



**Propuesta de un modelo de valoración del suelo urbano empleando herramientas  
geoeconómicas en las zonas pilotos de Iñaquito, Alangasí y Puengasí**

Villamar Lastra, Luis Eduardo

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo y del Medio  
Ambiente

Salazar Martínez, Rodolfo Jaime Fernando, Ph.D(c)

25 de agosto de 2023



Plagiarism report

Tesis\_final Luis Villamar\_rsm.docx

## Scan details

Scan time: August 22th, 2023 at 20:2 UTC

Total Pages: 92

Total Words: 22769

## Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2.9%	662
Minor Changes	1.5%	346
Paraphrased	2.1%	484
Omitted Words	0%	0

## AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

## Plagiarism Results: (75)

**Ordenanza Metropolitana No. 196.doc** 1.5%

[https://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/proyectos%20...](https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/proyectos%20...)  
 ORDENANZA METROPOLITANA No. EXPOSICIÓN DE MOTIVOS El Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito enmarcado ...

**Ordenanza No. 093.doc** 1.4%

[https://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/registro%20a...](https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/registro%20a...)  
 ORDENANZA No. EXPOSICIÓN DE MOTIVOS Entre los principios constitucionales de la República del Ecuador, se garantiza el derecho al háb...

**Ordenanzas Metropolitanas 0093. De aprobación de...** 1.3%

<https://vlex.ec/vid/aprobacion-plano-valor-suelo-648476033>  
 ...

Certified by

About this report  
[help.copyleaks.com](https://help.copyleaks.com)

[copyleaks.com](https://copyleaks.com)

Salazar Martínez, Rodolfo Jaime Fernando. Ph. D (c)

C.C: 1705683082



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación: **“Propuesta de un modelo de valoración del suelo urbano empleando herramientas geoeconómicas en las zonas pilotos de Iñaquito, Alangasí y Puengasí”** fue realizado por el señor **Villamar Lastra Luis Eduardo** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 25 de agosto de 2023**

**Salazar Martínez, Rodolfo Jaime Fernando. Ph.D.(c)**

C.C: 1705683082



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente**

### **Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Villamar Lastra Luis Eduardo**, con cédula de ciudadanía N° 1721710497 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Propuesta de un modelo de valoración del suelo urbano empleando herramientas geoeconómicas en las zonas pilotos de Iñaquito, Alangasí y Puengasí** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciado las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 25 de agosto de 2023**

**Villamar Lastra Luis Eduardo**

C.C: 1721710497



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente**

#### **Autorización de Publicación**

Yo, **Villamar Lastra Luis Eduardo**, con cédula de ciudadanía 1721710497, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Propuesta de un modelo de valoración del suelo urbano empleando herramientas geoeconómicas en las zonas pilotos de Iñaquito, Alangasí y Puengasí**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Sangolquí, 25 de agosto de 2023**

**Villamar Lastra Luis Eduardo**

C.C: 1721710497

### **Dedicatoria**

*El camino de una persona está trazado por cada uno de los obstáculos que ha logrado superar para poder alcanzar aquello que desea, siempre con persistencia, constancia y disciplina.*

*El presente trabajo lo dedico principalmente a mis padres que me apoyaron en todo momento a lo largo de mi carrera estudiantil como universitario ya que ellos fueron la fuente y el ejemplo necesario para que yo pueda ser el profesional en el que me estoy convirtiendo.*

*A mi querido hijo Héctor, que fue el que me dio la inspiración para poder culminar aquello que tanto anhelaba pero que me costó mucho trabajo alcanzarlo.*

*A mi esposa María José Morales, que es mi compañera de vida y que me ha dado mucho cariño en este difícil camino de la vida además que siempre me motivo a que lucharé para alcanzar esta meta a pesar de los tropiezos que he cometido a lo largo de mi carrera estudiantil.*

*A mis hermanos y hermanas que tuvieron la certeza de que siempre lograré aquello que me proponga y me acompañaron en este largo camino de vida estudiantil.*

### **Agradecimientos**

*Agradezco de todo corazón a mi padre y madre por siempre sacrificarse para que me convierta en un mejor ser humano cada día que pasa.*

*A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE que siempre tuvo abiertas las puertas para que pueda acceder al conocimiento acerca de las diferentes ciencias que se imparten dentro de la institución.*

*Un especial agradecimiento al Mgst. Pablo Roberto Pérez Salazar y Ph.D. Rodolfo Jaime Fernando Salazar Martínez que siempre confiaron en mí y me dieron el apoyo necesario para que esta meta que estoy alcanzando se pueda cumplir y me brindaron las herramientas necesarias para la elaboración del presente proyecto.*

*A los docentes Ing. Marco Luna, Ph.D. Fabián Rodríguez, Ph.D. Alfonso Tierra, Mgst. Alexander Robayo quienes me guiaron a lo largo de mi trayecto estudiantil como universitario y que además me sirvieron de ejemplo para primero ser una persona con principios mientras se sigue trazando la vida profesional.*

*A mis panas de la banda que sin ellos la vida no hubiera sido la misma durante la vida universitaria.*

## Tabla de contenido

CopyLeaks.....	2
Certificado del director del trabajo de titulación.....	3
Autoría de Responsabilidad.....	4
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos.....	7
Índice de tablas .....	13
Índice de Figuras .....	15
Resumen .....	17
Abstract.....	18
Capítulo I. Introducción .....	19
Aspectos Generales.....	19
Antecedentes .....	19
Planteamiento del problema .....	22
Justificación e importancia .....	24
Área de influencia .....	27
Objetivos .....	28
Metas .....	29
Capítulo II. Marco Teórico.....	31
Bases Teóricas .....	31
La renta urbana aplicada las ciudades modernas.....	31

La Teoría General de Sistemas y su relación con el sistema urbano .....	32
Bases Conceptuales .....	33
La Geoestadística aplicada al precio de la vivienda .....	33
Los Sistemas de Información Geográfica .....	34
La decisión multicriterio aplicada al catastro .....	35
La valoración del suelo urbano aplicando interpolación .....	36
La administración territorial .....	37
El territorio .....	38
Uso y gestión del suelo .....	39
Limitaciones en el desarrollo de las ciudades urbanas.....	39
Base legal .....	40
Capítulo III. Metodología .....	44
Matriz de caracterización .....	44
Áreas Verdes recreacionales.....	56
Rutas de transporte público.....	56
Distancia a paradas de autobús .....	57
Sistemas de recolección de desechos.....	57
Ciclovías.....	58
Iglesias y Museos .....	59
Mercados .....	59

	10
Centro comerciales y Unidades Educativas .....	59
Topografía .....	60
Amenazas volcánicas .....	60
Quebradas.....	61
Matriz de evaluación multicriterio. ....	61
Geodatabase .....	62
Muestreo de la zona de estudio .....	63
Muestra poblacional .....	63
Distribución de la muestra.....	66
Autocorrelación espacial.....	66
Diseño del modelo SAE2 a través de herramientas geoestadísticas .....	67
Factor de corrección .....	67
Técnicas geoestadísticas para la elaboración del modelo SAE2 .....	70
Kriging .....	77
Validación cruzada .....	79
Capítulo IV. Resultados y conclusiones.....	81
Análisis y representación de las variables de estudio .....	81
Análisis de las áreas de influencia de las variables espaciales.....	81
Representación de áreas verdes de recreación.....	82
Representación del área de influencia de recolección de desechos .....	83

Representación del área de influencia de las rutas de transporte público .....	84
Representación del área de influencia de ciclovías .....	85
Representación del área de influencia de centros comerciales .....	86
Representación del área de influencia de paradas de autobuses .....	87
Representación del área de influencia de iglesias y museos.....	88
Representación de áreas de influencia de mercados .....	89
Representación del área de influencia de unidades educativas.....	90
Representación de la topografía.....	91
Representación del área de influencia de quebradas .....	92
Representación de las áreas afectadas por amenazas volcánicas.....	93
Geodatabase del modelo.....	94
Muestreo de los lotes .....	95
Elaboración y representación del modelo del Modelo SAE2.....	120
Análisis estadístico de los datos.....	120
Semivariograma y variograma .....	122
Representación del modelo geoestadístico SAE2.....	124
Evaluación del modelo.....	126
Comparación del modelo SAE2 y el AIVAS 2022-2023 .....	131
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones .....	135
Recomendaciones.....	136

Referencias bibliográficas .....	137
Apéndices.....	143

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Escala de valores por pares compuesta para valoración AHP compuesta por Saaty y Wind</i>	45
<hr style="border-top: 1px dotted black;"/>	
<b>Tabla 2</b> <i>Matriz de alternativas para la jerarquización de las variables ambientales</i>	46
<b>Tabla 3</b> <i>Matriz normalizada por la suma para variables ambientales</i>	47
<b>Tabla 4</b> <i>Matriz de pesos ponderados para variables ambientales</i>	47
<b>Tabla 5</b> <i>Multipliación de vectores propios de las variables ambientales</i>	48
<b>Tabla 6</b> <i>Valor de lambda para variables ambientales</i>	48
<b>Tabla 7</b> <i>Matriz de alternativas para las variables sociales</i>	49
<b>Tabla 8</b> <i>Matriz normalizada por la suma para variables sociales</i>	50
<b>Tabla 9</b> <i>Matriz de pesos ponderados para las variables sociales</i>	50
<b>Tabla 10</b> <i>Matriz de vectores propios de las variables sociales</i>	51
<b>Tabla 11</b> <i>Valor de lambda para las variables sociales</i>	51
<b>Tabla 12</b> <i>Matriz de alternativas para las variables económicas</i>	52
<b>Tabla 13</b> <i>Matriz normalizada por la suma para las variables económicas</i>	53
<b>Tabla 14</b> <i>Matriz de pesos ponderados para las variables económicas</i>	53
<b>Tabla 15</b> <i>Matriz de vectores propios para las variables económicas</i>	54
<b>Tabla 16</b> <i>Valores de lambda para las variables económicas</i>	54
<b>Tabla 17</b> <i>Variables directas</i>	55
<b>Tabla 18</b> <i>Variables inversas</i>	55
<b>Tabla 19</b> <i>Variables que intervienen en la recolección de desechos</i>	58
<b>Tabla 20</b> <i>Estructura de la geodatabase generada en el programa QGIS 3.22 y PostGis 3.2.3</i>	63
<b>Tabla 21</b> <i>Distribución del número de lotes en la zona de estudio</i>	64
<b>Tabla 22</b> <i>Matriz de caracterización de variables</i>	81

<b>Tabla 23</b> <i>Base de datos con las transacciones de compraventa en la zona de estudio</i> .....	97
<b>Tabla 24</b> <i>Lote tipo de cada parroquia</i> .....	111
<b>Tabla 25</b> <i>Matriz de correlación entre las variables de estudio</i> .....	111
<b>Tabla 26</b> <i>Base de datos del valor del suelo de las zonas de estudio</i> .....	114
<b>Tabla 27</b> <i>Parámetros de los modelos teóricos del variograma</i> .....	123
<b>Tabla 28</b> <i>Predicción de los errores de los modelos geoestadísticos</i> .....	125
<b>Tabla 29</b> <i>Valor del suelo urbano aplicado a 100 selecciones muestrales de nuestro modelo SAE2</i> .....	127
<b>Tabla 30</b> <i>Representación de los valores obtenidos por la validación cruzada K-fold</i> .....	129
<b>Tabla 31</b> <i>Errores de predicción del valor aplicado a las 100 muestras entre el modelo SAE2 y el</i> <i>AIVAS</i> .....	132

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Área de influencia de la zona de estudio</i> .....	28
<b>Figura 2</b> <i>Suelos urbanos dentro de la zona de estudio</i> .....	65
<b>Figura 3</b> <i>Demostración gráfica de una distribución normal</i> .....	71
<b>Figura 4</b> <i>Gráfico del modelo lineal con meseta</i> .....	74
<b>Figura 5</b> <i>Gráfico de representación del modelo esférico</i> .....	75
<b>Figura 6</b> <i>Gráfico de la representación del modelo exponencial</i> .....	76
<b>Figura 7</b> <i>Representación gráfica del modelo matemático gaussiano</i> .....	76
<b>Figura 8</b> <i>Plano de áreas verdes de recreación</i> .....	82
<b>Figura 9</b> <i>Plano del área de influencia de los desechos sólidos</i> .....	83
<b>Figura 10</b> <i>Plano del área de influencia de las rutas de transporte público</i> .....	84
<b>Figura 11</b> <i>Plano del área de influencia de ciclovías</i> .....	85
<b>Figura 12</b> <i>Plano del área de influencia de centros comerciales</i> .....	86
<b>Figura 13</b> <i>Plano de representación del área de influencia de las paradas de autobuses de transporte urbano</i> .....	87
<b>Figura 14</b> <i>Plano de representación de las áreas de influencia de iglesias y museos</i> .....	88
<b>Figura 15</b> <i>Plano de representación de las áreas de influencia de mercados</i> .....	89
<b>Figura 16</b> <i>Plano de representación del área de influencia de unidades educativas</i> .....	90
<b>Figura 17</b> <i>Plano de pendientes existentes dentro de la zona de estudio</i> .....	91
<b>Figura 18</b> <i>Plano de representación de las áreas de influencia de quebradas</i> .....	92
<b>Figura 19</b> <i>Plano de representación de las zonas afectadas por flujo de lahares volcánicos</i> .....	93
<b>Figura 20</b> <i>Visualización de la geodatabase en PostGIS 3.2</i> .....	95
<b>Figura 21</b> <i>Plano catastral de la zona de estudio</i> .....	95
<b>Figura 22</b> <i>Mapa de representación del valor del suelo en las zonas de estudio</i> .....	118

<b>Figura 23</b> <i>Histograma de la representación de los datos</i> .....	120
<b>Figura 24</b> <i>Histograma de los valores del suelo aplicados la función logarítmica en base 10</i> .....	121
<b>Figura 25</b> <i>Modelo del semivariograma</i> .....	122
<b>Figura 26</b> <i>Representación del modelo teórico ajustado</i> .....	123
<b>Figura 27</b> <i>Valor del suelo a través del modelo geoestadístico Kriging Ordinario</i> .....	125

## Resumen

El presente estudio se encargó de analizar el valor del suelo urbano en las parroquias de Iñaquito, Alangasí y Puengasí a través de la implementación de modelos geoestadísticos para determinar un modelo geoeconómico cuyo nombre es SAE2. El valor del suelo siempre ha estado definido de acuerdo con los mapas de valoración elaborados por las diferentes entidades rectoras encargadas de realizarlo bajo la normativa de la LOOTUGS y empleando la metodología definida por la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. Esta metodología se basa en determinar el valor del suelo entre los lotes más cercanos ubicados al interior de una manzana. Esta metodología para los tiempos actuales representa falencias para la valoración del suelo. El valor del suelo urbano siempre ha estado definido por los mercados inmobiliarios en lo que respecta a transacciones de compra y venta. Empleando estos valores transaccionales se puede determinar que no solo los factores físicos intervienen al momento de que una persona desee adquirir un predio, sino más bien que también desea saber qué factores cualitativos presenta el sector dónde una persona desea adquirir el mismo.

A través de 12 variables distribuidas entre ambientales, económicas y sociales se implementó un modelo geoestadístico a través de la representación espacial de las mismas y su influencia a los lotes muestrales seleccionados de la población de nuestra zona de estudio. Los modelos que se aplicaron fueron los modelos de interpolación geoestadística Kriging Ordinario, Kriging Universal e IDW y se los realizó en el software libre QGIS 3.22 dando como resultado que el mejor modelo para determinar el valor del suelo urbano para la zona de estudio fue el de Kriging Ordinario.

*Palabras clave:* geoestadística, Kriging, valor del suelo urbano, lotes

### **Abstract**

This study analyzed the value of urban land in the parishes of Iñaquito, Alangasí and Puengasí through the implementation of geostatistical models to determine a geoeconometric model called SAE2. The value of land has always been defined according to the valuation maps prepared by the different governing entities in charge of doing so under the regulations of the LOOTUGS and using the methodology defined by the Association of Ecuadorian Municipalities. This methodology is based on determining the value of the land between the closest parcels located within a block. This methodology for current times represents shortcomings for land valuation. The value of urban land has always been defined by real estate markets in terms of purchase and sale transactions. Using these transactional values, it can be determined that not only physical factors are involved when a person wishes to acquire a property, but also the qualitative factors of the sector where a person wishes to acquire it. Through 12 variables distributed among environmental, economic and social variables, a geostatistical model was implemented through the spatial representation of these variables and their influence on the selected sample plots of the population of our study area. The models that were applied were the geostatistical interpolation models Ordinary Kriging, Universal Kriging and IDW and were performed in the free software QGIS 3.22, resulting that the best model to determine the value of urban land for the study area was the Ordinary Kriging model.

*Key words:* geostatistics, Kriging, urban land value, parcels

## Capítulo I. Introducción

### Aspectos Generales

#### *Antecedentes*

Las ciudades han tenido retos en base a lo que compete la elaboración de un Plan de Uso y Ocupación del suelo de un territorio ya que muchos factores intervienen directamente en su elaboración. El que mayor impacto tiene sobre este son las actividades sociales y humanas que afectan directamente al territorio, siendo un poco más precisos, son los modelos de crecimiento urbano y la valoración del suelo los que destacan mayoritariamente, ya que resaltan aspectos sociales, ambientales, culturales y económicos (Guerra, 2017).

El conocimiento del valor del suelo resulta de vital importancia para comprender como se conforman las ciudades y donde se van a fijar sus cimentaciones, como también para financiar el presupuesto de estas ciudades. El impuesto predial se relaciona entre las políticas económicas – fiscales y financieras - y este es la fuente de financiación para la administración de una ciudad y el desarrollo urbano. Esta relación impuesto predial y valor del mercado del suelo urbano se debe observar desde una perspectiva que favorezca al desarrollo de la ciudad ya que esta relación es el eje que guía a la misma. Alcanzar este objetivo es posible a través de instrumentos de gestión económica, financiera, fiscal, de desarrollo y de ordenamiento urbano (Monzani et al., 2018). El valor del suelo urbano, de ahora en adelante VSU, depende de la inversión económica pública que el municipio efectúa sobre el mismo, pero esta valoración tiene limitaciones ya que no considera los efectos espaciales en cada uno de los suelos de la ciudad hacia las distintas inversiones y mejoras económicas realizadas por el municipio que existen dentro del sector (Bojorque-Iñiguez et al., 2020).

El valor de un lote que pertenece a una circunscripción territorial se basa primero en su ubicación, características ambientales que presenta y servicios municipales incluidos dentro de esta circunscripción territorial donde se desea adquirir este lote, el cual su valor se encuentra a cargo de la

entidad municipal competente (Bojorque-Iñiguez et al., 2020), por lo que los métodos actuales de valoración de propiedades y suelos urbanos efectuados por los municipios tiene afectaciones al no considerar estas variables espaciales y evita lograr el cobro adecuado del impuesto predial por propiedad (Sikder & Züfle, 2020).

El precio de un lote ubicado en ciertas zonas ya no solo depende del valor de la casa, número de dormitorios, patio, tamaño del lote que son variables físicas, sino que ahora influye también mucho la localización, factores topográficos, factores ambientales, factores socio-culturales y la cercanía e influencia de cada una de estas variables subjetivas a la que se encuentra expuesta el factor suelo y las propiedades adyacentes a este factor (Sikder & Züfle, 2020). La valoración del suelo urbano los municipios realizan un conjunto de matrices que de forma empírica dan valores a las mismas teniendo como base las mejoras económicas y mejoras notables que presenta el sector, pero además de las variables descritas para la valoración del suelo el municipio no ve con objetividad la influencia de las variables cualitativas y el efecto espacial de cada una de estas variables hacia las propiedades similares, sino solo que existan estas variables en el sector a analizar para que luego el municipio escoja zonas homogéneas y determinar el VSU teniendo pérdidas económicas que afectan a las ciudades (Quinde, 2015).

A nivel internacional se ha observado que la ciudades valoran el suelo urbano de acuerdo a la estructura espacial del suelo, el precio del suelo, el análisis de la distribución de la población y la densidad de la misma en la zona (Luo & Wei, 2004), pero a través de los años en países de Suecia y España se ha comenzado a observar que el valor del suelo además del tamaño del lote, hay otras variables que podrían ser espacializadas tales como las socio-económicos y ambientales, o como se conocería modelo socio-ambiental-eco de valoración econométrica (SAE2), y que este modelo se podría incluir en la valoración del suelo urbano para que los municipios tengan una mejor estimación del valor

del suelo de acuerdo al mercado y así obtener un recaudo municipal basado en la realidad de lo que los municipios invierten en las ciudades (Sikder & Züfle, 2020).

En la actualidad, se busca obtener los valores del suelo urbano y catastrales de una ciudad a través del catastro multifinalitario (Erba, 2017), el cual incluye factores ambientales, sociales, económicos y físicos pero buscando nuevas formas que se integren todas estas variables y una forma de integrarlas es a través de geoestadística, que beneficiará a los municipios para que los tomadores de decisiones definan mejor el ingreso predial en base a una adecuada valoración del suelo urbano (J. Morales et al., 2020). Un caso práctico a nivel latinoamericano es el caso de la valoración del suelo urbano del Municipio de Córdoba, que con la implementación de geoestadística en la valoración del suelo urbano por parte del municipio aplicando kriging ordinario y observando el efecto espacial de cada variable objetivamente presente: tal como la distancia de cada lote hacia la parada de autobús de forma real y no solo induciendo la presencia de la misma, ha logrado una mayor satisfacción en los usuarios ya que han concluido que el valor de impuesto predial que recauda el municipio está muy acorde al sector donde viven (Monzani et al., 2018). Esto gracias a que hoy en día con la actual tecnología ya se puede obtener de forma estadística una correlación espacial entre las variables objetivas y subjetivas que se consideran para el avalúo del suelo urbano (Fernández-Aviles & Larraz, 2008).

En Ecuador, los Gobiernos Autónomos Descentralizados son los encargados de realizar los planes de avalúo del suelo urbano. Esta valorización del suelo urbano que se realiza se basa técnicamente en el aspecto fiscal a obtener del precio del mismo y tiene una política de que debe actualizarse cada bienio (Erba, 2013). Este catastro que los municipios presentan se basan en la metodología de la AME (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas) el cual consiste en dar valor a las propiedades y obteniendo la media de todos los valores calculados de la manzana, se obtiene el precio del valor del suelo (Quinde, 2015). Las manzanas se conforman de acuerdo a aquellos lotes similares en valor y tamaño y que además se encuentren ubicados dentro de un sector encasillado por 3 o 4 ejes

viales (Quinde, 2015). Con los valores obtenidos de los lotes dentro de las manzanas los municipios optan por un valor de suelo urbano total de un sector para que después se establezcan criterios de valor para los inmuebles (Bojorque-Iñiguez et al., 2020). Se sigue sin considerar hasta la actualidad los efectos espaciales de otras variables para el VSU y se sigue sin tener mejoras ya que se basa técnicamente en la valoración del terreno y la valoración de edificaciones (Erba, 2013). Estos modelos de valoración solo se han basado en la parte económica que beneficia por corto tiempo a un municipio, ya que si se integrará el modelo de valoración geoeconómico espacial se podría denotar como afectan directamente otras variables al precio de una propiedad ya que estas variables subjetivas son inconstantes con el tiempo, desencadenando en beneficios para los municipios locales cuando se realice la recaudación del impuesto predial y así lograr un desarrollo sostenible satisfactorio de la ciudad (Monzani et al., 2018).

### ***Planteamiento del problema***

Los mapas de valorización del suelo urbano son fundamentales para los municipios para futuros proyectos económicos dentro de una zona urbana, por eso es sustancial poder contar con modelos predictivos del VSU para la fundamentación de la recaudación de los impuestos prediales (J. Morales et al., 2020). La metodología actual de valoración econométrica y estadística para la estimación del precio del suelo urbano no conecta con el espacio geográfico que una ciudad presenta (Fernández-Aviles & Larraz, 2008).

Los modelos econométricos establecidos por la AME y basado en la normativa establecido por el COOTAD en el año 2010 son modelos de valoración del suelo urbano que para la transformación actual de los municipios locales son inadecuados, ya que el municipio requiere de un nuevo proceso de valoración que pueda interpretar mejor las zonas homogéneas de un sector (Bojorque-Iñiguez et al., 2020). La actual metodología aplicada a las ciudades locales para la tasación de los suelos urbanos parte del precio de zonas homogéneas en cuanto a similitudes económicas presenta el mismo, pero en muchas ocasiones algunas propiedades ubicadas en esta zona no tiene las mismas características

económicas, ambientales, topográficas y sociales que se deduce de esta metodología (Quinde, 2015), ya que las ciudades no son constantes y siempre tienen cambios de acuerdo al movimiento de su población y las inversiones públicas que los municipios integran dentro de estas ciudades (J. Morales et al., 2020). Por eso es necesario recurrir a metodologías para que los planes de valorización del suelo urbano realicen zonas homogéneas en conjunto con todas las características que afectan a las propiedades en un sector y no solo se base en las variables económicas, ya que así los municipios pierden valores de recaudación predial que evitan el desarrollo de sus ciudades (Bojorque-Iñiguez et al., 2020).

La capacidad tecnológica en la actualidad comparada con la capacidad que se tenía en los años 2000 permite evaluar y representar gráficamente la espacialidad de las variables que los municipios deberían integrar en la elaboración de la valorización del suelo urbano, como por ejemplo: porcentaje de presencia de espacios verdes en un barrio, presencia de servicio de transporte en calles secundarias y terciarias, cercanía a las unidades educativas, cercanía a paradas de transporte público masivo, pendiente del sitio, paisaje, accesibilidad a las parroquias, zonas de riesgo, etc (Morillo Balsera et al., 2018). Esta distancia existente entre un lote hacia estas diferentes características ambientales, topográficas, físicas y públicas hace que los municipios puedan elaborar mejores planes de valoración del suelo urbano tomando zonas que sí presenten zonas similares en unión de estas características y su integración con la realidad del mercado (Martínez et al., 2000), cosa que no ocurre con la metodología actual que aplican los municipios para valorar al suelo urbano (Bojorque-Iñiguez et al., 2020).

Una metodología basada solo en valorar los precios del suelo de acuerdo a la homogeneidad de un sector y no analizando el efecto espacial de las variables consideradas en la evaluación del suelo urbano evita que los municipios puedan observar el valor actual que tienen las propiedades dentro de la ciudad, ya que por ejemplo una propiedad ubicada a un extremo de un barranco no va a tener el mismo costo que una propiedad ubicada al otro lado ya que la accesibilidad a una u otra propiedad varía, pero la actual metodología de valoración por parte de los municipios establece que sí, cuando en la realidad

esto no es verdad (Quinde, 2015). Esta falta de representación explícita en los planes de valorización del suelo por parte de los municipios en un mapa han complicado a los mismos a tomar criterios acertados en torno al beneficio de la ciudad y del mismo municipio (Bojorque-Iñiguez et al., 2020).

### ***Justificación e importancia***

El modelo de valoración del suelo urbano establecido por la AME solo permite el aumento o disminución del valor de un lote de acuerdo a sus características económicas y fiscales, más no su distancia a las características públicas municipales que presenta el sector e influencia de características ambientales y topográficas sobre cada lote y su propiedad (Quinde, 2015).

La nuevas tecnologías geográficas unidas con el componente estadístico permite una nueva generación de variables espaciales que se puedan incluir en los nuevos planes de valoración de suelo urbano, permitiendo así un nuevo desarrollo de estimación de precios y unirlos con la información geográfica de cada uno de ellos, logrando así un fácil acceso y de observación de estas variables a través de tecnologías de la información que se representan en mapas, para que así que aquellos que deseen comprar terrenos y propiedades en un sector puedan visualizarlos a través de portales municipales (Montero et al., 2018). Es así como a través de la geoestadística nace una solución a problemas que los municipios enfrentan al momento de querer establecer valores de criterios para el recaudo del impuesto predial y así poder minimizar las pérdidas que los mercados inmobiliarios informales establecen. Plasmar las necesidades que buscan las personas en un catastro de suelos urbanos en el siglo XXI, es posible gracias a las tecnologías de información geoespaciales que existen (Bojorque-Iñiguez et al., 2020).

Presentar soluciones a la estimación del precio del suelo urbano es un claro ejemplo de correlación espacial (Fernández-Aviles & Larraz, 2008). El desarrollo de los sistemas de información geográfica creó herramientas poderosas para el análisis de variables georreferenciadas, una forma de evaluación para los precios actuales del suelo urbano es a través de la decisión multicriterio (Bellver &

Martinez, 2012). En la era moderna, el precio del suelo urbano ya no solo depende de variables del bien inmueble por sus características observables, sino que ahora también depende de la locación, estableciendo que la distancia desde su lote a sus alrededores e influencia directa de características subjetivas al lote pueda aumentar el precio de un bien inmueble o disminuirlo (Sikder & Züfle, 2020). Los mecanismos de tasación actuales a nivel general de catastro de suelos urbanos son modelos lineales en la mayoría de los casos, y sí no son lineales, son intrínsecamente lineales, por lo cual no se puede observar el cambio de valores de acuerdo a condiciones actuales y observar la naturaleza de los datos propios que un comprador desea al momento de realizar la compra de un bien inmueble (Montero et al., 2018), perjudicando al municipio ya que muchas veces no recauda el valor que debe en un sector y cobra mayor cantidad de impuesto predial a aquellos que no merecen, teniendo pérdidas económicas e insatisfacción de sus habitantes (Monzani et al., 2018).

Hoy en día, los compradores de bienes inmuebles buscan satisfacer sus necesidades básicas de acuerdo con lo que considera primordial el ser humano y descrito de forma sintética por la pirámide de Maslow, la cual establece que primero el ser humano busca satisfacer sus necesidades fisiológicas, de seguridad, de socialización, de estima y finalmente sentirse autorrealizado. Antes se consideraba imposibles considerar a variables subjetivas dentro de los avalúos, pero ahora con el avance de la tecnología ha permitido que muchas de las variables consideradas subjetivas se puedan georreferenciar, se considerarían además de los números de habitaciones, acabados, número de ascensores satisfacer variables que el comprador busca tales como: activos ambientales, inseguridad, cercanía a centros educativos, daño moral, el paisaje, calidad del aire, etc (Bellver & Martinez, 2012).

Al momento de realizar la estimación de valores del suelo urbano a través de las geociencias muestra que al aplicar métodos geoestadísticos permite facilitar la interpretación de las variaciones de un inmueble aplicando el análisis espacial y como se interpolan cada una de estas variaciones dentro del espacio (Morillo Balsera et al., 2018), mostrando las causas de la variación en su valor y prediciendo así

porque su valor actual no es lo estimado bajo la realidad del suelo urbano y que esto obliga a cambiar a los métodos de valoración actuales, ya que en muchas ocasiones se puede observar que la falta de datos y una distribución desigual de características de un suelo urbano con otro eleva o disminuye el precio de un terreno (Sikder & Züfle, 2020).

Aplicar las geociencias para que los municipios realicen planes de valoración del suelo desde una perspectiva igualitaria dentro de sus ciudades fomenta el cumplimiento de los nuevos objetivos de desarrollo sostenible propuesto por las Naciones Unidas. El objetivo 11 nos indica que desde el 2007 casi el 50% de la población mundial vive en zonas urbanas y casi el 70% de esta población que vive en las ciudades y zonas urbanas viven en barrios marginales(ONU-HABITAT, 2015). Estas desigualdades pueden deberse mucho a los factores económicos, la mala planificación territorial de los municipios y también la desigualdad valorativa dentro de los suelos urbanos de las ciudades (Monzani et al., 2018). La meta 11.3 se enfoca que aquí al 2030, la urbanización de las ciudades va a seguir aumentando y esta debe ser inclusiva y sostenible además de que los municipios opten por una capacidad para mejorar la planificación y que los habitantes puedan participar activamente y poder tener acceso a una vivienda de acuerdo a la economía local (ONU-HABITAT, 2015). Además, la meta 11.a dispone que se deben apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas y que éstas se encuentren integradas en la planificación de las ciudades y las personas participen activamente en la misma (ONU-HABITAT, 2015).

Entonces investigar sobre nuevos métodos de valoración de los suelos urbanos donde se pueda proponer una accesibilidad más adecuada para la adquisición de terrenos y vivienda por parte de los habitantes contribuye a que los municipios sean más participativos con el desarrollo de planes de valoración de los suelos urbanos y así estar dentro de la agenda mundial que espera cumplir estos objetivos de desarrollo sostenible para el año 2030, beneficiando a los municipios en la toma de decisiones del valor a recaudar en cada bienio y se obtenga mejores beneficios en pro de la ciudad.

El presente proyecto busca establecer los procedimientos de una propuesta para obtener valores aproximados a la realidad del suelo urbano para las parroquias de Alangasí, Iñaquito y Puengasí y para fomentar un nuevo mecanismo de valoración geoeconómica del suelo urbano para el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Quito, a través, de la aplicación de un modelo SAE2 basado en técnicas geoestadísticas que permitirán evaluar el suelo urbano considerando variables espaciales subjetivas establecidas por los mercados inmobiliarios que permitan estimaciones más adecuadas por parte de los GAD cantonales y apliquen en sus municipios al momento de realizar el plan del VSU.

### **Área de influencia**

El área de influencia del presente proyecto se desarrolla sobre las parroquias de Alangasí, Iñaquito y Puengasí ubicados al interior del Distrito Metropolitano de Quito (ver *Figura 1*). La parroquia de Alangasí es una parroquia rural del DMQ y está ubicada al sureste de la ciudad de Quito y limita con las parroquias de Píntag, La Merced y Conocoto. Está conformada por un total de 32 barrios. La parroquia de Alangasí posee una extensión de 29.63 Km<sup>2</sup> esta se encuentra a una altitud de 2.613 metros sobre el nivel del mar, tiene una población aproximada de 24.251 mil habitantes según el censo del INEC del 2010 (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí, 2012).

