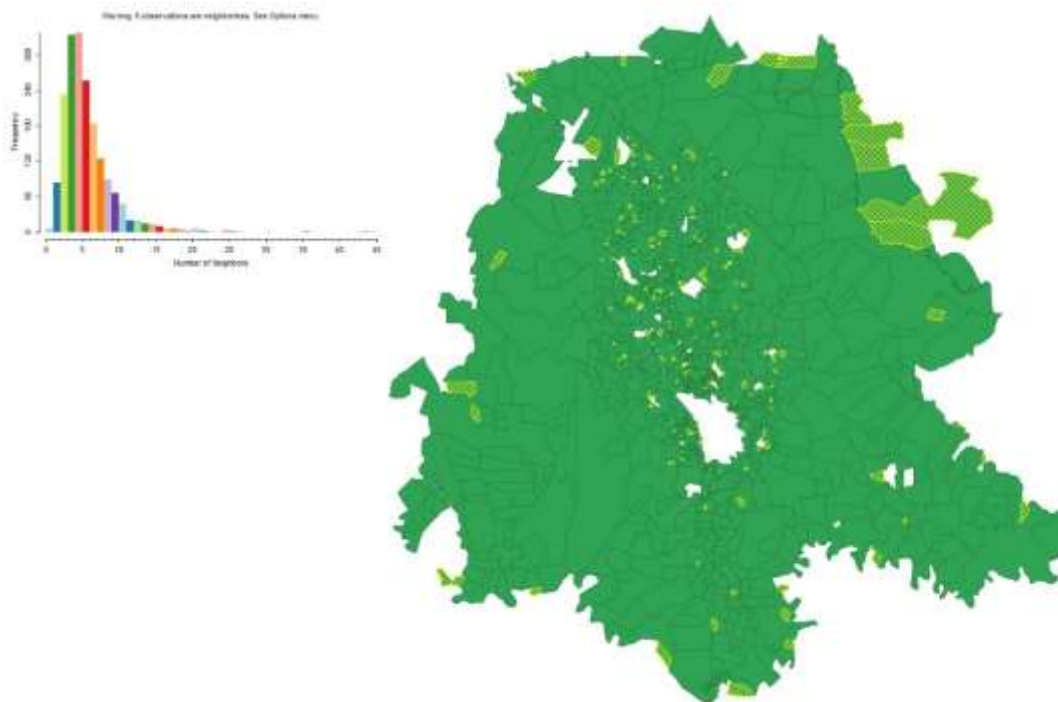
La matriz de pesos espaciales se define de la siguiente manera:

Las medidas de autocorrelación espacial tales como los índices de Moran requieren de una matriz de pesos que define una vecindad local alrededor de una unidad geográfica. El valor de cada unidad es comparado con la media ponderada de los valores de sus vecinos. Un archivo de pesos espaciales identifica los vecinos. Los pesos pueden ser contruidos basados en la contigüidad de los

límites del polígono o calculado a partir de la distancia entre puntos (Spatial structures in the social sciences, 2015).

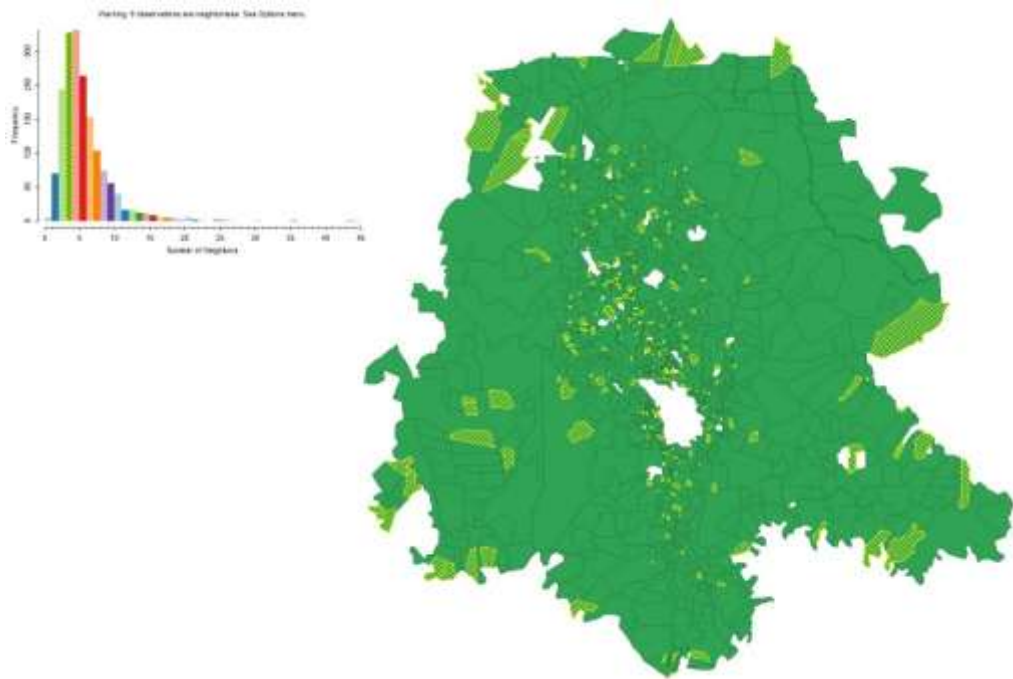
Lo que debe analizarse en estos histogramas es la presencia de islas u observaciones sin conexión o aquellas localizaciones con mayor número de vecinos (Anselin, GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation, 2015). La matriz de pesos espaciales se construyó a partir del criterio de contigüidad tipo reina, entendiéndose por contigüidad a aquellos polígonos que son seleccionados como vecinos para un polígono específico. El criterio de contigüidad de tipo reina se refiere a polígonos que se encuentran conectados entre sí por un vértice o un lado del polígono. Las figuras 3-14, 3-15, 3-16 y 3-17 resumen la distribución de los pesos espaciales obtenidos para la muestra de datos del análisis mediante un histograma de contigüidad. Existe en la muestra 6 observaciones aisladas, es decir, que no se encuentran conectadas. Tal es el caso de las islas de los ríos o ciénagas que debido a límites físicos no están conectados pero se encuentran registradas como un predio. La figura 3-14 muestra 84 predios con 1 a 2 vecinos, la figura 3-15 muestra aquellos predios con 2 a 3 vecinos para un total 233 predios la figura 3-16 muestra que entre 3 y 4 vecinos hay un total de 355, y 338 unidades tienen entre 4 y 5 predios vecinos, como se ve en la figura 3-17, entre ellos algunos predios de gran extensión, que sin ser los más amplios están localizados dentro de zonas de explotación. Estos predios son los que presentan mayor número de vecindades entre 30 y 45 vecindades, lo cual puede deberse a que los predios circundantes son de menor área.

Los mapas de contigüidad sirven para analizar la interdependencia espacial de cada una de las unidades analizadas, en este caso predios, teniendo en cuenta solamente la adyacencia física, sin tener en cuenta otro tipo de relaciones como las comerciales que puedan llegar a existir entre unidades no conectadas. El objeto de este análisis es ver la forma en que los predios se van fragmentando y disminuyendo su tamaño a medida que se aproximan a las áreas de explotación más importantes del municipio.

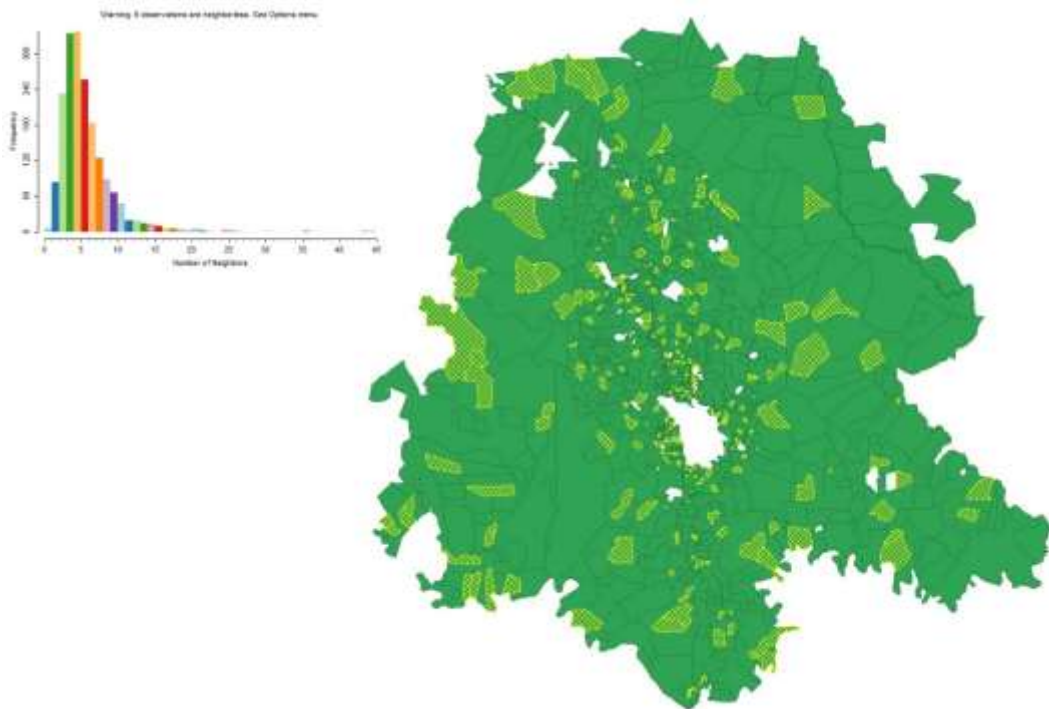
**Figura 3-14** Contigüidad de predios con 1 a 2 vecinos**Figura 3-15.** Contigüidad de predios con 2 a 3 vecinos



**Figura 3-16.** Contigüidad de predios con 3 a 4 vecinos



**Figura 3-17.** Contigüidad de predios con 4 a 5 vecinos



### 3.2.1.2.1 Análisis de Asociación espacial global entre variables observadas que inciden en el precio del suelo.

La estadística de dispersión de Moran es visualizada como la pendiente en el gráfico con la variable espacialmente rezagada sobre el eje Y, y la variable original sobre el eje X. Las variables son estandarizadas para facilitar la interpretación y categorización del tipo de autocorrelación espacial (*cluster u outlier*). (Anselin, An Introduction to Spatial Autocorrelation Analysis with GeoDa , 2015).

Hipótesis nula  $H_0$ : No autocorrelación espacial de la variable (aleatoriedad espacial)

Hipótesis alternativa:  $H_1$ : Si existe autocorrelación espacial (dependencia espacial)

La línea de ajuste de los diagramas de dispersión de Moran puede ser usada para evaluar el grado de ajuste o identificar observaciones atípicas o con alto leverage. Dos características deben identificarse en los diagramas de Moran:

- Si existe correlación espacial para probar la hipótesis (Análisis de significancia)
- El tipo de correlación, si existe, positiva o negativa.

Cuando la autocorrelación espacial es evidente (Índice de Moran  $\neq 0$ ) Getis y Ord (2001) sugieren el uso de pruebas de significancia en “búsqueda de procedimientos informales en lugar de bases formales de inferencia” Se utiliza un p-valor como criterio para definir de manera sistemática la existencia de correlación. Cada una de las gráficas en la parte superior indican el valor del índice de Moran y la tabla resume los valores de significancia y los índices de Moran.

#### Análisis de significancia

El análisis de significancia se realizó a través de la evaluación de la prueba de hipótesis. La prueba de hipótesis puede hacerse comparando el valor del estadístico Z relacionado en la tabla 3-3, o evaluando la significancia mediante el p-valor:

Si  $I > 0$  y el p-valor es  $\leq 0.001$

De acuerdo a los resultados todas las variables ahí existe correlación espacial global para todas las variables analizadas, es decir que la distribución de ATC, DCP, DV, DD, DCCA, NPZ, NTB, SPZ y STB para los predios seleccionados no es aleatoria.

**Tabla 3-2.** Resumen de valores del Índice de Moran y valores de significancia

Variable	Índice	p valor	z-value
ATC	0,4357	0,001	29,4369
DCP	0,9771	0,002	61,4457
DV	0,9794	0,001	62,3334
DD	0,9703	0,001	60,3392
DCCA	0,9909	0,001	63,2126
NPZ	0,1733	0,001	11,6659
NTB	0,5148	0,001	35,3971
SPZ	0,389	0,001	24,5498
STB	0,5192	0,001	32,00012
Valor Ha	0,7904	0,001	50,5879
Valor Total	0,4715	0,001	31,4728

Fuente: Elaboración propia mediante el software Geoda™

### Tipo de Correlación

El tipo de correlación de las observaciones con respecto a la variable analizada se expone a continuación: un diagrama de dispersión de Moran es un diagrama bivariado de la variable rezagada versus la misma variable (p ej. El área de terreno calculada vs el valor promedio del área de sus vecinos), y la línea de la pendiente ajustada en el diagrama corresponde al índice de Moran global. Los cuatro cuadrantes del diagrama indican el valor relativo de una observación a sus vecinos (New England Fishery Management Council, 2010). Este diagrama de dispersión divide el tipo de asociación espacial en cuatro categorías: dos para autocorrelación espacial positiva (valores altos de una variable, rodeados de valores altos o valores bajos rodeados de valores bajos) y dos para

autocorrelación espacial negativa (valores altos rodeados por valores bajos, y viceversa). Las categorías de asociación espacial positiva corresponden con los cuadrantes I y III, y las categorías de asociación negativa vienen dadas por los cuadrantes II y IV. (Rodríguez Castillo, 2010).

**Tabla 3-3.** Tipos de correlación espacial local

		Variable Rezagada georreferenciada (LX)	
		Alta	Baja
Variable Georreferenciada (X)	Alta	Cuadrante I: HH	Cuadrante IV: HL
	Baja	Cuadrante II: LH	Cuadrante III: LL

Fuente: Curso de Econometría espacial Universidad de Kosfeld. Prof. Dr. R. Kosfeld.

Solo fueron analizados en detalle los diagramas de dispersión de las variables relevantes para la investigación ATC, NPZ, NTB, SPZ, STB. Los diagramas de dispersión de las variables de localización con respecto a los centros poblados DCP (figura 3-19), DD (Figura 3-21) y DCCA (Figura 3-22) muestran una correlación espacial positiva que van de una alta concentración de predios con valores altos de la variable, y va disminuyendo a una concentración espacial de valores moderada, debido a que son variables derivadas de la distancia euclidiana, es decir, que va de los valores altos que corresponden a los predios más distantes a cada elemento a los más próximos que son los valores más bajos (centro poblado, drenaje doble, ciénagas). La variable densidad de vías (figura 3-20) no fue calculada en términos de la distancia euclidiana, pero el diagrama de dispersión de Moran muestra el mismo comportamiento de las demás variables de localización que distribuye las observaciones desde el cuadrante I al III, mostrando una correlación espacial positiva que va desde predios con valores de densidad altos, a valores de densidad de vías bajos.

El diagrama de dispersión para la variable ATC (Figura 3-18) muestra una agrupación de los predios en el cuadrante I que corresponden a una alta concentración de área de suelo, es decir, son aquellos predios de gran extensión- valores altos de la variable rodeados de valores altos- que rodean las zonas donde se encuentra localizada la mayor concentración de actividades relacionadas con el petróleo, que se van concentrando hacia el centro del diagrama. Los puntos más alejados en el diagrama sugieren la presencia de

atípicos en las observaciones. Aquellas observaciones que quedan en el cuadrante III son aquellos predios cuya área de terreno es moderada, que como se verá más adelante en el análisis de correlación local, son aquellos predios concentrados en el centro donde se localiza la mayor cantidad de instalaciones para actividades petroleras.

El diagrama univariado de Moran de para la variable NPZ (figura 3-23) muestra que existe una asociación espacial positiva, al encontrarse en su mayoría los predios observados dentro del primer cuadrante. Sin embargo, varias observaciones se encuentran en el cuadrante II y algunas en el IV cuadrante. Las observaciones localizadas en el primer cuadrante tienen una alta concentración de pozos dentro de su extensión y los más alejados en el primer cuadrante del diagrama, corresponden a los predios con mayor número de pozos. El siguiente cuadrante con una alta conglomeración de individuos (predios) es el cuadrante número II, que indica una asociación espacial negativa. Estos predios tienen dentro de sus límites varios pozos, pero están rodeados de predios sin pozos, esto concuerda con el análisis exploratorio de datos en donde se muestra la distribución espacial de la variable NPZ (figura A-8 Anexo I), en esta gráfica se ve la concentración de pozos en el centro, rodeado por predios sin pozos, lo que demuestra la distribución del territorio en torno a la centralidad generada por las actividades económicas relacionadas con el petróleo. Los predios localizados en el tercer cuadrante sugieren una asociación espacial positiva de valores bajos rodeados de valores bajos de la variable. En este cuadrante se encuentran los predios cuya presencia de pozos en su interior es baja o nula y sus predios vecinos también; en este caso se destacan los predios de la periferia que a su vez corresponden en su mayoría a predios de gran extensión. El mismo análisis aplica para la variable de servidumbres de pozos SPZ (figura 3-25) puesto que esta variable corresponde al área de influencia de los pozos para cada predio.

La distribución de observaciones para la variable NTB en el gráfico de Moran (figura 3-24) muestra dos concentraciones de predios: una en el primer cuadrante, que indica correlación espacial positiva y corresponde a los predios que tienen dentro de sus límites la presencia de una porción de tubería, rodeados por predios con la misma condición. La primera fila corresponde a los predios que solo tienen un tubería, la segunda hilera de observaciones corresponde a los predios con dos tuberías y la tercera a los que tienen tres tuberías. La segunda agrupación es fila de predios que se encuentran en el segundo

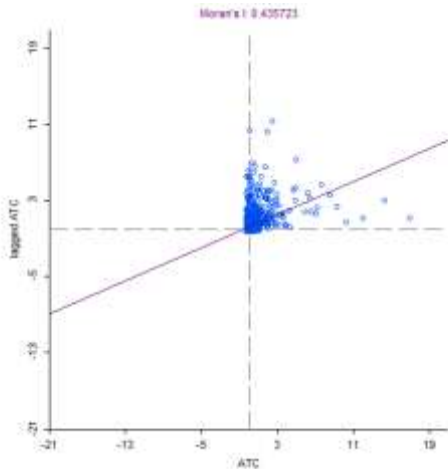
cuadrante y son aquellos que presentan una asociación espacial negativa que corresponde a la mayoría de predios, a aquellos predios sin la presencia de tuberías (valores bajos) que rodean a los predios con tuberías del primer cuadrante. Similar al comportamiento de la variable relacionada con la presencia de tuberías dentro del predio es el de la variable de las servidumbres de tuberías (figura 3-26), en cuyo diagrama se distribuyen las observaciones dentro de los mismos cuadrantes.

El diagrama de dispersión univariado de Moran del valor de terreno, concentra la mayor cantidad de observaciones en el I cuadrante que indica una correlación espacial positiva entre estas observaciones. Estas cifras sugieren que el valor terreno de los predios con alto valor en el diagrama están rodeados por predios también de valores altos y se van alejando del centro del diagrama, indicando la existencia de predios de alto valor de terreno rodeados por predios de alto valor de terreno, lo que coincide con la distribución del diagrama de Moran para área de terreno, que indica la relación directa entre tamaño y precio. Como se observa en el gráfico, este cuadrante tiene una cantidad importante de observaciones pero también muestra la dispersión de las mismas; en este cuadrante entonces, se localizan los predios de mayor extensión en área y mayor valor de terreno. Aquellas observaciones que se van concentrando hacia el centro del diagrama corresponden a las de menor área y valores más bajos, coincidiendo con predios donde se desarrolla la actividad petrolera. En el III cuadrante se localizan los predios cuyo valor de terreno es alto y se encuentra rodeado por predios de valor de terreno bajos. Los predios cuyos valores de terreno, que se localizan en el segundo y cuarto cuadrante presentan una asociación espacial negativa, en el II cuadrante están los predios cuyo valor de terreno es bajo y sus predios vecinos también presentan un valor de terreno bajo. Los predios del IV cuadrante son valores de terreno bajos rodeados por predios con valores de terreno altos, es el caso de pequeñas porciones de terreno que se derivan de predios más grandes y son destinados al soporte de instalaciones como los pozos. Se identifican también numerosas observaciones atípicas como aquellas que se alejan más de 2 unidades del centro del diagrama, correspondientes a valores de terreno extremos dentro del área analizada.

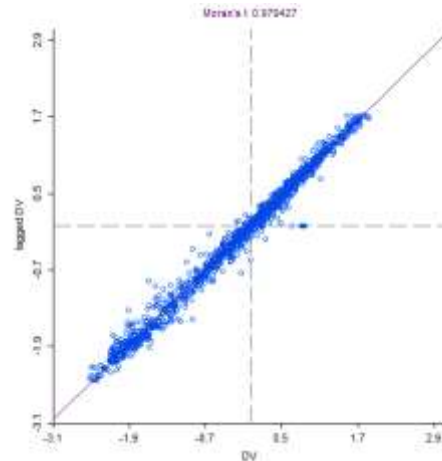
La importancia de las anteriores descripciones radica en evaluar la distribución de las observaciones en cada uno de los diagramas univariados de Moran generados para cada variable: área de terreno, número de pozos y valor de terreno, los cuales muestran una

agrupación similar de las observaciones demostrando que las asociaciones espaciales de las tres variables son similares, lo que indica que existe una relación entre la composición predial del municipio y las actividades económicas que sobre él se desarrollan, en este caso las relacionadas con la actividad petrolera.

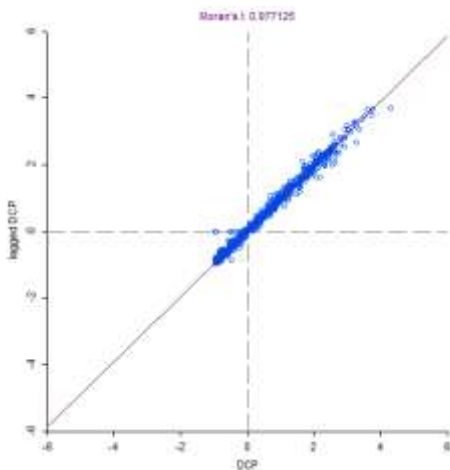
**Figura 3-18.** Diagrama de dispersión de Moran para ATC



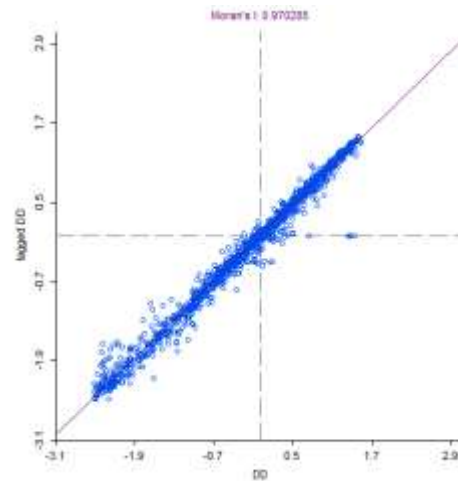
**Figura 3-20.** Diagrama de dispersión de Moran para DV



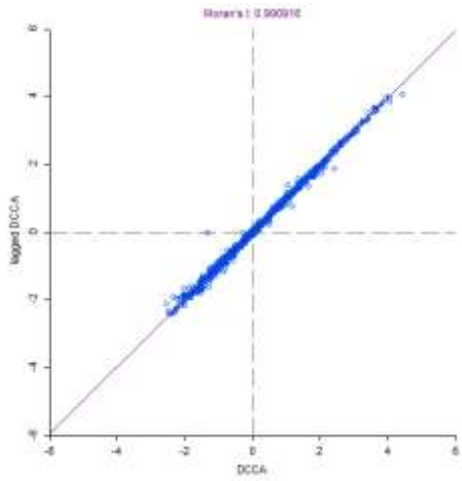
**Figura 3-19.** Diagrama de dispersión de Moran para DCP



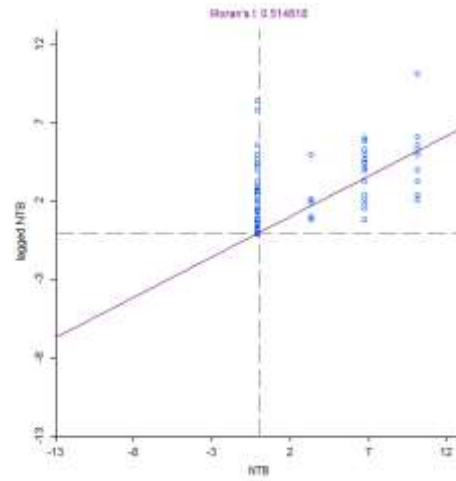
**Figura 3-21.** Diagrama de dispersión de Moran para DD



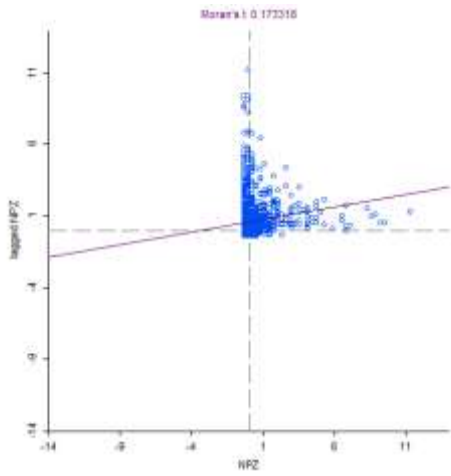
**Figura 3-22.** Diagrama de dispersión de Moran para DCCA



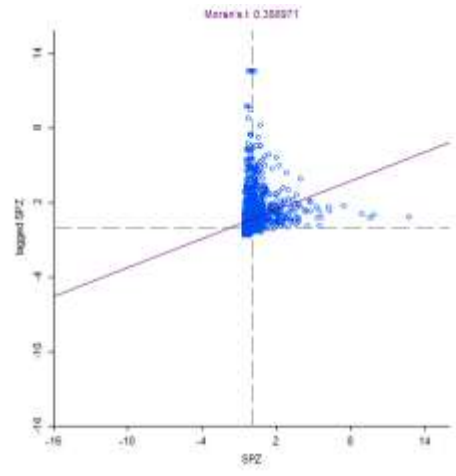
**Figura 3-24.** Diagrama de dispersión de Moran para NTB



**Figura 3-23.** Diagrama de dispersión de Moran para NPZ

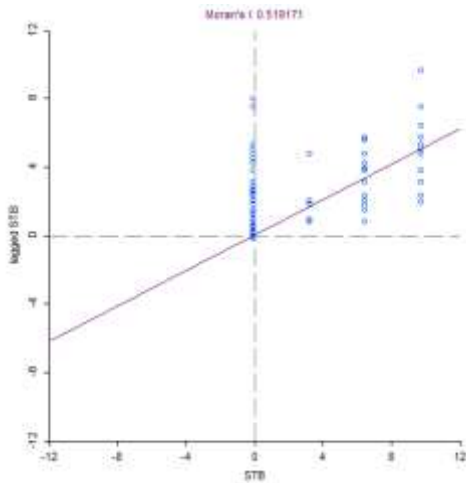


**Figura 3-25.** Diagrama de dispersión de Moran para SPZ

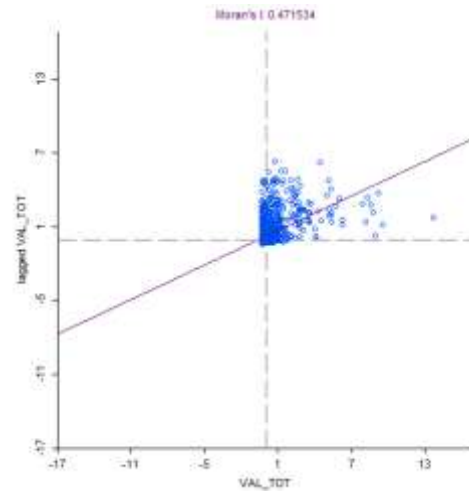




**Figura 3-26.** Diagrama de dispersión de Moran para STB



**Figura 3-27.** Diagrama de dispersión de Moran para el VT



Para examinar de forma más clara las relaciones espaciales entre variables, estimadas mediante la correlación espacial global, se aplicó un análisis de correlación espacial local, el cual permitió identificar, por medio de mapas de aglomerados (cluster), aquellas zonas en donde hay una dependencia espacial específica. Este análisis solo fue realizado a las tres variables que, a través del análisis de correlación local, posibilitó establecer una similitud en términos de asociaciones espaciales.

