

VERSIÓN 1.0

**INFORME TÉCNICO DE INCORPORACIÓN DE VARIABLES Y
LA GENERACIÓN DE INDICADORES DEMOGRÁFICOS EN
ÁREAS ADMINISTRATIVAS Y METODOLOGÍA PARA EL
PROCESAMIENTO EN MALLAS ESTADÍSTICAS**

PRODUCTO II - MES 2

IMPU

PRESENTADO POR:

DAVID SANCHEZ SORIA

CONTENIDO

1	RESUMEN EJECUTIVO.....	3
2	INTRODUCCIÓN.....	5
2.1	Objetivo del informe técnico.....	5
2.2	Justificación de la metodología.....	6
2.3	Alcance Geográfico y análisis espacial de Distrito Metropolitano de Quito	7
3	RECOPIACIÓN DE DATOS DEMOGRÁFICOS.....	9
3.1	Fuentes de datos demográficos	9
3.2	Datos censales.....	10
3.3	Proyecciones poblacionales	11
3.3.1	Proyecciones Poblacionales INEC.....	11
3.3.2	Proyecciones WorldPop	12
4	PROPUESTA DE GRILLAS ESTADÍSTICAS	14
4.1	Metodología de la generación de grilla para el DMQ	16
4.1.1	Grilla de Cuadrados escala 1000*1000	19
4.1.2	Grilla de Cuadrados escala 500*500	20
4.1.3	Grilla de Cuadrados escala 250*250	21
4.1.4	Grilla de hexágonos.....	21
5	ANÁLISIS DE DATOS DEMOGRÁFICOS	23
5.1	Variables Demográficas Consideradas	23
5.1.1	Agregación de Variables.....	27
5.2	Calculo de los indicadores demográficos.....	31
5.3	Agregación de datos de proyecciones poblacionales de WorldPop	34
6	ANÁLISIS ESPACIALES Y GEORREFERENCIACIÓN	35
6.1	Análisis de dinámica poblacional 2010 (Censo de Población) y Proyección de población WorldPop (2020).....	35

6.2 Mapeo de información demográfica..... 37

7 Conclusiones 49

7.1 Resumen de hallazgos..... 49

7.2 Implicaciones para el estudio de la ciudad 51

8 Recomendaciones 52

8.1 Sugerencias para futuras investigaciones 52

8.2 Mejoras en la recopilación y análisis de datos..... 52

8.2.1 Problema de unidades de área modificable, PUAM –Modifiable Areal Unit Problem o MAUP 53

*IMPU***1 RESUMEN EJECUTIVO**

Este informe técnico tiene como objetivo principal presentar la metodología y el análisis llevado a cabo para comprender la dinámica demográfica en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). La necesidad de este enfoque integral se fundamenta en la complejidad de la gestión y planificación urbana en la región.

La justificación de la metodología propuesta radica en la imperante necesidad de abordar de manera precisa la recopilación, procesamiento y análisis de datos demográficos, considerando variables pasadas, actuales y futuras. Se destaca la importancia de la información demográfica para comprender la evolución de la ciudad y su impacto en la formulación de políticas públicas locales.

La metodología propuesta se centra en la utilización de técnicas de teselado regular o grillas estadísticas, destacando su eficacia para garantizar la anonimización de datos y facilitar un análisis espacial detallado. Se resalta la relevancia de las unidades censales menores, como las manzanas, que son subutilizadas a pesar de su utilidad en la planificación de servicios municipales y políticas sociales.

La recopilación de datos demográficos se realiza a través de fuentes como el Censo de Población y Vivienda del 2010 y 2022, así como las proyecciones de población de WorldPop. Estos datos se integran en un Marco Geoestadístico Nacional que incluye zonas censales, sectores censales, y manzanas y localidades, entre otros.

La propuesta de grillas estadísticas se presenta como una herramienta valiosa para la agregación de datos demográficos, permitiendo la incorporación de información en diversas unidades espaciales. Se sugiere la utilización de grillas cuadrangulares y hexagonales, destacando las ventajas de estas últimas en términos de equidad en la distribución, reducción del sesgo direccional y mejor representación de áreas irregulares.

La metodología de generación de grillas se realiza mediante un script de R compatible con el Marco Geoestadístico del INEC. Este script automatiza la creación de grillas, ofreciendo aplicaciones en análisis espacial, visualización de datos, planificación y gestión urbana, así como en machine learning espacial.

El análisis de datos demográficos se enfoca en variables clave obtenidas a través de la agregación de datos censales y proyecciones poblacionales. Se destaca la importancia de considerar una amplia gama de variables demográficas para una comprensión integral de la población.

En el apartado del análisis Demográfico y espacial, el documento aborda el análisis espacial y la georreferenciación en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), centrándose en la dinámica poblacional entre 2010 y 2020. Utilizando información del Censo de Población y la Proyección de población WorldPop, se crearon capas de información multitemporales agregadas en grillas estadísticas cuadrangulares y hexagonales. Los resultados revelaron cambios significativos en la dinámica demográfica del DMQ, destacando áreas de crecimiento y disminución poblacional. El análisis detallado muestra diferencias notables en la distribución espacial de la población, con zonas de ganancias y pérdidas significativas. Se subraya la importancia de complementar estos hallazgos con el censo 2022 para evitar dependencias en proyecciones poblacionales.

Además, se incluyó se realizó un mapeo de información demográfica, destacando indicadores clave como la densidad de población, la relación de adultos mayores/jóvenes, la relación niños/mujeres, el porcentaje de mujeres en edad fértil, la relación de dependencia y el índice de envejecimiento. Los resultados resaltan la utilidad de herramientas de análisis espacial, como HotSpot Analysis, para identificar clústeres demográficos. Se enfatiza la necesidad de un enfoque regional en la planificación urbana, reconociendo la interconexión de comunidades y la importancia de la coordinación institucional para abordar eficazmente los retos demográficos en el área metropolitana del DMQ.

2 INTRODUCCIÓN

El informe contiene el resumen metodológico y los principales hallazgos para el procesamiento de la información demográfica en áreas censales menores y grillas estadísticas, conjunto con una guía detallada para la depuración de los datos demográficos relevantes para el estudio de la ciudad de Quito.

El Instituto Metropolitano de Planificación Urbana (IMPU) tiene como objetivo principal desarrollar una estrategia integral para la ciudad, abordando el concepto del derecho a la ciudad desde una perspectiva amplia y multidimensional. Esta aproximación considera la interacción entre la política pública, las condiciones socioeconómicas de la sociedad y el proceso de representación. En este sentido, la realización de los estudios demográficos son esenciales para medir y dar seguimiento a una amplia variedad de variables. Estas variables ayudarán en la evaluación de las políticas públicas a nivel local.

En concordancia con sus objetivos y responsabilidades, el IMPU se enfoca en la generación de estudios relacionados con la planificación estratégica en términos económicos y sociales para la ciudad. Esto permitirá comprender el papel de la cultura ciudadana en la ejecución de la política pública, con el propósito de fomentar la participación de los ciudadanos en la formulación y gestión de las políticas públicas del Municipio de Quito (MDMQ).

En este sentido, Ecuador se encuentra dentro del periodo de bono demográfico, es así que las variables demográficas, de fecundidad (Villacis & Carillo, 2012), mortalidad y migraciones es considerada de gran importancia en el análisis del crecimiento poblacional, razón por la cual la es de mucha importancia analiza sus niveles y tendencias; más aún para ciudades como la Capital, el Distrito Metropolitano de Quito.

El IMPU, por tanto, se compromete a generar estudios que faciliten la planificación estratégica considerando factores económicos y sociales. Entender cómo la cultura ciudadana influye en la política pública es vital para fomentar la participación cívica en la formulación y gestión de estas políticas. Solo a través de una participación ciudadana activa y datos demográficos bien fundamentados, el Municipio de Quito podrá diseñar estrategias que no solo aborden las necesidades actuales de su población sino que también preparen la ciudad para los desafíos futuros.

2.1 Objetivo del informe técnico

El presente informe tiene como objetivo principal definir un marco metodológico riguroso y sistemático para la recolección, procesamiento y análisis de datos demográficos, implementando el

uso de áreas censales menores y su organización en grillas estadísticas. Este enfoque permite una interpretación más precisa de la dinámica poblacional y facilita la formulación de políticas públicas informadas para el Distrito Metropolitano de Quito.

En segundo término, se busca consolidar la utilización de la técnica de agregación en teselares regulares, o grillas estadísticas, como medio para la anonimización de datos y el análisis espacial multitemporal. Esta técnica es crucial para mejorar la interpretación de las dinámicas demográficas y para el desarrollo de políticas públicas más efectivas, respondiendo de manera adecuada a los cambios y necesidades de la población en el espacio urbano.

Adicionalmente, este informe se propone:

Identificar y analizar patrones y tendencias poblacionales en el espacio urbano, integrando estos hallazgos en la líneas de planificación y actividades del proyecto, para un mejor entendimiento de las interacciones socioespaciales.

Completar la elaboración de una guía meticulosa para la limpieza y manejo de datos demográficos pertinentes, que incluya información de censos anteriores, proyecciones poblacionales, densidad, distribución y tendencias en áreas clave de la ciudad.

Diseñar los conceptos clave para el desarrollo de presentaciones para la capacitación del personal del IMPU, en relación con los estudios demográficos realizados y su aplicación práctica en la planificación urbana.

2.2 Justificación de la metodología

La justificación metodológica propuesta radica en la necesidad imperante de abordar de manera integral la gestión y planificación urbana en el Distrito Metropolitano de Quito. Dada la complejidad de este enfoque, resulta crucial contar con una metodología precisa para la recopilación, procesamiento y análisis de datos demográficos, pasados, actuales y futuros.

La justificación se fundamenta en la necesidad de medir y dar seguimiento a una amplia gama de variables demográficas que inciden directamente en la formulación y evaluación de políticas públicas locales. La información demográfica, incluyendo datos censales, proyecciones poblacionales y distribución geográfica de las variables, es esencial para comprender la dinámica de la ciudad y su evolución a lo largo del tiempo.

Además, el uso de técnicas de teselado regular o grillas estadísticas promete ser una herramienta eficaz para garantizar la anonimización de los datos y permitir un análisis espacial detallado que facilite la toma de decisiones informadas en la planificación urbana.

Así también, el uso del espacio como categoría de análisis ha sido subrayado en estudios en distintas áreas como salud, educación, seguridad, planificación, entre otros; en tanto la identificación de patrones de asentamiento territorial permite indagar sobre factores culturales, económicos, demográficos y ambientales asociados, que se encuentran presentes en todas las escalas en las cuales se represente el espacio.

Ecuador cuenta con información espacial disponible del Censo de Población y Vivienda del 2010 y 2022 (aun en procesamiento hasta la fecha actual), a nivel político administrativo: Provincial, Cantonal (Municipios) y Parroquial. Además, cuenta con la división de áreas censales menores como las zonas, sectores y manzanas censales. Esta desagregación geográfica y su codificación -denominada actualmente como MarcoGeoestadístico- permite analizar la localización territorial de la población y sus características a una escala territorial menor.

Las unidades censales menores -como las manzanas- pocas veces se analizan, a pesar de ser una herramienta muy útil para estudiar la concentración de la población sobre áreas concretas del territorio. Elementos que deberían tenerse en cuenta, por ejemplo, en la planificación de los servicios municipales o políticas sociales y que se ha abordado muy esporádicamente a este nivel a nivel latinoamericano (Recaño Valverde 2010).

Es importante comprender que los factores ambientales, demográficos, sociales y culturales (entre otros) que se desee estudiar para el análisis de situaciones concretas presentan diferenciales en todas las escalas con que se represente el espacio. De esta forma, cada escala de análisis evidencia un contenido propio del territorio enfocado (Barcellos 2003).

En este contexto, la metodología propuesta se justifica como un paso fundamental para lograr una gestión más eficiente y participativa de las políticas públicas en el Municipio de Quito.

2.3 Alcance Geográfico y análisis espacial de Distrito Metropolitano de Quito

El área del presente análisis no solo toma como referencia al Distrito Metropolitano de Quito, sino también a dos de los municipios aledaños (Cantón Mejía y Rumiñahui) que tiene una fuerte influencia poblacional. La unión de estos municipios da como resultado el conurbano de Quito – Sangolquí – Mejía con un área combinada de 5836 kilómetros cuadrados. El análisis de esta conurbación, contribuye a un mayor entendimiento de la dinámica de la población en su conjunto y pretende ser la base empírica para una mayor coordinación y cooperación entre municipios que permita la implementación de políticas públicas conjuntas.

El conurbano de Quito se encuentra ubicada al norte del Ecuador, en la provincia de Pichincha. La población para el año 2010 fue de 2.406.378 habitantes, según el Censo de Población y Vivienda de noviembre del 2010. La mayor parte de la población está concentrada el Distrito Metropolitano de Quito (aproximadamente un 93%).

La tabla muestra los cálculos de las principales medidas espaciales y categóricas del conurbano de Quito y su respectivo análisis se detalla a continuación. Se añadió datos del conurbano de Guayaquil (Guayaquil-Duran-Samborondón) para el cálculo de los índices de primicia y la explicación del poli centrismo en las ciudades en el Ecuador.

Medidas Espaciales y Categóricas del conurbano de Quito, censo 2010.

Conurbano Quito	Urbano	Rural	Total
Densidad Hab/Km2	5.213	38	412
Área Km2	422,3	5.413,6	5.836,0
Porcentaje población urbana	91,50%		
Razón Urbano/Rural x100	1.076		
Población	Conurbano Quito	Conurbano Guayaquil	Ecuador
Población urbana	2.201.786	2.552.167	9.090.786
Población rural	204.592	102.107	5.392.713
Total	2.406.378	2.654.274	14.483.499
Índice	Conurbano Quito	Conurbano Guayaquil	Total
Índice de Primicia (IP)	24,22%	28,07%	52,29%
Índice de Concentración Urbana (ICU)	15,20%	17,62%	32,82%
IP Guayaquil Quito	115,91%		

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Ecuador, INEC

Elaboración: Autor

Como medida de análisis inicial se procedió a calcular la densidad poblacional del área urbana y el área rural. En términos generales la densidad poblacional urbana es de 5.213 habitantes por kilómetro cuadrado mientras que la densidad rural es solamente de 38 habitantes por kilómetro. Cabe resaltar que el área urbana considera los sectores amanzanados del censo de población, en otras palabras, áreas totalmente urbanizadas. Sin embargo, si calculamos la densidad poblacional de todo el conurbano de Quito con la población urbana y rural, esta es de 412 habitantes por kilómetro cuadrado.

El porcentaje de la población urbana asciende a 91,5%, lo que representa un alto grado de concentración urbana. La razón urbano/rural calculada, es de 1076 habitantes urbanos por cada cien habitantes rurales.

Si calculamos el Índice de Concentración Urbana (ICU), nos indica una representatividad del 15,2% de la población total del país. Situando el área como la segunda concentración poblacional del Ecuador, en comparación con el conurbano de Guayaquil que representa el 17,6%. De igual manera, el Índice de Primicia (IP) para el conurbano de Quito constituye el 24,22% de la población urbana del país, el mismo, es un valor algo más bajo que el índice de primicia del conurbano de Guayaquil con el 28%. Lo que nos da a entender que en Ecuador existe una relación bicéfala en el sistema urbano, que en conjunto corresponde al 32% de la población total del país y el 52% de su población urbana.

El análisis de las características espaciales y de distribución de la población del conurbano de Quito, circunscribe a la población urbana y rural, tomando en cuenta que la población es un continuo del espacio, al cual no le afectan los límites político-administrativos. Por ello, el objetivo de la presente análisis considera los sectores urbanos y rurales del conurbano con sus respectivas variables. El mapa a continuación muestra la ubicación del área de estudio y concentración poblacional del conurbano de Quito.

3 RECOPIACIÓN DE DATOS DEMOGRÁFICOS

3.1 Fuentes de datos demográficos

Las fuentes de datos para la generación de la presente metodología se resumen en el siguiente cuadro:

Fuente	Año	Desagregación (mayor)	Fuente
7mo Censo de población y 6to de Vivienda	2010	Manzanas/Localidades	INEC
8vo Censo de población y 7mo de Vivienda	2022	Cantón/parroquias (5 diciembre 2023)	INEC
Proyección de Población	2020	Cantón	INEC
Proyección de Población.	2021	Tesela de 100 metros	WordPop

Elaboración: Autor

El objetivo de enlistar las fuentes actuales de Información demográfica para el DMQ radica en la necesidad de realizar un seguimiento continuo de actualización de la información disponible.

A continuación, se analizan las diferentes fuentes demográficas enlistadas.

