
ESTUDIO ANALÍTICO DE PUNTOS DE INTERÉS GEORREFERENCIADOS DE EQUIPAMIENTOS SOCIALES Y SERVICIOS EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ), MEDIANTE TÉCNICAS DE INDEXACIÓN ESPACIAL CON DATOS DE FUENTES DE INFORMACIÓN SECUNDARIAS

PRODUCTO 3. INFORME TÉCNICO FINAL: Informe final que incluya la definición de la base teórica y metodológica para el estudio de los puntos de interés (ubicaciones georreferenciadas de servicios) en el DMQ y técnicas de indexación geoespacial (creación de índices basados en puntos de interés). Este informe contendrá los códigos de programación en el que se detallen los procesos para la consolidación, estandarización y ordenamiento de la información, además de la homologación de términos, categorías y formatos para asegurar la coherencia y consistencia de la información

Elaborado por:

BLUEARTH S.A.S

DICIEMBRE 2023

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. Resumen Ejecutivo..... | 3 |
| 2. Introducción | 4 |
| a. Objetivo General..... | 4 |
| b. Objetivos Específicos | 4 |
| 3. Justificación | 5 |
| 4. Descripción del estudio..... | 6 |
| 5. Marco Conceptual o Teórico de Referencia | 7 |
| 6. Diseño Metodológico | 10 |
| 7. Dimensiones de análisis, variables e indicadores..... | 18 |
| 8. Análisis de resultados..... | 22 |
| 9. Conclusiones | 24 |
| 10. Recomendaciones..... | 25 |
| 11. Glosario | 26 |
| 12. Bibliografía..... | 27 |

ÍNDICE DE FIGURAS/ GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Proceso para la depuración de datos | 10 |
| Figura 2. Procesamiento de datos | 11 |
| Figura 3. Proceso conteo por cuadrantes..... | 16 |

1. Resumen Ejecutivo

Hasta la fecha, se ha completado la minería del 100% de las tipologías de negocios identificadas, y se ha depurado el 50% de los datos disponibles. Este proceso se ha basado en modelos metodológicos eficientes, aprovechando la minería de datos como una práctica efectiva para obtener información de fuentes secundarias. El marco metodológico ha involucrado pasos clave, desde la preparación y conexión con la web hasta la extracción de información mediante técnicas avanzadas. La etapa de procesamiento de datos, fundamental para garantizar la calidad de la información, ha seguido un proceso estructurado en tres pasos: definición de criterios, diseño de procesos y su implementación. Esto incluye la eliminación de datos no relevantes, la homologación de atributos y la validación de la georreferenciación.

La dimensión de análisis se ha detallado con variables e indicadores específicos, abordando aspectos espaciales, tipo de servicio, socioeconómicos, temporales y de calidad de datos. Estos proporcionan un marco completo para abordar diferentes aspectos de los puntos de interés georreferenciados, facilitando la interpretación y comparación de la información.

En cuanto a los resultados, se informa que al 1 de diciembre de 2023 se ha logrado el minado total de 212 tipologías de negocios, con 112 ya depuradas y homologadas. La base de datos parcial ha sido generada en formato .GDB, cumpliendo con los requerimientos técnicos. Las tipologías restantes están en proceso de depuración geográfica, y su versión final se entregará junto con el informe de datos.

El preprocesamiento de datos ha sido esencial para preparar los datos crudos, incluyendo la limpieza automatizada y el análisis de control humano. La estandarización de formatos y la integración de datos de múltiples fuentes han dado como resultado una base de datos geográfica unificada, listo para análisis posteriores. Además de establecer una base sólida para análisis espaciales y proporcionando información clave para respaldar la toma de decisiones en la planificación estratégica y el desarrollo de políticas públicas municipales.

2. Introducción

El presente informe final tiene como objetivo principal proporcionar una visión integral de la base teórica y metodológica utilizada en el estudio de los puntos de interés, específicamente las ubicaciones georreferenciadas de servicios en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Además, se abordarán las técnicas de indexación geoespacial, que comprenden la creación de índices basados en estos puntos de interés. La información generada a partir de este análisis tiene un impacto significativo en la formulación de políticas públicas, estrategias empresariales y el desarrollo sostenible de la región.

La base teórica se sustenta en los fundamentos de la minería de datos y la ciencia de datos georreferenciados. La minería de datos se presenta como un proceso integral que implica la exploración y análisis de grandes cantidades de datos para descubrir patrones significativos.

En cuanto a la metodología, se emplean técnicas de indexación geoespacial para organizar y estructurar la información de los puntos de interés en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Esto implica la creación de índices que faciliten la búsqueda y acceso eficiente a estos datos georreferenciados, optimizando su utilidad en diferentes aplicaciones.

El informe también incluirá los procesos utilizados para la consolidación, estandarización y ordenamiento de la información. Se abordará la homologación de términos, categorías y formatos, asegurando así la coherencia y consistencia de la información, aspectos cruciales para obtener resultados precisos y confiables en el análisis de datos geográficos.

En resumen, este informe proporcionará una visión completa de la base teórica, metodológica y técnica empleada en el estudio de puntos de interés georreferenciados en el DMQ, subrayando la importancia de esta labor en la generación de conocimiento y la toma de decisiones en el ámbito geoespacial.

a. Objetivo General

Elaborar un estudio analítico de puntos de interés georreferenciados de equipamientos sociales y servicios en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), mediante técnicas de indexación espacial con datos de fuentes, generando indicadores útiles para el estudio prospectivo urbano y la planificación estratégica municipal a través de modelos matemáticos y espaciales de análisis.

b. Objetivos Específicos

1. Mapear, ordenar y analizar la información recopilada, aplicando técnicas de homologación, depuración y análisis de datos espaciales, para determinar la cobertura y distribución de servicios en el DMQ, destacando patrones espaciales relevantes.
2. Realizar un estudio minucioso de modelamiento de datos, utilizando enfoques avanzados de análisis espacial y modelos matemáticos-computacionales, aplicando grillas estadísticas estandarizadas para evaluar la distribución de los servicios en el DMQ.

3. Desarrollar tres indicadores espaciales que permitan analizar la distribución, densidad y accesibilidad de los equipamientos sociales y servicios en el DMQ, aportando así a la comprensión de la dinámica urbana de la ciudad.

3. Justificación

El estudio de los puntos de interés en el DMQ es de vital importancia por varias razones. Primero, proporciona una comprensión detallada de la distribución y accesibilidad de servicios, lo que es crucial para la planificación territorial y el desarrollo sostenible de la ciudad. Segundo, la indexación geoespacial avanzada facilita la rápida localización y análisis de estos servicios, lo que es indispensable para la toma de decisiones informadas en la gestión pública y privada.

Además, este estudio contribuye significativamente a la mejora de la calidad de vida de los habitantes del DMQ, ya que permite identificar áreas de necesidad y oportunidades de desarrollo. La utilización de técnicas de programación avanzadas para la gestión de estos datos no solo optimiza los procesos de recolección y análisis, sino que también promueve la innovación y eficiencia en el manejo de información geoespacial.

Asimismo, es importante destacar los siguientes puntos que detallan la importancia del estudio:

Integración de Fuentes de Información: la dependencia de fuentes gubernamentales y la carencia de datos administrativos de alta calidad hacen esencial integrar fuentes secundarias de información para un análisis exhaustivo y periódico.

Ventajas de la Indexación Espacial y el Análisis Geoespacial: esta metodología permite un análisis estructurado que facilita la identificación de patrones espaciales y proporcionan una visualización clara de la distribución de servicios en el DMQ. Son flexibles y escalables, adaptándose a diferentes niveles de detalle y escala.

Planificación Urbana y Desarrollo Equitativo: la indexación espacial y la generación de cuadrículas estadísticas son cruciales para identificar áreas con carencias y con oferta diversa de servicios, promoviendo la equidad en el acceso a servicios y equipamientos sociales.

Integración de Variables Estadísticas: fortalece el análisis y proporciona una visión holística de la realidad geográfica del DMQ, facilitando una gestión eficiente de recursos públicos y la asignación adecuada de inversiones en infraestructura urbana.

Finalmente, es crucial mencionar que la importancia de este estudio radica en su capacidad para proporcionar herramientas y conocimientos fundamentales para el análisis y gestión eficiente de los servicios existentes en el DMQ, lo que a su vez tiene un impacto directo en la planificación urbana, la mejora general de los servicios a la comunidad e inclusive la gestión en casos de emergencia.

4. Descripción del estudio

a. Enfoque

La propuesta para llevar a cabo un estudio analítico en el DMQ utilizando técnicas de indexación espacial y datos de fuentes secundarias ha sido implementada parcialmente, ya que actualmente se han minado todos los datos de negocios en el Distrito Metropolitano de Quito y se ha llegado a depurar el 50% de todos los datos obtenidos.