### 3.2.1.2.2 Análisis de asociaciones espaciales locales entre unidades prediales

Los indicadores LISA, Local Indicator of Spatial Association, se representan en un mapa o en un diagrama de caja. El indicador LISA definido por Anselin y Florax (1995) cumple con dos objetivos: el primero, que el valor del estadístico obtenido para cada observación suministre información acerca de la relevancia de una agrupación espacial de valores similares alrededor de la misma, y segundo, que la suma del valor del estadístico para todas las observaciones sea proporcional a un indicador global de asociación espacial. (Rodríguez Castillo, 2010).

Los mapas locales de Moran están basados en indicadores de análisis de asociación espacial local. Los indicadores locales de asociación espacial (LISA) indican la presencia

o ausencia de agrupaciones espaciales significativas o valores atípicos para cada ubicación. La representación de asociaciones locales (Mapas LISA) son particularmente útiles para evaluar la hipótesis de aleatoriedad espacial y para identificar los puntos hot spot locales (GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation, 2015). Para el análisis local, Geoda permite generar 2 tipos de mapas: un mapa de clusters y un mapa de significancia, los mapas analizados en esta investigación fueron los mapas de clusters. El mapa de cluster indica el tipo de asociación espacial de cada observación (Alta-Alta, Baja-baja, Alta baja y Baja alta), que coincide con la distribución de las variables en los gráficos de dispersión de Moran estudiados en el análisis de correlación espacial global, de la sección anterior. Los mapas de cluster plasman las agrupaciones de observaciones y los datos atípicos. La leyenda del mapa de cluster contiene seis categorías, cada categoría está en función al tipo de asociación espacial y está identificada en el mapa con un color:

- No significativos (Áreas que no son significativas o que tienen por defecto un nivel de pseudo significancia de 0.05). Color gris claro
- Asociación Alta - Alta (Valores altos rodeados de valores altos). Color rojo
- Asociación Baja - Baja (Valores bajos rodeados de valores bajos). Color azul
- Asociación baja – Alta (Valores bajos rodeados de valores altos). Color lila
- Asociación Alta – Baja (Valores altos rodeados de valores bajos). Color rosado
- Sin vecinos. Color gris oscuro.

Como el objeto de la investigación es demostrar la asociación entre las actividades económicas relacionadas con la actividad petrolera y el valor de terreno, Las variables seleccionadas para el análisis de asociación espacial localizada vinculadas a la actividad petrolera que fueron las más relevantes a lo largo de la investigación son: área de terreno, número de pozos, número de tuberías, número de servidumbres de pozos y número de servidumbres de tubería. Para complementar el análisis se incluyó a la variable respuesta (valor de terreno) para comprobar si las distribuciones de los cluster del mapa generado para esta variable, se relaciona con los mapas de cluster de las variables independientes.

Para comenzar el análisis de los resultados de correlación espacial local, se deben tener en cuenta los resultados de correlación espacial global, correspondientes a las observaciones significativas en los diagramas de dispersión de Moran descritos en la

sección anterior. Los mapas de cluster resultado, son la representación espacial de la distribución de los datos de los diagramas de Moran descritos anteriormente.

El mapa de clusters de la variable *área de terreno calculada* (figura 3-28) muestra en rojo dos clusters a lado y lado de una agrupación central de predios. Los predios en color rojo (predios con correlación espacial positiva, valores altos rodeados de valores altos) representan aquellos predios con mayor área de terreno que rodean los predios en los cuales se concentra la actividad petrolera en el municipio. Este mapa muestra cómo las áreas de los predios en el municipio se van distribuyendo en torno a los predios dedicados a actividades económicas petroleras. La segunda agrupación corresponde a predios de áreas más pequeñas, los cuales están cercanos al centro poblado del corregimiento El Centro. Estas agrupaciones son identificadas en color azul oscuro e indican la presencia de valores de área bajos, rodeados de valores de área bajos. Como se presenta en el mapa, las observaciones no significantes indican que la distribución de área es aleatoria para estos predios.

El mapa de cluster de la variable *número de pozos NPZ* (ver figura 3-29) muestra dos grandes concentraciones de predios con este tipo de infraestructuras (pozos), una hacia la parte norte y otra al sur. Las unidades identificadas con el color rojo corresponden a asociaciones espaciales positivas y son las que concentran mayor cantidad de pozos sobre la selección predial analizada. Al compararse con el mapa de cluster de área de los predios (figura 3-28), se puede ver que este tipo de infraestructura se concentra en las zonas donde la agrupación espacial de áreas de predios es espacialmente aleatoria y está concentración de unidades asociadas de manera positiva, está rodeada por predios de mayor extensión. Las unidades de color azul oscuro indican predios sin la presencia de pozos rodeados de predios sin pozos lo que indica que hacia la periferia de la concentración de infraestructuras el área de los predios va aumentando. Esta situación indica que la fragmentación predial del área rural del corregimiento surge entorno a los pozos y al desarrollo industrial de la zona.

La variable: *número de tuberías* (ver figura 3-30) muestra una concentración de valores altos en el número de tuberías hacia el costado izquierdo del mapa, debido a que por estos predios pasan las tuberías seleccionadas para el análisis: oleoducto, combustoleoducto y poliducto. Esta distribución de la concentración de la variable muestra la trayectoria que siguen las tuberías que llegan a la refinería que se encuentra

localizada en el área urbana del municipio (ver figura B- 9 del anexo II), pues solo por los predios de color rojo atraviesan las tuberías.

El mapa de cluster de la *variable servidumbre de pozos SPZ* (figura 3-31) tiene un comportamiento similar al de la *distribución de pozos NPZ*. La concentración de servidumbres se observa hacia al centro norte y al centro sur del mapa, donde se encuentra localizado el campo La Cira – infantas. Por su parte, los *hot spot* del mapa son aquellas unidades marcadas con color rojo donde se concentra la mayor cantidad de servidumbres. De este diagrama cabe resaltar el aumento en agrupaciones marcadas de color azul, o *cold spots*, que indica unidades prediales sin la presencia de servidumbres. Los predios marcados con color rosado corresponden a 2 unidades atípicas u outliers que fueron también identificados en el modelo de precios hedónicos. El gráfico de servidumbres de tuberías tiene el mismo comportamiento que el mapa de clusters, por ello la explicación de su distribución es la misma.

Por último, el mapa de distribución de valores de terreno muestra una gran agrupación de valores que rodean las áreas donde se localizan las actividades relacionadas con el petróleo, rodeados de valores altos identificados en rojo. Ello es prueba de la relación con el tamaño, pues el área es directamente proporcional al valor y los valores bajos de precios de terreno se aglomeran donde se desarrollan las actividades relacionadas con el petróleo. De este diagrama llama la atención algunos valores atípicos, cuyo precio de terreno es alto pero que se encuentra rodeado por valores de terreno bajos y se identifican con color rosado. Estos predios tienen dentro de sus límites la presencia de diferentes tipos de infraestructuras y a eso se debe su valor elevado de terreno con respecto a sus vecinos. De igual forma, en la periferia existen valores bajos rodeados de valores de terreno altos marcados con color azul claro.

**Figura 3-28.** Mapa de clusters de la variable ATC

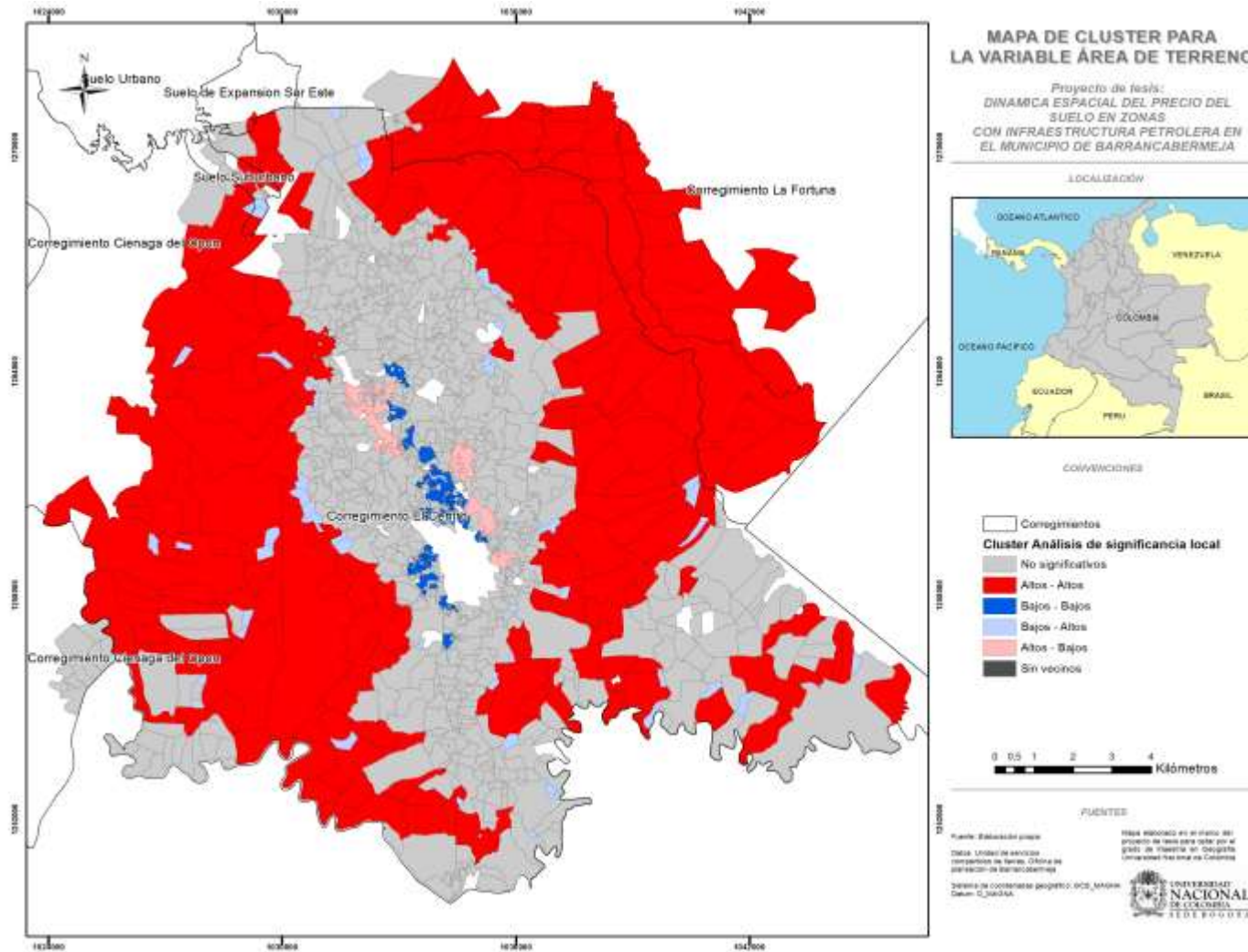


Figura 3-29. Mapa de clusters para la variable NPZ

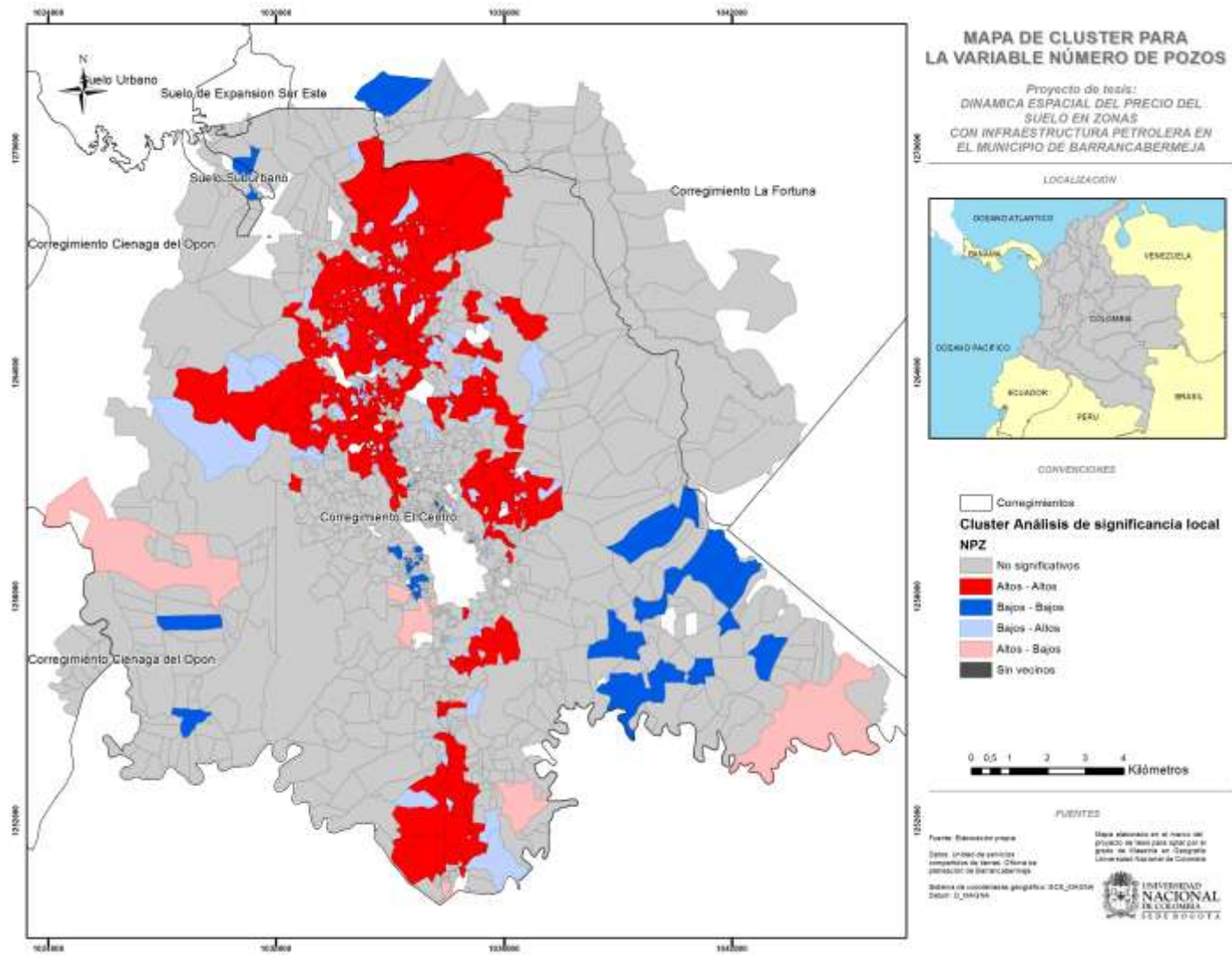


Figura 3-30. Mapa de clusters de la variable NTB

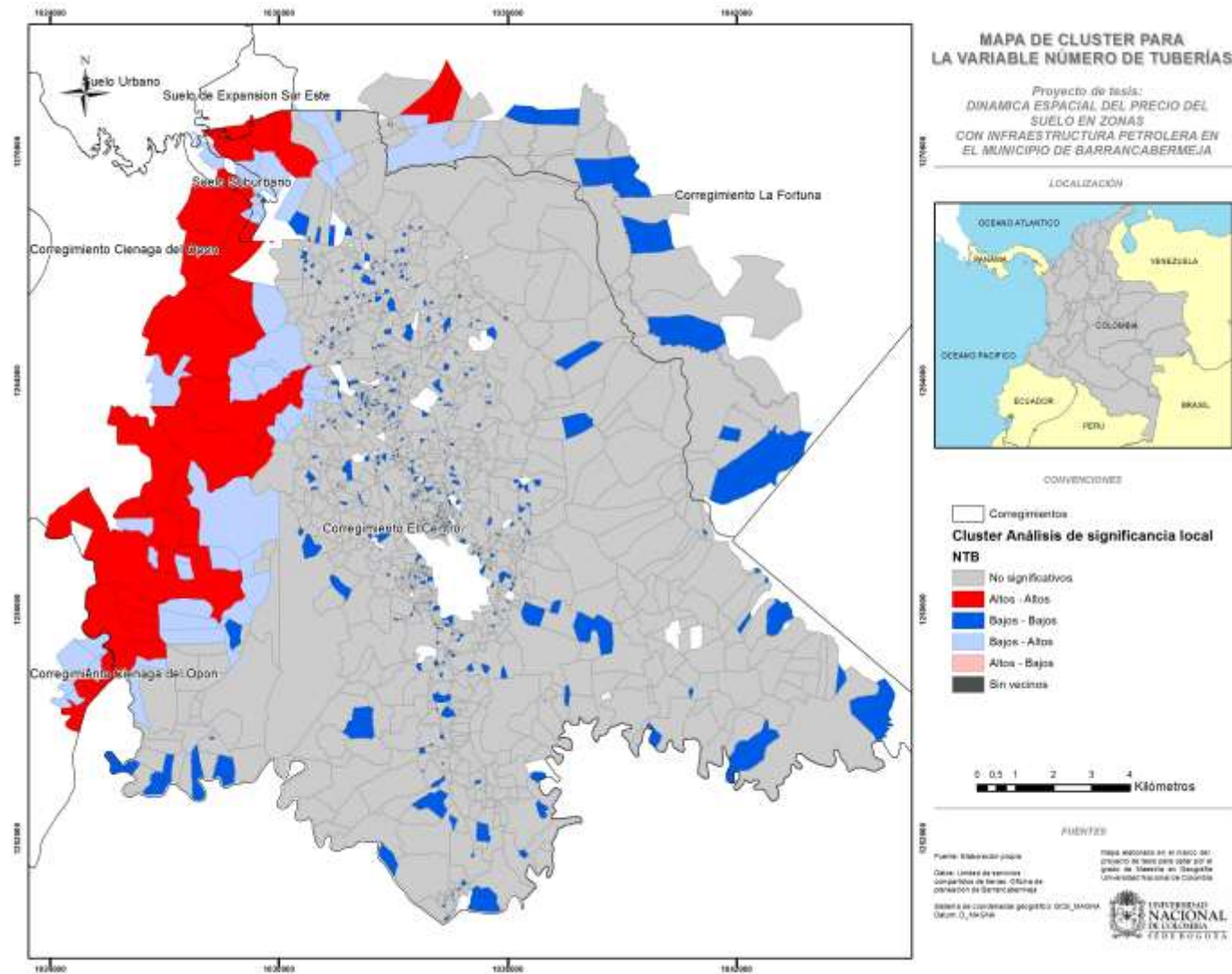


Figura 3-31. Mapa de cluster de la variable SPZ

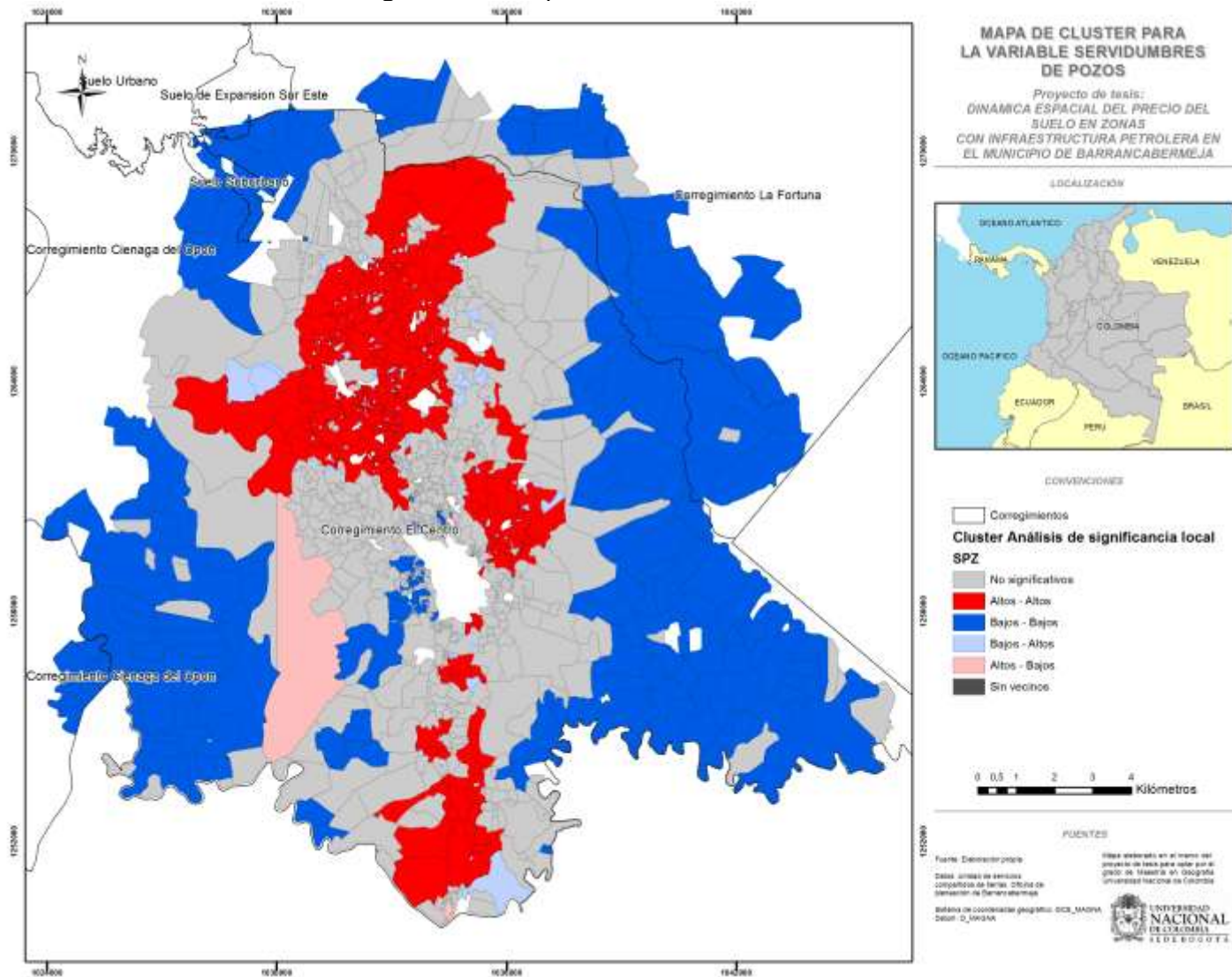
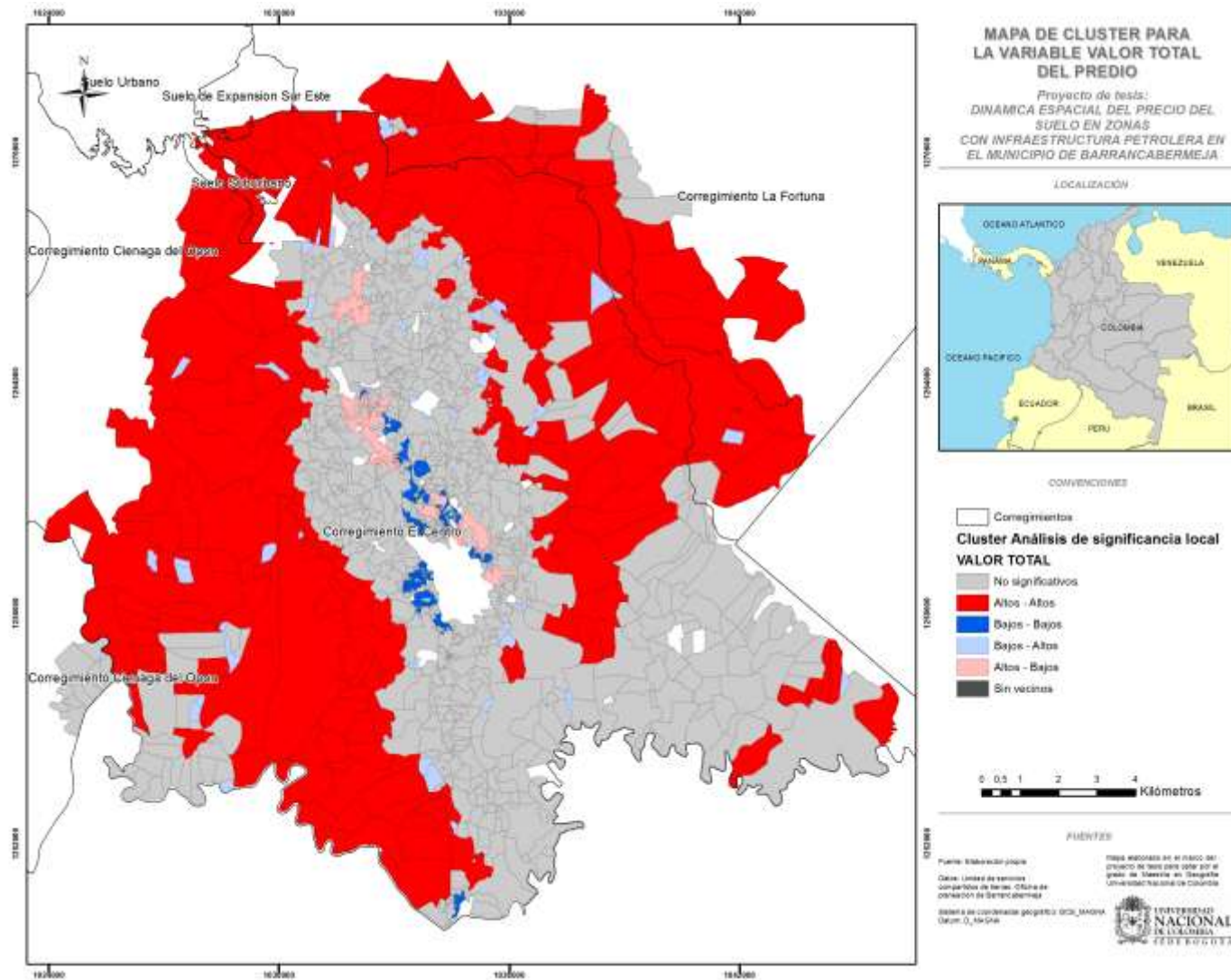






Figura 3-33. Mapa de cluster de la variable Valor Total



Cada una de las distribuciones en el espacio de las variables seleccionadas como independientes se comparó con el mapa de valor de terreno, con el fin de establecer relación de la distribución espacial de la variable con el valor estimado del precio del suelo. El mapa de área de terreno y el del valor del suelo muestran la relación directa entre tamaño y precio (a mayor tamaño, mayor es el valor del predio), pues la distribución de grandes áreas es casi la misma en ambos mapas. Sin embargo, al comparar el tamaño de los predios con la distribución de los pozos y el valor de terreno, se ven los conglomerados de predios con presencia de pozos, donde las áreas y los valores de terreno son menores o no significativos - los valores no significativos corresponden a unidades territoriales donde el valor de análisis de la variable de interés no se relaciona significativamente con los valores que presentan sus vecinos- es otras palabras, los valores del suelo, independiente de las condiciones estructurales, físicas o de localización del predio son heterogéneos, pues los valores de terreno no son similares a los valores de sus vecinos, en términos de correlación espacial, debido a la presencia de las actividades petroleras. Esto puede comprobarse cuando se traslapan las concentraciones de valores no significativos, tanto de área de los predios como de valor de terreno, en el centro de la selección predial analizada. Es decir que donde hay mayor concentración de infraestructuras el precio del suelo no presenta una tendencia, en términos de valores altos o bajos.