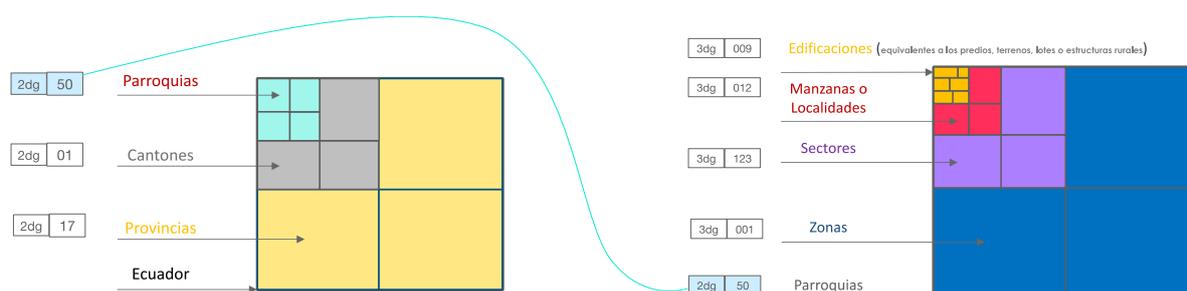
3.2 Datos censales

Para comprender la desagregación de los datos censales del Ecuador es importante revisar de que se compone el Marco Geoestadístico Nacional. Se define como Marco Geoestadístico un “sistema que facilita la integración de información estadística con información geoespacial. A nivel mundial, existe el Marco Global Estadístico Geoespacial (GSGF por sus siglas en inglés) de la UN-GGIM la cual establece principios y otros elementos clave de apoyo para la producción de datos geoestadísticos armonizados y estandarizados. La integración de este tipo de información en la planificación es de alta relevancia en la toma de decisiones que contribuyen al desarrollo y prosperidad de los países.”

INEC, 2022

Así, el Marco Geoestadístico Nacional del INEC comprende e integra la información censal en los siguientes elementos: Zonas Censales, Sectores censales, área Amanzanada Censal, Localidad Amanzanada, Manzana censal, Edificio Censal, Vivienda Censal y Grilla Estadística. Para el caso del Ecuador, se pueden definir dos Marcos geoestadísticos útiles para el presente análisis metodológico. Uno es la base cartográfica del censo 2010 que cuenta con la correspondencia a los datos censales del 2010; y el segundo es la actualización cartográfica del censo de población 2022. Este

El siguiente gráfico ejemplifica tanto la herencia como la codificación del Marco Geoestadístico de Ecuador.



Fuente: INEC
Elaboración: Autor

La tabla a continuación resume la cantidad de áreas en las que la información censal disponible puede ser agregada:

A nivel Nacional

	2010	2022 (Base Precenso)
Zonas Censales	3.871	5.888
Sectores Censales	40.681	52.898
Manzanas y Localidades Censales	252.235	294.052
Edificaciones censales	2.916.644	5.578.227

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Ecuador, INEC

Elaboración: Autor

Para el censo de población y vivienda del año 2010, se cuenta con una geodatabase liberada a nivel de manzana disponible en la página web del INEC.

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Geografia_Estadistica/Micrositio_geoportal/index.html.

En cuanto a las variables de información demográfica del censo 2010, estas se encuentran separadas de la base geográfica por lo que es imprescindible realizar un “match” de los códigos de las áreas menores para realizar los análisis estadísticos. La información del censo a nivel de manzanas y localidades se encuentran en la siguiente dirección: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010-a-nivel-de-manzana/>

En el caso del Marco Geoestadístico 2022, actualmente solo se cuenta disponible la base geográfica del Levantamiento precensal (2021) y de actualización Cartográfica previa al censo de población del 2022. Se estima que en los próximos meses se libere la información censal incluida en la base geográfica a niveles menores como Sector Censal y Manzana/Localidad Censal Anonimizada.

Cabe recalcar que la metodología propuesta en este documento puede ser replicada en el censo 2022, cuando los datos se encuentren disponibles.

3.3 Proyecciones poblacionales

3.3.1 Proyecciones Poblacionales INEC

La fuente de datos oficial de proyecciones de población a nivel nacional es el Instituto Nacional de estadísticas y Censos (INEC). En la página web de la institución se encuentra la información de las proyecciones realizadas para los años posteriores al censo del 2010, hasta el año 2020.

Cabe recalcar que la desagregación menor de la proyección de población presentada se la realizó a nivel de cantón -utilizando la DPA del 2010- y esto conlleva a descartar dicha información para ser utilizada en áreas menores en un SIG.

Sin embargo, se presenta como una fuente de análisis secundario para posteriores investigaciones.

La información se encuentra en la siguiente dirección:

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>

3.3.2 Proyecciones WorldPop

WorldPop.org es una organización que se dedica a la proyección de población a nivel mundial, utilizando tecnologías geoespaciales y datos de alta resolución. Algunas de las características clave de su trabajo incluyen:

Datos de Población de Alta Resolución: WorldPop utiliza datos de alta resolución para proyectar la distribución de la población a niveles detallados, permitiendo una representación más precisa de la densidad poblacional.

Modelos Estadísticos y Demográficos: Se utilizan modelos estadísticos y demográficos para estimar la distribución de la población en áreas donde los datos pueden ser limitados o inexistentes. Estos modelos se basan en diversas fuentes de datos, como censos, encuestas y registros geoespaciales.

Actualización Continua: WorldPop se esfuerza por mantener sus proyecciones de población actualizadas de manera regular, de modo que reflejen cambios demográficos y otros factores relevantes en tiempo real.

Esta información se encuentra lista para ser valorada en áreas menores e introduce el concepto de grilla estadística en la producción de información demográfica y análisis espacial. Es así como el formato presentado por WordPop, se encuentra en un ráster de resolución espacial de 100m. En el punto 5.3 Agregación de datos de proyecciones poblacionales de WorldPop, del presente documento, se trata a detalle el modelo de proyección, así como sus características y limitaciones.

La fecha a la que se tiene la última actualización de la proyección de población corresponde al año 2021, adicionalmente al modelo consistente de datos del 2020. Los datos se encuentran en las siguientes direcciones:

<https://hub.worldpop.org/geodata/listing?id=78>

https://data.worldpop.org/repo/prj/UNFPA_LACRO/

4 PROPUESTA DE GRILLAS ESTADÍSTICAS

La agregación de datos demográficos en grillas estadísticas se revela como una herramienta sumamente valiosa, proporcionando al usuario la versatilidad de incorporar información en diversas unidades espaciales, ya sea en áreas de enumeración preexistentes o proyecciones. Estas estimaciones pueden consolidarse no solo en diferentes niveles de unidades administrativas, sino también en unidades espaciales que trascienden los límites administrativos, como el área de influencia de una escuela o hospital. Este enfoque posibilita la integración y análisis de datos con una variedad de conjuntos espaciales adicionales, algo que no sería factible mediante recuentos censales estándar vinculados exclusivamente a límites administrativos.

Autores como Birch et al. 2007, ha evidenciado que las cuadrículas rectangulares prevalecen como el modelo espacial dominante en investigaciones, principalmente debido al uso extendido de modelos ráster en Sistemas de Información Geográfica. A su vez, señalan que las cuadrículas hexagonales encuentran su mayor aplicación en la representación abstracta de ubicaciones espaciales. Birch destaca, de manera concluyente, que una ventaja fundamental de la cuadrícula hexagonal radica en la clara definición de la vecindad más cercana: cada hexágono tiene seis hexágonos adyacentes en posiciones simétricamente equivalentes, según su estudio de 2000.

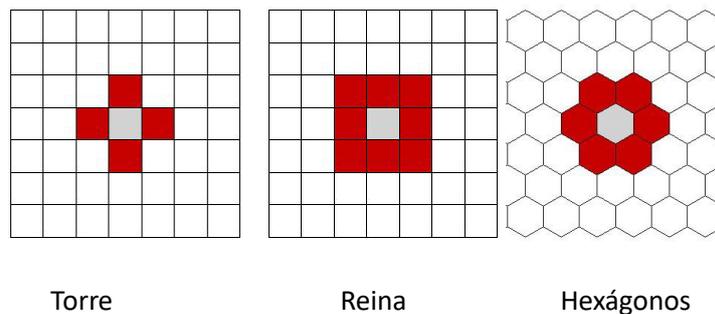
Para el modelo que proponemos en este trabajo, hemos establecido la resolución de la cuadrícula hexagonal mediante hexágonos compuestos, cada uno formado por un hexágono completo y seis mitades (4 hexágonos). Birch (2017) sostiene que estos esquemas jerárquicos son particularmente idóneos cuando no existe una transferencia directa de información entre capas, como es el caso cuando un Sistema de Información Geográfica integra capas con diversas resoluciones derivadas de datos externos.

En este sentido, si miramos la información existente, fuentes como WorldPop produce una variedad de conjuntos de datos y herramientas de estimación de población en grillas cuadrangulares estadísticas, y la elección de cuál utilizar depende de sus necesidades y situación.

Adicionalmente, el análisis metodológico propuesto pretende unificar y estandarizar el uso de la **grilla cuadrangular** propuesta por el INEC en su Marco Geoestadístico en el nivel de 1Kmx1Km y la generación de grillas anidadas de mayor escala: 500mx500m y 250mx250m para el análisis de la información censal 2010 y próximamente la del censo 2022.

Finalmente, se propone el uso de una **grilla hexagonal** normada que complementa a la establecida por el INEC. A continuación, se describen las ventajas del uso la misma:

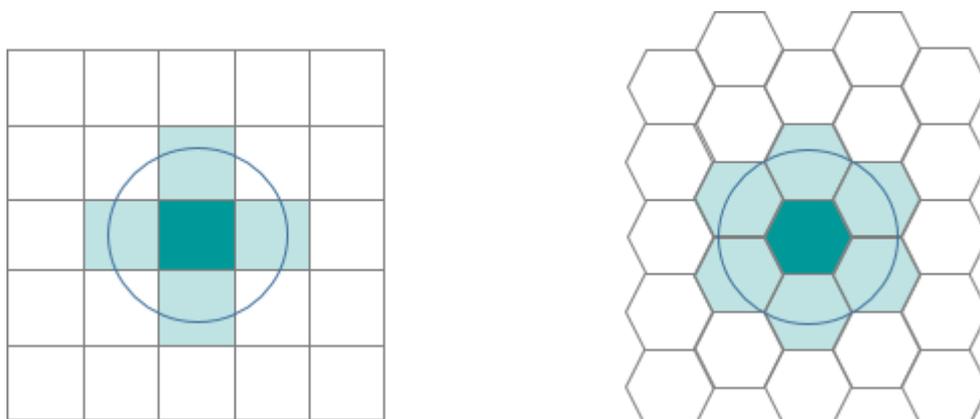
Equidad en la Distribución: La disposición de las celdas hexagonales exhibe una distribución más equitativa y uniforme en comparación con las celdas cuadrangulares. Esto implica que la distancia promedio entre un punto y sus vecinos se mantiene de manera constante en una grilla hexagonal, lo que puede resultar en un análisis espacial más preciso y equitativo. En el análisis espacial se considera la vecindad y la distancia del polígono que se estudia, por lo que la equidistancia del arreglo de celdas hexagonales favorece el análisis de variables demográficas.



Fuente: Spatial Analysis and Modeling, Guofeng Cao, Department of Geosciences, Texas Tech University

Para generar el análisis de polígonos cuadrangulares, se puede elegir solo bordes de contigüidad (a veces llamado el Caso de la Torre) o bordes y esquinas de contigüidad (a veces denominado Caso de la Reina). En el caso de los hexágonos, la continuidad de bordes y la equidistancia favorece el análisis y los resultados.

Reducción del Sesgo Direccional: La orientación de las celdas hexagonales minimiza el sesgo direccional que podría estar presente en una grilla cuadrangular. A diferencia de una grilla cuadrada, donde la dirección de los ejes puede influir en los resultados del análisis, las celdas hexagonales no poseen un sesgo direccional inherente.



Fuente: ESRI 2022

Mayor Eficiencia en la Cobertura del Área: Las celdas hexagonales cubren el área de manera más eficiente en comparación con las celdas cuadrangulares, lo que implica que se requieren menos celdas

para abarcar la misma extensión total. Este aspecto puede resultar beneficioso en términos de almacenamiento y procesamiento de datos, especialmente al manejar conjuntos de datos extensos.

Menor Superposición: Las celdas hexagonales tienden a presentar una superposición más uniforme en comparación con las celdas cuadrangulares, facilitando así la interpretación y comparación de datos. La superposición uniforme también contribuye a la reducción de problemas asociados con la interpolación espacial.

Mejor Representación de Áreas Irregulares: Las celdas hexagonales se ajustan de manera más natural a la forma de áreas irregulares, como ciudades o regiones con contornos no lineales. Este aspecto proporciona una representación más fiel de la realidad, mejorando la capacidad de la grilla para reflejar con precisión las características geométricas de las áreas analizadas.

4.1 Metodología de la generación de grilla para el DMQ

La grilla geoestadística se genera de manera automática a través de un script de R creado por el investigador Marlon Yáñez, y es compatible con la grilla generada por el INEC como parte del Marco Geoestadístico para la aplicación de resultados del censo de población 2022.

Este script de R genera una cuadrícula o grilla regular sobre un área geográfica definida por una capa poligonal. Cada celda de la grilla tiene un tamaño definido y un código único basado en su posición. La rutina se encuentra disponible en la siguiente dirección:

<https://github.com/myanez11595/Malla-Bricks-/blob/main/RUTINA.R>

```
library(sf)

library(raster)

# Cargar la capa poligonal

capa_poligono <- st_read("tu_direccion/poligono.shp") # Reemplaza con la ruta de tu archivo

# Obtener los límites de la capa poligonal

limites <- st_bbox(capa_poligono)

# Definir la resolución de la malla

resolucion <- 1000 # 1 km = 1000 m

# Crear una cuadrícula regular con la resolución deseada

malla <- raster::rasterToPolygons(raster::raster(extent(limites), resolution = resolucion))

malla <- st_as_sf(malla)

# Agregamos el sistema de referencia a la malla
```

```

malla <- st_set_crs(malla, 32717)

centroides <- st_centroid(malla)

coords <- st_coordinates(centroides) %>% as.data.frame()

# Crear las columnas separadas de latitud y longitud

malla$X <- coords[, "Y"]

malla$Y <- coords[, "X"]

num_letras <- length(unique(malla$Y))

# Función para convertir un número en letras según el sistema de numeración de Excel

num_to_letras <- function(num) {

  div <- num %/% 26

  mod <- num %% 26

  if (mod == 0) {

    mod <- 26

    div <- div - 1

  }

  if (div > 0) {

    return(paste0(num_to_letras(div), LETTERS[mod]))

  } else {

    return(LETTERS[mod])

  }

}

# Crear el vector de letras siguiendo el sistema de numeración de Excel

codigo_x <- sapply(1:num_letras, num_to_letras)

codigo_x <- rep(codigo_x, times = length(unique(malla$X)))

num_y=length(unique(malla$X))

rm(codigo_y,codigo_y1)

while (num_y>0) {

  codigo_y1 <- rep(num_y,length(unique(malla$Y)))

  num_y=num_y-1

  if(exists("codigo_y")){

    codigo_y=c(codigo_y,codigo_y1)

  }

}

```

```

}else{
  codigo_y=codigo_y1
}
}
# Agregar los códigos únicos a la malla
# Editar en caso de generar una malla para la zona insular
malla$COD <- paste0("C+",codigo_x, codigo_y)
# Guardar la capa
# cambiar la direccion de salida
st_write(malla,"direccion_de_salida/Malla_salida.shp")

```

“La utilidad de esta malla radica en su capacidad para dividir un área geográfica en unidades espaciales uniformes. Esto es útil para una variedad de aplicaciones en análisis de datos, ciencia de datos y planificación, incluyendo:

- *Análisis Espacial: La malla puede ser utilizada para realizar análisis espaciales, como la interpolación de datos, el análisis de hotspots o la identificación de patrones espaciales.*
- *Visualización de Datos: Las celdas de la malla pueden ser coloreadas o sombreadas para representar diferentes valores de datos, facilitando la visualización y comprensión de los patrones espaciales en los datos.*
- *Planificación y Gestión: En el campo de la planificación urbana y ambiental, las mallas se utilizan a menudo para modelar y gestionar fenómenos espaciales, como el uso del suelo, la distribución de la población o el impacto ambiental.*
- *Machine Learning Espacial: En ciencia de datos, las mallas pueden ser utilizadas como entrada para algoritmos de machine learning que incorporan información espacial.*

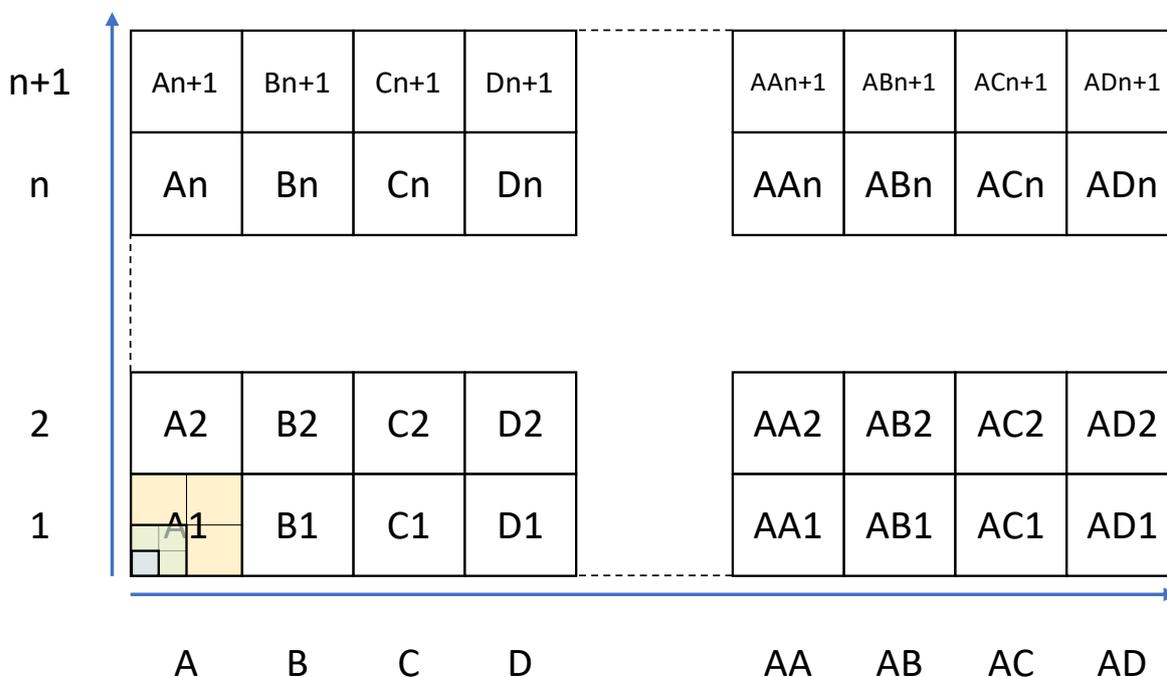
Por lo tanto, este script es una herramienta valiosa para cualquier persona que trabaje con datos geoespaciales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la elección del tamaño de la celda (resolución de la malla) puede tener un impacto significativo en los resultados del análisis y debe ser seleccionada cuidadosamente en función del problema específico que se esté abordando.”
Yanez, M. 2023.