Recopilación de Información Geográfica Detallada:

La recopilación de datos georreferenciados se ejecutó mediante el minado de datos de localización de servicios privados de fuentes secundarias relevantes y equipamientos públicos de fuentes geográficas disponibles en los términos de referencia de la consultoría. Este proceso permitió obtener un conjunto de datos diversificado y completo que refleja la realidad del distrito.

Mapeo, Ordenamiento y Análisis de Datos:

Tras la recopilación, los datos de fuentes municipales y secundarias fueron sometidos a un proceso detallado de mapeo, ordenamiento y análisis. Se aplicaron técnicas de homologación, depuración y análisis espacial para identificar patrones y determinar la cobertura y distribución de servicios en el DMQ. Se prestó especial atención a la identificación de patrones espaciales relevantes, actualmente no se ha desarrollado la generación de catálogos de objetos espaciales ni metadatos hasta culminar con la depuración total de la base de datos. Una vez completada la depuración de la base de datos, se entregará el catalogo de objetos adaptada a la que maneja la Secretaría de hábitat, Ordenamiento y Territorio (Ex STHV).

Estudio Minucioso de Modelamiento de Datos:

Se ha realizado un estudio parcial de modelamiento de datos empleando enfoques avanzados de análisis espacial y modelos matemático-computacionales. Este análisis incorporó la utilización de grillas estadísticas estandarizadas con el propósito de evaluar la distribución de servicios en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Este enfoque se adoptó para proporcionar una guía precisa sobre la presentación de los patrones de localización de los negocios en la ciudad, permitiendo así una comprensión más detallada de la disposición geoespacial de los servicios en el área metropolitana.

La ejecución de esta propuesta ha demostrado ser exitosa, proporcionando información valiosa que respalda los objetivos planteados en la fase inicial del estudio analítico en el DMQ. Los resultados obtenidos ofrecen una base sólida para la toma de decisiones informadas en la planificación futura del distrito.

b. ALCANCE

Diseño metodológico, planificación del levantamiento de información, la estrategia detallada de la recolección de datos y análisis de datos, la sistematización de la información cuantitativa y espacial para la elaboración de informes descriptivos y explicativos con la finalidad de realizar recomendaciones de política pública que sean factibles de ejecución.

5. Marco Conceptual o Teórico de Referencia

El documento "Sistemas de indicadores y condiciones para ciudades grandes y medianas". Se centra en la importancia de los indicadores en la planificación urbana, destacando su papel en la evaluación de la ocupación del suelo, la habitabilidad, la movilidad y servicios, la complejidad urbana, espacios verdes, metabolismo urbano y cohesión social. Ahora, dentro del estudio se centro principalmente en los conceptos de complejidad urbana y servicios.

Servicio en el Contexto Urbano: en un entorno urbano, hace referencia a que un servicio facilita la provisión o asistencia a los residentes y visitantes de la ciudad. Esto puede incluir servicios públicos como transporte, salud, educación y seguridad, así como servicios privados como comercio, ocio y hospedaje.

Además, recalca la importancia de los servicios para la calidad de vida en las ciudades, el abastecimiento de las necesidades diarias, contribuyen al desarrollo económico y social, y mejoran la habitabilidad y sostenibilidad de las áreas urbanas.

Complejidad Urbana: la complejidad urbana se refiere a la diversidad y la interconexión de sistemas, estructuras y procesos dentro de un entorno urbano. Incluye aspectos físicos, como la infraestructura y la morfología urbana, así como aspectos sociales, económicos y ambientales. Una ciudad con alta complejidad urbana se caracteriza por tener una gran diversidad en su estructura urbana, una economía multifacética, una población diversa y una rica red de interacciones sociales y culturales.

Para manejar la complejidad urbana implica enfrentar desafíos en la planificación y administración de la ciudad, buscando equilibrar el crecimiento y desarrollo con la sostenibilidad y la calidad de vida.

Teoría de Localización

La Teoría de Localización, originalmente formulada por Walter Christaller en su obra "Central Places in Southern Germany" (1966), es un concepto fundamental en la geografía económica y la planificación urbana. Esta teoría busca explicar cómo y por qué ciertos servicios y equipamientos se ubican en determinadas áreas, enfocándose en los patrones de asentamiento y la distribución de centros urbanos.

Principios Clave

- a. Principio de Mínima Distancia: Según Christaller, los establecimientos y servicios tienden a ubicarse en puntos que minimizan la distancia a la que los usuarios deben desplazarse. Esto implica una disposición espacial que busca la eficiencia en términos de accesibilidad y costos de transporte.
- b. Teoría de los Lugares Centrales: La teoría se centra en cómo se distribuyen los centros urbanos (lugares centrales) en un área. Estos centros proveen servicios y bienes a la población circundante, creando una jerarquía de lugares basada en su tamaño y función.
- c. Área de Mercado y Alcance: Cada servicio o equipamiento tiene un área de mercado específica, definida por el alcance máximo al que los consumidores están dispuestos a viajar. Esta área determina la distribución espacial y la densidad de los servicios.

En el contexto del DMQ, la Teoría de Localización puede ser utilizada para analizar la distribución de servicios públicos y privados, identificando patrones de centralidad y periferia. Lo que ayuda a entender cómo la distribución de servicios afecta y es afectada por la movilidad urbana, el desarrollo inmobiliario y las dinámicas socioeconómicas de la ciudad.

Metodología de Indexación Geoespacial

La Metodología de Indexación Geoespacial, explicada por Samet en "Foundations of Multidimensional and Metric Data Structures" (2006), se refiere al proceso de organizar y estructurar datos geoespaciales para su eficiente recuperación y análisis. Esta metodología es crucial en el manejo de grandes conjuntos de datos georreferenciados, como los utilizados en sistemas de información geográfica (SIG).

En cuanto a los conceptos centrados en el manejo de datos espacial es importante recalcar los siguientes conceptos.

Estructuras de Datos Espaciales: Utiliza estructuras como árboles R, quadtree, y octree, que permiten organizar los datos en función de su ubicación espacial. Estas estructuras facilitan operaciones como la búsqueda, inserción y eliminación de datos geoespaciales.

Los árboles R son estructuras de datos diseñadas para almacenar, organizar y manejar datos espaciales. Se utilizan para indexar información multidimensional, como coordenadas geográficas.

Funciona dividiendo el espacio en regiones rectangulares o en el caso hexagonales, donde cada nodo del árbol representa una región que puede contener objetos o enlaces a regiones más pequeñas.

Por otro lado, el quadtree¹ es una estructura de árbol en la que cada nodo tiene exactamente cuatro hijos. Se utiliza comúnmente para dividir un espacio bidimensional en regiones manejables. Divide

¹ Guttman, A. (1984). "R-trees: A Dynamic Index Structure for Spatial Searching". En Proceedings of the 1984 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data.
Samet, H. (1984). "The Quadtree and Related Hierarchical Data Structures". ACM Computing Surveys (CSUR).

recursivamente el espacio en cuatro cuadrantes o regiones más pequeñas. Así, los quadtrees son útiles para almacenar datos como mapas.

Similar al quadtree pero en tres dimensiones, el octree² divide el espacio en ocho regiones o "octantes". Donde cada nodo en un octree representa una región cúbica del espacio, y el espacio se divide de manera recursiva. Se utiliza en la representación de objetos tridimensionales y en aplicaciones de gráficos por computadora, como la detección de colisiones en 3D.

Eficiencia en la Búsqueda y Recuperación: La indexación geoespacial mejora la eficiencia en la búsqueda y recuperación de datos, permitiendo realizar consultas espaciales complejas de manera más rápida y precisa.

La indexación geoespacial³ se refiere a la técnica de organizar datos basados en sus atributos espaciales para mejorar la eficiencia en consultas espaciales. Utiliza estructuras de datos como árboles R, quadtrees y octrees para permitir la búsqueda rápida y la recuperación de datos basados en su ubicación. Lo que mejora significativamente la eficiencia en operaciones como la búsqueda de vecinos más cercanos, la intersección de regiones y las consultas de rango espacial.

Aplicaciones en el DMQ:

Facilita el análisis detallado de los puntos de interés en el DMQ, permitiendo identificar rápidamente ubicaciones específicas y entender su relación con el entorno urbano.

Esencial para la gestión de datos en estudios de planificación urbana, donde se requiere un acceso rápido y preciso a información geoespacial sobre servicios, infraestructura y características del terreno.

Tanto la Teoría de Localización y la Metodología de Indexación Geoespacial, son fundamentales para comprender y analizar la distribución y accesibilidad de los servicios y equipamientos en el DMQ. Proporcionan un marco teórico y práctico para la planificación urbana eficiente y el manejo efectivo de grandes conjuntos de datos georreferenciados.

² Meagher, D. (1982). "Geometric Modeling Using Octree Encoding". Computer Graphics and Image Processing.

³ Laurini, R., & Thompson, D. (1992). "Fundamentals of Spatial Information Systems". Academic Press.