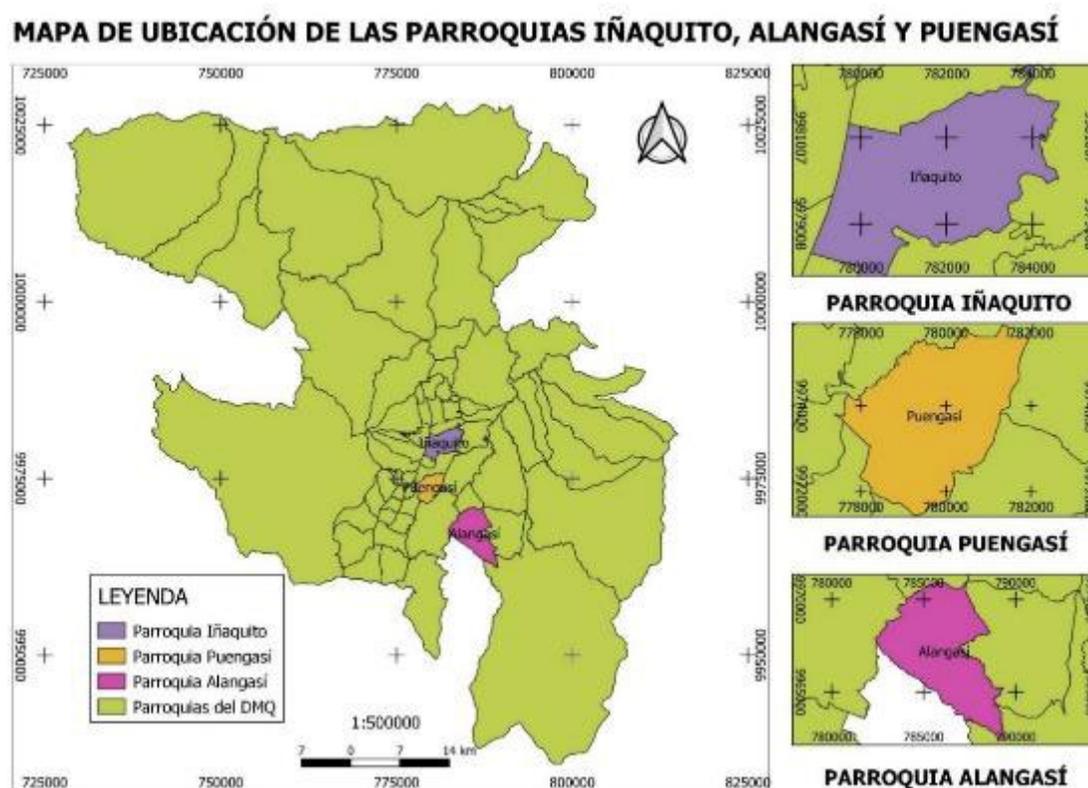
La parroquia Iñaquito es una parroquia urbana la cual presenta una baja a media actividad comercial, pero donde se encuentra una alta densidad de conjuntos urbanizados privados. Ubicado cerca de los parques pequeños República de Chile y Perú y uno de los parques más extensos de Quito, el parque metropolitano Guangüiltagua, es una parroquia cuya extensión está yendo hasta el cielo ya que la cabida horizontal en propiedades ya no dispone de espacio para extender su crecimiento (PROPERATI, 2019).

La parroquia Puengasí es una parroquia peri-urbana que se encuentra ubicada en el sector este del DMQ y delimita con las administraciones de los Chillos y Tumbaco. Tiene una división barrial

conformada por 35 unidades, 3 áreas de protección y 1 área privada. Se encuentra ubicado a las faldas de la Loma de Puengasí, teniendo barrios ubicados en pendientes mayores al 12%. Presenta una extensión de 11.29 km<sup>2</sup> y es uno de las parroquias más densamente pobladas del distrito Metropolitano de Quito (Administración Zonal Manuela Sáenz, 2020).

**Figura 1**

*Área de influencia de la zona de estudio*



*Nota.* El gráfico representa las 3 parroquias dónde se va a aplicar el modelo de valoración del suelo urbano.

## Objetivos

### *Objetivo General*

Proponer un modelo de valoración del suelo urbano empleando herramientas geoeconómicas en las zonas piloto de Iñaquito, Alangasí y Puengasí.

### *Objetivos específicos*

- Definir las variables explicativas sociales, económicas y ambientales que definen el valor del suelo urbano.
- Determinar la cantidad y distribución de las muestras para la valoración del suelo mediante el empleo de técnicas geoestadísticas.
- Analizar el mercado inmobiliario en las zonas de muestreo previamente seleccionados.
- Diseñar el modelo de valoración SAE2 del suelo urbano empleando técnicas geoestadísticas que mejor se ajuste en las tres zonas pilotos del Distrito Metropolitano de Quito.
- Evaluar la confiabilidad de los resultados obtenidos del modelo de valoración del suelo urbano propuesto.
- Diseñar los procedimientos para la implementación del modelo de valoración SAE2 para su aplicación en los GAD cantonales.

### **Metas**

- Una matriz de caracterización de al menos 12 variables explicativas que intervendrán en nuestros modelos geoestadísticos determinado por su correlación espacial.
- 12 planos temáticos a escala 1:1000 de la caracterización de las variables explicativas de las 3 zonas de estudio.
- Una geodatabase con la información geoespacial a escala 1: 1000 según estándares MIDUVI.
- Un plano a escala 1:1000 con las zonas de muestreo para el estudio del mercado inmobiliario
- Una base de datos con 200 registro de transacciones del mercado inmobiliario formal e informal para las 3 zonas de estudio.

- Un reporte geoestadístico del nivel de correlación espacial de las variables explicativas del valor del suelo urbano.
- Un plano del valor del suelo urbano basado en el modelo SAE2 realizado con técnicas de interpolación para la valoración del suelo urbano.
- Una matriz con el avalúo del suelo aplicado a 100 lotes urbanos de las zonas pilotos.
- Un reporte estadístico al 90% de confianza que determine la consistencia y confiabilidad del valor de suelo urbano obtenido por el modelo SAE2 realizado.
- Un reporte estadístico del nivel de consistencia y confiabilidad del valor calculado por la ordenanza metropolitana del bienio 2022-2023 y el modelo SAE2 propuesto.
- Un manual de procedimientos para implementación operativa del modelo de valoración eco-socio-ambiental econométrica propuesta para mejorar la estimación del suelo urbano de las zonas pilotos del Batán Alto y San Gabriel de Alangasí.

## Capítulo II. Marco Teórico

### Bases Teóricas

#### *La renta urbana aplicada las ciudades modernas*

El hecho de que los suelos urbanos y el espacio construido sobre el mismo merezcan establecer su valor afecta al hecho de que este valor tiene que cumplir con las condiciones necesarias basadas en la vida útil de este recurso natural, lo que implica que sería un VSU basado en su renta (Parias Durán, 2010). En una era donde las inversiones públicas y privadas se realizan sobre un territorio se debe basar el valor del suelo de acuerdo a como estas transformaciones deben afectar la renta en el espacio geográfico cercano a cada una de estas inversiones (Parias Durán, 2010), por lo tanto la influencia del espacio geográfico en la tasación de las viviendas tiene 2 razones principales: es un soporte natural para medir cuales variables espaciales interfieren en su precio e influir en cuales valores muestran un patrón de comportamiento espacial similar (Martínez et al., 2000). Todo, absolutamente todo, están relacionado entre sí, pero las cosas que están más cercanas entre sí están más relacionadas que aquellas más alejadas, conocida como la Primera Ley de la Geografía (Fernández-Aviles & Larraz, 2008).

El ser humano en la actualidad puede realizar monitoreos sobre el estado actual del recurso suelo y su relación con su entorno más cercano, por eso se encuentra a la vanguardia de las tecnologías de la información, las mismas que le han permitido que se pueda observar el avance de una ciudad sobre este recurso natural y como se podría valorar el mismo (J. Morales et al., 2020). Para lograr valorar el suelo el hombre ha ido avanzando con nuevos descubrimientos, uno de ellos son las tecnologías de información geográfica (Morillo Balsera et al., 2018), que con su actual desarrollo ahora puede permitir mapear nuevas variables para el cálculo del valor urbano e integrarlas en esta valoración tales como la distancia de una ubicación de un suelo urbano hacia distintos puntos necesarios de movilización que las personas realizan comúnmente hacia centros educativos, colegios, guarderías, empleo, entidades públicas que brinden servicios, centros comerciales, supermercados, etc.

Lograr un modelamiento adecuado del VSU fundamentada con cada una de estas estructuras culturales y socioeconómicas permite al diseñador de políticas públicas observar el cambio y dinamismo que presenta la ciudad urbana por el flujo de personas que se localizan en la misma y los tomadores de decisiones deberían tener entre sus portafolios un modelo representando esta realidad (J. Morales et al., 2020), no un modelo que representa la base teórica de que existe un suelo y una construcción dentro del mismo para obtener un valor, ya que este modelo no está analizando el uso diario de este recurso natural y que tiene un período de vida útil (Parias Durán, 2010).

### ***La Teoría General de Sistemas y su relación con el sistema urbano***

La Teoría General de Sistemas (TGS) busca realizar una aproximación científica acerca del objeto real estudiado y representarlo a través de modelos (Arnold & Osorio, 2011). Los objetivos principales de la TGS es impulsar el desarrollo de un diccionario de objetos que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos; desarrollar un conjunto de leyes que se aplique directamente a este entorno propio del sistema y lograr modelar a través de las matemáticas la realidad del objeto (Arnold & Osorio, 2011).

La base principal de la TGS es buscar una delimitación de un sistema, para poder definir qué componentes lo conforman, teniendo estas propiedades intrínsecas, atributos y valores. También intervienen las relaciones directas o indirectas de interdependencia, que cumplen con funciones específicas dentro del mismo y tiene como finalidad la generación de un resultado de todo el sistema unificado (Guerra, 2017).

La teoría general de sistemas (Dinámica de Sistemas), es la teoría que más aportes ha brindado a la geografía en sus inicios, ya que la misma busca establecer cómo se comporta de forma real un sistema para así poder identificar los elementos fundamentales. Con esto se busca, elaborar estructuras de retroalimentación que puedan generar el sistema observado en la realidad y cuando se hayan

identificado los elementos que han conformado el sistema, se trata de construir un modelo gráfico del comportamiento real del sistema para ser tratado de forma virtual (Toro, 1989).

Al basarnos con la Teoría General de Sistemas dentro de una ciudad, podemos observar que la misma tiende a tratar de limitar fenómenos producidos por el movimiento en masa de las personas, dado por su desplazamiento de las zonas rurales y peri-urbanas hacia el núcleo de la ciudad urbana, y las distancias recorridas diariamente por dentro de estas zonas urbanas por sus habitantes (Aguilar & Mateos, 2011). Entonces muchas ciudades se han intentado estudiar de una forma sin considerar todo lo que involucra el desarrollo del territorio, una de ellas son las distancias a servicios que los municipios disponen a los predios y como afectan a los predios estas distancias, sino tratando de complacer necesidades de la población venidera sin observar que consecuencias se producen después de tener sobrepoblación dentro de una ciudad urbana (de Mattos, 1999), por falta de observar a la ciudad como un sistema cambiante que necesita ser modelado, ya que la principal característica que todo fenómeno urbano presenta es la totalidad cualitativa de relación entre las personas y la suma de todos sus componentes internos (Pumarino, 1974).

## **Bases Conceptuales**

### ***La Geoestadística aplicada al precio de la vivienda***

La variabilidad entre la distancia de un objeto respecto a otro se puede determinar a través de sistemas modernos de interpolación en la cual establece una relación existente entre un objeto visualizado y uno próximo indicando la presencia del mismo donde no existe la muestra (Morillo Balsera et al., 2018).

El término de Geoestadística fue acuñado por Matheron a partir de 1960. La geoestadística es un conjunto de técnicas matemáticas que permiten observar la correlación espacial existente entre un objeto y su presencia cercana al mismo. Con esto se puede estimar y reconocer funciones aleatorias de un fenómeno existente de acuerdo a la presencia de fenómenos en un determinado sitio. La

geoestadística es una ciencia que se especializa en el análisis y la modelación de variabilidad espacial en ciencias de la tierra (Díaz Viera, 2002).

Los procesos espaciales en la metodología teórica son precisos desde que estima un punto o una región en el espacio como una combinación lineal de una parte total del espacio observado o en sí todo el espacio (Martínez et al., 2000). Se ha demostrado a través de varios estudios que los métodos geoestadísticos podrían facilitar la interpretación de los datos y determinar qué factores afectan a la variación de los precios de los suelos urbanos funcionando así como una herramienta para poder obtener mejores predicciones en el catastro urbano (Sikder & Züfle, 2020).

### ***Los Sistemas de Información Geográfica***

Las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) son representaciones de los objetos en el espacio a través de técnicas y métodos que facilitan la organización y análisis de datos geográficos. Dentro de estas tecnologías se encuentran los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Geomática. Estas herramientas al integrarse permiten que los resultados esperados puedan tener una mejora de acuerdo a las decisiones que se han planteado (Palacio, 2017). Los Sistemas de Información Geográfica aparecen por alrededor del año 1975 y estos fueron dirigidos para personas especializadas en poder interpretar mapas utilizando la información geográfica para luego realizar análisis en concordancia a los mismos (Vitturini & Fillottrani, 2008).

Estos Sistemas de Información Geográfica son herramientas informáticas encargadas de lograr visualizar y manipular la información geográfica (datos georreferenciados), orientándolos hacia el análisis espacial para lograr una interpretación de los fenómenos que ocurren actualmente sobre la superficie terrestre del territorio (Pérez, 2016). Los Sistemas de información geográfica, son la base de las herramientas digitales que permiten el análisis, visualización y manejo de toda la información geográfica (data geográfica), estos SIG son los encargados de guiar todo el análisis espacial de lo que ocurre en la superficie terrestre para determinar cómo se comporta un fenómeno actualmente y como

posiblemente se comportará en un futuro. Una de las ventajas de los SIG, es su capacidad y estructura de almacenamiento de datos (Pérez, 2016).

### ***La decisión multicriterio aplicada al catastro***

El catastro multifinalitario aparece como una respuesta para la integración de todos los valores que un municipio maneja para volverlo uno solo. Esto aparece al final de la segunda guerra mundial en Europa y recién a finales del siglo XX se comienza a tener conocimiento en los países latinoamericanos pero teniendo un mal enfoque en el mismo (Erba, 2017). La integración de los aspectos económicos, jurídicos, físicos, ambientales y sociales es el objetivo principal del catastro multifinalitario, ya que así se puede observar aquellas variables en una sola jurisdicción municipal e integrarlas correctamente a través de matrices (Erba, 2017), esta integración se lo plantea realizar con la decisión multicriterio (Bellver & Martínez, 2012).

La decisión multicriterio según (Moreno Jiménez, 1996) dice *“es el conjunto de aproximaciones, métodos, modelos, técnicas y herramientas dirigidas a mejorar la calidad integral de los procesos de decisión seguidos por los individuos y sistemas, esto es a mejorar la efectividad, eficacia y eficiencia de los procesos de decisión y a incrementar el conocimiento de los mismos (valor añadido del conocimiento).”* Es aquella que se basa como una ayuda para que una empresa, gobierno o persona tome decisiones de acuerdo con varias variables que interfieren en una determinada área a analizar. Con el fin de buscar respuestas y a la mejora alternativa a las incertidumbres planteadas en el momento justo que se realiza la investigación (Bellver & Martínez, 2012).

Con el ingreso de la decisión multicriterio, los municipios han optado por tener mejores metodologías para la incursión de planes de desarrollo integral de las ciudades ya que en los mismos integran todos los factores sociales, culturales, educativos, servicios básicos y dinamismo humano que una ciudad urbana presenta a diario. Esto ha permitido que la relación de una variable y otra se puedan representar gráficamente para tener mejores decisiones en pro-beneficio de la ciudad, lo que se ha

estado dimitiendo en la actualidad por parte de los municipios es el desconocimiento de como se puede relacionar espacialmente la representación gráfica de la una variable con la otra (Monzani et al., 2018), ahí es donde nace el concepto de correlación espacial.

Determinar la correlación espacial entre cada una de estas variables en la valoración del suelo urbano busca la integración de forma estructural la relación existente entre un fenómeno y el fenómeno más cercano (Morillo Balsera et al., 2018), para así a través de métodos estadísticos describir el residual existente entre la una variable y la otra (Díaz Viera, 2002). Sí en esta estructura se presenta una relación positiva, se puede predecir valores similares en el sitio existente entre el fenómeno relacionado con el siguiente más cercano (Díaz Viera, 2002).

### ***La valoración del suelo urbano aplicando interpolación***

En la práctica moderna, la automatización de los procesos valorativos se está propiciando en la actualidad a través de los lenguajes artificiales informáticos que son capaces de generar respuestas a través de predicciones. Estos fallos permiten observarse con mayor facilidad cuando las determinaciones de los valores mecanizados se los lleva hasta sus límites (Bellver & Martinez, 2012). La valoración es una ciencia que aplica la determinación del valor de un bien basado de acuerdo a los elementos de comparación, características o variables explicativas que lo caracterizan, el medio económico donde se desarrolla el bien, a través de un método contrastado de cálculo aplicado por un evaluador de tasas profesional, y que permita al evaluador añadir el conocimiento objetivo y las variables cuantitativas, como el conocimiento subjetivo y las variables cualitativas (Bellver & Martinez, 2012).

La geoestadística se basa en la aplicación de metodologías donde se aplica la matriz lineal insesgada, es decir aquella que unifica de forma lineal a los valores existentes dentro de un sector y predecir a través de la media de los valores la existencia desde un valor dependiente su distancia hacia las variables independientes que interfieren en este proceso (Morillo Balsera et al., 2018). Aquí es donde

la interpolación la cual es una parte fundamental del análisis estadístico en el que se predicen estos valores desconocidos dentro del sector a partir de valores conocidos. Se aplican tanto a métodos determinísticos como métodos geoestadísticos, ya que la base de la interpolación es la correlación existente dentro del área de estudio y los puntos observados y así predecir información espacial que esta aplicada a la georreferenciación (Murillo Gómez, 2017).

A través de la aplicación de la geoestadística se ha aplicado kriging, el cual es un mecanismo de predicción basado en la autocorrelación espacial de las variables. El kriging es un estimador lineal insesgado, cuya finalidad busca encontrar superficies continuas a partir de variables discretas, considera que la media muchas veces desconocida, es constante y que cuyas variables son continuas y no presentan propensiones contrarias a estas variables, permitiendo así la transformación de datos, agregar medidas de error y suprimir tendencias (Delgado & Martínez, 2015).

La aplicación de la interpolación en el catastro actual ha permitido que los municipios mejoren sus criterios de decisión en el cobro del impuesto predial y que el valor de los mismos se ajuste a la realidad de la economía local, además la geoestadística genera modelos probabilísticos de predicción mejor ajustados de acuerdo a la distancia presente desde el VSU a valorar respecto a la distancia de cada uno de los valores existentes (Monzani et al., 2018).

### ***La administración territorial***

La división, organización y planificación del territorio en donde los seres humanos han formado asentamientos y han desarrollado sus actividades, son la base general para poder afirmar de que nosotros somos una especie que estamos en constante cambio de nuestro entorno territorial dentro de los lugares donde habitamos y por eso es necesario prestar atención a cómo se desarrollan estos procesos territoriales por parte de los municipios y sus autoridades respectivamente (Franquet i Bernis, 2008).

La base de administrar u ordenar un territorio se entiende cómo identificar, organizar y controlar toda actividad humana en este territorio rigiéndose bajo ciertos criterios y prioridades, en otras palabras, que cada objeto en este territorio debe tener un lugar adecuado para una excelente interrelación con el medio (Gómez Orea, 1994).

Cada vez se consolida lugares urbanos en diferentes sectores, pero ya no solo se requiere de la información manual o analógica para examinar estos procesos antropológicos, sino que es necesario digitalizarla. Este lugar urbano consolidado a través de procesos cognitivos nos permitirá acotar el posicionamiento del mismo y entender que al anclar estos a una información espacial digital se debe interpretar como un sistema de relaciones sujetas a una transformación que interactúa con la experiencia (Domínguez Ruiz, 2016).

### ***El territorio***

El sistema territorial es una construcción social que representa el estilo de como una sociedad se desarrolla dentro de ella, se forma de acuerdo a las actividades que la población humana realiza sobre el medio físico y como se relaciona con el mismo a través de los diferentes medios que brinda una funcionalidad al sistema y forma la “expresión espacial del estilo de desarrollo de una sociedad” (Pérez, 2016).

El concepto de “territorio” es algo mucho más amplio que solo el “suelo”. De acuerdo a lo que define Franquet (2008) “como un área específica de la superficie terrestre, cuyas características abarcan todos los atributos, razonablemente estables o previsiblemente cíclicos, de la biosfera de esta área, considerada verticalmente de arriba a abajo, incluyendo los de la atmósfera, el suelo con sus diferentes horizontes y el material geológico subyacente; también se incluyen la topografía, la hidrología, las poblaciones vegetales y animales, y los resultados de la actividad humana en el pasado y en el presente, en la medida que estos atributos ejercen una influencia significativa sobre los usos presentes y futuros del territorio por el hombre.”

### ***Uso y gestión del suelo***

De acuerdo al significado de actuación urbanística que la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del suelo (LOOTUGS) (2016) dice “Procedimiento de gestión y forma de ejecución orientado por el planeamiento urbanístico que implica un proceso concreto de transformación del suelo o de su infraestructura, o una modificación de los usos específicos del mismo”.

Dentro de lo que es uso urbano y su espacio se refiere a los espacios públicos y privados que se difieren fácilmente. Con la aparición de espacios públicos y libres hace que exista una posibilidad de construcción urbana en beneficio de las comunidades adyacentes. En el área urbana, la utilización de parcelas o espacios libres hace que una zona se comporte en una forma que impulse al desarrollo de la edificación, y, por lo tanto, estas parcelas siempre se buscan como gestionar de formar adecuada en un cierto patrón de forma y dimensiones para construir en ellas un determinado edificio (Noguera, 2011).

### ***Limitaciones en el desarrollo de las ciudades urbanas***

Tradicionalmente la geografía ha considerado al territorio como un todo, que solo se ha basado en su contenido actual y su percepción de cambios. Entonces esta ha tratado de observar el espacio territorial de forma geométrica a través de modelos matemáticos, sobre el cual se ha establecido un sistema de coordenadas que permite visualizar cada objeto en el espacio a través de formas geométricas y que distancia existe entre ellos (Ovares, 2015).

La ciudades son sistemas más complejos de analizar, pero los primeros modelos de las ciudades latinoamericanas, se basaron en realizar construcciones de acuerdo al uso de suelo que predominaba principalmente desde el núcleo de la ciudad a sus alrededores (Aguilar & Mateos, 2011), pero no observaron a futuro que estas ciudades cambiarían mucho. Esto determino muchos factores y entonces se puede decir que lo urbano está definido no por las características físicas principales de un conjunto espacial (territorio definido, habitantes, uso y ocupación del suelo), sino más bien de cómo algunos

elementos interactúan entre sí hasta lograr un cambio de verse como un sistema simple a uno complejo o ver uno de poco a variedad interna a uno con mayor variabilidad (Pumarino, 1974).

Cuando la ciudad de Santiago de Chile en los años 70 fue elaborado a través de los principales asentamientos urbanos ubicados en el núcleo de la ciudad, no se vio con una perspectiva amplia de que se tendrá mayor movimiento masivo para años posteriores, simplemente siguió el modelo de crecimiento urbano tal como llevaban las ciudades norteamericanas (de Mattos, 1999). De un modo totalmente diferente, no se observó a este sistema urbano con sus componentes principales, que relaciones existen entre ellos y que tipo de estructuras sostienen, que características poseían y que límites debió darse a la ciudad para que estas relaciones funcionen de forma adecuada (Pumarino, 1974). Por lo tanto, se buscó en cierta forma un nuevo sistema para que las ciudades latinoamericanas tengan diferentes modelos de crecimiento urbano.

### **Base legal**

El presente proyecto se basa de acuerdo a la constitución del Ecuador establecida en el año 2008 y aprobada por la Asamblea Nacional del Ecuador bajo los numerales 275 y 227, los cuales aclaran que el estado se encargará de la planificación del territorio nacional, con lo cual se mantendrá equidad social y territorial, en la cual la sociedad e instituciones participarán activamente para el bienestar de los habitantes de la sociedad Ecuatoriana. Esto con la finalidad de que la administración de los recursos del estado se maneje de una forma eficaz, eficiente, jerárquica y con una calidad aceptable para una adecuada planificación del territorio.

Basándonos de acuerdo al Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas –COPYFP- aprobada por la Asamblea Nacional en el 2010 y dispuesto por el Ministerio De Finanzas del Ecuador, que los artículos 30 y 31 mencionan que la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo es la que establecerá los mecanismos, metodologías y procedimientos que se regirá en el estado ecuatoriano para la generación y administración de la información y también implementará los estándares de calidad y

pertinencia de dicha información. También establece que se construirán políticas públicas para que la información sea de libre acceso para los habitantes del estado, salvo de cierta información que será de uso no autorizado para la población.

El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización elaborado por la Presidencia de la República del Ecuador en el año 2010 en el artículo 55 literal i) confiere que es obligación de los gobiernos autónomos descentralizados elaborar y administrar los catastros inmobiliarios urbanos y rurales correspondientes a su jurisdicción. También dentro del COOTAD el literal c) de los artículos 54 y 84 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización establecen que los gobiernos municipales, gobiernos provinciales y gobiernos autónomos descentralizados tienen la obligación de establecer el régimen del uso del suelo y urbanístico, para lo cual determinará las condiciones de urbanización, parcelación, lotización, división o cualquier otra forma de fraccionamiento de conformidad con la planificación metropolitana, asegurando porcentaje para áreas verdes y áreas comunales.

También dentro del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, el artículo 495, puntualiza que para establecer el valor de la propiedad se considerará en forma obligatoria, los siguientes elementos: "a) El valor del suelo, que es el precio unitario de suelo, urbano o rural, determinado por un proceso de comparación con precios unitarios de venta de inmuebles de condiciones similares u homogéneas del mismo sector, multiplicado por la superficie del inmueble; b) El valor de las edificaciones, que es el precio de las construcciones que se hayan desarrollado con carácter permanente sobre un inmueble, calculado sobre el método de reposición; y, c) El valor de reposición, que se determina aplicando un proceso que permite la simulación de construcción de la obra que va a ser evaluada, a costos actuales de construcción, depreciada de forma proporcional al tiempo de vida útil" (Presidencia de la República del Ecuador, 2010).

El Honorable Congreso Nacional del Ecuador en el año 2016 establece según la Ley Orgánica de Régimen para el Distrito Metropolitano de Quito en el artículo 2 finalidad del Municipio que es la entidad encargada de regular el uso y la adecuada ocupación del suelo y ejercer control sobre el mismo con competencia exclusiva y privativa del mismo.

El artículo N de la sección III de la Ordenanza Metropolitana N 0222 del Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito establece la descripción de los aspectos físicos-geométricos, jurídicos y económicos tienen como objetivos fundamentales:

- Desarrollar, preservar y actualizar el catastro de los bienes inmuebles del Distrito Metropolitano de Quito.
- Brindar información actualizada y completa sobre los bienes inmuebles catastrados
- Elaborar mapas catastrales y planos temáticos del Distrito Metropolitano de Quito.

El artículo 2 en el capítulo 1 de la Ordenanza Metropolitana N 0196 del Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito dispone que la definición de valoración inmobiliaria se entenderá, al proceso de cálculo masivo para la determinación de los avalúos del suelo, construcción y adicionales constructivos del inmobiliario del Distrito Metropolitano de Quito, de acuerdo a la metodología y técnicas de valuación, en el marco de lo que establece el Código COOTAD y otras Códigos o Normas establecidas para efectos valorativos.

El Decreto Ejecutivo del (Consejo Nacional de Planificación) No. 1577, de febrero 11 de 2009 dispone que “las instituciones públicas dependientes de la Función Ejecutiva que hayan creado, creen y/o administren bases de datos, deben obligatoriamente integrar su información al Sistema Nacional de Información coordinado por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo”. Para el cumplimiento de su finalidad, el Sistema Nacional de Información (SNI) debe:

- Tener datos e información relevante para la planificación, que sea pertinente, oportuna, actualizada, veraz, confiable, de calidad y estandarizada.

- Establecer los acuerdos institucionales para el mejoramiento de los procesos de producción y uso de la información para la planificación.
- Disponer de información geográfica que permita la visualización de los datos en el territorio para la planificación.
- Incorporar documentación técnica que describa las características de los datos e información para la planificación.
- Incorporar herramientas adecuadas para el manejo y visualización de los datos e información para la planificación.
- Articular la producción y uso de datos e información para la planificación, generadas en las instituciones, por medio de las tecnologías de información y comunicación.

### Capítulo III. Metodología

#### Matriz de caracterización

Lo esencial es comenzar por observar a través de matrices de caracterización aquellos datos que presentamos para comenzar con nuestros modelos de evaluación del suelo urbano. Por lo cual, se realizó una encuesta a 7 profesionales que tienen conocimientos en el área de acuerdo con 15 variables cualitativas que tendrán un impacto sobre el VSU y además se evaluó cada una de ellas con un valor que varíe entre 1 y 9 de acuerdo con la escala de valor propuesta por Saaty. Todas estas variables seleccionadas se basaron en tratar de cumplir con el objetivo de desarrollo sostenible número 11 el cual nos especifica que es necesario obtener ciudades y comunidades sostenibles.

Dentro de las metas del objetivo 11 se encuentra que las ciudades deben presentar acceso a diferentes medios de transporte público, uso de transportes alternativos como la bicicleta, áreas verdes para resguardar el patrimonio natural del mundo y que además sean de fácil acceso para los habitantes del sitio y que sean un lugar seguro, reducir el número de decesos generados por amenazas naturales, reducción del impacto ambiental generado por las ciudades a través de la recolección y generación de desechos dentro de las ciudades y tener cerca de las zonas de residencia activos económicos inmobiliarios de carácter cultural, adquisitivo y de creencias personales para que ninguna persona sea discriminada por su sexo, raza o religión (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

Una vez obtenido los resultados de los profesionales en el área de evaluación del suelo urbano se procedió a la calcular la media de cada uno de los valores obtenidos para cada variable cualitativa y se ponderó cada variable en una matriz AHP (Analatic Hirarchy Process) de Saaty, para determinar que variables económicas, sociales y ambientales infieren directa e inversamente en el VSU.

Posterior a esto se estableció la matriz de acuerdo con la escala establecido por Saaty y Wind (ver *Tabla 1*) para establecer el orden jerárquico de cada uno de ellos y qué van a tener mayor influencia en nuestro estudio.

**Tabla 1**

*Escala de valores por pares compuesta para valoración AHP compuesta por Saaty y Wind*

<b>Valor</b>	<b>Definición</b>	<b>Comentarios</b>
<b>1</b>	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
<b>3</b>	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
<b>5</b>	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
<b>7</b>	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el criterio B
<b>9</b>	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B esta fuera de toda duda
<b>2,4,6 Y 8</b>	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	
<b>Recíprocos de lo anterior</b>	Criterio A frente a criterio B 5/1; Criterio B frente a criterio A 1/5	

*Nota.* La tabla representa las ponderaciones establecidas por Saaty para la evaluación de multicriterios en una matriz de alternativas. Tomado de *Modelo multicriterio para la valoración del suelo de protección ambiental por interés hídrico en el Departamento de Santander p.(48)*, por Gómez Navarro et al., 2022.

Con lo que respecta a las variables ambientales se seleccionaron las variables de quebradas, topografía, amenazas volcánicas, áreas verdes y relleno sanitario (ver *Tabla 2*).

**Tabla 2***Matriz de alternativas para la jerarquización de las variables ambientales*

	<b>Quebradas</b>	<b>Topografía</b>	<b>Amenazas Volcánicas</b>	<b>Áreas verdes de recreación</b>	<b>Relleno sanitario</b>
<b>Quebradas</b>	1	1/3	1/5	1/7	3
<b>Topografía</b>	3	1	1/3	1/5	5
<b>Amenazas Volcánicas</b>	5	3	1	1/3	7
<b>Áreas verdes de recreación</b>	7	5	3	1	9
<b>Relleno sanitario</b>	1/3	1/5	1/7	1/9	1
<b>Total</b>	16.3333333	9.5333333	4.67619	1.787302	25

*Nota.* La tabla representa los valores obtenidos de cada una de las variables ambientales de acuerdo con la ponderación definida por cada uno de los investigadores.

Una vez obtenida la matriz de alternativas con sus respectivas ponderaciones, se procedió a normalizar la matriz a través del método de la suma (Gómez Navarro et al., 2022). Este método consiste en dividir cada uno de los valores de la columna de una matriz para el resultado compuesto por el sumatorio de todos los valores de dicha columna con el fin de tener valores normalizados y así poder obtener valores menores a 1 para posteriormente calcular los pesos de cada una de las variables (Gómez Navarro et al., 2022).

**Tabla 3***Matriz normalizada por la suma para variables ambientales*

	<b>Quebradas</b>	<b>Topografía</b>	<b>Amenazas Volcánicas</b>	<b>Áreas verdes de recreación</b>	<b>Relleno sanitario</b>
<b>Quebradas</b>	0,06	0,03	0,04	0,08	0,12
<b>Topografía</b>	0,18	0,10	0,07	0,11	0,20
<b>Amenazas Volcánicas</b>	0,31	0,31	0,21	0,19	0,28
<b>Áreas verdes de recreación</b>	0,43	0,52	0,64	0,56	0,36
<b>Relleno sanitario</b>	0,02	0,02	0,03	0,06	0,04
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

*Nota.* La tabla representa los valores normalizados de la matriz de alternativas definidas para las variables ambientales.

Una vez obtenidos los valores normalizados se obtiene el promedio de cada fila y el valor obtenido representa el peso de cada variable (Gómez Navarro et al., 2022).