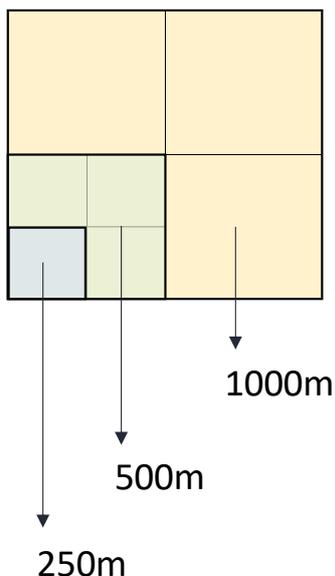
A continuación, se describen los procesos de generación para cada escala de grilla.

4.1.1 Grilla de Cuadrados escala 1000*1000

Para la generación de la grilla de cuadrados se utilizó el lenguaje de programación R en su IDE Rstudio, generando una caja de límites a partir del polígono sobre el cual se busca tener la cobertura de la grilla geográfica, posteriormente se definió la longitud cada celda o cuadrado, con esta información se creó un ráster y posteriormente se lo transformo a Simple Feature. Para su codificación se asignó un primer valor el cual corresponde a la letra “C” para indicar que la posición es dentro del territorio continental, seguido de un delimitador signo “+” posteriormente se asignó un código de acuerdo a la posición de la celda teniendo en cuenta todo el territorio ecuatoriano, para esto se inició desde el punto más bajo y a la izquierda para el eje horizontal se realizó una codificación en función de las letras del abecedario, mientras que para el eje vertical se utilizó números.

La codificación se expresa en el siguiente grafico:

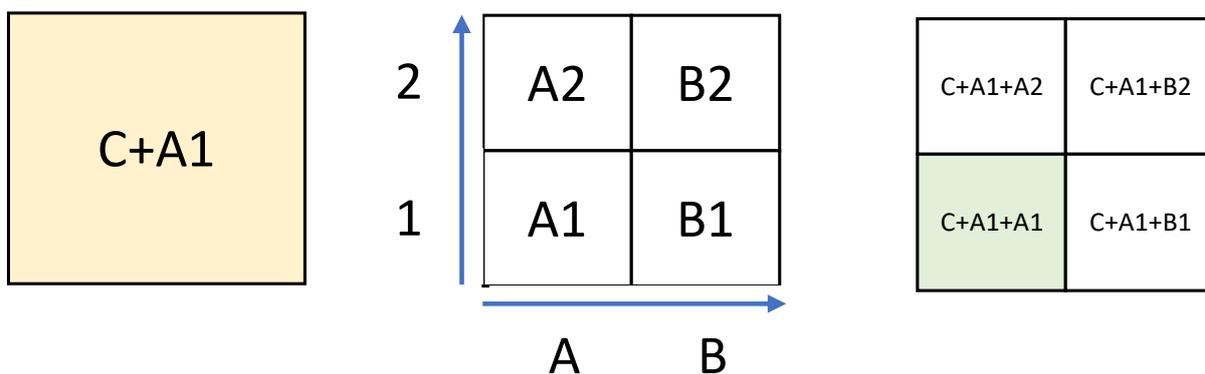




Elaboración: Autor

4.1.2 Grilla de Cuadrados escala 500*500

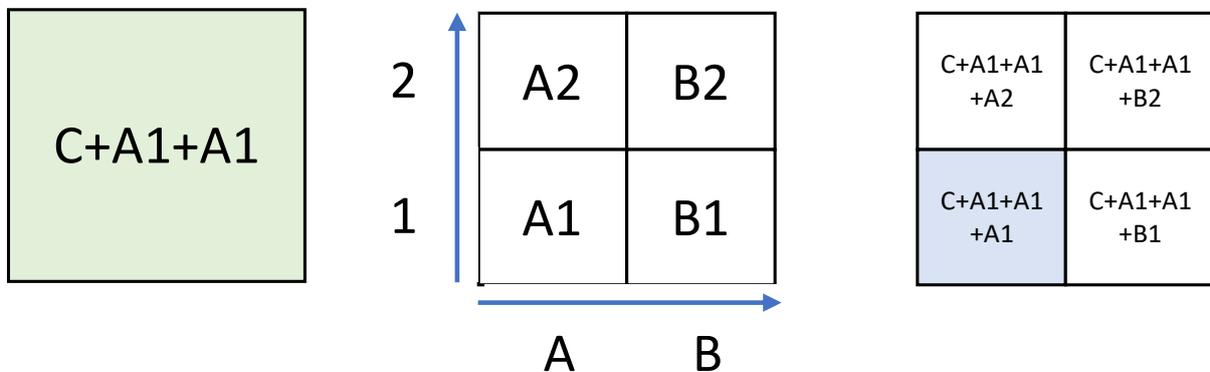
Para la generación de la grilla de cuadrados se utilizó el lenguaje de programación R en su IDE Rstudio, generando una caja de límites a partir del polígono sobre el cual se busca tener la cobertura de la grilla geográfica, posteriormente se definió la longitud cada celda o cuadrado, con esta información se creó un ráster y posteriormente se lo transformo a Simple Feature. Para su codificación se asignó el código de la celda de 1000*1000 a la que pertenece, seguido de un delimitador signo "+", para identificar a cada uno de los cuadrados de 500*500 que se encuentran dentro de la celda de 1000*1000 se realizó una codificación con las letras A y B para el eje horizontal y 1 y 2 para el eje vertical. La codificación se expresa en el siguiente grafico:



Elaboración: Autor

4.1.3 Grilla de Cuadrados escala 250*250

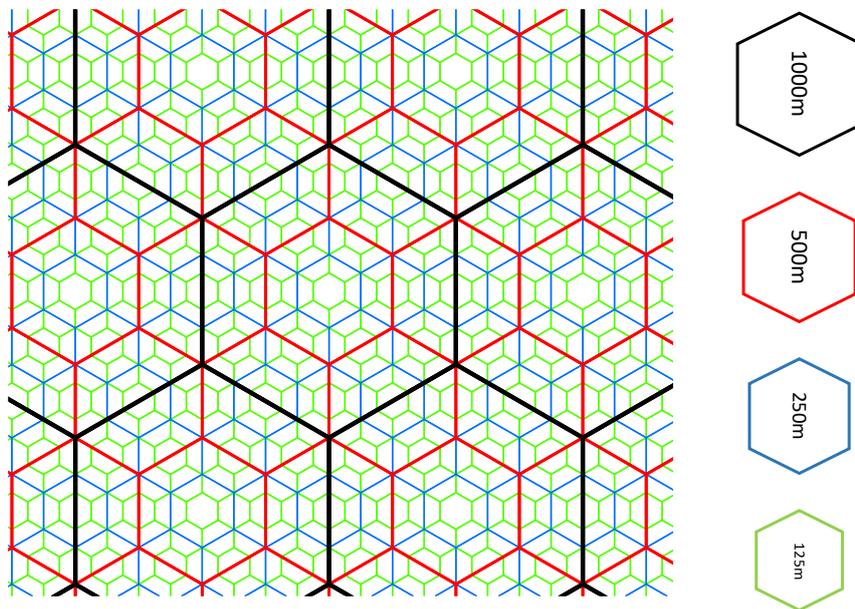
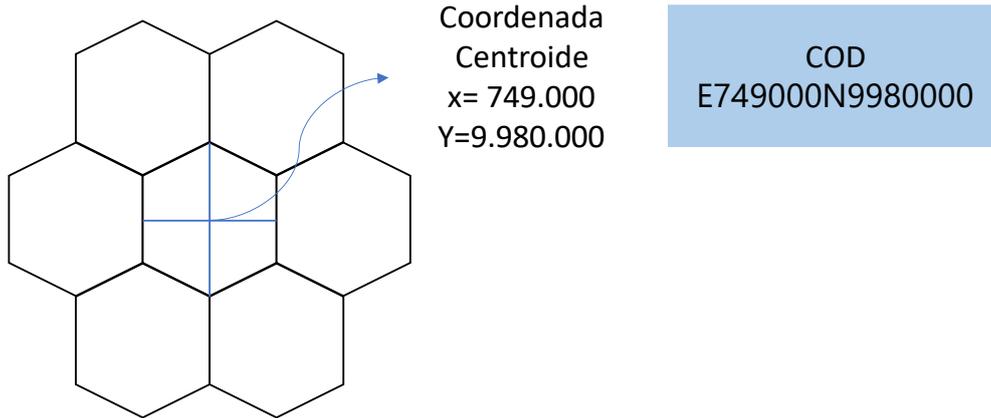
Para la generación de la grilla de cuadrados se utilizó el lenguaje de programación R en su IDE Rstudio, generando una caja de límites a partir del polígono sobre el cual se busca tener la cobertura de la grilla geográfica, posteriormente se definió la longitud cada celda o cuadrado, con esta información se creó un ráster y posteriormente se lo transformo a Simple Feature. Para su codificación se asignó el código de la celda de 500*500 a la que pertenece, seguido de un delimitador signo "+", para identificar a cada uno de los cuadrados de 250*250 que se encuentran dentro de la celda de 500*500 se realizó una codificación con las letras A y B para el eje horizontal y 1 y 2 para el eje vertical. La codificación se expresa en el siguiente grafico:



Elaboración: Autor

4.1.4 Grilla de hexágonos

Para la generación de la grilla de hexágonos se utilizó el lenguaje de programación R en su IDE Rstudio, generando una caja de límites a partir del polígono sobre el cual se busca tener la cobertura de la grilla geográfica, posteriormente se definió la longitud de los lados de los hexágonos que buscamos para la grilla, se utilizó la función `st_make_grid()`. Para la codificación se calculó las coordenadas de los centroides truncados, y se ordenó de la siguiente manera una cadena empezando por el carácter "E" seguido de la coordenada del eje X, seguido del carácter "N" y seguido de la coordenada del eje Y. Esta metodología se aplicó para las capas de grillas de 1000m, 500m, 250m, 125m. La codificación se expresa en el siguiente grafico:



Elaboración: Autor

Los resultados de las grillas propuestas para el DMQ se encuentran en la geodatabase anexa llamada: Grillas_DMQ.gdb

5 ANÁLISIS DE DATOS DEMOGRÁFICOS

5.1 Variables Demográficas Consideradas

El análisis demográfico de una ciudad a través del censo de población implica considerar diversas variables que proporcionan información clave sobre la composición y características de la población. Estudios como “El rol de las variables sociodemográficas en la formulación de las políticas públicas de salud” de Canas, R, refuerzan la hipótesis de que los municipios no consideran la totalidad de las variables demográficas en la implementación de la política pública.

En el caso de Ecuador, algunas de las variables demográficas importantes para estudios de ciudad existentes en las últimas rondas censales incluyen:

- Población total: Proporciona una visión general del tamaño de la población en la ciudad y su distribución geográfica.
- Distribución por género: Permite entender la proporción de hombres y mujeres en la población.
- Distribución por grupos de edad: Ayuda a identificar la estructura por edades, lo cual es crucial para la planificación de servicios y recursos, como educación y atención médica.
- Densidad de población: Indica la cantidad de personas por unidad de área y es esencial para la planificación urbana y la infraestructura.
- Tasa de crecimiento demográfico: Muestra la velocidad a la que la población de la ciudad está cambiando, ya sea aumentando o disminuyendo.
- Migración interna y externa: Proporciona información sobre el movimiento de la población dentro del país (migración interna) y entre países (migración externa).
- Situación laboral: Indica la distribución de la población entre empleados, desempleados e inactivos, lo que tiene implicaciones económicas.
- Etnicidad: Ayuda a comprender la diversidad étnica y racial de la población, lo que puede tener implicaciones en políticas sociales y culturales.

Para el siguiente análisis se escogieron las siguientes variables del censo 2010, y se espera que se pueda realizar la comparación con los resultados censales del 2022.

Variable	Nombre	Código Variable
Población	Población Hombres	H
	Población Mujeres	M
	Población Total	PobTtl
Grandes Grupos de Edad	Población de 0 a 14 años	GGE_0_14
	Población de 15 a 64 años	GGE_15_64
	Población dev64 años a mas	GGE_65mas

Grupos Quinquenales de Edad	Menor de 1 año	Menor_de_1_ano
	De 1 a 4 años	De_1_a_4_anos
	De 5 a 9 años	De_5_a_9_anos
	De 10 a 14 años	De_10_a_14_anos
	De 15 a 19 años	De_15_a_19_anos
	De 20 a 24 años	De_20_a_24_anos
	De 25 a 29 años	De_25_a_29_anos
	De 30 a 34 años	De_30_a_34_anos
	De 35 a 39 años	De_35_a_39_anos
	De 40 a 44 años	De_40_a_44_anos
	De 45 a 49 años	De_45_a_49_anos
	De 50 a 54 años	De_50_a_54_anos
	De 55 a 59 años	De_55_a_59_anos
	De 60 a 64 años	De_60_a_64_anos
	De 65 a 69 años	De_65_a_69_anos
	De 70 a 74 años	De_70_a_74_anos
	De 75 a 79 años	De_75_a_79_anos
	De 80 a 84 años	De_80_a_84_anos
	De 85 a 89 años	De_85_a_89_anos
	De 90 a 94 años	De_90_a_94_anos
De 95 a 99 años	De_95_a_99_anos	
De 100 años y mas	De_100_anos_y_mas	
Categoría de ocupación	Empleado u Obrero del Estado, Municipio o Consejo Provincial	CU_EmpleadoEstado
	Empleado u Obrero Privado	CU_Empleadoprivado
	Jornalero o peón	CU_Jornalero
	Patrono	CU_Patrono
	Socio	CU_Socio
	Cuenta Propia	CU_Cuentapropia
	Trabajador no remunerado	CU_No_remunerado
	Empleado Domestico	CU_Empleadodomestico
	No declarado	CU_nodeclarado
Trabajador Nuevo	CU_Trabajador_nuevo	
Provincia de nacimiento	Azuay	NAzuay
	Bolívar	NBolivar
	Cañar	NCanar
	Carchi	NCarchi
	Cotopaxi	NCotopaxi
	Chimborazo	NChimborazo
	El Oro	NEl_Oro
	Esmeraldas	NEsmeraldas
	Guayas	NGuayas
	Imbabura	NImbabura
	Loja	NLoja
	Los Ríos	NLosRios
	Manabí	NManabi
	Morona Santiago	NMoronaSantiago
	Napo	NNapo
	Pastaza	NPastaza
Pichincha	NPichincha	