6. Diseño Metodológico

Diseño Metodológico para el “ESTUDIO ANALÍTICO DE PUNTOS DE INTERÉS GEORREFERENCIADOS DE EQUIPAMIENTOS SOCIALES Y SERVICIOS EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ), MEDIANTE TÉCNICAS DE INDEXACIÓN ESPACIAL CON DATOS DE FUENTES DE INFORMACIÓN SECUNDARIAS.”

I. Procesamiento de Datos

La depuración y limpieza de datos son etapas críticas en el proceso de minería de datos, especialmente cuando se trata de información geográfica. En el contexto de la Actividad Transversal 2, que se enfoca en el Desarrollo de Modelos de Homologación/Depuración de Bases de Datos, se lleva a cabo un proceso estructurado en tres pasos:

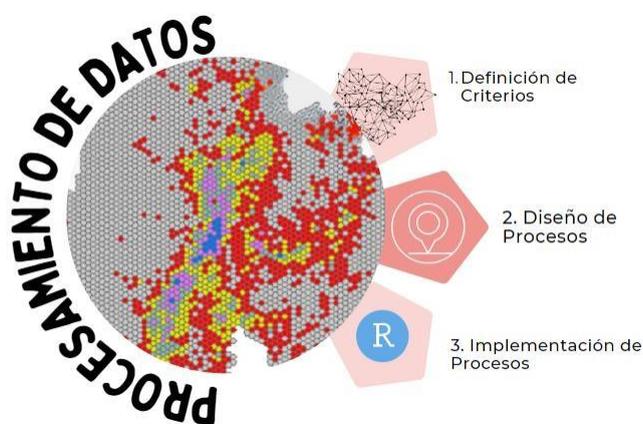


Figura 1. Proceso para la depuración de datos
Fuente: Bluearth S.A.S

1. Definición de Criterios

Con los criterios previamente definidos para homologar y depurar los datos, se establece reglas específicas para identificar y corregir posibles errores o inconsistencias.

- Identificación de Datos No Relevantes: Determinar qué datos son esenciales para el análisis y descartar aquellos que no contribuyen significativamente.
- Eliminación de Duplicados: Identificar y eliminar registros duplicados que puedan distorsionar los resultados.
- Corrección de Errores: Establecer criterios para corregir errores tipográficos, incoherencias y otros problemas en los datos.

2. Diseño de Procesos

Se crean procesos eficientes y efectivos que implementarán los criterios de homologación y depuración. Estos procesos deben ser capaces de identificar duplicados, errores y datos no relevantes de manera sistemática.

- Estandarización de Datos: Diseñar procesos para asegurar que los datos sigan un formato estándar, eliminando variaciones innecesarias.

- Normalización de Atributos: Homologar atributos para asegurar consistencia y comparabilidad.
- Validación de Localización: se corroborará que los puntos obtenidos se ubiquen de manera precisa dentro de los límites Político Administrativos del Distrito Metropolitano de Quito, tal como se establece en el Plan de Uso y Gestión del Suelo. Este proceso se llevará a cabo con base en las coordenadas proporcionadas por las fuentes secundarias de información.
- Codificación de Categorías: Definir códigos alfanuméricos para cada categoría y tipología.

3. Implementación de Procesos

Se ejecutan los procesos de homologación y depuración, asegurando la consistencia de los datos. Es crucial garantizar la integridad y coherencia de la información durante esta fase, ya que los resultados impactarán directamente en la calidad del análisis posterior.

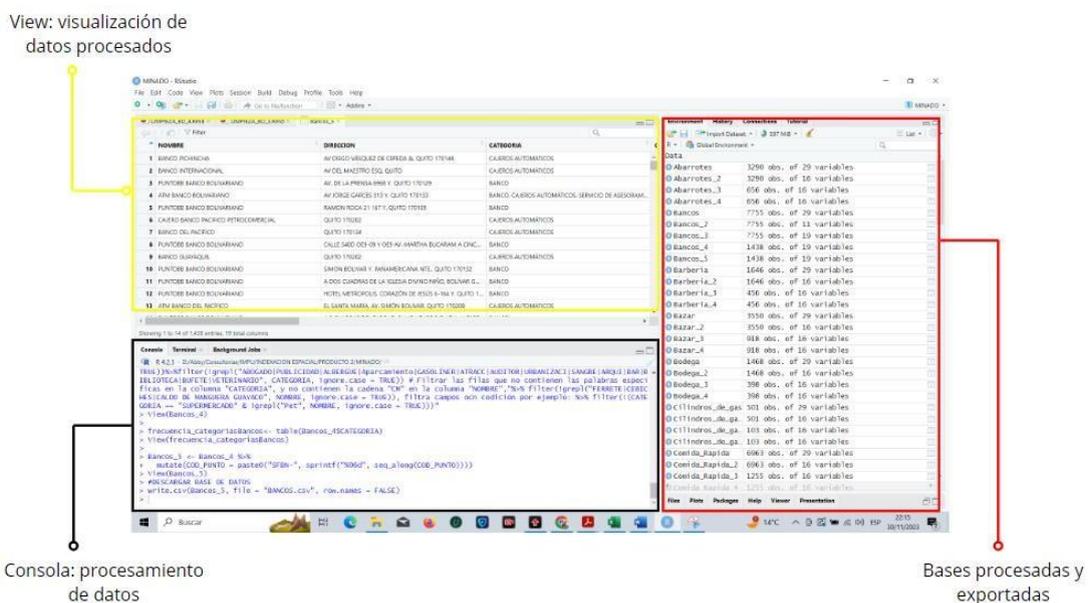


Figura 2. Procesamiento de datos

- Carga Inicial de Datos: Importar la base de datos sin depurar en RStudio.
- Eliminación de Caracteres Especiales: Utilizar funciones de depurado de texto para limpiar la columna de dirección y estandarizar la información.
- Definición de Estructura de Tabla: Establecer la estructura final de la tabla, incluyendo la creación de nuevas columnas para información adicional de elementos que deben contener la tabla de atributos en el GIS.
- Renombrar Columnas: Estandarizar los nombres de las columnas para mejorar la consistencia de la información geográfica y el posterior análisis espacial.
- Eliminación de Duplicados: dentro del entorno de RSTUDIO se suele utilizar la función `distinct` para eliminar registros duplicados, ya que esto podría generar valores distorsionados al momento de ejecutar los modelos de análisis espacial.
- Filtrado Geográfico: Descartar puntos que no ubicados dentro del Distrito Metropolitano de Quito. Debido a que la información obtenida de fuentes secundarias, se alimenta de datos descritos por los usuarios, el campo de dirección suele contener registros erróneos ya que la georreferenciación del punto lo ubica fuera de administración política del DMQ

- Codificación y Exportación: se definen códigos alfanuméricos según su categoría, subdivisión de la categoría en tipología e identificación única para cada punto. Finalmente, se exportar la base de datos depurada.
- Este proceso asegura la consistencia, calidad y relevancia de los datos, proporcionando una base sólida para el análisis espacial y la generación de resultados significativos en el contexto de la minería de datos georreferenciada. Preparándolos para análisis posteriores y facilitando la interpretación y comparación de la información geográfica.

II. Análisis Espacial:

Actividades Comerciales Cotidianas

Para utilizar la teoría de la información de Shannon en la metodología de análisis espacial, es posible emplear el índice de diversidad o entropía, conocido como la entropía de Shannon. Esta medida se utiliza para cuantificar la incertidumbre o la variabilidad en un conjunto de datos. A continuación, se presenta una adaptación de la metodología anterior incorporando conceptos de entropía de Shannon:

- **Modelo Estadístico con Entropía de Shannon para Comparar Capas de Puntos:**

1. Definición de Variables

Variable Dependiente (Y): Entropía de Shannon de la distribución de puntos de servicios básicos, actividades cotidianas y especializadas en áreas específicas de la ciudad.

Variables Independientes (X): Variables socioeconómicas, características geográficas y cualquier otra variable relevante.

2. Cálculo de Entropía de Shannon

Utiliza la fórmula de entropía de Shannon:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n P(X_i) \log_2(P(X_i))$$

Donde $H(x)$ es la entropía, n es el número de categorías, y $P(X_i)$ es la probabilidad de la categoría i .

3. Análisis Exploratorio de Datos (EDA)

El Análisis Exploratorio de Datos (EDA, por sus siglas en inglés) es un enfoque crítico en la estadística y la investigación de datos que tiene como objetivo examinar y entender la naturaleza de los datos antes de realizar análisis más complejos o modelado estadístico. El EDA proporciona una visión inicial de la estructura, patrones, relaciones y anomalías presentes en los datos, permitiendo a los investigadores tomar decisiones informadas sobre los pasos a seguir en su análisis.