Al superponer el mapa de número de tuberías con el mapa de valor de terreno y el mapa área de los predios (figuras 3-30, 3-33 y 3-28), el aglomerado de predios con presencia de tuberías se encuentra localizado en el costado izquierdo del mapa y coincide con predios de grandes extensiones de área y de alto valor de terreno. Esta condición se debe a que la presencia de una tubería puede contribuir al aumento el valor del predio.

El análisis de correlación espacial permitió establecer las relaciones entre las variables del petróleo y el valor del suelo. Como se vio en el anterior apartado, al superponer los mapas de cluster, los valores del suelo donde existe la mayor concentración de infraestructura son heterogéneos debido al comportamiento del mercado en la zona donde el valor aumenta antes que los predios hagan parte de la actividad y después de hacer parte de la actividad donde su valor disminuye, quiere decir que los valores del suelo en el municipio de Barrancabermeja están sujetos a la dinámica inmobiliaria condicionada por la actividad petrolera en términos de localización, área y valor.

Los anteriores resultados se pueden analizar desde la perspectiva de los modelos de localización expuestos en el apartado teórico del primer capítulo. Retomando lo planteado por Weber, existen tres factores para seleccionar la localización de una industria: la localización de las materias primas, la fuente de energía y el mercado, de esta forma la industria se localizará en medio de un triángulo formado entre estas las tres localidades antes mencionadas, en donde se logren minimizar los costos de transporte y se maximicen las ganancias. En el municipio de Barrancabermeja la industria corresponde a la refinería, la cual se localiza dentro del área urbana del municipio, allí también reside la mayor parte de la mano de obra empleada por las actividades petroleras. En este caso no existiría un centro de comercio como el que se define en el modelo de Weber, pues los productos derivados del petróleo, procesados en la refinería, son transportados a diferentes lugares para consumo local nacional o para ser exportados. Teniendo en cuenta lo anterior, distinto a lo planteado por Weber, en el municipio de Barrancabermeja se forma un eje entre la refinería y el campo petrolero La Cira e Infantas como se puede ver en el mapa de distribución donde se encuentra la mayor concentración de este tipo de infraestructuras pozos (ver figura A-12 del anexo I). En torno a este eje se observa la forma cómo se van repartiendo en el territorio las diferentes variables seleccionadas, tal y como se puede observar en los mapas de cluster, del análisis de correlación espacial local. Sobresalen las unidades prediales que se localizan en este eje, por ser de tamaños pequeños y de precios heterogéneos lo que indica que a medida que las actividades industriales requieran áreas para operar, se van fragmentando grandes áreas para tales fines cuyo valor varía de acuerdo a la expectativa del mercado, por ello la heterogeneidad en el valor del precio del suelo.

Desde la perspectiva del modelo de localización de William Alonso, los resultados del análisis de correlación espacial local permiten concluir que las actividades económicas petroleras, al igual que otras actividades económicas agrícolas, compiten por el espacio en el área rural. Las actividades económicas petroleras operan como rentas ofertadas iguales a las rentas ofertadas por los productores agrícolas, de acuerdo con la definición de Alonso. Las actividades petroleras a pesar de no producir insumos agrícolas en superficie, necesitan de terreno de igual forma que un productor requiere áreas para actividades agrícolas o ganaderas. La diferencia entre un productor agrícola y las actividades industriales radica en que la extracción del recurso es in situ, tal es el caso de

los pozos, pues en este caso los productores agrícolas no tienen oportunidad al ofrecer un valor por la tierra; si por el contrario el espacio requerido por las actividades industriales no es para la extracción, si no para transporte u otras acciones la renta ofertada será superior a la de cualquier otra actividad económica, esto explicaría la heterogeneidad del valor de terreno donde se localizan los pozos petroleros. Esta condición se debe a que los propietarios de los predios aledaños a las infraestructuras bajo la expectativa de compra de sus terrenos elevan los precios hasta el máximo valor permitido por ley, y posterior a entrar a hacer parte de las actividades petroleras el valor descende. Es así como los demás usos del suelo, de acuerdo a la renta ofertada se localizan alrededor de las actividades industriales.

El anterior análisis sirve como antesala para advertir la forma en que las actividades inciden sobre el valor del suelo rural y la distribución espacial del precio del suelo. Esto se logró mediante la aplicación de un modelo de precios hedónicos donde se estima en qué medida las variables del petróleo, en términos de precio, influyen en el valor de la propiedad en el municipio de Barrancabermeja.

### **3.3 El precio del suelo y las actividades petroleras**

Esta sección comprende la estimación de los modelos de regresión para calcular el precio del suelo utilizando las variables de localización, proximidad y actividad petrolera que influyen el valor de terreno de las áreas rurales en el municipio de Barrancabermeja. Los modelos realizados corresponden a diferentes modelos de precios hedónicos teniendo en cuenta el valor del avalúo del registro 1 del IGAC y el segundo, al valor de terreno calculado a partir de zonas con valores comerciales de terreno.

#### **3.3.1 Precios hedónicos y actividades económicas petroleras**

El enfoque de precios hedónicos es un método indirecto o de valoración inferencial que explica el precio de un bien en un mercado heterogéneo, como el suelo, en términos de sus características valorables dentro y entre segmentos del mercado (Bernknopf, Gillen, Wachter, & Wein, 2008). Bajo esta perspectiva son diferentes las características que pueden ser evaluadas.

### **3.3.2 El precio del suelo en el área rural de Barrancabermeja y las actividades económicas petroleras**

Para establecer el mejor modelo se realizó una regresión lineal múltiple. Así, el primer paso fue establecer las correlaciones simples de cada variable explicativa con respecto al promedio del valor de terreno encontrado en los predios del municipio. Seguido a esto, mediante ajuste normal y AIC, se estableció cuál sería el mejor modelo. Una vez establecido, se revisó la significancia de los parámetros seleccionados en el modelo comparando los valores  $p$  con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ). Además se usaron métodos diagnósticos para la identificación de observaciones de alto “Leverage” observaciones “extremas” en la respuesta y observaciones influyentes.

#### **Precio del suelo explicado a través de precios hedónicos para valores catastrales**

El primer modelo realizado es en el que se utilizó como variable respuesta el avalúo que se encuentra inscrito para cada uno de los predios en el registro 1, y con el cual se realizó el análisis estadístico exploratorio. Este modelo fue estimado exclusivamente para las variables continuas ya descritas con anterioridad, puesto que si se incluían las variables categóricas en este modelo, se agregaría ruido a la estimación de los coeficientes de regresión.

Los resultados de la primera regresión mostró que todas las variables de localización resultaron ser significativas para el modelo, diferente a las variables consideradas para las actividades petroleras donde solamente son significativas las relacionadas con la presencia de tuberías. La causa de esta resultado se debe a que el valor del avalúo catastral se calcula con fines fiscales y no refleja el comportamiento del mercado en su valor, por tal razón no se utilizó para medir la influencia de la industria sobre el precio del suelo.

El detalle de los resultados de la regresión utilizando como variable respuesta, se encuentran en el anexo C de este documento.

#### **Precio del suelo explicado a través de precios hedónicos para valores comerciales**

El siguiente modelo fue calculado utilizando como variable independiente el valor de terreno, el cual fue estimado con las zonas homogéneas geoeconómicas suministradas por la unidad de servicios compartidos de tierras de Ecopetrol. El área de valores definida por Ecopetrol corresponde al bloque el centro Magdalena medio, el cual solo abarca el

corregimiento de El Centro, algunos predios del corregimiento La Fortuna y Ciénaga del Opón.

Valor comercial del suelo:

Este el valor resulta de la intersección entre la capa de zonas homogéneas geoeconómicas y la división predial. Al realizar la operación de superposición de capas, las áreas de diferentes predios quedaban repartidas en diferentes zonas homogéneas. Por esta razón el valor de terreno se estimó sumando la proporción de área del predio en cada una de las zonas en que se dividía (ver figura 3-34).

**Figura 3-34** Intersección entre división predial y zonas homogéneas



Fuente. Elaboración propia

VARIABLES seleccionadas para la construcción del precio del suelo mediante precios hedónicos.

De las variables consideradas en el modelo anterior se descartaron las variables de zonas homogéneas físicas y las zonas geoeconómicas, puesto que no coinciden con las zonas homogéneas determinadas por el IGAC. Finalmente las variables continuas consideradas para este modelo son: área de terreno calculada ATC, distancia a centros poblados DCP, densidad de vías DV, número de pozos por predio NPZ, número de tuberías en un predio NTB, número de servidumbres de pozos SPZ, número de servidumbres de tuberías STB.

Otras variables omitidas para este modelo son las variables área de terreno AT que pertenece al registro 1, y el área construida AC que no fue usada debido a que la variable respuesta no lo tiene en cuenta.

Con el fin de seleccionar las variables idóneas para caracterizar algunos determinantes del valor de terreno, corremos un modelo que incluya a todas las variables:

Forma funcional del modelo:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_k = \mu_k + e_k \\ \mu_k = \beta_1 + \beta_2 ATC + \beta_3 C1 + \beta_4 C2 + \beta_5 C3 + \beta_6 C4 + \beta_7 DCP + \beta_8 DV + \\ \beta_9 DD + \beta_{10} DCCA + \beta_{11} PEX + \beta_{12} NPZ + \beta_{13} NTB + \beta_{14} SPZ + \beta_{15} STB + \\ \beta_{16} NUS1 + \beta_{16} NUS2 + \beta_{17} NUS3 + \beta_{18} NUS4 + \beta_{19} NUS5 + \beta_{20} NUS6 + \beta_{21} NUS7 + \beta_{22} NUS8 + \beta_{23} NUS9 \\ e_k \sim N(0, \sigma^2) \\ e_1, \dots, e_n \text{ ind.} \end{array} \right.$$

Donde  $Y_k$  es el valor de terreno en millones de pesos del k-ésimo predio

Las variables dependientes quedan expresadas de la siguiente forma:

**Tabla 3-4.** Resumen de variables independientes del modelo

GRUPO	NOMBRE VARIABLE	SIGLA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	TIPO
Localización	Área de Terreno	AT	Área de terreno en metros cuadrados	M2	Continua
	Corregimiento	C	Corregimiento en el que está localizado	*	Dummy
	Distancia Centros Poblados	DCP	Distancia medida en metros	M	Continua
	Densidad de vías	DV	Densidad medida en metros por metro cuadrado	M/M2	Continua
	Distancia a drenajes	DD	Distancia medida en metros	M	Continua
	Distancia a ciénagas	DCCA	Distancia medida en metros	M	Continua
Petróleo	Polígonos de Explotación	PEX	Si el predio se encuentra dentro de un polígono de explotación 1/0	*	Si/no
	Numero de Pozos	NPZ	Número de pozos dentro de un predio	Unidad	Continua
	Numero de Tuberías	NTB	Número de tuberías dentro de un predio	Unidad	Continua
	Servidumbre Pozos	SPZ	Número de servidumbres de pozos dentro de un predio	Unidad	Continua
	Servidumbre Tuberías	STB	Número de servidumbres de tuberías dentro de un predio	Unidad	Continua
Normatividad	Norma de uso del suelo	NUS	Categoría de norma de uso del suelo al que pertenece	*	Dummy

Fuente. Elaboración propia



\*cada categoría de las variables dummy se explica en detalle en el apartado de variables categóricas.

Las variables categóricas del modelo

Corregimiento: predios de 3 de los 6 corregimientos se traslapan con el bloque Magdalena medio.

$$C1: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece al corregimiento Ciénaga del Opón} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$C2: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece al corregimiento El centro} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$C3: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece al corregimiento La Fortuna} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Norma de uso del suelo POT

$$NUS\_1: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece a la categoría de otras áreas} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

NUS\_2:

$$\begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece a la categoría de rehabilitación de áreas improductivas} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$NUS\_3: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece a la categoría de seguimiento de áreas de vegetación} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$NUS\_4: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece a la categoría de suelo suburbano} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$NUS\_5: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece a la categoría de vivienda campestre} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$NUS\_6: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece a la categoría de área forestal protectora} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$NUS\_7: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece a la categoría de áreas de interés público} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$NUS\_8: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece a la categoría de áreas agropecuarias} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$NUS\_9: \begin{cases} 1 & \text{si el predio pertenece a la categoría de áreas de actividad industrial} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

El resultado de la primera regresión denota que las estimaciones para algunas variables de la muestra, como los corregimientos (C1 y C2), la distancia a los drenajes dobles, la pertenencia a un polígono de explotación (PEX), las servidumbres de tuberías STB y las variables relacionadas con la norma de uso (NUS\_2, NUS\_3, NUS\_4, NUS\_6 y NUS\_7) no son significativas dentro del modelo; esto puede comprobarse al observar el nivel de significancia de las variables anteriormente mencionadas. El objetivo del análisis es establecer el valor del terreno en el k-ésimo predio, en función a las variables relacionadas con la actividad petrolera. Se estimó nuevamente el modelo sin tener en cuenta las variables no significativas identificadas en el primer resultado. Cabe resaltar que las variables relacionadas con la norma de uso del suelo también se redujeron solo a la categoría de áreas de actividad industrial. En la segunda estimación, el intercepto es significativo y el  $R^2$  no disminuyó significativamente con respecto al primer modelo.

lm(formula = VALOR ~ 1 + ATC + C2 + DCP + DV + DCCA + NPZ + NTB + STB + NUS\_9, data = hedonicos)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.443e+09	-4.592e+07	-1.772e+07	2.086e+07	2.164e+09

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.235e+08	3.213e+07	6.955 4.85e-12 ***
ATC	5.640e+06	9.941e+04	56.730 < 2e-16 ***
C2	1.645e+08	2.521e+07	6.525 8.76e-11 ***
DCP	-1.439e+04	2.647e+03	-5.436 6.17e-08 ***
DV	-3.156e+04	3.160e+03	-9.989 < 2e-16 ***
DCCA	-2.285e+04	1.788e+03	-12.775 < 2e-16 ***
NPZ	1.253e+07	1.286e+06	9.747 < 2e-16 ***
NTB	4.324e+08	1.138e+08	3.799 0.000150 ***
STB	-3.153e+08	1.086e+08	-2.903 0.003744 **
NUS_9	7.229e+07	2.093e+07	3.454 0.000566 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 179300000 on 1860 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.746, Adjusted R-squared: 0.7448

F-statistic: 607 on 9 and 1860 DF, p-value: < 2.2e-16

Posterior a la estimación del modelo se evaluaron las correlaciones parciales entre la variable respuesta y las variables independientes con el fin de establecer si deben o no

ser descartadas del modelo, teniendo en cuenta la fuerza de asociación entre las variables.

En la tabla 4-16 de correlaciones, se confirma la fuerza y la dirección de la asociación entre las variables independientes y la variable respuesta, además, se observa una correlación alta y positiva entre el valor del terreno y el área de terreno 0.83. En orden descendente, las correlaciones más importantes son: la variable número de tuberías NTB con 0.34, densidad de vías DV con -0.34, presencia de servidumbre de pozos STB con 0.33, distancia a centros poblados DCP con 0.26, número de pozos en un predio NPZ 0.24, localización del predio dentro de un polígono de explotación PEX con -0.22, número de servidumbre de pozos NPZ con 0.135, localización en el corregimiento del centro C2 con -0.13 y por último, si el predio está dentro de la categoría de norma de uso del suelo industrial.

**Tabla 3-5. Correlaciones Simples**

	VALOR	ATC	C2	DCP	DV	DCCA	PEX	NPZ	NTB	SPZ	STB	NUS_9
VALOR	1,000000	0,829104	-0,133124	0,263097	-0,341074	-0,115701	-0,218651	0,236855	0,344448	0,135161	0,332470	0,009850
ATC	0,829104	1,000000	-0,187075	0,364417	-0,393063	0,033688	-0,259469	0,157882	0,275083	0,063428	0,265576	-0,021225
C2	-0,133124	-0,187075	1,000000	-0,184523	0,204009	0,244053	0,317792	0,069764	-0,197199	0,113379	-0,187716	0,039274
DCP	0,263097	0,364417	-0,184523	1,000000	-0,649077	0,237577	-0,506724	0,067222	0,111282	0,010953	0,118452	-0,031511
DV	-0,341074	-0,393063	0,204009	-0,649077	1,000000	-0,364493	0,693558	0,079183	-0,180298	0,213789	-0,181902	0,044422
DCCA	-0,115701	0,033688	0,244053	0,237577	-0,364493	1,000000	-0,272246	-0,055531	-0,244577	-0,086465	-0,244585	0,091174
PEX	-0,218651	-0,259469	0,317792	-0,506724	0,693558	-0,272246	1,000000	0,134645	-0,187806	0,221130	-0,188943	0,006356
NPZ	0,236855	0,157882	0,069764	0,067222	0,079183	-0,055531	0,134645	1,000000	-0,025115	0,887160	-0,026073	0,050173
NTB	0,344448	0,275083	-0,197199	0,111282	-0,180298	-0,244577	-0,187806	-0,025115	1,000000	-0,062944	0,992039	-0,026280
SPZ	0,135161	0,063428	0,113379	0,010953	0,213789	-0,086465	0,221130	0,887160	-0,062944	1,000000	-0,063516	0,040722
STB	0,332470	0,265576	-0,187716	0,118452	-0,181902	-0,244585	-0,188943	-0,026073	0,992039	-0,063516	1,000000	-0,026241
NUS_9	0,009850	-0,021225	0,039274	-0,031511	0,044422	0,091174	0,006356	0,050173	-0,026280	0,040722	-0,026241	1,000000

Fuente. Elaboración propia

Una vez se revisó que las variables seleccionadas tienen un grado de relación con el valor del terreno, se buscó cuál fue el mejor modelo para explicar el valor del terreno y si todas las variables previamente seleccionadas son necesarias. Para ello, se realizó el

análisis de AIC, que permite hacer una comparación de diferentes combinaciones entre las variables explicativas y la variable respuesta, creando un modelo de regresión por cada combinación.

Teniendo en cuenta los resultados de las correlaciones, la variable con la correlación más baja es la de *norma de uso del suelo*, por lo tanto, el AIC se ejecutó para modelos con 8 y nueve variables.

De acuerdo con los resultados del AIC las variables seleccionadas previamente el resultado es:

**Tabla 3-6.** Análisis de AIC

Modelo										SCRes	R2	R2 Ajust	AIC
(Intercept)	ATC	C2	DCP	DV	DCCA	NPZ	NTB	STB	NUS_9	5,9773E+19	0.746	0.745	76395.2

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la regresión con las variables significativas para el modelo con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), todos los parámetros seleccionados son significativos.

### Interpretación de los parámetros

$B_1$  = (intercepto) valor promedio esperado de terreno cuando los predios no corresponden al corregimiento El Centro. Las variables de localización son 0 (distancia a centros poblados, densidad de vías, distancia a drenajes dobles y cuerpos de agua), no tiene presencia de infraestructuras tales como pozos, ni tuberías dentro de su extensión así como no tiene servidumbres de pozos y tuberías, y la norma de uso del suelo es diferente al uso industrial. El valor esperado de terreno sea de 223.500.000

$B_2$  = sin tener en cuenta la variación de las otras variables, por cada hectárea que un predio aumente se espera que el valor esperado del predio aumente en 5.640.000 millones de pesos.

$B_3$  = sin tener en cuenta la variación de las demás variables, la diferencia esperada entre un predio que pertenece al corregimiento El Centro y uno que no es de 164.500.000.

$B_4$  = Sin tener en cuenta las otras variables se espera que por cada metro que un predio se encuentre alejado del centro poblado, el valor del predio esperado disminuya en 14.390 pesos.

$B_5$  = Sin tener en cuenta las otras variables se espera que entre más metros cuadrados tenga un predio intervenido por vías, el valor se reduzca en 31.560 pesos.

$B_6$  = Sin tener en cuenta las otras variables, se espera que si un predio se aleja un metro de un cuerpo de agua, su valor disminuya en 22.850 pesos

$B_7$  = Sin tener en cuenta el cambio de las otras variables, se espera que por cada pozo incluido dentro de un predio, el valor del terreno aumente en 12.530.000.

$B_8$  = Sin tener en cuenta el cambio de las otras variables, se espera que por cada tubería incluida dentro de un predio, el valor del terreno aumente en 432.400.000.

$B_9$  = Sin tener en cuenta el cambio de las otras variables, se espera que por servidumbre de tubería incluida dentro de un predio, el valor del terreno disminuya en 315.300.000.

$B_{10}$  = sin tener en cuenta la variación de las demás variables, la diferencia esperada entre un predio cuya norma de uso del suelo es industrial frente a los que tienen otro uso del suelo es de 72.290.000.

Los altos valores en el parámetro de la variable C2 (corregimiento) se deben a que la mayoría de predios pertenecen al corregimiento El Centro, razón por la cual la diferencia en la estimación es tan amplia, y esta variable podría ser omitida del modelo.

Por otra parte, los valores elevados en los parámetros relacionados con las tuberías se deben a que solo existen 3 valores que puede tomar la variable, razón por la cual podría convertirse en una variable categórica dentro del análisis.

Teniendo en cuenta las anteriores observaciones con respecto a las variables, se puede afirmar que existe una influencia de las variables relacionadas con la actividad petrolera sobre el precio del suelo, y que la distribución de los valores y otras actividades económicas están condicionadas a esta.

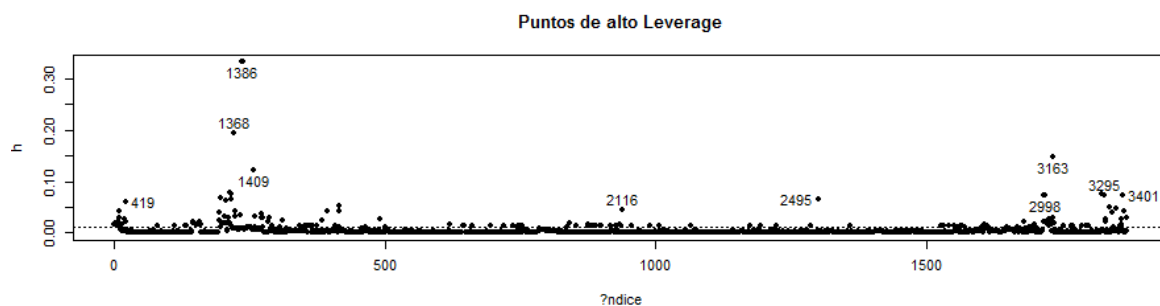
### **Métodos de diagnostico**

### **Puntos de alto leverage**

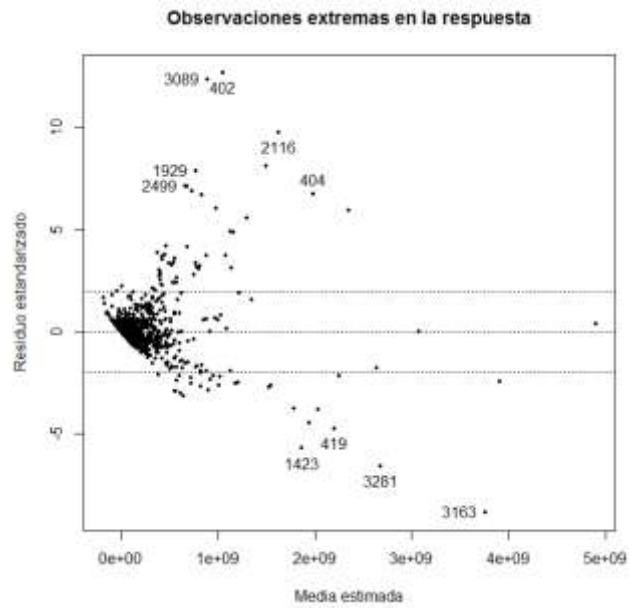
En el gráfico de observaciones de alto leverage (Figura 3-35) sobresalen diferentes observaciones por encima de la línea punteada. Esto indica que estos predios tienen valores atípicos en las variables explicativas. En la gráfica se muestran las 10 observaciones con los valores más altos en términos de las variables explicativas, por ejemplo, el predio identificado con el ID 1368 (Código predial 68081000200020035) corresponde al predio con mayor área de terreno; el predio 1386 (Código Predial 68081000200020035), el cual es una de las observaciones con más alto leverage, contiene 3 tuberías y por ende 3 servidumbres dentro de sus límites, y su área no es una de las más grandes pero sobrepasa el promedio de las áreas de la muestra junto con el valor de terreno, el cual supera por más del doble el valor promedio de terreno; el predio 3163 (código predial 68081000100110085), al igual que el predio 1368, tiene una de las áreas de terreno más amplias; en el predio 3295, el área calculada es cercana al promedio general de la muestra pero reporta la presencia de 3 tuberías y 3 servidumbres dentro de sus límites.

En el gráfico de observaciones extremas en la respuesta (ver figura 3-36) se destacan las 10 observaciones identificadas con el ID de cada una, sin embargo, hay más de 10 observaciones con valores extremos en la respuesta. Cabe distinguir los predios identificados también con alto leverage como el 3163. La posición las observaciones por fuera de las líneas punteadas sugiere que el valor observado es sustancialmente mayor de lo esperado, es decir, que para estos predios el valor promedio de terreno encontrado es sustancialmente mayor de lo esperado dadas las características analizadas.