**Tabla 4***Matriz de pesos ponderados para variables ambientales*

<b>Variables</b>	<b>Pesos ponderados</b>
<b>Quebradas</b>	0,07
<b>Topografía</b>	0,13
<b>Amenazas Volcánicas</b>	0,26
<b>Áreas verdes de recreación</b>	0,50
<b>Relleno sanitario</b>	0,03

*Nota.* La tabla representa la matriz de pesos ponderados que resultó del promedio de cada una de las filas de la matriz normalizada de cada una de las variables ambientales.

Una vez obtenidos los pesos se procede a realizar una multiplicación de matrices entre la matriz de pesos y la matriz de alternativas. El resultado obtenido entre estas matrices dará como resultado la matriz de vectores propios. (Gómez Navarro et al., 2022).

**Tabla 5**

*Multiplicación de vectores propios de las variables ambientales*

<b>Matriz de vectores propios</b>
<b>0,34090125</b>
0,69909525
1,41352341
2,74309741
0,17732823

*Nota.* La tabla representa los valores de vectores propios para las variables definidas en el factor ambiental.

Con la matriz de vectores propios se procede a calcular el valor de  $\lambda$ , que resulta de la división de cada uno de los valores de la matriz de vectores propios para cada uno de los valores obtenidos de la matriz de pesos (Gómez Navarro et al., 2022).

**Tabla 6**

*Valor de lambda para variables ambientales*

$\lambda$
<b>5,02969878</b>
5,20352032
5,43179027
5,45543169
5,09259353
<b><math>\lambda = 5,242606918</math></b>

*Nota.* La tabla representa los valores de  $\lambda$  de cada una de las variables ambientales.

Obtenida la matriz del valor  $\lambda$  de las variables ambientales, se procede a sacar el promedio de la fila de la matriz. Con el valor de  $\lambda$  calculado, obtenemos el índice de consistencia, el cuál resulta de la diferencia de  $\lambda$ -el número de variables, dividido para el número de variables – 1 y nos resultó un valor de 0.04 y su ratio de consistencia es de 4% dando a entender que la matriz es consistente y dando que

las variables que entran en nuestras variables ambientales para el cálculo del suelo urbano son: Áreas verdes, quebradas, topografía y amenazas volcánicas.

Se aplicó la misma matriz de Saaty y el mismo procedimiento para determinar las variables a definir de acuerdo a lo propuesto por Gómez Navarro et al., 2022 para también determinar las variables que será adecuadas para el factor social para el precio de un suelo urbano, y las alternativas fueron las siguientes: rutas de transporte público, ciclovías, paradas de autobús, recolección de basura y parqueaderos.

**Tabla 7**

*Matriz de alternativas para las variables sociales*

	<b>Transporte público</b>	<b>Ciclovías</b>	<b>Paradas de autobús</b>	<b>Recolección de basura</b>	<b>Parqueaderos</b>
<b>Transporte público</b>	1	5	3	7	9
<b>Ciclovías</b>	1/5	1	1/3	3	5
<b>Paradas de autobús</b>	1/3	3	1	5	7
<b>Recolección de basura</b>	1/7	1/3	1/5	1	3
<b>Parqueaderos</b>	1/9	1/5	1/7	1/3	1
<b>Total</b>	1,787302	9,533333	4,676190	16,333333	25,000000

Nota. La tabla representa los valores obtenidos de cada una de las variables sociales de acuerdo con la ponderación definida por cada uno de los investigadores.

**Tabla 8***Matriz normalizada por la suma para variables sociales*

	<b>Transporte público</b>	<b>Ciclovías</b>	<b>Paradas de autobús</b>	<b>Recolección de basura</b>	<b>Parqueadores</b>
<b>Transporte público</b>	0,56	0,52	0,64	0,43	0,36
<b>Ciclovías</b>	0,11	0,10	0,07	0,18	0,20
<b>Paradas de autobús</b>	0,19	0,31	0,21	0,31	0,28
<b>Recolección de basura</b>	0,08	0,03	0,04	0,06	0,12
<b>Parqueadores</b>	0,06	0,02	0,03	0,02	0,04
<b>Total</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

*Nota.* La tabla representa la matriz de los valores normalizados de cada una de las variables sociales.

**Tabla 9***Matriz de pesos ponderados para las variables sociales*

<b>Variables</b>	<b>Pesos Ponderados</b>
<b>Transporte público</b>	0,50
<b>Ciclovías</b>	0,13
<b>Paradas de autobús</b>	0,26
<b>Recolección de basura</b>	0,07
<b>Parqueadores</b>	0,03

*Nota.* La tabla representa la matriz de pesos ponderados que resultó del promedio de cada fila de la matriz normalizada de cada una de las variables sociales.

**Tabla 10**

*Matriz de vectores propios de las variables sociales*

<b>Matriz de vectores propios</b>
<b>2,74309741</b>
0,69909525
1,41352341
0,34090125
0,17732823

*Nota.* La tabla representa la matriz de vectores propios que resultó de la multiplicación de la matriz de pesos ponderados por la matriz de alternativas de cada una de las variables sociales.

**Tabla 11**

*Valor de lambda para las variables sociales*

$\lambda$
<b>5,45543169</b>
5,20352032
5,43179027
5,02969878
5,09259353

$$\lambda = 5,24260692$$

*Nota.* La tabla representa la matriz de  $\lambda$  que resultó de la división de los valores de la matriz de vectores propios para la matriz de pesos ponderados de cada una de las variables sociales.

Con el valor de  $\lambda$ , obtenemos el índice de consistencia, dándonos un valor de 0.06 y su ratio de consistencia es de 6% dando a entender que la matriz es consistente y dando que nuestras variables sociales para el cálculo del suelo urbano son: transporte público, paradas de autobús, ciclovías y recolección de basura.

Para las variables económicas igualmente se aplicó una matriz de Saaty y el procedimiento aplicado para determinar las variables a definir de acuerdo a lo propuesto por Gómez Navarro et al., 2022 y así determinar cuáles serán las variables que van a interferir en nuestro estudio sobre el valor del

suelo y las alternativas fueron: unidades educativas, mercados, centros comerciales, barrios de desechos sólidos y zona de eventos culturales.

**Tabla 12**

*Matriz de alternativas para las variables económicas*

	<b>Unidades educativas</b>	<b>Centros comerciales</b>	<b>Iglesias y museos</b>	<b>Mercados</b>	<b>Zona de eventos</b>
<b>Unidades educativas</b>	1	1/3	5	3	7
<b>Centros comerciales</b>	3	1	7	5	9
<b>Barrios de desechos</b>	1/5	1/7	1	1/3	3
<b>Mercados</b>	1/3	1/5	3	1	7
<b>Zona de eventos</b>	1/7	1/9	1/3	1/7	1
<b>Total</b>	4,676190	1,787302	16,333333	9,476190	27,000000

*Nota.* La tabla representa los valores obtenidos de cada una de las variables económicas de acuerdo con la ponderación definida por cada uno de los investigadores.

**Tabla 13***Matriz normalizada por la suma para las variables económicas*

	<b>Unidades educativas</b>	<b>Centros comerciales</b>	<b>Iglesias y Museos</b>	<b>Mercados</b>	<b>Zona de eventos</b>
<b>Unidades educativas</b>	0,21	0,19	0,31	0,32	0,26
<b>Centros comerciales</b>	0,64	0,56	0,43	0,53	0,33
<b>Barridos de desechos</b>	0,04	0,08	0,06	0,04	0,11
<b>Mercados</b>	0,07	0,11	0,18	0,11	0,26
<b>Zona de eventos</b>	0,03	0,06	0,02	0,02	0,04
<b>Total</b>	1	1	1	1	1

*Nota.* La tabla representa la matriz normalizada de la matriz de alternativas para las variables económicas.

**Tabla 14***Matriz de pesos ponderados para las variables económicas*

<b>Variables</b>	<b>Pesos Ponderados</b>
<b>Unidades educativas</b>	0,26
<b>Centros comerciales</b>	0,50
<b>Barridos de desechos</b>	0,07
<b>Mercados</b>	0,15
<b>Zona de eventos</b>	0,03

*Nota.* La tabla representa la matriz de pesos ponderados que resultó del promedio de cada fila de la matriz normalizada de cada una de las variables económicas.

**Tabla 15**

*Matriz de vectores propios para las variables económicas*

<b>Matriz de vectores propios</b>
1,42303163
2,75887336
0,33641319
0,76089878
0,16794971

*Nota.* La tabla representa la matriz de vectores propios que resultó de la multiplicación entre la matriz de pesos ponderados y la matriz de alternativas.

**Tabla 16**

*Valores de lambda para las variables económicas*

$\lambda$
<b>5,54868285</b>
5,53858626
5,09392353
5,19992499
5,08207191

**$\lambda = 5,29263791$**

*Nota.* La tabla representa la matriz de  $\lambda$  que resultó de la división de cada uno de los valores de la matriz de vectores propios para cada uno de los valores de la matriz de pesos ponderados de cada una de las variables económicas.

Con el valor de  $\lambda$ , obtenemos el índice de consistencia, dándonos un valor de 0.07 y su ratio de consistencia es de 7% dando a entender que la matriz es consistente y dando que nuestras variables económicas para el cálculo del suelo urbano son: centros comerciales, unidades educativas, mercados y barridos de desechos.

Definidas nuestras variables para nuestro estudio, primero comenzamos a obtener los datos necesarios para obtener nuestra matriz de caracterización. Primero, para la elaboración de las matrices,

se clasificaron las variables en directas e inversas (*ver tabla 17 y ver tabla 18*). Las variables directas son aquellas que nos van a dar un aumento en el valor del suelo, ya que son activos que favorece al suelo urbano y al entorno social dónde un comprador desea adquirir una propiedad; mientras que las variables inversas son aquellas que disminuyen el valor del suelo ya que son potenciales amenazas o desventajas que un comprador puede observar en la zona al momento de querer adquirir aquella propiedad (Bellver & Martinez, 2012).

**Tabla 17**

*Variables directas*

<b>Variables Directas</b>
Distancia a áreas verdes de recreación
Rutas de Transporte Público
Distancias a Paradas de Transporte Público
Sistemas de recolección de desechos
Ciclovías
Distancia a Mercados
Distancia a centros comerciales
Distancia a unidades educativas

*Nota.* La tabla representa las variables que tiene influencia directa en el VSU.

**Tabla 18**

*Variables inversas*

<b>Variables Inversas</b>
Topografía
Amenazas Volcánicas

---

### Variables Inversas

---

#### Quebradas

*Nota.* La tabla representa las variables que van a tener un impacto de disminución en el VSU.

#### **Áreas Verdes recreacionales**

Los valores de áreas verdes recreacionales se comienzan obteniendo el porcentaje de parques y áreas verdes de recreación presentes dentro de cada parroquia. Las áreas verdes recreacionales son espacios destinados al público para realizar ejercicios físicos al aire libre, socializar o simplemente para poder darle un descanso beneficioso a nuestro cerebro (V. Morales et al., 2018). Para obtener el valor de áreas verdes dentro de cada parroquia se aplicó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Área total de espacios verdes}}{\text{Área total de la parroquia}} * 100\% = \text{Porcentaje de áreas verdes} \quad (1)$$

Una vez obtenidas todas las áreas verdes dentro de cada parroquia, se realizó el cálculo de la distancia de los lotes hacia cada una de estas áreas verdes en el software QGIS 3.22 para determinar qué tan cercano se encuentra el lote a las mismas. Para determinar como esta variable afecta al VSU se utilizó un indicador de cercanía de los lotes urbanos ya que la mínima distancia que un lote debe estar cercas de estas áreas es de 300 m según lo establecido por el English Nature por la influencia positiva que tiene estas áreas sobre las personas (V. Morales et al., 2018).

#### **Rutas de transporte público**

El porcentaje de rutas de transporte público se obtiene a través del cociente entre el total de kilómetros construidos para rutas de transporte público sobre el total de kilómetros de vías construidas existentes en la parroquia (Luo & Wei, 2004).

$$\frac{\text{Kms. totales de rutas de transporte público}}{\text{Kms. totales de vías construidos}} * 100\% = \% \text{ de rutas de transporte público} \quad (2)$$

Lo primero que se aplicó fue el cálculo de rutas de transporte público por parroquia, todo esto se obtuvo de la información libre generada por el Municipito de Quito. Las capas vectoriales que se

utilizaron fueron: eje vial, rutas de transporte urbano, rutas de transporte intracantoniales y corredores de buses de tránsito rápido (BRT).

La distancia que debe existir desde el eje de las vías al lote para que tenga una influencia en su valor no deberá pasar de los 300 mtrs, y aquellos lotes dónde existen la presencia de rutas de transporte público, tienen un valor mayor a aquellas vías por dónde solo circulan vehículos de uso particular (Gento Municio & Elorduy González, 2016).

### ***Distancia a paradas de autobús***

Para determinar la cantidad de paradas de autobuses en las parroquias, se ha realizado un conteo general dentro de la parroquia y luego a través de un buffer de 100 mtrs aplicado a cada parada, se puede observar la cantidad de áreas por distancia y así saber la presencia de las mismas dentro de cada parroquia y así observar la cobertura del sistema de transporte público dentro de la misma (Gento Municio & Elorduy González, 2016). Para el cálculo de las paradas de transporte se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Área total de paradas de buses}}{\text{Área total de la parroquia}} * 100\% = \% \text{ paradas de autobuses} \quad (3)$$

### ***Sistemas de recolección de desechos***

La recolección de desechos es esencial para el aumento del valor del suelo de un lote donde existe este servicio, ya que si un lote se encuentra en una distancia cercana a estas rutas que brindan los servicios de recolección de desechos y barridos de desechos influirá en el aumento del valor de dicho lote (Kuri Tercero, 2021). Para el cálculo del porcentaje de sistemas de recolección de desechos, se sumaron los valores de 2 aspectos importantes que intervienen en nuestro estudio, que se detalla en la tabla 19.

**Tabla 19**

*VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA RECOLECCIÓN DE DESECHOS*

Tipo de variable	Descripción
Barrido mecánico	Es todo aquello por dónde se realiza la recolección de desechos a través de vehículos mecanizados que requieren de personal capacitado para el mismo, ya sea que se lo realice por parte de personal humano o a través de plataforma automatizadas (Palacio, 2017).
Barrido manual	Es la recolección de desechos que está a cargo de personal humano. Se usa esencialmente en rutas muy complejas donde no alcanza la maquinaria y también para la limpieza de alcantarillas y desagües.

*Nota.* La información corresponde a las entidades de los objetos espaciales. Tomado de *Información Abierta del Gobierno de Quito*, por Secretaría de Territorio, 2021.

Para los sistemas de recolección de basura se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$\frac{x}{\text{Total de vías}} * 100\% = \% \text{ de vías de barrido} \quad (4)$$

Dónde x =

- Rutas de barrido mecánico
- Rutas de barrido manual

La distancia mínima que un lote se debe encontrar a estas rutas de recolección tiene que ser menor a 300 m y que el servicio funcione con regularidad, ya que así favorece a que las personas tengan sitios cercanos donde puedan depositar sus residuos urbanos (Kuri Tercero, 2021).

### **Ciclovías**

En lo que respecta a ciclovías, es necesario observar la cantidad de ciclovías existentes en relación con la cantidad de vías construidas en el sitio, por lo cual se aplicó la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Kms totales de ciclovías}}{\text{Km totales contruídos en la parroquia}} * 100\% = \% \text{ total de ciclovías} \quad (5)$$

Mientras que para el cálculo del valor del suelo, se aplicó una distancia de 100 m desde la ubicación del lote hacia la ciclovía más cercana ya que esta es la distancia mínima que necesita una persona desde que sale de su hogar para alcanzar la ciclovía (Oliveri, 2018).

### ***Iglesias y Museos***

Para lo que respecta en áreas de museos e iglesias, se obtuvo la cantidad de museos e iglesias existentes dentro de la parroquia. Se le aplicó una distancia de 500 m a cada uno de ellos, ya que es la distancia que necesitamos para poder observar su impacto sobre el VSU de acuerdo a lo pospuesto por Monzani et al., 2018. A continuación, se dividió el área total de cada uno de los buffers obtenidos para el total de la parroquia, para lo cual se aplicaron las siguientes fórmulas.

$$\frac{\text{Área total de iglesias}}{\text{Km totales contruídos en la parroquia}} * 100\% = \% \text{ área total de iglesias} \quad (6)$$

$$\frac{\text{Área total de museos}}{\text{Km totales contruídos en la parroquia}} * 100\% = \% \text{ área total de museos} \quad (7)$$

### ***Mercados***

En lo que respecta a mercados, lo esencial es formar una distancia alrededor de los mismos, para lo cual se estableció una distancia de 500 mtrs, que es la mínima distancia alrededor de cada uno de los lotes para que influya en el valor de los lotes y además que es una distancia adecuada para que las personas puedan acceder a los mismos desplazando a pie (Montero et al., 2018), por lo cual se aplicó la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Área de cobertura de mercados}}{\text{Área total de la parroquia}} * 100\% = \% \text{ de cobertura de mercados en la parroquia} \quad (8)$$

### ***Centro comerciales y Unidades Educativas***

Para lo que se refiere a centros comerciales y unidades educativas, se estableció una distancia de 600 m a la redonda, ya que la velocidad promedio que una persona camina es de aproximadamente 4

Km/h, dando un estimado de que en alrededor de 10 minutos tardaría esta distancia en recorrer y además que una persona comprendida entre las edades de 18 a 65 años lo podría realizar (Quevedo et al., 2018). La fórmula que se aplicó para observar la influencia de un centro comercial y unidad educativa sobre el valor del suelo fue la siguiente:

$$\frac{\text{Área de cobertura de centros comerciales}}{\text{Área total de la parroquia}} * 100\% = \% \text{ de centros comerciales} \quad (9)$$

$$\frac{\text{Área de cobertura de unidades educativas}}{\text{Área total de la parroquia}} * 100\% = \% \text{ de unidades educativas} \quad (10)$$

### **Topografía**

Para la topografía se utilizó los mapas de pendientes elaborado por la Secretaría de Planificación del Distrito Metropolitano de Quito y se obtuvo las áreas de las pendientes dónde es más accesible realizar construcciones, las cuales se consideran que son menores al 30% (Erba, 2017). Para la matriz se aplicó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Área de pendientes menores al 30\%}}{\text{Área total de la parroquia}} * 100\% = \% \text{ topografía construible} \quad (11)$$

### **Amenazas volcánicas**

Una zona afectada por amenazas naturales va a influir directamente en el valor del suelo. Las amenazas volcánicas es una de las principales razones por las que el valor de un lote puede disminuir su valor. Se consideran zonas amenazadas por presencia volcánica aquellas zonas vulnerables donde existe la presencia de lahares, caída de ceniza y material piroclástico, desbordamiento de ríos por aumento de productos emitidos por el volcán, etc (Esquivel, 2020).

En la obtención del porcentaje de amenazas volcánicas, se realizó simplemente una división de las áreas amenazadas por lahares con flujos de material piroclástico sobre el área total de la parroquia.

Para lo cual se aplicó la siguiente fórmula

$$\frac{\text{áreas amenazadas por amenazas volcánicas}}{\text{área total de la parroquia}} * 100\% = \% \text{áreas amenazadas} \quad (12)$$

### **Quebradas**

Para lo que resultó en la variable de quebradas, es necesario establecer una distancia de 15 m desde la ribera del cauce natural actual hasta cada uno de los lotes cercanos al mismo según lo que estableció la ordenanza municipal 446 expedida en el año 2013 (Consejo Metropolitano de Quito, 2019). Luego se hizo la sumatoria de todas estas áreas dentro de la parroquia y se dividió para el área total de cada parroquia. Se aplicó entonces la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Áreas de quebradas}}{\text{Área de la parroquia}} * 100\% = \% \text{quebradas} \quad (13)$$

### **Matriz de evaluación multicriterio.**

Las matrices multicriterio son fundamentales en los métodos de valoración, ya que en la actualidad existen muchos procesos mecanizados y automatizados que alteran los resultados de los encargados de analizar los valores de los lotes (Bellver & Martinez, 2012). La decisión multicriterio es una pieza fundamental en la toma de decisiones a nivel empresarial y a nivel de territorio. Cuando se busca tomar decisiones, uno se basa en función de tomar la mejor alternativa para así maximizar los beneficios de lo que se desea obtener, es dónde, la MCDM (*Multi-criteria Decision Maker*) ingresa, ya que acopla todas las alternativas que se encuentran en conflicto y generan entornos inciertos para así buscar soluciones que generen la máxima ganancia de cada una de las variables que van interferir en nuestro proceso de toma de decisiones interrelacionándolos con el espacio en dónde se desarrollan (Bellver & Martinez, 2012).

La matriz de evaluación multicriterio para el presente proyecto se aplicó ingresando los valores obtenidos de cada una de las variables analizadas por parroquia y se obtuvo una matriz de 12 variables espaciales por cada 1 de las parroquias y al final se obtuvo un total de entre las 3 parroquias que

representaría el porcentaje existente de cada una de las variables que van a influir en el VSU en nuestras zonas de estudio.

### **Geodatabase**

Para la elaboración de la geodatabase nos basamos en el lineamiento 1 con el nombre “Lineamientos técnicos para estudio de mercado de consultoría licitación pública internacional” (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2022) descritos por el MIDUVI. Este lineamiento se basa a su vez en la descripción de generación de cartografía base para catastros urbanos con una escala 1:1000 y además, toda la información generada deberá ser a través de programas o softwares que sean de licencia libre para el uso libre de los mismos y de conformidad con los lineamientos establecidos dentro del mismo para cumplir con un estándar que permita la interoperabilidad de los datos.

El sistema de referencia aplicado para cualquier geodatabase será el de SIRGAS-Ecuador IGS08, el cual actualmente su marco de referencia es el ITRF 2008, época de referencia es el 2016.43 y el elipsoide de referencia es el GRS80 y su semana GPS es 1900(DOY 157-163) (Instituto Geográfico Militar, 2021). Dentro del software QGIS se ha aplicado el sistema de referencia EPSG:31977 el cual es el otorgado para Ecuador de acuerdo con los parámetros establecidas por SIRGAS.

En lo que respecta al desarrollo de los objetos espaciales de nuestra base datos hemos seguido lo establecido por los lineamientos del MIDUVI en el cual se especifica que todo dato especial debe estar estandarizado bajo los lineamientos propuestos por el Catálogo Nacional de Objetos Geográficos (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2022). Se ha desarrollado de forma técnica y normativa a cada uno de nuestros objetos espaciales basados en el desarrollo de lo establecido por el mismo y siguiendo el formato estándar establecido por el catálogo.

Con lo anterior propuesto, se ha comenzado a establecer el desarrollo de nuestra geodatabase en el programa PostGIS 3.2.3, el cual es una extensión del programa PostgreSQL. Las variables para nuestra geodatabase son las que se ha desarrollado en el anterior apartado y se las ha distribuido en

grupos de datos, que se explica en la tabla 20, y ahí podremos observar como se ha desarrollado cada uno de nuestros objetos espaciales utilizados para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

**Tabla 20**

*Estructura de la geodatabase generada en el programa QGIS 3.22 y PostGis 3.2.3*

<b>Estructura de la geodatabase</b>				
	Variables	Objeto espacial	Atributos	Definición
Ambientales	Áreas verdes de recreación	Parques	nam	Nombre de la entidad
	Topografía	Pendientes	gridcode	porcentaje de pendiente
	Quebradas	Quebradas	layer	Tipo de quebrada
		Zona afectada por flujo		
	Amenazas Volcánicas	volcánico	taz	Tipo de amenaza
Económicas	Museos e iglesias	Edificios	nam	Nombre de la entidad
		Centros de culto religioso	nam	Nombre de la entidad
	Centros comerciales	Instalación	cit	Tipo de instalación
	Mercados	Instalación	cit	Tipo de instalación
	Unidades Educativas	Unidades educativas	nam	Nombre de la entidad
				Texto libre que identifica al objeto
Sociales	Rutas urbanas		txt2	Texto libre que identifica al objeto
	Rutas intracantonales		txt3	Texto libre que identifica al objeto
		Vias		Texto libre que identifica al objeto
	Corredores BRT		txt5	Texto libre que identifica al objeto
	Barrido manual		txt	Texto libre que identifica al objeto
	Barrido mecanico		txt4	Texto libre que identifica al objeto
	Paradas de autobus	Paradas de autobus	nam	Nombre de la entidad
	Ciclovia	Ciclovías	nam	Nombre de la entidad

*Nota.* La tabla establece los lineamientos descritos por el MIDUVI para la generación de

geodatabases.

### **Muestreo de la zona de estudio**

#### ***Muestra poblacional***

Para obtener los lotes de muestreo, primero se obtuvo la cantidad de lotes dentro de la zona urbana presente dentro de las 3 parroquias de estudio, dándonos un total de 18436 lotes en total, los cuales están distribuidos de acuerdo a como se explica en la tabla 21. Posterior a eso, se aplicó la

fórmula de muestreo poblacional infinito, ya que nuestra muestra no es finita debido a que no tenemos un valor que nos dé un inicio y un final (Gallardo, 2006).

**Tabla 21**

*Distribución del número de lotes en la zona de estudio*

PARROQUIA	NÚMERO DE LOTES
IÑAQUITO	5204
PUENGASÍ	10276
ALANGASÍ	2956

*Nota.* La tabla representa la cantidad de lotes distribuidos dentro de la zona urbana de nuestra zona de estudio.

La fórmula aplicada para obtener el muestreo de los lotes fue la siguiente:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (14)$$

Dónde:

N = Tamaño de la población

P = Probabilidad de que ocurra el evento

Z = parámetro estadístico que depende del Nivel de Confianza

e = Margen de error

q = probabilidad de que no ocurra el evento

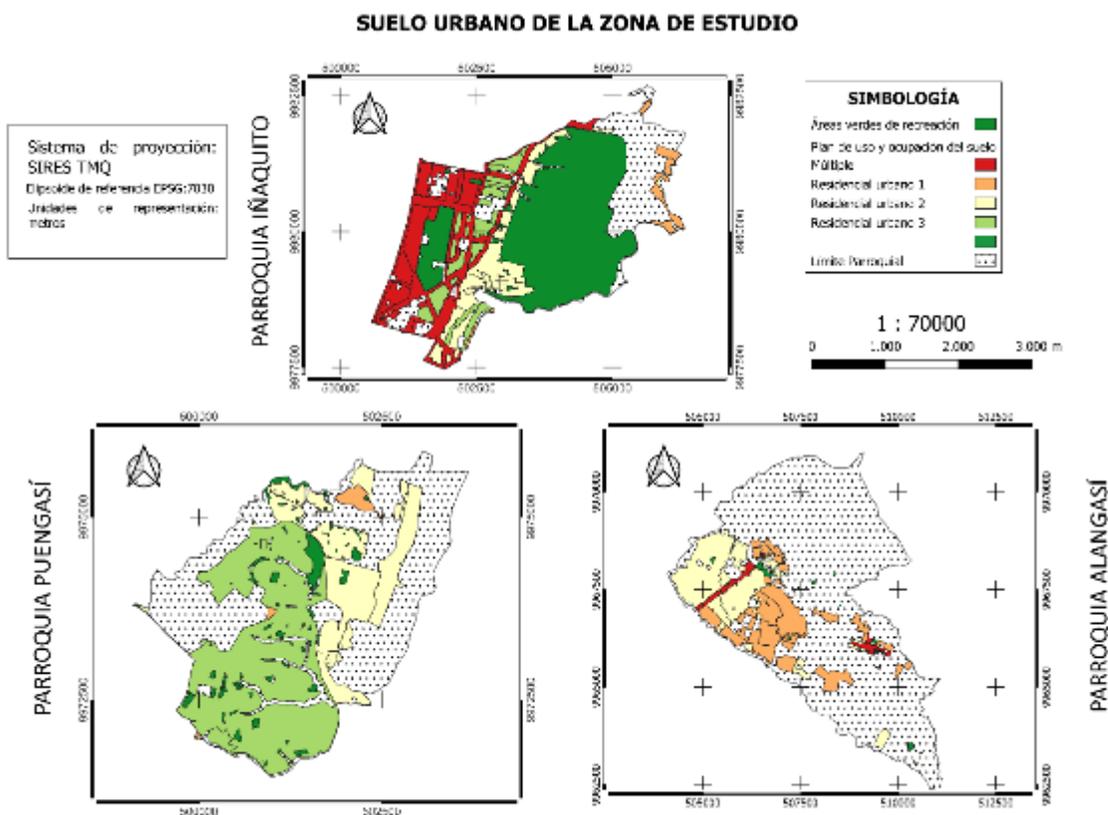
En nuestro caso, como es una población infinita debemos calcular con un valor de p=0.5 ya que hay un 50% de probabilidades de que el evento ocurra como de que no.

Después de determinar el número de lotes necesarios para nuestra muestra se realizó el mapa de ocupación urbana (ver *figura 2*) dispuesto por el PUOS elaborado por el municipio de Quito (Secretaría de Territorio, 2021), en el cual establece que las zonas urbanas son aquellas que presentan edificaciones o infraestructuras que cubren las necesidades de la población y que además tienen todos

los servicios básicos teniendo una relación entre los espacios verdes, públicos y privados elaborados dentro de un sistema antropocéntrico (Secretaría de Territorio, 2021).

**Figura 2**

*Suelos urbanos dentro de la zona de estudio*



*Nota.* El gráfico representa los suelos urbanos definidos por el PUOS del Distrito Metropolitano de Quito.

Definida las áreas urbanas se comenzó a realizar la investigación de campo para observar aquellos lotes urbanos que se encontraban en disponibilidad de compra/venta dentro de los mercados formal e informal y así poder obtener un muestreo zonal dentro de cada una de las parroquias de estudio.

### ***Distribución de la muestra***

Es necesario saber si una muestra presenta una distribución espacial dentro de una zona de estudio por lo cual un factor clave a saber es si esta misma presenta el principio de aleatoriedad y la autocorrelación espacial de la misma (Díaz Viera, 2002). El índice de Morán Global mide la autocorrelación espacial basada en las ubicaciones y la variable a ser analizada. Esta medida de tendencia geoestadística permite observar si una muestra de  $n$  elementos tiene una tendencia a estar agrupada, aleatoria o dispersa (Díaz Viera, 2002). La fórmula para calcular el índice de Morán global parte de la siguiente premisa:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (15)$$

En la cual,  $n$  es la distribución espacial de las muestras,  $S_0$  es el peso espacial agregado a cada una de las muestras,  $z_i$  es la desviación estándar de las muestras y  $\omega_{i,j}$  es la peso relacionada a la distancia existente entre un punto de la muestra a otra (Díaz Viera, 2002).

Este índice espacial global de Morán nos va a arrojar valores entre -1 y 1 dado que para que exista autocorrelación espacial entre la muestra seleccionada y el espacio a estudiar siempre deberá estar presente entre los valores de 0 y 1. El principio del índice de Morán nos indica que cuando este valor estadístico calculado se aproxime más hacia 1, mayor autocorrelación espacial tendrá una muestra sobre dentro de la zona a estudiar e inversamente cumple el mismo principio (Gallardo, 2006).

### ***Autocorrelación espacial***

Para que en un conjunto de datos se pueda aplicar un método geoestadístico primero se debe analizar si cada una de las variables cumple con la teoría de variables regionalizadas. Una variable  $X$  regionalizada es aquella que presenta una correlación espacial con el espacio  $Z(X)$  donde se distribuye y además es aleatoria dentro del mismo (Díaz Viera, 2002).

Para saber si una variable presenta correlación espacial es necesario saber si 2 variables presentan autocorrelación entre ellas a través de la covarianza de estas mismas. La covarianza es el momento de segundo orden de una distribución espacial  $Z(X)$  el cual induce a la multiplicación de 2 varianzas y oscila entre valores de 1 y -1 (Díaz Viera, 2002). La siguiente fórmula nos explica el segundo momento de una distribución o covarianza:

$$\gamma(x_i, x_j) = E \left[ \{Z(x_i) - m(x_i)\} \{Z(x_j) - m(x_j)\} \right] \quad (16)$$

Esta covarianza nos da a entender si una distribución tiene autocorrelación espacial cuando todas las covarianzas de las variables a analizar están entre los valores de 0 y 1. Cuando existen valores entre 0 y -1, eso nos demuestra que esas variables no presentan autocorrelación espacial. Sin embargo, es necesario y fundamental que cuando se realiza el análisis de varias variables sobre un espacio, que al menos 2 variables siempre tengan autocorrelación espacial entre ellas para poder decir que existe correlación espacial en un conjunto de datos aleatorios (Gallardo, 2006).

Para saber si las variables que influyen sobre el valor del suelo a analizar presentan autocorrelación espacial se ha aplicado la correlación espacial entre las mismas y se ha aplicado el método de Pearson, el cual está explicado en la parte superior y este método especifica que mientras la covarianza de una variable aumenta la otra a relacionar también debe aumentar (Díaz Viera, 2002). Este método es fundamental para nuestro campo de investigación ya que queremos ver como nuestras variables influyen espacialmente sobre el VSU.

### **Diseño del modelo SAE2 a través de herramientas geoestadísticas**

#### ***Factor de corrección***

De acuerdo con la actual ordenanza No. 027-2021 para el avalúo de predios urbanos dispuesta por el Municipio de Quito (Consejo Metropolitano de Quito, 2022) se establece que el factor de corrección para el avalúo de los predios va a continuar con la metodología emitida por la ordenanza

metropolitana No. 0196-2019 (Consejo Metropolitano de Quito, 2019), en la cual se especifica que para el factor de corrección de predios se van a aplicar los factores de frente, fondo y tamaño.