El Análisis Exploratorio de Datos (EDA) en Sistemas de Información Geográfica (SIG) es una metodología que busca entender y visualizar la distribución espacial de la información geográfica. Para aplicar EDA en SIG, primero, se realiza una descripción estadística de los atributos espaciales, como calcular la media, la mediana y visualizar la distribución de valores mediante gráficos de barras y diagramas de dispersión. Luego, se examinan patrones espaciales utilizando índices espaciales como el Índice de Moran para identificar autocorrelación espacial. La detección de valores atípicos se realiza a través de diagramas de caja espaciales.

La exploración de tendencias temporales, si los datos lo requieren, se aborda mediante análisis de series temporales. La visualización espacial desempeña un papel clave, creando mapas temáticos que destacan patrones y variaciones geográficas. Se pueden calcular matrices de distancia y correlación espacial para evaluar similitudes entre ubicaciones. El análisis de clusters espaciales identifica áreas con características similares, mientras que el análisis de redes espaciales revela conexiones y relaciones. La interpolación geoespacial estima valores en ubicaciones no muestreadas, y las pruebas estadísticas espaciales evalúan la significancia de los patrones identificados.

4. Correlación Espacial

La correlación espacial es una medida que evalúa la similitud o relación entre los valores de una variable en diferentes ubicaciones geográficas. A diferencia de la correlación tradicional, que evalúa la relación lineal entre dos variables, la correlación espacial considera la proximidad espacial de las observaciones. Existen varios índices y métodos para medir la correlación espacial, y uno de los más utilizados es el Índice de Moran.

El Índice de Moran es una medida de autocorrelación espacial que evalúa si los valores de una variable están distribuidos de manera clúster (valores similares cerca de valores similares) o de manera dispersa (valores similares lejos de valores similares). La fórmula general del Índice de Moran es:

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i \sum_j W_{ij} \sum_k (X_k - \bar{X})^2}$$

Donde:

$$W_{ij} = \frac{1}{2} (|X_i - X_j|)$$

- N es el número de unidades espaciales.
- X_i y X_j son los valores de la variable en las ubicaciones i y j .
- \bar{X} es la media de todos los valores.
- W_{ij} es el peso espacial entre las ubicaciones i y j .

El resultado del Índice de Moran varía entre -1 (dispersión perfecta) y 1 (clúster perfecto). Un valor cercano a 1 indica una correlación espacial positiva, lo que significa que valores similares tienden a agruparse, mientras que un valor cercano a -1 indica una correlación espacial negativa, lo que significa que valores similares tienden a dispersarse.

5. Generación de cartografía

Una vez generados los 2 cálculos mediante el software QGIS se emplearon los siguientes plugins:

Índice de Moran:

1. Instala el Complemento "MMQGIS".
2. Ve a "Complementos" en la barra de menú.
3. Selecciona "Administrar e instalar complementos".
4. Busca "MMQGIS" y actívalo.
5. Cargar Datos y Crear Matriz de Pesos:
6. Carga tus datos espaciales en QGIS.

-
7. Abre el menú MMQGIS y selecciona "Crear matriz de pesos espaciales".
 8. Define la capa de entrada y elige la opción adecuada según tu tipo de datos (puntos, líneas o polígonos).

Calcular el Índice de Moran:

9. Con la matriz de pesos creada, abre el menú MMQGIS y selecciona "Análisis espacial".
10. Elige "Índice de Moran" y sigue las instrucciones para configurar la capa de entrada y la variable.
11. Entropía de Shannon:
12. Instala el Complemento "Semi-Automatic Classification Plugin":
13. Ve a "Complementos" en la barra de menú.
14. Selecciona "Administrar e instalar complementos".
15. Busca "Semi-Automatic Classification Plugin" y actívalo.
16. Cargar Datos:
17. Carga tus datos en QGIS.
18. Calcular la Entropía de Shannon:
19. Abre el "Semi-Automatic Classification Plugin".
20. Utiliza las herramientas de clasificación y estadísticas disponibles para calcular la entropía de Shannon.

6. Definición del indicador

- a) Cobertura completa de negocios y servicios: Presencia de todos los servicios básicos, cotidianos y especializados.
- b) Cobertura parcialmente completa de negocios y servicios Presencia de al menos 2 servicios básicos, servicios cotidianos y especializados.
- c) Cobertura de servicios normal: Presencia de al menos 2 servicios básicos, pueden prescindir servicios especializados.
- d) Cobertura de negocios y servicios parcialmente incompleta: Presencia de al menos 1 servicio básico, servicios cotidianos no tan variados.
- e) Cobertura de negocios y servicios incompletos: No posee cobertura de servicios básicos, contiene actividades comerciales cotidianas.

7. Parámetros de evaluación

- a) Al menos tener cobertura c en todos los hexágonos de los asentamientos urbanos del DMQ.
- b) Tener cobertura total de salud y educación en todo el DMQ es decir el rango b.

Concentración de Servicios Especializados

● Modelos nulos y Proceso homogéneo de Poisson

El proceso de análisis espacial, se enfoca en examinar la concentración de servicios mediante patrones de puntos con spatstat:

1. Búsqueda, Entrada y Preprocesamiento de Datos

En este primer paso, se recopilan todos los datos necesarios relacionados con los servicios y puntos de interés en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Estos datos deben ser georreferenciados, es decir, deben contener información sobre la ubicación geográfica de cada punto de interés. Además, se realiza

un proceso de preprocesamiento para limpiar y estandarizar los datos, asegurando su calidad y consistencia.

2. Estimar Intensidad

Una vez que se tienen los datos georreferenciados, se procede a estimar la intensidad de los puntos de interés en el DMQ. Esto implica calcular la densidad de puntos en diferentes áreas geográficas, lo que proporciona información sobre la concentración de servicios en diferentes partes del distrito.

3. Testear la Aleatoriedad Espacial

En este paso, se realiza un análisis estadístico para determinar si la distribución de los puntos de interés sigue un patrón de aleatoriedad espacial completa o si existe algún tipo de agrupamiento o patrón espacial significativo. Se utilizan diversos métodos de prueba, como contrastes basados en cuadrantes, contrastes basados en distancias y funciones como K, L, g, G, F y J. También se comparan estos resultados con el Análisis de Envolverte Convexa (AEC).

4. Estimar la Función de Intensidad

Si se encuentra evidencia de que los puntos de interés están agrupados en lugar de distribuirse aleatoriamente, se procede a estimar la función de intensidad espacial. Esto implica utilizar métodos como la función kernel para modelar cómo se distribuyen los servicios en el DMQ y cómo varía su densidad en el espacio.

$$\lambda(s) = \lim_{|ds| \rightarrow 0} \left[\frac{E(N(ds))}{|ds|} \right]$$

- s , localización del punto
- ds , es una región alrededor del punto s
- $N(ds)$, es el número de eventos observados en la región ds

5. Modelización de Procesos Puntuales / Análisis de Covariables

En este paso, se lleva a cabo la modelización de procesos puntuales, lo que implica analizar cómo diferentes covariables (variables independientes) pueden estar relacionadas con la distribución de servicios. Se pueden emplear técnicas de regresión espacial para comprender mejor las influencias de estas covariables en la concentración de puntos de interés.

Proceso de Poisson

- Las ocurrencias o eventos son independientes (espacialmente) entre sí.
- La probabilidad de aparezca un evento en una localización concreta es la misma para cualquier localización del área de estudio.
- El número de puntos de una región A es una variable aleatoria que sigue una distribución de Poisson de intensidad λ .
- Dada una intensidad λ , la localización de los puntos dentro de la región es completamente aleatoria (no hay interacción).

- Si: es homogéneo, λ es la misma en todas partes; si es heterogéneo, λ puede variar espacialmente.
- Los patrones generados según este modelo presentan aleatoriedad espacial completa (AEC o CSR).
- Se calcula o estima la intensidad del patrón puntual del proceso
- Se compara con la obtenida de un patrón generado bajo modelo nulo
- Se realiza una prueba estadística:
 - H0 Proceso de Poisson homogéneo (AEC)
 - H1 Proceso de Poisson no homogéneo

6. Interpretación y Aplicación de Modelos Seleccionados

Finalmente, se interpretan los resultados obtenidos en los pasos anteriores y se seleccionan los modelos más apropiados para describir y predecir la distribución de equipamientos sociales y servicios en el DMQ. Estos modelos se utilizan para mapear y visualizar la distribución de los servicios, identificar patrones y tendencias espaciales, y proporcionar información valiosa para la toma de decisiones y la planificación urbana.

Conteo por Cuadrantes

$$\bar{\lambda} = \frac{n(\mathbf{x})}{|W|},$$

- $\bar{\lambda}$, es el promedio del número de puntos esperados por unidad de área dentro una ventana (cuadrante) W.