	Tungurahua	NTungurahua
	Zamora Chinchipe	NZamoraChinchipe
	Galápagos	NGalápagos
	Sucumbíos	NSucumbíos
	Orellana	NOrellana
	Santo Domingo	NSantoDomingo
	Santa Elena	NSantaElena
	Exterior	NExterior
	Zonas No Delimitadas	NZonasNoDelimitadas
Provincia de Residencia hace 5 años (2006)	Azuay	V5Azuay
	Bolívar	V5Bolivar
	Cañar	V5Canar
	Carchi	V5Carchi
	Cotopaxi	V5Cotopaxi
	Chimborazo	V5Chimborazo
	El Oro	V5ElOro
	Esmeraldas	V5Esmeraldas
	Guayas	V5Guayas
	Imbabura	V5Imbabura
	Loja	V5Loja
	Los Ríos	V5Los_Rios
	Manabí	V5Manabi
	Morona Santiago	V5MoronaSantiago
	Napo	V5Napo
	Pastaza	V5Pastaza
	Pichincha	V5Pichincha
	Tungurahua	V5Tungurahua
	Zamora Chinchipe	V5ZamoraChinchipe
	Galápagos	V5Galápagos
	Sucumbíos	V5Sucumbíos
	Orellana	V5Orellana
Santo Domingo	V5SantoDomingo	
Santa Elena	V5SantaElena	
Exterior	V5Exterior	
Zonas No Delimitadas	V5ZonasNoDelimitadas	
Autoidentificación según cultura y costumbres	Indígena	AIE_Indigena
	Afroecuatoriano	AIE_Afroecuatoriano
	Negro	AIE_Negro
	Mulato	AIE_Mulato
	Montubio	AIE_Montubio
	Mestizo	AIE_Mestizo
	Blanco	AIE_Blanco
	Otro	AIE_Otro
Tiene título post- bachillerato, superior o postgrado	Si, reconocido por el CONESUP	TIT_CONESUP
	Si, NO reconocido por el CONESUP	TIT_NOCONESUO
	No tiene	TIT_Notiene
	No Sabe	TIT_NOsabe
Viviendas	Total Viviendas	VvndTtl
Tenencia o propiedad de la vivienda Viviendas	Anticresis	TVIV_ANTICRESIS
	Propia y totalmente pagada	TVIV_PROPIAPAGADA

	Propia y la está pagando	TVIV_PROPIAAUNPAGA
	Propia (Regalada, donada, heredada o por posesión)	TVIV_PROPIAREGALADA
	Prestada o cedida (No pagada)	TVIV_PRESTADACEDIDA
	Por Servicios	TVIV_PORSERVICIOS
	Arrendada	TVIV_ARRENDADA
Número de personas por cuarto	Menos de 2 personas por cuarto	POPCUARTO_MENOSDE2
	De 2 a 3 personas por cuarto	POPCUARTO_2A3
	De 4 a 5 personas por cuarto	POPCUARTO_4A5
	De 5 y más personas por cuarto	POPCUARTO_5AMAS
Número de personas por dormitorio	Viviendas sin Dormitorio	POPDORM_SINPOP
	Menos de 2 personas por dormitorio	POPDORM_MENOSDE2POP
	De 2 a 3 personas por dormitorio	POPDORM_2A3
	De 4 a 5 personas por dormitorio	POPDORM_4A5
	De 5 y más personas por dormitorio	POPDORM_MASDE5
Condición de ocupación	Ocupada con personas presentes	COVIV_OCUPADA_PRESENTES
	Ocupada con personas ausentes	COVIV_OCUPADA_AUSENTES
	Desocupada	COVIV_DESOCUPADA
	En construcción	COVIV_ENCONSTRUCCION

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Ecuador, INEC

Elaboración: Autor

La información recopilada generara los siguientes indicadores demográficos especializados en tres niveles: 1) Manzanas y Localidades (formato punto) 2) grilla Cuadrangular y 3) Grilla Hexagonal. A continuación, se muestran los indicadores demográficos señalados.

Indicadores demográficos

Población

Ambos sexos

Hombres

Mujeres

% de población (Total y Mujeres)

Grandes grupos de Edad

Grupos etarios Quinquenales

Relación adultos mayores/jóvenes (por 100) (RAdultosJovenes)

Relación niños/mujeres (por 100) (RNinosMujeres)

% de mujeres en edad fértil (PMujeresFertil)

Relación de dependencia (por 100) (RDependencia)

Índice de envejecimiento (por 100) (IEnvejeci)

Relación de apoyo potencial (RApoyoPotencial)

Relación de apoyo a los padres (por 100) (RPadres)

Razón de sexos (por 100) (RzSexo)

Densidad Poblacional (Densidad)

Relación adultos mayores/jóvenes = (población de 65 y más / población de 0-14) * 100
Relación niños/mujeres = (población de 0-4 / población femenina de 15-49) * 100
Porcentaje de mujeres en edad fértil = (población femenina de 15-49 / población femenina total) * 100
Relación de dependencia = ((población de 0-14 más población de 65 y más) / población de 15-64) * 100
Índice de envejecimiento = (población de 65 y más / población de 0-14) * 100
Relación de apoyo potencial = (población de 15-59) / (población de 60 y más)
Relación de apoyo a los padres = ((población de 80 y más) / (población de 50-64 años)) * 100
Razón de sexos = (población masculina / población femenina) * 100

5.1.1 Agregación de Variables

Para agregar las variables demográficas del censo 2010 se utilizaron los siguientes sistemas:

- 1) Redatam 7
- 2) ArcGis Pro 3.2
- 3) QGis

En primer lugar, se procedió a generar la capa de los puntos que representan la unidad básica cartografiada del censo 2010. Así, se obtuvo la capa de puntos de Manzanas/Localidades. Las manzanas se representan con el centroide del polígono de dicha área. La clave geográfica de dicha capa pertenece a 14 dígitos correspondientes a provincia (2 dígitos), cantón(2 dígitos), parroquia(2 dígitos), zona(3 dígitos), sector(3 dígitos) y manzana/localidad censal(2 dígitos). Ejemplo: 17 01 50 001 001 01. Para el uso de la presente metodología en los resultados del censo de población 2022 se debe tomar en cuenta que el código de la capa manzana/localidad censal pasa de tener 2 dígitos a 3 dígitos; y la clave completa pasa de 14 a 15 dígitos.

La capa se encuentra en la Geodatabase “Datos_DMQ.gdb”

Datos_DMQ.gdb
CENSO 2010 (Capas de Puntos de Manzanas y Localidades con datos C2010)
MANLOC_2010_Puntos

Esta capa representa la unidad mínima cartografiada del censo 2010 y también será la unidad mínima cartografiada para el censo del 2022. Con la agregación y georreferenciación a áreas menores censales se pueden reconstruir cualquier área administrativa nacional o municipal, así como cualquier subdivisión de área de estudio futura.

En segundo lugar, se procedió a calcular las variables censales con el Software Redatam7, y la herramienta del Procesador Estadístico denominada Listas por áreas. La información del censo se encuentra disponible en la página del INEC: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010-a-nivel-de-manzana/>

La codificación para la generación del listado por áreas se muestra a continuación:

```
"Personas"
RUNDEF Nuevo
  FILTER PROVIN.PROVIN = 17
  NOWEIGHT

TABLE T_Area AS AREALIST OF MANLOC,
  PERSONA.P01 SEXO 10.0,
  PERSONA.GRANEDAD GRANEDAD 10.0,
  PERSONA.GEDAD GEDAD 10.0,
  PERSONA.CATOCU CATOCU 10.0,
  PERSONA.P11P PRONAC 10.0,
  PERSONA.P13P PROCIN 10.0,
  PERSONA.P16 ETNIA 10.0,
  PERSONA.RAMACT RAMACT 10.0,
  PERSONA.P25 TIENTIT 10.0
  TITLE "Lista por Áreas de : PERSONA.P01, PERSONA.GRANEDAD, PERSONA.GEDAD, PERSONA.CATOCU,
PERSONA.P11P, PERSONA.P13P, PERSONA.P16, PERSONA.RAMACT, PERSONA.P25"

"Vivienda"
RUNDEF Nuevo
  FILTER PROVIN.PROVIN = 17
  NOWEIGHT

TABLE T_Area AS AREALIST OF MANLOC,
  HOGAR.H15 TENVIV 10.0,
  VIVIENDA.PERCUA PERCUA 10.0,
  VIVIENDA.PERDOR PERDOR 10.0,
  VIVIENDA.VCO CONOCU 10.0
  TITLE "Lista por Áreas de : HOGAR.H15, VIVIENDA.PERCUA, VIVIENDA.PERDOR, VIVIENDA.VCO"

"Para filtrar Grupos de edad femeninos"
RUNDEF Nuevo
  FILTER PERSONA.P01 = 2
  NOWEIGHT

TABLE T_Area AS AREALIST OF MANLOC,
  PERSONA.GRANEDAD GRANEDAD 10.0,
  PERSONA.GEDAD GEDAD 10.0
  TITLE "Lista por Áreas de : PERSONA.GRANEDAD, PERSONA.GEDAD"
```

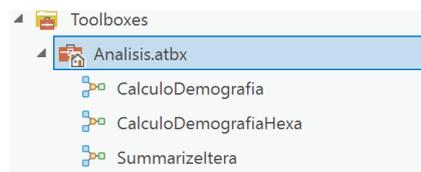
Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Ecuador, INEC

Elaboración: Autor

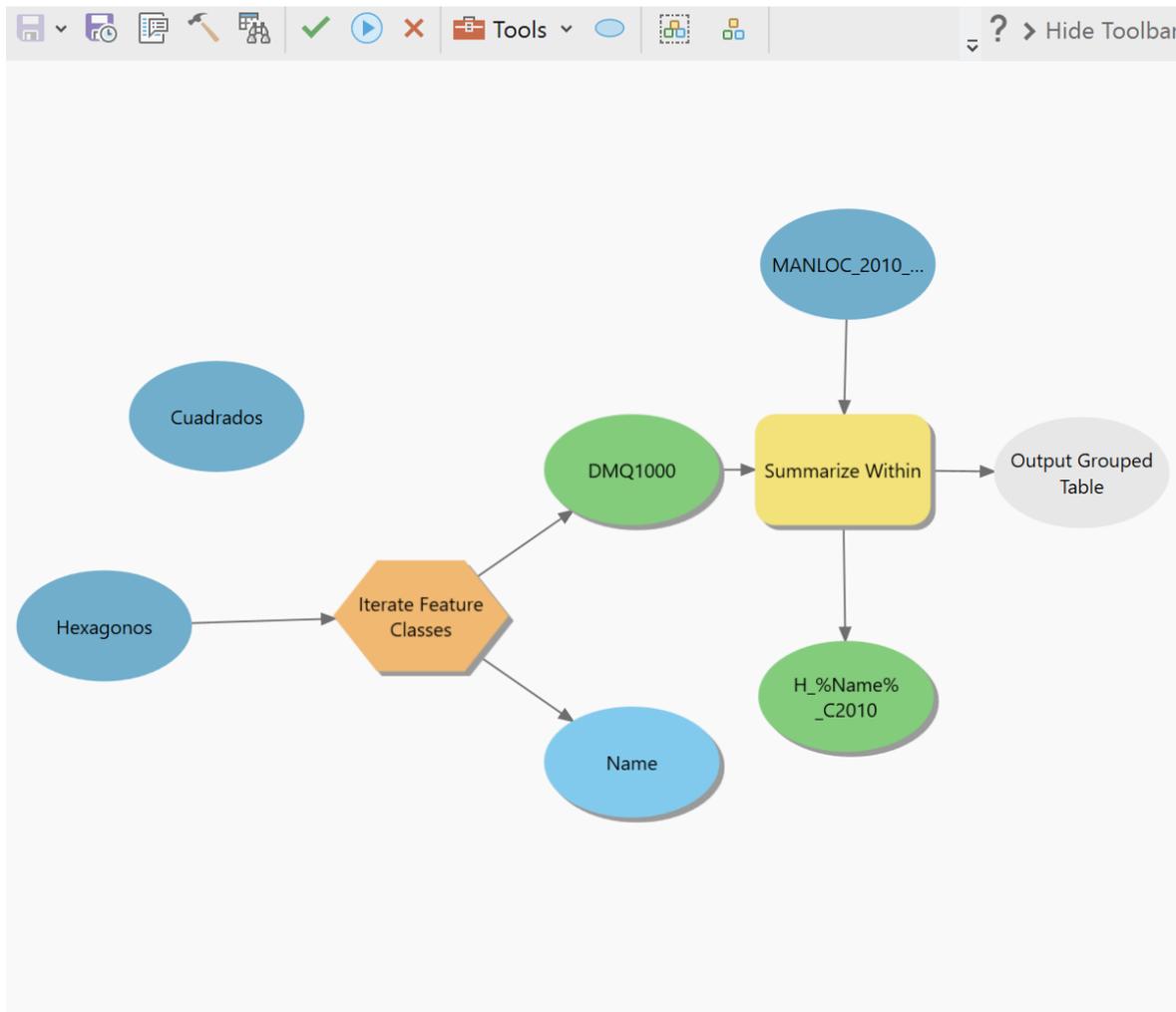
En tercer lugar, se realizó mediante el Software Arcgis Pro, el proceso de unión o “Join” de la información cartográfica y el resultado de la agregación de las variables alfanuméricas. Esto dio como resultado la capa de puntos de manzanas/localidades con la información censal del 2010.

El cuarto paso consistió en la agregación de variables de capa de puntos con la información de población y viviendas, con la cual se realizó una sumatoria del valor de esas variables por cada grilla calculada, teniendo en cuenta las capas con diferentes dimensiones 1000*1000, 500*500, 250*250 y 125*125. Para realizar este proceso se contó con la herramienta de geoprocésamiento denominada “Summarize Within”. Dentro de los parámetros se establecieron como Input: la capa de puntos Manzanas/localidades con la información censal, cada capa de las grillas cuadrangulares y hexagonales a las diferentes escalas y se determinó la sumatoria de todas las variables por cada unidad de área de la grilla.

Se optimizó el cálculo de las variables con un modelo de procesamiento por lote. El modelo denominado “SummarizeTerra” se incluye en el Archivo MXD “Análisis” del proyecto y corre en la extensión “Model Builder” de Arcgis Pro.



A continuación, se muestra el modelo de cálculo:



Elaboración: Autor

La fuente de la información es el censo de población y vivienda 2010. Los resultados agregados se encuentran la geodatabase “Datos_DMQ.gdb” con la siguiente estructura:

Datos_DMQ.gdb
CENSO 2010 (Capas de Puntos de Manzanas y Localidades con datos C2010)
MANLOC_2010_Puntos
MANLOC_2010_Puntos_C2010
Grillas_Cuadrados (Capas de grillas cuadrangulares con agregación de variables del C2010)
C_DMQ250_C2010
C_DMQ500_C2010
C_DMQ1000_C2010
Grillas_Hexagonos (Capas de grillas cuadrangulares con agregación de variables del C2010)
H_DMQ125_C2010

H_DM250_C2010
H_DM500_C2010
H_DM1000_C2010

5.2 Cálculo de los indicadores demográficos

Para la obtención de los indicadores demográficos, se decidió automatizar el proceso de cálculo y generación mediante la herramienta "Model Builder" de ArcGIS Pro. En este contexto, se emplearon como datos de entrada los conjuntos de datos espaciales ("Feature Data Set") generados durante el proceso de agregación de variables para las mallas cuadrangulares y hexagonales. Estos conjuntos alimentan el cálculo de 15 variables e indicadores que se integran en la capa de información de la Geodatabase. El resumen del proceso y los cuadros detallados se presentan a continuación:

Densidad (Código de variable)

Densidad=Población/Area en Km2 (Variable y Formula de cálculo)

!sum_PobTtl! /!AreaKM! (Fórmula de cálculo con variables de la geodatabase)

RAultosJovenes

Relación adultos mayores/jóvenes = (población de 65 y más / población de 0-14) * 100

!sum_GGE_65mas! /!sum_GGE_0_14!

RNinosMujeres

Relación niños/mujeres = (población de 0-4 / población femenina de 15-49) * 100

!sum_GGE_0_14! / (!sum_M_De_15_a_19_anos! + !sum_M_De_20_a_24_anos!
+ !sum_M_De_25_a_29_anos! + !sum_M_De_30_a_34_anos! + !sum_M_De_35_a_39_anos!
+ !sum_M_De_40_a_44_anos! + !sum_M_De_45_a_49_anos!)

PMujeresFertil

Porcentaje de mujeres en edad fértil = (población femenina de 15-49 / población femenina total) * 100

(!sum_M_De_15_a_19_anos! + !sum_M_De_20_a_24_anos! + !sum_M_De_25_a_29_anos!
+ !sum_M_De_30_a_34_anos! + !sum_M_De_35_a_39_anos! + !sum_M_De_40_a_44_anos!
+ !sum_M_De_45_a_49_anos!) / !sum_M!

RDependencia

Relación de dependencia = ((población de 0-14 más población de 65 y más) / población de 15-64) * 100

(!sum_GGE_0_14! + !sum_GGE_65mas!) /!sum_GGE_65mas!

IEnvejeci

Índice de envejecimiento = (población de 65 y más / población de 0-14) * 100

!sum_GGE_65mas! / !sum_GGE_0_14!

RApoyoPotencial

Relación de apoyo potencial = (población de 15-59) / (población de 65 y más)

!sum_GGE_15!/!sum_GGE_65!