Para el cálculo de los factores de corrección se aplicará para cada zona un lote tipo o lote modal que es el resultado de obtener el lote que más se repite en características de aspecto (frente, fondo y tamaño) en dicha zona (Consejo Metropolitano de Quito, 2019). El valor de cada predio será corregido por los siguientes aspectos:

- Frente total
- Fondo o profundidad
- Superficie o tamaño

**Factor frente.** Para determinar el factor frente se utilizará la siguiente fórmula (Consejo Metropolitano de Quito, 2019):

$$F_f = \left(\frac{Fa}{Ft}\right)^{0.25} \quad (17)$$

En donde  $F_f$  = al factor frente a corregir,  $Fa$  el frente total del lote evaluarse,  $Ft$  es el frente del lote tipo y todo esto elevado al exponente de 0.25 que es igual a obtener la raíz cuarta. Los límites o variación del factor frente serán entre 1.19 que equivale al doble del frente tipo y de 0.84 que equivale a la mitad del lote del tipo (Consejo Metropolitano de Quito, 2019).

**Factor fondo.** Para determinar el factor fondo se aplicará la siguiente fórmula (Consejo Metropolitano de Quito, 2019):

$$F_p = \left(\frac{Fot}{Fx}\right)^{0.5} \quad (18)$$

En donde el  $F_p$  es el factor fondo,  $Fot$  el fondo del lote tipo y  $Fx$  es el fondo del lote a evaluarse y todo esto elevado a 0.5 que representa igual a obtener la raíz cuadrada (Consejo Metropolitano de Quito, 2019). Para aquellos lotes irregulares el fondo será igual a:

$$F_p = \frac{S}{F} \quad (19)$$

En dónde  $S$  es la superficie del terreno y  $F$  el frente total del lote. Los límites máximos de variación del factor fondo ha corregir serán 1.2 y 0.8 respectivamente (Consejo Metropolitano de Quito, 2019).

**Factor tamaño.** Para determinar el factor tamaño se aplicará la siguiente fórmula (Consejo Metropolitano de Quito, 2019):

$$Fta = 0.25 * \frac{St}{Sa} + 0.75 \quad (20)$$

Dónde  $Fta$  es el factor de corrección de la superficie,  $St$  es la superficie del lote a ser evaluado y  $Sa$  es la superficie del lote tipo, además que los límites permitidos para la variación del factor de corrección de la superficie de los predios será de 0.75 y 1.2 (Consejo Metropolitano de Quito, 2019).

Para la determinación del lote tipo en nuestro trabajo de investigación, también se debió realizar de acuerdo con la clasificación de suelos pospuesto por la LOTUGS

**Factor de corrección del suelo urbano.** El factor de corrección del suelo urbano esta determinado por la siguiente fórmula (Consejo Metropolitano de Quito, 2019):

$$Fcsu = F_f * F_p * Fta \quad (21)$$

En dónde  $Fcsu$  es el factor de corrección del suelo urbano,  $F_f$  es el factor frente,  $F_p$  es el factor fondo y  $Fta$  es el factor tamaño. Los límites para la corrección del suelo urbano será entre 0.85 y 1.20 (Consejo Metropolitano de Quito, 2019).

Para la selección del lote tipo nos vamos a basar de acuerdo al tipo de suelo urbano que cada parroquia dispone de acuerdo a lo pospuesto por el Plan de Uso y Ocupación del suelo (PUOS) elaborado por el Distrito Metropolitano de Quito basándonos específicamente en los suelos de tipo urbano y múltiple (Secretaría de Territorio, 2021).

Estos suelos se clasifican en:

- a) Residencial urbano de Baja Densidad (RUB). Son aquellos suelos urbanos que no presentan una alta densidad de uso residencial, ya sean suelos urbanos consolidados

con todas las estructuras y equipamientos como no, por lo cual es necesario restringir en este tipo de suelos el límite de altura de las edificaciones a solamente 2 a 3 pisos (Secretaría de Territorio, 2021).

- b) Residencial urbano de Media Densidad (RUM). Son suelos urbanos consolidados o no consolidados que tienen una densidad media neta de uso residencial en el espacio definido, por lo cual se pueden admitir altura de hasta 8 pisos en las edificaciones (Secretaría de Territorio, 2021).
- c) Residencial urbano de Alta Densidad (RUA). Son suelos urbanos que tienen una presencia de uso residencial de alta densidad neta. En esta categoría los suelos urbanos pueden ser consolidados como no consolidados en los cuales pueden admitirse edificaciones que superen la altura de 8 pisos (Secretaría de Territorio, 2021).
- d) Múltiple (M).- Son aquellas zonas urbanas en las cuales se producen actividades mixtas, tales como económicas, residenciales, intercambio de valores, bienes y servicios en las cuales los habitantes pueden participar a diferentes escalas y coberturas dentro del mismo espacio (Secretaría de Territorio, 2021).

En nuestro caso de estudio el VSU va a estar definido por la división del factor de corrección del suelo urbano y el área del predio.

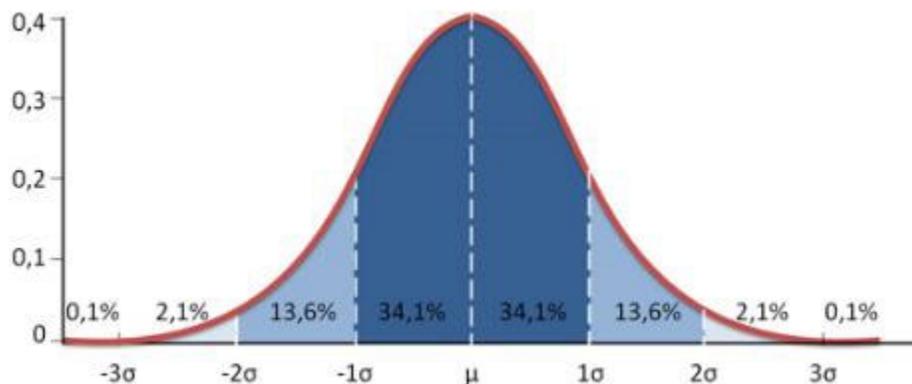
### ***Técnicas geoestadísticas para la elaboración del modelo SAE2***

Una vez realizada las correcciones para la valoración del m<sup>2</sup> del suelo urbano aplicado a cada uno de los lotes, se procede a realizar los modelos matemáticos requeridos para implementar nuestro modelo de valoración y la técnica base del modelamiento geoestadístico es el modelo matemático Kriging e IDW.

**Análisis estadístico.** Lo primero que se necesita realizar a nuestros valores del suelo es determinar si nuestra muestra presenta una distribución normal y valores atípicos. Una muestra normal es aquella en la cual la media, mediana y moda están definidas bajo la curva de distribución normal o campana de Gauss (Díaz Viera, 2002). Si la media, la moda y la mediana tiene el mismo valor (ver figura 3) se puede concluir inmediatamente que la muestra tiene una distribución normal y se puede aplicar los modelos matemáticos para la realización de proceso geoestadísticos, en caso de que no, primero se eliminará los valores atípicos y luego se deberá aplicar la función logarítmica en base 10 para obtener una muestra distribuida en forma normal (Sikder & Züfle, 2020).

**Figura 3**

*Demostración gráfica de una distribución normal*



*Nota.* El gráfico representa la forma de una distribución normal. Tomado de *Geoestadística* (p.4), por Antonio Gallardo.

**Semivariograma.** . El análisis estructural previo a un modelamiento matemático nos permite definir si la muestra con sus respectivos elementos tiene una estructura espacial (Díaz Viera, 2002). Este análisis estructural consiste básicamente en la estimación y modelamiento de los elementos de acuerdo al fenómeno que se está estudiando (Díaz Viera, 2002). Este semivariograma, conocido como variograma experimental, demuestra que una variable regionalizada dentro de un espacio  $Z(x)$  deba cumplir con la hipótesis intrínseca, sí y solo sí, entonces estaría presente en ese espacio la función de semivarianza definida por la siguiente fórmula (Díaz Viera, 2002):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(x) - Z(x + h)] = \frac{1}{2} E[\{Z(x) - Z(x + h)\}^2] \quad (22)$$

Este semivariograma su función es demostrar que existe relación entre cada uno de los elementos presentes dentro del fenómeno a estudiar con el vector  $h$ , el cual representa la distancia que existe entre un elemento aleatorio respecto a otro elemento aleatorio y más cercano (Díaz Viera, 2002).

El estimador del variograma viene dado por la siguiente fórmula:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (23)$$

En dónde  $N(h)$  esta definido como el número de pares existentes dentro del fenómeno a analizar, y  $Z(x_i)$  y  $Z(x_i + h)$  es la distancia de separación entre cada uno de los elementos.

Los principales aspectos a considerar del semivariograma es que casi nunca  $\gamma(0) = 0$  cuando existen distancias entre nuestros pares ordenados dentro del fenómeno, por lo cual el salto de distancia siempre va a tener una variación desde el eje central de coordenadas de los pares, a esto se conoce como efecto “*nugget*” o pepita (Díaz Viera, 2002). La meseta o *sill* esta definido como la tendencia central en la cual los valores de los elementos del fenómeno comienzan a ser tendenciales o similares, cuando se llega a ese punto se puede considerar como meseta o *sill* al valor en el cual nuestro semivariograma cumple este principio (Díaz Viera, 2002). El rango es la máxima distancia que están

separados nuestros pares ordenados unos de otros y es justo a esta distancia cuando se cumple el principio de la meseta (Díaz Viera, 2002).

**Isotropía y Anisotropía.** Un modelo geoestadístico isotrópico es aquel en el cual la dirección espacial de la distancia de los pares ordenados de un fenómeno regionalizado no depende de la dirección del mismo, ya que todos cumplen con la misma dirección y es necesario solo aplicar un modelo (Gallardo, 2006). Existen casos, que en un fenómeno regionalizado la dirección espacial de la distancia de los pares ordenados varía aleatoriamente y en estos casos es necesario aplicar uno o varios modelos de semivariogramas para ajustar el modelo experimental hacia un modelo teórico (Díaz Viera, 2002).

**Variograma.** El variograma o variograma teórico es aquel que después de haber obtenido los valores y modelo de nuestro semivariograma es necesario ajustar el mismo a un modelo matemático ya propuesto y que mejor se ajuste a nuestro semivariograma o variograma experimental (Gallardo, 2006).

Los modelos matemáticos que más se aplican para ciencias de la tierra son los siguientes:

**Modelo Lineal con meseta:** En una dimensión unidimensional donde nuestros elementos solo representan líneas de valores y su longitud representada por  $\alpha$  y la longitud hacia sus centros respectivamente es  $h$  (ver *figura 4*) (Díaz Viera, 2002). Entonces la función de autocorrelación queda definida como:

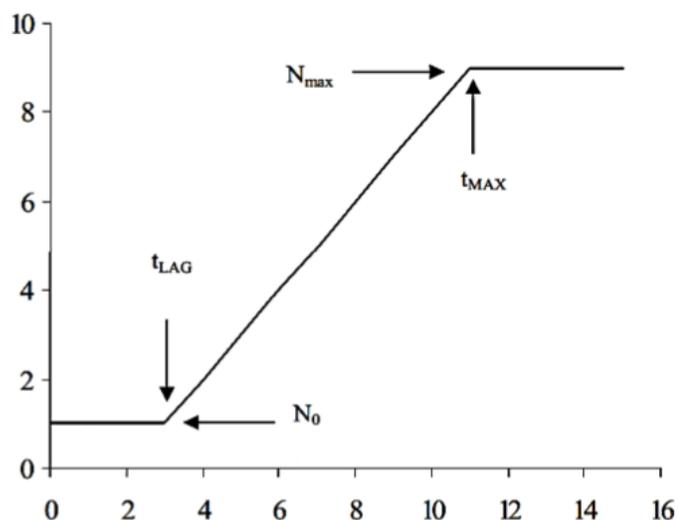
$$\rho(h) = 1 - \frac{h}{a} \quad (24)$$

Y la expresión de su semivariograma sería (Díaz Viera, 2002):

$$\gamma(h) = \begin{cases} S \left( \frac{h}{a} \right) & \text{para } 0 \leq h \leq a \\ S & \text{para } h < a \end{cases} \quad (25)$$

**Figura 4**

Gráfico del modelo lineal con meseta



*Nota.* El gráfico representa la representación del modelo matemático lineal con meseta en la cuál se tiene 2 ecuaciones lineales de cambio. Tomado de *Kriging methodology for regional economic analysis: Estimating the housing price in Albacete (p.7)* por Martínez et al., 2000.

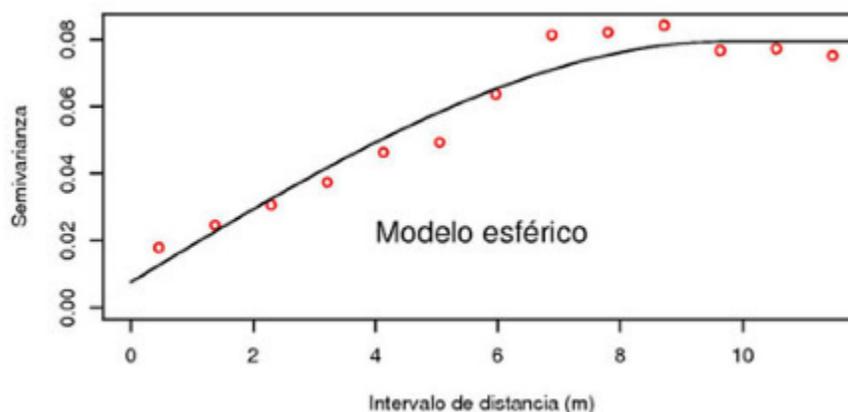
Modelo esférico: El modelo tiene una forma de representación lineal cuando las distancias entre los pares ordenados son pequeñas cerca del origen pero alcanza un modelo lineal a mayores distancias (ver figura 5) (Gallardo, 2006). La fórmula del modelo esférico es:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \left(\frac{h}{a}\right)^3 & \text{si } h \leq a \\ 1 & \text{en cualquier caso} \end{cases} \quad (26)$$

Dónde  $\gamma(h)$  es la representación del semivariograma en un intervalo de una distancia  $h$ , y  $a$  es el rango de la distancia a la cual la función alcanza su modelo lineal (Gallardo, 2006).

**Figura 5**

*Gráfico de representación del modelo esférico*



*Nota.* El gráfico representa el ajuste teórico del modelo esférico. Tomado de *Geoestadística (p.6)* por Gallardo Antonio, 2006.

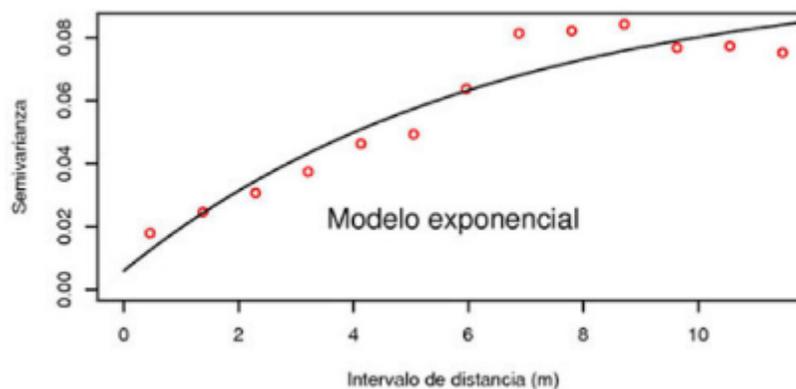
Modelo exponencial: Este modelo se define como la variación del tamaño de un bloque de la distancia entre los pares ordenados se superpone a otro (ver *figura 6*) (Díaz Viera, 2002). Su fórmula es la siguiente:

$$y(h) = S \left( 1 - e^{-\frac{h}{r}} \right) \text{ para } h \geq 0 \quad (27)$$

Dónde  $\gamma(h)$  es el semivariograma,  $h$  la distancia entre los bloques de los pares ordenados y el  $r$  la meseta que va a demostrar la variación del tamaño entre los pares de bloques ordenadas (Díaz Viera, 2002).

**Figura 6**

*Gráfico de la representación del modelo exponencial*



*Nota.* El gráfico representa el ajuste del modelo teórico exponencial al semivariograma. Tomado de *Geoestadística (p.5)* por Gallardo Antonio, 2006.

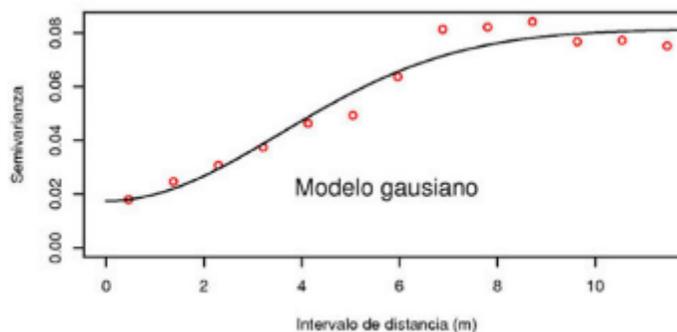
Modelo Gaussiano: Su fórmula de aplicación es la siguiente:

$$\gamma(h) = s \left( 1 - e^{-\left(\frac{h}{r}\right)^2} \right) \quad \text{para } h \geq 0 \quad (28)$$

Donde  $\gamma(h)$  es el semivariograma,  $r$  es el parámetro sin tendencia lineal que va a ser el que defina la escala espacial de variación. El rango efectivo es igual a  $a=(3r)^{0.5}$  y esto es igual a un valor del 0.95 del semivariograma (ver *figura 7*) (Díaz Viera, 2002).

**Figura 7**

*Representación gráfica del modelo matemático gaussiano*



*Nota.* El gráfico representa el ajuste del modelo gaussiano al semivariograma. Tomado de *Geoestadística (p.5)* por Gallardo Antonio, 2006.

Estos son los modelos que más se aplican para determinar nuestro variograma teórico que va a ser la pieza fundamental para que nosotros podamos aplicar el método geoestadístico de kriging para predecir el valor de una variable aleatoria en un fenómeno regionalizado (Díaz Viera, 2002).

**Validación del modelo variograma.** Para validar el modelo del variograma, una de las primeras opciones es a través del *leave one out* el cual es un método robusto que se basa en obtener un punto de muestra y se estima ese valor del punto usando *Kriging* con el modelo del variograma teórico que se ha obtenido (Díaz Viera, 2002).

### **Kriging**

*Kriging* es un término en el cual se le ha asignado como el “*mejor estimador lineal insesgado*” de una variable dentro de un fenómeno regionalizado y a su vez, este modelo es el que mejor promedio lineal obtiene de un bloque móvil con pesos espaciales (Díaz Viera, 2002).

Este método es una técnica de estimación regional que permite obtener un adecuado estimador lineal insesgado de la variable a estudiar. Este procedimiento es una herramienta geoestadística avanzado que genera un mapa de región local estimada a partir de la variable a estudiar o analizar (Díaz Viera, 2002). La fórmula de *Kriging* es:

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(S_i) \quad i = 1, \dots, n \quad (29)$$

Dónde:

$Z(S_0)$  = es el dato a ser estimado, que, en nuestro estudio, es el valor del suelo urbano;  $\lambda_i$  el peso espacial de los pares ordenados que es la varianza obtenida del modelo teórico ajustado y  $Z(S_i)$  son los datos o atributos de la variable a estudiar dentro de un fenómeno regionalizado.

Para nuestro estudio geoestadístico se ha aplicado los modelos de Kriging Ordinario y Kriging Universal, los cuales al ser modelos insesgados tendenciales nos van a permitir observar como el valor del suelo urbano de cada parroquia varía de acuerdo con la distancia existente entre cada una de las variables definidas por el mercado inmobiliario y su dependencia espacial a nuestras variables de estudio.

**Kriging ordinario.** *Kriging* es un método basado en el principio de autocorrelación existente entre los pares ordenados de una variable a estudiar dentro de un fenómeno regionalizado entonces este estudio de autocorrelación existente permite predecir la probabilidad de que un punto exista dentro de esta regionalización dando resultados próximos al par ordenado más cercano (Díaz Viera, 2002). Cuando esta tendencia de predicción de valores inexistentes dentro de un fenómeno regionalizado es constante es cuando se aplica el Kriging ordinario y su fórmula es la siguiente (Díaz Viera, 2002):

$$\sigma_{ko}^2 = \sigma_{00} - \sum_{i=1}^n \lambda_i \sigma_{i0} + \mu \quad (30)$$

Dónde  $\sigma_{ko}^2$  es el valor de la covarianza de los pares ordenados al cuadrado,  $\sigma_{00}$  es la covarianza del punto a ser predicho,  $\lambda_i$  es el peso espacial y  $\mu$  es la tendencia constante de predicción (Díaz Viera, 2002).

**Kriging universal.** El kriging universal cumple el mismo principio de *Kriging* pero en su caso su valor de tendencia va a ser una función polinomial de segundo orden y va a realizar una regresión lineal experimentando con los valores de las coordenadas de cada una de las variables a estudiar (Díaz Viera, 2002) y su fórmula es la siguiente:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \sigma_{ij} - \sum_{l=1}^L \mu_l \sigma_1(\underline{x}_i) = \sigma_{0i}, & i = 1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i \phi_l = \phi_l(\underline{x}_0), & l = 1, \dots, L \end{cases} \quad (31)$$

Dónde L es la tendencia lineal existente entre cada par ordenador (Díaz Viera, 2002).

**IDW.** Este modelo geoestadístico va a calcular la predicción de un modelo a través de la interpolación de los valores ya conocidos ya que va a estimar los valores desconocidos dentro de una distancia de búsqueda, a través de un modelo que tiene una potencia de ajuste y va a lograr que aquellos valores que estén más cercanos unos a otros tengan mayor afinidad a los valores conocidos que aquellos valores alejados (Díaz Viera, 2002).

Una vez determinado el mejor modelo para nuestro conjunto de datos se va a elaborar la predicción del VSU a 100 predios aleatorios distribuidos uniformemente entre las 3 parroquias de nuestra zona de estudio.

### ***Validación cruzada***

Una vez obtenido nuestro modelo se deben emplear métodos matemáticos para verificar la validación de nuestro modelo. La validación cruzada es una metodología de estudio en el cual se deben analizar los valores de variables aleatorias dentro del fenómeno regionalizado que se van a encontrar en zonas donde no existen valores iniciales y así estimar el error de predicción de nuestro modelo (Sikder & Züfle, 2020). El  $r$  cuadrado múltiple ( $R^2$ ) o coeficiente de determinación permite observar la relación existente entre las variables que se han predicho y las variables aleatorias que va a suponer el error de nuestro modelo, los múltiplos existentes varían en un rango de valores reales positivos, siendo que entre más se acerque a uno es que mayor relación espacial tienen las variables (Díaz Viera, 2002). El error cuadrático medio (RMSE) se encarga de evaluar el error de predicción promedio elaborado por el modelo cuando ajusta la predicción a las variables aleatorias siendo está definida como la distancia media entre las variables a evaluar y el valor a predecir del promedio (Sikder & Züfle, 2020). El error cuadrático relativo (RSE) representa través de la normalización del error cuadrático medio total de los valores reales de la variable a estudiar sobre los valores predichos en un modelo y mientras menor sea este error nos indica que el modelo generado es el más cercano a la realidad de que los valores

predichos sean precisos o exactos (Sikder & Züfle, 2020). Las técnicas para predecir la validación cruzada son muy variadas, pero para casos muestrales se pueden utilizar 3, los cuáles son el *leave one-out*, *2-Fold* y *K-fold*.

***Leave one-out.*** Este método consiste en evaluar todo el modelo predicho respecto a un solo punto aleatorio que se encuentra fuera del modelo generado por las variables existentes dentro de dicho modelo (Díaz Viera, 2002).

***2-Fold.*** Este tipo de método consiste en evaluar un modelo generado por n muestras de una variable respecto a 2 puntos aleatorios que se encuentran dentro del fenómeno regionalizado pero que su intervención con la generación del modelo predictor es nulo (Sikder & Züfle, 2020).

***K-fold.*** Este tipo de método consiste en evaluar un modelo generado por n muestras de una variable respecto a un número finito de K puntos aleatorios que se encuentran dentro del fenómeno regionalizado pero que su intervención con la generación del modelo predictor es nulo, además de realizar varias iteraciones (K) hasta determinar los mejores resultados del modelo predictor (Sikder & Züfle, 2020).

Finalmente, se realizó un manual con los procedimientos que se realizó en este tema de investigación para que la implementación de nuestro modelo se pueda aplicar en diferentes parroquias o cantones con la finalidad de obtener mayores beneficios para que el cálculo del VSU en aquellos lugares que todavía hace falta actualizar los catastros municipales o no dispongan de los recursos suficientes para elaborar un catastro urbano a nivel macro dentro de su circunscripción territorial y obtengan unos resultados confiables.

## Capítulo IV. Resultados y conclusiones

### Análisis y representación de las variables de estudio

#### *Análisis de las áreas de influencia de las variables espaciales*

La representación de nuestra zona de estudio lo primero que se realizó fue una matriz multicriterio (ver *tabla 22*) donde se caracterizó que porcentaje de influencia tienen cada una de las variables a analizar dentro de nuestra zona de estudio sobre el VSU.

**Tabla 22**

*Matriz de caracterización de variables*

Variable	Descripción	Parroquia Iñaquito	Parroquia Puengasí	Parroquia Alangasí	Total
<b>AMBIENTAL</b>	Área verdes recreacionales	53.35%	31.65%	18.18%	34.39%
	Topografía	79.42%	58.10%	64.84%	67.45%
	Amenazas volcánicas	28.41%	12.50%	21.48%	20.80%
	Área espacial de quebradas	7.84%	8.98%	10.42%	9.08%
<b>SOCIALES</b>	Rutas de transporte público	41.47%	59.98%	36.67%	46.04%
	Área espacial de paradas de autobus	16.23%	12.66%	5.11%	11.33%
	Rutas de recolección de desecho	38.49%	5.74%	24.15%	22.79%
<b>ECONÓMICAS</b>	Rutas para ciclovías	10.10%	0.00%	1.74%	3.95%
	Área espacial de mercados	16.11%	15.24%	13.57%	14.97%
	Área espacial de centros comerciales	24.05%	0.00%	9.20%	11.08%
	Área espacial de unidades educativas	60.98%	73.71%	53.14%	62.61%
	Área espacial de iglesias y museos	22.95%	47.90%	16.23%	29.03%

*Nota.* La tabla representa el porcentaje de influencia de cada una de las variables espaciales que van a influir en el VSU.

Aquí podemos observar como la Parroquia de Alangasí tiene una baja presencia de áreas verdes de recreación para su consideración como una parroquia rural de acuerdo a lo establecido por el Plan de Uso y Gestión del Suelo propuesto por el Municipio de Quito pero esto se debe a la alta presencia de

barrios urbanos dentro de su circunscripción parroquial (Secretaría de Territorio, 2021). Los barrios urbanos de la parroquia son: San Gabriel bajo, San Gabriel Alto, Playa Chica, San Luis, Ushimana, Alangasí y El Tingo (Secretaría de Territorio, 2021).

La parroquia de Puengasí al ubicarse cerca de las periferias del Distrito Metropolitano de Quito no cuenta con ciertas adecuaciones que mejoren el nivel de vida de los habitantes de esta parroquia tales como centros comerciales, plazas comerciales, líneas de transporte rápido de movilización y ciclovías, además de que muchos de sus lotes están construidos en pendientes superiores al 30% (Erba, 2017). Con estas observaciones dentro de la matriz y la falta de ciertas adecuaciones de carácter social y económico se puede observar que van a tener un efecto en el VSU dentro de la circunscripción parroquial.

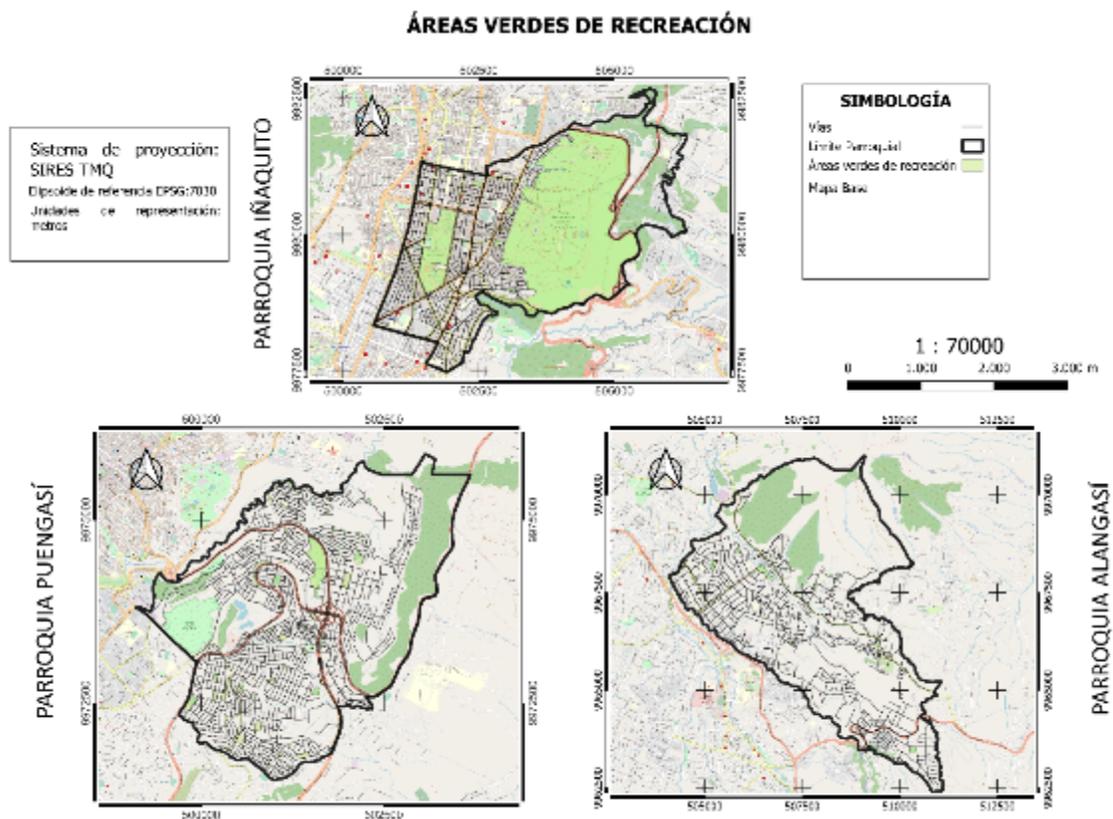
La parroquia de Ñaquito es una parroquia urbana consolidada que presenta gran parte de las adecuaciones para un desarrollo adecuado de los habitantes del sector, pero que no está exento de las amenazas naturales que pueden ocurrir si existe una erupción del volcán Guagua Pichincha que es un volcán activo presente en el Distrito Metropolitano de Quito (PROPERATI, 2019).

Posterior a la obtención de cada una de las áreas de influencia de cada una de las variables se procedió a representar gráficamente cada una de ellas utilizando el software QGIS 3.22 y así observar cómo influirá en el valor del suelo la distancia hacia cada una de estas variables. Se generó un total de 12 planos temáticos en el que se representa cada variable.

### ***Representación de áreas verdes de recreación***

#### **Figura 8**

*Plano de áreas verdes de recreación*



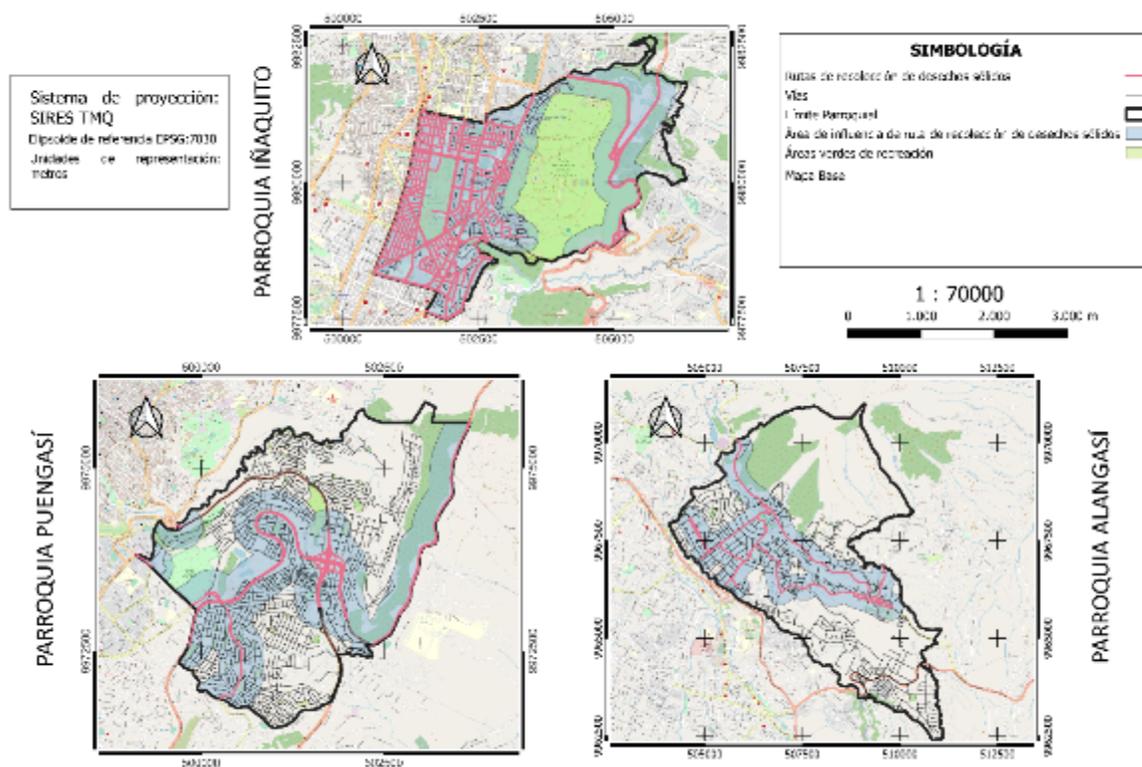
*Nota.* El gráfico representa el total de áreas verdes de recreación existentes en cada una de las parroquias involucradas en la zona de estudio.