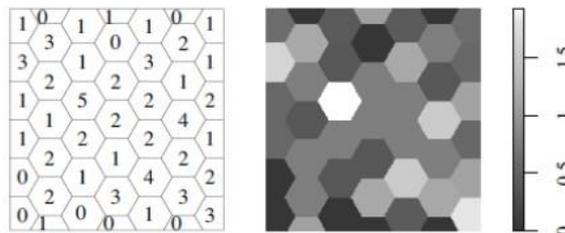


Figura 3. Proceso conteo por cuadrantes
Fuente: Geoestadística, Priscilla Minotti

Comercio Formal

La metodología adoptada se basó en el uso de la tecnología de indexación espacial H3, que divide la ciudad en hexágonos para permitir un análisis granular y detallado. Esto facilita la representación de patrones espaciales y la comparación de diferentes áreas de la ciudad.

1. Indexación Espacial con H3

Se dividió el territorio de Quito en hexágonos utilizando la indexación espacial H3. Esta técnica permitió una partición uniforme y eficiente de la ciudad, proporcionando una base estructurada para el análisis espacial.

2. Caracterización Comercial

Se llevó a cabo una caracterización comercial de la ciudad, identificando áreas de alta actividad comercial y evaluando la diversidad y especialización de los servicios ofrecidos en diferentes hexágonos.

3. Análisis de la Formalidad

Se implementó un análisis de la formalidad de comercios y servicios, diferenciando entre establecimientos formales e informales. Se utilizó información de fuentes secundarias y de las LUAE del Distrito Metropolitano de Quito para clasificar los negocios según su estatus legal y contribuir a la comprensión de la economía informal en diferentes áreas.

4. Espacio Público y Habitabilidad:

Se incorporaron datos sobre espacio público y habitabilidad en el análisis, considerando cómo la presencia de comercios, especialmente los informales, afecta la calidad del espacio público y la habitabilidad en diferentes zonas de la ciudad.

III. Modelamiento de Datos:

El modelamiento de datos es una etapa crucial en la evaluación de la distribución de servicios en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). En esta fase, se aprovechan enfoques avanzados de análisis espacial y se utiliza la metodología de indexación H3 para generar indicadores y métricas relevantes.

1. Desarrollo de Modelos Matemáticos-Computacionales

En esta etapa, se construyen modelos que capturan la complejidad de la distribución de servicios en el DMQ. Estos modelos pueden ser de diversos tipos, como modelos de regresión espacial, modelos de procesos puntuales, o cualquier otro enfoque que se adapte a la naturaleza de los datos y los objetivos del estudio. Estos modelos utilizan variables explicativas y la información georreferenciada para describir y predecir la distribución de servicios en el distrito.

2. Uso de Enfoques Avanzados de Análisis Espacial

Se emplean enfoques avanzados de análisis espacial que aprovechan la metodología de indexación H3. H3 es un sistema de cuadrícula hexagonal que permite una representación eficiente de la información geográfica y se adapta especialmente bien a la evaluación de la distribución espacial de servicios. Estos enfoques avanzados permiten una comprensión más profunda de cómo se distribuyen los servicios en el DMQ y cómo interactúan con su entorno geográfico.

3. Generación de Indicadores y Métricas Relevantes

Los modelos matemáticos-computacionales desarrollados en esta fase no solo proporcionan una representación precisa de la distribución de servicios, sino que también permiten generar indicadores y métricas que son relevantes para el análisis. Estos indicadores pueden incluir medidas de concentración espacial, niveles de accesibilidad a servicios, análisis de clústeres, entre otros. Estas métricas ayudan a evaluar la equidad en la distribución de servicios, identificar áreas con necesidades insatisfechas y respaldar la toma de decisiones informada.

7. Dimensiones de análisis, variables e indicadores

Indicador: Actividades Comerciales Cotidianas

Ámbito: Espacio público y habitabilidad

Título: Cobertura de proximidad a servicios básicos y actividades comerciales cotidianas

Metodología: Análisis Espacial para la Habitabilidad en Espacios Públicos de Quito utilizando Sistemas de Información Geográfica y su indexación en hexágonos H3.

Resumen:

Esta metodología se centra en el análisis espacial de la habitabilidad en espacios públicos de Quito mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el sistema de indexación espacial H3. La caracterización comercial de la ciudad se explorará detalladamente, comparando servicios básicos con actividades comerciales cotidianas y especializadas. La aplicación de H3 permitirá un análisis espacial preciso y eficiente para evaluar la accesibilidad y calidad de los espacios públicos, proporcionando información clave para la planificación urbana sostenible.

Introducción:

Quito, con su diversidad geográfica y cultural, se enfrenta al desafío de mejorar la habitabilidad en sus espacios públicos. Esta metodología combina tecnologías avanzadas como el SIG y el sistema de indexación espacial H3 para analizar la distribución de servicios y su impacto en la habitabilidad urbana, ofreciendo una perspectiva integral para la toma de decisiones urbanas.

Caracterización Comercial de Quito:

Quito, como ciudad capital de Ecuador, exhibe una caracterización comercial diversa que abarca desde mercados tradicionales en el Centro Histórico hasta zonas comerciales modernas en áreas urbanas. Esta caracterización se clasifica en dos categorías:

1. Actividades Comerciales Cotidianas:

Las actividades comerciales cotidianas son aquellas transacciones y servicios que los individuos realizan de manera regular y habitual en su vida diaria. Estas actividades abarcan una amplia gama de necesidades y conveniencias que satisfacen las demandas básicas y rutinarias de las personas. Algunas de las actividades comerciales cotidianas más comunes incluyen:

- **Compra de Alimentos:** La adquisición de productos alimenticios, ya sea en supermercados, mercados locales o tiendas de comestibles de barrio, constituye una actividad cotidiana esencial.
- **Servicios Financieros Básicos:** Las transacciones bancarias, retiros de efectivo, pagos de facturas y consultas de saldo son actividades cotidianas que involucran servicios financieros básicos.
- **Compra de Artículos de Uso Diario:** Adquirir productos de consumo diario, como productos de limpieza, artículos de higiene personal y productos para el hogar, es una actividad comercial frecuente.
- **Consumo de Comida Fuera del Hogar:** Incluye comer en restaurantes, cafeterías o adquirir comida para llevar como parte de las actividades diarias relacionadas con la alimentación.

-
- Transporte Público: Pagar por servicios de transporte público, como autobuses, metros o taxis, para desplazarse dentro de la ciudad es otra actividad comercial cotidiana.
 - Farmacias y Productos de Salud Básicos: La compra de medicamentos y productos de salud esenciales en farmacias es una actividad rutinaria para mantener la salud y el bienestar.
 - Recarga de Servicios Móviles: La recarga de teléfonos móviles o servicios de datos es una actividad comercial cotidiana que permite la comunicación continua.
 - Pago de Servicios Básicos: Incluye el pago de servicios como electricidad, agua, gas y otros servicios públicos esenciales para la vida cotidiana.

2. Actividades Comerciales Especializadas:

Las actividades comerciales especializadas son aquellas que se centran en la oferta de bienes y servicios altamente específicos y especializados, dirigidos a segmentos de mercado particulares que buscan productos o experiencias únicas y diferenciadas. Estas actividades suelen requerir un conocimiento más profundo y especializado por parte de los proveedores, y a menudo están orientadas a satisfacer demandas más específicas y nichos de mercado. Algunos ejemplos de actividades comerciales especializadas incluyen:

- Tiendas de Lujo: Establecimientos que ofrecen productos de alta gama, exclusivos y de calidad superior, destinados a clientes que buscan experiencias de compra exclusivas y productos distintivos.
- Galerías de Arte: Espacios que exhiben y venden obras de arte, orientadas a un público interesado en la apreciación y adquisición de arte visual, desde pinturas hasta esculturas.
- Centros Médicos Especializados: Hospitales, clínicas y consultorios médicos que se especializan en áreas específicas de la medicina, como cardiología, oncología, ortopedia, entre otros.
- Tiendas de Instrumentos Musicales: Comercios que ofrecen una amplia variedad de instrumentos musicales y accesorios especializados para músicos profesionales y aficionados.
- Spas y Centros de Bienestar: Establecimientos que brindan servicios de relajación, cuidado de la piel y terapias especializadas para aquellos que buscan experiencias de bienestar y rejuvenecimiento.
- Tiendas de Diseñadores Exclusivos: Boutiques que presentan colecciones de diseñadores reconocidos, ofreciendo moda de alta costura y accesorios únicos.
- Librerías Especializadas: Librerías que se centran en temáticas específicas, como literatura clásica, libros de arte, cómics o libros académicos, atrayendo a lectores con intereses particulares.
- Restaurantes Gourmet: Establecimientos culinarios que se especializan en la preparación y presentación de alimentos de alta calidad, a menudo con menús elaborados por chefs reconocidos.