RPadres

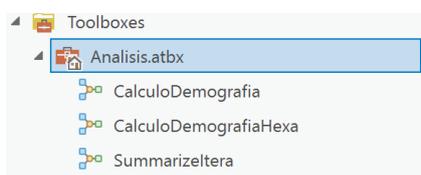
Relación de apoyo a los padres = ((población de 80 y más) / (población de 50-64 años)) * 100

$$\frac{\text{Sum}(\$feature.sum_De_80_a_84_anos, \$feature.sum_De_85_a_89_anos, \$feature.sum_De_90_a_94_anos, \$feature.sum_De_95_a_99_anos, \$feature.sum_De_100_anos_y_mas)}{\text{Sum}(\$feature.sum_De_50_a_54_anos, \$feature.sum_De_55_a_59_anos, \$feature.sum_De_60_a_64_anos)}$$

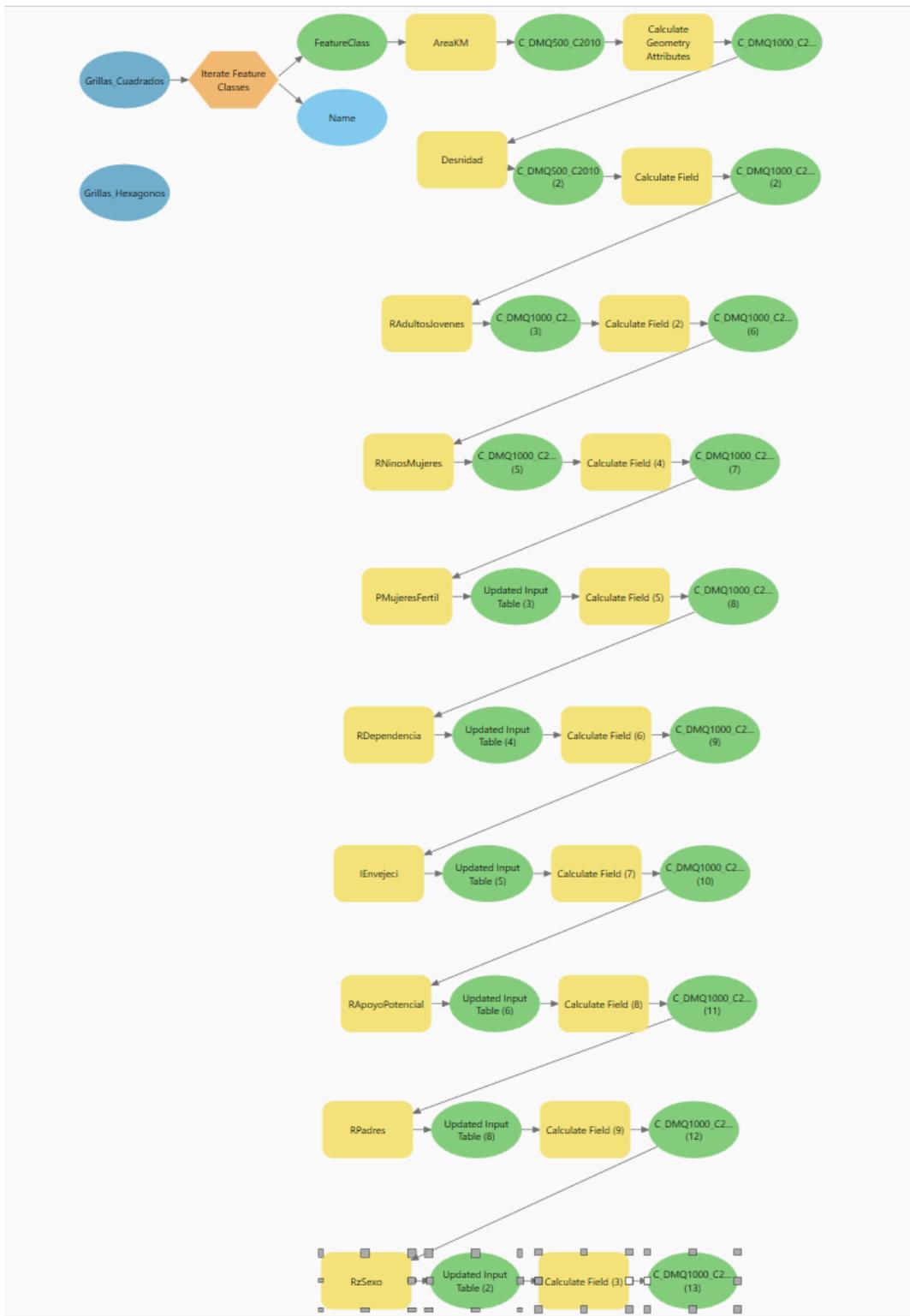
RzSexo

Razón de sexos = (población masculina / población femenina) * 100
 !sum_H! / !sum_M!

El modelo denominado “Calculo Demografía” se incluye en el Archivo MXD “Análisis” del proyecto.



A continuación, se muestra el modelo de cálculo:



Elaboración: Autor

5.3 Agregación de datos de proyecciones poblacionales de WorldPop

Para llevar a cabo un análisis exploratorio, dado la ausencia de datos del censo 2022 a niveles más detallados que las parroquias, se procedió a consolidar la información de proyección de población disponible en WorldPop.org. La mencionada información se presenta en formato ráster y se ha recortado para abarcar el área de mayor concentración poblacional.

La decisión de llevar a cabo la agregación de la población se fundamenta en el uso de grillas cuadrangulares y hexagonales de dimensiones 1000*1000 metros. Esta elección se basa en la metodología empleada por WorldPop denominada: **Metodología Random Forest-based Dasymetric Redistribution.**

Esta metodología entrena al modelo con un conjunto de datos de entrenamiento que incluye variables predictoras geoespaciales (como la proximidad a centros urbanos, accesibilidad a carreteras, características del terreno, etc.) y datos demográficos existentes. El modelo Random Forest se entrena para aprender la relación entre estas variables y la distribución poblacional en áreas específicas.

Una vez entrenado, el modelo se aplica a las áreas donde se desean proyecciones poblacionales. Utilizando las variables predictoras para estas áreas, el modelo predice la distribución poblacional a nivel local.

La población predicha se redistribuye dasimétricamente dentro de las áreas geográficas, asignándola de manera más precisa a ubicaciones específicas en función de las características del entorno.

Este enfoque es especialmente útil en escenarios donde la información demográfica a nivel de área es limitada o no está disponible, cuyo caso no es el del DMQ.

De todas formas, para realizar la agregación de información ráster a un polígono, se sugiere el uso preferencial de la herramienta de análisis ráster denominada "estadística por área" en el programa QGIS. Esta herramienta ha demostrado un rendimiento superior y una mayor optimización en comparación con los pasos necesarios para obtener resultados similares en ArcGIS.

Los resultados agregados se encuentran almacenados en la geodatabase "Datos_DMQ.gdb", siguiendo la estructura detallada a continuación:

Datos_DMQ.gdb
Comparación WorldPop (Capas de grillas con la información agregada de WorldPop)
C1000_c2010_wpop2020
H1000_c2010_wpop2020

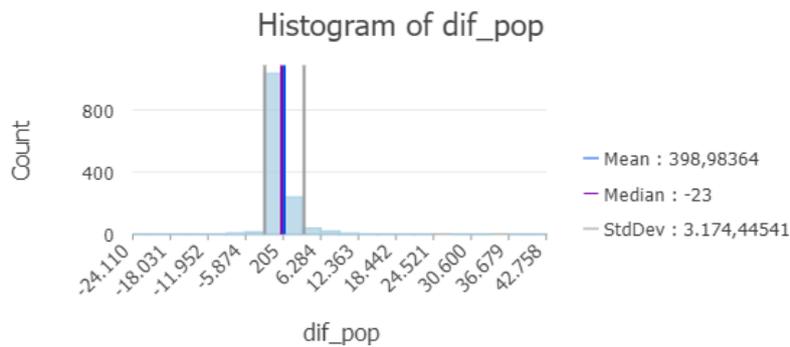
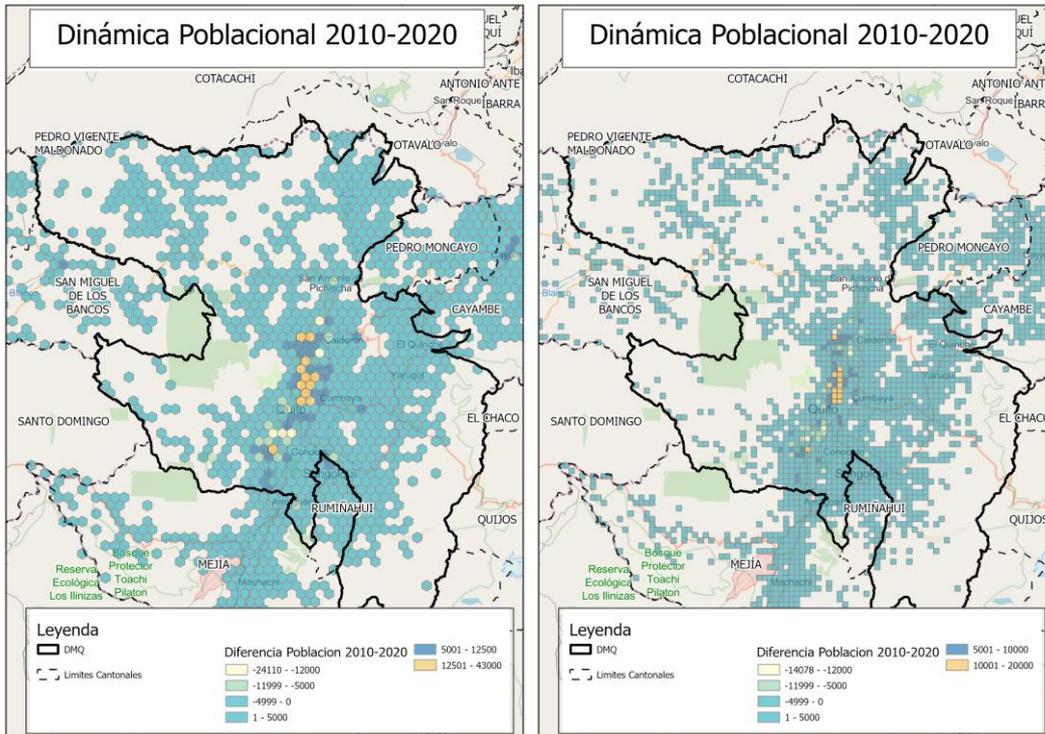
6 ANÁLISIS ESPACIALES Y GEORREFERENCIACIÓN

6.1 Análisis de dinámica poblacional 2010 (Censo de Población) y Proyección de población WorldPop (2020)

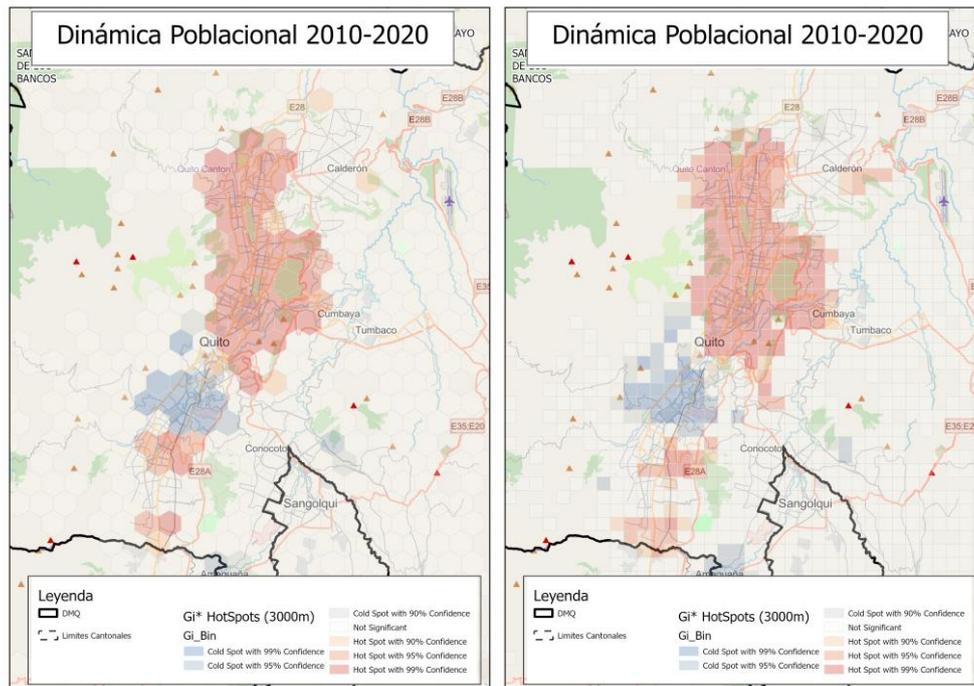
Con base en la información recopilada y analizada de fuentes geográficas y demográficas en el área del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), se generaron capas de información multitemporal que fueron agregadas en grillas estadísticas cuadrangulares y hexagonales. La elección de analizar estas grillas, especialmente las de 1000*1000 metros, se fundamentó en la necesidad de mejorar la calidad de la agregación espacial de la población. Este enfoque se adoptó considerando la metodología empleada en la proyección de la población, la cual se detalla en el punto 5.3 del presente documento.

Los resultados del análisis revelaron cambios significativos en la dinámica demográfica del DMQ, identificando áreas donde la población de Quito experimentó crecimiento y otras donde se registró una disminución a lo largo de los diez años de estudio. Se destacan zonas con ganancias de hasta 19,800 personas por metro cuadrado y pérdidas de población de hasta 4,995. No obstante, es crucial señalar que este ejercicio académico debe ser complementado con los resultados del censo 2022 para evitar depender de la subjetividad inherente a la proyección de población utilizada.

A pesar de esta precaución, el ejercicio facilita un análisis transversal de las variables demográficas asociadas a áreas con una dinámica demográfica considerable. A continuación, se presentan los resultados detallados del análisis de cambios en las dinámicas demográficas en las grillas estadísticas



Los gráficos muestran la diferencia de población y su distribución espacial entre los años 2010 y 2020. La media de crecimiento, calculada en aproximadamente 398 personas (Sd 3.174), revela un crecimiento sostenido en la zona del hipocentro, desde El Condado hasta Belisario Quevedo, abarcando todo el valle de Quito y extendiéndose hacia el sur en las avenidas Moran Valverde y Pedro Vicente Maldonado, así como en la zona extrema sur cerca de la fábrica de Eternit al Sur del Beaterio. Se identificó, además, un área de disminución de población intercensal al sur de Quito, específicamente en los barrios de Solanda y la Loma de Puengasí al norte del cuartel Epicachima.



Para garantizar la representatividad estadística de estos hallazgos, se aplicó la herramienta de análisis espacial, HotSpot Analysis, a las capas de información de las grillas hexagonales y cuadrangulares. Los resultados del análisis demuestran la existencia de un clúster de polígonos con valores altos de aumento de población, rodeados por áreas con valores altos, así como sitios de disminución de población en las ubicaciones mencionadas anteriormente. Estos hallazgos se presentan de manera visual en los gráficos adjuntos, respaldando la interpretación de los cambios demográficos en el DMQ.