### **Representación del área de influencia de recolección de desechos**

#### **Figura 9**

*Plano del área de influencia de los desechos sólidos*

### ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS RUTAS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS



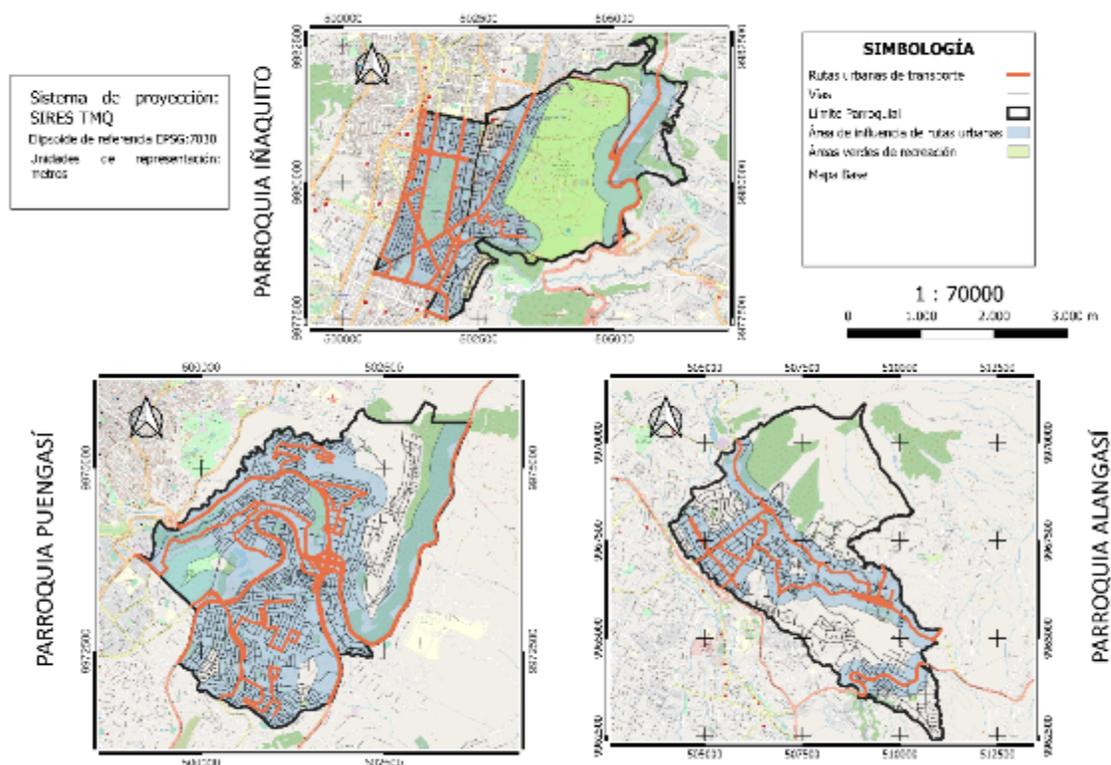
*Nota.* El gráfico representa un área de influencia de 300 m alrededor de las rutas de recolección de desechos sólidos presentes dentro de cada una de las parroquias de nuestra zona de estudio.

### **Representación del área de influencia de las rutas de transporte público**

**Figura 10**

*Plano del área de influencia de las rutas de transporte público*

### ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS RUTAS URBANAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

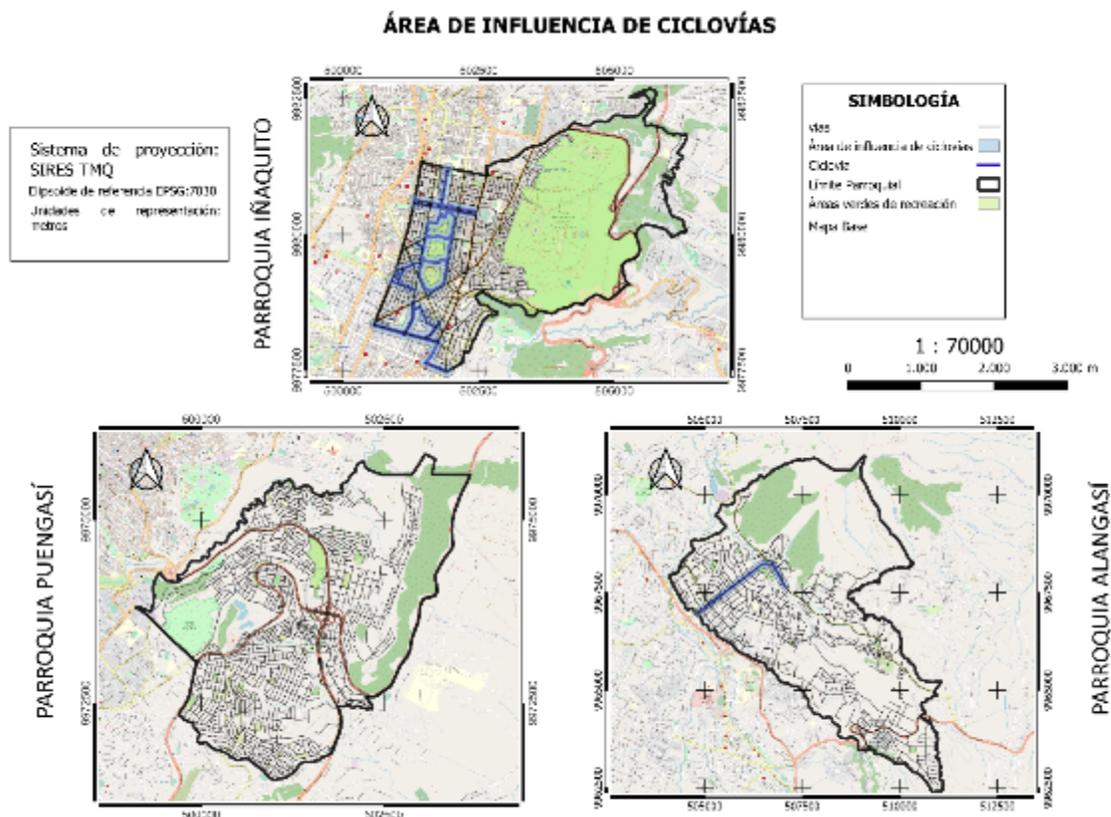


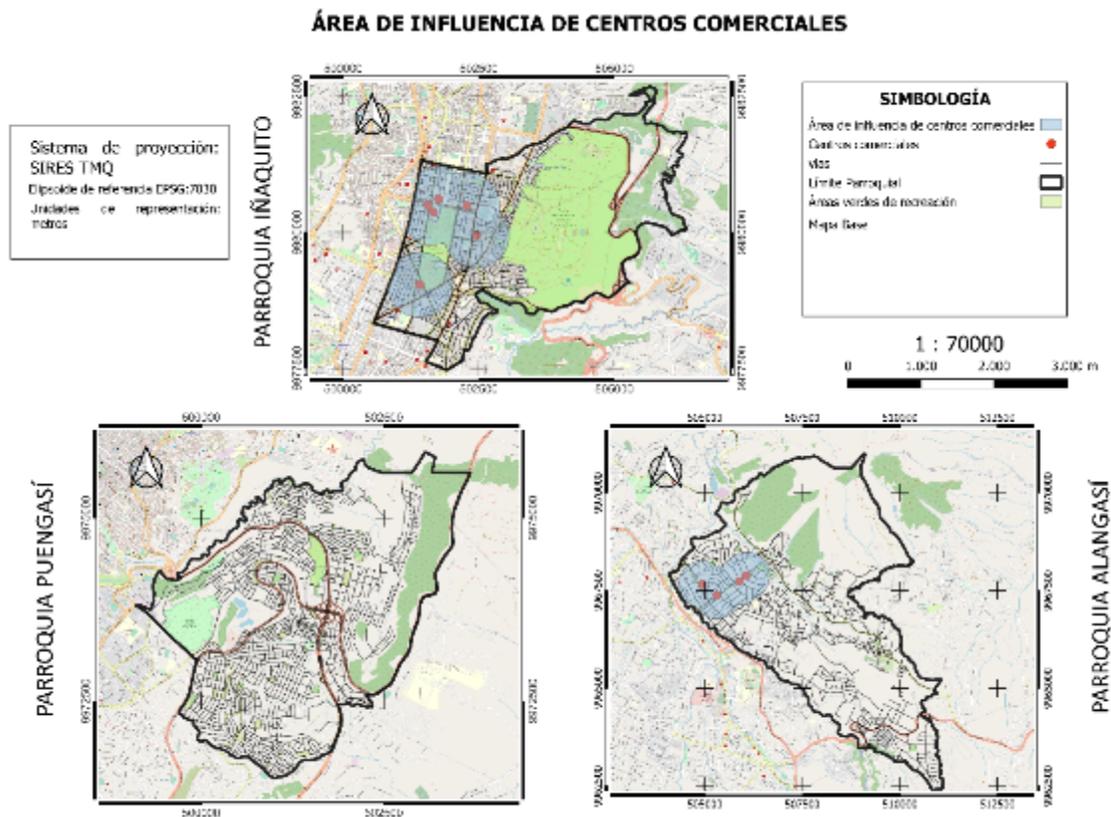
*Nota.* El gráfico representa un área de influencia de 300 m alrededor de cada una de las rutas urbanas de transporte público presentes dentro de cada una de las parroquias dentro de la zona de estudio.

#### **Representación del área de influencia de ciclovías**

**Figura 11**

*Plano del área de influencia de ciclovías*





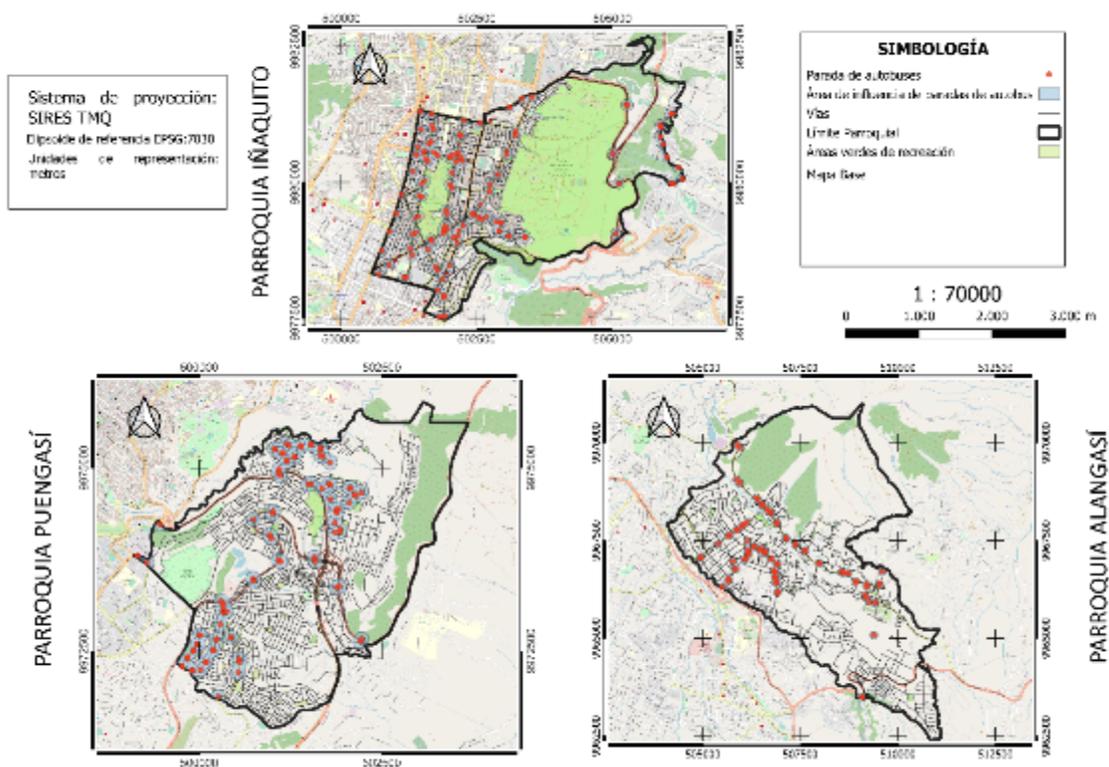
*Nota.* El gráfico representa un área de influencia de 600 m alrededor de cada uno de los centros comerciales presentes en la zona de estudio.

### ***Representación del área de influencia de paradas de autobuses***

**Figura 13**

*Plano de representación del área de influencia de las paradas de autobuses de transporte urbano*

### ÁREAS DE INFLUENCIA DE PARADAS DE AUTOBUS DE TRANSPORTE URBANO

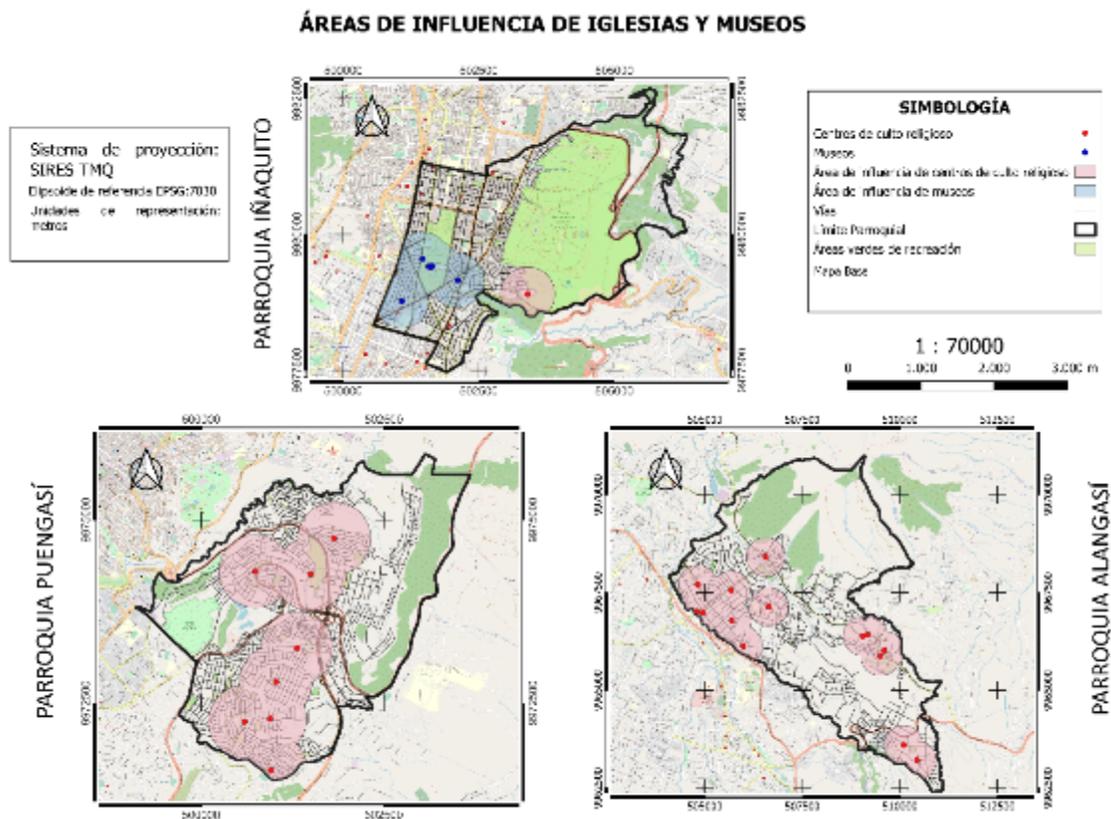


*Nota.* El gráfico representa las áreas de influencia de 100 m alrededor de cada una de las paradas del transporte público urbano presentes en la zona de estudio.

#### **Representación del área de influencia de iglesias y museos**

**Figura 14**

*Plano de representación de las áreas de influencia de iglesias y museos*

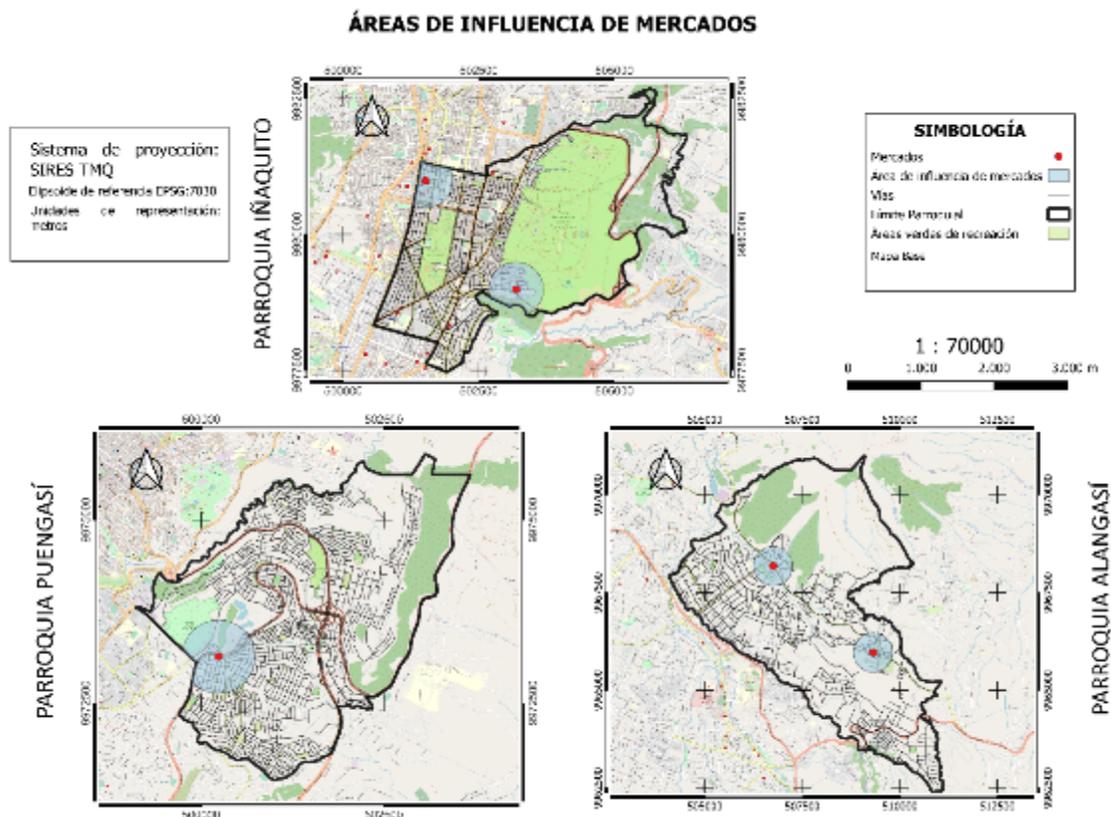


*Nota.* El gráfico representa las áreas de influencia de 600 m alrededor de iglesias y museos presentes dentro de la zona de estudio.

### **Representación de áreas de influencia de mercados**

**Figura 15**

*Plano de representación de las áreas de influencia de mercados*

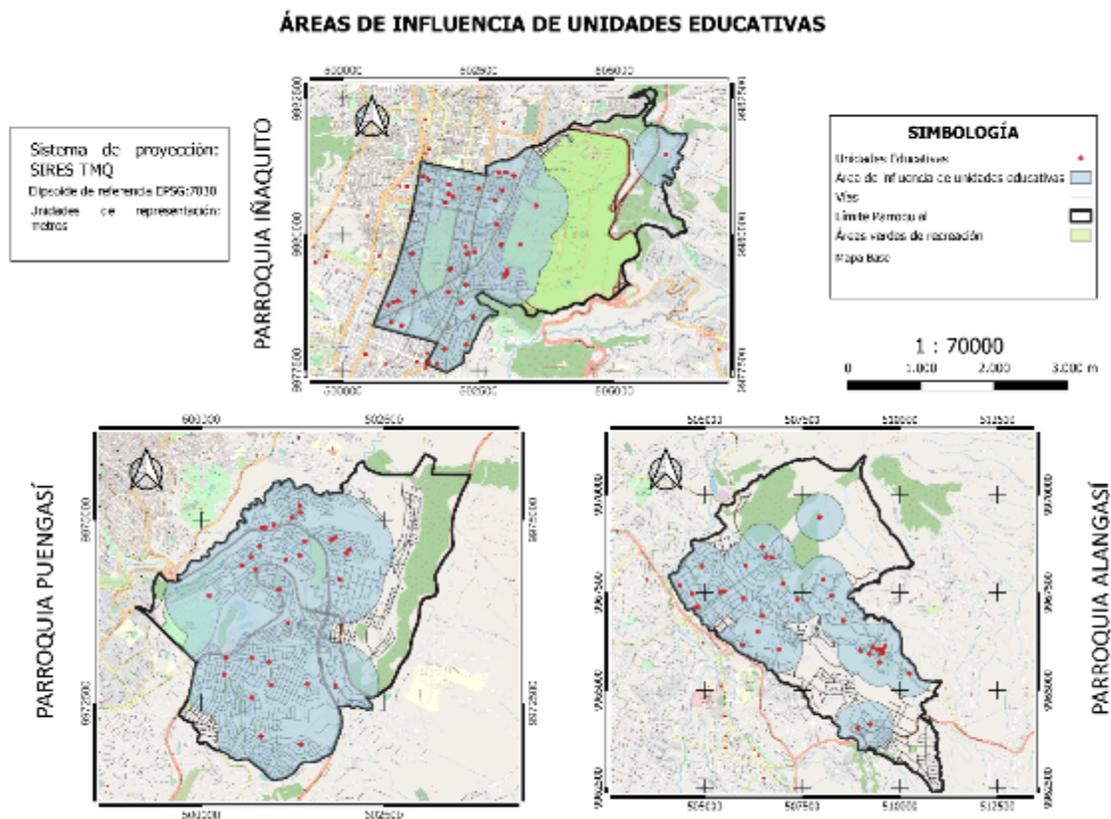


*Nota.* El gráfico representa un área de influencia de 500 m alrededor de cada uno de los mercados presentes dentro de la zona de estudio.

### ***Representación del área de influencia de unidades educativas***

**Figura 16**

*Plano de representación del área de influencia de unidades educativas*

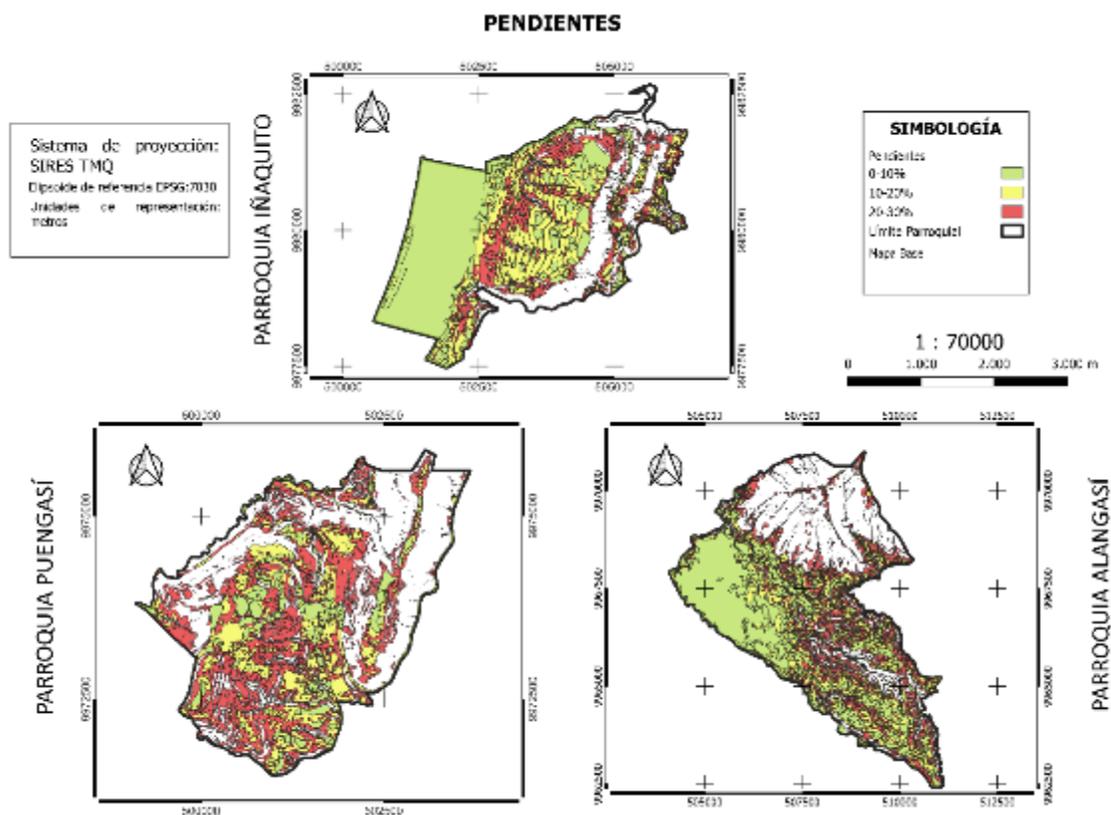


*Nota.* El gráfico representa un área de influencia de 600 m alrededor de cada una de las unidades educativas presentes dentro de la zona de estudio.

### **Representación de la topografía**

**Figura 17**

*Plano de pendientes existentes dentro de la zona de estudio*

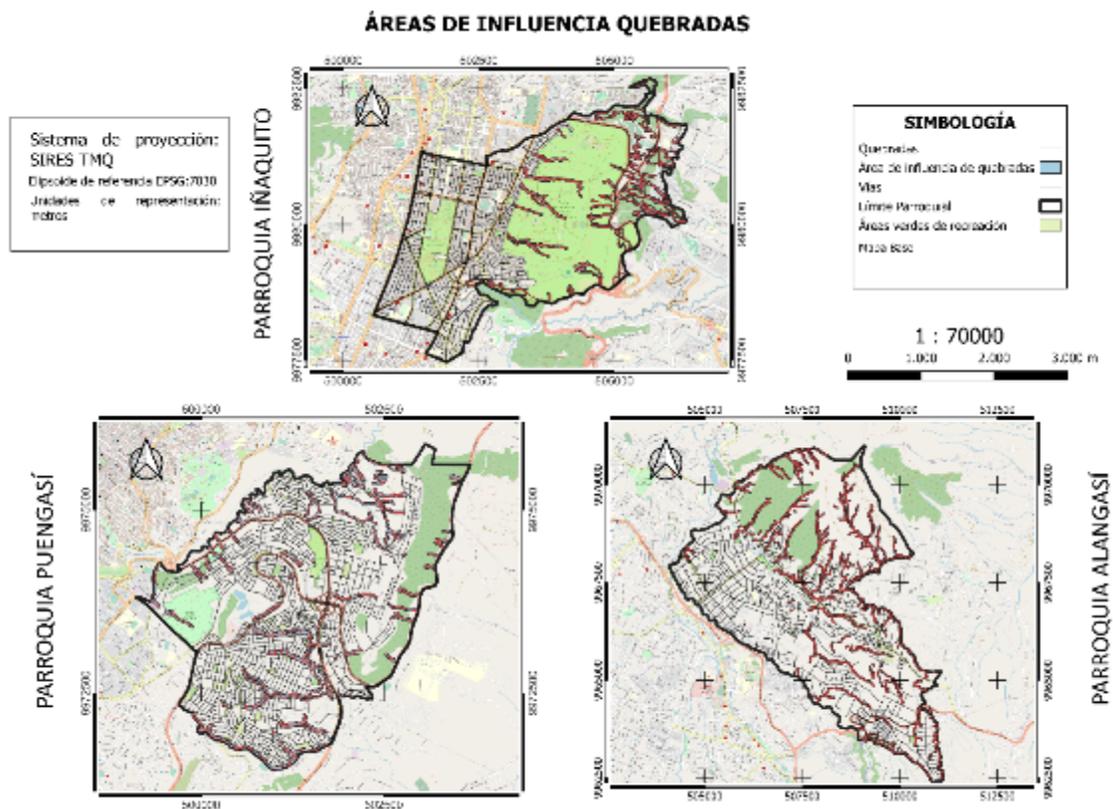


*Nota.* El gráfico representa la presencia de los 3 tipos de pendientes a analizar en nuestra zona de estudios.

### **Representación del área de influencia de quebradas**

**Figura 18**

*Plano de representación de las áreas de influencia de quebradas*

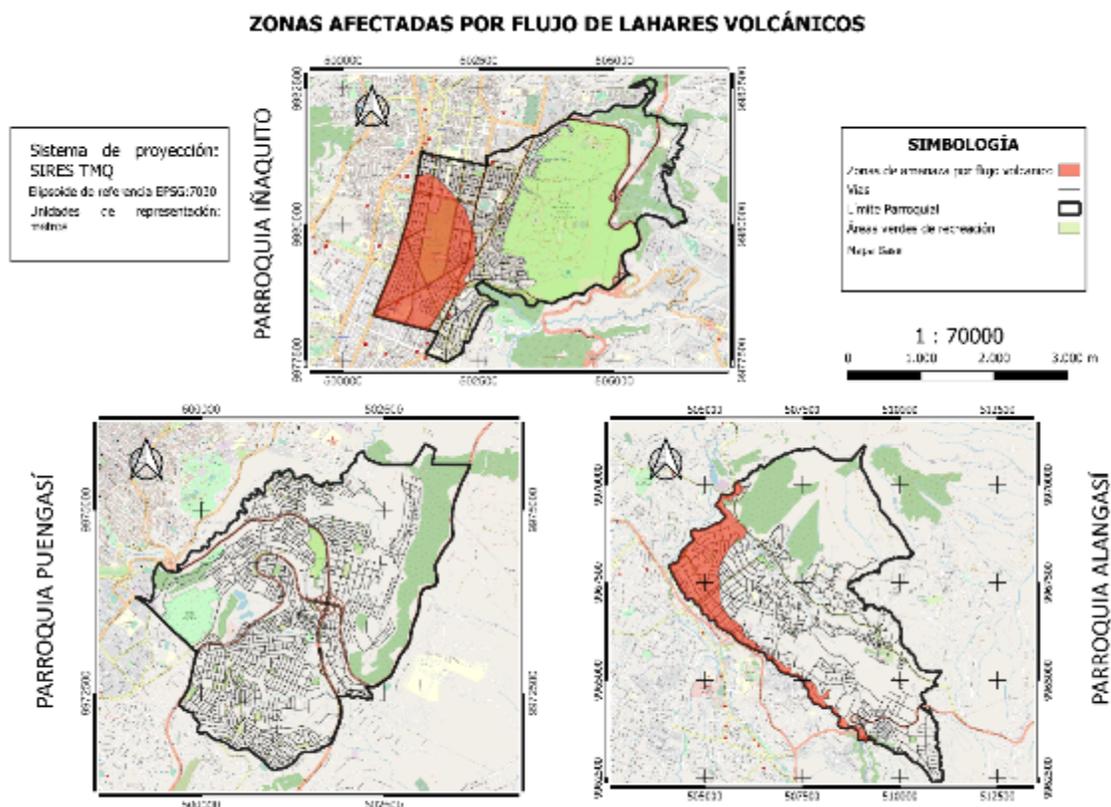


*Nota.* El gráfico representa las áreas de influencia de 15 m alrededor de las quebradas desde la ribera de los cauces naturales actuales presentes dentro de la zona de estudio.

### ***Representación de las áreas afectadas por amenazas volcánicas***

**Figura 19**

*Plano de representación de las zonas afectadas por flujo de lahares volcánicos*



*Nota.* El gráfico representa las zonas afectadas por los flujos de lahares volcánicos de los volcanes Guagua Pichincha y Cotopaxi en nuestra zona de estudio.

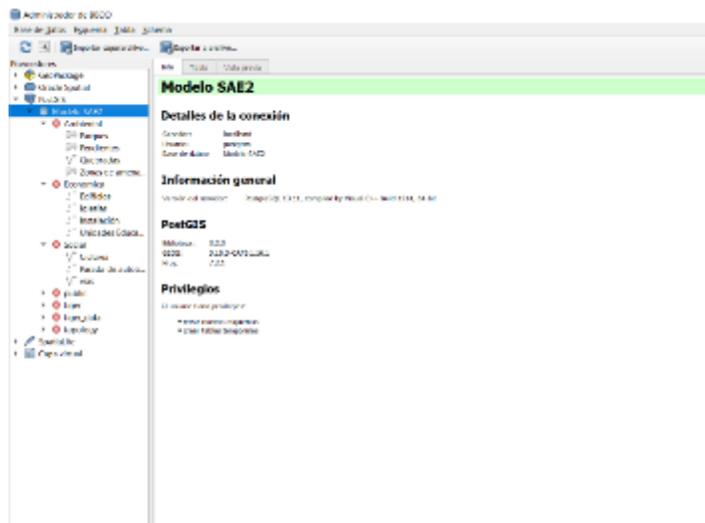
### Geodatabase del modelo

La generación de la geodatabase se estableció a través de las 3 variables y fueron creadas en el software PostGIS 3.2 con la conexión a QGIS 3.22. La geodatabase se conformó a través de las 3 variables de estudio: ambiental, social y económicas (ver *figura 20*) en dónde cada una de ellas este compuesto con las capas vectoriales correspondientes a las 12 variables explicativas.

Toda esta geoinformación es de carácter libre de uso a una escala de trabajo 1:1000 de cada uno de los objetos contenidos en cada capa vectorial y el sistema de referencia de SIRGAS. Esta base de datos se puede utilizar para futuros trabajos ya que toda la información esta normalizada y de fácil acceso para ediciones.