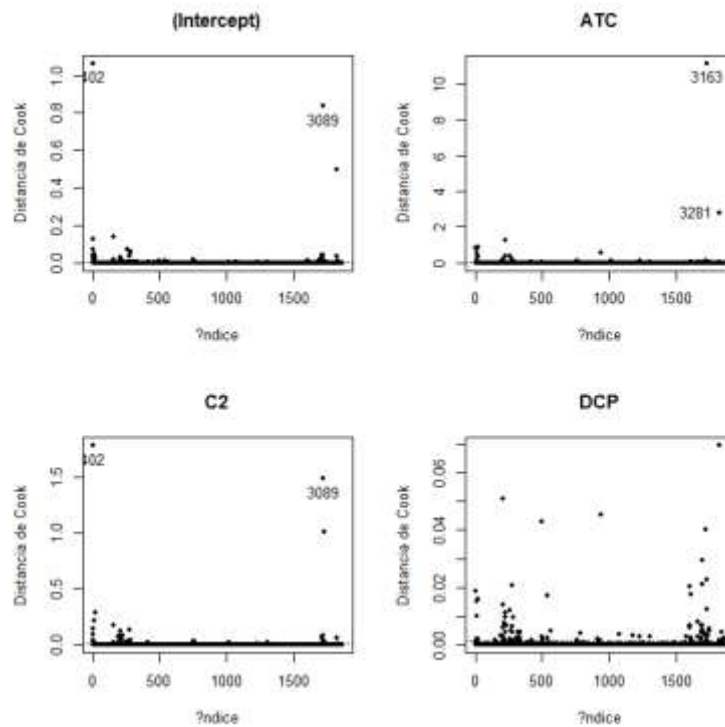
**Figura 3-35.** Puntos de alto leverage

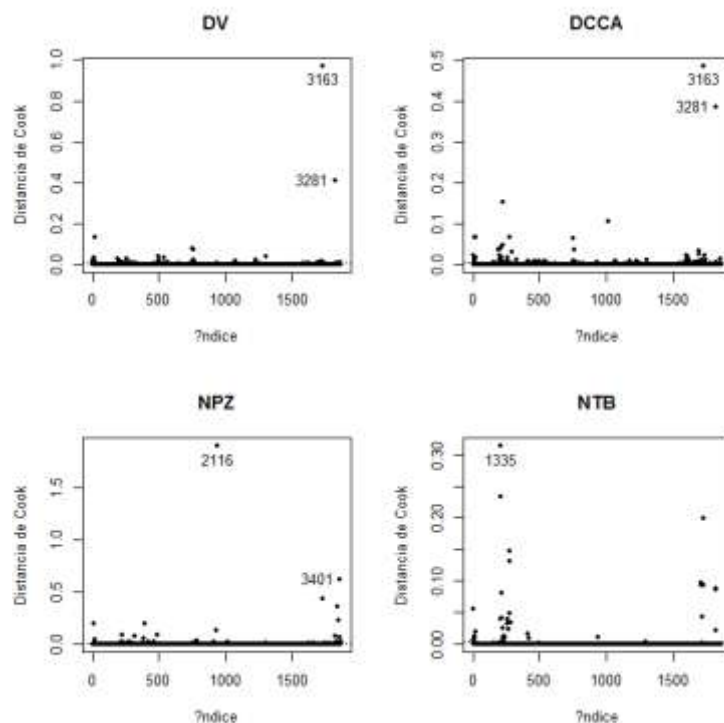
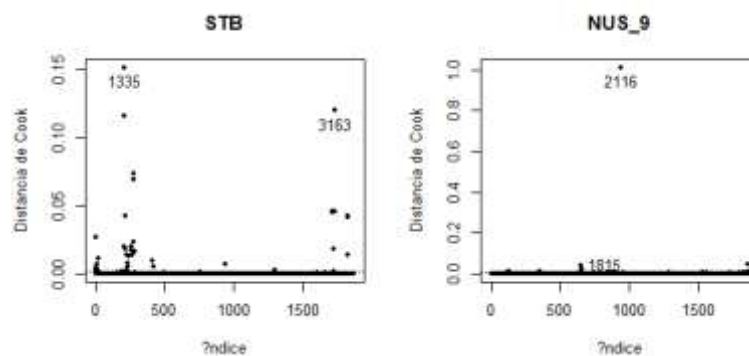


**Figura 3-36.** Observaciones extremas en la respuesta



**Figura 3-37.** Observaciones influyentes para las variables ATC, C2 y DCP



**Figura 3-38.** Observaciones influyentes para las variables DV, DCCA, NPZ y NTB**Figura 3-39.** Observaciones influyentes de las variables STB y NUS\_9

El gráfico de observaciones influyentes relaciona la distancia de Cook por cada una de las variables independientes del modelo. Se destacan las observaciones en cada gráfico con el número que identifica a cada uno de los predios (IDEN). Puede verse cómo una de las observaciones que más se repite en todos los gráficos es el predio identificado como el 3163 (código de predio 68081000100110085), lo que demuestra su influencia sobre los datos; esta observación es extrema en la respuesta y también es un punto de alto leverage. Otros ejemplos de observaciones influyentes son los predios 3089 (código de predio 68081000100010475), 3281 (código de predio 68081000200040068) y 2116



(código de 68081000200030847), todos se destacan por su extensión; el predio 3089 se caracteriza por el alto valor de la variable dependiente mientras que el predio 2116 se destaca por tener dentro de sus límites 25 pozos, 36 servidumbres de pozos y uno de los valores de terreno más altos. Al ser estos predios influyentes en el modelo, el quitar alguna de estas observaciones genera un cambio mayor en las estimativas de los parámetros de localización (betas) del modelo que podría ocasionar la eliminación de cualquier otra observación en la muestra.

El modelo de precios hedónicos permitió corroborar las relaciones que se lograron establecer en el análisis de correlación espacial entre el precio del suelo y las variables relacionadas con la actividad petrolera, tal como se describe en cada uno de los parámetros del modelo. El análisis de correlación espacial permitió identificar cómo está condicionada la distribución espacial de los usos y valores de terreno, mientras el modelo de precios hedónicos facilitó señalar y cuantificar el valor en que los predios pueden variar con respecto a la presencia de las actividades industriales.

El modelo de precios hedónicos evidencia la medida en que las actividades del petróleo inciden en el valor del precio del suelo, calculado a partir de la proximidad e intensidad de la presencia de infraestructuras dentro de un predio. Estos resultados pueden ser interpretados en términos de la forma en que influyen en la localización de las actividades económicas distintas a las relacionadas con la actividad petrolera. Como ya se explicó en la sección de análisis de correlación espacial, la localización de las actividades económicas puede interpretarse a partir de las rentas ofertadas, donde las rentas ofertadas para localizarse en un sitio producto de actividades petroleras superan a las de cualquier otra actividad económica y por esta razón predomina y desplaza a otros usos del suelo.

Las variables relacionadas con las actividades petroleras resultaron ser todas significativas para el modelo, es así como la presencia o cercanía a ellas incrementa su valor. Es entonces como un propietario con un predio cerca de estas actividades puede aumentar su valor en función a estas características, aprovechando la condición de renta ofertada por localización, elevando el precio de su predio hasta el máximo ofertado por las actividades industriales; a medida que se requieran áreas los precios pueden aumentar de acuerdo a esta dinámica.

Para comprobar lo anteriormente mencionado se comparó la distribución predial con los usos del suelo. Allí se puede ver como en el eje identificado en el análisis de correlación espacial entre la refinería y el campo La Cira e Infantas, predominan los pastos enmalezados muchos de ellos destinados a la ganadería. En estas áreas es mínima la presencia de cultivos lo que demuestra que la producción agrícola para subsistencia de la población es limitada y la mayoría de productos vienen de municipios aledaños.

Por otra parte los cultivos agroindustriales como la palma de aceite hacen parte de los predios de mayor extensión que se localizan en la periferia del eje entre el campo y la refinería, antes mencionado. Este tipo de actividades vería reducido su valor al ubicarse en estas zonas, debido a que requieren de grandes extensiones para su desarrollo y la fragmentación del terreno debido a las vías y a las infraestructuras de las actividades petroleras no hace posible la producción. Sin embargo, el resultado del modelo de precios hedónicos mostro una relación directa entre el área del predio y el valor, lo que concuerda con el análisis de correlación espacial local donde se muestra que los predios de la periferia que son los de mayor tamaño tienen los valores de suelo más altos y su valor se incrementa por cada hectárea que estos pudieran aumentar.

Teniendo en cuenta la disposición del terreno para actividades económicas agrícolas y que está condicionada por las actividades económicas derivadas de la actividad petrolera, el siguiente análisis se centrará en la localización de otras actividades económicas en el área rural.

Según Méndez (1997): es posible intentar una sistematización, que establece una divisoria fundamental entre los factores de carácter económico, guiados por el principio del beneficio y la búsqueda de ventajas competitivas, y los extraeconómicos, que orientan la localización en función de otro tipo de criterios (psicológicos, sociales, culturales, políticos), cuya importancia relativa ha sido valorada de forma desigual.

Dentro de los factores que Méndez (1997) menciona para la localización de actividades económicas están:

- Los costos de transporte
- Las condiciones ecológicas y recursos naturales
- Población y mercado de trabajo
- Capital e inversión productiva

- Mercado de Consumo
- Externalidades y polarización espacial
- Racionalidad Imperfecta y Factores extraeconómicos

A continuación analizaremos los costos de transporte, las condiciones ecológicas y la población:

#### Los costos de transporte

Uno de los criterios más importantes de localización de las actividades y que ha sido fundamental en el desarrollo de los modelos de localización de actividades económicas son los costos de transporte. La localización de las actividades petroleras en el eje formado entre la refinería y el campo La Cira e Infantas ha fomentado el desarrollo de una red vial densificada para esta área. Como se vio en los resultados del modelo de precios hedónicos, una de las variables que mayor importancia tiene para la construcción del precio del suelo es la densidad de vías que para el caso tiene una incidencia negativa debido a la fragmentación del territorio en las cercanías a los terrenos dedicados a la actividad petrolera, muchas de las vías construidas son para conectar pozos con las vías principales y no son de utilidad para los productores agrícolas. Si bien en este eje los costos de transporte se reducirían debido al acceso a numerosas vías, en este caso el precio se reduce por que los terrenos en estas áreas se reducen para la implementación de actividades agrícolas extensivas.

#### Condiciones ecológicas y recursos naturales

Para el caso de las actividades petroleras es obligatoria la localización próxima al recurso ya que depende de una sola área de aprovisionamiento. Sin embargo las actividades extractivas tienen consecuencias ambientales para otros usos del suelo como los cultivos que necesitan de agua y suelos fértiles para su desarrollo y este tipo de actividades obligan a que estos usos se vean desplazados a otras áreas donde la producción pueda realizarse de forma extensiva e intensiva y pueda tener acceso a recursos naturales sin riesgo de contaminación por los residuos propios de la industria. También puede verse en la superposición entre la capa predial y los usos del suelo que las masas de bosque se ven confinadas a la periferia del campo petrolero y se van perdiendo a medida que avanzan las actividades petroleras.

### Población y mercado de Trabajo

Según Méndez (1997): como factor de producción, la mano de obra influye sobre la localización en función de su costo y su nivel de calificación profesional. Con respecto a ello la mayor parte de la mano de obra empleada en las actividades petroleras reside en el área urbana del municipio, y se desplaza a las áreas de operación de las actividades. En el caso de Barrancabermeja al reducirse las actividades agrícolas y desplazarse a la periferia también se reduce población dedicada a estas actividades y a una concentración de habitantes en las áreas urbanas.

## **4. Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

Dando respuesta a los objetivos de la investigación y teniendo en cuenta las aproximaciones generales a nivel departamental y municipal junto con los resultados del desarrollo metodológico, las conclusiones serán expresadas en el mismo orden en que se presentaron los análisis realizados en los capítulos anteriores.

Teniendo en cuenta los resultados del modelo de regresión y el análisis espacial, se puede afirmar que existe evidencia que comprueba que la presencia de instalaciones dedicadas a actividades económicas relacionadas con la industria petrolera, afectan el comportamiento de las rentas rurales e inciden en la distribución predial y la dinámica del mercado inmobiliario en el área rural del municipio de Barrancabermeja.

Desde la perspectiva de los modelos de localización considerados en la primera sección del documento, se puede concluir que la distribución espacial de las actividades económicas no es comparable por la definida bajo las condiciones generales establecidas en el modelo de Von Thünen, pues la configuración espacial sugiere que no hay únicamente una distribución del suelo en torno a los centros de mercado (áreas urbanas) debido a la importancia que tiene el desarrollo industrial para el municipio, pues la fragmentación del terreno se da también en torno a las instalaciones petroleras. Quiere decir que la organización del territorio en el municipio obedece a condiciones económicas que configuran el espacio de acuerdo al desarrollo industrial y no a dinámicas de crecimiento de las áreas urbanas para el desarrollo socioeconómico.

La localización de la industria en el municipio de Barrancabermeja, entre la refinería y los campos de explotación donde se encuentra el recurso, sugiere una configuración de las actividades similar a la propuesta por Weber, pero con la diferencia que la industria (refinería) donde se procesa la materia prima, se encuentra en el mismo sitio donde se

localizaría el mercado, para el caso corresponde con el centro urbano. Esta condición hace que la localización de las actividades no sea un triángulo entre el centro de comercio, la industria y el recurso si no que configuran un eje entre la refinería y los campos de explotación.

La distribución espacial del suelo está sujeta más a la oferta, en el sentido de la dinámica de la actividad petrolera que es quien determina la demanda del suelo, es decir, que en áreas donde es mayor la presencia de actividades relacionadas con la industria del petróleo no hay competencia por entre usos del suelo.

En términos de la renta, para David Ricardo la renta surge cuando se emplean tierras con fertilidades decrecientes o diferenciales (o debido a localizaciones diferenciales). Este proceso genera grados diferentes de producción por unidad de área incorporada al proceso productivo. Es así como los dueños de las tierras más fértiles (o con mejores localizaciones) perciben más renta a medida que se incorporan más predios lo que permite aumentar la producción. En el caso del petróleo, sin tener en cuenta la condición de la fertilidad diferencial, la renta diferencial surge cuando se ocupan las tierras con localizaciones diferenciadas. Los dueños de las tierras mejor ubicadas perciben más renta a medida que se incorporan más tierras, en este caso para suplir la demanda de tierra por parte de las actividades económicas relacionadas con la renta del petróleo.

El alcance departamental y municipal revela la importancia de las actividades económicas petroleras y el peso que tienen en la economía tanto departamental como municipal. Prueba de ello está en la tendencia creciente en los recaudos de industria y comercio y predial, sin embargo lo esperado sería que la tendencia de ambos recaudos, junto con las cifras de crecimiento poblacional tuvieran un comportamiento proporcional. Las tres variables analizadas crecen en proporciones diferentes, tanto a nivel departamental como municipal, debido a dinámicas económicas distintas. Tal es el caso de Bucaramanga donde la industria manufacturera es la más relevante y en los demás municipios: actividades también manufactureras, construcción de infraestructura y otras ramas de la actividad sobresalen. El municipio de Barrancabermeja por su parte, presenta una dinámica económica particular frente a la capital del departamento y demás municipios, mostrando tendencias crecientes en los recaudos, pero con tasas de crecimiento poblacional casi constantes. El recaudo con mayor crecimiento es el derivado de las actividades de industria y comercio, el cual crece proporcional al predial (aumento

proporcional en la actividad inmobiliaria). Esta diferencia indica que el recurso económico industrial no refleja la dinámica ni inmobiliaria ni poblacional del municipio, y que estos recursos no son aprovechados por la población local. Este supuesto se apoya en los resultados del análisis de hechos estilizados que compara las tres agrupaciones espaciales: Bucaramanga, Barrancabermeja y el resto de municipios del departamento de Santander. Este análisis muestra la baja dinámica urbana del municipio de Barrancabermeja con respecto a las otras unidades analizadas (Bucaramanga y demás municipios de Santander). Sin embargo, el análisis muestra que para el recaudo de industria y comercio no hay una asociación evidente entre la integración de unidades prediales o variaciones en el área rural, en términos de tamaño, integración de predios o aumento en las áreas construidas.

En el área rural, el análisis de hechos estilizados está sujeto a la generalidad de los datos, pues no permite percibir la influencia de la industria sobre el recaudo predial. Partiendo del supuesto que a mayor integración de unidades prediales y a mayor aumento en el recaudo de industria y comercio aumentaría la dedicación de predios a actividades industriales, lo que indica que la dinámica está sujeta a actividades industriales de transformación del recurso y no a la extracción.

Las gráficas del análisis de hechos estilizados para las áreas urbanas, muestran la incorporación de unidades y predios a las áreas urbanas, que para el municipio de Barrancabermeja muestran la baja dinámica urbana en el municipio, comparada con Bucaramanga y el resto de Santander. Si no aumenta el área pero si el recaudo, puede deberse a un fenómeno urbano inmobiliario que no es tan fuerte con respecto a otros municipios, dado que el recaudo predial no varía en la misma proporción que en el resto de municipios de Santander. Esta circunstancia también se debe a fenómenos migratorios de otras ciudades hacia Barrancabermeja, generados por la actividad industrial.

El análisis de correlación espacial demuestra que existe un condicionamiento en la configuración del territorio derivada de la actividad económica petrolera. Esto queda demostrado debido a la existencia de un fenómeno de mercado que restringe la distribución del territorio. El medio empleado por este fenómeno consiste en un mecanismo de formación de la renta que se manifiesta en la distribución predial del área rural, tal y como lo demuestran los mapas de distribución de áreas y valores del suelo

tanto de la configuración espacial del municipio como en los mapas de correlación local. Si bien los gráficos muestran que los precios más altos del terreno son derivados principalmente de su tamaño, también muestran que los precios más bajos se concentran donde se localiza la actividad en el centro del corregimiento. Pero no solo valores bajos de terreno se concentran en el centro del municipio, también hay una agrupación heterogénea de valores del suelo, es decir que los valores del suelo del área analizada, donde se localiza la industria (centro del corregimiento El Centro) no se relacionan con los valores de sus vecinos, es decir que el comportamiento de los valores del suelo están sujetos a la demanda por parte de las actividades económicas industriales, y por ello los valores no se relacionan con los de sus vecinos. Esta condición en el corregimiento El centro es una muestra de la dinámica del mercado inmobiliario en la zona, pues los valores están subordinados a las necesidades de la actividad petrolera.

El comportamiento del mercado se ve reflejado en los resultados del modelo de precios hedónicos, donde la presencia de la infraestructura resulta ser significativa para el precio de terreno. Se infiere entonces que previa a la ocupación del terreno por la actividad económica, el oferente materializa sus expectativas a través del precio del terreno aumentando su valor y, posterior a la ocupación el precio disminuye, al no poder competir con otras actividades económicas mientras haga parte de esta la actividad relacionada con la industria petrolera.

Los precios hedónicos han sido utilizados para analizar los efectos que las diferentes características tienen sobre un bien y como se construye la demanda en función de dichas características. En estos términos, los precios hedónicos fueron empleados para evaluar el impacto de la demanda de predios por parte de las actividades económicas asociadas a la industria del petróleo, en función de sus características de localización, lo que conlleva a la generación de renta. En términos de las rentas de localización, el análisis espacial permitió ver la restricción del mercado inmobiliario por parte de la industria y la distribución de las demás actividades económicas en el área rural, y los precios hedónicos permitieron estimar la medida en que la industria incide sobre el valor del suelo.

El modelo de precios hedónicos arrojó resultados más efectivos cuando se utiliza como variable respuesta el valor de terreno calculado a partir de los datos observados en campo suministrados por Ecopetrol, pues permitió ver un efecto directo de las actividades



relacionadas con el petróleo sobre el valor del terreno. Al utilizar el avalúo catastral como variable respuesta, la significancia de las variables no era evidente, ya que muchos de los valores de la variable respuesta están muy por debajo del valor comercial de los inmuebles. La restricción generada al usar el valor del avalúo como variable respuesta, consiste en que su finalidad es catastral y no comercial por esta razón, el efecto de las variables independientes no refleja el comportamiento real del valor de terreno, como si se logra con los valores comerciales. Prueba de ello es el resultado del primer modelo donde las variables relacionadas con el petróleo no resultaron ser significativas.

Es importante mencionar que muchas de las variables categóricas debieron ser generalizadas, tal fue el caso de los corregimientos y la norma de uso del suelo pues, al incluir numerosas categorías, agregaban ruido a las estimaciones del modelo.

Los resultados del modelo hedónico muestran una influencia de la actividad petrolera sobre el valor de terreno. Como indicio se tiene el aumento en el valor del terreno por la inclusión de un pozo dentro de sus límites, pues, si aumenta la cantidad de pozos en un predio, su valor aumenta considerablemente. Esto demuestra que la actividad económica derivada de la industria del petróleo condiciona la generación de rentas en el área rural. Si bien no modifica por completo las características del predio tales como: la configuración, condiciones agrologicas y de localización de un predio; la sola presencia de la actividad hace que el predio entre en una dinámica económica que afecta la generación de renta y condiciona el mercado inmobiliario. Pero no solo el mercado inmobiliario queda sujeto a las condiciones de la industria, también sucede con la configuración espacial del área rural, en términos de actividades económicas, pues el desarrollo del municipio está sujeto al desarrollo de la industria. Esto se ve reflejado en el enclave donde se localiza el campo La Cira e Infantas, allí se ve la forma en que las unidades prediales y los usos se van fragmentando de acuerdo a las necesidades de la actividad industrial.

## 4.2 Recomendaciones

Análisis como los realizados a lo largo de esta investigación, podrían ser complementados si la información de valores del precio del suelo fuera actualizada periódica y sistemáticamente mediante la implementación de un observatorio inmobiliario, en el municipio de Barrancabermeja. De esta forma, el efecto del precio internacional del

petróleo podría ser relacionado con la dinámica inmobiliaria mediante análisis de datos panel y al combinarlos con las series de tiempo se podría estimar la relación directa de las variaciones del precio del petróleo sobre los precios del suelo.

Para el modelo territorial del municipio se recomienda tener en cuenta el desarrollo de la industria y su impacto en el territorio, pues como se observó durante la investigación, un municipio con las características particulares de Barrancabermeja no sigue un patrón de ocupación bajo los usuales modelos de morfología urbana, caracterizados por tener una distribución monocéntrica. En el caso de Barrancabermeja la distribución del territorio obedece a dinámicas económicas particulares y estas dinámicas fueron, son y serán determinantes para el modelo territorial del municipio.

# **A. Anexo I: Construcción y descripción de variables**

## **Observaciones generales**

Existen predios con localizaciones diferentes pero mismo código predial. Aquellos polígonos correspondientes al mismo código predial pero cuya localización está separada por otra unidad predial, fueron analizados como una unidad independiente.

Algunos polígonos separados por cuerpos de agua o vías que corresponden al mismo predio fueron analizados como una sola unidad.

## **Clasificación de los datos**

Fueron eliminados del presente análisis los predios sin número predial y, posterior al análisis de los datos tanto espacial como documental (registros 1), se omitieron aquellos predios que en el registro 1 no tenían adscrito ningún valor de avalúo.

Avalúo (AV):

Corresponde al valor en pesos de la suma de los avalúos calculados tanto para el terreno y la construcción.

Área de terreno (AT)

Corresponde al área consignada en el registro 1 asociado al polígono que delimita el predio. Este valor se obtiene de la relación entre la capa predial y el registro 1 IGAC. Los registros 1 y 2 del IGAC contienen información jurídica y económica del predio. Las unidades de área para este atributo están en metros cuadrados M<sup>2</sup>.

#### Área de Terreno Calculada (ATC):

Es el área calculada a través de un programa para manejo de información geográfica, en este caso se utilizó ArcGis™. Las unidades de área para este atributo están en metros cuadrados M<sup>2</sup>.

#### Zona Homogénea Física:

La zona homogénea física: como se mencionó en el capítulo 3, corresponde a espacios geográficos con características similares que permitan diferenciarlos de las áreas adyacentes.

Las zonas homogéneas del municipio de Barrancabermeja están divididas en 99 categorías. (Ver figura A-1)

#### Zonas Homogéneas Geoeconómicas:

Como se mencionó en el capítulo 4, son espacios geográficos determinados por zonas homogéneas físicas con valores unitarios similares en cuanto a su precio, según las condiciones del mercado inmobiliario. (Grupo Interno de Trabajo de Gestión de Procesos Catastrales. IGAC, 2010)

Las zonas homogéneas rurales del municipio de Barrancabermeja están divididas en 21 categorías.

#### Corregimiento

Esta variable categórica indica en cuál de los corregimientos está localizado el predio. En el área rural Barrancabermeja está dividida en 6 corregimientos, sin embargo, al realizar una evaluación espacial de los datos se encontró que varios predios se encontraban dentro de las áreas suburbanas, y las áreas de expansión por tal razón fueron incluidas tres categorías más: suelo suburbano, Expansión Galán y Expansión Sur Este. Ver figura A-2.

#### Distancia a Centro Poblados

La variable *distancia a centros poblados* fue medida como la distancia euclidiana desde los centros poblados del municipio hasta los centroides de cada uno de los predios incluidos dentro del análisis. Cada uno de los corregimientos tiene un centro poblado propio, sin embargo, el corregimiento de La Fortuna tiene 3 centros poblados a diferencia de los demás corregimientos, y se incluyó dentro de la medición de la distancia las áreas de expansión Galán y Sur este junto con el área urbana de Barrancabermeja. La distancia a los centros poblados esta medida en metros. (Ver figura A-3)

#### Densidad de Vías

La densidad de líneas de vía fue calculada mediante la herramienta densidad de líneas del software ArcGis 10.0 la cual calcula la densidad de las entidades lineales en la vecindad de cada celda raster de salida. La densidad aproximada se calcula en unidades de longitud por unidad de área. Para este análisis las unidades lineales utilizadas fueron de 1 metro y las unidades de área son de 1 metro cuadrado. Por ende cada pixel se está medido en el número de metros de vía por unidad de área. Para calcular la densidad de línea para cada predio se calculó el valor promedio por pixel de toda el área para establecer la densidad de la cantidad de vías dentro del predio (ver figura A-4).

#### Distancia a drenajes dobles

La distancia aproximada a los drenajes dobles se calculó mediante distancia euclidiana desde los principales drenajes dobles del municipio hasta cada uno de los centroides de cada predio. Solamente se tuvieron en cuenta aquellos polígonos que tuvieran continuidad a lo largo del área rural, conexión con otros drenajes principales o con las ciénagas. La distancia a los drenajes esta medida en metros (ver figura A-5).

#### Distancia a Ciénagas

La distancia aproximada a las ciénagas se calculó desde el límite de cada una de las ciénagas hasta el centroide de cada uno de los predios mediante distancia euclidiana. La distancia fue medida en metros (ver figura A-6).

#### Variables del petróleo

Los resultados de los cruces de información para la obtención de las variables del modelo están sujetos a la calidad de la información, fuente suministrada por diferentes entidades relacionadas en la descripción de cada variable.