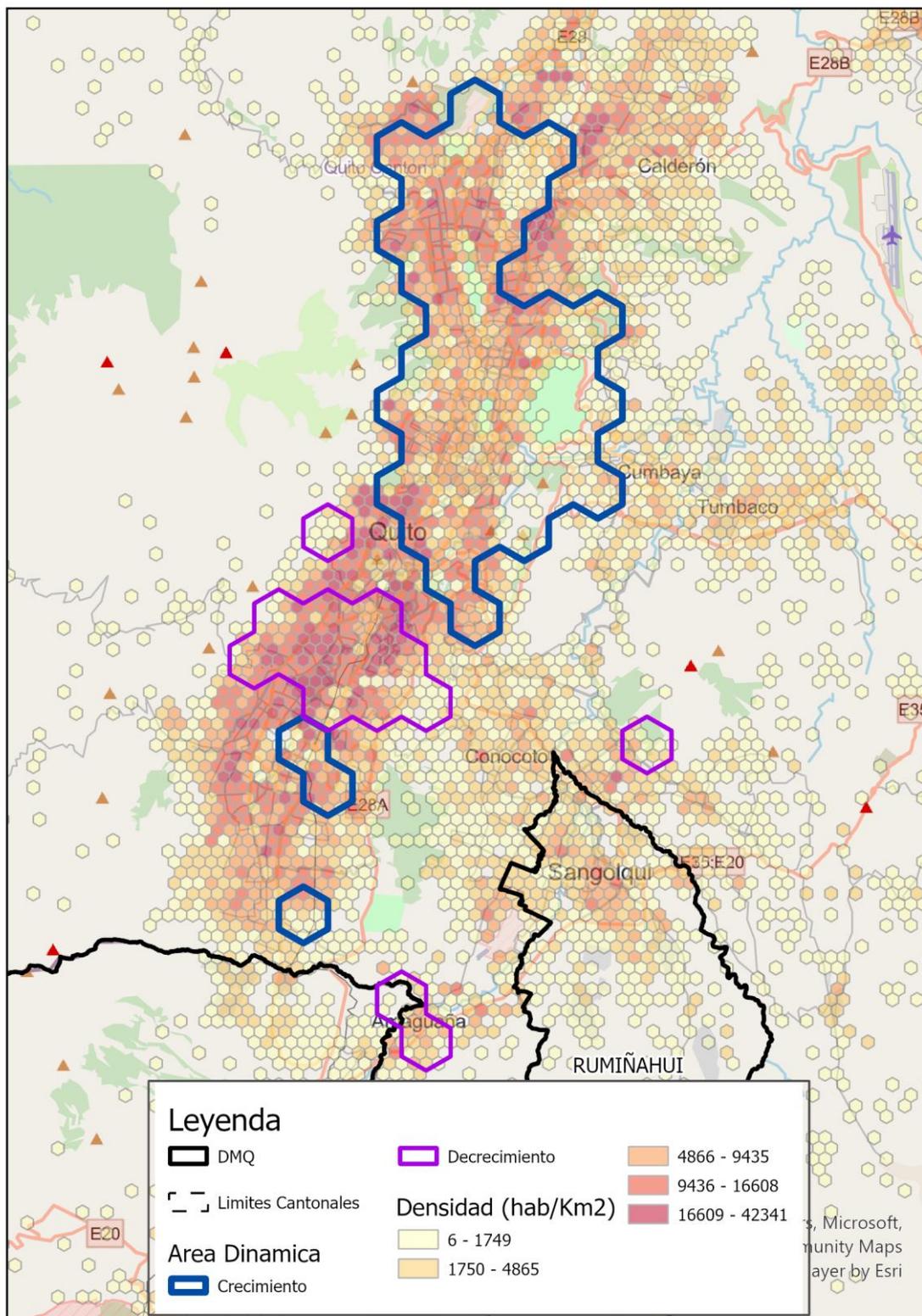
6.2 Mapeo de información demográfica

Se llevó a cabo la espacialización de los indicadores demográficos, cuyos resultados se presentan a continuación. La utilización de sistemas de información geográfica en el análisis poblacional tiene como objetivo demostrar la utilidad de las herramientas de análisis y el empleo de las grillas estadísticas en la toma de decisiones y la evaluación de la política pública. El presente análisis, de naturaleza exploratoria, se centra en las áreas identificadas como de mayor dinámica demográfica según el cálculo previo.

Densidad de población por cada km2:

La densidad de población por kilómetro cuadrado es un indicador crucial para comprender la distribución espacial de la población en una región. Este dato se interpreta como la cantidad de personas que residen en un área específica. Un alto valor puede indicar una mayor concentración urbana, mientras que una baja densidad puede sugerir áreas menos pobladas. En términos de planificación urbana, este indicador influye en la infraestructura, servicios públicos y la demanda de

viviendas. Por ejemplo, áreas con alta densidad pueden requerir un desarrollo urbano más denso y sistemas de transporte eficientes.

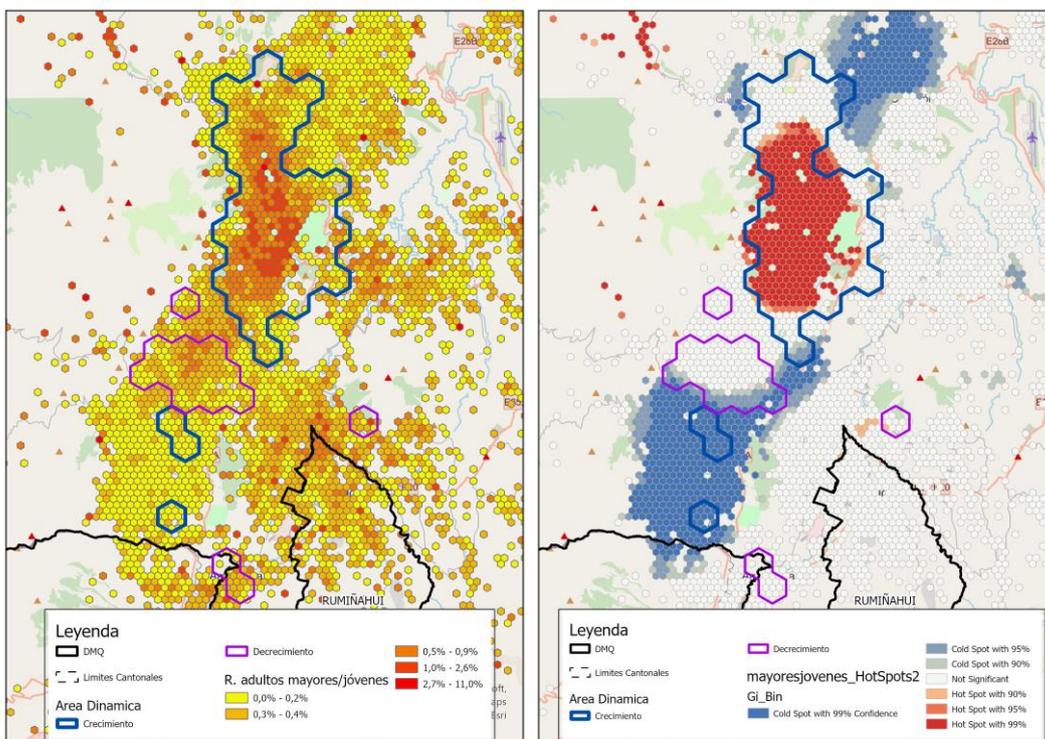


El resultado del análisis de este indicador, para el censo 2010, muestra que el área de despoblamiento es a su vez el área de mayor densidad poblacional. Mientras que las áreas de

crecimiento muestran densidades menores. Este resultado da paso a sugerir que la planificación urbana necesita de la información de la población flotante del DMQ, dato de suma importancia para comprender el dinamismo y la movilidad interna de la población de Quito.

Relación adultos mayores/jóvenes:

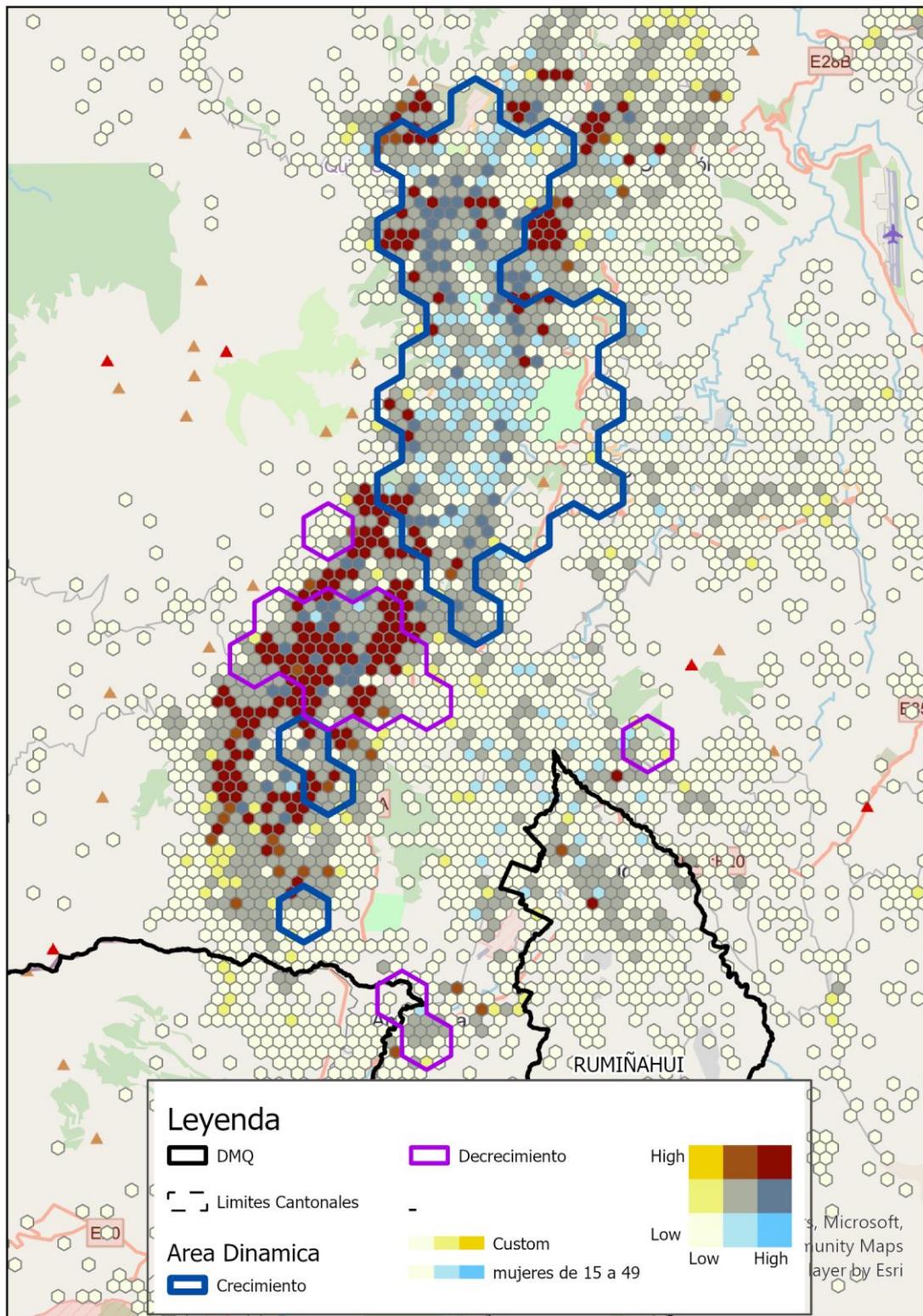
La relación entre la población de adultos mayores y jóvenes proporciona un panorama sobre la estructura demográfica y la carga potencial en los sistemas de salud y bienestar social. Una relación elevada indica una población envejecida, lo que puede requerir políticas públicas orientadas a la atención de la tercera edad, servicios de salud especializados y programas de apoyo. En contraste, una baja relación podría señalar la necesidad de inversiones en educación y servicios dirigidos a la población joven.



En el caso de estudio se encontró que la dependencia de adultos mayores es significativa en el norte de Quito, lo que sugiere una población envejecida que se encuentra en el área de crecimiento poblacional. Mientras que la zona de Carapungo y el sur de Quito representan una población joven.

Relación niños/mujeres:

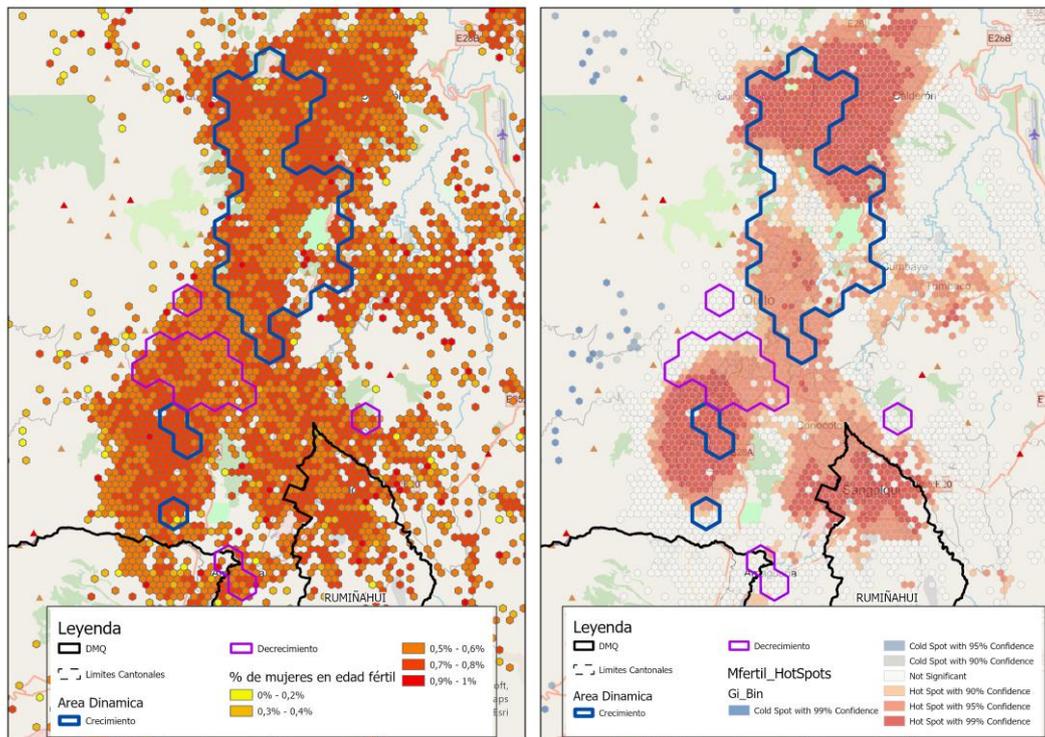
Esta relación ofrece información sobre la proporción de niños en comparación con la población femenina en edad reproductiva. Es un indicador de la salud reproductiva y las necesidades de cuidado infantil; por ejemplo, una relación alta sugiere una mayor demanda de servicios pediátricos y programas de apoyo a madres.



En el estudio se encontró que la relación alta de niños y madres se ubican en el sur de la capital y al extremo norte de la misma.

Porcentaje de mujeres en edad fértil:

Este indicador destaca la proporción de mujeres en edad fértil con respecto a la población femenina total. Su interpretación es esencial para planificar servicios de salud materna, programas de educación sexual y políticas que aborden las necesidades específicas de este grupo demográfico.



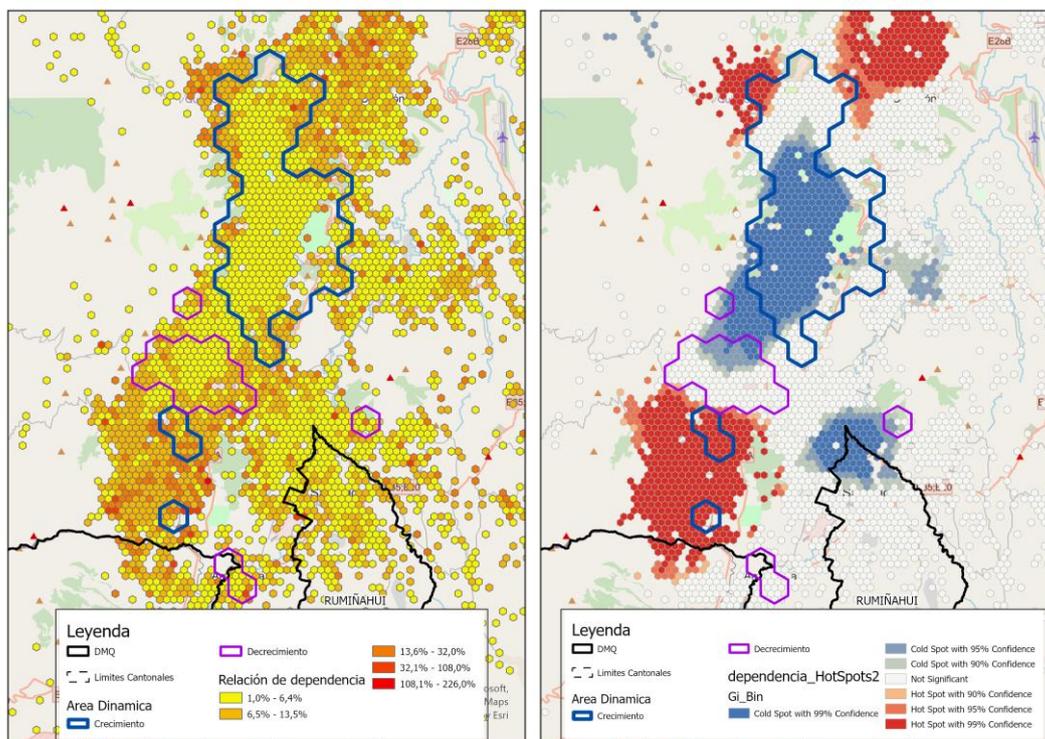
En el análisis realizado, se evidencia que la implementación de herramientas de clusterización contribuye significativamente a mejorar la visualización de las variables estudiadas. De este modo, se logró identificar con mayor claridad tres clústeres definidos en el área metropolitana. Uno de ellos se ubica en el extremo norte de la meseta, abarcando Carapungo y Calderón, mientras que otro se encuentra en el extremo sur. El tercer clúster, ubicado fuera de los límites administrativos en el Municipio de Rumiñahui, representa un factor crucial para la planificación de los servicios de salud materna en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). En consecuencia, se sugiere la implementación de gestiones interinstitucionales para garantizar la provisión eficiente de servicios municipales.

Este hallazgo resalta la importancia de analizar el continuo urbano de manera integral, considerando la dinámica poblacional en su conjunto y no limitándose únicamente a las divisiones políticas de un municipio. Las dinámicas demográficas no se adhieren a los límites políticos preestablecidos, y resulta un error no contemplar el continuo poblacional al formular políticas públicas. La identificación de clústeres más allá de las fronteras municipales subraya la necesidad de adoptar un enfoque regional en la planificación urbana, reconociendo la interconexión de las comunidades y la

importancia de una coordinación efectiva entre las instituciones para abordar eficazmente los retos demográficos en el área metropolitana del DMQ.