**Figura 20**

*Visualización de la geodatabase en PostGIS 3.2*



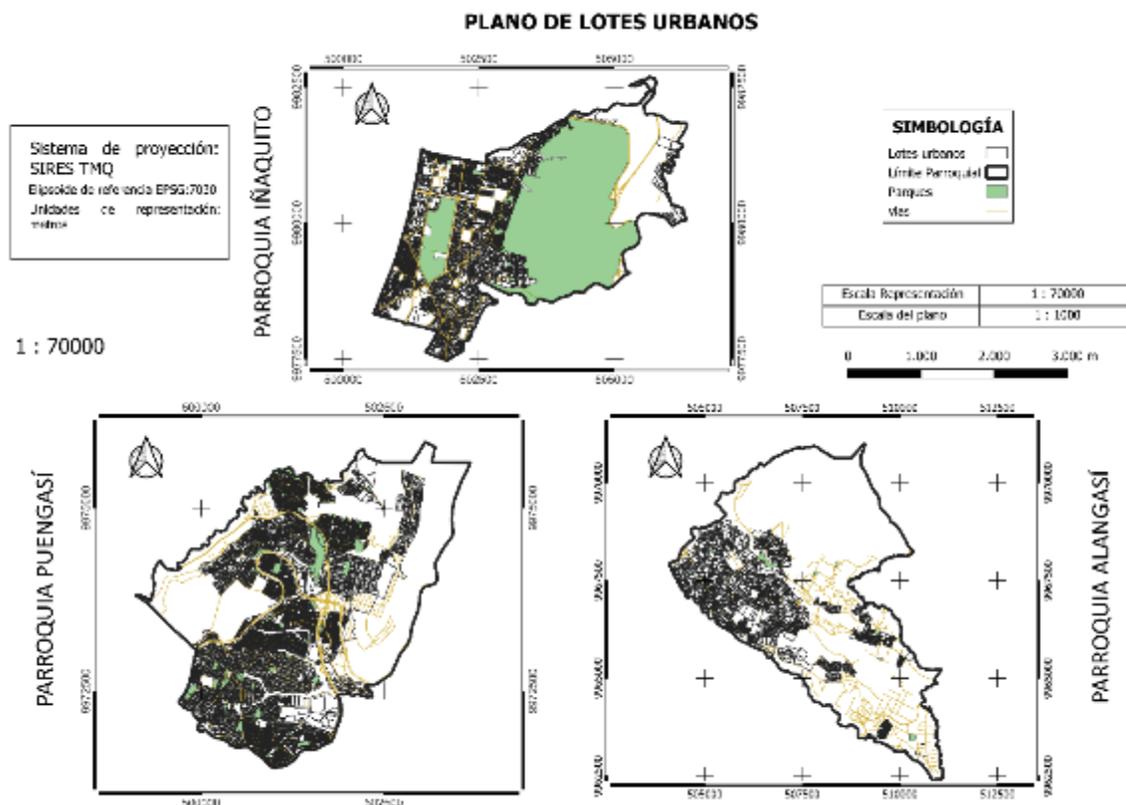
*Nota.* El gráfico representa la geodatabase generada de acuerdo con las 3 variables de estudio y dónde se encuentran las 12 variables explicativas.

### **Muestreo de los lotes**

Lo principal es elaborar un plano catastral de los lotes urbanos que se encuentra dentro de la zona de estudio. El total de lotes que se encuentran dentro de los suelos urbanos definidos en nuestra zona de estudio es de 11504 (ver *figura 21*) y después a este total de población se aplicó (14) ya que es una muestra infinita y una vez se realizó el cálculo se observó que la muestra poblacional a evaluar es de 203 lotes en las zonas urbanas a un 95% de confianza.

**Figura 21**

*Plano catastral de la zona de estudio*



*Nota.* El gráfico representa el plano catastral de los predios urbanos de la zona de estudio con una escala de trabajo 1:1000.

Posterior a eso, se comenzó a realizar la investigación de campo sobre las transacciones de compraventa dentro del mercado formal e informal. Se realizó la investigación y se obtuvo la base de datos (ver *tabla 23*) con los 203 predios que se investigaron de acuerdo con lo obtenido de nuestra muestra poblacional.

Tabla 23

Base de datos con las transacciones de compraventa en la zona de estudio

CLAVE CATASTRAL	Area terreno	Valor en el mercado	Dirección del lote	Mercado Inmobiliario	Parroquia
109060 3004	750.0 0	\$2,200,000.00	Terreno en venta en Quito   PROPERATI	Formal	Iñaquito
105051 5012	671.6 1	\$470,000.00	Terreno en venta en Quito   PROPERATI	Formal	Iñaquito
111070 5006	401.0 0	\$320,000.00	Terreno en venta en Quito   PROPERATI	Formal	Iñaquito
106040 3004	1276. 00	\$390,000.00	Terreno en venta en Quito   PROPERATI	Formal	Iñaquito
114080 5005	365.0 0	\$450,000.00	Carlos Guevara, Quito	Informal	Iñaquito
111060 1027	1202. 67	\$2,800,000.00	GOLDMAN Powered By CUBE - Terreno en Venta en La Carolina - La Carolina, Terreno, 1263 m2, 16 pisos, suelo urbano (goldmanpropiedades.com)	Formal	Iñaquito
107060 6012	930.0 0	\$850,000.00	GOLDMAN Powered By CUBE - Terreno en Venta en Norte de Quito - Iñaquito (goldmanpropiedades.com)	Formal	Iñaquito
113060 7005	440.0 0	\$415,000.00	Ultimas noticias y el telegrafo	Informal	Iñaquito
108061 3002	715.0 0	\$840,000.00	Terreno en venta en Quito   PROPERATI	Formal	Iñaquito
107061 8004	521.0 0	\$495,000.00	Alfredo Pareja Diezcanseco	Informal	Iñaquito
220120 4007	2341. 20	\$290,000.00	Terreno en venta en Alangasí   PROPERATI	Formal	Alangasí
220100 1053	455.0 0	\$149,500.00	Río Putumayo	Informal	Alangasí
109060 8007	1300. 00	\$990,000.00	Av. 6 de Diciembre y el Batán	Informal	Iñaquito

<b>CLAVE CATAST RAL</b>	<b>Area terre no</b>	<b>Valor en el mercado</b>	<b>Dirección del lote</b>	<b>Mercado Inmobiliario</b>	<b>Parroquia</b>
<b>108070 5004</b>	1007. 50	\$800,000.00	Terreno en Venta. Excelente Ubicación. Quiteño Libre y La Cumbre, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
<b>109040 5008</b>	646.0 0	\$598,000.00	Rumipamba y Yugoslavia	Informal	Iñaquito
<b>113051 9004</b>	750.0 0	\$880,000.00	Venta de Terreno, Iñaquito 750 m <sup>2</sup> , Zona Financiera y Judicial. Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
<b>105060 2003</b>	724.0 0	\$1,100,000.00	Terreno de Venta 724 m <sup>2</sup> Whympers Ideal Para Edificio, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
<b>108070 2001</b>	858.0 0	\$230,000.00	Venta de Terreno de 858 m <sup>2</sup> Bellavista Alto, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
<b>108071 3006</b>	520.0 0	\$650,000.00	Terreno en Venta /520 m <sup>2</sup> /sector Bossano, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
<b>109060 7003</b>	686.0 0	\$470,000.00	Noruega y Moscú	Informal	Iñaquito
<b>114090 3009</b>	431.2 5	\$450,000.00	Terreno en venta en Quito   PROPERATI	Formal	Iñaquito
<b>107050 2012</b>	434.0 0	\$390,000.00	Alpallana y Whympers	Informal	Iñaquito
<b>109071 3008</b>	309.0 0	\$110,000.00	Pasaje S/N y Fernando Ayarza	Informal	Iñaquito
<b>109071 5013</b>	1007. 00	\$1,180,000.00	Terreno en venta en Quito   PROPERATI	Formal	Iñaquito
<b>108080 2050</b>	347.8 0	\$215,000.00	Terreno en venta en Quito   PROPERATI	Formal	Iñaquito
<b>112060 7011</b>	400.0 0	\$530,000.00	Ultimas noticias y el telegrafo	Informal	Iñaquito
<b>112060 3007</b>	400.2 5	\$470,000.00	venta Terreno Comercial en Iñaquito, Quito (949939)- icasas.ec	Formal	Iñaquito
<b>109061 6013</b>	413.2 4	\$590,000.00	Jose Bosmediano y Av. 6 de Diciembre	Informal	Iñaquito

CLAVE CATASTRAL	Area terre no	Valor en el mercado	Dirección del lote	Mercado Inmobiliario	Parroquia
1120601032	400.00	\$390,000.00	El comercio y el tiempo	Informal	Iñaquito
1120604005	600.00	\$790,000.00	venta Terreno Comercial en Iñaquito, Quito (099 575 9040 )- icasas.ec	Formal	Iñaquito
2020420004	2143.00	\$169,000.00	venta Terreno Comercial en Puengasí, Quito (0995759040)- icasas.ec	Formal	Puengasí
2030323017	1023.00	\$150,000.00	venta Terreno Comercial en Puengasí, Quito (V10158)- icasas.ec	Formal	Puengasí
1090710001	1866.00	\$1,300,000.00	Antonio José de Flores y Quiteño Libre	Informal	Iñaquito
1080613009	715.00	\$914,850.00	VENTA TERRENO SECTOR LA CAROLINA - Trovit Casas	Formal	Iñaquito
1070508004	173.75	\$99,500.00	venta de Terreno Comercial en Puengasí, Quito - icasas.ec	Formal	Puengasí
2000510007	173.75	\$30,000.00	Terreno de venta en Puengasí 173m2, Las Orquideas, Monjas - Terrenos.com.ec	Formal	Puengasí
1080602004	690.00	\$1,630,540.00	Av. Eloy Alfaro y Bélgica	Informal	Iñaquito
1080707002	2000.00	\$1,960,000.00	Terreno en venta Bosmediano 2.000 m2 sector Bellavista canal 8 - Terrenos.com.ec	Formal	Iñaquito
1090703073	1300.00	\$620,000.00	Venta de Terreno, Batán Alto, 1.300 m2, sector Iglesia de Fátima, Bellavista - Terrenos.com.ec	Formal	Iñaquito
1070611001	700.00	\$1,200,000.00	Terreno de venta 662m Whymper y 6 Diciembre esquina, La Paz - Terrenos.com.ec	Formal	Iñaquito
1070504004	660.00	\$990,000.00	Antonio Navarro & Andrade Marin	Informal	Iñaquito
1080604004	722.00	\$1,083,000.00	Terreno de venta en Bellavista 722 m2, Bosmediano - Terrenos.com.ec	Formal	Iñaquito
1070417004	536.00	\$490,000.00	<a href="https://terrenos.com.ec/propiedades/la-pradera-465-m2-entre-orellana-y-eloy-alfaro/">https://terrenos.com.ec/propiedades/la-pradera-465-m2-entre-orellana-y-eloy-alfaro/</a>	Formal	Iñaquito

CLAVE CATASTRAL	Area terre no	Valor en el mercado	Dirección del lote	Mercado Inmobiliario	Parroquia
1120807008	504.00	\$325,000.00	Venta Casa Quito (vendoo.net)	Formal	Iñaquito
1110510003	1465.06	\$3,000,000.00	Terreno en Venta en Iñaquito, Quito, Pichincha - U\$D 3.000.000 - TEV25859 - BienesOnLine	Formal	Iñaquito
1130614026	435.00	\$409,000.00	Venta Casa Rentera, 3 Dorm., Sector El Batán, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1110715001	511.40	\$550,000.00	550 Mil Terreno de Venta, Sector Eloy Alfaro, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1130705037	325.00	\$240,000.00	Jose Manual Abascal y Av. Gaspar de Villaroel	Informal	Iñaquito
1120803010	435.00	\$410,000.00	Venta Terreno - Casa Rentera, 3 Dorm., Sector El Batán, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1120807001	550.00	\$400,000.00	Terreno con Edificación en Jardines del Batán, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1130806001	760.00	\$490,000.00	Venta Terreno 760 m <sup>2</sup> Sector Jardines del Batán, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1130705021	899.00	\$1,150,000.00	Av. Gaspar de Villaroel y Juan Manuel Camacho	Informal	Iñaquito
1080504011	600.00	\$795,000.00	Excelente Propiedad en El Sector de Mayor Plusvalia La Carolina, Provincia de Pichincha - Plusvalía	Formal	Iñaquito
1120717001	598.36	\$840,000.00	El mercurio y Av. 6 de Diciembre	Informal	Iñaquito
1100405009	1135.78	\$990,900.00	Vendo Terreno de 1.135 m <sup>2</sup> en Av 10 de Agosto y República, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1060602001	587.57	\$590,000.00	Av. De la República y Av. 6 de Diciembre	Informal	Iñaquito
1070404003	433.00	\$228,000.00	Av. 10 de Agosto	Informal	Iñaquito
1080611009	540.00	\$790,000.00	Espectacular Terreno de Venta, Ideal Para Edificio, Juan Severino y Eloy Alfaro, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito

CLAVE CATASTRAL	Area terre no	Valor en el mercado	Dirección del lote	Mercado Inmobiliario	Parroquia
1050608004	467.00	\$640,000.00	Av. Gonzales Suarez y Muros	Informal	Iñaquito
1080708007	1846.00	\$2,000,000.00	Terrenos en venta en González Suárez, Quito - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1060610028	1051.00	\$990,000.00	Alexander Von Humboldt y Caamaño	Informal	Iñaquito
1050603020	1210.00	\$1,000,000.00	Vendo Terreno Excelente Ubicacion - Sector Gonzalez Suarez, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1070605015	1298.00	\$900,000.00	Jiménez de La Espada - Vendo Terreno de 1,298 m, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1080406012	481.00	\$520,000.00	Venta Terreno - Para Inversionistas, Av Atahualpa y 10 de Agosto, Hasta 12 Pisos, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1060406002	621.00	\$620,000.00	GOLDMAN Powered By CUBE - Terreno en Venta en Centro Norte - La Pradera, Terreno, al 600 (goldmanpropiedades.com)	Formal	Iñaquito
1090504007	518.00	\$650,000.00	Terreno, Venta, La República, 518 m <sup>2</sup> , 8 Pisos, Frente 15 m, Cos Total 400%, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1080601003	627.75	\$1,200,000.00	En Venta Terreno de 627 m <sup>2</sup> – Sector Eloy Alfaro y Shyris, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1040506007	821.00	\$981,600.00	Terreno Propiedad Comercial. 818 m <sup>2</sup> . Irm Para 12 Pisos., Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1070506014	670.00	\$550,000.00	Whymper y Almagro Terreno de Venta 670 m <sup>2</sup> Terreno con Casa Antigua, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Iñaquito
1121203009	486.09	\$150,000.00	Av. Simón Bolívar	Informal	Iñaquito
2090508005	264.50	\$28,000.00	C.B	Informal	Puengasí
2090513017	205.02	\$25,000.00	C.B	Infomal	Puengasí
2090511022	200.00	\$20,000.00	C.B	Informal	Puengasí

<b>CLAVE CATAST RAL</b>	<b>Area terre no</b>	<b>Valor en el mercado</b>	<b>Dirección del lote</b>	<b>Mercado Inmobiliario</b>	<b>Parroquia</b>
<b>220111 2006</b>	2500. 00	\$540,000.00	Río Amazonas	Informal	Alangasí
<b>220120 4018</b>	1082. 41	\$137,225.00	Río Curaray	Informal	Alangasí
<b>110060 3005</b>	563.0 0	\$503500.00	Carlos Tamayo y 6 de Diciembre	Informal	Iñaquito
<b>109050 7008</b>	545.0 0	\$343350.00	Rumipamba	Informal	Iñaquito
<b>110061 0022</b>	707.0 0	\$810,000.00	Luxemburgo y Portugal	Informal	Iñaquito
<b>108041 3007</b>	410.0 0	\$183,725.00	Goldam Properties	Formal	Iñaquito
<b>223130 3003</b>	1000. 00	\$120,000.00	Río Zamora	Informal	Alangasí
<b>223170 5014</b>	431.0 0	\$19,500.00	Ushimana	Informal	Alangasí
<b>224190 3003</b>	1461. 00	\$67,000.00	Antonio José de Sucre	Informal	Alangasí
<b>225190 1035</b>	818.2 7	\$37,500.00	Antonio José de Sucre	Informal	Alangasí
<b>218110 4012</b>	990.3 9	\$205,000.00	De las Galaxias	Informal	Alangasí
<b>221110 3030</b>	1578. 31	\$310,000.00	Pasaje y Río Zamora	Informal	Alangasí
<b>223181 5003</b>	705.5 0	\$35,000.00	Juan Montalvo	Informal	Alangasí
<b>223150 6001</b>	638.0 0	\$30,000.00	Ushimana	Informal	Alangasí
<b>222150 4004</b>	500.0 0	\$23,000.00	Ushimana	Informal	Alangasí

CLAVE CATASTRAL	Area terreno	Valor en el mercado	Dirección del lote	Mercado Inmobiliario	Parroquia
2211605007	1019.84	\$82,500.00	Ilalo y Pasaje C	Informal	Alangasí
2231306005	166.22	\$32,350.00	Río Zamora	Informal	Alangasí
2231509006	375.00	\$77,640.00	Río Ushimana	Informal	Alangasí
2231509003	400.00	\$85,000.00	Río Ushimana	Informal	Alangasí
2201302038	1906.36	\$247,780.00	Terreno en Venta, Los Chillos 1.906 m <sup>2</sup> , Alangasi, Ilalo, Mirasierra Alto, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Alangasí
2211107011	1383.30	\$262,800.00	Río Pastaza TERRENO EN VENTA  PROPERATI	Formal	Alangasí
2231405005	2300.00	\$230,000.00	Se Vende Terreno en El Valle de Los Chillos Sector Alangasi, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Alangasí
2201302037	1182.00	\$135,930.00	Terreno de Venta en Betania 7.650 m <sup>2</sup> , Alangasí, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Alangasí
2171106032	1348.72	\$290,000.00	Terreno de Venta en SAN GABRIEL ALANGASÍ - Plusvalía(plusvalía.com)	Formal	Alangasí
2171102003	790.00	\$169,850.00	Terreno de VENTA en MIRASIERRA - Plusvalía(plusvalía.com)	Formal	Alangasí
2201113002	722.27	\$155,300.00	Río Amazonas Terreno en venta 722 m2 - Plusvalía(plusvalía.com)	Formal	Alangasí
2211205003	764.00	\$91,680.00	Excelente ubicación en el valle de los Chillos Alangasí   PROPERATI	Formal	Alangasí
2191608007	916.15	\$90,000.00	Juan de Dios Tipan	Informal	Alangasí
2211501025	1282.00	\$110,000.00	Terrenos tingo en Ecuador - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Alangasí
2211302010	1000.00	\$100,000.00	Terreno de VENTA en MIRASIERRA - Plusvalía(plusvalía.com)	Formal	Alangasí

<b>CLAVE CATASTRAL</b>	<b>Area terre no</b>	<b>Valor en el mercado</b>	<b>Dirección del lote</b>	<b>Mercado Inmobiliario</b>	<b>Parroquia</b>
<b>2171104001</b>	1647.38	\$263,000.00	Terreno Plano en Pequeña Urbanizacion Sector Via Al Tingo/los Chillos, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Alangasí
<b>2191201002</b>	1400.00	\$245,000.00	Vendo Terreno Independiente 1400 m Sector Via Al Tingo, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Alangasí
<b>2201203004</b>	1137.00	\$136,000.00	Canarios	Informal	Alangasí
<b>2171302042</b>	550.00	\$55,000.00	Terreno de Venta Via Al Tingo, Alangasi, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Alangasí
<b>2221201018</b>	668.78	\$130,100.00	Terreno de venta Vía al Tingo - Plusvalía (plusvalía.com)	Formal	Alangasí
<b>2201103011</b>	620.50	\$130,000.00	En Venta Terreno de 627 m <sup>2</sup> – Sector Eloy Alfaro y Shyris, Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Alangasí
<b>2231301025</b>	694.00	\$150,000.00	Terreno de venta en Conjunto Habitacional SAN LUIS SHOPPING   PROPERATI	Formal	Alangasí
<b>2231815038</b>	549.10	\$72,600.00	Juan León Mera	Informal	Alangasí
<b>2191101043</b>	4290.00	\$590,000.00	Terreno San Rafael, Via Al Tingo, Valle de Los Chillos. Provincia de Pichincha - Plusvalía (plusvalia.com)	Formal	Alangasí
<b>2221205009</b>	983.00	\$157,000.00	Terrenos Tingo (mitula.ec)	Formal	Alangasí
<b>2241807011</b>	355.00	\$42,600.00	TERRENO EN VENTA ALANGASÍ - Plusvalía(plusvalía.com)	Formal	Alangasí
<b>2171101010</b>	2035.25	\$269,000.00	Via Tingo Terreno 2076 Plano Todos Los Servicios 269 000 2076 m2 (nuroa.com.ec)	Formal	Alangasí
<b>2211306023</b>	1109.61	\$111,000.00	Juan de Dios Tipan TERRENO EN VENTA   PROPERATI	Formal	Alangasí
<b>2181304003</b>	180.00	\$43,900.00	Terreno en el Valle de los Chillos Sector Mirasierra (nuroa.com.ec)	Formal	Alangasí
<b>2211106023</b>	500.00	\$95,000.00	Pasaje y Río Zamora	Informal	Alangasí

CLAVE CATASTRAL	Area terreno	Valor en el mercado	Dirección del lote	Mercado Inmobiliario	Parroquia
2211106051	854.56	\$165,000.00	Río Cenepa	Informal	Alangasí
2171209003	2000.00	\$700,000.00	Venta amplio terreno con 2 casas, excelente ubicación, San Rafael, Los Chillos (nuroa.com.ec)	Formal	Alangasí
2191106002	1022.00	\$185,000.00	Se Vende Terreno 1 sector Via al Tingo (nuroa.com.ec)	Formal	Alangasí
2191102009	486.70	\$102,500.00	Terreno de 500 m2 en venta - Terrenos en venta.com.ec	Formal	Alangasí
2191005018	999.52	\$216,240.00	Río Pastaza y Pasaje	Informal	Alangasí
2221601053	470.00	\$32,000.00	<a href="https://casas.mitula.ec/adform/24301-256-12ed-6f9edaeb2995-97de-f51ebc40-ac87?page=1&amp;pos=13&amp;t_sec=1&amp;t_or=2&amp;t_pvid=ba2ea6af-1ea2-4cf6-9d3d-6797a464ac52&amp;req_sgmt=REVTS1RPUDtTRU87U0VSUDs%3D">https://casas.mitula.ec/adform/24301-256-12ed-6f9edaeb2995-97de-f51ebc40-ac87?page=1&amp;pos=13&amp;t_sec=1&amp;t_or=2&amp;t_pvid=ba2ea6af-1ea2-4cf6-9d3d-6797a464ac52&amp;req_sgmt=REVTS1RPUDtTRU87U0VSUDs%3D</a>	Formal	Alangasí
2181003005	907.85	\$150,000.00	Terreno plano en VENTA Supermaxi San Gabriel Valle de los Chillos 907 m2 (mitula.ec)	Formal	Alangasí
2211307001	1206.82	\$149,999.00	DE OPORTUNIDAD TERRENO DE VENTA EL TINGO   Goldam Properties	Formal	Alangasí
2191306011	1866.45	\$415,000.00	Terreno en venta en Alangasí   PROPERATI	Formal	Alangasí
2201103063	1186.68	\$255,136.20	Pasaje y Río Zamora	Informal	Alangasí
2231207009	965.00	\$157,625.90	Av. Ilaló	Informal	Alangasí
2191411005	829.61	\$60,380.00	Av. Ilaló	Informal	Alangasí
2211207026	544.49	\$95,000.00	Río Pastaza y Río Zamora	Informal	Alangasí
2241805010	480.00	\$58,908.00	Eugenio de Santa Cruz y Abdón Calderón	Informal	Alangasí

<b>CLAVE CATAST RAL</b>	<b>Area terre no</b>	<b>Valor en el mercado</b>	<b>Dirección del lote</b>	<b>Mercado Inmobiliario</b>	<b>Parroquia</b>
<b>223181 1007</b>	490.9 0	\$60,000.00	Abdón Calderón y Gaspar de Villaroel	Informal	Alangasí
<b>224190 6015</b>	491.8 8	\$43,360.00	Francisco de Orellana y Abdón Calderón	Informal	Alangasí
<b>221130 2105</b>	368.8 3	\$121,990.00	Puerto Rico y San Juan de Dios	Informal	Alangasí
<b>218110 7007</b>	1240. 10	\$193,500.00	De los Planetas	Informal	Alangasí
<b>222140 1002</b>	900.0 0	\$90,000.00	Puerto Rico y Argentina	Informal	Alangasí
<b>223120 5002</b>	2001. 25	\$305,000.00	Av. Río Zamora	Informal	Alangasí
<b>209032 0006</b>	412.0 0	\$30,000.00	Via a los Chillos	Informal	Puengasí
<b>209030 4011</b>	444.0 0	\$32,500.00	Via a los Chillos	Informal	Puengasí
<b>209030 5026</b>	480.0 0	\$33,500.00	Via a los Chillos	Informal	Puengasí
<b>209031 0003</b>	180.0 0	\$16,000.00	Acción Popular	Informal	Puengasí
<b>209043 4017</b>	170.6 2	\$15,355.00	Acción Popular	Informal	Puengasí
<b>209043 6016</b>	208.7 5	\$18,800.00	Acción Popular	Informal	Puengasí
<b>209044 3020</b>	124.0 0	\$11,800.00	Miguel Zambrano	Informal	Puengasí
<b>209042 4001</b>	376.8 2	\$36,500.00	Miguel Zambrano	Informal	Puengasí
<b>209030 5011</b>	438.0 0	\$32,500.00	José Gallegos	Informal	Puengasí

<b>CLAVE CATAST RAL</b>	<b>Area terre no</b>	<b>Valor en el mercado</b>	<b>Dirección del lote</b>	<b>Mercado Inmobiliario</b>	<b>Parroquia</b>
<b>209030 5014</b>	310.0 0	\$21,700.00	José de Inés y Pasaje	Informal	Puengasí
<b>208021 9006</b>	400.0 0	\$37,200.00	E11	Informal	Puengasí
<b>207020 5003</b>	187.6 2	\$18,000.00	Camino de los Incas	Formal	Puengasí
<b>209030 5021</b>	440.0 0	\$30,800.00	José de Inés	Informal	Puengasí
<b>208032 4009</b>	506.0 0	\$36,000.00	Vía los Chillos	Informal	Puengasí
<b>208031 2012</b>	429.0 0	\$41,200.00	Vía los Chillos	Informal	Puengasí
<b>208031 9003</b>	297.0 0	\$21,000.00	Prudencio Salazar	Informal	Puengasí
<b>208031 8018</b>	506.0 0	\$35,000.00	Prudencio Salazar	Informal	Puengasí
<b>208031 8014</b>	380.0 0	\$25,500.00	Prudencio Salazar	Informal	Puengasí
<b>208040 8025</b>	220.0 0	\$18,725.00	Guido Urbina	Informal	Puengasí
<b>206022 1012</b>	386.6 4	\$32,000.00	Camino de los Incas	Informal	Puengasí
<b>206033 2011</b>	355.0 0	\$29,900.00	Pasaje E10	Informal	Puengasí
<b>209050 1004</b>	1720. 00	\$200,000.00	C.A.	Informal	Puengasí
<b>209050 1048</b>	345.7 2	\$41,000.00	C.A.	Informal	Puengasí
<b>209042 7014</b>	162.0 0	\$14,500.00	Zambrano	Informal	Puengasí

<b>CLAVE CATAST RAL</b>	<b>Area terre no</b>	<b>Valor en el mercado</b>	<b>Dirección del lote</b>	<b>Mercado Inmobiliario</b>	<b>Parroquia</b>
<b>209043 0006</b>	200.0 0	\$18,000.00	Zambrano	Informal	Puengasí
<b>209050 3032</b>	230.0 0	\$28,000.00	C.B.	Informal	Puengasí
<b>209040 7029</b>	402.8 9	\$46,000.00	C.E. y Pasaje S/N	Informal	Puengasí
<b>208041 0025</b>	200.0 0	\$24,000.00	C.E.	Informal	Puengasí
<b>208041 2008</b>	413.0 0	\$37,175.00	2 de Agosto	Informal	Puengasí
<b>219110 7002</b>	1199. 96	\$260,000.00	Río Coca y La Luz	Informal	Alangasí
<b>206040 3007</b>	200.0 0	\$19,000.00	S5	Informal	Puengasí
<b>207042 7005</b>	348.0 0	\$40,000.00	Carlos Polit	Informal	Puengasí
<b>202050 5027</b>	200.0 0	\$26,000.00	E21B	Informal	Puengasí
<b>203060 3010</b>	345.9 4	\$36,000.00	Héctor Pilco	Informal	Puengasí
<b>205053 8002</b>	95.00	\$8,500.00	Héctor Pilco	Informal	Puengasí
<b>207050 5002</b>	453.0 0	\$40,000.00	Ricardo Izuerieta	Informal	Puengasí
<b>206050 8006</b>	513.5 3	\$46,950.00	Pasaje Y	Informal	Puengasí
<b>207043 9002</b>	430.0 0	\$38,500.00	Ricardo Izuerieta	Informal	Puengasí
<b>206043 1005</b>	456.0 0	\$41,230.00	Pasaje T	Informal	Puengasí

<b>CLAVE CATAST RAL</b>	<b>Area terre no</b>	<b>Valor en el mercado</b>	<b>Dirección del lote</b>	<b>Mercado Inmobiliario</b>	<b>Parroquia</b>
<b>206043 3006</b>	552.0 0	\$48,800.00	Pasaje O	Informal	Puengasí
<b>208042 7012</b>	308.0 0	\$26,499.00	Calle 5	Informal	Puengasí
<b>208040 3008</b>	484.0 0	\$42,100.00	Francisco Calderón	Informal	Puengasí
<b>207031 2005</b>	604.0 0	\$53,120.00	C. Sanches de Orellama	Informal	Puengasí
<b>208030 7001</b>	459.2 1	\$31,500.00	Via los Chillos	Informal	Puengasí
<b>207032 3011</b>	400.0 0	\$35,700.00	Calle E-11	Informal	Puengasí
<b>208032 2002</b>	425.0 0	\$33,600.00	S7	Informal	Puengasí
<b>208033 6005</b>	389.4 2	\$25,800.00	E13	Informal	Puengasí
<b>207032 9012</b>	336.0 0	\$28,870.00	E12	Informal	Puengasí
<b>206032 5003</b>	352.0 0	\$31,500.00	Constantio Fernández	Informal	Puengasí
<b>206030 7010</b>	194.3 3	\$16,170.00	Calle E16	Informal	Puengasí
<b>206043 8016</b>	200.0 0	\$17,860.00	S5C	Informal	Puengasí
<b>206040 6015</b>	220.0 0	\$19,780.00	S5A	Informal	Puengasí
<b>205051 7032</b>	180.0 0	\$16,500.00	Joaquín Galarza	Informal	Puengasí
<b>204041 1044</b>	190.0 0	\$18,200.00	Calle S/N	Informal	Puengasí

<b>CLAVE CATAST RAL</b>	<b>Area terre no</b>	<b>Valor en el mercado</b>	<b>Dirección del lote</b>	<b>Mercado Inmobiliario</b>	<b>Parroquia</b>
<b>203043 2009</b>	408.0 0	\$42,000.00	Cenepa	Informal	Puengasí
<b>204030 3002</b>	516.0 0	\$46,000.00	Covi	Informal	Puengasí
<b>202043 3004</b>	248.5 2	\$21,500.00	José Arellano Portilla	Informal	Puengasí
<b>203040 1013</b>	419.0 0	\$42,000.00	Javier Loyola	Informal	Puengasí
<b>201040 6028</b>	350.9 0	\$41,000.00	Juan Mayacela	Informal	Puengasí
<b>200051 3005</b>	209.0 0	\$25,000.00	Luis Larenas	Informal	Puengasí
<b>202061 0005</b>	200.0 0	\$26,410.00	Alfonso Mora	Informal	Puengasí
<b>202050 8023</b>	160.0 0	\$20,000.00	Abelardo Flores	Informal	Puengasí
<b>203060 4012</b>	1012. 00	\$110,000.00	C.E.1	Informal	Puengasí
<b>202052 1018</b>	210.0 0	\$25,000.00	Diego Salazar	Informal	Puengasí
<b>206052 0010</b>	240.0 0	\$20,500.00	S5D	Informal	Puengasí

*Nota.* La tabla representa una base de datos de los 203 predios del tamaño muestral con cada una de sus transacciones en el mercado compraventa en cada una de las parroquias de la zona de estudio.

Posterior a obtener los lotes del muestreo se comenzó a obtener de cada uno de los lotes del muestreo el frente, fondo y área de cada uno de ellos y con estos valores obtenidos de cada uno de los lotes se determina la moda del frente, fondo y tamaño para así determinar el lote tipo por parroquia (ver *Tabla 24*), ya que cada parroquia presenta un diferente tipo de suelo de urbano y las características de los lotes varían en función a lo dispuesto por el PUOS (Secretaría de Territorio, 2021). Una vez obtenido el lote tipo de cada parroquia se aplicó (17), (18), (19) (20), para obtener el factor de corrección del valor del suelo (21) de acuerdo a lo estipulado por la ordenanza municipal No.0196 y una vez obtenido este valor se dividió para el área del terreno del terreno de acuerdo a lo que se encuentra establecido en el catastro de Quito (Consejo Metropolitano de Quito, 2019).

**Tabla 24**

*Lote tipo de cada parroquia*

<b>Lote tipo</b>	<b>Frente</b>	<b>Fondo</b>	<b>Tamaño</b>
<b>Iñaquito</b>	20	30	600
<b>Alangasí</b>	20	36	720
<b>Puengasí</b>	10	20	200

*Nota.* La tabla demuestra los valores obtenidos de la moda de frente, fondo y tamaño de acuerdo a cada uno de los lotes de cada parroquia.

Con las distancias obtenidas se aplicó la correlación espacial de cada una de las variables aplicando el método de Pearson (ver *Tabla 25*) en la cual se puede observar que todas las variables tienen una correlación espacial y que no es una muestra sesgada, por lo cual, con este valor de correlación espacial es el primer indicio de que se puede aplicar Kriging al valor del suelo.