Intensidad

PEX

Predio que está dentro o parcialmente dentro de un campo de explotación (PEX). La capa utilizada como referencia para esta variable fue suministrada por la Oficina de Planeación del municipio de Barrancabermeja, cuya vigencia es de 2012 (Ver figura A-7). Se realizó la intersección entre la capa predial y los polígonos de los campos obteniendo como resultado las siguientes categorías:

1 si está dentro o parcialmente dentro de un campo

0 si no está dentro o parcialmente dentro de un campo

NPZ:

Corresponde al número de pozos soportados por un predio. Para obtener este valor se traslaparon las capas de predios y la capa de pozos de la Agencia Nacional de Hidrocarburos disponible en línea (<http://www.anh.gov.co/Asignacion-de-areas/Paginas/Mapa-de-tierras.aspx>) y cuya vigencia es para el año 2015. Para el análisis no se tuvieron en cuenta aquellos pozos cuya fecha de inicio de operación fuera después del 30 de diciembre de 2012. Como resultado se obtuvo el número de pozos dentro de un predio. (Ver figura A-8)

NTB

Son el número de tuberías que soporta un predio en su interior. Para obtener este número se utilizó la capa de información base suministrada por la Oficina de Planeación de Barrancabermeja correspondiente a tuberías. Para el este análisis se usaron las

siguientes líneas: Oleoducto, Poliducto y Combustoleoducto<sup>11</sup>. No se tuvieron en cuenta los propanoductos y los gasoductos. (Ver figura A-9)

#### Proximidad

La proximidad fue medida en términos de las servidumbres que rodean a las infraestructuras relacionadas en este estudio, los pozos y las tuberías.

SPZ: Hace referencia al número de servidumbres relacionadas con los pozos. Las áreas de influencia fueron generadas usando buffers de 100 metros entorno a cada pozo. Cada uno de ellos fue superpuesto con la capa predial y se realizó el conteo del número de servidumbres de pozos dentro de un mismo predio (Ver figura A-10).

STB: Es el número de servidumbres de tuberías dentro de un predio. Las servidumbres fueron creadas a partir de buffers de 30 metros a lado y lado de las tuberías (oleoducto, poliducto y combustoleoducto) que atraviesan cada predio (Ver figura A-11).

---

<sup>11</sup>Oleoducto: las tuberías de hidrocarburos se denominan anteponiendo el nombre del material que transporta seguido por el sufijo ducto. De tal forma un oleoducto es una tubería encargada de transportar el crudo "Gracias a ellos el crudo se puede movilizar para su posterior refinación, procesamiento, exportación y uso" (Oleoducto Bicentenario de Colombia, 2014). Los poliductos son redes de tuberías destinados al transporte de hidrocarburos o productos terminados. A diferencia de los oleoductos convencionales, que transportan sólo petróleo crudo, los poliductos transportan una gran variedad de combustibles procesados en las refinerías (Universidad Complutense de Madrid, 2014). Los combustoleoductos, de otro lado, se encargan de transportar fueloil o combustóleo, que es un aceite combustible residual derivado de la destilación del petróleo crudo, es el combustible líquido más utilizado para la generación de electricidad (Emisiones Atmosféricas de las centrales eléctricas en América del Norte, 2014).

Figura A-1. Mapa de zonas homogéneas Físicas de Barrancabermeja

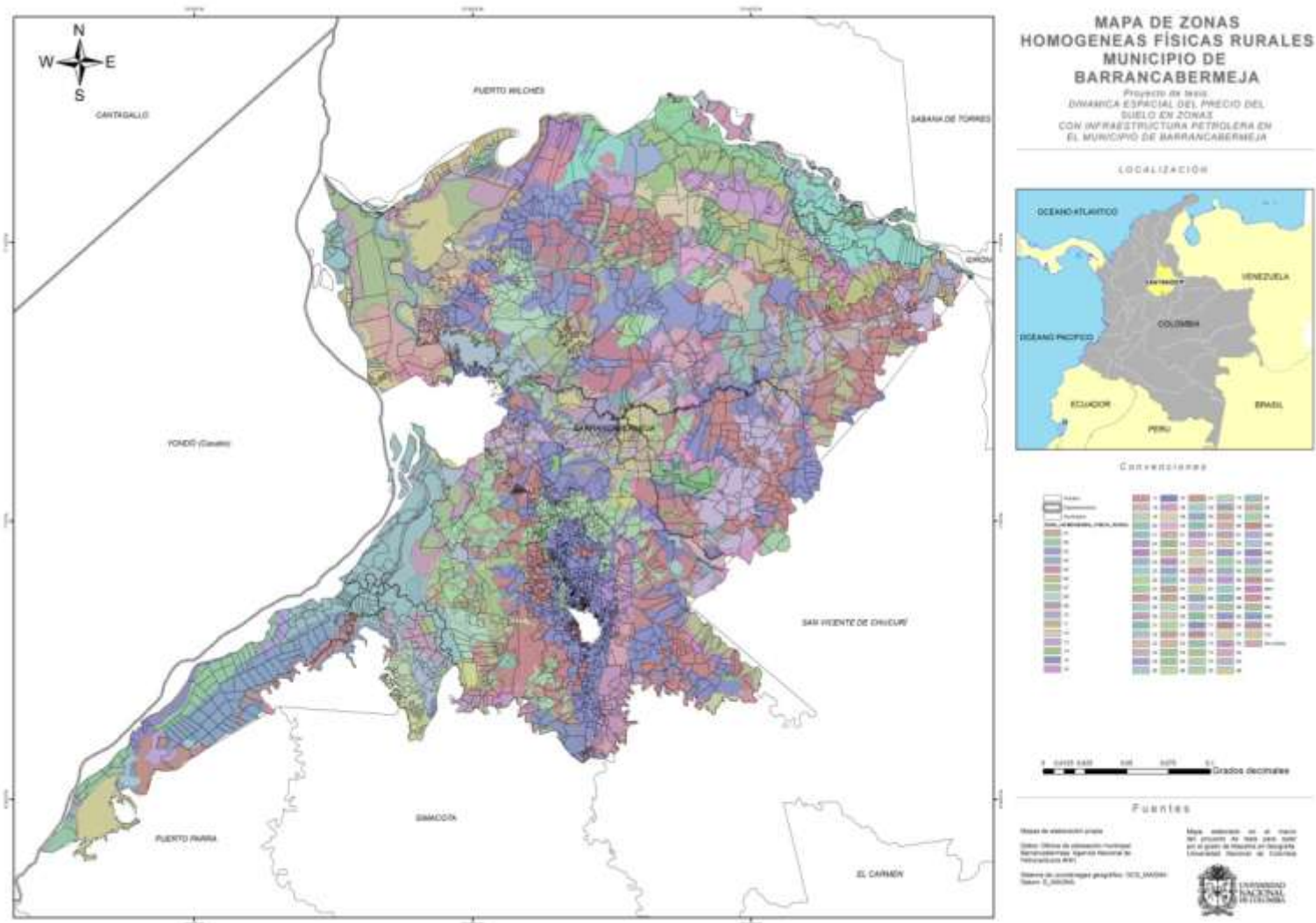
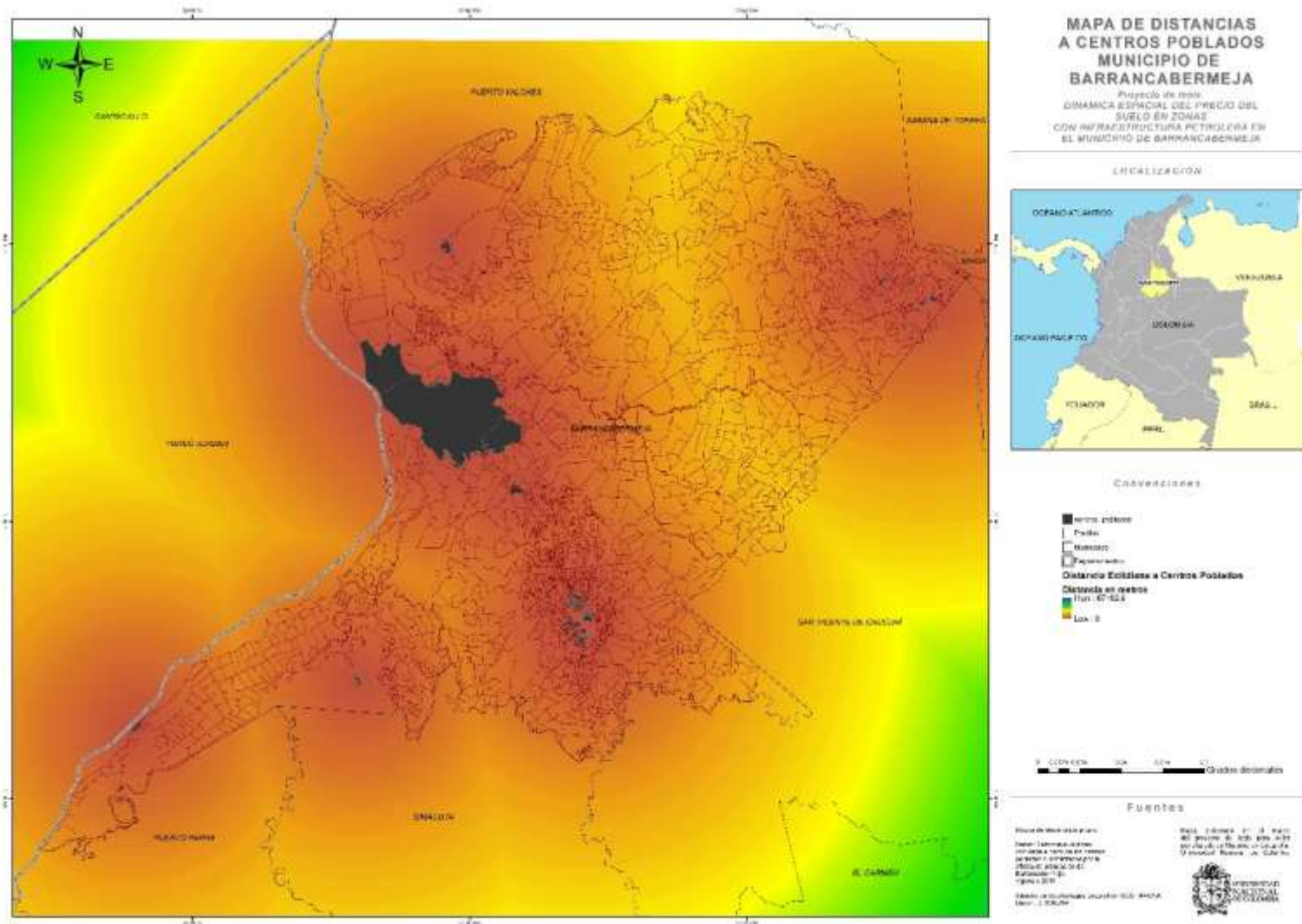






Figura A-3. Mapa de distancia a centros poblados









**Figura A-7.** Mapa de polígonos de explotación en Barrancabermeja

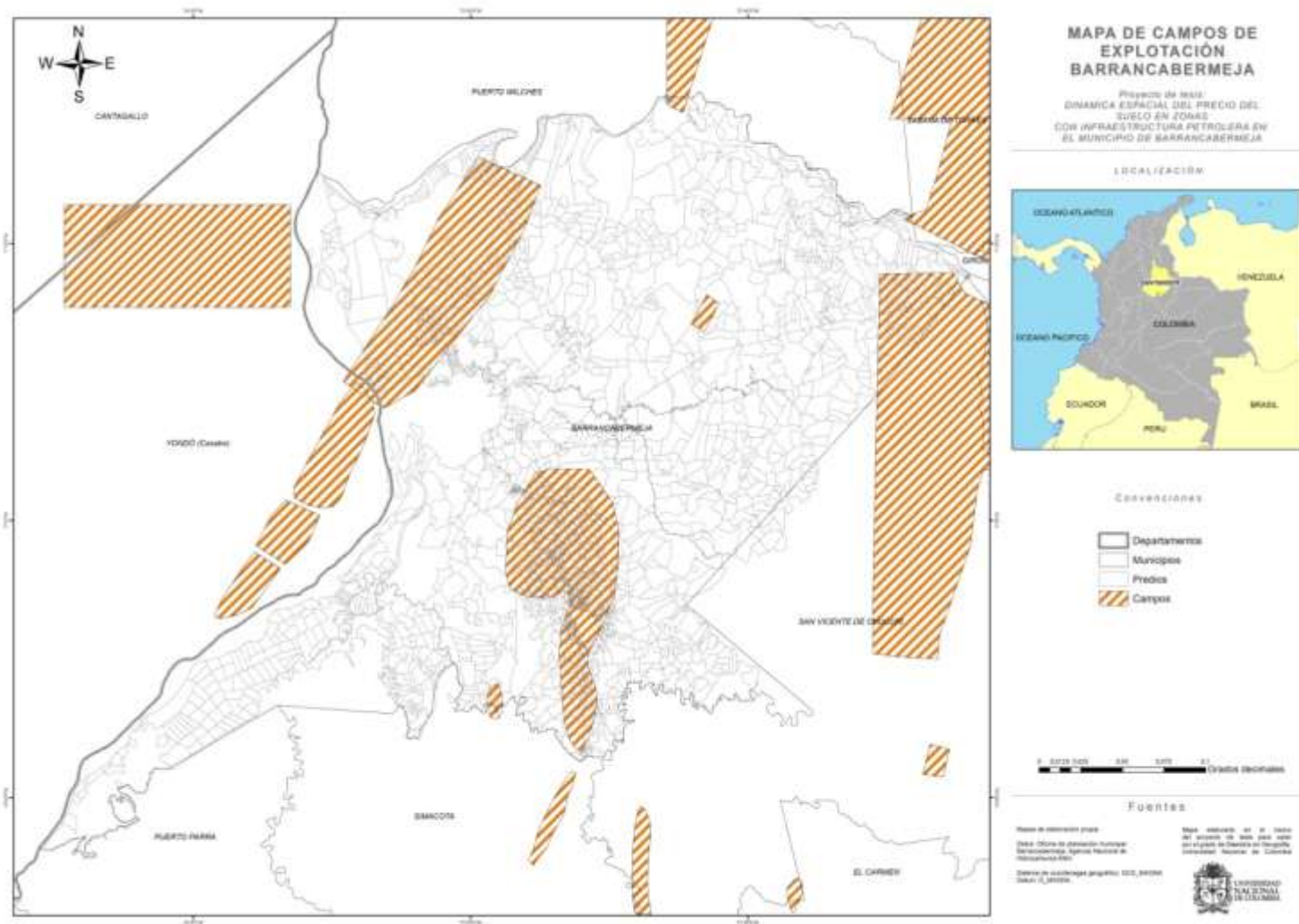


Figura A-8. Mapa de pozos de Barrancabermeja

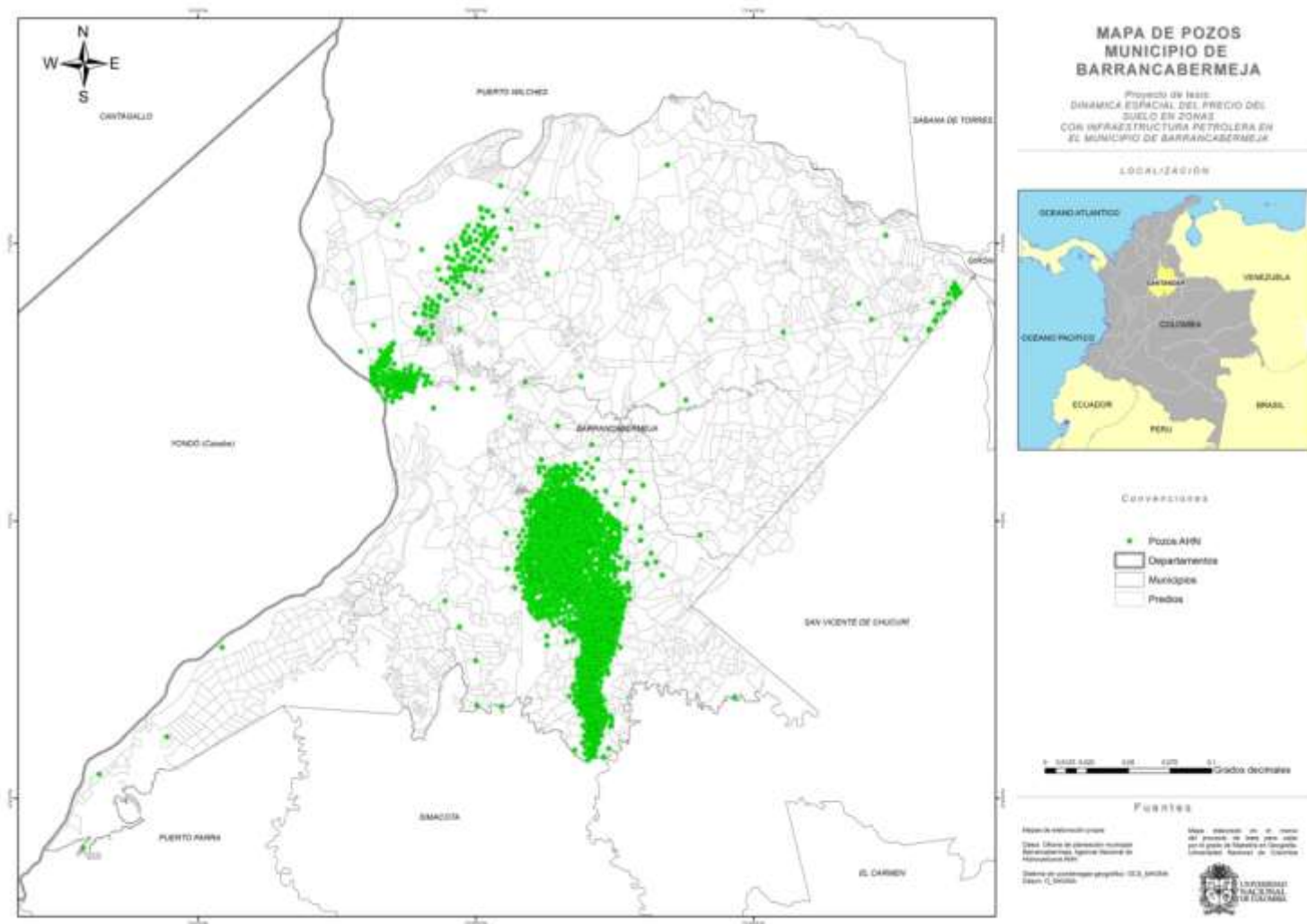
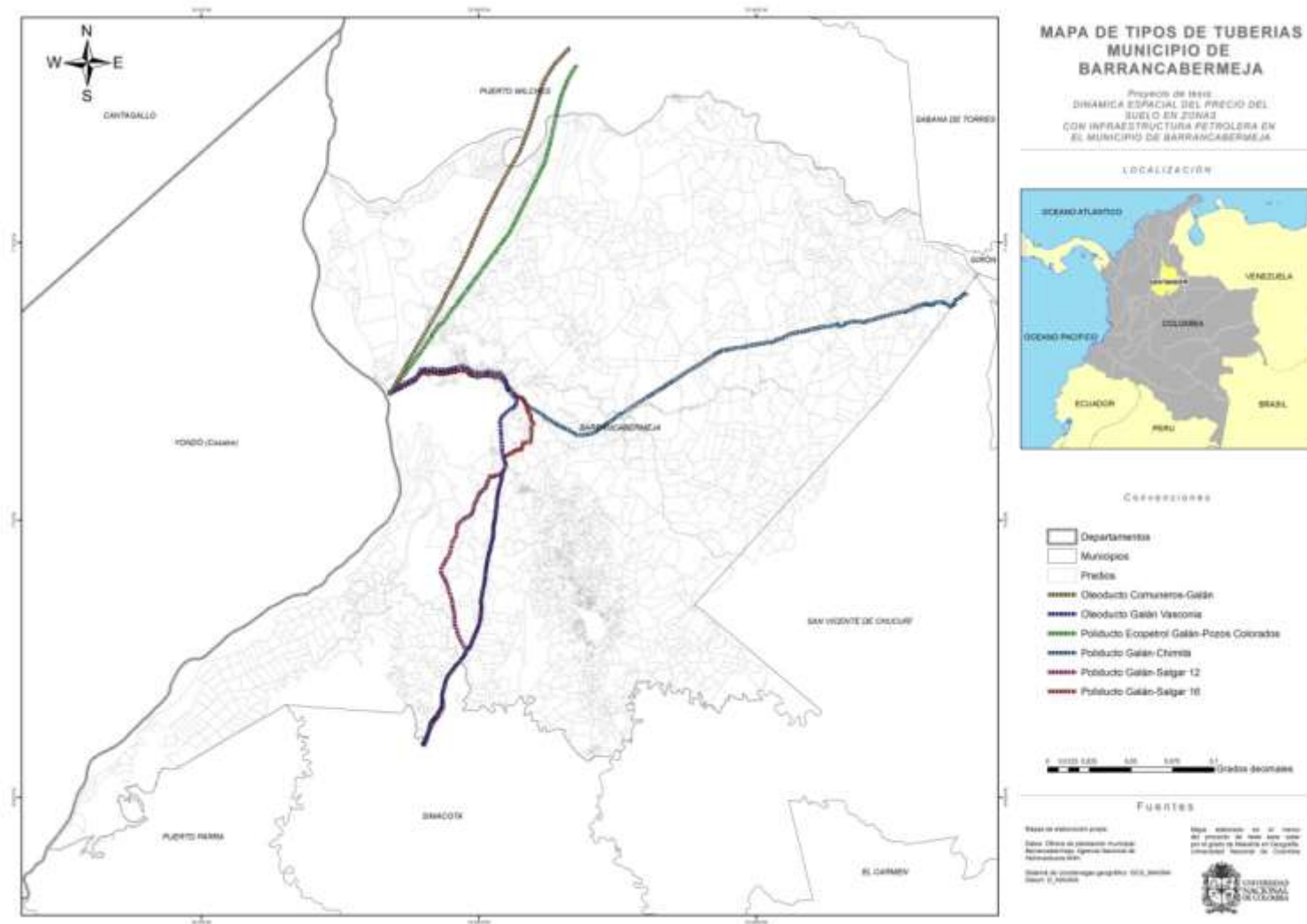


Figura A-9. Mapa de tuberías de Barrancabermeja





**Figura A-10.** Mapa de servidumbres de pozos en el área rural de Barrancabermeja

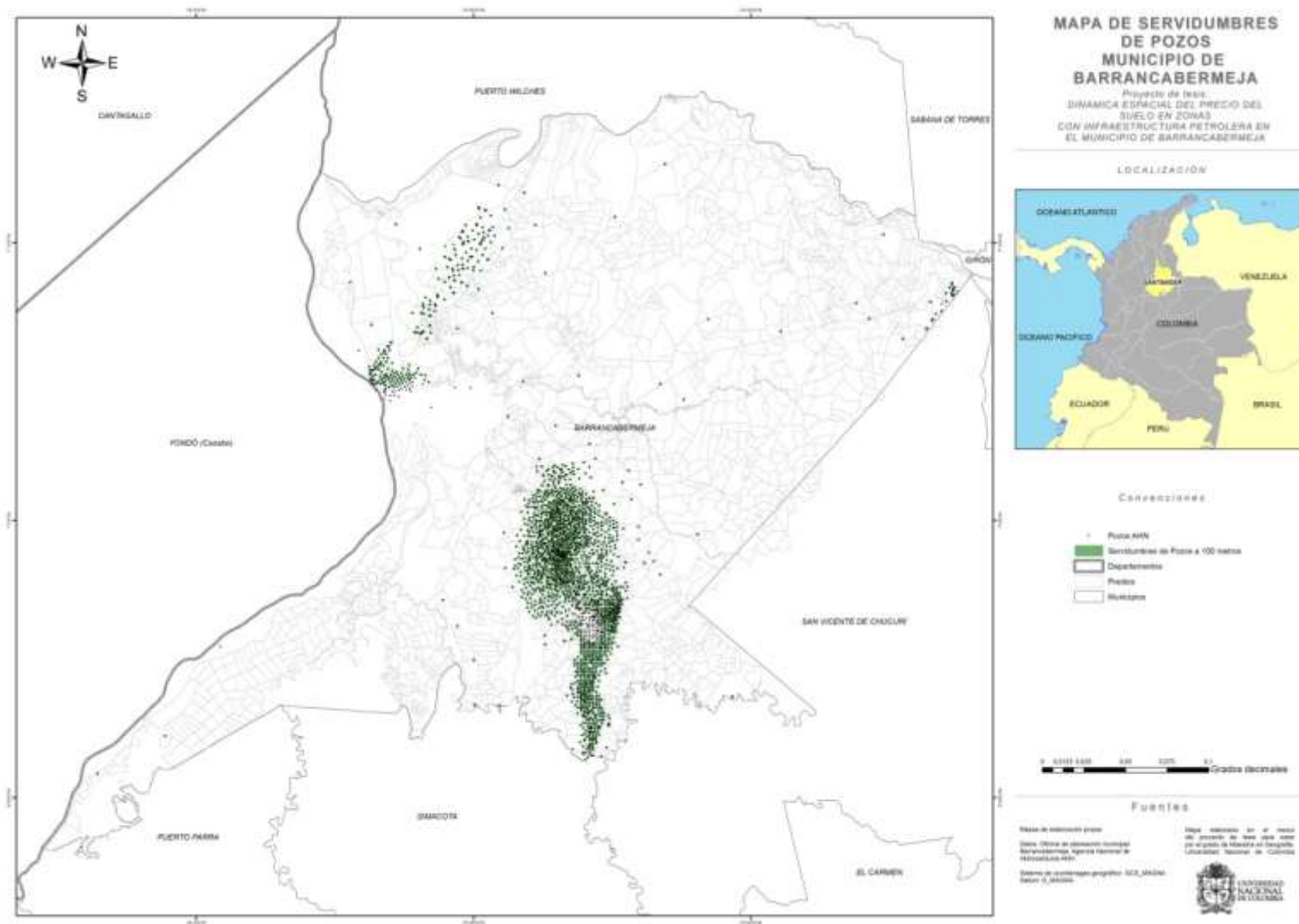
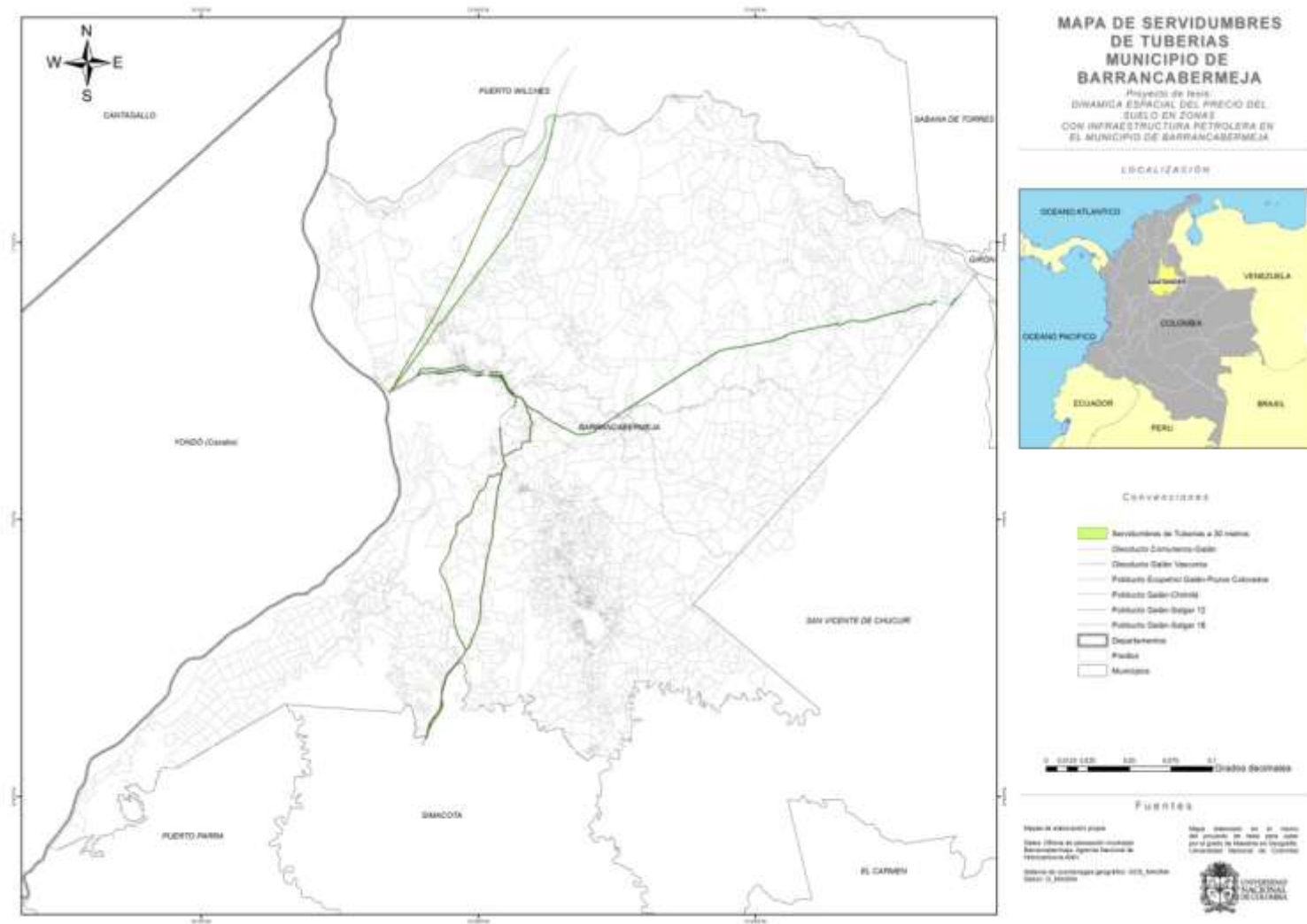


Figura A-11. Mapa de servidumbre de tuberías



## **Normatividad de Uso del suelo**

Normatividad de uso del suelo está establecida en el acuerdo 018 de agosto de 2002 por el cual se adoptó el plan de ordenamiento territorial del municipio de Barrancabermeja, el cual en el Título IV, subtítulo II, Artículos 194 a 198 definen la norma de uso del suelo rural y las restricciones de uso del suelo que deben establecerse para cada categoría. El acuerdo dice:

Artículo 195. De la zonificación y reglamentación del uso del suelo rural.