3. Servicios básicos y esenciales de ciudad

Los servicios básicos en una ciudad abarcan una variedad de áreas que son fundamentales para garantizar el bienestar, la salud, la educación y la calidad de vida de sus habitantes. A continuación, se definen algunos de los servicios básicos esenciales que son imprescindibles en una ciudad:

- **Salud:** Incluye servicios de atención primaria, consultas médicas, servicios de enfermería y acceso a medicamentos esenciales.
Hospitales y Centros de Salud: Infraestructuras que proporcionan atención médica más especializada, servicios de emergencia y cuidados hospitalarios.
- **Educación:** Instituciones educativas que ofrecen educación básica y secundaria.
Centros de Formación Técnica y Profesional: Ofrecen capacitación técnica y profesional para preparar a individuos para el mercado laboral.
Universidades e Instituciones de Educación Superior: Brindan educación superior y oportunidades de investigación.
- **Transporte Público:** Sistema de Transporte Eficiente: Ofrece opciones de transporte público accesibles y confiables para facilitar el desplazamiento de la población.
- **Seguridad Pública:** Servicios de Policía y Emergencias: Asegura la seguridad ciudadana mediante la presencia policial y la capacidad de respuesta a situaciones de emergencia.
- **Acceso a Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC):** Conectividad y Telecomunicaciones: Facilita el acceso a internet, servicios telefónicos y otras tecnologías de comunicación para promover la conectividad y la participación en la sociedad global.

Indicador: Servicios Especializados

Ámbito: Complejidad Urbana

Título: Concentración de Servicios y Actividades Especializadas

Metodología: Análisis Espacial para la Concentración de Servicios y Actividades Especializadas de Quito utilizando Sistemas de Información Geográfica y su indexación en hexágonos H3.

Resumen:

Esta metodología se centra en el análisis espacial de la concentración de servicios y equipamientos especializados como: comunicación, centros de investigación, centros culturales y de creación artística de Quito. Mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el sistema de indexación espacial H3. La heterogeneidad u homogeneidad en la concentración de servicios y equipamientos de la ciudad se analiza, comparando el total de servicios y equipamientos, en contraste con los servicios y equipamientos especializados en cada hexágono. La aplicación de H3 permite un análisis espacial preciso y eficiente para evaluar la distribución de las actividades especializadas en la ciudad.

Introducción:

Quito, con su diversidad geográfica y cultural, se enfrenta al desafío de mejorar la distribución de servicios y equipamientos que permitan un desarrollo de actividades especializadas en el intercambio de conocimiento. Esta metodología combina tecnologías avanzadas como el SIG y el sistema de indexación espacial H3 para analizar la concentración de servicios y la disparidad de cobertura, ofreciendo una perspectiva integral para la toma de decisiones en la implementación de equipamientos y servicios especializados.

Equipamientos y servicios especializados

Son servicios especializados en la transferencia de conocimiento y servicios profesionales. Se desarrollan actividades que requieren conocimiento, insumos y equipamientos especializados. El objetivo consiste en la creación de una ciudad del conocimiento, es decir, que una ciudad cuenta con

una parte significativa de su estructura productiva y social especializada en la producción, uso e intercambio de conocimiento:

- Librería: Un establecimiento o lugar donde se venden y/o se prestan libros, revistas y otros materiales impresos, así como productos relacionados con la lectura y la escritura.
- Radios: Generalmente se refiere a equipos de radio, dispositivos electrónicos que reciben señales de radio para la reproducción de música, noticias, programas y comunicación.
- Televisión: Un medio de comunicación y entretenimiento que transmite imágenes en movimiento y sonido a través de ondas electromagnéticas o cables.
- Consultorías y oficinas de consultores: Empresas o profesionales que ofrecen servicios de asesoramiento y consultoría en diversas áreas, como negocios, finanzas, tecnología, recursos humanos, entre otros.
- Taller de pintura: Un lugar donde se realizan actividades relacionadas con la pintura artística o la reparación y pintura de vehículos u objetos.
- Taller electrónico: Un espacio donde se realizan actividades relacionadas con la reparación y el ensamblaje de dispositivos electrónicos.
- Imprentas y offsets: Establecimientos especializados en la impresión de materiales gráficos, como folletos, carteles, libros y otros productos impresos.
- Universidades: Instituciones de educación superior que ofrecen programas académicos de grado y posgrado, así como investigación.
- Institutos de educación superior: Centros educativos que ofrecen programas académicos y de formación técnica o especializada más allá del nivel de escuela secundaria.
- Asociaciones Profesionales: Organizaciones formadas por profesionales de un campo específico para promover el desarrollo y la colaboración en su industria.
- Centro de investigación: Un lugar dedicado a la investigación científica y/o tecnológica en diversas disciplinas.
- Teatro: Un lugar donde se realizan actuaciones en vivo, como obras de teatro, música y danza, para el entretenimiento del público.
- Museo: Institución cultural que alberga y exhibe objetos, arte, historia u otros elementos de interés cultural y educativo.
- Cine: Un lugar donde se proyectan películas para que el público las vea en una pantalla grande.
- Escuela: Un centro de educación formal donde los estudiantes reciben instrucción académica y formación.
- Colegio: Un tipo de escuela secundaria o preparatoria donde los estudiantes reciben educación secundaria.
- Consultorios jurídicos: Oficinas donde los abogados y profesionales legales brindan asesoramiento y servicios legales.
- Decorador de interiores: Profesionales que se especializan en el diseño y la decoración de espacios interiores.
- Servicios de planificación familiar: Servicios médicos y de asesoramiento relacionados con la planificación familiar y la salud sexual y reproductiva.
- Agencias de empleo: Empresas que ayudan a conectar a empleadores con candidatos para puestos de trabajo.
- Agencias de modelos y publicidad: Empresas que representan a modelos y ayudan en la promoción y gestión de campañas publicitarias.

- Agencias de viajes: Empresas que ayudan a planificar y organizar viajes y vacaciones.
- Aerolíneas: Empresas de transporte aéreo que brindan servicios de vuelo a pasajeros y carga.

Indicador: Comercio Formal

Ámbito: Comercio

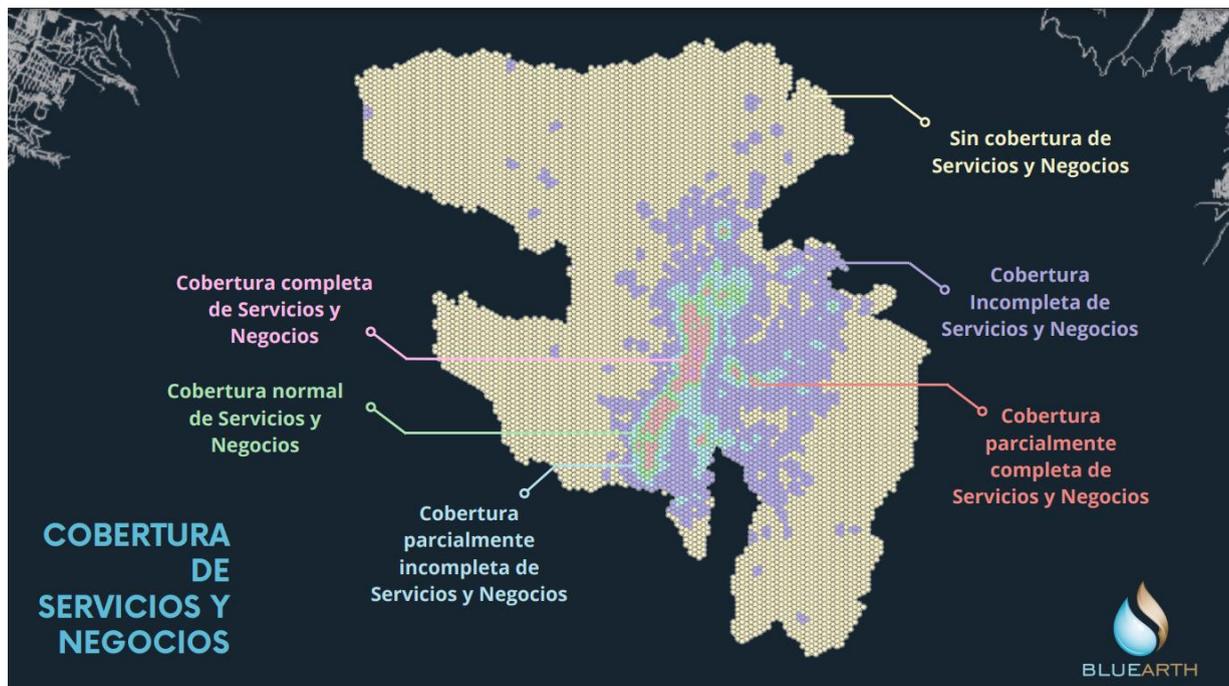
Título: Informalidad de comercios y servicios

Metodología: Análisis Espacial para el análisis de la formalidad de comercios y servicios en Quito utilizando Sistemas de Información Geográfica y su indexación en hexágonos H3.