**Tabla 25**

*Matriz de correlación entre las variables de estudio*

<b>Variables</b>	<b>Centro comerciales</b>	<b>Iglesias y museos</b>	<b>Ciclovías</b>	<b>Mercados</b>	<b>Paradas de autobus</b>	<b>Parques</b>	<b>Pendientes</b>	<b>Quebradas</b>	<b>Rutas</b>	<b>Recolección de desechos</b>	<b>Unidades Educativas</b>	<b>Zonas de amenazas volcánicas</b>
<b>Centro comerciales</b>	1.000	-0.258	0.977	0.131	0.347	0.469	-0.430	-0.532	0.076	0.416	0.231	0.855
<b>Iglesias y museos</b>	-0.258	1.000	-0.251	0.214	0.100	0.427	0.066	0.110	0.291	0.005	0.229	-0.265
<b>Ciclovías</b>	0.977	-0.251	1.000	0.134	0.395	0.476	-0.404	-0.543	0.037	0.443	0.246	0.833
<b>Mercados</b>	0.131	0.214	0.134	1.000	0.430	0.133	-0.096	0.026	0.389	0.557	0.466	-0.111
<b>Paradas de autobus</b>	0.347	0.100	0.395	0.430	1.000	0.078	-0.160	-0.337	0.633	0.765	0.597	0.008
<b>Parques</b>	-0.469	0.427	-0.476	0.133	-0.078	1.000	0.002	0.371	0.098	-0.095	0.018	-0.541
<b>Pendientes</b>	-0.430	0.066	-0.404	-0.096	-0.160	0.002	1.000	0.489	0.007	-0.170	-0.184	-0.357
<b>Quebradas</b>	-0.532	0.110	-0.543	0.026	-0.337	0.371	0.489	1.000	0.094	-0.307	-0.247	-0.445
<b>Rutas</b>	-0.076	0.291	-0.037	0.389	0.633	0.098	0.007	-0.094	1.000	0.509	0.533	-0.286
<b>Recolección de desechos</b>	0.416	0.005	0.443	0.557	0.765	0.095	-0.170	-0.307	0.509	1.000	0.621	-0.032
<b>Unidades Educativas</b>	0.231	0.229	0.246	0.466	0.597	0.018	-0.184	-0.247	0.533	0.621	1.000	-0.088
<b>Zonas de amenazas volcánicas</b>	0.855	-0.265	0.833	-0.111	0.008	0.541	-0.357	-0.445	0.286	-0.032	-0.088	1.000

*Nota.* La tabla muestra los valores de correlación que existe entre las variables explicativas del modelo SAE2.

Cómo se puede observar existe una alta correlación entre centros comerciales y amenazas volcánicas y esto tiene mucha coherencia ya que la mayoría de los centros comerciales están contruidos sobre las zonas amenazadas por flujos de lahares, ya que éstas zonas son también las que tienen pendientes entre 0 y 10 y además influyen directamente sobre el valor del suelo. También se observa que entre ciclovías y centros comerciales existe una alta correlación entre las variables de estudio ya que la mayoría de los centros comerciales tienen varias vías de acceso y con disponibilidad para diferentes medios de transporte, dando a entender que cerca de estas variables el VSU va a ser mucho mayor.

También hay una alta correlación entre pendientes y quebradas que es el principal factor para que exista una quebrada ya que la misma es una depresión dónde existe una diferencia de altura o accidente geográfico, aquellos lotes ubicados cerca de esta van a influir inversamente proporcional a nuestro VSU. También se observa una alta correlación entre rutas de transporte urbano, rutas de recolección de desecho y paradas de autobús ya que todas estas están ubicadas sobre las rutas urbanas de nuestras parroquias de estudio y por ende estas zonas tendrán una mayor plusvalía en su VSU.

Observando nuestra matriz de correlación se aprecia una correlación espacial positiva entre al menos 2 variables que intervienen en nuestro modelo y comparando estos resultados con la matriz correlativa de Sikder & Züfle, 2020 que ellos obtuvieron para sus modelos de predicción del valor del suelo de los lotes tiene mucha concordancia con la nuestra y cumplió el principio de correlación espacial para poder aplicar métodos geoestadísticos.

Se aplicó (20) para así determinar el VSU de nuestro modelo SAE 2, dónde se conocían las variables del valor del bien inmueble y se dividió para el área del terreno multiplicado por el factor de corrección urbana para así poder el valor del suelo (ver *Tabla 26*).

**Tabla 26***Base de datos del valor del suelo de las zonas de estudio*

<b>CLAVE CATASTRAL</b>	<b>Valor del suelo</b>
1090603004	\$2,382.81
1050515012	\$779.07
1110705006	\$497.15
1060403004	\$418.23
1140805005	\$1,050.09
1110601027	\$2,159.34
1070606012	\$1,157.72
1130607005	\$864.22
1080613002	\$1,215.13
1070618004	\$830.04
2201204007	\$161.80
2201001053	\$426.80
1090608007	\$1,017.49
1080705004	\$1,031.79
1090405008	\$660.00
1130519004	\$864.91
1050602003	\$1,627.28
1080702001	\$205.40
1080713006	\$1,115.40
1090607003	\$606.93
1140903009	\$1,219.41
1070502012	\$887.44
1090713008	\$379.15
1090715013	\$912.82
1080802050	\$579.08
1120607011	\$1,191.25
1120603007	\$1,012.81
1090616013	\$1,304.83
1120601032	\$823.46
1120604005	\$1,279.28
2020420004	\$107.12
2030323017	\$200.22
1090710001	\$626.22
1080613009	\$1,344.82
1070508004	\$175.61
2000510007	\$129.46
1080602004	\$1,290.97
1080707002	\$564.56
1090703073	\$616.09
1070611001	\$1,016.70

<b>CLAVE CATASTRAL</b>	<b>Valor del suelo</b>
1070504004	\$1,074.85
1080604004	\$955.25
1070417004	\$668.43
1120807008	\$631.98
1110510003	\$1,121.17
1130614026	\$771.32
1110715001	\$721.87
1130705037	\$662.47
1120803010	\$823.48
1120807001	\$497.98
1130806001	\$511.23
1130705021	\$994.25
1080504011	\$1,332.81
1120717001	\$1,013.33
1100405009	\$720.49
1060602001	\$912.02
1070404003	\$665.77
1080611009	\$639.45
1050608004	\$1,166.98
1080708007	\$1,074.70
1060610028	\$1,290.59
1050603020	\$921.36
1070605015	\$984.66
1080406012	\$984.90
1060406002	\$756.57
1090504007	\$1,290.58
1080601003	\$1,511.40
1040506007	\$882.61
1070506014	\$944.36
1121203009	\$212.11
2090508005	\$78.94
2090513017	\$84.37
2090511022	\$99.75
2201112006	\$270.45
2201204018	\$125.16
1100603005	\$1,163.29
1090507008	\$646.51
1100610022	\$1,295.96
1080413007	\$409.05
2231303003	\$129.06
2231705014	\$29.69
2241903003	\$53.85
2251901035	\$33.09

<b>CLAVE CATASTRAL</b>	<b>Valor del suelo</b>
2181104012	\$204.86
2211103030	\$248.12
2231815003	\$34.56
2231506001	\$33.50
2221504004	\$29.02
2211605007	\$94.25
2231306005	\$130.46
2231509006	\$143.60
2231509003	\$147.66
2201302038	\$144.57
2211107011	\$260.27
2231405005	\$137.95
2201302037	\$162.90
2171106032	\$294.29
2171102003	\$184.15
2201113002	\$150.69
2211205003	\$125.42
2191608007	\$105.19
2211501025	\$104.55
2211302010	\$121.22
2171104001	\$166.85
2191201002	\$186.96
2201203004	\$169.76
2171302042	\$85.87
2221201018	\$147.32
2201103011	\$211.33
2231301025	\$210.23
2231815038	\$109.18
2191101043	\$182.41
2221205009	\$203.05
2241807011	\$113.86
2171101010	\$156.85
2211306023	\$103.43
2181304003	\$149.97
2211106023	\$153.92
2211106051	\$159.37
2171209003	\$465.18
2191106002	\$194.78
2191102009	\$194.19
2191005018	\$182.08
2221601053	\$44.88
2181003005	\$155.87
2211307001	\$96.80

<b>CLAVE CATASTRAL</b>	<b>Valor del suelo</b>
2191306011	\$307.93
2201103063	\$166.98
2231207009	\$184.96
2191411005	\$95.92
2211207026	\$165.14
2241805010	\$104.90
2231811007	\$111.75
2241906015	\$81.01
2211302105	\$248.51
2181107007	\$162.33
2221401002	\$86.08
2231205002	\$172.09
2090320006	\$58.52
2090304011	\$59.42
2090305026	\$71.25
2090310003	\$87.20
2090434017	\$71.34
2090436016	\$99.06
2090443020	\$59.07
2090424001	\$76.85
2090305011	\$100.52
2090305014	\$56.27
2080219006	\$106.51
2070205003	\$66.09
2090305021	\$56.76
2080324009	\$94.13
2080312012	\$77.61
2080319003	\$55.20
2080318018	\$76.68
2080318014	\$65.40
2080408025	\$91.34
2060221012	\$119.05
2060332011	\$96.48
2090501004	\$156.78
2090501048	\$95.40
2090427014	\$75.64
2090430006	\$93.38
2090503032	\$88.13
2090407029	\$154.11
2080410025	\$118.26
2080412008	\$89.27
2191107002	\$300.67
2060403007	\$96.38

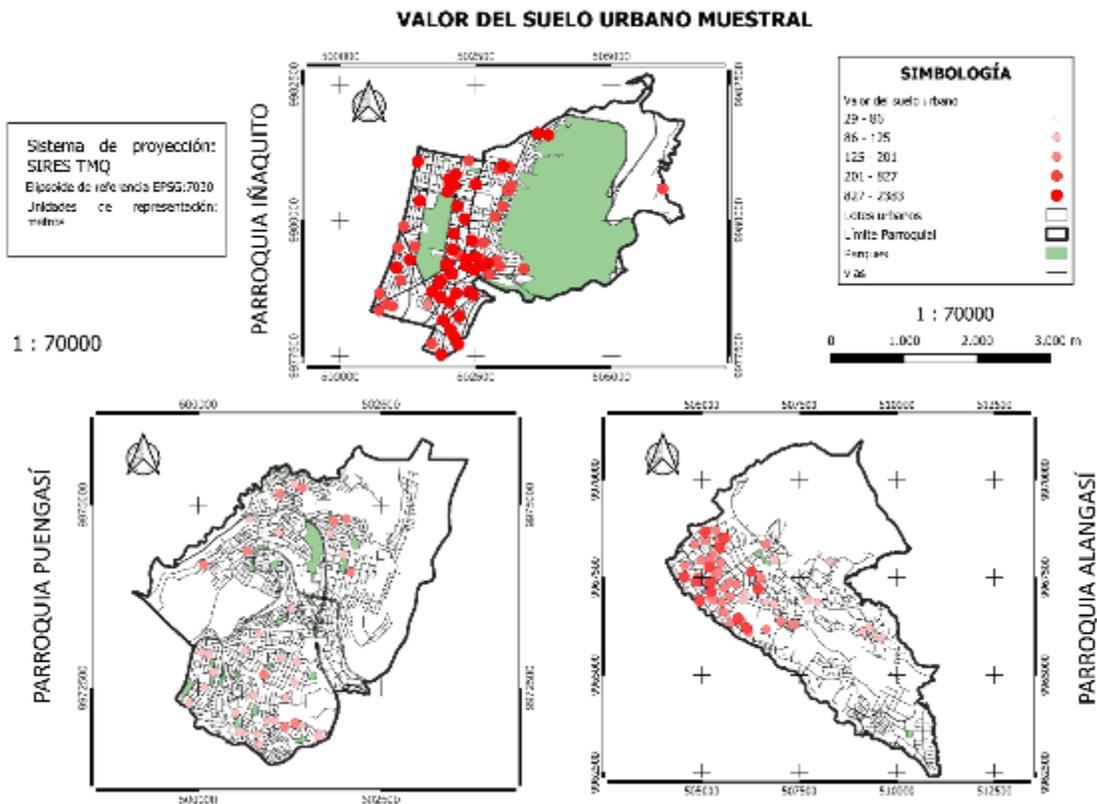
CLAVE CATASTRAL	Valor del suelo
2070427005	\$137.92
2020505027	\$130.98
2030603010	\$111.55
2050538002	\$69.96
2070505002	\$96.28
2060508006	\$100.26
2070439002	\$72.38
2060431005	\$101.15
2060433006	\$85.95
2080427012	\$73.42
2080403008	\$102.04
2070312005	\$83.55
2080307001	\$55.93
2070323011	\$100.48
2080322002	\$63.81
2080336005	\$52.82
2070329012	\$103.21
2060325003	\$102.10
2060307010	\$82.49
2060438016	\$85.85
2060406015	\$64.43
2050517032	\$91.49
2040411044	\$82.18
2030432009	\$82.62
2040303002	\$82.92
2020433004	\$94.33
2030401013	\$125.85
2010406028	\$163.04
2000513005	\$123.80
2020610005	\$124.90
2020508023	\$100.06
2030604012	\$142.83
2020521018	\$84.50
2060520010	\$83.90

*Nota.* La tabla representa el valor del suelo obtenido para cada uno de los lotes muestrales.

Una vez obtenido el valor del suelo se pasó a representar el valor del suelo en formato de punto en una capa vectorial (ver *Figura 22*) para así poder comenzar con los análisis previos al proceso geoestadístico.

**Figura 22**

*Plano de representación del valor del suelo en las zonas de estudio*



*Nota.* El gráfico representa cada uno de los valores del suelo urbano dentro de nuestra zona de estudio.

Entonces de nuestros puntos muestrales obtuvimos que para la zona urbana de Ñaquito tenemos un muestreo de 69 puntos que intervendrán para el cálculo geoestadístico del suelo urbano ubicado en una parroquia urbana de tipo suelo urbano consolidado. Para la zona urbana de Puengasí ubicado en la periferia del distrito metropolitano de Quito que tiene una estructura de suelo urbano consolidado y no consolidado se obtuvo un total de 70 puntos que intervendrán en el modelado geoestadístico. Para la zona urbana de Alangasí ubicado en una zona rural que tiene característica de suelo urbano no consolidado en expansión se obtuvo un total de 64 puntos que intervendrán para el cálculo geoestadístico de nuestro modelo SAE2.

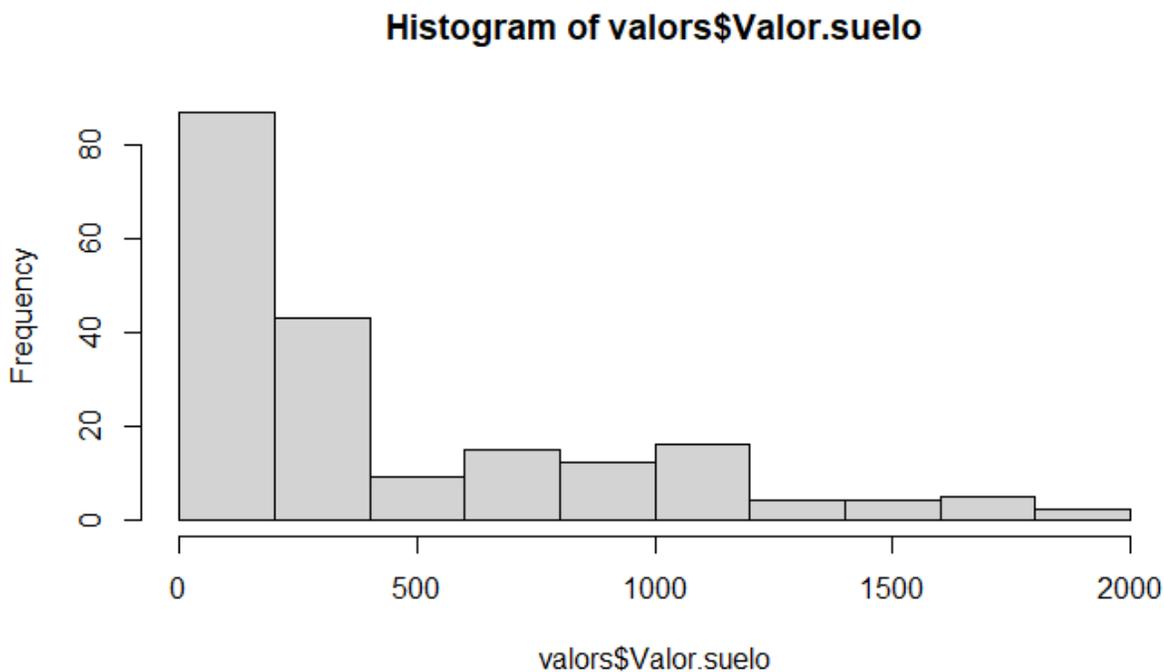
## Elaboración y representación del modelo del Modelo SAE2

### *Análisis estadístico de los datos*

Primeramente, se comenzó a realizar el análisis estadístico descriptivo de los datos para observar si existen valores atípicos (ver *Figura 23*) y se puede observar que nuestros datos no cumplen una distribución normal ya que nuestra media, mediana y moda y tienen un sesgo hacia la derecha con valores de 511.491 y 229.102.

#### **Figura 23**

*Histograma de la representación de los datos*



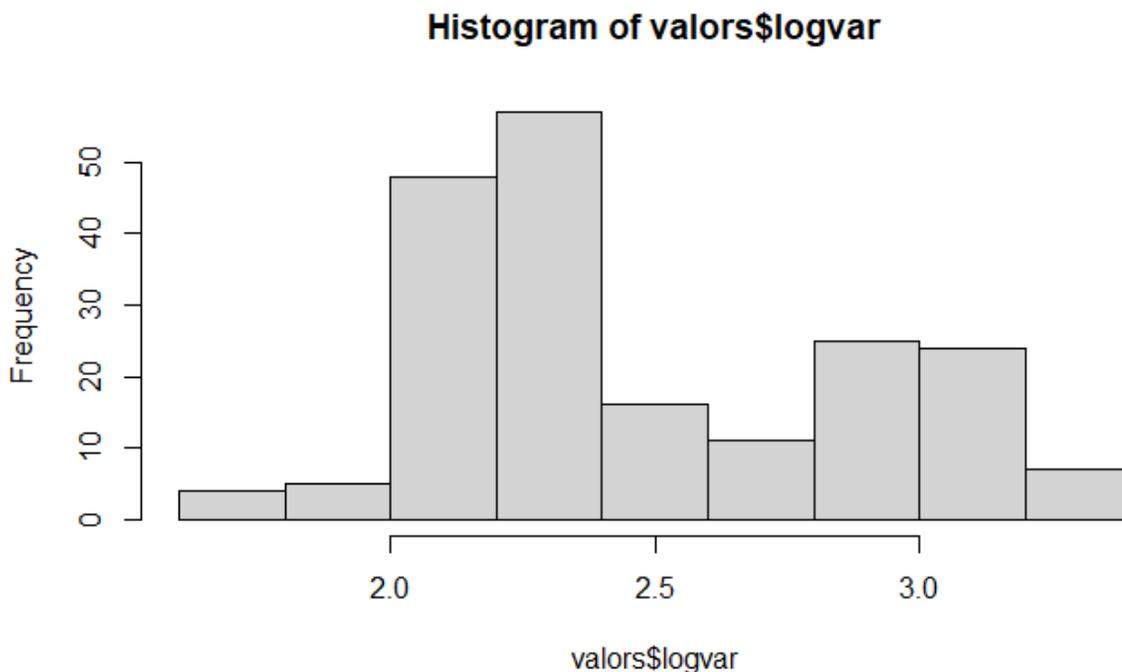
*Nota.* El gráfico realizado en el software R representando la distribución normal de los valores del suelo del total de los 203 lotes urbanos evaluados.

Entonces para lograr conseguir un modelo de distribución normal se aplicó el logaritmo en base en 10 para poder obtener mejores resultados (ver *Figura 24*) y así se pudo obtener una muestra sesgada

a la media de los valores del suelo e insesgada hacia dónde deseamos calcular, dándonos como resultado una media y mediana de 229.087 y 315.35 respectivamente.

**Figura 24**

*Histograma de los valores del suelo aplicados la función logarítmica en base 10*



*Nota.* El gráfico realizado en el software R representa la distribución normal de los valores del suelo del total de los 203 lotes urbanos evaluados aplicados la función logarítmica en base 10.

Posterior a la distribución espacial se eliminaron los valores atípicos que estaban fuera del intervalo  $\pm 3$  desviaciones estándar y en total el número de muestras a influir en nuestro modelo fue de 197. Posterior a eso se determinó el índice global de Morán al total de los 197 datos muestrales del suelo urbano dándonos como resultado un  $I = 0.79$  que determinó que existe una autocorrelación espacial entre nuestros datos y se puede aplicar métodos geoestadísticos. Esto se puede concluir ya que nuestro valor obtenido del índice de morán se acerca a 1 para nuestro modelo geoestadístico y es muy

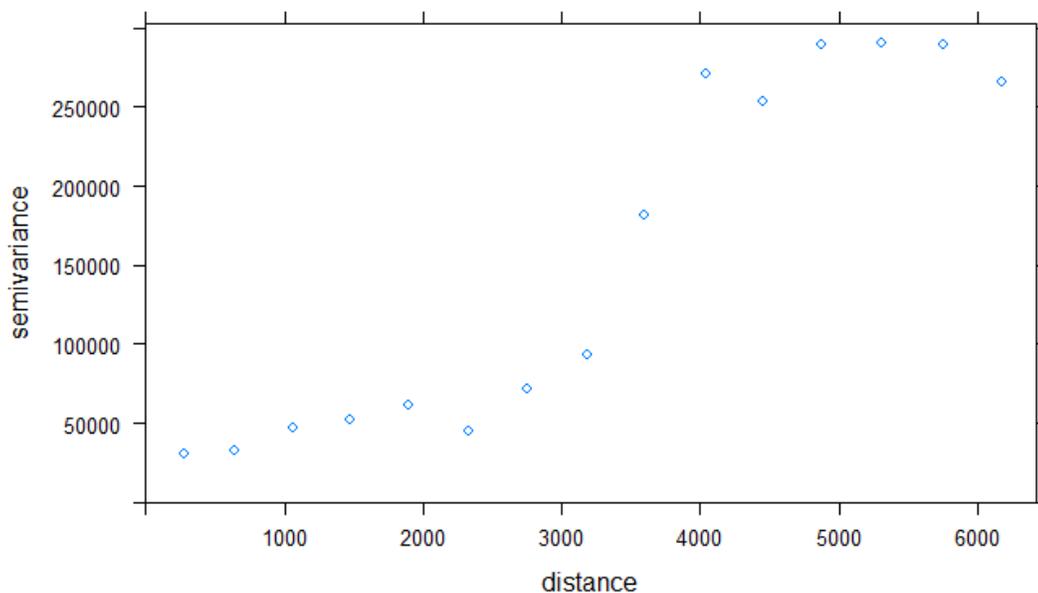
similar al obtenido por Monzani et al., 2018 para su valoración masiva del suelo urbano con un índice de Morán global igual a 0.73.

### ***Semivariograma y variograma***

Con los valores atípicos descartados de nuestra muestra se procedió a elaborar el semivariograma de nuestro modelo (ver *Figura 25*) y se pudo observar que el modelo de nuestros datos va a tener un efecto pepita o nugget, ya que nuestros datos no parten desde el eje de coordenadas de los datos.

**Figura 25**

*Modelo del semivariograma*



*Nota.* El gráfico realizado en el software R que representa el modelo del semivariograma de las 197 observaciones de nuestra zona de estudio.

Una vez que se obtuvo el semivariograma se comenzó a realizar el ajuste hacia cada uno de los modelos teóricos para así poder obtener el variograma teórico para comenzar con la aplicación de Kriging. Se aplicó los modelos teóricos de lineal a la meseta, esférico, gaussiano y exponencial ya que

son los modelos matemáticos que mejor nos permitió observar un variograma adecuado para nuestras observaciones (ver *Tabla 27*). El modelo matemático que mejor se determinó fue el modelo gaussiano (ver *Figura 26*) con un  $R^2 = 0.631$  y con parámetros de rango (5012.847), efecto pepita (1486.654) y meseta (221545.641). El valor de la meseta se debe a que como la función de ajuste fue gaussiano el modelo teórico tiene mejor ajuste al valor de 221545.641 del VSU ya que es una función que necesita de una potencia basada en la meseta y además el cambio del VSU no es constante, afectando a que este valor crezca y demostrando que nuestras muestras seleccionadas cumplen con la hipótesis intrínseca.

Estos valores también se elevan debido a que el valor del suelo urbano va a tender a tener valores más altos en zonas que presentan mejores adecuaciones y tal como lo obtuvo Monzani et al., 2018, estos valores de la meseta sobrepasan en los modelos exponenciales sobre los 200000, ya que el valor obtenido por el en su modelo de valoración masiva del suelo urbano adaptando al modelo gaussiano fue de 1368505.87.

**Tabla 27**

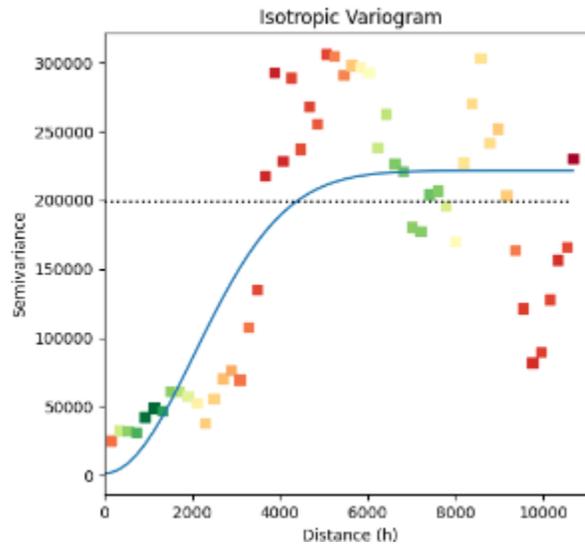
*Parámetros de los modelos teóricos del variograma*

<b>Modelo</b>	<b>Rango</b>	<b>Efecto pepita</b>	<b>Meseta</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Linear to sill	4657.643	11.894	219454.484	0.601
Exponencial	7834.180	0.000	226364.257	0.491
Esférico	5958.959	0.000	217678.826	0.592
Gaussiano	5012.847	1486.654	221545.641	0.631

*Nota.* La tabla representa cada uno de los parámetros de los modelos teóricos aplicados al semivariograma.

**Figura 26**

*Representación del modelo teórico ajustado*



*Nota.* El gráfico realizado en el software QGIS 3.22 representa el modelo teórico Gaussiano ajustado a nuestro semivariograma.

Cómo se puede observar también nuestro conjunto de datos es un variograma isotrópico entre la dirección Este a Oeste ( $0^\circ$ ) y Sureste a Noroeste ( $45^\circ$ ) por lo cual, con todos los parámetros anteriormente calculados y variograma teórico aplicado se determinó que nuestras observaciones sí cumplen con la hipótesis intrínseca que es el eje central de todo modelo geoestadístico tal como lo define Casal, 2019 para valores de cálculo para posteriormente comenzar a elaborar modelos geoestadísticos.

### ***Representación del modelo geoestadístico SAE2***

Para realizar el modelo geoestadístico de nuestra zona de estudio se realizó la aplicación de los modelos geoestadísticos de kriging ordinario, kriging universal e IDW. Ingresando los parámetros de nuestro variograma ajustado y seleccionado el modelo teórico Gaussiano en el software SAGA GIS 7.8.2 que es un complemento de QGIS 3.22, se comenzó a realizar los modelos geoestadísticos con sus respectivos valores de RMSE y  $R^2$  (ver *Tabla 28*) para así determinar cuál modelo es el que mejor se ajustó a nuestra zona de estudio.

El Kriging ordinario se aplicó los valores predichos previamente por el modelo teórico del variograma. Para Kriging Universal además de los valores preestablecidos por el modelo teórico también se aplicó el método del vecino para un ajuste de segundo orden tal como lo propone Monzani et al., 2018 ya que lo buscamos es que el valor de nuestro modelo tenga la mejor proporción en relación a los valores dentro de nuestro fenómeno regionalizado. Para IDW se el aplicó una potencia de 1.7963 y el modelo teórico gaussiano, ya que con esta potencia se obtuvo una mejor predicción dentro de cada una de las interpolaciones del VSU. Para la evaluación de cada modelo se aplicó la validación cruzada *2-fold* y el modelo con el mejor ajuste en este caso fue el modelo geoestadístico Kriging Ordinario ya que el RMSE fue mucho menor comparado a los otros modelos y el  $R^2$  fue el mayor para el ajuste del error de nuestro modelo.

**Tabla 28**

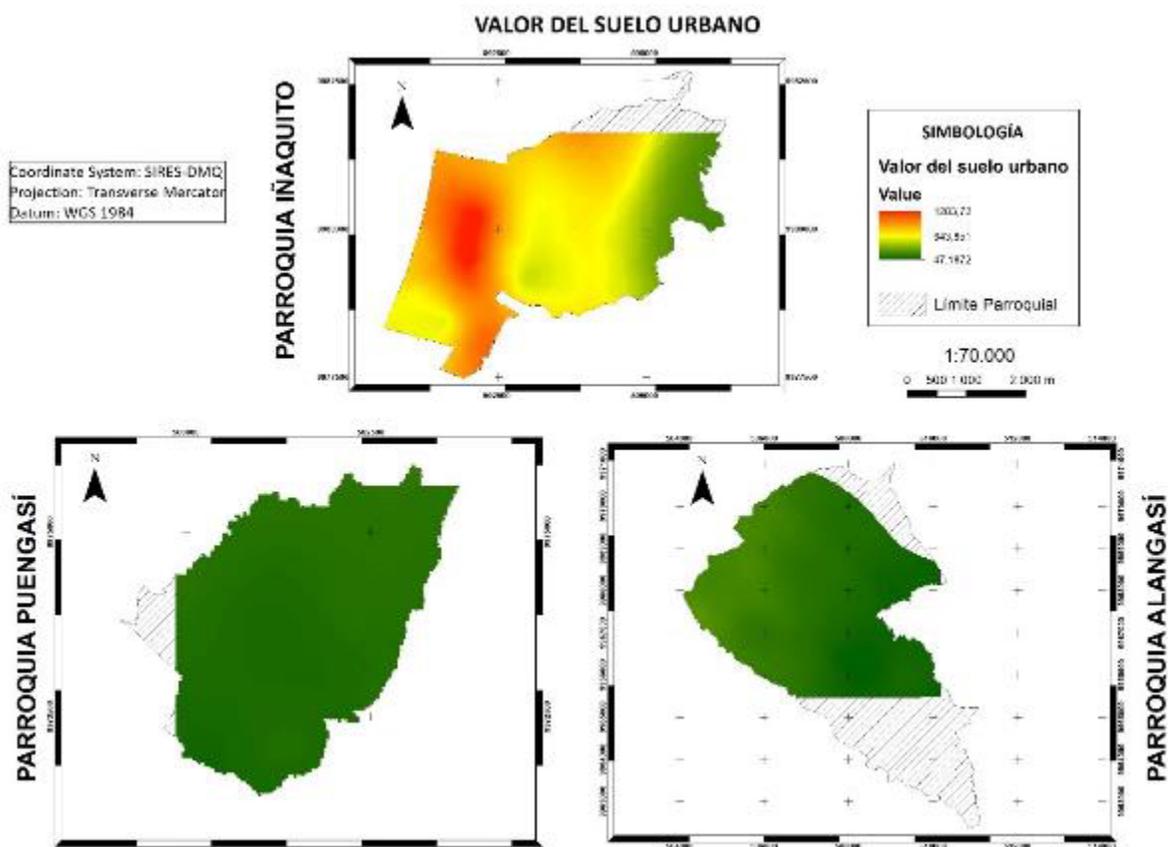
*Predicción de los errores de los modelos geoestadísticos*

<b>Modelos</b>	<b>Kriging Ordinario</b>	<b>Kriging Universal</b>	<b>IDW</b>
$R^2$	0.7923	0.7425	0.7642
RMSE	0.2753	0.3789	0.3942

*Nota.* La tabla demuestra cada uno de los valores de error obtenido de la validación cruzada *2-fold* en cada uno de los modelos para así tener un criterio estadístico de selección.

**Figura 27**

*Valor del suelo a través del modelo geoestadístico Kriging Ordinario*



*Nota.* El gráfico elaborado en el software QGIS 3.22 nos representa los valores obtenidos por el modelo geoestadístico de kriging ordinario dándonos valores del suelo urbano que varían entre 47.1872 y 1283.72.

### Evaluación del modelo

Para la evaluación del modelo se seleccionó un muestreo de 100 predios aleatorios dentro de la zona de estudio. Luego se procedió a elaborar una matriz del avalúo de cada lote urbano (ver *Tabla 29*) aplicando el modelo geoestadístico seleccionado. Se escogieron en total 24 lotes urbanos de la parroquia de Alangasí, 26 de la parroquia Ñaquito y 50 de la parroquia Puengasí, ya que la parroquia de Alangasí abarca a más de la mitad de los lotes urbanos existentes en nuestra zona de estudio. A continuación se aplicó la validación cruzada K-fold con un muestreo de 100 predios ya que con esto se obtuvo un valor geoestadístico de mayor precisión y así se observó el modelo de predicción de error de

nuestro modelo evaluado (ver *Tabla 30*). Para obtener un 90% de confiabilidad del modelo se eliminó aquellos valores que se encontraban dentro del rango de  $\pm 2$  desviaciones estándar de nuestra media.