Los usos del suelo rural se reglamentan a partir de la Zonificación ambiental, definida a continuación, de manera consecuente con sus potencialidades y la significancia ambiental para el territorio.

Artículo 196. De la zonificación ambiental.

Dentro del Municipio se consideran las siguientes categorías de áreas de significancia ambiental,

- Áreas forestales protectoras.
- Áreas forestales protectoras – productoras
- Áreas de interés público e importancia ambiental para el abastecimiento del recurso hídrico.
- Revegetalización de áreas improductivas.

Artículo 197. De la zonificación ambiental de áreas ambientales, rurales y suburbanas.

Constituyen esta categoría los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de oportunidad o por destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas; o por terrenos donde se interrelacionan usos de suelo urbano con el rural y que pueden ser objeto de desarrollo con restricciones de uso, intensidad, y densidad. Dentro del Municipio se consideran las siguientes categorías para la zonificación de áreas rurales y suburbanas.

- Parcelaciones rurales con fines de construcción de vivienda campestre.
- Áreas agropecuarias
- Áreas susceptibles de actividad minera y de hidrocarburos
- Áreas de restauración morfológica

- Áreas de actividad industrial
- Suelo suburbano
- Áreas de recreación

Artículo 198. Del régimen de usos de las zonas ambiental, rurales y suburbanas.

- Áreas forestales protectoras:

Uso Principal: Prevalece el efecto protector.

Usos compatibles: Recreación contemplativa, rehabilitación ecológica e investigación y establecimiento de plantaciones forestales protectoras, en áreas desprovistas de vegetación nativa.

Usos condicionados: Infraestructura básica para el establecimiento de usos compatibles, aprovechamiento de productos forestales secundarios para cuya obtención no requiera cortar árboles, arbustos o plantas en general.

Usos prohibidos: Agropecuarios, industriales, urbanos, institucionales, minería, parcelaciones, loteos para fines de construcción de viviendas y otras que causen deterioro ambiental como la quema y tala de vegetación nativa, la pesca y la caza para comercialización.

- Áreas forestales productoras – protectoras:

Uso Principal: Conservación y establecimiento forestal.

Usos compatibles: Recreación contemplativa, habilitación e investigación controlada.

Usos condicionados: Silvicultura, aprovechamiento sostenible de especies forestales y establecimiento de infraestructura para los usos compatibles.

Usos prohibidos: Agropecuarios, minería, industria, urbanización.

- Áreas de interés público e importancia ambiental para el abastecimiento del recurso hídrico:

Uso principal: Forestal protector con especies nativas

Usos compatibles: Actividad agrosilviculturales y de recreación contemplativa y vivienda campesina con máximo de ocupación del 5% por hectárea.

Usos condicionados: Infraestructura vial, institucionales, equipamiento comunitario.

Usos prohibidos: Plantación de bosques con especies foráneas, explotaciones agropecuarias bajo invernadero, parcelaciones con fines de construcción de vivienda, zonas de expansión urbana y aprovechamiento de recursos naturales renovables.

- Revegetalización de áreas improductivas:

Uso principal: Plantación, mantenimiento forestal y agrosilvicultura.

Usos compatibles: recreación contemplativa, rehabilitación ecológica e investigación de las especies forestales y de los recursos naturales en general.

Usos condicionados: Actividades silvopastoriles, aprovechamiento de plantaciones forestales, minería, parcelaciones para construcción de vivienda, Infraestructura para el aprovechamiento forestal e infraestructura básica para el establecimiento de usos compatibles.

Usos prohibidos: Industriales diferentes a la forestal, Urbanizaciones o loteos para construcción de vivienda en agrupación u otros usos que causen deterioro al suelo y al patrimonio ambiental, cultural e histórico del Municipio.

- Áreas agropecuarias:

Usos principales: Agropecuario tradicional y forestal. Se debe dedicar como mínimo el 20% del predio para uso forestal protector productor, para promover la formación de bosques productores protectores.

Usos compatibles: Vivienda del propietario y trabajadores, establecimientos institucionales de tipo rural, granjas avícolas, cunículas y Silvicultura.

Usos condicionados: Cultivos de flores, granjas porcinas, recreación, vías de comunicación, infraestructura de servicios, agroindustria, parcelaciones rurales.

Usos prohibidos: Usos urbanos y suburbanos, industria transformadora y manufacturera.

- Áreas de restauración morfológica:

Usos principales: Adecuación de suelos con fines de restauración morfológica y rehabilitación.

Usos compatibles: Otros usos que tengan como finalidad la rehabilitación morfológica y la restauración.

Usos condicionados: Silvicultura, agropecuarios, urbanos y suburbanos, vivienda, institucionales, Recreacionales y vías.

Usos prohibidos: Todo aquel que no se relacione con la rehabilitación.

- Áreas de actividad industrial:

Usos principales: Industrias con procesos en seco que no generen impacto ambiental y sanitario sobre los recursos naturales y en el área de influencia directa.

Usos compatibles: Industrias y actividades de mediano impacto ambiental, sobre los recursos naturales y el entorno inmediato.

Usos condicionados: Industrias y actividades que generen impactos ambientales que pueden ser mitigados y controlados.

Usos prohibidos: Vivienda, suburbanos, parcelaciones rurales y centros vacacionales.

- Suelo suburbano:

Usos principales: Agropecuario y forestal.

Usos compatibles: Servicios comunitarios de carácter rural.

Usos condicionados: Construcción de vivienda de baja densidad, corredores urbanos interregionales.

Usos prohibidos: Urbano.

- Áreas de recreación:

Usos principales: Recreación masiva, cultural, centros vacacionales turismo y similares.

Usos compatibles: Embalses, restauración ecológica, vías de comunicación, y servicios públicos necesarios para los usos principales.

Usos condicionados: Agropecuario tradicional y mecanizado, parcelaciones vacacionales y condominios.

Usos prohibidos: Agricultura mecanizada, cultivos bajo invernadero, minería en general, usos industriales, urbanos y suburbanos.

Para establecer la norma de uso de cada uno de los predios se revisó la información cartográfica existente relacionada con las categorías mencionadas en el acuerdo. La norma de uso del suelo tiene como eje central la zonificación ambiental. Se tomó como base el shape de la zonificación y se cruzó con las demás categorías de norma de uso (Parcelaciones, actividades industriales, áreas agrícolas, etc.). Cada categoría se encontró en una capa separada y que en algunas zonas se superponían con las categorías de protección ambiental. Por tal razón se unió toda la información de las categorías de normatividad de uso del suelo y se realizó una edición de las áreas superpuestas, dando prioridad a las áreas forestales protectoras, las ciénagas y las áreas de protección de la fauna. Se realizó la construcción de la variable de norma de uso del suelo con el Acuerdo de 2002, puesto que al evaluar el acuerdo de revisión del plan de ordenamiento del año 2011, el mapa de Zonificación Ambiental de suelo rural y suburbano se mantenía vigente (Artículo 2 del acuerdo del 05 09 de 2011, en el cual se resumen los mapas vigentes y derogados en la revisión).

## B. Anexo II: Estadísticas descriptivas de las variables seleccionadas para la construcción del precio del suelo mediante el método de precios hedónicos

Con el fin de explorar la distribución de las variables como aproximación para evaluar la influencia de las variables relacionadas con la actividad petrolera y el precio del suelo, a continuación se resumen las estadísticas descriptivas de las variables previamente seleccionadas. Las estadísticas descriptivas realizadas en este apartado son medidas de tendencia central y de dispersión para observar la distribución de las variables y describir el comportamiento de cada una de ellas.

**Tabla B-1.** Estadísticas descriptivas Avalúo

<i>AVALUO</i>	
Media	22242109,17
Error típico	1199025,355
Mediana	4968500
Moda	1889000
Desviación estándar	67081155,64
Varianza de la muestra	4,49988E+15
Curtosis	109,9029714
Coficiente de asimetría	8,779092433
Rango	1344040700
Mínimo	3300
Máximo	1344044000
Suma	69617801700
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	2350955,907

**Estadísticas descriptivas para los atributos del predio y condiciones locales relacionadas con la actividad petrolera para la construcción del precio del suelo**



## Anexo A. Construcción de Variables

**Tabla B-2.** Estadísticas descriptivas:  
Área Terreno

<i>AT</i>	
Media	368840,829
Error típico	17040,648
Mediana	62500
Moda	680000
Desviación estándar	953362,96
Varianza de la muestra	9,089E+11
Curtosis	116,041794
Coefficiente de asimetría	8,51877615
Rango	19869975
Mínimo	25
Máximo	19870000
Suma	1154471794
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	33411,9808

**Tabla B-3.** Estadísticas descriptivas del  
área de terreno calculada

<i>ATC</i>	
Media	356218,3708
Error típico	17970,19792
Mediana	64101,74455
Moda	#N/A
Desviación estándar	1005367,934

**Tabla B-5.** Estadísticas descriptivas  
distancia centros poblados

<i>DCP</i>	
Media	3599,15175
Error típico	64,15293282
Mediana	2631,584595
Moda	0
Desviación estándar	3589,125828
Varianza de la muestra	12881824,21
Curtosis	0,96887445

Varianza de la muestra	1,01076E+12
Curtosis	355,4985329
Coefficiente de asimetría	13,90908664
Rango	32303360,39
Mínimo	26,682377
Máximo	32303387,08
Suma	1114963501
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	35234,57012

**Tabla B-4.** Estadísticas descriptivas del  
área construida

<i>AC</i>	
Media	52,1715655
Error típico	1,93576109
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	108,29887
Varianza de la muestra	11728,6452
Curtosis	97,3137047
Coefficiente de asimetría	6,58279401
Rango	2496
Mínimo	0
Máximo	2496
Suma	163297
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	3,79549019
Coefficiente de asimetría	1,239547494
Rango	16925,39453
Mínimo	0
Máximo	16925,39453
Suma	11265344,98
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	125,7860943

**Tabla B-6.** Estadísticas descriptivas  
Densidad de vías

<i>DV</i>	
-----------	--

Media	0,00388317
Error típico	4,2382E-05
Mediana	0,0035255
Moda	0
Desviación estándar	0,00237113
Varianza de la muestra	5,6222E-06
	-
Curtosis	1,34604263
Coefficiente de asimetría	0,08990799
Rango	0,008897
Mínimo	0
Máximo	0,008897
Suma	12,154312
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	8,31E-05

**Tabla B-7.** Estadísticas descriptivas  
Distancia drenajes dobles

<i>DD</i>	
Media	3188,918867
Error típico	33,67535176
Mediana	3412,434815
Moda	0
Desviación estándar	1884,014798
Varianza de la muestra	3549511,759
Curtosis	-1,17049963

Coefficiente de asimetría	-0,18757187
Rango	7747,85791
Mínimo	0
Máximo	7747,85791
Suma	9981316,052
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	66,0280175

**Tabla B-8.** Estadísticas descriptivas  
Distancia a cuerpos de agua

<i>DCCA</i>	
Media	7447,32153
Error típico	90,4140744
Mediana	6905,91699
Moda	0
Desviación estándar	5058,34224
Varianza de la muestra	25586826,2
Curtosis	0,91356049
Coefficiente de asimetría	0,93492242
Rango	25092,207
Mínimo	0
Máximo	25092,207
Suma	23310116,4
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	177,276904

**Estadísticas descriptivas para los atributos relacionados con las actividades económicas petroleras en el área rural del municipio de Barrancabermeja**

**Tabla B-9.** Estadísticas descriptivas  
Número de Pozos

<i>NPZ</i>	
Media	0,84792332
Error típico	0,05514226
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	3,08501111
Varianza de la muestra	9,51729354
Curtosis	178,795172
Coefficiente de asimetría	10,0894882
Rango	81
Mínimo	0
Máximo	81
Suma	2654
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	0,10811867

**Tabla B-10.** Estadísticas descriptivas  
Número de tuberías

<i>NTB</i>	
Media	0,084984026
Error típico	0,007338254
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	0,410548919

Varianza de la muestra	0,168550415
Curtosis	48,1770734
Coefficiente de asimetría	6,283395424
Rango	6
Mínimo	0
Máximo	6
Suma	266
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	0,014388279

**Tabla B-11.** Estadísticas descriptivas  
Servidumbre Pozos

<i>STB</i>	
Media	0,099680511
Error típico	0,007806848
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	0,436765063
Varianza de la muestra	0,19076372
Curtosis	41,04405096
Coefficiente de asimetría	5,797235437
Rango	6
Mínimo	0
Máximo	6
Suma	312
Cuenta	3130
Nivel de confianza (95,0%)	0,015307062

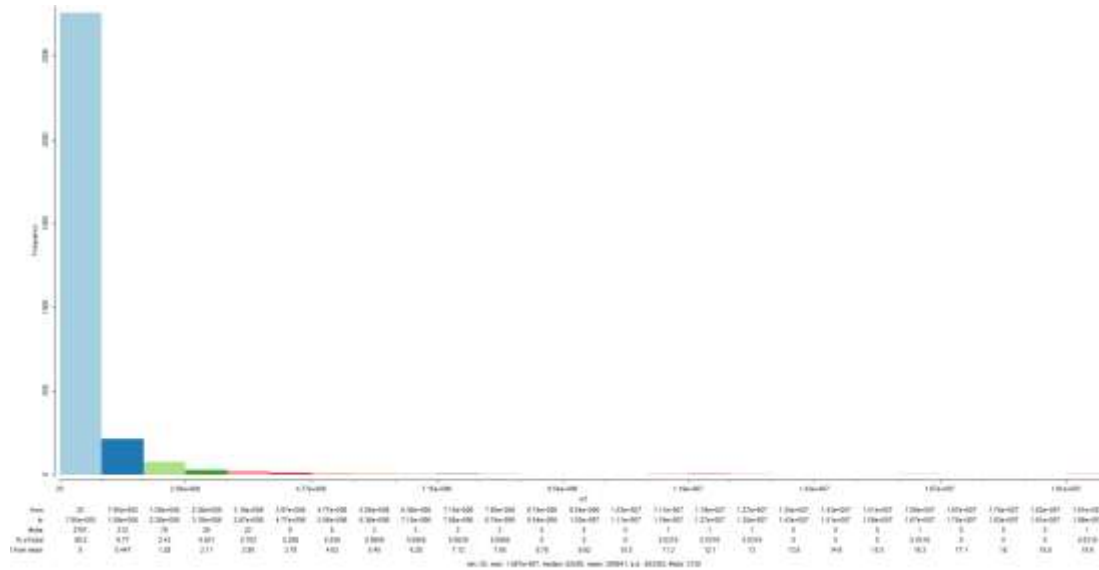
### **Distribución de las variables seleccionadas para la construcción del modelo de precios hedónicos del precio del suelo en el área rural del municipio de Barrancabermeja**

Los histogramas representan la agrupación de las observaciones en diferentes clases. Los histogramas de las variables continuas fueron calculados en el programa Geoda, mientras que los histogramas de las variables categóricas fueron calculados haciendo la agrupación de los datos en el software ArcGis.

Los histogramas generados en Geoda calculan la distribución de los datos para cada clase, además del porcentaje que agrupa cada clase junto con el valor de la desviación estándar. También estima las estadísticas descriptivas de la variable, sin embargo, estas fueron calculadas nuevamente mediante otro software. Los histogramas de las variables categóricas solamente muestran la agrupación de los datos en clases.

### **Distribución de los avalúos prediales para el área rural de Barrancabermeja**

Como puede observarse en la figura B-1. La variable dependiente muestra una concentración de observaciones entre los valores de avalúo que se encuentran entre los 3300 y los 53.800.000 pesos, un total de 2857 predios de una muestra de 3130 predios que corresponde al 91.3% de los datos analizados. Esta distribución indica la presencia de datos atípicos, lo que coincide con predios de gran extensión al norte del municipio donde se desarrollan proyectos agroindustriales. La siguiente clase de la variable avalúo agrupa aquellos predios cuyo valor oscila entre los 53.800.000 y los 108.000 millones de pesos la proporción de los datos agrupados en este valor es solamente del 4.22% (132 predios). El resto de las observaciones solamente equivalen al 4.35%. (Ver figura B-1)

**Figura B-1.** Distribución de la variable dependiente AV - AVALÚO

### Distribución de las variables continuas asociadas a la localización de los predios

Los histogramas de las variables de localización se pueden caracterizar en tres grupos, las tres primeras variables hacen referencia a características de área tanto de la extensión de los predios como del área construida (AT, ATC y AC). La siguiente agrupación estaría conformada por las variables categóricas que resumen las características físicas y económicas del predio. Dichas variables son las zonas homogéneas físicas y las geoeconómicas (ZHF\_1, ZHG\_1, ZHF\_2 y ZHG\_2). Por último, las variables de proximidad tales como las distancias a los centros poblados, drenajes dobles, ciénagas, y la densidad vial conformarían el último conjunto.

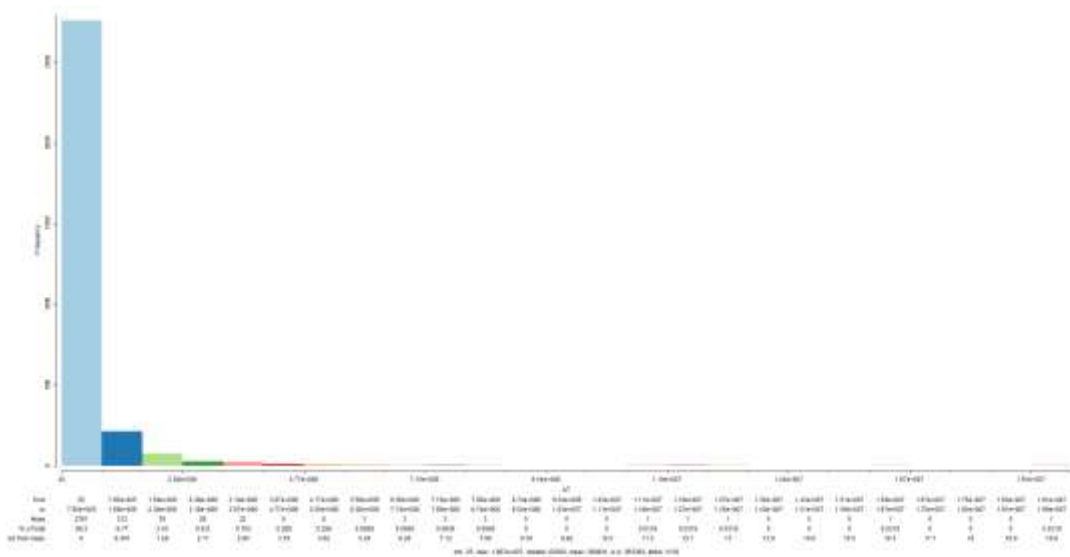
El primer grupo de variables refleja un comportamiento similar al de la variable dependiente, con una alta concentración en la primera clase. Para la variable AT (ver figura B-2), como se mencionó en la descripción de las variables, corresponde al área de terreno consignada en el registro 1 del IGAC. El 88.2% de los predios tienen un área comprendida entre los 25 y 795000 metros cuadrados, lo cual evidencia nuevamente la presencia de datos atípicos que contrastan con diferentes porciones de predios adquiridos para la localización de infraestructura y pequeñas parcelaciones en los

diferentes corregimientos contra predios de gran extensión destinados a las actividades agroindustriales

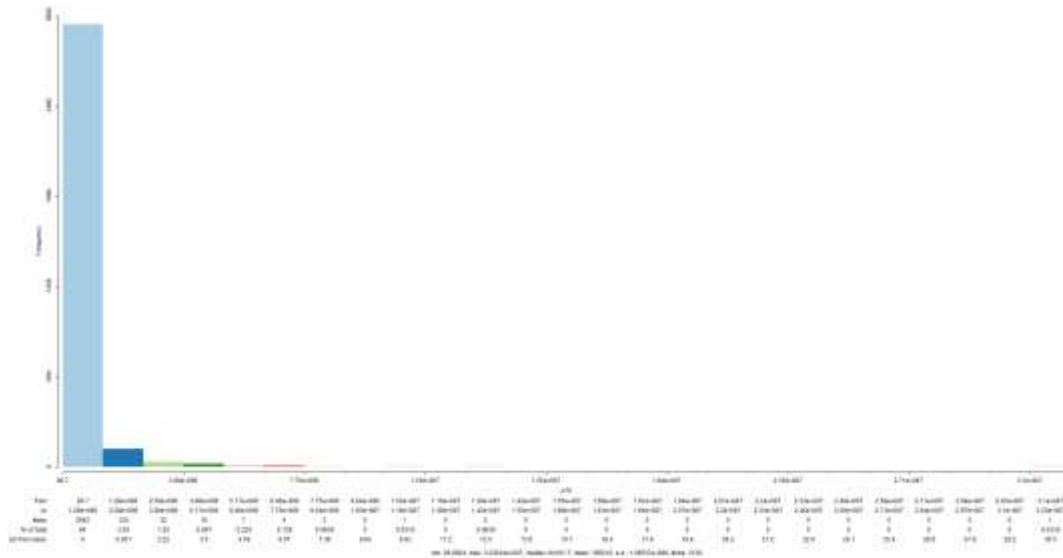
La distribución de la variable ATC (ver figura B-3) es el área de terreno calculada que difiere sustancialmente, en algunos casos, del valor del área del Registro 1. De forma similar a la distribución de la variable AT, el histograma refleja una alta concentración (94%) de predios en la primera clase, comprendida en predios cuyas áreas van desde los 26.7 hasta los 1290000 metros cuadrados. Existe un valor atípico en términos de área, este predio tiene una extensión superior a los 31000000 de metros cuadrados localizado en el corregimiento del Llanito. Las clases siguientes que van de los 1290000 a los 14200000 solamente concentran el 5.42%.

El histograma del área construida (ver figura B-4) muestra la misma concentración de predios en la primera clase, cuyas áreas construidas van desde los 0 a los 98.8 metros cuadrados correspondientes al 82.1% (2571 predios en total). El histograma muestra la presencia de un dato atípico que registra un área construida de 2496 metros cuadrados.

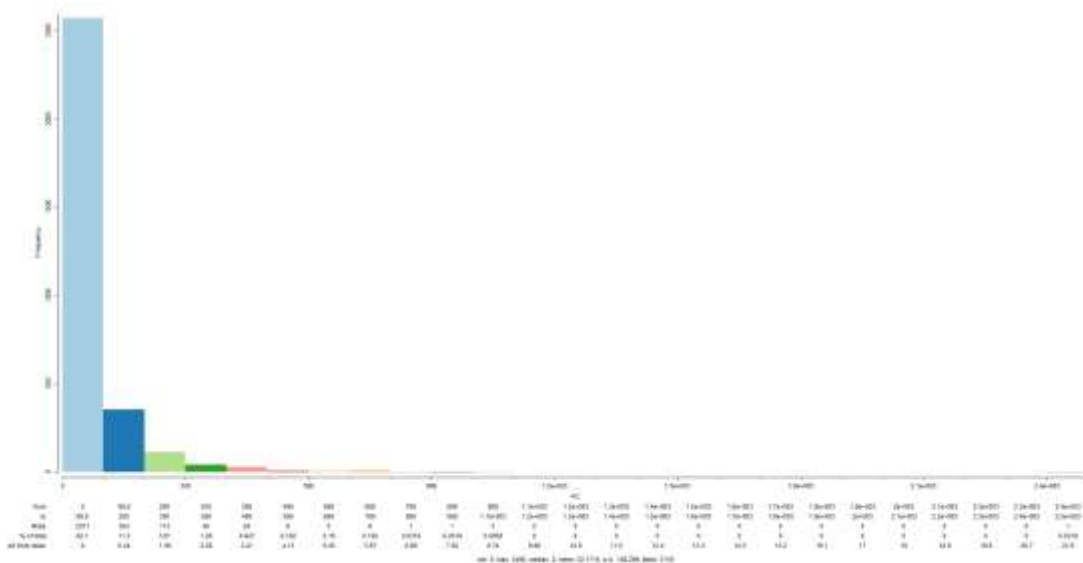
**Figura B-2.** Distribución de la variable Área de Terreno AT



**Figura B-3.** Distribución de la variable Área de Terreno Calculada ATC



**Figura B-4.** Distribución del Área Construida



**Distribución de las variables categóricas asociadas a características físicas de los predios**

En términos de las variables categóricas, a diferencia de las variables de localización que abarcan las características de tamaño de los predios, estas variables tienen

distribuciones un poco menos concentradas en una sola categoría. Las zonas homogéneas se dividieron en dos para cada predio debido a que un predio puede estar separado en dos zonas diferentes, la zona homogénea 1 (ZHF\_1) corresponde a la que mayor extensión del predio, y de la misma forma la zona homogénea 2 (ZHF\_2) que corresponde a la zona de mayor extensión que le sigue a la primera. El mismo ejercicio se realizó para la distribución de las zonas homogéneas geoeconómicas (ZHG\_1 y ZHG\_2).