Relación de dependencia

La relación de dependencia, expresada como el cociente entre la población de 0-14 años y la población de 65 años y más dividido por la población de 15-64 años, proporciona una medida crucial para evaluar la carga de dependencia en una sociedad. Un valor alto indica una mayor dependencia económica y social, sugiriendo la necesidad de políticas públicas orientadas al cuidado de la población más joven y mayor. Por ejemplo, estas cifras podrían respaldar estrategias de planificación urbana, como la creación de instalaciones educativas y centros de cuidado para adultos mayores en áreas con alta relación de dependencia.



En el análisis del área de estudio se definieron tres áreas estadísticamente representativas del indicador de relación de dependencia. En la zona norte se muestra Carapungo y La Roldos y al sur de la meseta un gran clúster que se extiende desde la Av. Moran Valverde hasta Cutuglahua.

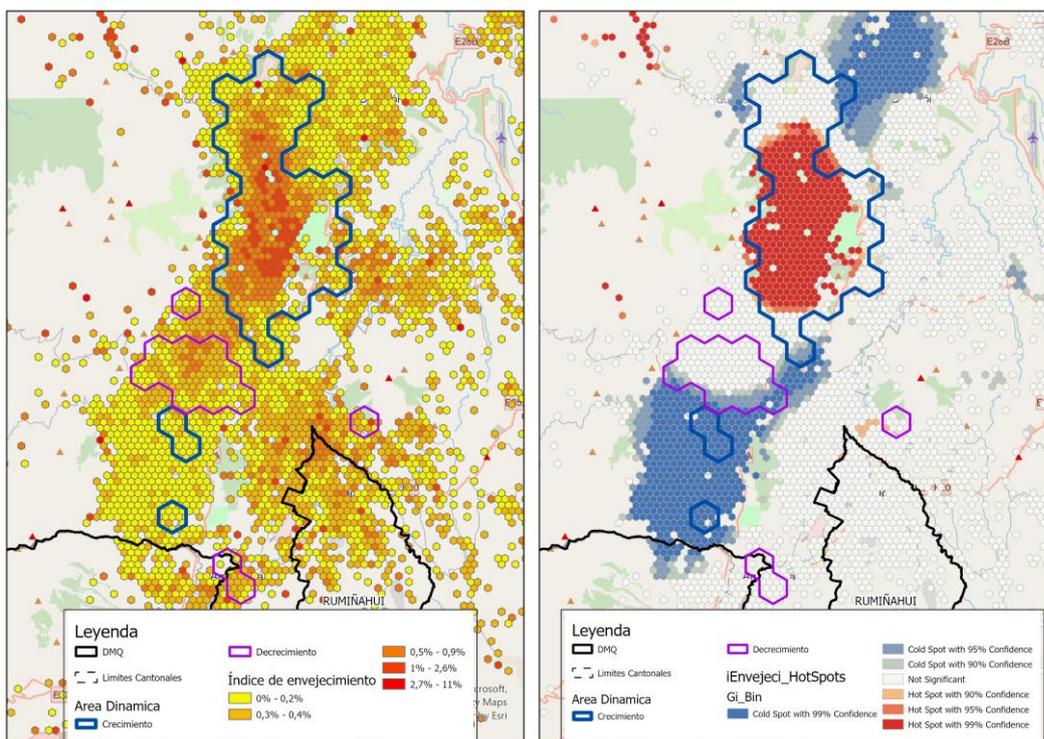
Mientras que los clústeres de baja relación de dependencia se ubican en el centro de la meseta y el límite con el cantón Rumiñahui.

El análisis realizado revela que la utilización de herramientas de clusterización desempeña un papel significativo en mejorar la representación visual de las variables examinadas. Este descubrimiento destaca la importancia de abordar de manera holística el entorno urbano, teniendo en cuenta la

dinámica poblacional en su totalidad y no restringiéndose exclusivamente a las divisiones políticas de un municipio. Las dinámicas demográficas no siguen los límites políticos predefinidos, y es un error no considerar el continuo poblacional al elaborar políticas públicas. La identificación de agrupamientos más allá de las fronteras municipales enfatiza la necesidad de adoptar un enfoque regional en la planificación urbana, reconociendo la interconexión de las comunidades y la importancia de una coordinación efectiva entre las instituciones para abordar de manera eficiente los desafíos demográficos en el área metropolitana del DMQ.

Índice de envejecimiento:

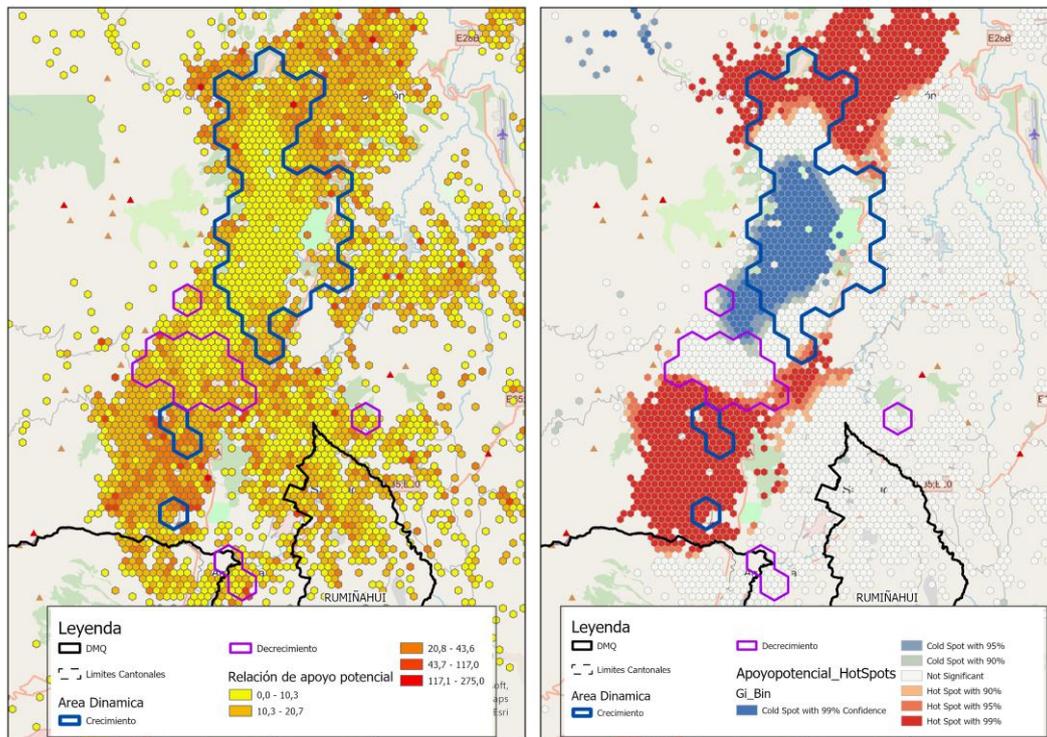
El índice de envejecimiento, que compara la población de 65 años y más con la población de 0-14 años, es fundamental para evaluar la proporción de personas mayores en relación con la población joven. Un índice elevado indica un envejecimiento de la población, sugiriendo la necesidad de adaptar las infraestructuras urbanas y los servicios para atender las demandas específicas de este grupo demográfico, como la accesibilidad y servicios de salud especializados.



De forma clara se muestra que el clúster de población en proceso de envejecimiento se encuentra en el área del hipercentro y coincide con el área de crecimiento de población intercencal.

Relación de apoyo potencial:

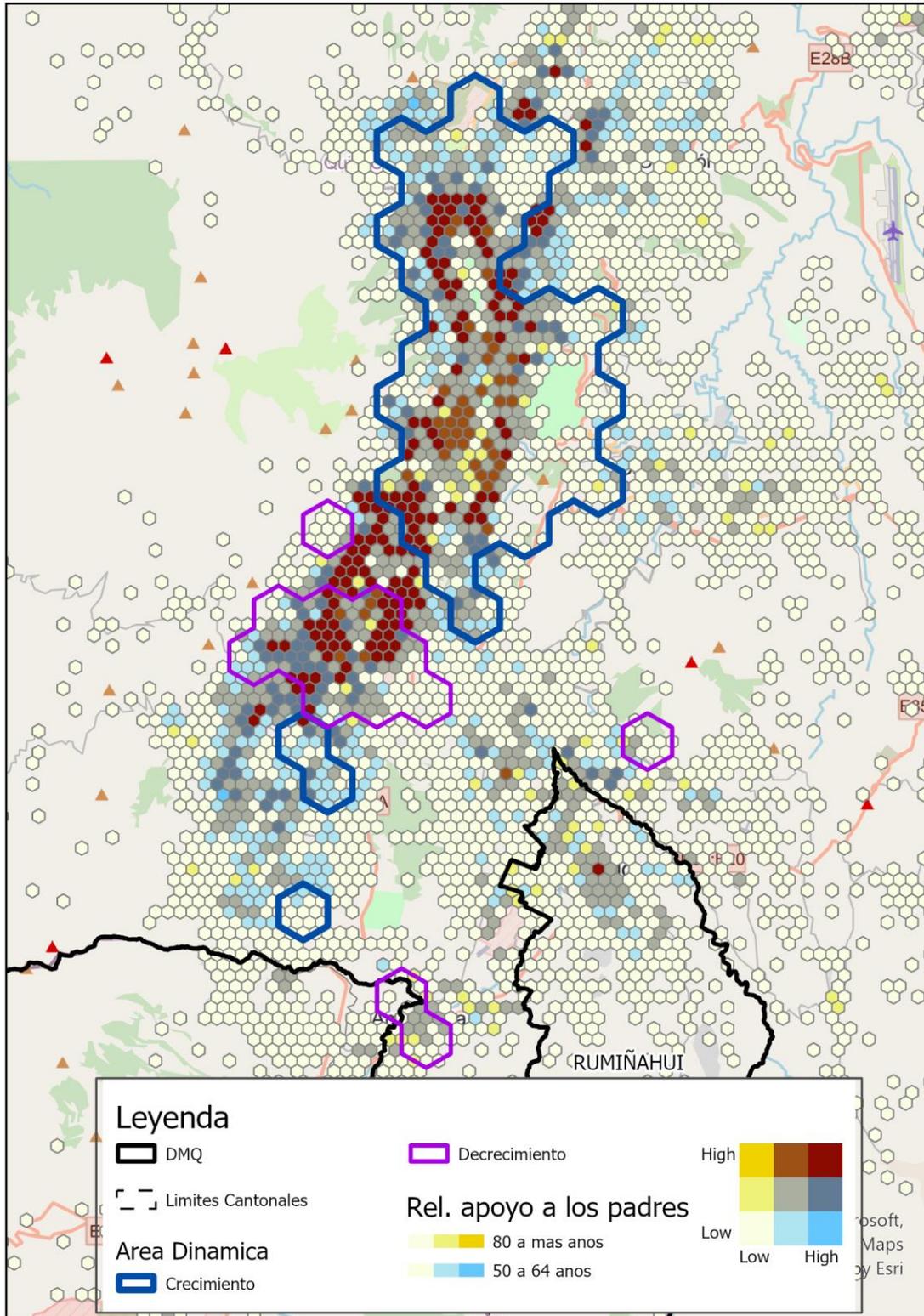
La relación de apoyo potencial, al dividir la población de 15-59 años por la población de 60 años y más, proporciona una visión de la capacidad potencial de la fuerza laboral para respaldar a la población mayor. Este indicador es esencial para orientar políticas que fomenten la participación activa de la población adulta en el mercado laboral y programas de bienestar social.



Para el caso de la población del distrito se puede apreciar que los extremos norte y sur de la ciudad muestran el cluster de índice más alto. Adicionalmente se puede ver que existe un hotspot en la zona alta de la autopista General Rumiñahui. Se aprecia que el hipercentro genera un cold spot del indicador que representaría una buena capacidad del potencial laboral de dicha área.

Relación de apoyo a los padres:

La relación de apoyo a los padres, calculada como la proporción de la población de 80 años y más con respecto a la población de 50-64 años, destaca la necesidad de servicios y políticas específicas para atender a la población anciana y proporcionar un entorno de apoyo, como instalaciones de cuidado a largo plazo y programas de bienestar para personas mayores.

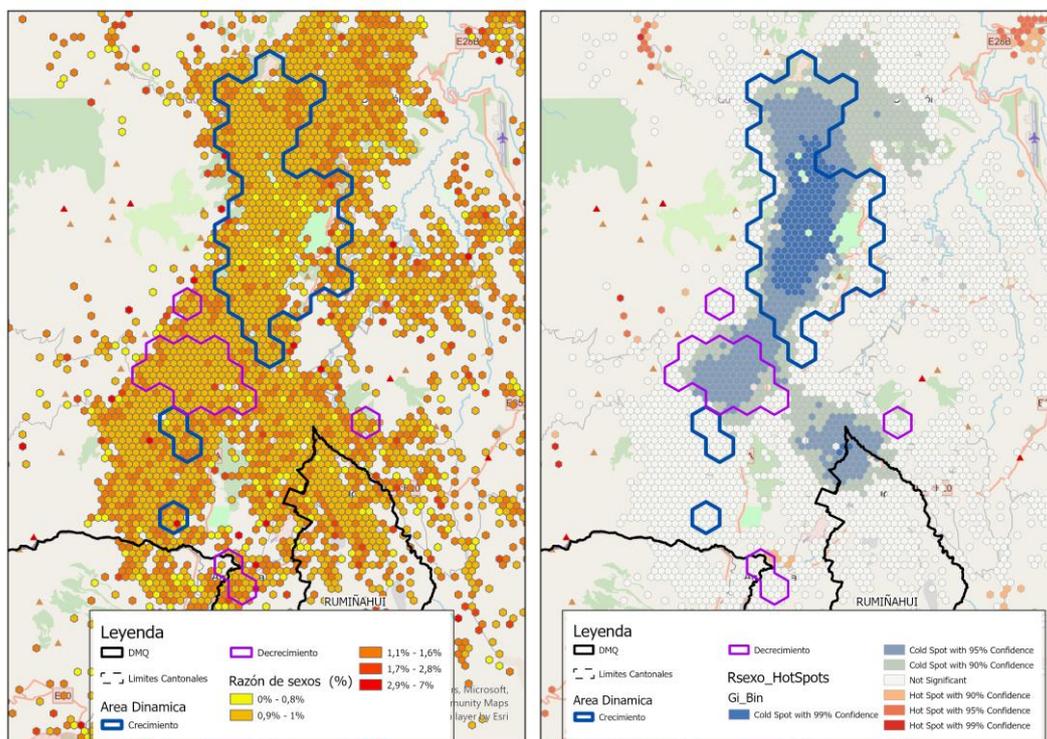


En el análisis para la información de Quito, se puede apreciar que tanto en la zona sur y centro de la meseta existen areas con altos índices de relación de apoyo a los padres. Esto puede ser debido a que los adultos mayores residen en la vivienda o el hogar de uno de sus hijos cuidadores.

Adicionalmente, en la meseta del hipercentro existen áreas con dicha dinámica que merecen atención de la política pública.

Razón de sexos:

La razón de sexos, que compara la población masculina con la población femenina, es un indicador relevante para entender la distribución de género en la población. Esta información puede ser fundamental para diseñar políticas que aborden desequilibrios de género y promuevan la igualdad en áreas como educación y empleo. Además, la planificación urbana podría beneficiarse al considerar estas disparidades al diseñar espacios públicos y servicios.



En las representaciones gráficas, se evidencia una proporción superior de mujeres en comparación con hombres en los datos georreferenciados. Este fenómeno, inherente a las poblaciones humanas, brinda indicios sobre la calidad del levantamiento censal. No obstante, al emplear la herramienta de análisis de clusterización Getis Ord, se identifica un ColdSpot en el hipercentro, sugiriendo un posible aumento mínimo en la población femenina. Este fenómeno podría estar asociado a procesos de migración interna y externa, manifestándose de manera espacial en la región analizada.

7 Lineamientos de Política Pública Municipal Basados en una Perspectiva Sociodemográfica

Este marco de lineamientos ofrece una guía estratégica para que los responsables de la formulación de políticas públicas y los planificadores urbanos utilicen los datos demográficos detallados y el análisis espacial para abordar las necesidades de la población de manera efectiva y equitativa. Cabe recalcar que mediante la publicación de los resultados censales del 2022 y la incorporación de variables adicionales, es posible mejorar el análisis y el enfoque actualizado de políticas públicas.

Así, las recomendaciones se basan en un análisis exhaustivo de la distribución espacial de la población y la identificación de clústeres demográficos, subrayando la importancia de un enfoque integrado que trascienda las divisiones políticas y promueva la colaboración interinstitucional.