1. Resumen:

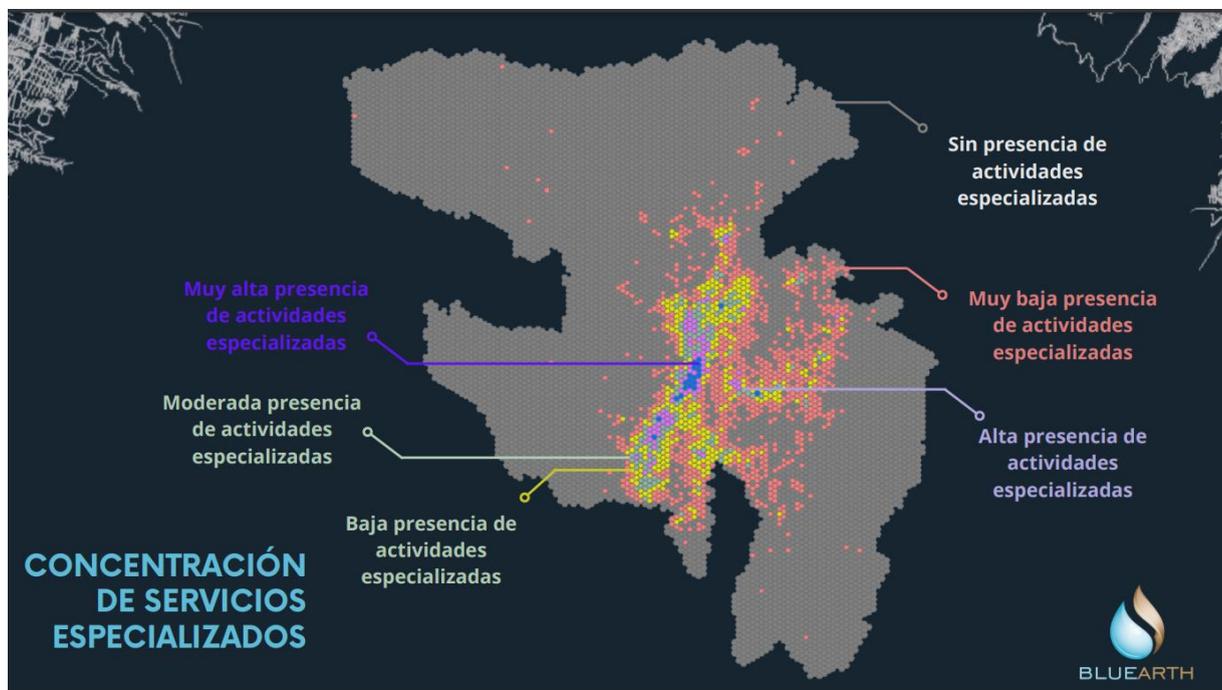
El informe presenta una metodología de análisis espacial en la ciudad de Quito, centrada en la informalidad de comercios y servicios. Utilizando la indexación espacial en hexágonos H3 y Sistemas de Información Geográfica (SIG), se dividió la ciudad para un análisis detallado. La caracterización comercial incluyó la identificación de áreas comerciales y la evaluación de servicios en distintos hexágonos. Se realizó un análisis de formalidad, diferenciando entre comercios formales e informales, y se consideraron aspectos de espacio público y habitabilidad. La comparación entre comercios formales e informales reveló patrones espaciales distintivos en distribución, accesibilidad, movilidad y calidad del espacio público. El análisis proporciona información valiosa para la planificación urbana y políticas comerciales en Quito.

8. Análisis de resultados



Indicador: Actividades Comerciales Cotidianas / Servicios Especializados

El análisis geoespacial revela patrones significativos en la distribución de servicios y negocios en el Distrito Metropolitano de Quito, sugiriendo desafíos clave en términos de accesibilidad y equidad. Vamos a explorar estas tendencias a partir de los datos obtenidos en la presente consultoría:



a. Concentración en el Hipercentro:

El hipercentro de Quito emerge como un núcleo central con una alta concentración de servicios y negocios. Esta área central, que incluye el Centro Histórico, tiende a ser un imán para una variedad de actividades comerciales, desde servicios básicos hasta especializados. La densidad comercial en esta zona puede facilitar la accesibilidad para aquellos que viven o trabajan en las cercanías.

b. Carencia de Servicios Básicos en Zonas Rurales:

Las áreas rurales del Distrito Metropolitano de Quito presentan una carencia significativa de servicios básicos. Esto sugiere desafíos en la provisión de servicios esenciales, lo que puede afectar la calidad de vida de las comunidades rurales. La falta de accesibilidad a servicios básicos puede contribuir a disparidades en el desarrollo y acentuar la brecha entre áreas urbanas y rurales.

c. Ausencia de Servicios Especializados en el Sur:

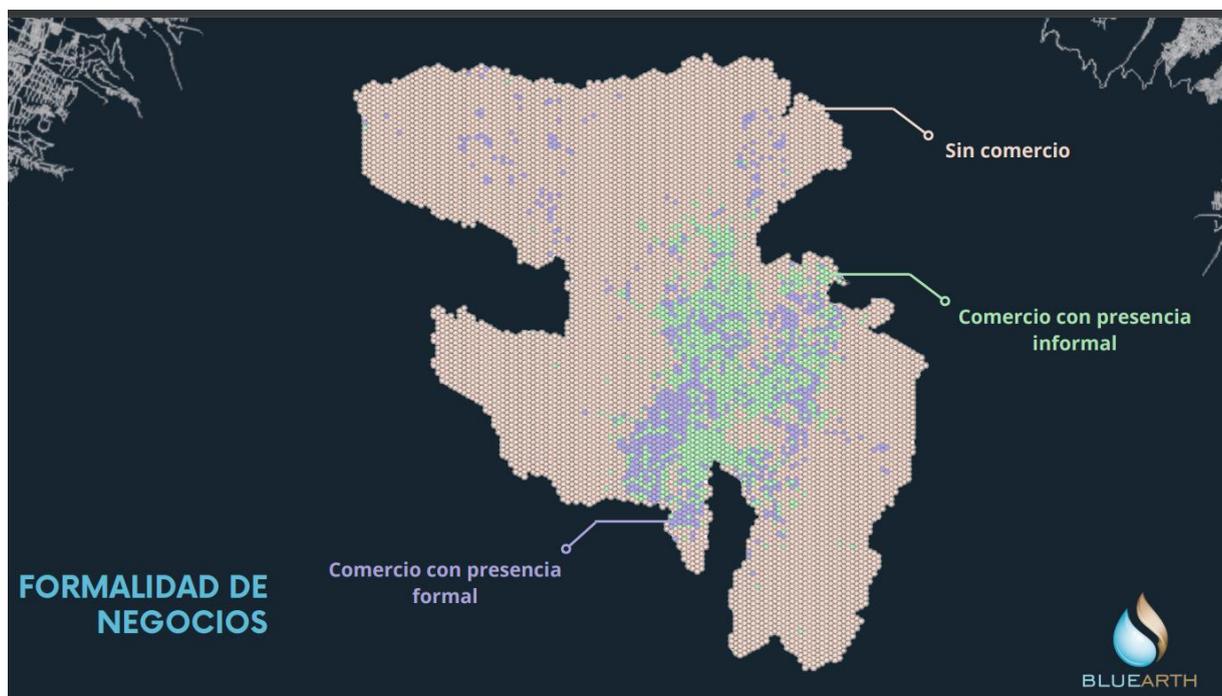
Se observa una ausencia notable de servicios especializados en el sur de la ciudad. Esta carencia puede limitar las oportunidades para los residentes del sur de Quito de acceder a servicios específicos que podrían mejorar su calidad de vida. La necesidad de desplazarse a otras áreas para acceder a servicios especializados puede generar inconvenientes y aumentar la carga de movilidad.

d. Aglutinación de Servicios en el Centro de Quito:

Además del hipercentro, el centro de Quito también aglutina una diversidad de servicios. Esta concentración puede generar congestión y desafíos adicionales en términos de movilidad. La competencia por recursos y la demanda de espacio pueden ser factores a considerar para garantizar una distribución equitativa de servicios en toda la ciudad.

Indicador: Comercio Formal

Se implementó un análisis de la formalidad de comercios y servicios, diferenciando entre establecimientos formales e informales. Se utilizó información de fuentes secundarias y de las LUAE del Distrito Metropolitano de Quito para clasificar los negocios según su estatus legal y contribuir a la comprensión de la economía informal en diferentes áreas.



a. Espacio Público y Habitabilidad:

Se incorporaron datos sobre espacio público y habitabilidad en el análisis, considerando cómo la presencia de comercios, especialmente los informales, afecta la calidad del espacio público y la habitabilidad en diferentes zonas de la ciudad.

b. Comparación entre Comercios Formales e Informales:

El análisis permitió una comparación detallada entre comercios formales e informales en Quito. Se identificaron patrones espaciales distintivos:

c. Distribución Espacial:

Los comercios formales tienden a concentrarse en áreas específicas, como el centro histórico y distritos comerciales designados. En contraste, los comercios informales están distribuidos de manera más dispersa, abarcando una variedad de áreas urbanas y periurbanas.

d. Accesibilidad y Movilidad:

La informalidad comercial puede afectar la movilidad y accesibilidad en áreas urbanas densas. La concentración de comercios formales en ciertas zonas podría generar congestión, mientras que la informalidad, al dispersarse, puede tener impactos variados en la movilidad.

e. Calidad del Espacio Público:

La presencia de comercios informales puede influir en la calidad del espacio público. La saturación de comercios informales en algunas áreas podría afectar la estética y funcionalidad del espacio público, destacando la importancia de estrategias de planificación urbana.