**Tabla 29**

*Valor del suelo urbano aplicado a 100 selecciones muestrales de nuestro modelo SAE2*

<b>Valor del suelo</b>
91.39418793
91.13962555
76.33119202
91.40138245
92.94268036
93.97047424
102.9508209
85.55117798
79.80448914
75.72717285
89.0626297
94.68131256
69.90725708
86.74085236
90.65224457
95.30358887
89.60473633
87.25247192
87.81669617
86.52153015
85.45558929
85.59368896
84.38695526
83.9903183
85.22485352
84.47397614
88.04338074
85.31943512
86.6985321
85.22485352
104.9162827
108.6039734
87.43213654
100.8454895
87.03388214
88.86044312
86.98829651
79.8211441
89.20223999

---

**Valor del suelo**

---

85.26052856  
78.09604645  
97.03331757  
90.44675446  
94.25036621  
84.17391968  
84.59617615  
79.39468384  
70.62876892  
87.21531677  
1279.664917  
707.1314697  
690.555603  
755.1569214  
1256.720581  
695.4750977  
979.8890381  
664.7977295  
943.2307739  
965.4366455  
1011.733643  
1018.116394  
906.2991333  
686.954834  
764.5848389  
1055.737915  
990.8556519  
1101.043091  
841.8741455  
808.3621826  
663.3189697  
804.3455811  
898.0802612  
1043.915405  
1001.808411  
926.1025391  
198.6263428  
80.49105072  
78.9068985  
79.15862274  
211.8370819  
167.6893921  
175.8127594  
169.8524933  
149.022522  
208.2685699  
117.9921265  
143.4726868

---

**Valor del suelo**


---

144.5661316  
 162.0761871  
 203.9473572  
 185.8735657  
 222.3482666  
 201.0610504  
 146.7205811  
 202.6720581  
 104.9328842  
 233.904892

*Nota.* La tabla representa una matriz aplicando el modelo SAE2 a 100 muestras aleatorias de nuestro modelo.

**Tabla 30**

*Representación de los valores obtenidos por la validación cruzada K-fold*

<b>VSU 100 lotes aleatorios</b>	<b>Predicción del modelo</b>	<b>Error</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Error estandarizado</b>
91.39418793	95.36261245	3.968424524	31.79925394	0.124796152
91.13962555	95.1490752	4.00944965	31.5180911	0.127211056
76.33119202	80.27007791	3.938885893	25.85427751	0.152349486
91.40138245	95.45828189	4.056899444	31.65239999	0.128170358
92.94268036	96.84048469	3.897804333	32.61069633	0.119525333
93.97047424	98.21620301	4.245728768	32.59789833	0.130245475
102.9508209	108.0012283	5.050407352	35.24108578	0.143310209
85.55117798	90.04379677	4.492618793	29.10492679	0.154359392
79.80448914	82.82219919	3.017710054	26.88109758	0.112261415
75.72717285	79.21732436	3.490151511	26.50009659	0.131703351
89.0626297	92.98384123	3.921211534	31.33035986	0.125156926
94.68131256	98.81024257	4.128930005	32.64318694	0.126486731
69.90725708	73.29530949	3.388052411	23.51557924	0.144076928
86.74085236	90.32727583	3.586423474	29.5067681	0.121545791
90.65224457	94.95309983	4.300855267	31.31572342	0.137338525
95.30358887	99.40224306	4.098654197	32.86506476	0.124711581
89.60473633	93.66001372	4.055277392	32.45956847	0.124933189
87.25247192	89.95599185	2.703519931	31.38324727	0.086145322
87.81669617	91.36672432	3.550028149	31.75293667	0.111801569
86.52153015	89.19736203	2.675831881	30.68954256	0.087190348
85.45558929	89.08002641	3.624437113	30.62180731	0.118361306
85.59368896	89.27047545	3.676786483	30.64483264	0.119980635
84.38695526	88.15219024	3.765234984	30.13762149	0.124934709
83.9903183	87.92450545	3.934187147	30.09351697	0.130732049
85.22485352	88.97650584	3.751652321	30.63302143	0.122470855
84.47397614	87.64755633	3.173580192	30.4036104	0.104381689
88.04338074	91.70114549	3.657764752	31.74676337	0.115216934
85.31943512	89.03462558	3.715190464	30.49732881	0.121820192

<b>VSU 100 lotes aleatorios</b>	<b>Predicción del modelo</b>	<b>Error</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Error estandarizado</b>
86.6985321	90.50133718	3.802805076	31.12202934	0.122190139
85.22485352	88.84039844	3.615544921	30.50275055	0.118531767
104.9162827	109.9813849	5.065102292	37.54654273	0.134901962
108.6039734	112.9580561	4.354082703	39.07520824	0.111428266
87.43213654	91.50071653	4.068579991	32.20344369	0.126339904
100.8454895	105.1735551	4.32806557	36.16304214	0.11968201
87.03388214	90.78524445	3.751362305	30.965183	0.121147752
88.86044312	92.99727652	4.136833404	32.71743382	0.126441255
86.98829651	91.00504041	4.016743899	29.8010837	0.134785162
79.8211441	83.65374566	3.832601556	27.78949202	0.137915495
89.20223999	93.46510823	4.26286824	31.53432227	0.135181857
85.26052856	88.71979497	3.45926641	29.32082455	0.117979848
78.09604645	80.98574699	2.889700546	26.60399369	0.108619051
97.03331757	101.6226912	4.589373651	33.29866648	0.137824548
90.44675446	94.23763309	3.790878637	31.3479324	0.120929144
94.25036621	98.79711392	4.546747704	32.76975762	0.138748286
84.17391968	87.65667056	3.482750884	29.26387585	0.119011948
84.59617615	88.96633979	4.370163639	29.64246159	0.147429174
79.39468384	83.83664482	4.441960986	27.76509391	0.159983647
70.62876892	73.30130083	2.672531913	24.22440311	0.110323953
87.21531677	91.33099792	4.115681148	31.74255439	0.129658159
1279.664917	1335.623239	55.95832202	453.0236905	0.123521845
707.1314697	739.9846467	32.85317701	248.5232557	0.132193572
690.555603	722.0497211	31.49411808	242.9432066	0.129635722
755.1569214	789.7152006	34.55827925	269.316964	0.128318242
1256.720581	1317.140889	60.42030842	447.8561158	0.134910089
695.4750977	736.4408156	40.96571797	251.5458903	0.162855843
979.8890381	1020.053562	40.16452416	372.2090116	0.107908522
664.7977295	696.8997803	32.10205081	231.3046992	0.138786851
943.2307739	983.673491	40.44271711	357.5489775	0.113110985
965.4366455	1003.167019	37.73037343	337.4747421	0.111802066
1011.733643	1053.663955	41.93031269	349.9707851	0.119810894
1018.116394	1054.137415	36.02102098	349.3463274	0.103109774
906.2991333	962.7832008	56.48406755	334.3666129	0.168928551
686.954834	722.2506488	35.29581482	242.2422005	0.145704649
764.5848389	810.8442007	46.25936182	276.5742519	0.167258382
1055.737915	1101.104243	45.3663282	369.6940992	0.122713152
990.8556519	1030.138401	39.28274948	336.2152424	0.116838098
1101.043091	1148.992424	47.94933355	404.1462572	0.118643518
841.8741455	881.4066058	39.53246033	302.4191819	0.130720744
808.3621826	840.7929331	32.43075051	290.6545441	0.111578336
663.3189697	694.721226	31.40225629	236.4146823	0.132827014
804.3455811	835.1719404	30.82635931	283.7392509	0.108643267
898.0802612	944.3290614	46.24880017	331.865047	0.139360263
1043.915405	1087.884622	43.96921627	375.1697399	0.117198195
1001.808411	1052.252879	50.44446868	355.604402	0.14185558
926.1025391	979.0257467	52.92320766	341.2187252	0.155100537

<b>VSU 100 lotes aleatorios</b>	<b>Predicción del modelo</b>	<b>Error</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Error estandarizado</b>
198.6263428	207.9597706	9.333427816	70.87675105	0.131685322
80.49105072	84.39995571	3.908904992	28.532807	0.136996861
78.9068985	81.91232155	3.005423053	28.38570343	0.105878054
79.15862274	82.84521862	3.686595881	28.17439885	0.130849141
211.8370819	220.8014744	8.964392491	79.78260129	0.112360243
167.6893921	176.3308425	8.641450442	60.20673749	0.143529625
175.8127594	184.367264	8.554504589	61.74291089	0.138550393
169.8524933	177.6186515	7.766158236	61.62187504	0.126029243
149.022522	155.6585173	6.635995323	52.20734242	0.127108468
208.2685699	217.3109934	9.04242342	74.94581622	0.120652811
117.9921265	123.6848816	5.692755115	45.93497775	0.123930725
143.4726868	149.8822692	6.409582411	50.33015556	0.127350737
144.5661316	150.1446366	5.578505025	52.34159919	0.106578804
162.0761871	168.894796	6.818608881	59.93400279	0.113768622
203.9473572	213.3748943	9.427537147	71.48101642	0.131888683
185.8735657	195.0471629	9.173597196	68.55309959	0.133817395
222.3482666	231.6433265	9.29505989	79.27481781	0.117251104
201.0610504	209.3008529	8.239802467	69.88441565	0.117906151
146.7205811	153.1545076	6.433926551	53.30374614	0.120703084
202.6720581	211.3005159	8.628457781	70.44193145	0.122490363
104.9328842	109.3375508	4.404666579	37.38780815	0.117810238
233.904892	244.6074647	10.70257271	82.93952681	0.129040677

*Nota.* La tabla representa los valores obtenidos por la validación cruzada *k-fold* de los 100 predios aleatorios con el modelo SAE2 para poder obtener los valores de bondad de ajuste.

Nuestro modelo con esta validación cruzada nos dio un  $R^2$  de 0.9999 y un RSME de 0.09899, diciendo que el modelo tiene una alta consistencia y confiabilidad al 90% para determinar el VSU en las parroquias de estudio.

### **Comparación del modelo SAE2 y el AIVAS 2022-2023**

El AIVAS se refiere a las áreas intervenidas de valoración del suelo propuesto por una entidad municipal, en nuestro caso, el municipio de Quito. Estas áreas de valoración del suelo son las que permiten tener en una forma representativa que valor por  $m^2$  tendrá un lote para realizar futuras transacciones o para conocer el valor real de este activo (Consejo Metropolitano de Quito, 2022). Estos

AIVAS se encuentran siempre bajo el marco de la ley que cada país predispone para realizar los diferentes métodos para su evaluación conjunta (Consejo Metropolitano de Quito, 2019).

Luego a las 100 selecciones muestrales aleatorias se le aplicó también el valor del suelo urbano propuesto por el AIVAS BIENIO 2022-2023 y así poder determinar el error entre nuestro modelo SAE2 y el AIVAS propuesto por el Distrito Metropolitano de Quito (Consejo Metropolitano de Quito, 2022) (ver *Tabla 31*). Se obtuvo el reporte de error con una confiabilidad al 95% de confianza para determinar nuestro error que es equivalente a la media de nuestras valoraciones  $\pm 3$  desviaciones estándar.

**Tabla 31**

*Errores de predicción del valor aplicado a las 100 muestras entre el modelo SAE2 y el AIVAS bienio 2022-2023*

<b>VSU_BIENIO 2022 - 2023</b>	<b>VSU_modelo SAE2</b>	<b>Error</b>	<b>Error Estandarizado</b>
90	91.1396255	-1.1396	0.233329929
90	76.331192	13.6688	0.21290699
90	91.4013824	-1.4014	0.233690929
90	92.9426804	-2.9427	0.235816599
90	93.9704742	-3.9705	0.237234073
115	102.950821	12.0492	0.215140689
90	85.551178	4.4488	0.225622664
90	79.8044891	10.1955	0.217697161
90	75.7271729	14.2728	0.212073961
90	89.0626297	0.9374	0.230465456
90	94.6813126	-4.6813	0.23821442
70	69.9072571	0.0927	0.231630317
90	86.7408524	3.2591	0.227263394
90	90.6522446	-0.6522	0.232657761
115	95.3035889	19.6964	0.204594066
100	89.6047363	10.3953	0.217421674
95	87.2524719	7.7475	0.221073278
95	87.8166962	7.1833	0.221851424
95	86.5215302	8.4785	0.220065205
95	85.4555893	9.5444	0.218595121
95	85.593689	9.4063	0.21878558
95	84.3869553	10.6130	0.217121323
95	83.9903183	11.0097	0.216574304
95	85.2248535	9.7751	0.218276904
95	84.4739761	10.5260	0.217241337
95	88.0433807	6.9566	0.222164054
95	85.3194351	9.6806	0.218407345

<b>VSU_BIENIO 2022 - 2023</b>	<b>VSU_modelo SAE2</b>	<b>Error</b>	<b>Error Estandarizado</b>
95	86.6985321	8.3015	0.220309316
95	85.2248535	9.7751	0.218276904
90	104.916283	-14.9163	0.252329902
100	108.603973	-8.6040	0.243624328
100	87.4321365	12.5679	0.214425349
100	100.84549	-0.8455	0.232924274
90	87.0338821	2.9661	0.227667524
100	88.8604431	11.1396	0.216395187
90	86.9882965	3.0117	0.227604655
70	79.8211441	-9.8211	0.24530298
90	89.20224	0.7978	0.230657998
90	85.2605286	4.7395	0.225221817
70	78.0960464	-8.0960	0.242923825
115	97.0333176	17.9667	0.206979609
92	90.4467545	1.5532	0.229616076
90	94.2503662	-4.2504	0.237620084
92	84.1739197	7.8261	0.220964943
92	84.5961761	7.4038	0.221547295
90	79.3946838	10.6053	0.217131981
70	70.6287689	-0.6288	0.232625385
95	87.2153168	7.7847	0.221022036
490	707.13147	-217.1315	0.531213452
490	755.156921	-265.1569	0.70374927
700	695.475098	4.5249	0.689302537
480	979.889038	-499.8890	0.74560596
475	943.230774	-468.2308	0.510564166
815	965.436646	-150.4366	0.950187258
815	1011.73364	-196.7336	0.605844549
625	1018.11639	-393.1164	0.922595428
490	906.299133	-416.2991	0.645621248
855	686.954834	168.0452	0.685971499
770	764.584839	5.4152	0.857129323
830	1055.73792	-225.7379	0.877334291
745	990.855652	-245.8557	0.368047717
544	1101.04309	-557.0431	0.509788259
440	841.874146	-401.8741	0.711250237
480	808.362183	-328.3622	0.728783895
440	663.31897	-223.3190	1
440	804.345581	-364.3456	0.864762161
780	898.080261	-118.0803	0.800692646
830	1043.91541	-213.9154	0.709142
600	1001.80841	-401.8084	0.832054057
630	926.102539	-296.1025	0.617420969
182	198.626343	-16.6263	0.700946302
120	80.4910507	39.5089	0.864704869
120	78.9068985	41.0931	0.772576682
120	79.1586227	40.8414	0.528998581

<b>VSU_BIENIO 2022 - 2023</b>	<b>VSU_modelo SAE2</b>	<b>Error</b>	<b>Error Estandarizado</b>
182	211.837082	-29.8371	0.480073742
123	167.689392	-44.6894	0.478693071
151	175.812759	-24.8128	0.478912462
151	169.852493	-18.8525	0.54051243
123	149.022522	-26.0225	0.553456994
182	208.26857	-26.2686	0.536133471
90	117.992126	-27.9921	0.530938787
123	143.472687	-20.4727	0.537187842
119	144.566132	-25.5661	0.537402286
151	162.076187	-11.0762	0.538904455
182	203.947357	-21.9474	0.532350871
123	185.873566	-62.8736	0.536790074
182	222.348267	-40.3483	0.52416133
182	201.06105	-19.0611	0.533636123
90	146.720581	-56.7206	0.569305451
182	202.672058	-20.6721	0.549673476
208	104.932884	103.0671	0.531120556
182	233.904892	-51.9049	0.563942804

*Nota.* La tabla representa los valores obtenidos para el VSU del modelo SAE2 y el AIVAS bienio

2022-2023 y los errores obtenidos entre los 2 para poder obtener los reportes estadísticos de confiabilidad y consistencia.

El  $R^2$  obtenido entre los 2 valores fue de 0.8951 y el RMSE de 0.1139 demostrando que la variación del VSU no es significativa entre nuestro modelo propuesto a través de métodos geoestadísticos y el propuesto por el Distrito Metropolitano del municipio de Quito.

## Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

El modelo de valoración del suelo urbano SAE2 propuesto resultó ser un modelo geoeconómico bastante adecuado para valoraciones del suelo a pesar de que su variación no es muy significativa con el propuesto por el AIVAS Bienio 2022-2023. Se puede apreciar que en zonas como Alangasí sí aumenta el VSU ya que nuestras variables espaciales si intervienen de forma directa o indirecta logrando que barrios como San Gabriel Bajo o Playa Chica sí aumente el valor del suelo en casi 60 a 112\$. Mientras que en zonas como Puengasí al examinar con las variables de nuestro estudio y al no presentar 2 variables de nuestro estudio el precio del VSU sí disminuye hasta el 50% en barrios construidos sobre pendientes mayores al 30%.

El muestreo se lo realizó a un 95% de confianza y por eso es que su evaluación en nuestra zona de estudio si tiene un impacto significativo en las zonas urbanas no consolidadas o que están en proceso de consolidación, mientras que para aquellas zonas consolidadas como la parroquia de Iñaquito se debería determinar otro tipo de variables para tener un modelo geoestadístico del VSU de mayor precisión.

El VSU y el futuro Plan de Uso y Gestión del Suelo del Distrito Metropolitano de Quito debe comenzar a elaborarse en función de alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible. En nuestro caso, al aplicar las variables ambientales, económicas y sociales para tratar de cumplir con el objetivo número 11 se puede observar que algunas parroquias aún no presentan ciertas adecuaciones para tener ciudades y comunidades sostenibles y que permitan mayor acceso a facilidades a su población.

Los mercados inmobiliarios además del valor del suelo propuesto por el municipio de Quito también determinan otras cualidades para las transacciones de lotes dónde deciden sí aumentan o disminuyen el valor de un lote. Con lo que se pudo observar en nuestro estudio al parecer los mercados inmobiliarios ya han considerado algunas de nuestras variables ya que el VSU sí tuvo un aumento en algunas zonas y disminuyo en otras.

Elaborar informes y reportes estadísticos nos permiten observar que tan exactos, confiables y consistentes son nuestros modelos. Con esto, nosotros podemos tener evidencia de que un modelo es fiable y se pueda replicar cuando alguna persona o entidad desee o necesite implementar nuestro modelo.

### **Recomendaciones**

Los resultados previstos de nuestro modelo se basan en variables significativas de acuerdo a las que se consideran como mejora y penalidad por parte del Municipio de Quito, pero se debe evitar reemplazar la metodología base para el cálculo del VSU, ya que las ordenanzas municipales se encargan de normar de forma unánime para todas las parroquias para un mejor desarrollo del distrito metropolitano. Aplicar investigaciones relacionadas a las ciencias geográficas para modelos geoeconómicos sería fundamental ya que como se puede apreciar se puede tener valorizaciones más adecuadas en aquellas zonas donde resulta complicado elaborar las investigaciones técnicas correspondientes o donde no existe información de datos.

También es recomendable que toda la información geográfica se encuentre generada bajo estándares y lineamientos que cada organización internacional y país disponga, ya que muchas veces al no estar todo bajo el mismo sistema de referencia o misma geometría, complica mucho para la elaboración de proyectos de investigación ya que toma mucho más tiempo en realizar las correcciones pertinentes para evitar errores en la elaboración de los proyectos.

## Referencias bibliográficas

Administración Zonal Manuela Sáenz. (2020). *Informe técnico delimitación barrial*. 20.

[http://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_Ordenanzas/Administración 2019-2023/Comisiones del Concejo Metropolitano/Usode Suelo/2020/2020-11-23/3. O. D. barrios/Informe favorable STHV/Zona Manuela Sáenz/2020-10-05\\_-\\_azms\\_-\\_informe\\_técnico.pdf](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_Ordenanzas/Administración%202019-2023/Comisiones%20del%20Concejo%20Metropolitano/UsodeSuelo/2020/2020-11-23/3.%20O.%20D.%20barrios/Informe%20favorable%20STHV/Zona%20Manuela%20Sáenz/2020-10-05_-_azms_-_informe_técnico.pdf)

Aguilar, A. G., & Mateos, P. (2011). Diferenciación sociodemográfica del espacio urbano de la ciudad de México. *Eure*, 37(110), 5–30. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612011000100001>

Arnold, M., & Osorio, F. (2011). Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. *Cinta de Moebio*, 27, 157–159. <https://www.redalyc.org/pdf/101/10100306.pdf>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. 135.

Asamblea Nacional del Ecuador. (2016). Ley de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo. In *Ley Orgánica* (p. 67). Asamblea Nacional del Ecuador.  
<http://www.eltelegrafo.com.ec/images/cms/DocumentosPDF/2016/Proyecto-de-ley-Ordenamiento-territorial-y-uso-gestion-del-suelo.pdf>

Bellver, J. A., & Martínez, F. G. (2012). *Nuevos Métodos De Valoración: Modelos Multicriterio* (Editorial Universitat Politècnica de Valencia (ed.); 2a ed.). Universitat Politècnica de Valencia.  
[file:///C:/Users/jorge/AppData/Local/Mendeley Ltd./Mendeley Desktop/Downloaded/Bellver, Martínez - 2013 - NUEVOS METODOS DE VALORACION MODELOS MULTICRITERIO.pdf](file:///C:/Users/jorge/AppData/Local/Mendeley%20Ltd./Mendeley%20Desktop/Downloaded/Bellver,%20Martinez%20-2013-NUEVOS%20METODOS%20DE%20VALORACION%20MODELOS%20MULTICRITERIO.pdf)

Bojorque-Iñiguez, J., Chuquiguanga-Auquilla, C., Peralta-Peñaloza, C., & Flores-Chafra, P. (2020). Precio del suelo dado por la oferta del mercado y el avalúo municipal: Relaciones y distribución espacial en la ciudad de Cuenca. *Maskana*, 11(2), 58–69. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.06>

Casal, R. (2019). *Estadística Espacial con R*. [https://rubenfcasal.github.io/estadistica\\_espacial/sf-intro.html](https://rubenfcasal.github.io/estadistica_espacial/sf-intro.html)

Consejo Metropolitano de Quito. (2019a). *ORDM. No.446 - Laderas del Pichincha* (p. 391). Municipio del

Distrito Metropolitano de Quito.

Consejo Metropolitano de Quito. (2019b). *ORDM No. 0196. Catastro de Quito y plano del valor del suelo urbano y rural* (Vol. 1, Issue 1, p. 114). Distrito Metropolitano de Quito.

[http://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS MUNICIPALES 2017/ORDM - 196 Aprobación Plano Valor Suelo 2018 - 2019.pdf](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS MUNICIPALES 2017/ORDM - 196 Aprobación Plano Valor Suelo 2018 - 2019.pdf)

Consejo Metropolitano de Quito. (2022). *ORDM. N027-2021. Metodología modificatoria para la valoración inmobiliaria, normas pago de impuestos, plano de valor de predios urbanos y rurales* (Issue 1, pp. 1–53). Distrito Metropolitano de Quito.

Consejo Nacional de Planificación. (2009). *Decreto Ejecutivo No.1577* (LexisFinder (ed.)). Secretaría Nacional De Planificación y Desarrollo.

de Mattos, C. A. (1999). Santiago de Chile, globalización y expansión metropolitana: lo que existía sigue existiendo. *EURE (Santiago)*, 25(76), 43–62. <https://doi.org/10.4067/s0250-71611999007600002>

Delgado, O., & Martínez, J. (2015). Elaboración del mapa de ruido del área urbana de la Ciudad de Cuenca – Ecuador, empleando la técnica de interpolación geoestadística Kriging ordinario. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 411–440. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i1.2059>

Díaz Viera, M. A. (2002). *Geoestadística Aplicada* (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.

Domínguez Ruiz, V. (2016). *Aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) al proyecto de rehabilitación arquitectónica y urbana* [Universidad de Sevilla]. <http://hdl.handle.net/11441/36652>

Erba, D. (2013). *El catastro municipal en America Latina y El Caribe* (Segunda, Vol. 01, Issue 01). Lincoln Institute of Land Policy.

Erba, D. (2017). Gestión de la información territorial municipal a través del catastro multifinilaritario. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 1(1), 29–51.

<https://doi.org/10.32719/25506641.2017.1.2>

Esquivel, L. (2020). RESTRICCIÓN DEL USO DEL SUELO EN ÁREAS BAJO AMENAZA VOLCÁNICA: EL CASO

- DEL ARENAL. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Vol. 1, Issue 1).
- Fernández-Aviles, G., & Larraz, B. (2008). Aportaciones de los métodos geo-cuantitativos a la estimación de precios de vivienda \* . *Clm. Economía*, 12(1), 217–242.
- Franquet i Bernis, J. M. (2008). Un modelo racional de organización territorial. Aplicación a Cataluña. In *Universitat internacional de Catalunya. Escuela técnica superior de Arquitectura*. Universitat Internacional de Catalunya.
- Gallardo, A. (2006). Geoestadística. *Ecosistemas*, 3(1987), 1–11.
- Gento Municio, A. M., & Elorduy González, J. L. (2016). Análisis de la accesibilidad física en el transporte público en autobús en la ciudad de Valladolid. *Revista Española De Discapacidad*, 4(1), 135–153.  
<https://doi.org/10.5569/2340-5104.04.01.08>
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Distrito Metropolitano de Quito. (2007). *ORDM-222 - CATASTRO INMOBILIARIO.pdf* (p. 27). Distrito Metropolitano de Quito.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Alangasí. (2012). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA ALANGASÍ 2012-2025* (p. 121). Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Alangasí.
- Gómez Navarro, A. F., Sandoval González, O. A., & Lozano Botache, R. (2022). *Modelo multicriterio para la valoración del suelo de protección ambiental por interés hídrico en el Departamento de Santander*. Universidad Santo Tomás.
- Gómez Orea, D. (1994). Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el Medio Físico. In *Instituto Tecnológico GeoMinero de España* (1st ed.). Instituto Tecnológico Geominero de España.  
[http://info.igme.es/SidPDF/067000/043/67043\\_0001.pdf](http://info.igme.es/SidPDF/067000/043/67043_0001.pdf)
- Guerra, A. E. (2017). *Plan de uso y ocupación del suelo del área urbana de la ciudad de San Gabriel provincia del Carchi al año 2031* (Issue 593). Universidad Católica del Ecuador.
- Honorable Congreso Nacional del Ecuador. (2016). *LEY DE RÉGIMEN PARA EL DISTRITO*

- METROPOLITANO DE QUITO* (Ediciones Legales (ed.)). Congreso Nacional del Ecuador.
- Instituto Geográfico Militar. (2021). *ADOPCIÓN DEL NUEVO MARCO GEODÉSICO DE REFERENCIA PARA EL ECUADOR (SIRGAS-ECUADOR)*. [http://www.geograficomilitar.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/proyecto\\_sirgas.pdf](http://www.geograficomilitar.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/proyecto_sirgas.pdf)
- Kuri Tercero, E. (2021). *PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CASCO URBANO DE TALANGA, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS SIG* [UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA]. [http://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/12549/Propuesta para la optimización de rutas del servicio de recolección y transporte de los residuos sólidos en el casco urbano de Talanga%2C mediante el uso de herramientas SIG.pdf?sequence=1&isA](http://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/12549/Propuesta%20para%20la%20optimizaci%C3%B3n%20de%20rutas%20del%20servicio%20de%20recolecti%C3%B3n%20y%20transporte%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20el%20casco%20urbano%20de%20Talangame%20mediante%20el%20uso%20de%20herramientas%20SIG.pdf?sequence=1&isA)
- Luo, J., & Wei, Y. D. (2004). A geostatistical modeling of Urban land values in milwaukee, Wisconsin. *Geographic Information Sciences*, 10(1), 49–57. <https://doi.org/10.1080/10824000409480654>
- Martínez, M. G., Lorenzo, J. M. M., & Rubio, N. G. (2000). Kriging methodology for regional economic analysis: Estimating the housing price in albacete. *International Advances in Economic Research*, 6(3), 438–450. <https://doi.org/10.1007/BF02294963>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2022). *LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA ESTUDIO DE MERCADO CONSULTORÍA LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL* (p. 8). Ministerio de Desarrollo Urbano Y Vivienda.
- Ministerio De Finanzas del Ecuador. (2010). *CODIGO ORGANICO DE PLANIFICACION Y FINANZAS PÚBLICAS* (Ministerio De Finanzas del Ecuador (ed.)).
- Montero, J. M., Mínguez, R., & Fernández-Avilés, G. (2018). Housing price prediction: parametric versus semi-parametric spatial hedonic models. *Journal of Geographical Systems*, 20(1), 27–55. <https://doi.org/10.1007/s10109-017-0257-y>
- Monzani, F., Gaspar Montenegro, M., Piumetto, M. A., Córdoba, M. A., Salomón, M. J., & Carranza, J. P.

- (2018). *MASIVA : EL CASO DE LA CIUDAD DE RÍO IV - PROVINCIA DE CÓRDOBA - Geostatistic Techniques Applied to Mass Appraisal : The Case of the City of Río IV - State of Córdoba - Marcos Gaspar Montenegro Mario Andrés Piumetto Juan Pablo Carranza Micael Jeremías Sal.*
- Morales, J., Stein, A., Flacke, J., & Zevenbergen, J. (2020). Predictive land value modelling in Guatemala City using a geostatistical approach and Space Syntax. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(7), 1451–1474. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1725014>
- Morales, V., Piedra, L., Romero, M., & Bermúdez, T. (2018). Indicadores ambientales de áreas verdes urbanas para la gestión en dos ciudades de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN, 66(4)*, 1421–1435.
- Moreno, J. . (1996). Metodología Multicriterio en el Plan Nacional de Regadíos. *Universidad de Zaragoza*, 2(1), 25–36. <http://i3a.unizar.es/datos/publicacion/metodologia-multicriterio-para-el-plan-nacional-de-regadios-14655?idioma=en>
- Morillo Balsera, M. C., Martínez-Cuevas, S., Molina Sánchez, I., García-Aranda, C., & Martínez Izquierdo, M. E. (2018). Artificial neural networks and geostatistical models for housing valuations in urban residential areas. *Geografisk Tidsskrift - Danish Journal of Geography* , 118(2), 184–193. <https://doi.org/10.1080/00167223.2018.1498364>
- Murillo Gómez, D. M. (2017). Resolución espacial en la elaboración de mapas de ruido por interpolación. *Ingenierías USBMed*, 8(1), 56–62. <https://doi.org/10.21500/20275846.2808>
- Noguera, J. (2011). La ordenación urbanística: conceptos, herramientas y prácticas. In I. digital Politécnica (Ed.), *Iniciativa Digital Politécnica* (Primera, p. 294). [https://books.google.com.pe/books?id=7fdoBQAAQBAJ&pg=PA190&lpg=PA190&dq=TRANSFERENCIAS+DE+APROVECHAMIENTO+URBANÍSTICO+\(TAU\)&source=bl&ots=aVZOEZn7jN&sig=OetfW0JvHGPFrd9oTbbOknJKJhQ&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiX\\_v6987zaAhXrct8KHcgTCKE4ChDoAQhNMAk#v=onepage&](https://books.google.com.pe/books?id=7fdoBQAAQBAJ&pg=PA190&lpg=PA190&dq=TRANSFERENCIAS+DE+APROVECHAMIENTO+URBANÍSTICO+(TAU)&source=bl&ots=aVZOEZn7jN&sig=OetfW0JvHGPFrd9oTbbOknJKJhQ&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiX_v6987zaAhXrct8KHcgTCKE4ChDoAQhNMAk#v=onepage&)

- Oliveri, R. (2018). *Pluricausalidad de los accidentes viales. Factores causales y problemáticas derivadas de los efectos. Aportes de la Psicología y el Derecho a una estrategia de seguridad vial* (p. 114). Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales.
- ONU-HABITAT. (2015). Objetivo 11. Ciudades y comunidades sostenibles. In *Ciudades Sostenibles: Por Qué Son Importantes*. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html>
- Organización de las Naciones Unidas. (2018). *MANUAL BÁSICO SOBRE LA AGENDA 2030 PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE*.
- Ovares, M. G. (2015). El espacio urbano y las relaciones sociales: una mirada a las teorías de Edward Soja. *Comunicación*, 16(2), 36–42. <https://doi.org/10.18845/rc.v16i2.916>
- Palacio, A. (2017). *Análisis de percepción en la gestión de espacios naturales y el uso de sistemas de información geográfica de participación pública*. Universitat Rovira i Virgili.
- Parias Durán, A. (2010). Reseña de “Hacia una teoría de la renta del suelo urbano” de Samuel Jaramillo González. *Territorios*, 22, 151–161.
- Pérez, L. (2016). *Rol de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) dentro de un Plan de Ordenamiento Territorial y Desarrollo a nivel cantonal con un enfoque geoadministrativo* [Universidad San Francisco de Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6193>
- Presidencia de la República del Ecuador. (2010). *CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL, AUTONOMIA Y DESCENTRALIZACION*.
- PROPERATI. (2019). *El Batán*. [https://www.properati.com.ec/guia\\_de\\_barrio/el-batan-centro-norte](https://www.properati.com.ec/guia_de_barrio/el-batan-centro-norte)
- Pumarino, G. (1974). Teorías y modelos de la estructura social y espacial urbana. *Revista Eure*, 1–18.
- Quevedo, U., Morillo, M. ., García-Cepeda, F., & S, M.-C. (2018). ESTUDIO COMPARATIVO ESTADÍSTICO ESPACIAL DE LOS VALORES DEL CATASTRO URBANO Y DEL MERCADO PARA BIENES INMUEBLES. APLICACIÓN A LA ALMENDRA CENTRAL DE MADRID. *XVIII Congreso Nacional TIG*, 22(3), 675–693.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30122313>

Quinde, M. (2015). Valoración de Suelo Urbano. *FICA, I(I)*, 1–3.

Secretaría de Territorio, H. y V. (2021). *PLAN DE USO Y GESTIÓN DEL SUELO* (p. 350). Distrito

Metropolitano de Quito. <https://gobiernoabierto.quito.gob.ec/plan-pugs>

Sikder, A., & Züfle, A. (2020). Augmenting geostatistics with matrix factorization: A case study for house price estimation. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(5)*.

<https://doi.org/10.3390/ijgi9050288>

Toro, B. (1989). La Teoría General de Sistemas, Modelos Urbanos y Planificación. *NORBA, Revista de Geografía*, 531–538.

Vitturini, M., & Fillottrani, P. (2008). Interoperabilidad y estándares de datos para información geográfica. ... *Congreso Argentino de Ciencias de La Computación, 12*.

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/21968>

## Apéndices