7.1 A. Optimización de la Infraestructura y Servicios Urbanos

Planificación de Servicios Públicos Basada en Densidad Demográfica:

- Implementar programas de desarrollo urbano en áreas de alta densidad para mejorar la eficiencia del transporte público y la disponibilidad de vivienda asequible.
- Ampliar y mejorar la infraestructura en áreas de baja densidad para estimular el crecimiento y la igualdad en el acceso a servicios.

7.2 B. Atención a la Población en Función de la Estructura Demográfica

Programas para Adultos Mayores y Jóvenes:

- Desarrollar servicios de salud especializados y programas de bienestar social en el norte de Quito, respondiendo a la alta dependencia de adultos mayores.
- Invertir en educación y servicios juveniles en áreas con una población joven predominante, como Carapungo y el sur de Quito.

Servicios de Salud Materno-Infantil:

- Priorizar la construcción y equipamiento de centros de atención pediátrica y programas de apoyo a madres en áreas con alta proporción de niños, particularmente en el sur y extremo norte de la capital.

7.3 C. Planificación Regional y Colaboración Interinstitucional

Integración de Áreas Urbanas Continuas en la Planificación:

- Promover la cooperación intermunicipal para la provisión de servicios de salud materna, dada la identificación de clústeres poblacionales importantes en los límites de Rumiñahui.
- Adoptar un enfoque metropolitano en la planificación urbana, reconociendo la interdependencia de las dinámicas demográficas y las necesidades de infraestructura y servicios.

7.4 D. Estrategias de Apoyo para la Dependencia Económica y Social

Creación de Infraestructura Educativa y Asistencial:

- Establecer instalaciones educativas en áreas con alta relación de dependencia, como Carapungo y La Roldos, para apoyar a la juventud.
- Construir centros de cuidado para adultos mayores en regiones con poblaciones envejecientes, como el hipercentro de Quito.

7.5 E. Adaptación Urbana al Envejecimiento Poblacional

Reajuste de la Infraestructura Urbana:

- Ajustar la accesibilidad y los servicios urbanos para satisfacer las necesidades de la población envejeciente, especialmente en áreas de envejecimiento rápido como el hipercentro.

7.6 F. Impulso a la Igualdad de Género y Apoyo Laboral

Políticas de Equidad de Género:

- Desarrollar iniciativas que aborden los desequilibrios de género detectados, como programas de empoderamiento para mujeres en áreas donde se ha identificado una proporción mayor de mujeres.
- Fomentar la participación laboral de adultos en áreas con alto potencial de apoyo, optimizando así la capacidad de la fuerza laboral para sustentar a la población mayor.

7.7 G. Apoyo Integral a la Tercera Edad

Desarrollo de Infraestructura de Apoyo a Largo Plazo:

- Implementar infraestructura y programas para el cuidado de larga duración en áreas con altos índices de población adulta mayor dependiente, especialmente en las zonas sur y centro de la meseta.

8 Conclusiones

El presente informe ha abordado de manera integral el alcance metodológico, recopilación de datos demográficos y su análisis en áreas censales menores del Distrito Metropolitano de Quito. El objetivo principal fue establecer una metodología precisa para la gestión y planificación urbana, reconociendo la complejidad de este enfoque y la necesidad de contar con información demográfica actualizada y detallada.

8.1 Resumen de hallazgos

La justificación de la metodología propuesta radica en la imperante necesidad de comprender la dinámica demográfica del Distrito Metropolitano de Quito para mejorar la formulación y evaluación de políticas públicas locales. La utilización de técnicas de teselado regular o grillas estadísticas se presenta como una herramienta eficaz para la anonimización de datos y un análisis espacial detallado, contribuyendo así a la toma de decisiones informadas en la planificación urbana.

El análisis demográfico se apoya en diversas fuentes de información, destacando el Marco Geoestadístico Nacional del INEC, que incluye zonas censales, sectores censales, áreas amanzanadas censales, localidades amanzanadas, manzanas censales, edificios censales y viviendas censales. Además, se incorporaron proyecciones de población de WorldPop.org, que utiliza tecnologías geoespaciales y datos de alta resolución para ofrecer estimaciones precisas.

La propuesta de grillas estadísticas se revela como una herramienta valiosa para la agregación de datos demográficos, permitiendo la incorporación de información en diversas unidades espaciales. La elección de grillas cuadrangulares y hexagonales se sustenta en su versatilidad y aplicabilidad en diferentes niveles de unidades administrativas.

La generación de grillas se lleva a cabo mediante un script de R compatible con el Marco Geoestadístico del INEC. Esta herramienta ofrece una división uniforme del área geográfica, facilitando análisis espaciales, visualización de datos y aplicaciones en planificación y gestión urbana.

El análisis de datos demográficos implica la consideración de diversas variables sociodemográficas, contribuyendo a una comprensión más completa de la población. La agregación de variables se realiza mediante capas de puntos que representan unidades cartografiadas del censo 2010, permitiendo reconstruir áreas administrativas y subdivisiones de área de estudio futura.

La automatización del proceso de cálculo de indicadores demográficos mediante la herramienta "Model Builder" de ArcGIS Pro agiliza la obtención de resultados, ofreciendo una visión detallada de la composición y características de la población.

En ausencia de datos detallados del censo 2022, se procedió a la agregación de proyecciones poblacionales de WorldPop.org. La metodología Random Forest-based Dasyetric Redistribution se emplea para predecir la distribución poblacional a nivel local, optimizando la asignación de población a ubicaciones específicas.

La metodología propuesta y aplicada en este informe proporciona una base sólida para la gestión y planificación urbana en el Distrito Metropolitano de Quito, asegurando la anonimización de datos, un análisis espacial detallado y la toma de decisiones informadas en políticas públicas locales.

En relación con el estudio de las grillas hexagonales y las grillas cuadrangulares, se destacan las diferencias establecidas por Birch et al., 2007. La cuadrícula rectangular se caracteriza por un sistema de coordenadas simétrico y ortogonal, lo que simplifica cálculos y transformaciones. Es conveniente para estudios de resolución variable.

En contraste, la cuadrícula hexagonal presenta una vecindad más simple y simétrica, evitando ambigüedades. Se señala que las inconsistencias de la cuadrícula rectangular pueden desmejorar estudios de conectividad. Además, el cálculo de la distancia de menor costo puede beneficiarse al cambiar a una cuadrícula hexagonal.

Esta última también proporciona una mejor coincidencia entre las distancias medidas y las distancias euclidianas, haciéndola más adecuada para modelar la dispersión. La cuadrícula hexagonal se destaca por su mayor claridad en visualización, según el artículo de Birch et al., 2007.

Análisis de Dinámica Poblacional (2010-2020):

Se identificaron cambios significativos en la dinámica demográfica del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) a lo largo de la última década.

La aplicación de grillas estadísticas cuadrangulares y hexagonales reveló áreas de crecimiento y disminución poblacional.

La media de crecimiento de la población, calculada en aproximadamente 398 personas, destacó un crecimiento sostenido en el hipocentro y zonas específicas.

HotSpot Analysis y Representatividad Estadística:

La herramienta de análisis espacial se aplicó para validar la representatividad estadística de los hallazgos, ayudo a identificar clústeres con valores altos y bajos de aumento de población, respaldando visualmente la interpretación de los cambios demográficos.

Mapeo de Información Demográfica:

La espacialización de indicadores demográficos, como la densidad de población por km², la relación adultos mayores/jóvenes, y otros, proporcionó insights valiosos.

Se destacaron áreas con alta densidad poblacional y se resaltaron las necesidades específicas de distintas zonas en términos de envejecimiento, estructura demográfica y dependencia económica.

Importancia de la Planificación Urbana Integral:

Se subrayó la importancia de considerar la dinámica poblacional en su totalidad, más allá de las divisiones políticas municipales.

La identificación de clústeres más allá de las fronteras municipales destaca la necesidad de un enfoque regional en la planificación urbana.

Análisis de Indicadores Demográficos Específicos:

Se evaluaron indicadores como la relación niños/mujeres, porcentaje de mujeres en edad fértil, relación de dependencia y otros, proporcionando insights para políticas específicas.

La implementación de herramientas de clusterización mejoró significativamente la visualización de estas variables.

8.2 Implicaciones para el estudio de la ciudad

En el presente estudio, se ha aplicado una metodología de análisis demográfico espacial basada en sistemas de información geográfica para examinar la dinámica poblacional en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Los resultados obtenidos mediante la espacialización de indicadores demográficos revelan la utilidad de esta herramienta para comprender las complejidades de la población urbana y, por ende, sus implicaciones son fundamentales para la investigación científica sobre la planificación y desarrollo de las ciudades.

La implementación de grillas estadísticas cuadrangulares y hexagonales ha permitido una representación visual detallada de los cambios demográficos a lo largo del tiempo y en diversas áreas del DMQ. Este enfoque espacial no solo facilita la identificación de patrones poblacionales significativos, sino que también destaca la necesidad de adoptar estrategias urbanas específicas en áreas con dinámicas demográficas particulares.

Los indicadores demográficos analizados, como la relación de dependencia, el índice de envejecimiento, la relación de apoyo potencial, la relación de apoyo a los padres y la razón de sexos, proporcionan una panorámica comprehensiva de la estructura demográfica del DMQ. La interpretación de estos indicadores en términos de políticas públicas y planificación urbana presenta oportunidades significativas. Por ejemplo, áreas con alta dependencia pueden requerir políticas enfocadas en el desarrollo y bienestar de la población joven y anciana, mientras que un índice de envejecimiento elevado puede sugerir la necesidad de adaptar infraestructuras y servicios para atender a una población envejecida.

Este estudio exploratorio enfatiza la importancia de considerar la espacialización de indicadores demográficos en la planificación y desarrollo urbano. Los resultados obtenidos no solo informan sobre la distribución geográfica de la población, sino que también respaldan la toma de decisiones basada en evidencia para abordar desafíos demográficos específicos. En conclusión, la aplicación de estas metodologías y el análisis de datos demográficos espacializados brindan valiosa información que puede guiar de manera efectiva las políticas públicas y el diseño de estrategias urbanas en el DMQ y, por extensión, en contextos urbanos similares.

9 Recomendaciones

9.1 Sugerencias para futuras investigaciones

En referencia al análisis de los indicadores demográficos se puede recomendar las siguientes acciones:

- Se sugiere complementar estos resultados con los datos del censo 2022 para una evaluación más precisa.
- La implementación de gestiones interinstitucionales se recomienda para garantizar la provisión eficiente de servicios municipales.
- La planificación urbana debe adaptarse a la información sobre dinámicas poblacionales para abordar eficazmente los desafíos demográficos en el DMQ.

9.2 Mejoras en la recopilación y análisis de datos

En relación de la disponibilidad de datos en áreas menores del censo 2022, es posible incorporar el siguiente alcance metodológico para la generación de información extrapolable a grillas estadísticas.

Por ejemplo, si es necesario trabajar con los datos censales a nivel de sector censal, se debe recurrir a la siguiente metodología de desagregación y agregación de datos censales.

9.2.1 Problema de unidades de área modificable, PUAM –Modifiable Areal Unit Problem o MAUP

El problema de las unidades de área modificable, conocido como PUAM (Modifiable Areal Unit Problem o MAUP), es una cuestión fundamental en el campo de la geografía que aborda la escala metodológica, la cual se diferencia de la escala cartográfica que se refiere a la relación entre la distancia en un mapa y la distancia en el mundo real. El PUAM se centra en el tamaño y forma de las unidades espaciales en las que se recopilan datos.

Autores como Openshaw (1984) y Wong (1993) han profundizado en el análisis de este problema, y organismos internacionales, como CEPAL y Unicef Tacro (2010), también han abordado el tema en publicaciones, como el estudio de la Pobreza Infantil en América Latina.

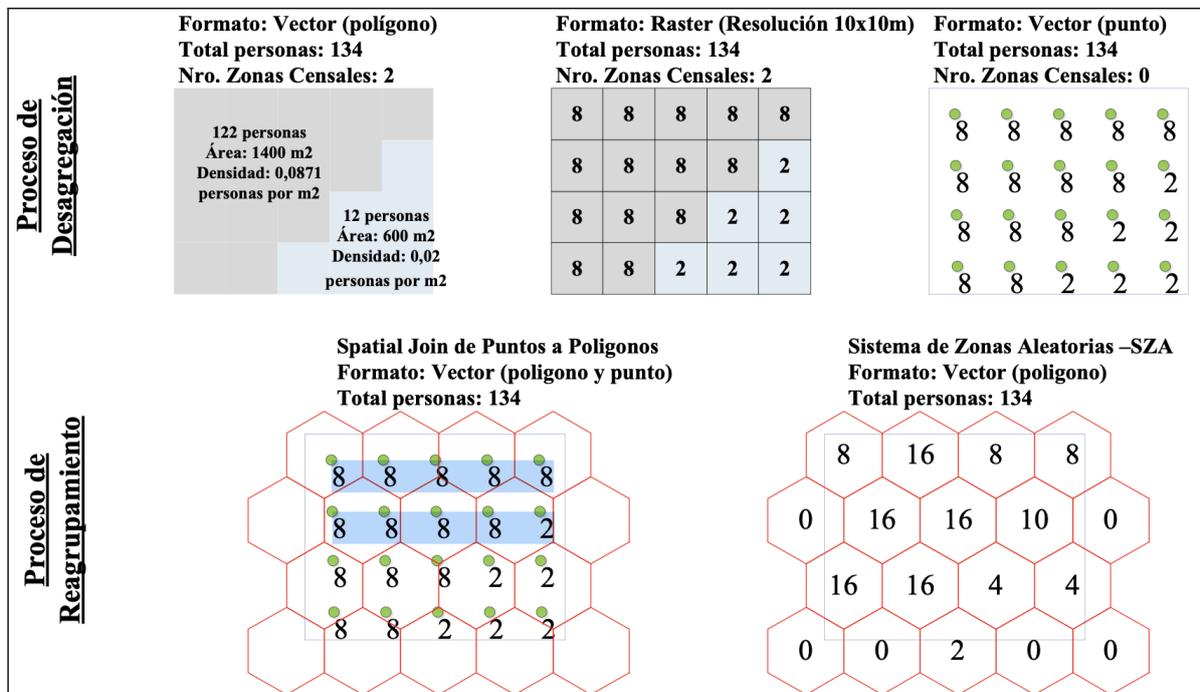
El PUAM involucra dos subproblemas: el efecto de escala y el efecto de zona. El efecto de zona se refiere a la obtención de resultados inconsistentes debido a diferentes divisiones del espacio, mientras que el efecto de escala se origina en los resultados inconsistentes debido a la agregación de datos a diferentes niveles. En resumen, el PUAM se refiere a la posible distorsión que puede ocurrir al definir los límites geográficos en fenómenos espaciales continuos. Esto se debe a que la definición de las unidades territoriales y la escala de agregación pueden introducir sesgos estadísticos.

Estudios han demostrado que a medida que las unidades de análisis espacial se vuelven más pequeñas, la población tiende a ser más homogénea en cada área en general. Wong (2004:68) sugiere que debido a que muchas medidas tradicionales y espaciales tienen una relación directa con la homogeneidad interna de la población, es recomendable analizar datos geográficos a múltiples escalas de agregación para explorar la robustez del modelado y el efecto de escala en la unidad espacial.

En el caso de Quito, las unidades espaciales de análisis fueron definidas por el INEC de manera arbitraria para facilitar el censo, priorizando la cantidad de viviendas que los encuestadores debían visitar. Esto puede resultar en un análisis de variables censales que no se ajusta a la unidad geográfica seleccionada, afectando así el cálculo de indicadores de autocorrelación y agrupamiento espacial.

El trabajo de G. Rodríguez (2013), "Contraindicaciones, propuesta metodológica y un estudio de caso: Argentina 1991-2001", presenta una discusión detallada sobre el PUAM y sus posibles soluciones. Rodríguez señala que, durante mucho tiempo, los investigadores han pasado por alto el análisis de la unidad espacial de estudio y sus soluciones.

En este sentido, Rodríguez propone la técnica de Desagregación y Reagrupamiento de Datos (DRD), que implica desagregar los datos de las zonas censales y luego reagruparlos en función de un nuevo sistema de zonificación con superficies estandarizadas. Este enfoque asume que los residentes se distribuyen uniformemente en cada zona. La ilustración resume el procedimiento para obtener la matriz de datos reagrupada.



Fuente: El uso de zonas censales para medir la segregación residencial. Contraindicaciones, propuesta metodológica y un estudio de caso: Argentina 1991-2001

Elaboración: Propia Adaptado de G. Rodríguez, 2013

“En resumen se parte de las unidades espaciales censales en formato polígono con un atributo de población que se requiere desagregar. El primer término se tiene que calcular el valor del pixel para luego realizar la transformación a un formato ráster. El cálculo del píxel está referido a la densidad de la población a segregar en cada área geográfica multiplicado por la resolución espacial del ráster. Por último, se utiliza el reagrupamiento de los datos sobre una red geométrica (hexagonal o rectangular).

El procedimiento se realiza utilizando el Sistema de Información Geográfica resultando en una reconfiguración de la unidad espacial de análisis para el caso de estudio en la población del DMQ.” Sánchez, D. 2015.