9. Conclusiones

La metodología de análisis espacial aplicada en Quito proporciona una visión detallada de la informalidad comercial y sus efectos en la ciudad. La caracterización comercial, la diferenciación entre comercios formales e informales, y la consideración del espacio público y la habitabilidad son elementos clave para comprender la dinámica urbana. Este análisis puede informar estrategias de desarrollo urbano, planificación comercial y políticas públicas destinadas a mejorar la calidad de vida en la ciudad.

A partir de los datos obtenidos en la consultoría, se ha llegado a conclusiones significativas sobre la distribución de servicios y negocios en el Distrito Metropolitano de Quito, destacando patrones de formalidad e informalidad. Estas observaciones proporcionan insights valiosos sobre la dinámica económica y las posibles implicaciones de la crisis económica en la ciudad.

Concentración de Servicios Informales en el Hipercentro y Ruralidad:

- Se ha identificado una concentración de servicios informales en el hipercentro de Quito y en áreas rurales. El hipercentro, que incluye el Centro Histórico, actúa como un imán para actividades comerciales informales. Esta concentración puede deberse a la alta densidad de población, la presencia de turistas y la accesibilidad en esta zona central. Por otro lado, la presencia de servicios informales en áreas rurales podría reflejar la necesidad de actividades económicas en estas comunidades, posiblemente debido a la falta de acceso a servicios formales.
- En contraste, el sur de la ciudad muestra una ausencia notable de servicios especializados. Esto implica que los residentes de esta zona pueden enfrentar dificultades para acceder a servicios específicos que podrían mejorar su calidad de vida. La necesidad de desplazarse a otras áreas genera inconvenientes y aumenta la carga de movilidad.

Alto Índice de Formalidad en el Sur:

Contrario a la concentración de servicios informales en el hipercentro, se ha detectado un alto índice de formalidad en el sur de la ciudad. Este fenómeno plantea interrogantes sobre las posibles razones detrás de esta formalidad. Podría ser indicativo de una actividad económica establecida y regulada en el sur, o posiblemente sugiere que algunos negocios formales en el sur no están siendo debidamente anunciados en fuentes secundarias de información. Este último escenario podría ser resultado de la falta de visibilidad de algunos negocios en las bases de datos públicas o comerciales.

Formalidad e Informalidad en el Centro de Quito, Valles y Calderón:

La concentración de servicios informales en el Centro de Quito, así como en Valles y Calderón, resalta la naturaleza diversa de la economía informal en diferentes zonas de la ciudad. Mientras el hipercentro puede atraer actividades informales debido a su dinamismo, la presencia de servicios informales en Valles y Calderón podría deberse a factores como la demanda local y la flexibilidad económica.

10. Recomendaciones

Mejora en la Distribución de Servicios:

Se recomienda una evaluación detallada de la distribución de servicios básicos y especializados para abordar las disparidades observadas. Estrategias de descentralización podrían ser consideradas para llevar servicios esenciales a áreas rurales y servicios especializados a regiones actualmente desatendidas.

Desarrollo de Infraestructuras en Zonas Rurales:

La inversión en infraestructuras en áreas rurales es esencial para garantizar el acceso equitativo a servicios básicos. La mejora de las conexiones de transporte y las redes de servicios puede contribuir significativamente al desarrollo sostenible de estas comunidades.

Planificación Urbana Integral:

En la planificación urbana, se debe tener en cuenta la concentración de servicios en el hipercentro y el centro de Quito. Se pueden implementar estrategias que fomenten el desarrollo equitativo de servicios en diferentes sectores de la ciudad, mitigando así los problemas de movilidad y la congestión.

Desarrollar estrategias de descentralización: Para abordar la concentración de servicios en el hipercentro y en el centro de Quito, se recomienda promover la descentralización de actividades comerciales y servicios hacia otras zonas de la ciudad. Para abordar la carencia de servicios especializados en el sur de Quito, se debe fomentar la inversión en esta región, atrayendo empresas y profesionales que ofrezcan servicios específicos. Esto podría lograrse a través de incentivos fiscales o facilidades para la apertura de negocios en áreas menos densamente pobladas, reduciendo la necesidad de desplazamientos prolongados.

Monitoreo y planificación urbana: Se recomienda un monitoreo continuo de la distribución de servicios en toda la ciudad y una planificación urbana estratégica que considere la distribución equitativa de actividades comerciales y servicios. Esto ayudará a evitar congestiones, mejorar la cobertura de servicios y optimizar la necesidad de desplazamientos a lo largo de la ciudad.

11. Glosario

Análisis Exploratorio de Datos (EDA): Enfoque que se utiliza para examinar y entender la estructura, patrones y relaciones en los datos antes de realizar análisis más complejos.

Caracterización Comercial: Análisis que identifica áreas de alta actividad comercial y evalúa la diversidad y especialización de los servicios ofrecidos en diferentes regiones.

Correlación Espacial: Evaluación de la similitud o relación entre los valores de una variable en diferentes ubicaciones geográficas.

Covariables: Variables independientes que se utilizan en la modelización de procesos puntuales para analizar su relación con la distribución de puntos de interés.

Depuración de Datos: Etapa del procesamiento de datos que implica la identificación y corrección de errores, inconsistencias y datos no relevantes en un conjunto de datos.

Duplicados de Datos: Registros repetidos en un conjunto de datos que deben ser identificados y eliminados para evitar distorsiones en el análisis.

Entropía de Shannon: Medida que cuantifica la incertidumbre o variabilidad en un conjunto de datos, utilizada en análisis espacial para evaluar la diversidad de puntos de interés.

Espacio Público y Habitabilidad: Consideración de cómo la presencia de comercios, especialmente los informales, afecta la calidad del espacio público y la habitabilidad en diferentes áreas urbanas.

Estadística Espacial: Aplicación de técnicas estadísticas para analizar datos que tienen una componente espacial, como la distribución de servicios en un área geográfica.

Formalidad Comercial: Evaluación que distingue entre establecimientos comerciales formales e informales, contribuyendo a comprender la economía informal en una zona geográfica.

Función Kernel: Método utilizado en análisis espacial para modelar la distribución de puntos en un área, lo que permite estimar la densidad de puntos en diferentes ubicaciones.

Georreferenciación: Asociación de datos a ubicaciones geográficas específicas, lo que permite su análisis y representación espacial.

Indexación Espacial con H3: Técnica que divide una región geográfica en hexágonos para permitir un análisis granular y detallado de patrones espaciales.

Índice de Densidad: Medida que indica la cantidad de puntos de interés por unidad de área en un análisis espacial.

Índice de Moran: Medida de autocorrelación espacial que evalúa si los valores de una variable están distribuidos de manera clúster o dispersa en el espacio.

Minería de Datos: Proceso de exploración y descubrimiento de patrones y tendencias en grandes conjuntos de datos, con el objetivo de obtener información valiosa.

Procesamiento de Datos: Conjunto de acciones y técnicas utilizadas para limpiar, transformar y preparar datos para su posterior análisis.

Matriz de Pesos Espaciales: Representación de la relación de vecindad entre ubicaciones geográficas, utilizada en análisis espacial para evaluar la influencia de ubicaciones cercanas.

Modelización de Procesos Puntuales: Aplicación de modelos matemáticos para comprender y predecir la distribución de puntos de interés en un área geográfica.

Sistema de Información Geográfica (GIS): Herramienta que permite la captura, almacenamiento, análisis y representación de datos geográficos.

12. Bibliografía

Aguilera, A., & Bárcenas, M. (2014). Medición de la diversidad comercial minorista en áreas urbanas a través del uso de los índices de Shannon-Weaver y de Ullman-Dacey. *Estudios Geográficos*

Biderman, C., Mentzingen de Mendonça, M., Alencar, P., Mello, S., Hiromi Oshiro, C., & Foditsch, N. (2021). *Big Data para el desarrollo urbano sostenible*. BID.

González Arellano, S., & Larralde Corona, A. H. (2019). *La forma urbana actual de las zonas metropolitanas en México: indicadores y dimensiones morfológicas*. México: Estudios Demográficos y Urbanos.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann.

Peng, R. D., & Matsui, E. (2015). *The Art of Data Science*. Leanpub.

Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible (sf.). *Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas*. Barcelona – España.

Soto-Zazueta, I. (2022). *Spatial Data Analysis: The Provision of Basic Public Services in Mexico*. *Sociedad & Economía*

Yu-Hsin, T. (2005). *Quantifying Urban Form: Compactness versus 'Sprawl'*.