La mayor concentración de predios de la zona homogénea de mayor extensión (ZHF\_1, ver figura B-5) de cada predio es la zona homogénea 71, en ella recaen la mayoría de los predios dedicados a actividades petroleras de la vereda El Centro. De 1837 predios de la vereda, 1056 tienen como zona homogénea principal la número 71. Las características de la zona se resumen en la tabla B-12

**Tabla B-112** Características de la zona homogénea 1

<b>Características</b>	<b>Leyenda</b>
Unidad Climática	Clima Húmedo
Pendiente	No reporta
Valor potencial	38
Influencia Vial	Vías Regulares
Uso del suelo	Pastos Mejorados - Maleza
Disponibilidad de Aguas	Aguas Suficientes
Norma	Cultivo Semilimpio-Cultivo Denso-Sistema silvopastoril-Bosque Protector

La siguiente zona en concentración de predios es la zona identificada como 99L, la cual abarca 297 predios; seguida por las zonas 72 con 288, 75 con 186, y 69 con 100 predios.



Estas cinco principales zonas homogéneas engloban el 61.57% del total de los predios seleccionados para el análisis.

De los 3130 predios incluidos en el análisis, 1728 tienen algún tipo de infraestructura o están afectados por una (servidumbre, pozo o tubería), de los cuales 870 corresponden a la zona homogénea 71, 239 a la zona 99L, 156 a la 75 y 150 a la 72.

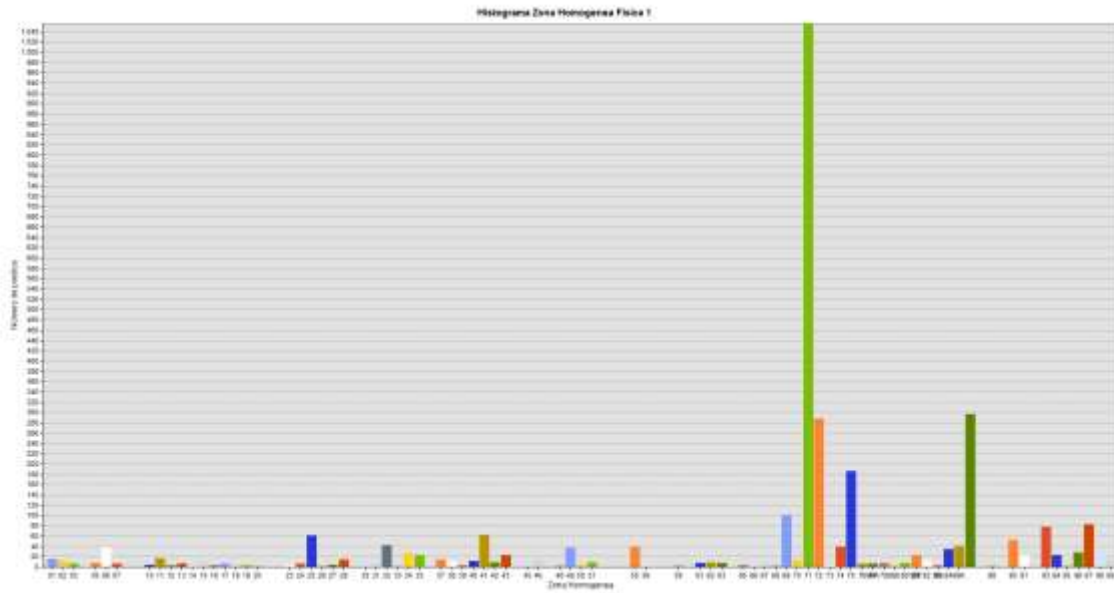
En cuanto a la segunda zona (ver figura B-7) que cubre cada uno de los predios la zona predominante es nuevamente la zona identificada como 71, teniendo en cuenta que la mayor concentración de predios es de 0 debido a que la mayoría solamente está dentro de una zona homogénea.

Si bien las zonas homogéneas físicas reportan un uso del suelo agrícola, ni en la norma ni en el uso del suelo estos predios identifican la actividad económica, soportada en algunos de los predios que para el análisis es la actividad petrolera.

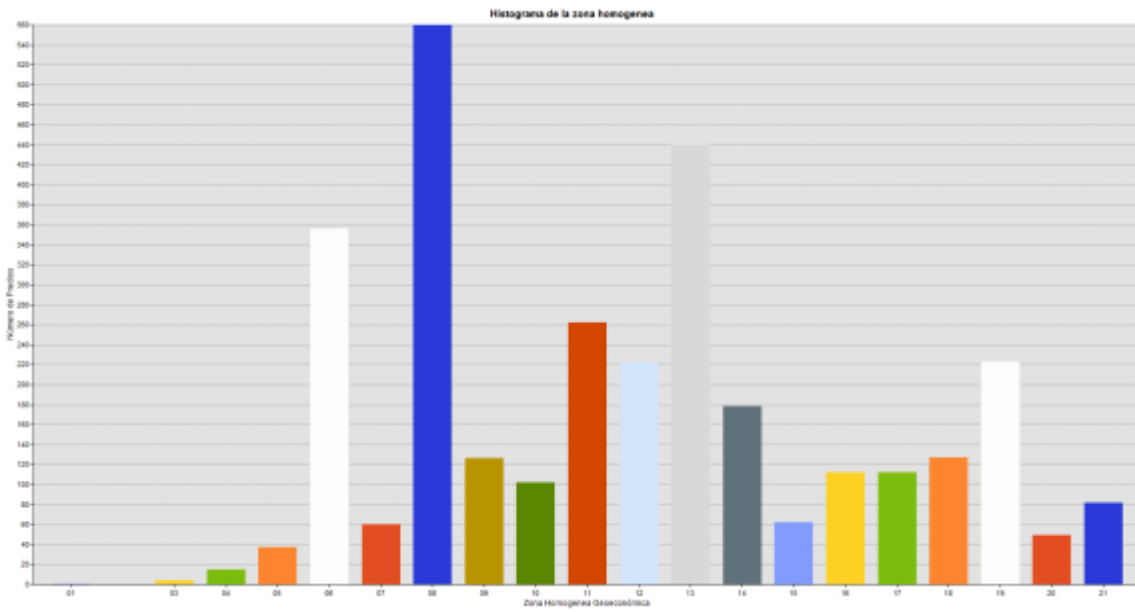
De igual forma que las zonas homogéneas geoeconómicas fueron distribuidas en dos grupos de acuerdo a la extensión de la zona dentro del predio. La mayor cantidad de predios concentrados en la variable zona geoeconómica ZHG\_1 (ver figura B-6) están en la zona 8 con 560 predios, seguido de la zona 13 con 440 predios, la zona número 6 con 356. La distribución de las zonas geoeconómicas es menos concentrada que las zonas homogéneas físicas debido a que una zona geoeconómica puede abarcar más de una zona homogénea física, y las zonas geoeconómicas son establecidas de acuerdo al mercado inmobiliario. Por tal razón, los valores de dos zonas físicas pueden ser el mismo y ser agrupadas dentro de una misma zona geoeconómica.

En cuanto a la zona homogénea geoeconómica 2 ZHG\_2 (ver figura B-8), la distribución está concentrada en predios con una sola zona que correspondería a la principal (1563), es decir que la extensión del predio no está repartida en dos zonas geoeconómicas. La zona geoeconómica con mayor número de predios es la número 19 con 189 predios, seguida de las zonas 18, 08, 13 y 10 con 163, 146, 124 y 103 predios respectivamente.

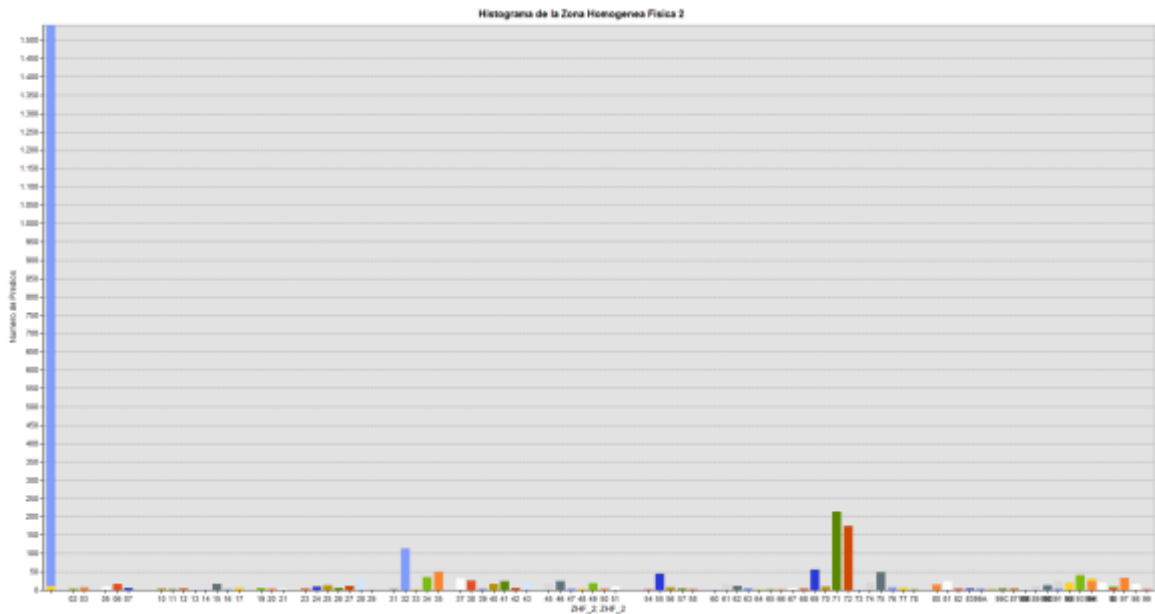
**Figura B-5.** Distribución de la Zona homogénea física 1 (ZHF\_1)



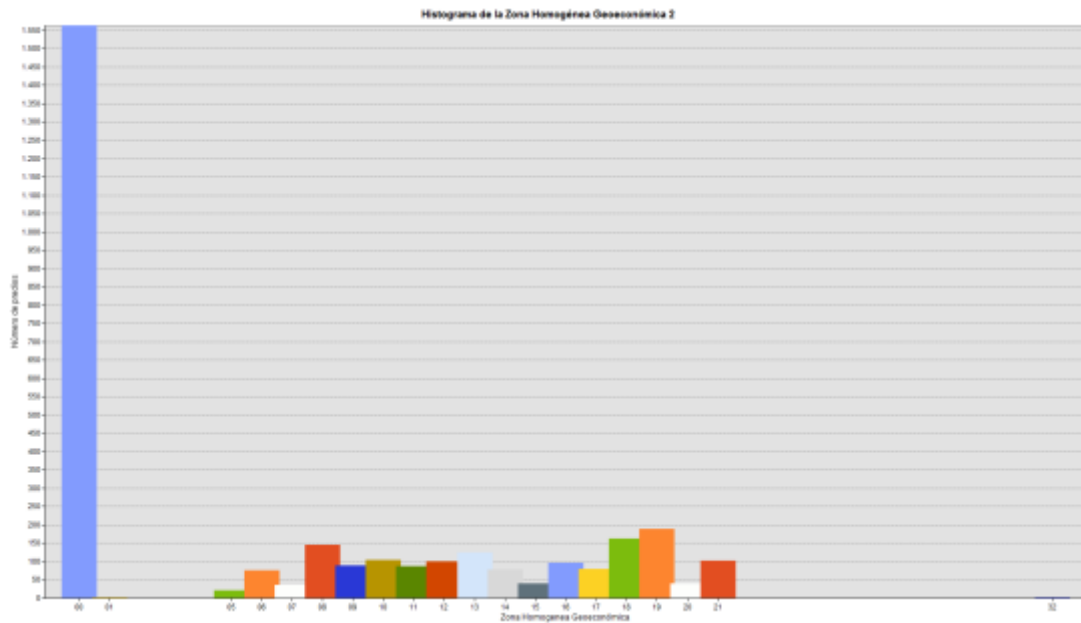
**Figura B-6.** Distribución de la Zona Homogénea Geoeconómica 1 (ZHG\_1)



**Figura B-7.** Distribución de la Zona Homogénea Física 2 (ZHF\_2)



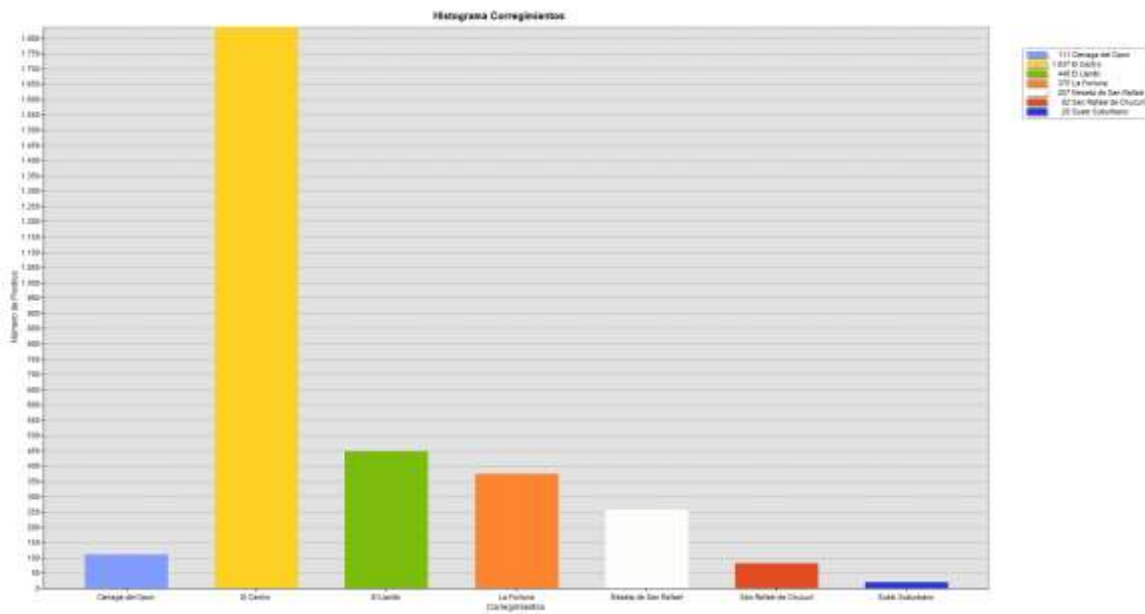
**Figura B-8.** Distribución de la variable Zona Homogénea Geoeconómica (ZHG\_2)



La división de predios por corregimiento (ver figura B-9) evidencia que la mayor concentración de predios corresponde al corregimiento de El Centro con un total de 1837 predios, seguido por el corregimiento El Llanito con 448 predios y La Fortuna con 375 predios. Los corregimientos restantes suman un total de 470 predios. De los 1837

predios, 1501 tienen algún tipo de infraestructura o están afectados por una servidumbre, lo cual demuestra la importancia de la actividad en este corregimiento. De otro lado el corregimiento El Llanito, de sus 448 predios, 109 tiene la influencia de la actividad petrolera. Estos dos corregimientos concentran el 73% de los predios incluidos en el análisis y de esta proporción, el 70% de los predios de ambos corregimientos está dedicado o se encuentra afectado por algún tipo de actividad petrolera.

**Figura B-9.** Distribución de predios por corregimiento



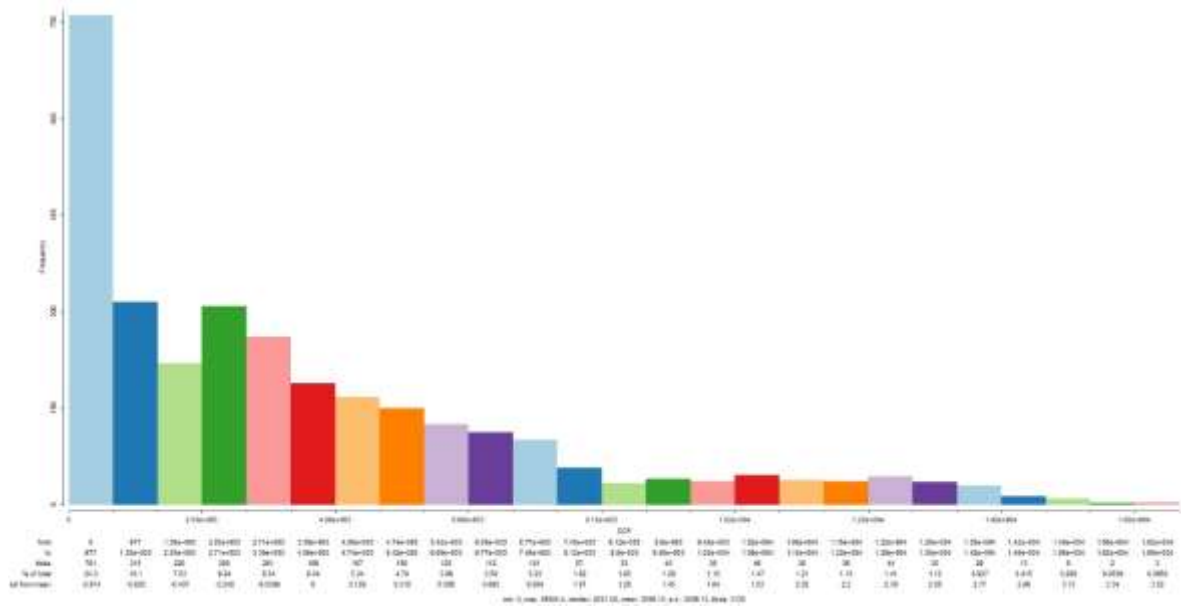
### Distribución de las variables relacionadas con la localización de los predios

Estas variables describen algunas características de proximidad y localización de cada uno de los predios. El histograma de la distancia a centros poblados (ver figura 3-10) muestra que el 24.3% está entre los 0 y los 677 metros de distancia a un centro poblado, seguido de los predios localizados a 1350 metros que concentran el 10.1%. Este histograma va decreciendo en función a la distancia de los predios por ser una variable de proximidad.

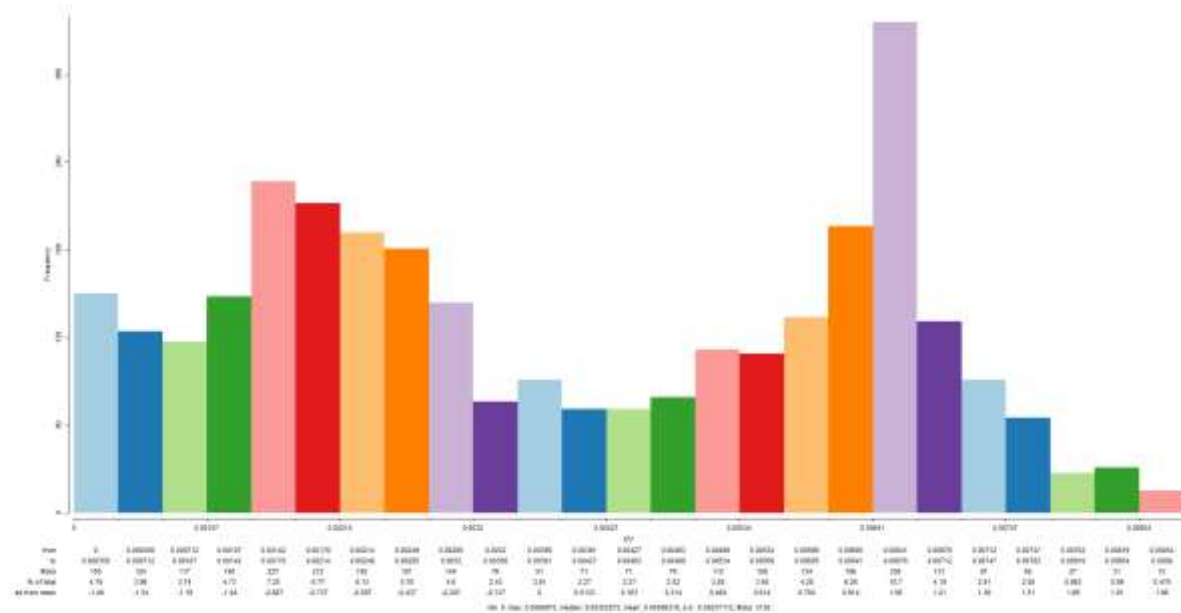
La variable *densidad de vías* (ver figura B-11) muestra un reparto diferente al de la proximidad a los centros poblados, puesto que esta variable está definida como la cantidad de vías en metros por unidad de área que un predio soporta. En esos términos, el histograma muestra a aquellos predios que tienen una densidad entre 0.00614 y

0.00676 metros de vía por metro cuadrado con un 10.7% de concentración de los predios. Es necesario aclarar que la densidad de vías está condicionada por el tamaño de los predios y la proximidad con respecto a los centros poblados y las áreas industriales propias del municipio.

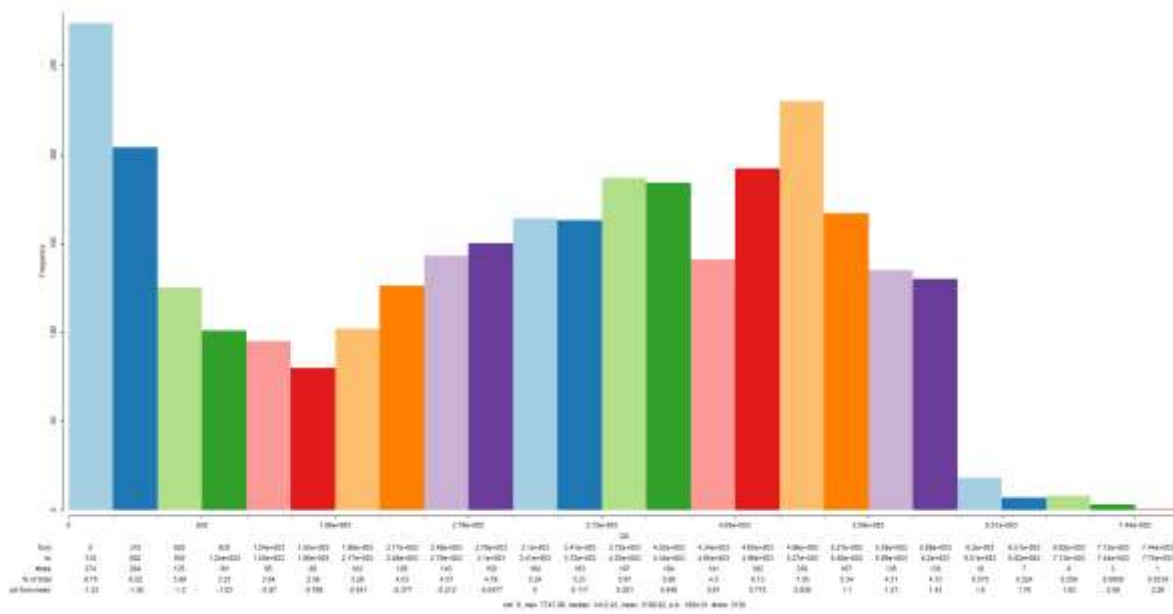
**Figura B-10.** Distribución de la variable distancia a centros poblados DCP



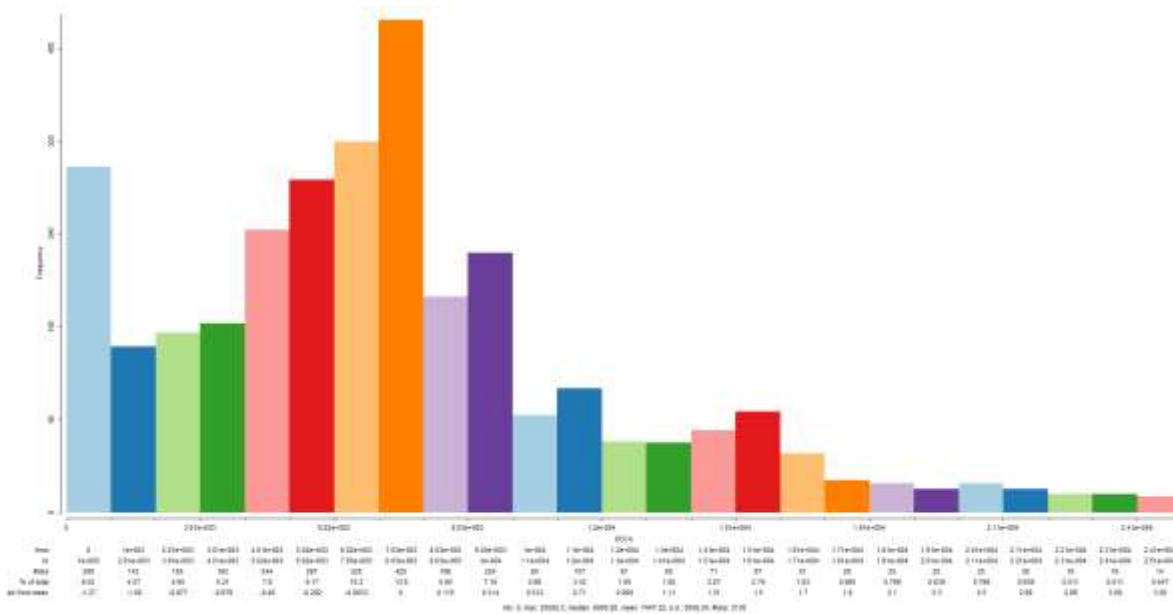
**Figura B-11.** Distribución de la variable densidad de vías DV



**Figura B-12.** Distribución de la variable distancia a drenajes dobles DD



**Figura B-13.** Distribución de la variable Distancia a cuerpos de agua DCCA



encontrarse dentro o fuera de un *bloque de exploración* (ver figura B-14), donde casi la mitad de los predios seleccionados para el análisis, el 52%, están dentro, parcial o completamente dentro de un bloque de explotación de acuerdo a la intersección entre la división predial y los bloques de explotación de la AHN, en total son 1654 predios con esta condición.

Un total de 2923 predios contienen entre 0 y 3 pozos de acuerdo con el histograma de la variable *número de pozos* (ver figura B-15) lo que corresponde al 93.54%. Este histograma también evidencia la existencia de algunos predios con una fuerte presencia de pozos, uno que contiene de 38 a 42 pozos y otro con entre 77 y 81 pozos, los cuales pueden interpretarse como valores extremos de la variable.

En el histograma de predios con presencia de tuberías dentro de sus límites (ver figura B-16) muestra la baja cantidad de predios afectados por las tuberías, 2959 que concentran el 94.5%. Solo el 5.5% del total de los predios observados está afectado por tuberías. Los histogramas de las servidumbres por tuberías y pozos (ver figuras B-17 y B-18) presentan un comportamiento similar al del número de pozos y de tuberías dentro de un predio. Sin embargo, estos histogramas difieren ligeramente de los anteriores debido a que las áreas de influencia pueden abarcar predios que no propiamente tengan dentro algún tipo de infraestructura.

Figura B-14. Distribución de los polígonos de explotación PEX

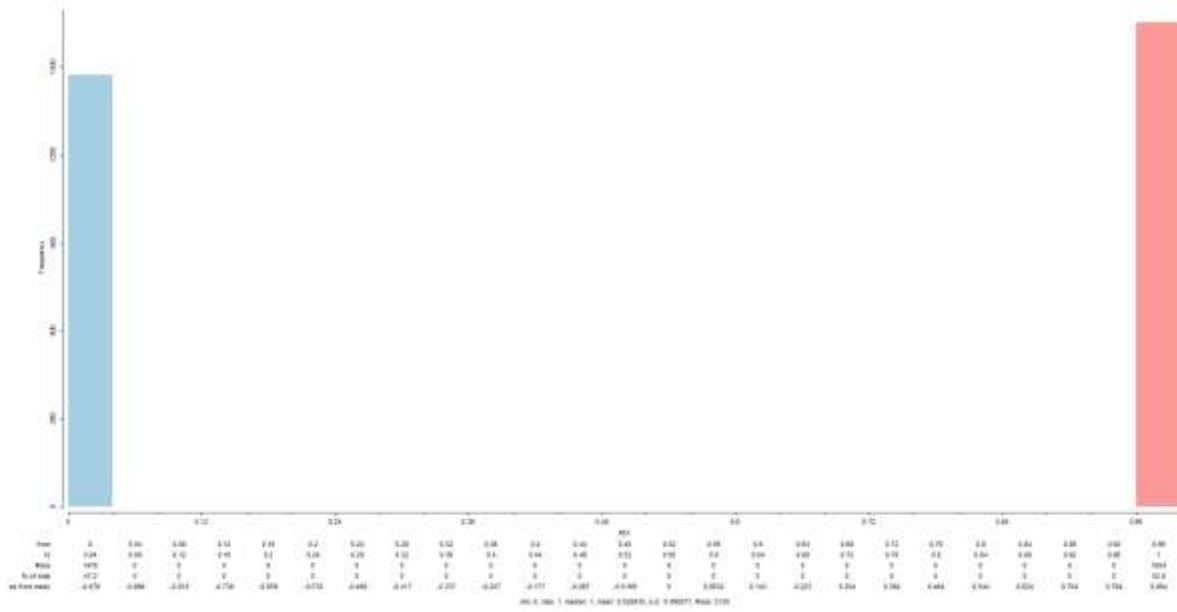
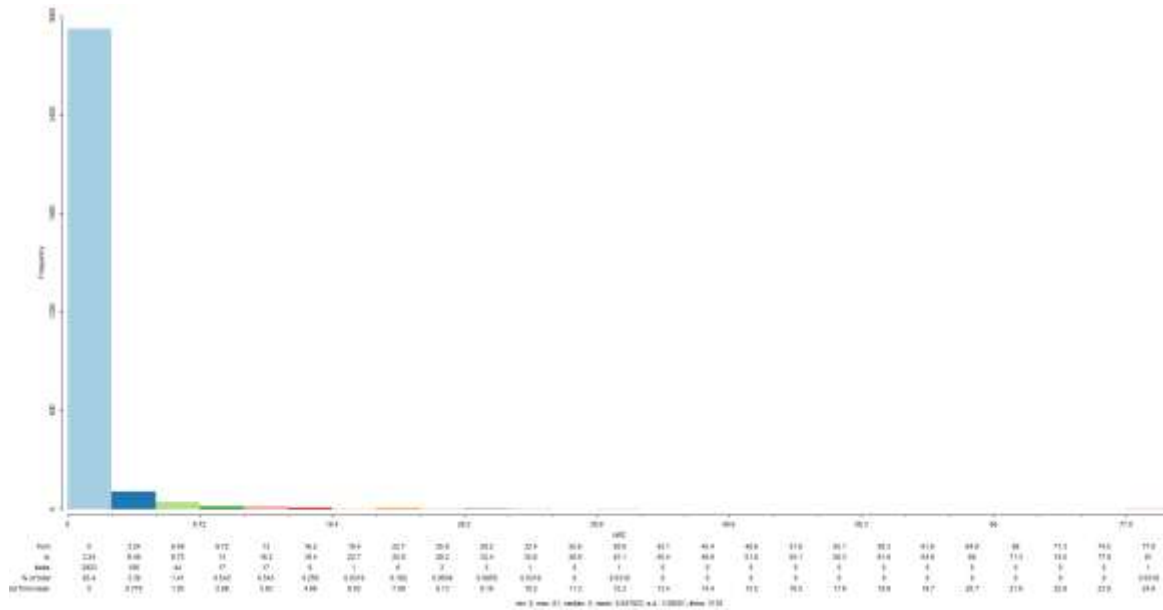


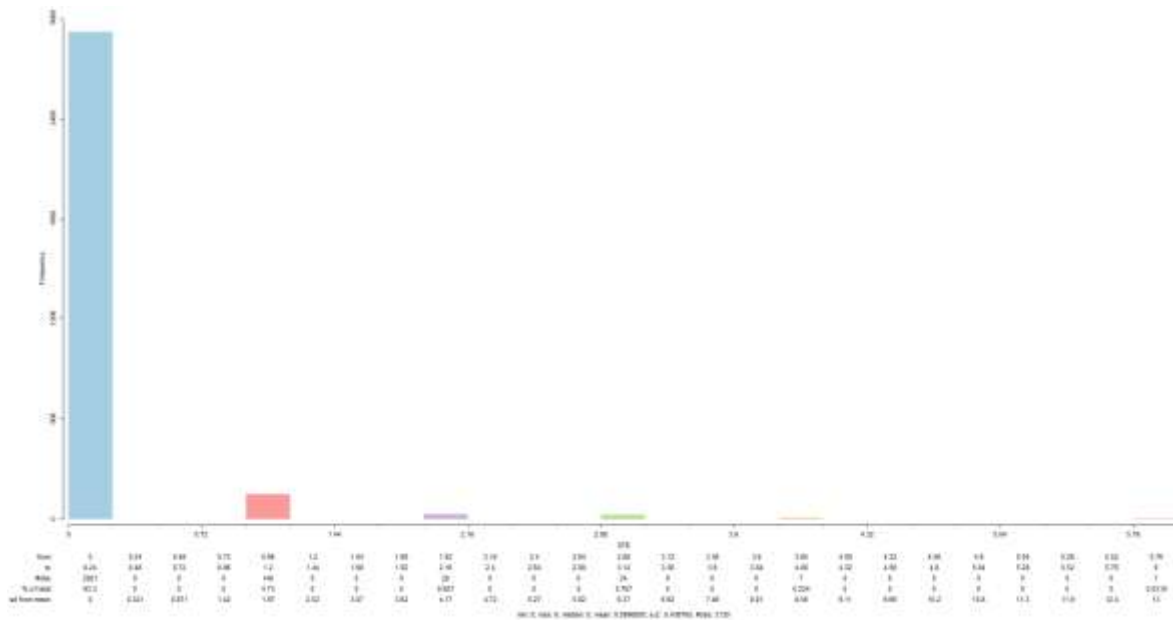
Figura B-15. Distribución de la variable Número de Pozos NPZ





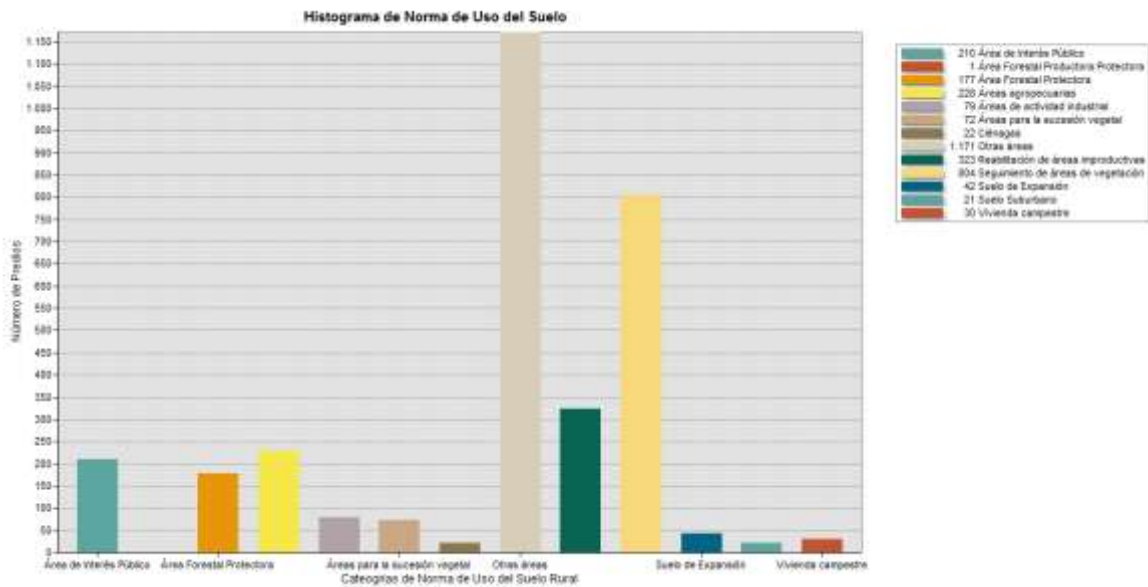


**Figura B-18.** Distribución de la variable Servidumbre de tuberías STB



**Distribución de los predios de acuerdo a la norma de uso del suelo en el área rural**

Como se mencionó en la descripción de las variables, esta fue calculada tomando la capa de normatividad del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio y se cruzó con la división predial (ver figura B-19). Como resultado se observa la mayor concentración de predios en la categoría de otras áreas rurales, que corresponde a espacios del municipio que al realizar la intersección entre las capas no entraban dentro de las categorías establecidas en el documento del acuerdo del POT. Esta categoría concentra un total de 1771 predios, seguido por predios localizados en la categoría seguimiento de áreas de vegetación con 804 y 323 predios localizados en la categoría de rehabilitación de áreas improductivas. Cabe resaltar que la categoría relacionada con el desarrollo de actividades industriales solamente abarca 79 predios.

**Figura B-19.** Categorías de uso del suelo

## C. Anexo II Modelos de precios hedónicos

A continuación se resumen los resultados de los modelos de precios hedónicos realizados para estimar el valor del precio del suelo en el área rural del municipio de Barrancabermeja. El modelo inicial utilizó como variable respuesta los avalúos catastrales provenientes del registro 1 cuya fuente es el Instituto geográfico Agustín Codazzi. El segundo modelo, utilizó como variable respuesta

### **Precio del suelo explicado a través de precios hedónicos para valores catastrales**

El primer modelo realizado es en el que se utilizó como variable respuesta el avalúo que se encuentra inscrito para cada uno de los predios en el registro 1, y con el cual se

realizó el análisis estadístico exploratorio. Este modelo fue estimado exclusivamente para las variables continuas ya descritas con anterioridad, puesto que si se incluían las variables categóricas en este modelo, se agregaría ruido a la estimación de los coeficientes de regresión. La forma funcional del modelo es la siguiente:

Call:

lm(formula = Avaluo ~ 1 + ATC + AT + AC + DCP + DV + DD + DCCA +  
PEX + NPZ + NTB + SPZ + STB, data = hedonicos)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-420352255	-11542917	-380374	8445066	679282992

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	-1.824e+07	2.665e+06	-6.845	9.17e-12	***
ATC	-7.182e+00	1.917e+00	-3.746	0.000183	***
AT	4.727e+01	2.045e+00	23.122	< 2e-16	***
AC	2.020e+05	7.438e+03	27.160	< 2e-16	***
DCP	1.925e+03	2.836e+02	6.787	1.36e-11	***
DV	3.470e+09	6.147e+08	5.644	1.80e-08	***
DD	-3.839e+03	5.920e+02	-6.484	1.03e-10	***
DCCA	1.183e+03	1.585e+02	7.465	1.07e-13	***
PEX	-8.275e+05	2.276e+06	-0.364	0.716159	
NPZ	2.163e+05	5.636e+05	0.384	0.701183	
NTB	-1.581e+07	5.444e+06	-2.903	0.003718	**
SPZ	-4.528e+05	2.992e+05	-1.514	0.130248	
STB	1.085e+07	4.949e+06	2.193	0.028415	*

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 43600000 on 3181 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.5724, Adjusted R-squared: 0.5708

F-statistic: 354.9 on 12 and 3181 DF, p-value: < 2.2e-16

Los resultados de la primera regresión muestran que todas las variables de localización resultan significativas para el modelo, diferente a las variables consideradas para las actividades petroleras donde solamente son significativas las relacionadas con la presencia de tuberías.

Forma funcional del modelo:

Call:

lm(formula = Avaluo ~ 1 + ATC + AT + AC + DCP + DV + DD + DCCA +  
NTB + STB, data = hedonicos)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-416065204	-11676483	-260870	8238524	680851574

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1.812e+07	2.631e+06	-6.886	6.87e-12 ***
ATC	-7.653e+00	1.902e+00	-4.023	5.88e-05 ***
AT	4.745e+01	2.044e+00	23.211	< 2e-16 ***
AC	2.018e+05	7.430e+03	27.160	< 2e-16 ***
DCP	1.951e+03	2.718e+02	7.176	8.86e-13 ***
DV	2.857e+09	5.256e+08	5.436	5.86e-08 ***
DD	-3.613e+03	5.837e+02	-6.190	6.78e-10 ***
DCCA	1.189e+03	1.585e+02	7.502	8.12e-14 ***
NTB	-1.627e+07	5.445e+06	-2.988	0.00283 **
STB	1.140e+07	4.943e+06	2.307	0.02114 *

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 43630000 on 3184 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.5715, Adjusted R-squared: 0.5703

F-statistic: 471.8 on 9 and 3184 DF, p-value: < 2.2e-16

### **Precio del suelo explicado a través de precios hedónicos para valores comerciales**

El siguiente modelo fue calculado utilizando como variable independiente el valor de terreno, el cual fue estimado con las zonas homogéneas geoeconómicas suministradas por la unidad de servicios compartidos de tierras de Ecopetrol.

Resultados del modelo de la estimación del modelo inicial

lm(formula = VALOR ~ 1 + ATC + C1 + C2 + C3 + DCP + DV + DD +  
DCCA + PEX + NPZ + NTB + SPZ + STB + NUS\_1 + NUS\_2 + NUS\_3 +

NUS\_4 + NUS\_5 + NUS\_6 + NUS\_7 + NUS\_8 + NUS\_9, data = hedonicos)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.407e+09	-4.438e+07	-7.222e+06	2.487e+07	2.050e+09

Coefficients:

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

(Intercept)	5.014e+07	1.346e+08	0.373	0.709462
ATC	5.626e+06	1.038e+05	54.209	< 2e-16 ***
C1	-1.376e+08	1.403e+08	-0.981	0.326766
C2	2.674e+08	1.251e+08	2.137	0.032700 *
C3	1.703e+08	1.289e+08	1.320	0.186860
DCP	-1.773e+04	3.580e+03	-4.953	7.98e-07 ***
DV	-2.301e+10	4.376e+09	-5.258	1.63e-07 ***
DD	7.740e+02	5.129e+03	0.151	0.880067
DCCA	-2.407e+04	1.916e+03	-12.558	< 2e-16 ***
PEX	-2.000e+07	1.474e+07	-1.357	0.174825
NPZ	1.241e+07	2.721e+06	4.560	5.44e-06 ***
NTB	4.869e+08	1.113e+08	4.374	1.29e-05 ***
SPZ	-1.473e+05	1.328e+06	-0.111	0.911672
STB	-3.590e+08	1.058e+08	-3.393	0.000707 ***
NUS_1	1.021e+08	4.190e+07	2.437	0.014900 *
NUS_2	4.677e+07	4.398e+07	1.063	0.287700
NUS_3	1.401e+07	4.317e+07	0.324	0.745600
NUS_4	1.654e+08	1.326e+08	1.247	0.212382
NUS_5	1.748e+08	6.241e+07	2.800	0.005159 **
NUS_6	-6.788e+07	5.287e+07	-1.284	0.199313
NUS_7	5.683e+07	4.619e+07	1.230	0.218684
NUS_8	1.474e+08	4.864e+07	3.031	0.002470 **
NUS_9	1.238e+08	4.659e+07	2.657	0.007950 **

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 173600000 on 1847 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7635, Adjusted R-squared: 0.7607

F-statistic: 271 on 22 and 1847 DF, p-value: < 2.2e-16

## D. Bibliografía

- Alonso, W. (1960). A theory of urban land market. *Papers and proceedings of the regional science association*. Vol 6, 150-157.
- Anselin, L. (Marzo de 2015). *An Introduction to Spatial Autocorrelation Analysis with GeoDa*. Obtenido de Universitat Kassel: <http://www.uni-kassel.de/spatial/spauto.pdf>
- Anselin, L. (Marzo de 2015). *GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation*. Obtenido de <http://www.csiss.org/>
- Bernknopf, R., Gillen, K., Wachter, S., & Wein, A. (2008). *WHARTON GIS LAB*. Obtenido de <http://gislab.wharton.upenn.edu/Papers/Using%20Econometrics%20and%20Geographic%20Information%20Systems%20for%20Property%20Valuation%20A%20Spatial%20Hedonic%20Pricing%20Model.pdf>
- Boxall, P. C., Chang, W. H., & McMillan, M. L. (2005). The Impact of Oil and Gas Facilities on rural residential property values: a spatial hedonic analysis. *Resource and Energy Economics*.
- Bueno Altahona, E. D. (s.f.). *Plan de Desarrollo Barrancabermeja 2012-2015*. Barrancabermeja.
- Canavos, G. C. (1988). *Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y métodos*. México: McGraw Hill/Interamericana de México.
- Castaño, J., Laverde, M., Morales, M., & Yaruro, A. M. (Junio de 2013). *Publicaciones: Banco de la república*. Obtenido de Banco de la República: [http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura\\_finanzas/pdf/tef\\_78.pdf](http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/tef_78.pdf)
- Castellano, R. A. (2004). *COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA*. Obtenido de Boletín Energético 14: [http://www.cnea.gov.ar/pdfs/boletin\\_energetico/14/Bolet%C3%ADn-14.pdf](http://www.cnea.gov.ar/pdfs/boletin_energetico/14/Bolet%C3%ADn-14.pdf)
- Catastro Bogotá. (6 de Enero de 2015). *Glosario Tecnico Catastral*. Obtenido de sitio Web de Catastro Bogotá: <http://www.catastrobogota.gov.co/index.php?q=content/glosario-t%C3%A9cnico-catastral>
- Center, G. (2015). *Glossary of Key Terms*. Obtenido de Geoda Center: <https://geodacenter.asu.edu/node/390>

- Centro de Estudios Regionales del Magdalena Medio CER. (s.f.). *ANALISIS SOCIODEMOGRAFICO DE BARRANCABERMEJA*. Barrancabermeja.
- Cliff, A. D., & Ord, J. K. (1983). Spatial Processes: Models and Applications. *Cartography*, 266.
- Colombia, D. n. (12 de 2014). *Virtual Unal*. Obtenido de Probabilidad y Estadística: [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/cont\\_102\\_02.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2001065/html/un1/cont_102_02.htm)
- Committee, N. H.-H. (Junio de 2010). *New England Fishery Management Council*. Obtenido de [http://archive.nefmc.org/habitat/sasi\\_info/SASI\\_LISA\\_analyses.pdf](http://archive.nefmc.org/habitat/sasi_info/SASI_LISA_analyses.pdf)
- DANE - Departamento Nacional de Estadística. (Mayo de 2013). *Ficha metodológica Cuentas Departamentales*. Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Ficha\\_Met\\_CuentasDtales\\_06\\_13.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Ficha_Met_CuentasDtales_06_13.pdf)
- Emisiones Atmosféricas de las centrales eléctricas en América del Norte. (12 de 2014). *EMISIONES ATMOSFÉRICAS DE LAS CENTRALES ELÉCTRICAS*. Obtenido de <http://www2.cec.org/site/PPE/es>
- Enciclopedia Libre Universal en Español. (Noviembre de 2010). *Enciclopedia Libre Universal en Español*. Obtenido de [http://enciclopedia.us.es/index.php/Teor%C3%ADa\\_de\\_la\\_localizaci%C3%B3n\\_industrial](http://enciclopedia.us.es/index.php/Teor%C3%ADa_de_la_localizaci%C3%B3n_industrial)
- Enriquez Sierra, H., Barreto Nieto, C., Correa Caro, C., & Campo Robledo, J. (2012). Precio del suelo y regalías en Colombia. Un análisis espacial para los municipios productores de petróleo. *Documentos de Trabajo*, 30.
- Fujita, M. (1989). *Urban Economic Theory. Land use and city size*. Cambridge: Cambridge University Press.
- GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation. (2015). *Glossary of Key Terms*. Obtenido de <https://geodacenter.asu.edu/node/390>
- GISGeography. (abril de 2015). <http://gisgeography.com/>. Obtenido de <http://gisgeography.com/spatial-autocorrelation-moran-i-gis/>
- Goodchild, M. (1987). A spatial analytical perspective on geographical information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 327-334.
- Grupo Interno de Trabajo de Gestión de Procesos Catastrales. IGAC. (2010). *ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE ZONAS HOMOGÉNEAS FÍSICAS Y*



*GEOECONOMICAS Y DETERMINACIÓN DEL VALOR UNITARIO POR TIPO DE CONSTRUCCIÓN.* Bogotá.

- Hernandez Sampieri, R., Fernández Callado, C., & Batista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación.* México: McGraw Hill / Interamericana de editores, S.A.
- Jaramillo Gonzalez, S. (2010). *Hacia una teoría de la renta del suelo urbano.* Bogotá: CEDE, Ediciones Uniandes.
- López, E., Montes, E., Garavito, A., & Collazos, M. M. (2013). Borradores de Economía. *La economía petrolera en Colombia (Parte I). Marco legal - contractual y principales eslabones de la cadena de.* Bogotá, Colombia: Subgerencia de Estudios Económicos del Banco de la República.
- López, E., Montes, E., Garavito, A., & Collazos, M. M. (2013). La economía petrolera en Colombia (Parte II) Relaciones Intersectoriales e importancia en la economía Nacional. *Borradores de Economía*, 58.
- Lozano Botache, R., & Santos Padilla, L. E. (2008). Factores que inciden en el precio de las tierras de uso agrícola en la provincia de Mares, departamento de Santander. *CIFE Lecturas de economía social*, 161-172.
- Médez, R. (1997). *Geografía Económica la lógica espacial del capitalismo global.* Barcelona: Ariel S.A.
- Monsalve Tejada, R. (2002). *Diccionario Contable Fiscal.* Bogotá: Centro Interamericano Juridico Financiero.
- Morales Zurita, L., & Arias Arbelaez, F. A. (2005). La calidad de la vivienda en Bogotá: Enfoque de precios hedónicos de hogares y de agregados espaciales. *Sociedad y Economía vol 9*, 46.
- Oleoducto Bicentenario de Colombia. (12 de 2014). *Bicentenario. Petróleo por Colombia.* Obtenido de sitio web de Oleoducto Bicentenario de Colombia:  
<http://www.bicentenario.com.co/>
- Polèse, M. (1998). Economía Urbana y Regional. En C. B. Mario Polèse, *Economía Urbana y Regional: Introducción a la relación entre territorio y desarrollo* (pág. 438). Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Presidencia de la República de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia.* Recuperado el Febrero de 2015, de  
<http://www.constitucioncolombia.com/historia.php>
- Presidencia de la República de Colombia. (Enero de 2015). *Documentos: Agencia Nacional de Licencias Ambientales.* Obtenido de Agencia Nacional de Licencias

Ambientales:

[http://www.anla.gov.co/documentos/Gaceta/Decreto\\_1056\\_de\\_1953.pdf](http://www.anla.gov.co/documentos/Gaceta/Decreto_1056_de_1953.pdf)

Quintana Romero, L. (2015). *Seminario de análisis regional y estudios espaciales*.  
Obtenido de Seminario de análisis regional y estudios espaciales. Economía  
Urbana y Regional:  
[http://www.saree.com.mx/unam/sites/default/files/MODELO\\_ALONSO.pdf](http://www.saree.com.mx/unam/sites/default/files/MODELO_ALONSO.pdf)

Ricardo, D. (1959). *Principios de economía y política y tributación*. Londres: Fondo de  
Cultura Economica.

Rodriguez Castillo, D. J. (Mayo de 2010). Modelar la Concentración de la Tierra en  
Colombia Mediante Modelos Econometricos Espaciales. *Modelar la  
Concentración de la Tierra en Colombia Mediante Modelos Econometricos  
Espaciales*. Bogotá, Colombia.

Rodriguez Castillo, D. J. (Mayo de 2010). *Modelar la Concentración de la Tierra en  
Colombia Mediante Modelos Económicos Espaciales*. Bogotá. Obtenido de  
BDigital repositorio Institucional UN: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2801/>

Spatial structures in the social sciences, M. H. (Abril de 2015). *S4 Spatial structures in the  
social sciences*. Obtenido de  
<http://www.s4.brown.edu/S4/Training/Modul2/GeoDa2.pdf>

Taylor, L. (2003). The Hedonic Method. En G. S. University, *A Primer on Non Market  
Valuation* (págs. 331-393). Springer Netherlands.

Torres Reyna, O. (Diciembre de 2007). *Data and Statistical Services*. Obtenido de Panel  
Data Analysis: <http://dss.princeton.edu/training/Panel101.pdf>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2013). *Cadena del Petroleo 2013*. Bogotá.

Unión Temporal UNIMINERIA. (2009). *PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO  
SOSTENIBLE DE MINERALES – PASM*. Bogotá.

Universidad Complutense de Madrid. (12 de 2014). *Universidad Complutense de Madrid*.  
Obtenido de sitio web de la Universidad Complutense de Madrid:  
<http://pendientedemigracion.ucm.es/info/oplosim/poliducto.htm>